

Л.Т.Уразбаева, К.К.Рустамбекова,
М.Т.Оразбаев

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СВЯЗИ И ПРОВОДНОГО ВЕЩАНИЯ.

МОНТАЖНИК СВЯЗИ-КАБЕЛЬЩИК

Учебное пособие



ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Л.Т.Уразбаева, К.К.Рустамбекова,
М.Т.Оразбаев

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛИНЕЙНЫХ
СООРУЖЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ
СВЯЗИ И ПРОВОДНОГО ВЕЩАНИЯ.**

**МОНТАЖНИК
СВЯЗИ-КАБЕЛЬЩИК**



Учебное пособие

*для системы технического и профессионального, послесреднего
образования по специальности «Эксплуатация линейных сооружений
электросвязи и проводного вещания».*

Нур-Султан
Некоммерческое акционерное общество «Talar»
2020

УДК 621.39 (075.32)

ББК 32.88 я722

У68

Рецензенты:

ТОО «Алматинский колледж связи – школа при Казахско-Американском Университете» УМО по профилю «Связь, телекоммуникации и информационные технологии. Электронная техника»;
ТОО «Energy Complex».

Рекомендовано

Республиканским научно-практическим центром «Учебник»

У68 Специальность «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания», квалификация «Монтажник связи-кабельщик»: Учебное пособие / Л.Т. Уразбаева, К.К. Рустамбекова, М.Т. Оразбаев/ Нур-Султан: Некоммерческое акционерное общество «Talap», 2020 г. – 291 с.

ISBN 978-601-350-089-8

Учебное пособие предназначено для студентов учебных заведений системы технического профессионального образования. Разработано в соответствии с типовым планом и программой технического и профессионального образования по специальности 1307000 – «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

В учебном пособии рассмотрены основы электротехники и радиоэлектроники, линейные сооружения связи, классификация, принципы их действия, области применения. Приведены примеры выполнения основных работ монтажника связи-кабельщика, а также практические задания для более глубокого освоения материала.

УДК 621.39 (075.32)

ББК 32.88 я722

ISBN 978-601-350-089-8

© НАО «Talap», 2020

ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	7
РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ	8
1.1 Измерительные приборы	11
1.1.1 Электрическая цепь и параметры электрических цепей	12
1.1.2 Переходные процессы в электрических цепях	17
1.1.3 Режимы работ электрической цепи	19
1.1.4 Измерение характеристики электрического тока	24
1.2 Электрические машины постоянного и переменного тока	27
1.2.1 Классификация электрических машин постоянного и переменного тока	27
1.2.2 Режимы работ электрических машин постоянного и переменного тока	32
1.2.3 Режимы работы трансформаторов	35
1.3 Электровакуумные и газоразрядные приборы	39
1.3.1 Виды полупроводниковых приборов	40
1.3.2 Переходные процессы в полупроводниковых приборах	42
1.4 Электронные выпрямители, стабилизаторы	47
1.4.1 Режимы, характеристики и параметры электронных приборов	52
1.4.2 Эксплуатационные условия и применение электронных приборов	55
1.5 Усилители и генераторы	57
1.5.1 Схемы усилителей	65
1.5.2 Методика расчета и анализа многокаскадных усилителей	69
Практические задания	71
Вопросы для самостоятельного контроля	72
РАЗДЕЛ 2. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВАХ И МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ	75
2.1 Понятие и виды информационных технологий	76
2.1.1 Основные понятия цифровых устройств и микропроцессорных систем	77
2.1.2 Назначение и принцип действия логических элементов	79
2.1.3 Принципы построения схем цифровых устройств	82
2.1.4 Комбинационные и последовательностные цифровые устройства	85
2.1.5 Синтез и анализ работы цифровых схем на логических элементах и интегральных микросхемах	87
2.2 Принцип построения микропроцессорных систем	89
2.2.1 Критерии оценки качества микропроцессорной системы	93
2.2.2 Архитектура микропроцессорных систем	96
2.2.3 Назначение и область применения микропроцессоров	99

2.3	Основные задачи и направления организации труда на предприятиях	101
	Практические задания	104
	Вопросы для самостоятельного контроля	105
РАЗДЕЛ 3. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ		107
3.1	Работы по строительству воздушных, кабельных и магистральных линий связи	108
3.1.1	Конструкция оптического волокна	110
3.1.2	Элементы воздушных линий связи	112
3.1.3	Виды скруток и связок проводов	114
3.1.4	Подвеска кабелей на опорах, стойках, между зданиями	118
3.1.5	Методы прокладки кабеля в канализации	121
3.1.6	Муфты, виды и материалы трубопроводов и кабельной арматуры	122
3.1.7	Виды земляных работ по строительству телефонной канализации	124
3.1.8	Технология строительства магистральных сетей связи	125
3.1.9	Текущий и капитальный ремонт кабельных сооружений	128
3.2	Монтаж внутридомовой сети в зданиях и сооружениях	130
3.2.1	Подземные и воздушные кабельные вводы	131
3.2.2	Электромонтаж в помещениях	134
3.2.3	Техника безопасности при монтаже внутридомовой сети в зданиях и сооружениях	135
3.3	Обслуживание линии связи	137
3.3.1	Виды работ по абонентским устройствам	139
3.3.2	Виды работ по смотровым устройствам	141
	Практические задания	143
	Вопросы для самостоятельного контроля	144
РАЗДЕЛ 4. ВЫПОЛНЕНИЕ МОНТАЖА МУФТ И ОКОНЕЧНЫХ УСТРОЙСТВ НА МЕДНОМ КАБЕЛЕ		146
4.1	Монтаж медного кабеля и муфт	147
4.1.1	Виды и марки кабелей связи	149
4.1.2	Соединение жилы кабелей	153
4.1.3	Коррозии металлических оболочек кабелей	157
4.1.4	Техника безопасности при монтаже медного кабеля	161
4.1.5	Виды, марка и способы применения муфт	163
4.1.6	Технология монтажа муфт и техника безопасности при монтаже	167
4.2	Монтаж оконечно-кабельных устройств	168
4.2.1	Демонтаж оконечных устройств и техника безопасности при монтаже оконечных устройств	169
4.3	Перспективные системы АТС	171
4.3.1	Принципы построения сетей связи	173

4.3.2	АТС EWSD	173
4.3.3	Цифровая сеть с интеграцией услуг – ISDN	176
	Практические задания	182
	Вопросы для самостоятельного контроля	182
РАЗДЕЛ 5. ВЫПОЛНЕНИЕ МОНТАЖА ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ И		184
ОКОНЕЧНЫХ УСТРОЙСТВ		
5.1	Конструкции волоконно-оптических кабелей	185
5.1.1	Волоконно-оптические линии связи и компоненты.	191
	Преимущества и недостатки.	
5.1.2	Пассивные оптические компоненты ВОЛС	195
5.1.3	Преимущества и недостатки использования оптических	200
	волокон в системах связи и технические требования к	
	оптическим кабелям связи	
5.1.4	Виды работ по монтажу оптического кабеля и муфт	203
5.1.5	Техника безопасности при монтаже оптического кабеля и	209
	муфты	
5.2	Монтаж оконечных устройств	211
5.2.1	Структура и назначение оптических пассивных и активных	214
	элементов	
5.2.2	Монтаж и демонтаж оптических шкафов и полок	217
	Практические задания	219
	Вопросы для самостоятельного контроля	220
РАЗДЕЛ 6. ВИДЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕДНОГО КАБЕЛЯ И ИХ		222
УСТРАНЕНИЕ		
6.1	Виды повреждений медного кабеля	223
6.1.1	Ремонт линейно-кабельных сооружений и восстановление	232
6.1.2	Способы проверки герметичности кабеля	237
6.2	Виды работ с приборами и приспособлениями	242
6.2.1	Определения типа повреждения кабеля и выбора метода его	247
	поиска	
6.2.2	Техника безопасности при работе с приборами и	250
	приспособлениями	
	Практические задания	253
	Вопросы для самостоятельного контроля	254
РАЗДЕЛ 7. ОБНАРУЖЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКОГО		256
КАБЕЛЯ		
7.1	Виды неисправности оптического кабеля	257
7.1.1	Определение нужного измерительного прибора и его	260
	настройка	
7.1.2	Выполнение работы с рефлектометром, передатчиком ,	263
	приемником и соблюдение техники безопасности	
	Практические задания	267
	Вопросы для самостоятельного контроля	268

РАЗДЕЛ 8. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАБОТ МОНТАЖНИКА СВЯЗИ-КАБЕЛЬЩИКА	270
8.1 Строительство линейных сооружений связи	271
8.2 Структурные схемы волоконно-оптических сетей	273
8.3 Составление и оформление технической документации согласно стандартам	276
Практические задания	278
Вопросы для самостоятельного контроля	279
ГЛОССАРИЙ	281
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	284

ПРЕДИСЛОВИЕ

Целью разработки данного учебного пособия является содействие успешному освоению курса «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

Задачи изучения курса.

В результате изучения курса студент должен освоить основу электротехники и радиоэлектроники, применение информационных технологии и современных цифровых устройств, микропроцессорные системы в профессиональной деятельности, а также получить знания по построению линейных сооружений связи, выполнить измерения параметров электрической цепи, выполнять монтаж кабелей, муфт и оконечных устройств, определять виды повреждений кабеля и устранять повреждения, проводить тестовые проверки для обнаружения неисправности кабеля, а также введение и оформление технической документации согласно стандартам.

В результате изучения курса студенты должны:

- знать: физические принципы работы современных полупроводниковых, оптоэлектронных приборов и интегральных схем; физический смысл электрических, магнитных явлений и процессов, принцип действия электрических машин, аппаратов, электронных приборов и устройств;

- уметь: выполнять работы монтажника связи кабельщика, выполнять работы по строительству воздушных и кабельных, магистральных линий связи, владеть правилами оформления проектно-конструкторской документации;

- иметь опыт: монтажа оконечно-кабельных устройств, чтение схем узлов оборудования, составление и оформление технической документации.

- иметь представление: о видах неисправностей, измерительных приборах и их настройки, тестовых проверках.

РАЗДЕЛ 1. ОСНОВЫ ЭЛЕКТРОТЕХНИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Цели обучения

После прохождения данного модуля студенты смогут:

1. Снимать показания измерительных приборов.
2. Выполнять работы с электрическими машинами постоянного и переменного токов.
3. Применять электровакуумные и газоразрядные приборы, электронные выпрямители, стабилизаторы, усилители и генераторы.
4. Использовать основные положения метрологии и стандартизации в своей профессиональной деятельности.

Схема курса

На данной схеме показаны все модули курса «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания». Рекомендуемая последовательность освоения курса – снизу вверх. Уровень мастерства повышается по мере перемещения по схеме курса. В разных учебных заведениях порядок прохождения модулей может меняться.



Предварительные требования

Перед изучением данного модуля учащемуся рекомендуется успешно пройти обучение по базовым модулям квалификаций «Монтажник связи-кабельщик» согласно Типового учебного плана по специальности «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

ВВЕДЕНИЕ

Данный модуль описывает навыки и знания необходимые для представления роли и значимости электротехники и радиоэлектроники в подготовке квалифицированных кадров по соответствующей специальности, наиболее общие процессы производства и использование электроэнергии.

При изучении модуля обучающиеся осваивают следующие знания: понятие об электрическом и магнитном поле; способы соединения резисторов и конденсаторов; электропроводность полупроводников, понятие о четырехполюсниках и электрических фильтрах, полупроводниках; электрический заряд; величины, характеризующие электрическое поле, электромагнетизм, синусоидальные токи, основные понятия о переходе; физические принципы работы современных полупроводниковых, оптоэлектронных приборов и интегральных схем; физический смысл электрических, магнитных явлений и процессов, принцип действия электрических машин, аппаратов, электронных приборов и устройств, особенности применения электрической энергии в соответствующей производственной деятельности.

1.1 Измерительные приборы

Измерительный прибор - это устройство, предназначенное для точного определения электрических величин и отображения их в понятной человеку форме. Форма эта обычно носит визуальный характер и представляет собой движение стрелки по шкале, последовательность лампочек, цифровой дисплей и т.д. Для анализа и тестирования схем разработаны приборы, которые могут точно измерить основные электрические величины: напряжение, силу тока и сопротивление. Помимо перечисленных, существует множество других типов измерительных приборов.

Как правило, измерительный прибор имеет устройства для преобразования измеряемой величины в сигнал измерительной информации и устройство для его индикации в форме, наиболее доступной для восприятия.

Во многих случаях устройство для индикации имеет шкалу со стрелкой, диаграмму, цифровое табло или дисплей, благодаря которым может быть произведен отсчет или регистрация результата измерений.

Различают следующие *виды измерительных приборов*: аналоговые (выходной сигнал является непрерывной функцией измеряемой величины) и цифровые (выходной сигнал представлен в цифровом виде), показывающие (допускают только отсчитывание показаний) и регистрирующие (предусмотрена регистрация результатов измерений), суммирующие (показания функционально связаны с суммой двух или нескольких величин) и интегрирующие (значение измеряемой величины определяется путем ее интегрирования по другой величине). Например, микрометр и цифровой вольтметр относятся к показывающим измерительным приборам, барограф — к регистрирующим. Различают также измерительные приборы прямого действия и сравнения [47,48].

В измерительном приборе прямого действия результат измерений снимается непосредственно с его устройства индикации. Примерами таких приборов являются амперметр, манометр, ртутно-стеклянный термометр. Измерительные приборы прямого действия предназначены для измерений методом непосредственной оценки. В отличие от них, измерения методом сравнения с мерой проводятся с помощью измерительных приборов сравнения, называемых также компараторами.

Измерительный прибор сравнения — измерительный прибор, предназначенный для непосредственного сравнения измеряемой величины с величиной, значение которой известно. Примерами компараторов являются: двухчашечные весы, интерференционный компаратор мер длины, мост электрического сопротивления, электроизмерительный потенциометр и т.д.

Для измерительных приборов характерен следующий ряд параметров: *Диапазон измерений* — область значений измеряемой величины, на которую рассчитан прибор при его нормальном функционировании (с заданной точностью измерения).

Порог чувствительности — некоторое минимальное или пороговое значение измеряемой величины, которое прибор может различить.

Чувствительность — связывает значение измеряемого параметра с соответствующим ему изменением показаний прибора.

Точность — способность прибора указывать истинное значение измеряемого показателя (предел допустимой погрешности или неопределённость измерения).

Стабильность — способность прибора поддерживать неизменность во времени его метрологических свойств.

Разрешающая способность — минимальная разность двух значений измеряемых однородных величин, которая может быть различима с помощью прибора [47].

1.1.1 Электрическая цепь и параметры электрических цепей

Электрическая цепь - совокупность устройств, предназначенных для прохождения электрического тока. Цепь образуется источниками энергии (генераторами), потребителями энергии (нагрузками), системами передачи энергии (проводами).

Электрическая цепь - совокупность устройств и объектов, образующих путь для электрического тока, электромагнитные процессы в которых могут быть описаны с помощью понятии об электродвижущей силе, токе и напряжении.

Простейшая электрическая установка состоит из источника (гальванического элемента, аккумулятора, генератора и т. п.), потребителей или приемников электрической энергии (ламп накаливания, электронагревательных приборов, электродвигателей и т. п.) и соединительных проводов, соединяющих зажимы источника напряжения с зажимами потребителя. Электрическая цепь - совокупность соединенных между собой источников электрической энергии, приемников и соединяющих их проводов (линия передачи), как это показана на рисунке 1.1..

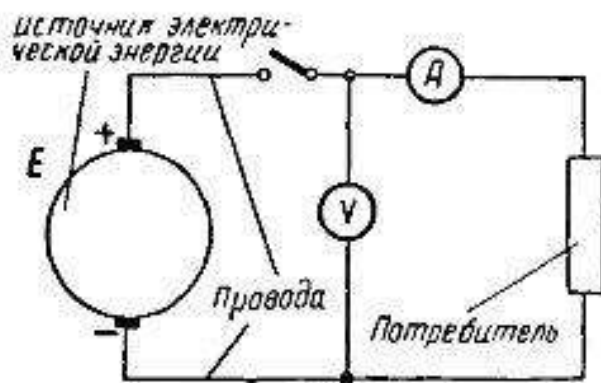


Рисунок 1.1 – Схема электрической цепи

Электрическая цепь делится на внутреннюю и внешнюю части. К внутренней части электрической цепи относится сам источник электрической энергии. Во внешнюю часть цепи входят соединительные провода, потребители, рубильники, выключатели, электроизмерительные приборы, т. е. все то, что присоединено к зажимам источника электрической энергии.

Электрический ток может протекать только по замкнутой электрической цепи. Разрыв цепи в любом месте вызывает прекращение электрического тока.

Под *электрическими цепями постоянного тока* в электротехнике подразумевают цепи, в которых ток не меняет своего направления, т. е. полярность источников ЭДС в которых постоянна.

Под *электрическими цепями переменного тока* имеют ввиду цепи, в которых протекает ток, который изменяется во времени.

Источники питания цепи - это гальванические элементы, электрические аккумуляторы, электромеханические генераторы, термоэлектрические генераторы, фотоэлементы и др. В современной технике в качестве источников энергии применяют главным образом электрические генераторы. Все источники питания имеют внутреннее сопротивление, значение которого невелико по сравнению с сопротивлением других элементов электрической цепи [9,50].

Электроприемниками постоянного тока являются электродвигатели, преобразующие электрическую энергию в механическую, нагревательные и осветительные приборы, электролизные установки и др. В качестве вспомогательного оборудования в электрическую цепь входят аппараты для включения и отключения (например, рубильники), приборы для измерения электрических величин (например, амперметры и вольтметры), аппараты защиты (например, плавкие предохранители).

Элементы электрической цепи делятся на активные и пассивные. К *активным элементам электрической цепи* относятся те, в которых индуцируется ЭДС (источники ЭДС, электродвигатели, аккумуляторы в процессе зарядки и т. п.). К *пассивным элементам* относятся электроприемники и соединительные провода.

Основные элементы электрической цепи показаны на рисунке 1.2.

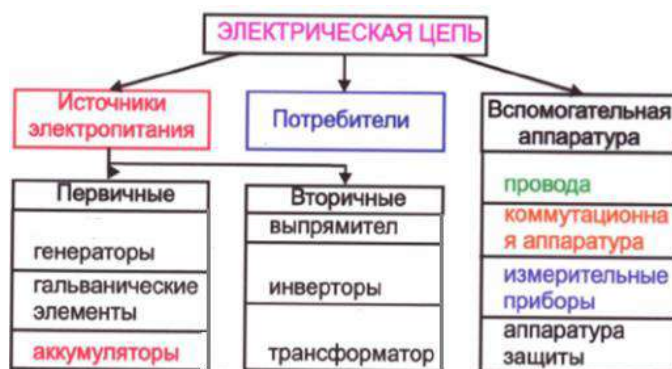


Рисунок 1.2. – Основные элементы электрической цепи

Для условного изображения электрических цепей служат электрические схемы. На схемах источники, приемники, провода и все другие приборы и элементы электрической цепи обозначаются при помощи выполненных определенным образом условных знаков (графических обозначений), как это показано на рисунке 1.3.

условные обозначения электроприборов:

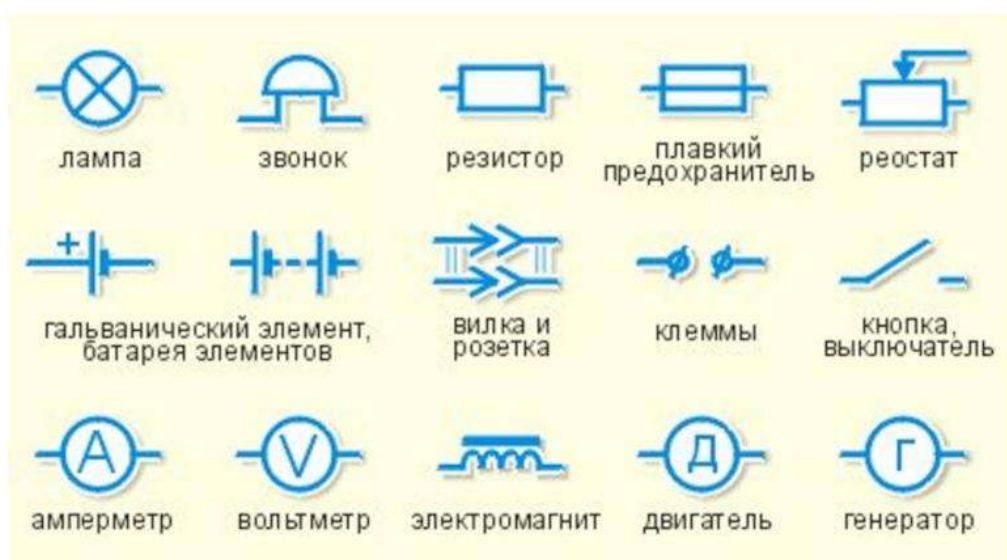


Рисунок 1.3. – Условные обозначения электроприборов

Схема электрической цепи - это графическое изображение электрической цепи, содержащее условные обозначения ее элементов, показывающее соединения этих элементов.

Типы схем: *структурная; функциональная; принципиальная; монтажная* и др. На принципиальной схеме приводится полный состав элементов и указаны все связи между ними. Эта схема дает детальное представление о принципах работы изделия (установки). Рис 1.4.

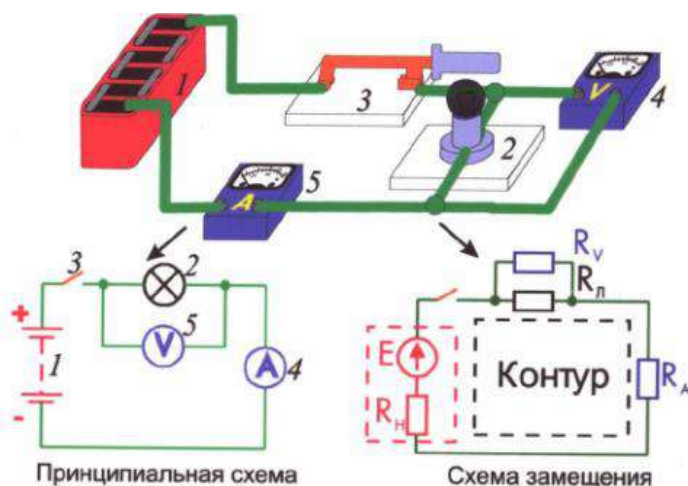


Рисунок 1.4. – Виды схем электрической цепи

Параметры электрических цепей

Параметрами электрической цепи являются R , L , C

R – сопротивление, Ом

L – индуктивность, Гн

C – емкость, Ф

Любой элемент электрической цепи обладает сопротивлением, емкостью и индуктивностью. Это неотъемлемое свойство как цвет, вес, и т.п. Любая электрическая цепь, даже простейшая, обладает сопротивлением, емкостью и индуктивностью, поэтому параметры цепи – это ее сопротивление, индуктивность и емкость.

Сопротивление – это свойство сопротивляться электрическому току. Цепь состоит из источника, приемников и других элементов, которые сопротивляются току, однако, ведут они себя по разному. Это зависит от того переменный ток или постоянный, и если переменный, то зависит от частоты. Виды электрического тока разной частоты показаны на рисунке 1.5.

Элементы R , L , C ведут себя в цепи как, сопротивления.

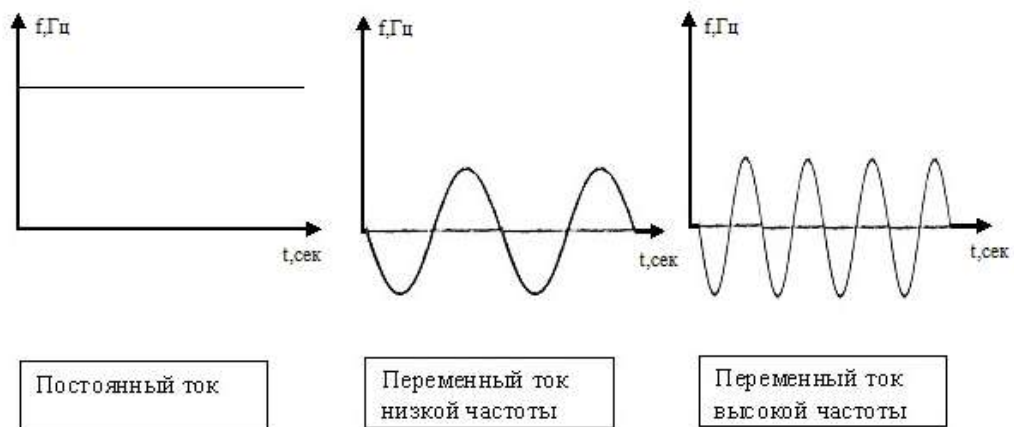


Рисунок 1.5. – Виды электрического тока

Сопротивление R

Оказывает сопротивление и переменному и постоянному току и величина этого сопротивления не меняется.

Индуктивность L

Оказывает сопротивление переменному току и пропускает постоянный ток. Сопротивление индуктивности изменяется при изменении частоты, чем выше частота, тем больше сопротивление.

Емкость C

Оказывает сопротивление постоянному току и пропускает переменный ток. Сопротивление емкости изменяется, чем выше частота, тем меньше сопротивление [50,51].

Сопротивление – элемент, на котором происходит превращение энергии электрического тока в тепло. $U = RI$ $R = U/I$

Сопротивление – коэффициент пропорциональности между напряжением и током. При данном токе, напряжение получается тем больше, чем больше сопротивление.

Емкость – элемент, в котором накапливается энергия электрического поля. $q = CU$ $C = q/U$

Емкость – коэффициент пропорциональности между зарядом и напряжением. При данном напряжении, заряд получится тем больше, чем больше емкость.

Индуктивность – элемент, в котором накапливается энергия магнитного поля. $\Phi = LI$ $L = \Phi/I$

Индуктивность – коэффициент пропорциональности между магнитным потоком и током. При данном токе, магнитный поток получается тем больше, чем больше индуктивность. R, L и C являются пассивными элементами электрических схем, то есть, они лишь определяют значение токов в ветвях, но не могут эти токи изменять.

Каждый из параметров R, L, C может быть определен на основании геометрических параметров с учетом свойств среды и материалов. Это позволяет изготавливать их в виде отдельных элементов с заранее заданными значениями R, L, и C.

Если в цепи нужно сопротивление, то применяется резистор.

Резистор – сопротивление, оформленное в виде отдельного элемента, с гарантированным значением сопротивления.

Если в цепи нужна емкость, то применяют конденсатор.

Конденсатор - емкость, оформленная в виде отдельного элемента с гарантированным значением емкости.

Если в цепи нужна индуктивность, применяют катушку, дроссель или контур.

Катушка (контур), индуктивность, оформленная в виде отдельного элемента, с гарантированным значением индуктивности.

Резисторы применяются для ограничения постоянных и переменных токов, а также для выделения тепла.

Конденсаторы применяются для того, чтобы пропускать переменный ток и не пропускать постоянный ток.

Индуктивности применяются для того, чтобы пропускать постоянный ток и не пропускать переменный ток.

Сочетания R, L и C позволяют делать электрические и электронные схемы с любыми заданными свойствами. Свойствами R, L и C обладают любые элементы электрических цепей. У резистора всегда есть небольшая емкость и индуктивность, у конденсатора всегда есть признаки индуктивности и сопротивления, у катушки всегда есть сопротивление и признаки емкости.

Провода всегда обладают сопротивлением, емкостью и индуктивностью, транзисторы проявляют сильные свойства емкости и т. д.

Почти всегда неосновные свойства элемента являются нежелательными, например емкости транзисторов или сопротивление катушки, но они есть и, значит, в анализе электрических цепей их надо учитывать.

1.1.2 Переходные процессы в электрических цепях

Переходные процессы — процессы, возникающие в электрических цепях при различных воздействиях, приводящих их из стационарного состояния в новое стационарное состояние, то есть, — при действии различного рода коммутационной аппаратуры, например, ключей, переключателей для включения или отключения источника или приёмника энергии, при обрывах в цепи, при коротких замыканиях отдельных участков цепи и т. д.

Физическая причина возникновения переходных процессов в цепях — наличие в них катушек индуктивности и конденсаторов, то есть индуктивных и ёмкостных элементов в соответствующих схемах замещения. Объясняется это тем, что энергия магнитного и электрического полей этих элементов не может изменяться скачком при коммутации (процесс замыкания или размыкания выключателей) в цепи. Иными словами, конденсатор не может запастись энергией мгновенно, а если бы мог — для этого потребовался источник энергии бесконечной мощности.

При всех изменениях в электрической цепи: включении, выключении, коротком замыкании, колебаниях величины какого-либо параметра и т.п. — в ней возникают переходные процессы, которые не могут протекать мгновенно, так как невозможно мгновенное изменение энергии, запасенной в электромагнитном поле цепи.

Таким образом, переходный процесс обусловлен несоответствием величины запасенной энергии в магнитном поле катушки и электрическом поле конденсатора ее значению для нового состояния цепи [31].

При переходных процессах могут возникать большие перенапряжения, сверхтоки, электромагнитные колебания, которые могут нарушить работу устройства вплоть до выхода его из строя. С другой стороны, переходные процессы находят полезное практическое применение, например, в различного рода электронных генераторах. Все это обуславливает необходимость изучения методов анализа нестационарных режимов работы цепи.

Основные методы анализа переходных процессов в линейных цепях:

Классический метод, заключающийся в непосредственном интегрировании дифференциальных уравнений, описывающих электромагнитное состояние цепи.

Операторный метод, заключающийся в решении системы алгебраических уравнений относительно изображений искомых переменных с последующим переходом от найденных изображений к оригиналам.

Частотный метод, основанный на преобразовании Фурье и находящий широкое применение при решении задач синтеза.

Метод расчета с помощью интеграла Дюамеля, используемый при сложной форме кривой возмущающего воздействия.

Метод переменных состояния, представляющий собой упорядоченный способ определения электромагнитного состояния цепи на основе решения системы дифференциальных уравнений первого порядка, записанных в нормальной форме (форме Коши).

Переходный процесс в цепи описывается математически дифференциальным уравнением неоднородным (однородным), если схема замещения цепи содержит (не содержит) источники ЭДС и тока, линейным (нелинейным) для линейной (нелинейной) цепи.

Простейшим примером переходных процессов может служить зарядка конденсатора ёмкостью C (Рис.1.6) от источника постоянного тока (аккумулятора) с ЭДС E и внутренним сопротивлением r через резистор R , ограничивающий ток в цепи. Начиная с момента времени $t = 0$, когда замыкается ключ, ток в цепи уменьшается по экспоненциальному закону, приближаясь к нулю, а напряжение увеличивается, асимптотически стремясь к значению, равному ЭДС источника. Скорость изменения напряжения и тока зависит от ёмкости конденсатора и сопротивления в цепи: чем больше ёмкость и сопротивление, тем длительнее процесс зарядки.

Через интервал времени $t = (R + r) \times C$, называемый постоянной времени зарядки конденсатора, напряжение на его обкладках достигает значения $u_c = 0,63 E$, а сила тока $i = 0,37 I_0$, где I_0 — начальная сила тока, равная отношению эдс к сопротивлению цепи. Через интервал времени $5t$ $u_c > 0,99 E$, а сила тока $i < 0,01 I_0$, и с погрешностью менее 1% переходной процесс можно считать закончившимся. За время переходных процессов энергия электрического поля конденсатора увеличивается от нуля до $W_c = 1/2 C E^2$.

Во время переходных процессов на отдельных участках цепи могут возникнуть напряжения и токи, значительно превышающие напряжения и токи установившегося режима, то есть перенапряжения и сверхтоки.

При неправильном выборе оборудования перенапряжения могут привести к пробое изоляции, например в конденсаторах, трансформаторах, электрических машинах, а сверхтоки — к срабатыванию элементов защиты и отключению установки, к перегоранию приборов, обгоранию контактов, механическим повреждениям обмоток вследствие электродинамических усилий [32,33].

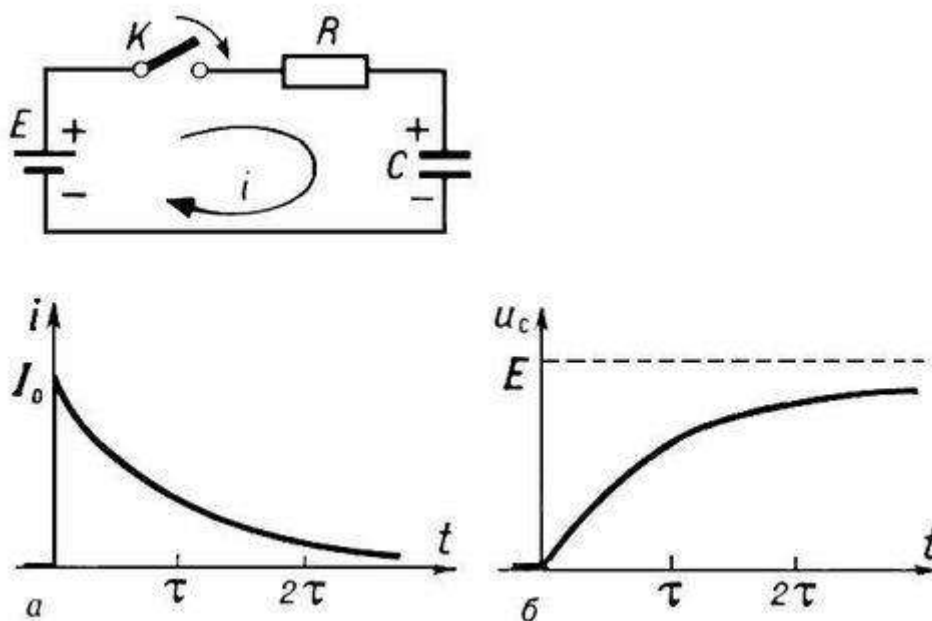


Рисунок 1.6. – Схема зарядки конденсатора и изменение во времени тока в цепи зарядки (а) и напряжения на обкладках конденсатора (б):
 E — эдс; I_0 — начальная сила тока в цепи; K — ключ; R — ограничительный резистор; C — конденсатор; i — ток зарядки; u_c — напряжение на обкладках конденсатора; t — время; τ — постоянная времени зарядки.

Переходные процессы играют исключительно важную роль в системах автоматического регулирования, в импульсной, вычислительной и измерительной технике, в электронике и радиотехнике и в электроэнергетике.

1.1.3 Режимы работ электрической цепи

Для электрической цепи наиболее характерными являются режимы работы: нагрузочный, холостого хода и короткого замыкания.

Нагрузочный режим работы (Рис. 1.7.а).

Рассмотрим работу электрической цепи при подключении к источнику какого-либо приемника с сопротивлением R (резистора, электрической лампы и т. п.).

На основании закона Ома ЭДС источника равна сумме напряжений IR на внешнем участке цепи и IR_0 на внутреннем сопротивлении источника:

$$E = IR + IR_0 \quad (1)$$

Учитывая, что напряжение U на зажимах источника равно падению напряжения IR во внешней цепи, получим:

$$E = U + IR_0 \quad (2)$$

Эта формула показывает, что ЭДС источника больше напряжения на его зажимах на значение падения напряжения внутри источника. Падение напряжения IR_o внутри источника зависит от тока в цепи I (тока нагрузки), который определяется сопротивлением R приемника. Чем больше будет ток нагрузки, тем меньше напряжение на зажимах источника:

$$U_{и} = E - IR_o \quad (3)$$

Падение напряжения в источнике зависит также и от внутреннего сопротивления R_o . Согласно уравнению (3) зависимость напряжения $U_{и}$ от тока I изображается прямой линией (Рис.1.8). Эту зависимость называют внешней характеристикой источника.

Из всех возможных нагрузочных режимов работы наиболее важным является номинальный. Номинальным называется режим работы, установленный заводом-изготовителем для данного электротехнического устройства в соответствии с предъявляемыми к нему техническими требованиями. Он характеризуется номинальным напряжением, током (точка Н на Рис.1.8) и мощностью.

Эти величины обычно указывают в паспорте данного устройства. От номинального напряжения зависит качество электрической изоляции электротехнических установок, а от номинального тока — температура их нагрева, которая определяет площадь поперечного сечения проводников, теплостойкость применяемой изоляции и интенсивность охлаждения установки. Превышение номинального тока в течение длительного времени может привести к выходу из строя установки.

Режим холостого хода (Рис. 1.7 б).

При этом режиме присоединенная к источнику электрическая цепь разомкнута, т. е. тока в цепи нет. В этом случае внутреннее падение напряжения IR_o будет равно нулю и формула (3) примет вид

$$E = U_{и} \quad (4)$$

Таким образом, в режиме холостого хода напряжение на зажимах источника электрической энергии равно его ЭДС (точка Х на рис. 1.8). Это обстоятельство можно использовать для измерения э. д. с. источников электроэнергии.

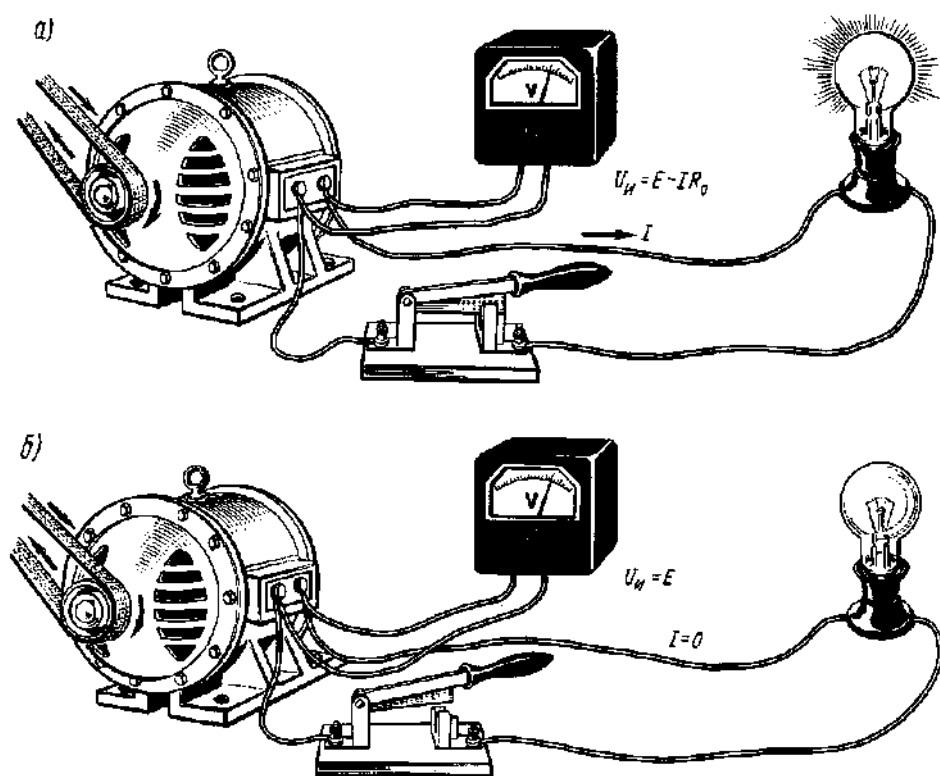


Рисунок 1.7 – Схемы, поясняющие нагрузочный режим работы (а) и режим холостого хода (б)

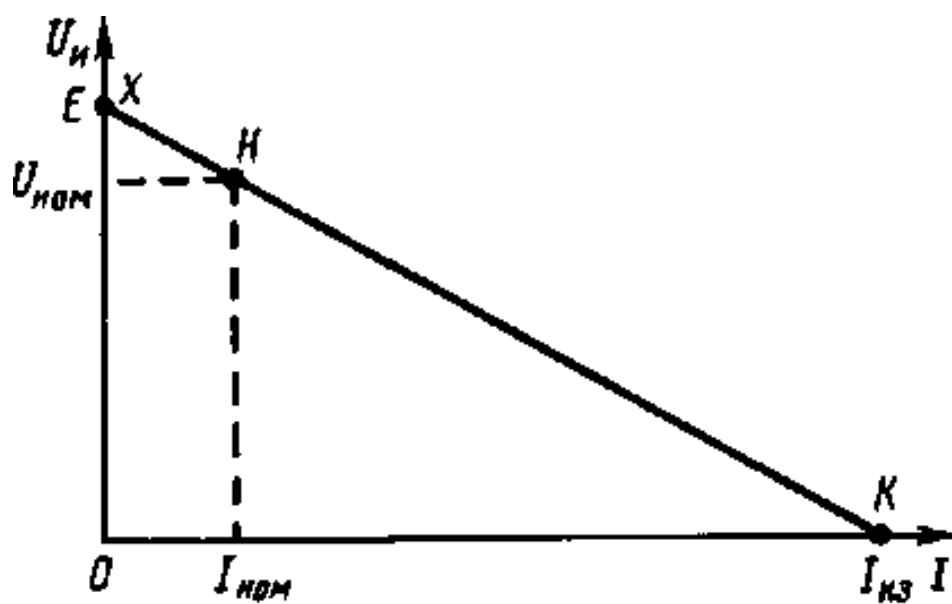


Рисунок 1.8 – Внешняя характеристика источника

Режим короткого замыкания (Рис. 1.9).

Коротким замыканием (КЗ) называют такой режим работы источника, когда его зажимы замкнуты проводником, сопротивление которого можно считать равным нулю.

Практически КЗ возникает при соединении друг с другом проводов, связывающих источник с приемником, так как эти провода имеют обычно незначительное сопротивление и его можно принять равным нулю.

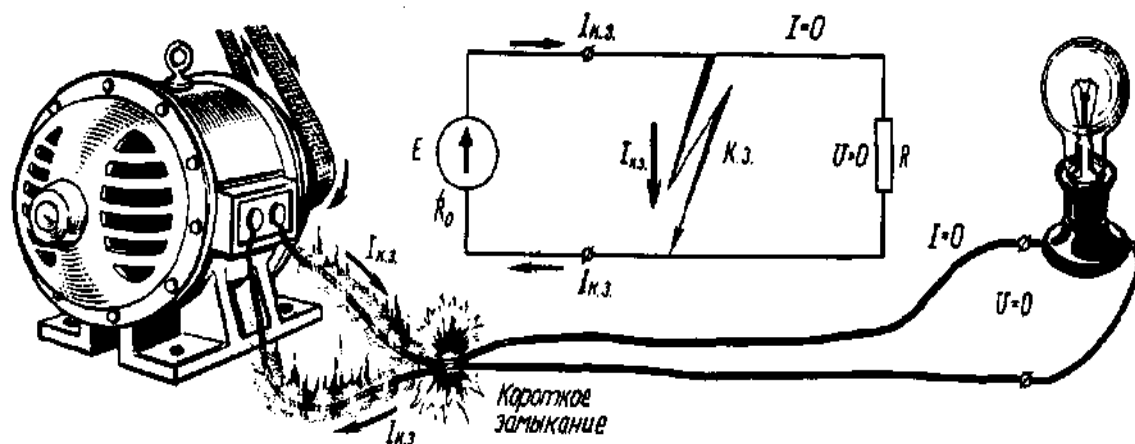


Рисунок 1.9 – Схема короткого замыкания в цепи источника электрической энергии

Короткое замыкание может происходить в результате неправильных действий персонала, обслуживающего электротехнические установки (Рис. 1.10 а), или при повреждении изоляции проводов (Рис. 1.10 б, в), в последнем случае эти провода могут соединяться через землю, имеющую весьма малое сопротивление, или через окружающие металлические детали (корпуса электрических машин и аппаратов, элементы кузова локомотива и пр.).

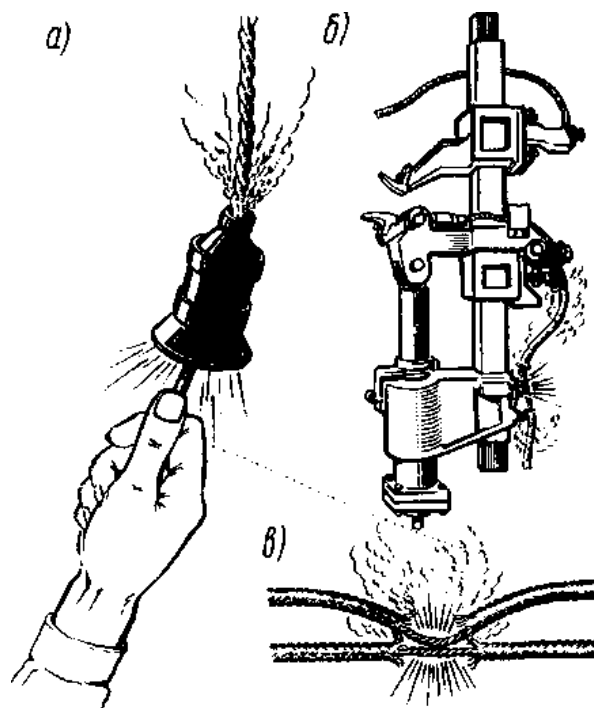


Рисунок 1.10 – Возможные причины короткого замыкания в электрических установках

При коротком замыкании ток:

$$I_{к.з} = E / R_o \quad (5)$$

Ввиду того что внутреннее сопротивление источника R_o обычно очень мало, проходящий через него ток возрастает до весьма больших значений. Напряжение же в месте КЗ становится равным нулю (точка К на рис. 1.8), т. е. электрическая энергия на участок электрической цепи, расположенный за местом КЗ, поступать не будет [52,53].

Короткое замыкание является аварийным режимом, так как возникающий при этом большой ток может привести в негодность, как сам источник, так и включенные в цепь приборы, аппараты и провода. Лишь для некоторых специальных генераторов, например сварочных, короткое замыкание не представляет опасности и является рабочим режимом.

В электрической цепи ток проходит всегда от точек цепи, находящихся под большим потенциалом, к точкам, находящимся под меньшим потенциалом. Если какая-либо точка цепи соединена с землей, то потенциал ее принимается равным нулю; в этом случае потенциалы всех других точек цепи будут равны напряжениям, действующим между этими точками и землей.

По мере приближения к заземленной точке уменьшаются потенциалы различных точек цепи, т. е. напряжения, действующие между этими точками и землей.

По этой причине обмотки возбуждения тяговых двигателей и вспомогательных машин, в которых при резких изменениях тока могут возникать большие перенапряжения, стараются включать в силовую цепь ближе к «земле» (за обмоткой якоря). В этом случае на изоляцию этих обмоток будет действовать меньшее напряжение, чем если бы они были включены ближе к контактной сети на электровозах постоянного тока или к незаземленному полюсу выпрямительной установки на электровозах переменного тока (т.е. находились бы под более высоким потенциалом). Точно также точки электрической цепи, находящиеся под более высоким потенциалом, являются более опасными для человека, соприкасающегося с токоведущими частями электрических установок. При этом он попадает под более высокое напряжение по отношению к земле [33,34].

Следует отметить, что при заземлении одной точки электрической цепи распределение токов в ней не изменяется, так как при этом образуется никаких новых ветвей, по которым могли бы протекать токи. Если заземлить две (или больше) точки цепи, имеющие разные потенциалы, то через землю образуются дополнительная токопроводящая ветвь (или ветви) и распределение тока в цепи меняется.

Следовательно, нарушение или пробой изоляции электрической установки, одна из точек которой заземлена, создает контур, по которому проходит ток, представляющий собой, по сути дела, ток короткого замыкания.

То же происходит в незаземленной электрической установке при замыкании на землю двух ее точек. При разрыве электрической цепи все ее точки до места разрыва оказываются под одним и тем же потенциалом.

1.1.4 Измерение характеристики электрического тока

Основными определяющими параметрами любой электрической цепи является напряжение, сила тока и сопротивление. Их взаимосвязь определяется известным со школьной физики законом Ома, суть которого заключается в том, что любую из этих величин можно определить, зная нужные формулы. При этом сила тока имеет прямую зависимость от напряжения и обратную от сопротивления. Существует три основных метода измерения силы тока и параметров электрической цепи.

Прямой метод измерения электрического тока.

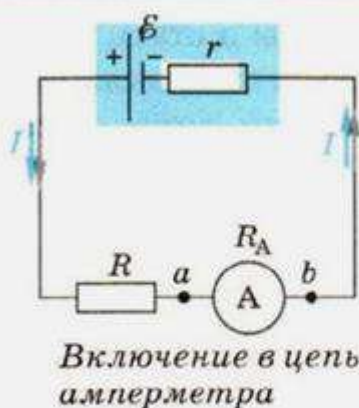
Данный способ получения любых характеристик электрической цепи наиболее распространен на практике. Под прямым методом измерения подразумевается получение искомых значений силы тока, напряжения или сопротивления с помощью соответствующих измерительных приборов. Информация на них может отображаться цифровым или аналоговым способом. Выбор конкретной модели зависит от необходимой точности искомых значений и собственной погрешности устройства.

Измерение силы тока в электрической цепи осуществляется амперметрами (Рис.1.11). Чем меньше будет внутреннее сопротивление прибора, тем более точные данные он отобразит. Необходимо отметить что устройства, оснащенные стрелочным указателем менее точны по сравнению с приборами, которые отображают информацию в цифровом виде [47].

Измерение силы тока в собранной цепи проводится при последовательном включении прибора в разрыв между элементами. Это одно из важных условий при наличии постоянного тока. Измерение силы в электрической цепи с переменным электрическим током можно провести без нарушения ее целостности, просто охватив провод специальными клещами. В данном варианте амперметр работает по принципу трансформатора. Любой проводник при прохождении переменного тока, обладает внешним магнитным полем, которое создает поток на измерительных контактах и индуцирует напряжение на обмотках.

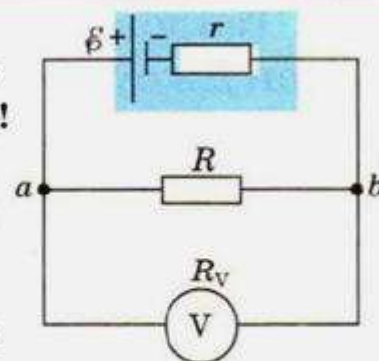
Но в отдельных случаях использование прямого метода измерения невозможно. Это, например, относится к вариантам предварительного расчета электрической схемы или, когда сама конструкция рабочей схемы не позволяет провести разрыв цепи. В этой ситуации прибегают к косвенному или компенсационному методам измерения силы тока.

Амперметр — прибор для измерения силы электрического тока.



Амперметр включается в цепь последовательно!

Вольтметр включается параллельно тому участку цепи, напряжение на котором Измеряется!



Вольтметр — прибор для измерения электрического напряжения.

Рисунок 1.11 – Измерение силы тока и напряжения

Косвенный метод определения силы тока в электрической цепи.

В основе данного метода измерения лежит правило: зная зависимость трех параметров, всегда можно определить один из них при известных данных двух других значений. Для электрической цепи справедлив закон Ома, в соответствии с которым сила тока (I) имеет прямую зависимость от напряжения (U) или разности потенциалов. Формула закона для участка цепи выгладит следующим образом:

$$I = U/R, \quad (5)$$

где R – это сопротивление (в Омах) на участке электрической цепи.

Из уравнения видно, что сила тока имеет обратную зависимость от сопротивления. Косвенный метод позволяет осуществлять измерение силы тока, как эмпирическим путем, так и математическим вычислениями. В первом случае исходные значения напряжения и сопротивления определяются вольтметром и омметром. Во втором варианте эти данные берутся из расчетных показателей электрической схемы. Необходимо помнить, что при математическом расчете параметров электрической цепи будут получены абсолютные значения, соответствующие идеальным данным. На практике, они могут значительно отличаться из-за характеристик материалов, внешних факторов и т.д.

Также при косвенном методе можно определить искомые параметры зная потребляемую мощность устройства (P), которая является произведением напряжения и силы тока ($P=U \times I$, Рис.1.12).

Компенсационный метод измерения силы тока.

Компенсационный метод базируется на уравнивании двух электрически самостоятельных параметров (напряжения или тока) и выполняется посредством введения таких величин в цепь индикатора баланса.

Физическая величина	Обозначение	Единицы измерения	Расчетная формула
Сила тока	I	A	$I=q/t$
Электрическое напряжение	U	B	$U=A/q$
Электрическое сопротивление	R	Ом	$R=(\rho l)/S$
Работа электрического тока	A	Дж, кВтч	$A=UIt$
Мощность электрического тока	P	Вт, кВт	$P=UI$

Рисунок 1.12 – Расчетная формула физических величин электрического тока

При данном варианте измерения силы тока используют дополнительную нагрузку с известным значением сопротивления. При порождении тока через резистор на выходе измеряют падение напряжения на участке и сравнивают данные. В результате получаем уравнение, с помощью которого можно легко определить искомое значение [54,55].

Этот метод измерений положен в принцип действия потенциометров. Преимуществом измерения силы тока в данном варианте является высокая точность показателей при минимальной погрешности. Компенсационный метод измерения показал свое наибольшую эффективность при измерении минимальных значений силы тока в сотые и тысячные доли ампера.

В заключение отметим, что наиболее распространенным вариантом измерения силы тока можно назвать прямой метод. Он является самым простым для использования в бытовых целях. Для получения более точных данных и снижения погрешности необходимо прибегнуть к косвенному или компенсационному способу.

1.2 Электрические машины постоянного и переменного тока

Электрические машины служат для превращения механической энергии в электрическую (генераторы переменного и постоянного тока) и для обратного превращения (электродвигатели).

Во всех указанных случаях используются в сущности три основных открытия в области электромагнетизма: явление механического взаимодействия токов, открытое Ампером в 1821 г., явление электромагнитной индукции, открытое Фарадеем в 1831 г., и теоретическое обобщение этих явлений, сделанное Ленцем (1834 г.) в его известном законе о направлении индукционного тока (по существу закон Ленца предвосхитил закон сохранения энергии для электромагнитных процессов).

Для преобразования механической энергии в электрическую или обратно необходимо создать относительное движение проводящего контура с током и магнитного поля (магнита или тока) [31].

В электрических машинах, рассчитанных на длительную работу, используется вращательное движение подвижной части машины (ротор машины переменного тока), расположенной внутри неподвижной части (статора). Обмотка машины, служащая для создания магнитного поля, называется индуктором, а обмотка, обтекаемая рабочим током, называется якорем. Оба последних термина употребляются и для машин постоянного тока.

Для увеличения магнитной индукции обмотки машин размещаются на ферромагнитных телах (сталь, чугун).

Все электрические машины обладают свойством обратимости, т. е. могут использоваться как в качестве генераторов электрической энергии, так и в качестве электродвигателей.

1.2.1 Классификация электрических машин постоянного и переменного тока

Электрические машины служат для преобразования механической энергии в электрическую (генераторы) либо электрической в механическую (двигатели).

Электрические машины, как и другие устройства, также можно классифицировать. Классифицируют электрические машины по назначению, принципу действия и роду тока, мощности, по частоте вращения.

Классификация по назначению.

Электрические машины по своему назначению подразделяют на:

Электромашинные генераторы (Рис.1.13). Они выполняют преобразование энергии механической (вращение) в электрическую. Они устанавливаются на электрических станциях, автомобилях, самолетах, передвижных электростанциях, кораблях и в других установках.

На электростанциях генератор приводят в движение мощные паровые турбины, на автомобилях и прочих транспортных средствах – газовые турбины или двигатели внутреннего сгорания.

Генераторы очень часто используют в качестве источников питания в различных установках связи, автоматики и измерительной техники и в других системах.



Рисунок 1.13 – Электромашинные генераторы

Электрические двигатели (Рис.1.14) – выполняют функции обратные генератору, а именно, преобразуют электрическую энергию в механическую. Они используются для приведения в движение множества установок в промышленности, сельском хозяйстве, транспорте, в быту, в системах связи. В системах автоматического регулирования их активно используют в качестве регулирующих, программирующих и исполнительных органов.

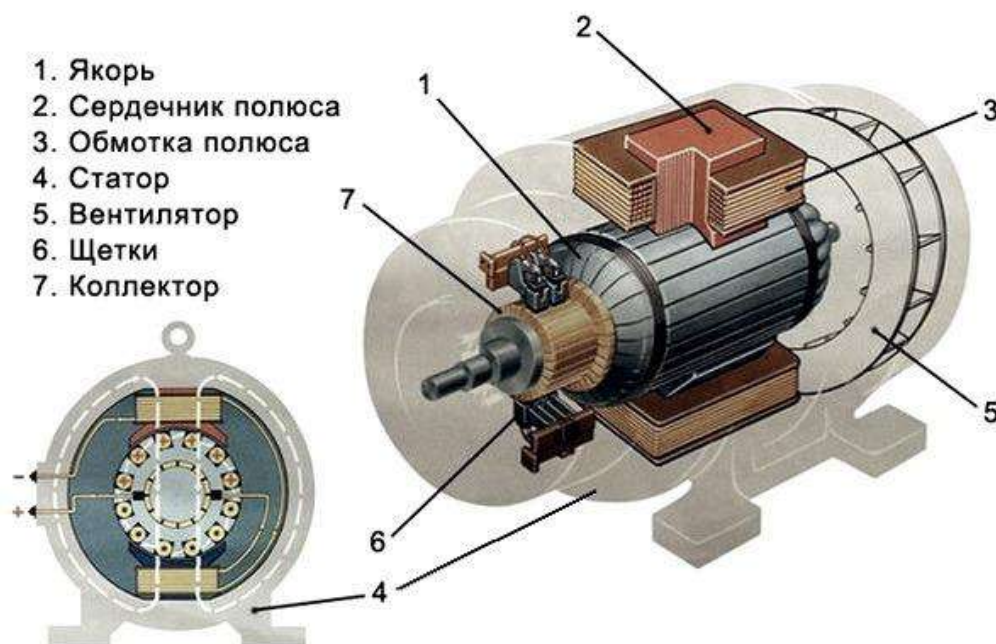


Рисунок 1.14 – Электродвигатель постоянного тока

Электромашинные преобразователи – выполняют преобразования электрических величин. Например, могут преобразовывать постоянный ток в переменный и наоборот, изменять частоту, число фаз и другие функции. В связи с активным внедрением полупроводниковых преобразователей электромашинные преобразователи в новых проектах используют крайне редко (практически никогда), а уже установленные электромашинные преобразователи активно модернизируются полупроводниковыми (тиристорными и транзисторными) [56,57].

Электромашинные компенсаторы – осуществляют регулирование коэффициента мощности $\cos \varphi$, а именно баланса реактивной мощности в сети.

Электромашинные усилители – используют для объектов большой мощности. Это, своего рода усилители, они усиливают сигналы большой мощности, при этом управление ведется сигналами малой мощности. Роль этих усилителей, как и электромашинных компенсаторов, в современном мире практически сведена на нет из-за применения полупроводниковых усилителей (транзисторных и тиристорных).

Электромеханические преобразователи сигналов – это, как правило, электрические микромашины (например, сельсины), которые довольно широко используют в системах автоматического управления.

Классификация по роду тока и принципу действия.

Как известно, существует два рода электрического тока – переменный и постоянный. Исходя из этого, электрические машины также подразделяют по роду тока на два вида – машины электрические переменного тока и машины электрические постоянного тока.

Электрические машины переменного тока.

В свою очередь электрические машины переменного тока делят на:

Трансформаторы (Рис.1.15) – наиболее широко применимы в сетях электроснабжения для преобразования напряжений (повышение и понижение). Также довольно широко их применяют в выпрямительных установках для согласования напряжений, в устройствах связи, вычислительной техники и автоматики. Часто применяются и для проведения измерений электрических (измерительные трансформаторы), а также для различных функциональных преобразований (трансформаторы вращающиеся).

Асинхронные электродвигатели – самые распространенные в мире благодаря своей относительной простоте и низкой стоимости. Простота конструкции и высокая надежность позволяет применять их не только в промышленных электроустановках (станки, краны, подъемные машины), но и в бытовых (компрессора холодильников, вентиляторы, пылесосы). Довольно широкое применение получили однофазные и двухфазные асинхронные управляемые электродвигатели, а также сельсины и тахогенераторы асинхронные.



Рисунок 1.15 – Трансформаторы

Синхронные электродвигатели – наиболее часто применяемы в качестве генераторов электрического тока на электрических станциях. Также применимы в качестве генераторов повышенной частоты в различных источниках питания (например, на кораблях, тепловозах, самолетах).

Также в электроприводах большой мощности применяют синхронные электродвигатели, которые могут также помимо выполнения полезной работы

и также влиять на коэффициент мощности сети $\cos \varphi$. Относительно электроприводов малой мощности, то там довольно широкое распространение получили реактивные синхронные электродвигатели, шаговые, индукторные, с постоянными магнитами и другие.

Коллекторные машины – используют их относительно редко и зачастую только в качестве электродвигателей. Это вызвано сложностью их конструкции, а также в необходимости довольно тщательного ухода за ними. В бытовых электроприборах и устройствах автоматики применяются универсальные коллекторные электродвигатели, способные работать на двух родах тока – постоянном и переменном.

Электрические машины постоянного тока.

В недалеком прошлом были они самыми популярными в регулируемом электроприводе из-за простоты управления ими. Они работают практически во всех сферах промышленности и транспорта. Из-за повышенной стоимости и требовательности в обслуживании активно вытесняются частотно-регулируемыми электроприводами переменного тока.

В связи с большим распространением машин постоянного тока также были распространены и генераторы постоянного тока.

Они использовались в качестве источников постоянного напряжения для зарядки аккумуляторных батарей, на транспорте, а также в промышленности. Ввиду развития полупроводниковой техники генераторы постоянного тока постепенно вытесняются из работы и активно заменяются на генераторы переменного тока работающих в паре с полупроводниковым преобразователем.

Также применяются электродвигатели постоянного тока и в системах автоматического управления АСУ в качестве усилителей электромашинных, тахогенераторов и исполнительных электродвигателей.

Электрические микромашины.

Микромашины активно применяются в устройствах автоматических.

Соответственно их подразделяют на группы:

Силовые микродвигатели – приводят во вращения механизмы различных автоматических устройств. Например, самопишущие устройства и другие.

Исполнительные (управляемые) микромашины – выполняют преобразование энергии электрической в механическую, то есть ведут обработку определенных команд из вне.

Тахогенераторы – преобразуют механическую энергию вращения вала в электрический сигнал напряжения, который пропорционален скорости вращения вала.

Вращающиеся трансформаторы – на выходе этих трансформаторов устанавливается напряжение, пропорциональное функции углу поворота ротора, например синусу или косинусу данного угла или же самому углу.

Машины синхронной связи – (магнесины или сельсины) осуществляют синфазный и синхронный поворот или же вращения нескольких осей, не имеющих между собой механической связи.

Классификация по мощности.

Также электрические машины классифицируют еще и по мощности. И по мощности их делят на:

Микромашины – их мощность может варьироваться от нескольких долей ватта до 500 Вт. Они могут производиться для двух родов тока — постоянного и переменного. Могут быть рассчитаны как на работу при нормальной (промышленной) частоте 50 Гц, так и при повышенной (от 400 до 2000 Гц).

Электродвигатели малой мощности – от 0,5 до 10 кВт. Также могут изготавливаться для двух родов тока – постоянного и переменного нормальной и повышенной частоты.

Электродвигатели средней мощности – от 10 кВт до нескольких сотен ватт.

Электродвигатели большой мощности – мощность данных машин больше нескольких сотен киловатт. Такие электродвигатели предназначены для работы на постоянном и переменном напряжении нормальной частоты. Исключение могут составлять электродвигатели специального назначения (авиация, флот) и другие.

Классификация по частоте вращения.

Условно их разделяют на:

До 300 об/мин — тихоходные.

От 300 до 1500 об/мин — средней быстроходности.

От 1500 до 6000 об/мин — быстроходные.

Более 6000 об/мин — сверхбыстроходные.

Микромашины же могут изготавливать с частотой вращения вала от нескольких оборотов в минуту до 60000 оборотов в минуту. Скорость вращения машин средней и большой мощности, как правило, не превышает 3000 об/мин. [58,60].

1.2.2 Режимы работ электрических машин постоянного и переменного тока

Электрической машиной называется устройство, служащее для преобразования механической энергии в электрическую или, наоборот, электрической энергии в механическую. В первом случае машина называется электрическим генератором, во втором случае — электродвигателем.

В основу работы электрических генераторов положен принцип электромагнитной индукции (Рис.1.16). Известно, что если проводник пересекает магнитное поле, то в нем будет наводиться электродвижущая сила (э.д.с.), которая по законам электромагнитной индукции зависит от интенсивности магнитного поля, длины проводника, скорости его движения и угла между вектором поля и вектором движения проводника. Если этот

проводник замкнуть, то в цепи появится электрический ток. Так как причиной наведения электродвижущей силы в проводнике является пересечение им магнитных силовых линий, той в том случае, когда проводник неподвижен, а движется (изменяется) магнитное поле, в проводнике также будет наводиться э. д. с.

Это физическое явление и положено в основу работы электрических генераторов. Любой генератор состоит из устройства, служащего для создания магнитного потока (например, электромагнита), и электрической обмотки, в которой наводится э.д.с.

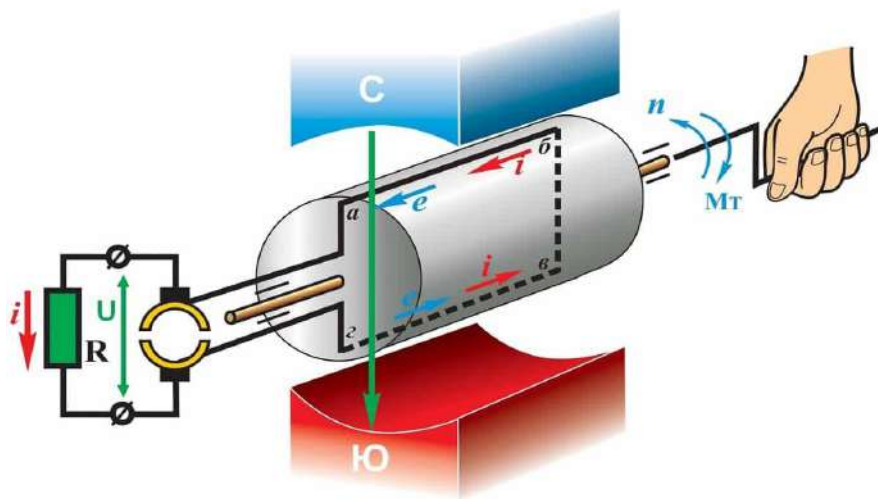


Рисунок 1.16 – Принцип электромагнитной индукции

У генераторов постоянного тока обмотка обычно размещается на вращающейся части, называемой якорем (Рис.1.17). Якорь располагается между полюсами, создающими магнитное поле. При вращении якоря механическим двигателем в этом магнитном поле в обмотке наводится э.д.с., которая прямо пропорциональна скорости вращения и величине магнитного потока. С помощью коллектора ток подается во внешнюю цепь.

Аналогичным образом устроены и генераторы переменного тока, только у них основная обмотка, как правило, размещается на неподвижной части, называемой статором, а магнитное поле создается полюсами, расположенными на вращающейся части (роторе) [8,50].

Очевидно, что для получения электроэнергии якорь (ротор) генератора должен вращаться каким-либо двигателем, являющимся источником механической энергии.

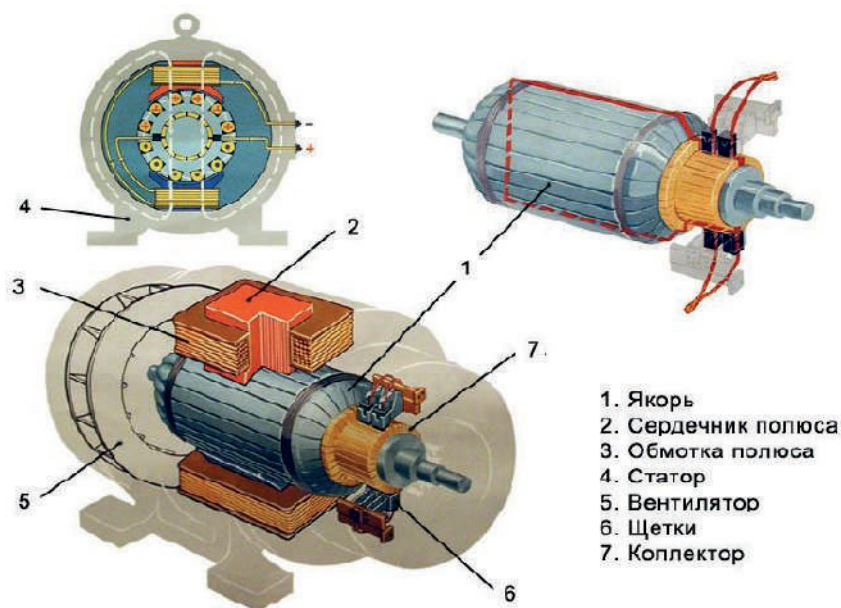


Рисунок 1.17 – Генератор постоянного тока

Действие электродвигателей основано на свойстве проводника с током двигаться в магнитном поле. Известно, что если проводник с электрическим током поместить в м

Характерным свойством электрических машин является их обратимость. Действительно, если якорь машины постоянного тока вращается в магнитном поле полюсов механическим двигателем, то машина будет источником электрической энергии. Та же машина может использоваться и как источник механической энергии.

Для этого к обмотке якоря с помощью щеток и коллектора нужно подвести электрическую энергию, и якорь придет во вращение. Таким образом, для электродвигателей возможны два основных режима работы: двигательный и генераторный, часто называемый также тормозным режимом.

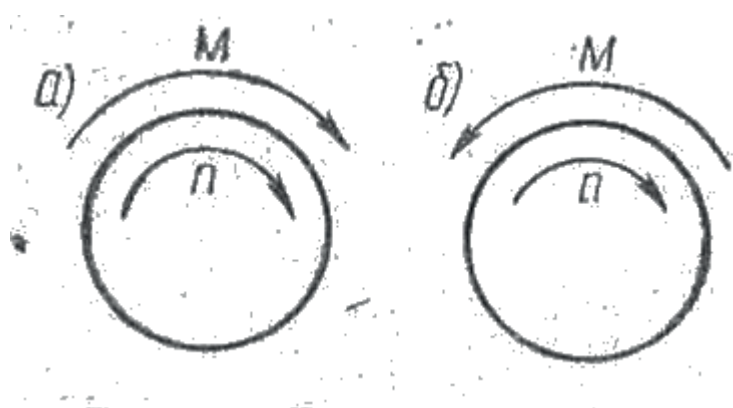


Рисунок 1.18 – Режимы электрической машины: а – двигательный;
б – тормозной

В двигательном режиме (Рис. 1.18,а) к зажимам электродвигателя подводится электрическая энергия, преобразуемая им в механическую. Создаваемый при этом вращающий момент принято считать положительным, так как направление момента совпадает с направлением вращения.

При работе электродвигателя в тормозном режиме (Рис. 1.18,б) к валу подводится механическая энергия, которая машиной преобразуется в электрическую. Создаваемый при этом вращающий момент будет отрицательным, так как он препятствует вращению машины [52,55].

Любой электродвигатель может работать в любом из этих режимов при определенных условиях. При работе в двигательном режиме к валу электродвигателя приложены два момента: момент, развиваемый электродвигателем, и момент, создаваемый приводимым в движение механизмом. Последний называют статическим моментом или моментом сил сопротивления на валу электродвигателя. В дальнейшем момент, развиваемый в двигательном режиме, будем называть вращающим, а момент, развиваемый в генераторном режиме, — тормозным.

Вращающий момент любого электродвигателя, прямо пропорционален магнитному потоку и току в обмотке якоря (ротора). Статический момент, создаваемый приводимым механизмом, определяет нагрузку электродвигателя и может быть положительным и отрицательным. Статический момент положителен, когда его направление совпадает с направлением движения, и отрицателен, когда он направлен против движения. В первом случае статический момент называется движущим, а во втором — моментом сопротивления.

Отрицательные статические моменты создаются силами трения, силами сопротивления резанию, сжатию, растяжению и скручиванию неупругих тел, а также силой тяжести при подъеме груза. Положительные статические моменты создаются на валу электродвигателя силой тяжести при спуске груза. Статический момент может также состоять из нескольких слагаемых, имеющих разные знаки.

1.2.3 Режимы работы трансформатора

Силовой трансформатор (СТ) — электротехническое устройство в сетях электроснабжения (электросетях) с двумя или более обмотками (трансформатор), который посредством электромагнитной индукции преобразует одну величину переменного напряжения и тока в другую величину переменного напряжения и тока, той же частоты без изменения её передаваемой мощности.

Классификация СТ по:

- количеству обмоток — двух - и многообмоточные;
- количеству фаз — одно - и трехфазные;
- назначению — понижающие и повышающие;

- типу исполнения — сухие, масляные и с жидким негорючим диэлектриком;
- возможности регулирования выходного напряжения — нерегулируемые и регулируемые;
- климатическому исполнению — наружные и внутренние.

Основу любого силового трансформатора составляет сердечник из ферромагнитного материала с несколькими обмотками. Переменный ток, проходящий через витки первичной обмотки создает магнитный поток в сердечнике, который свою очередь, индуцирует ЭДС во всех остальных обмотках. Обмотки трансформатора выполняют в большинстве случаев из изолированных медных проводов круглого или прямоугольного сечения. Обычно первой наматывается обмотка низкого напряжения, поскольку уменьшаются затраты на изолирование обмотки от сердечника.

Между отдельными слоями обмоток, а также между самими обмотками при изготовлении предусматривают пустоты для циркуляции охладителя. В качестве охладителя в мощных трансформаторах применяется масло, которое отбирает тепло от обмоток и передает его в окружающую среду через радиаторные трубки [8].

Различают несколько режимов работы трансформатора, выделим три режима работы: рабочий режим, режим холостого хода, режим короткого замыкания (Рис.1.19).



Рисунок 1.19 – Режимы работы трансформатора

Рабочий режим (Рис.1.20) — это работа трансформатора при подключенных потребителях или под нагрузкой (под нагрузкой понимается ток вторичной цепи — чем он больше, тем больше нагрузка). К трансформатору подключаются различного рода потребители: электрические двигатели, освещение и т. п.

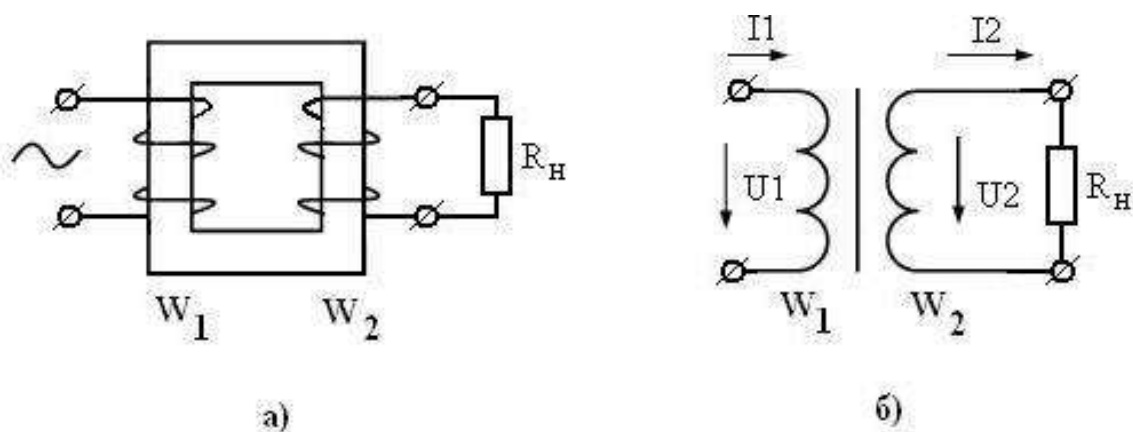


Рисунок 1.20 – Рабочий режим (а) и схема замещения (б) трансформатора

Режим холостого хода (Рис.1.21) трансформатора представляет собой такой режим работы (предельный), когда его вторичная электрическая обмотка разомкнута (не соединена с электроцепью) и сила тока вторичной обмотки приравняется нулю (то есть $I_2 = 0$). Наблюдение работы холостого хода трансформатора позволяет определить действительный коэффициент трансформации, силу тока, реальные потери и электрическое сопротивление холостого хода трансформатора.

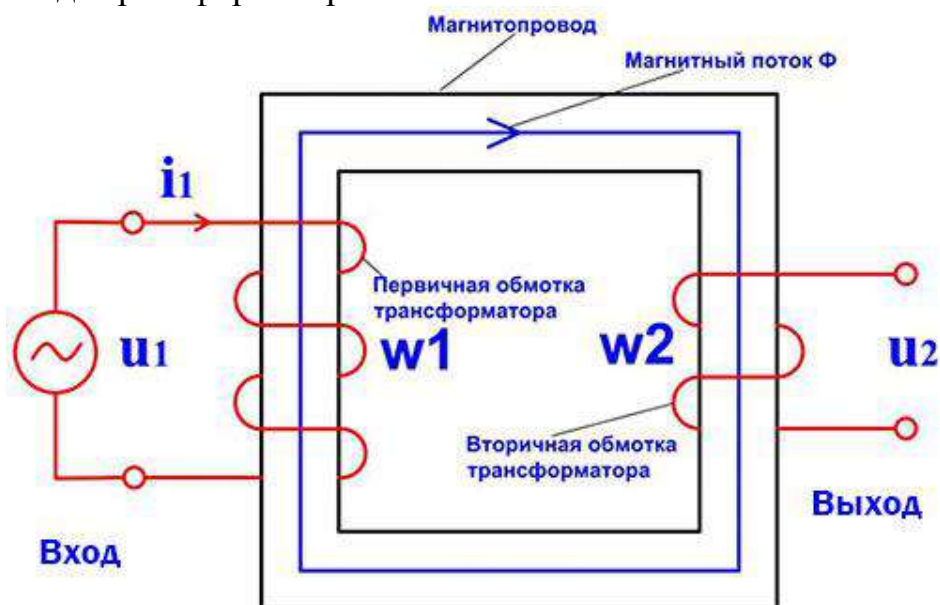


Рисунок 1.21 – Схема трансформатора в режиме холостого хода

При работе холостого хода трансформатора его первичную обмотку подключают в электрическую сеть переменного синусоидального тока на некоторое номинальное напряжение U_1 . Под воздействием подсоединённого электрического напряжения по первичной обмотке трансформатора начинает течь некоторая сила тока (который равен электрическому току холостого хода). Сила тока холостого хода трансформатора равна около 5—10% номинального его значения, а в электрических трансформаторах с малой

мощностью (примерно десятки вольт-ампер) может достигать величины в 30% и даже больше номинального рабочего.

Режим короткого замыкания трансформатора (Рис.1.22) - это режим, при котором вторичная обмотка замкнута накоротко или подключена к нагрузке с очень малым сопротивлением (например, в цепь включен амперметр). Различают два вида короткого замыкания - аварийное и испытательное. При испытательном определяются активные потери в меди обмоток (их нагревание).

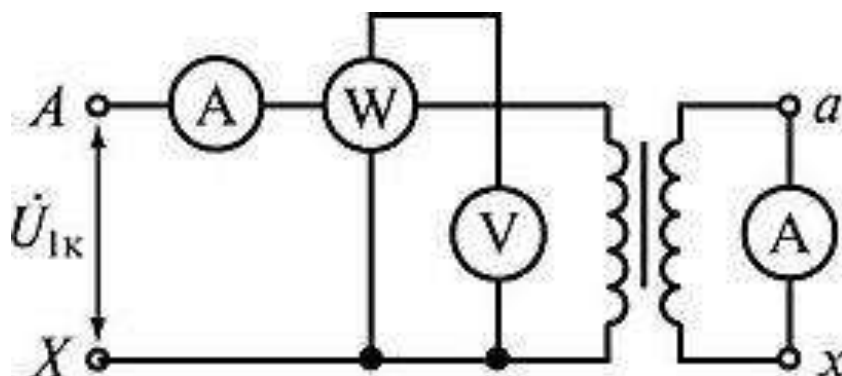


Рисунок 1.22 – Схема трансформатора в режиме короткого замыкания

Трансформатор испытывает перегрузки при воздействии нагрузок и температур выше допустимой нормы. Для каждой модели эти показатели свои. Производители силовых трансформаторов предусматривают возможность работы оборудования в условиях перегрузки. Но если устройство испытывает их продолжительное время или регулярно – это уменьшает срок службы оборудования. Допустимые перегрузки описаны в стандартах. Например, для масляных трансформаторов разработан ГОСТ 14209-97 [58,60].

Трансформатор находится в аварийном режиме, если на него воздействует электрический ток, который сильно превосходит номинальные величины. Дальше давать работать оборудованию нельзя. Как правило, в трансформаторах существуют автоматические выключатели. Они отключают питание оборудования.

Признаки аварийного режима:

- громкий и неритмичный шум и треск в баке трансформатора;
- повышение температуры рабочей части трансформатора;
- утечка трансформаторного масла.

Часто аварийный режим возникает из-за короткого замыкания во вторичной обмотке. Исключение – трансформаторы тока и сварочные трансформаторы. Для них режим короткого замыкания является рабочим.

Напряжение во время короткого замыкания (КЗ) – это еще и важный показатель, который влияет на эксплуатацию трансформатора. Его измеряют в процентах. Для трансформаторов со средним показателем мощности напряжение КЗ составляет 5-7%, а для более мощных – 6-12 %.

Важно не допускать работы трансформатора в аварийном режиме вообще и ограничивать его перегрузки. В этом случае оборудование прослужит вам заявленный производителем срок.

1.3 Электровакуумные и газоразрядные приборы

Электровакуумный прибор — устройство, предназначенное для генерации, усиления и преобразования электромагнитной энергии, в котором рабочее пространство освобождено от воздуха и защищено от окружающей атмосферы непроницаемой оболочкой. К электровакуумным приборам относятся электрические приборы, действие которых основано на использовании потока электрических зарядов в вакууме или в среде разреженного газа.

Электровакуумные и газоразрядные приборы, электронные лампы, используются для генерации, усиления или стабилизации электрических сигналов. Электронная лампа представляет собой, по существу, герметичную ампулу, в вакууме или газовой среде которой движутся электроны.

Ампулу обычно изготавливают из стекла или металла. Управление электронным потоком осуществляется посредством электродов, имеющих внутри лампы.

Хотя в большинстве приложений на смену электронным лампам пришли полупроводниковые приборы, лампы все еще находят применение в видеотерминалах, радиолокаторах, спутниковой связи и во многих других электронных приборах.

В лампе имеется несколько проводящих элементов, называемых электродами. Эмиссию электронов в лампе осуществляет катод. Эта эмиссия вызывается либо нагревом катода, в результате которого электроны «закипают» и испаряются с его поверхности, либо воздействием света на катод. Движением эмиттированных электронов управляют электрические поля, создаваемые другими электродами внутри лампы. В большинстве случаев электроды лампы изолированы друг от друга и посредством проволочных выводов соединены с внешними схемами. Электроды, которые служат для управления движением электронов, называются сетками; электроды, на которые электроны собираются, называются анодами.

Под вакуумом следует понимать состояние газа, в частности воздуха, при давлении ниже атмосферного. Если электроны движутся в пространстве свободно, не сталкиваясь с оставшимися после откачки газа молекулами, то говорят о высоком вакууме.

Электровакуумные приборы делятся на электронные, в которых наблюдается протекания электрического тока в вакууме, и ионные (газоразрядные), для которых характерен электрический разряд в газе (или парах). В электронных приборах ионизация практически отсутствует, а давление газа не менее 100 мкПа. [8,18].

В ионных приборах давление $133\text{Ч}10^{-3}$ Па и выше. При этом значительная часть движущихся электронов сталкивается с молекулами газа и ионизирует их.

Электровacuумные приборы классифицируются:

1. По материалу и устройству баллона:

- стеклянный;
- металлический;
- керамический;
- комбинированный.

2. По роду охлаждения:

- естественное, или лучистое;
- принудительное – воздушное, водяное, паровое.

Классификация газоразрядных приборов производится по типу разряда, происходящего в газе. В радиотехнической аппаратуре применяются три типа газоразрядных приборов:

- приборы тлеющего разряда. Эти приборы имеют холодный, не накаливаемый катод и используют преимущественно для стабилизации напряжения;

- приборы дугового разряда с жидким или твердым не накаливаемым катодом;

- приборы дугового разряда с искусственно накаливаемым катодом.

Эти приборы используются для выпрямления переменного тока в постоянный и в различных схемах управления и автоматики.

1.3.1 Виды полупроводниковых приборов

Стремительное развитие и расширение областей применения электронных устройств обусловлено совершенствованием элементной базы, основу которой составляют полупроводниковые приборы. Поэтому, для понимания процессов функционирования электронных устройств необходимо знание устройства и принципа действия основных типов полупроводниковых приборов.

Полупроводниковые материалы по своему удельному сопротивлению занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками.

Основными материалами для производства полупроводниковых приборов являются кремний (Si), карбид кремния (SiC), соединения галлия и индия.

Электропроводность полупроводников зависит от наличия примесей и внешних энергетических воздействий (температуры, излучения, давления и т.д.). Протекание тока обуславливают два типа носителей заряда – электроны и дырки. В зависимости от химического состава различают чистые и примесные полупроводники.

Для изготовления электронных приборов используют твердые полупроводники, имеющие кристаллическое строение. Полупроводниковыми

приборами называются приборы, действие которых основано на использовании свойств полупроводниковых материалов.

Полупроводниковые приборы подразделяются по своей структуре на дискретные и интегральные. К дискретным полупроводниковым приборам относятся диоды, транзисторы, фотоэлементы, а также полупроводниковые приборы, управляемые внешними факторами, — фоторезисторы, фотодиоды, фототранзисторы, терморезисторы, варисторы, варикапы, которые используются в качестве датчиков физических параметров. К интегральным приборам относятся интегральные микросхемы и микропроцессоры.

Диоды.

Различают выпрямительные и излучающие диоды, фотодиоды.

Выпрямительные диоды представляют собой полупроводниковые приборы, состоящие из двух слоев полупроводникового материала с электропроводностью типа n и p . Граница между этими слоями обладает способностью пропускать электрический ток только в одном направлении. Такие диоды предназначены для преобразования переменного тока в постоянный.

Излучающие диоды представляют собой диоды, способные излучать свет определенного спектрального состава при прохождении через них тока. Излучающие диоды применяют в качестве индикаторов режимов работы аппаратуры, часов, микрокалькуляторов.

Фотодиоды обладают свойством пропускать или не пропускать электрический ток в зависимости от уровня освещения. Используются для автоматического отключения уличного освещения, для подсчета деталей на конвейере, а также в турникетах.

Транзисторы — это полупроводниковые приборы, предназначенные для усиления, генерирования и преобразования электрических колебаний. Транзисторы в отличие от диодов состоят из трех кристаллов типа p - n - p или n - p - n и имеют три вывода.

Интегральные микросхемы представляют собой изделия электронной техники, содержащие совокупность резисторов, конденсаторов, диодов и транзисторов, электрически связанных по определенной схеме. Интегральные микросхемы являются элементной базой современной электронной аппаратуры третьего поколения и предназначены для преобразования, обработки и хранения информации.

В зависимости от количества входящих в их состав элементов, интегральные микросхемы условно подразделяются на малые интегральные схемы (МИС — до 10² элементов на полупроводниковый кристалл), средние (СИС — до 10³), большие (БИС — до 10⁴), сверхбольшие (СБИС — до 10⁶), гига-большие (ГБИС — более 10⁹ элементов на кристалл) [18,58].

По функциональному назначению выделяют аналоговые, цифровые и преобразовательные интегральные микросхемы.

Аналоговая интегральная схема — это микросхема, в которой прием, преобразование и выдача сигналов осуществляется посредством плавного

(непрерывного) изменения напряжения. Эти микросхемы широко применяются в аудиоаппаратуре.

Цифровая интегральная схема - это микросхема, в которой происходит преобразование дискретных сигналов ("0", "1"). Цифровые интегральные схемы применяются в микропроцессорах, в ЭВМ, аппаратуре с цифровым программным управлением (пульты дистанционного управления).

Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и *цифро-аналоговые преобразователи (ЦАП)* представляют собой устройства, осуществляющие автоматическое преобразование непрерывно изменяющейся аналоговой величины в цифровой код и наоборот. АЦП и ЦАП широко применяются в аппаратуре цифровой записи и воспроизведения информации.

Микропроцессоры представляют собой самостоятельные устройства, выполненные, как правило, в виде одной интегральной микросхемы, осуществляющие обработку информации по хранимой в их памяти программе. Микропроцессор может осуществлять включение и выключение аппаратуры в определенное время, автоматический поиск радиостанций, запоминать значения выбранных параметров и выводить их на экран.

Микропроцессор в компьютере предназначен для управления работой всех устройств ЭВМ и для выполнения всех арифметических и логических операций над информацией, т. е. — это мозг компьютера.

На основе фотоэлектрических свойств полупроводников создают фотосопротивления, фотодиоды и фототранзисторы. Полупроводник служит активной частью генераторов (усилителей) колебаний полупроводниковых лазеров. При пропускании электрического тока через р-п переход в прямом направлении, носители заряда — электроны и дырки — рекомбинируют с излучением фотонов, что используется при создании светодиодов [18,56].

Полупроводники используются в безмашинных преобразователях тепловой и солнечной энергии в электрическую — термоэлектрических генераторах, и фотоэлектрических преобразователях (солнечных батареях).

Применение полупроводниковых приборов позволяет создавать новую аппаратуру и совершенствовать старую, приводит к значит, уменьшению ее габаритов, веса, потребляемых мощностей, а значит, уменьшению выделения тепла в схеме, к увеличению прочности, к немедленной готовности к действию, позволяет увеличить срок службы и надежность электронных устройств.

1.3.2 Переходные процессы в полупроводниковых приборах

Процесс, возникающие в полупроводниковых приборах при переключении из одного установившегося состояния в другое называется переходным.

В современной электронной технике полупроводниковые приборы играют исключительную роль. За последние три десятилетия они почти полностью вытеснили электровакуумные приборы.

В любом полупроводниковом приборе имеется один или несколько электронно-дырочных переходов. Электронно-дырочный переход (или n – p -переход) – это область контакта двух полупроводников с разными типами проводимости. В полупроводнике n -типа основными носителями свободного заряда являются электроны, их концентрация значительно превышает концентрацию дырок ($n_n \gg n_p$). В полупроводнике p -типа основными носителями являются дырки ($n_p \gg n_n$).

При контакте двух полупроводников n - и p -типов начинается процесс диффузии: дырки из p -области переходят в n -область, а электроны, наоборот, из n -области в p -область. В результате в n -области вблизи зоны контакта уменьшается концентрация электронов и возникает положительно заряженный слой. В p -области уменьшается концентрация дырок и возникает отрицательно заряженный слой. Таким образом, на границе полупроводников образуется двойной электрический слой, электрическое поле которого препятствует процессу диффузии электронов и дырок навстречу друг другу (Рис.1.23).

Пограничная область раздела полупроводников с разными типами проводимости (так называемый запирающий слой) обычно достигает толщины порядка десятков и сотен межатомных расстояний.

Объемные заряды этого слоя создают между p - и n -областями запирающее напряжение U_z , приблизительно равное 0,35В для германиевых n – p -переходов и 0,6В для кремниевых. n – p -переход обладает удивительным свойством односторонней проводимости.

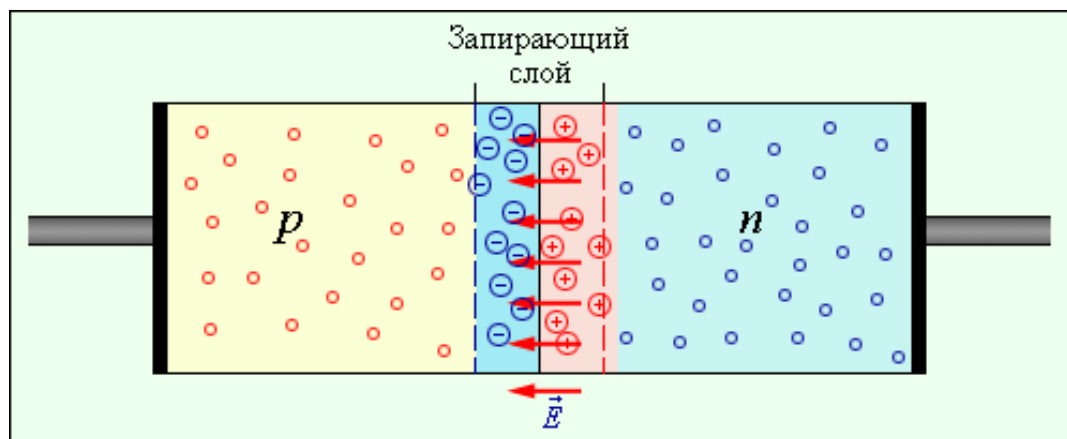


Рисунок 1.23 – Образование запирающего слоя при контакте полупроводников p - и n -типов.

Если полупроводник с n – p -переходом подключен к источнику тока так, что положительный полюс источника соединен с n -областью, а отрицательный – с p -областью, то напряженность поля в запирающем слое возрастает. Дырки в p -области и электроны в n -области будут смещаться от n – p -перехода, увеличивая тем самым концентрации неосновных носителей в запирающем

слое. Ток через p – n –переход практически не идет. Напряжение, поданное на p – n –переход в этом случае называют обратным.

Весьма незначительный обратный ток обусловлен только собственной проводимостью полупроводниковых материалов, то есть наличием небольшой концентрации свободных электронов в p -области и дырок в n -области. Если p – n –переход соединить с источником так, чтобы положительный полюс источника был соединен с p -областью, а отрицательный с n -областью, то напряженность электрического поля в запирающем слое будет уменьшаться, что облегчает переход основных носителей через контактный слой.

Дырки из p -области и электроны из n -области, двигаясь навстречу друг другу, будут пересекать p – n –переход, создавая ток в прямом направлении. Сила тока через p – n –переход в этом случае будет возрастать при увеличении напряжения источника. Способность p – n –перехода пропускать ток практически только в одном направлении используется в приборах, которые называются полупроводниковыми диодами.

Полупроводниковые диоды изготавливаются из кристаллов кремния или германия. При их изготовлении в кристалл с каким-либо типом проводимости вводят примесь, обеспечивающую другой тип проводимости. Полупроводниковые диоды используются в выпрямителях для преобразования переменного тока в постоянный. Типичная вольт-амперная характеристика кремниевого диода приведена на рис.1.24.

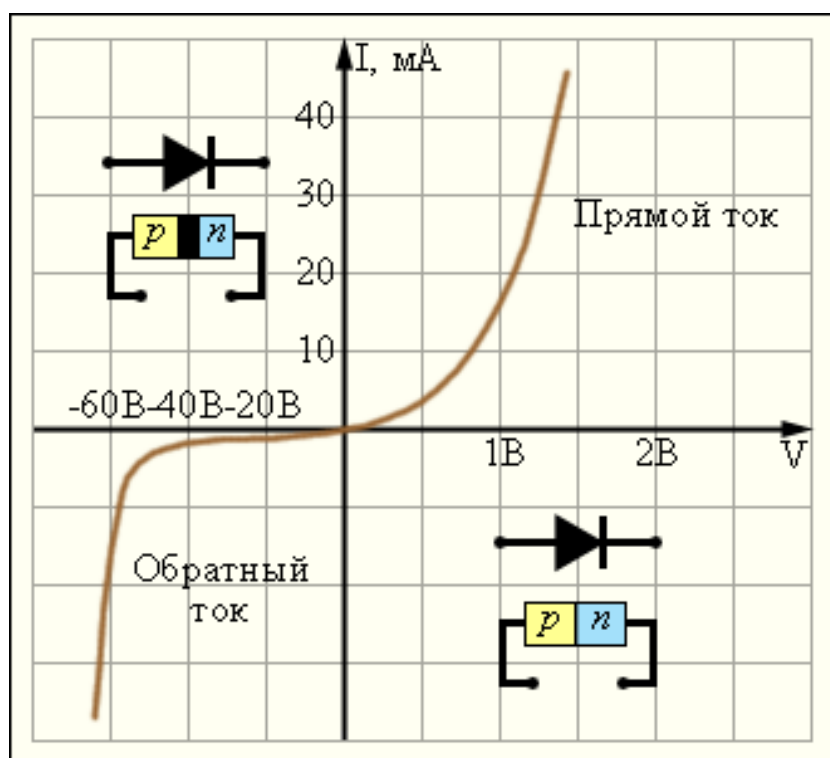


Рисунок 1.24. Вольт-амперная характеристика кремниевого диода. На графике использованы различные шкалы для положительных и отрицательных напряжений.

Полупроводниковые диоды обладают многими преимуществами по сравнению с вакуумными диодами – малые размеры, длительный срок службы, механическая прочность. Существенным недостатком полупроводниковых диодов является зависимость их параметров от температуры. Кремниевые диоды, например, могут удовлетворительно работать только в диапазоне температур от -70°C до 80°C . У германиевых диодов диапазон рабочих температур несколько шире.

Полупроводниковые приборы не с одним, а с двумя p - n -переходами называются транзисторами. Название происходит от сочетания английских слов: transfer – переносить и resistor – сопротивление. Обычно для создания транзисторов используют германий и кремний.

Транзисторы бывают двух типов: p - n - p -транзисторы и n - p - n -транзисторы. Например, германиевый транзистор p - n - p -типа представляет собой небольшую пластинку из германия с донорной примесью, то есть из полупроводника n -типа.

В этой пластинке создаются две области с акцепторной примесью, то есть области с дырочной проводимостью (Рис.1.25). В транзисторе n - p - n -типа основная германиевая пластинка обладает проводимостью p -типа, а созданные на ней две области – проводимостью n -типа (Рис.1.26). Пластинку транзистора называют базой (Б), одну из областей с противоположным типом проводимости – коллектором (К), а вторую – эмиттером (Э). Обычно объем коллектора превышает объем эмиттера. В условных обозначениях разных структур стрелка эмиттера показывает направление тока через транзистор.

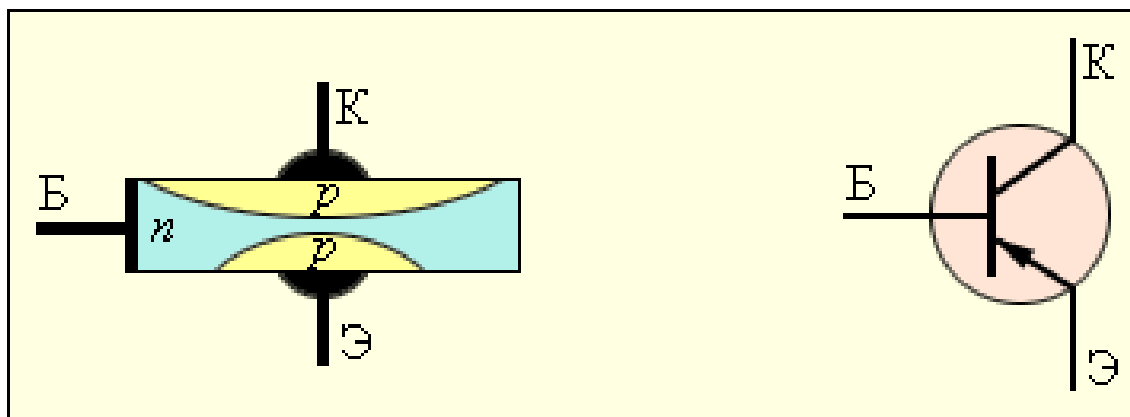


Рисунок 1.25 – Транзистор структуры p - n - p .

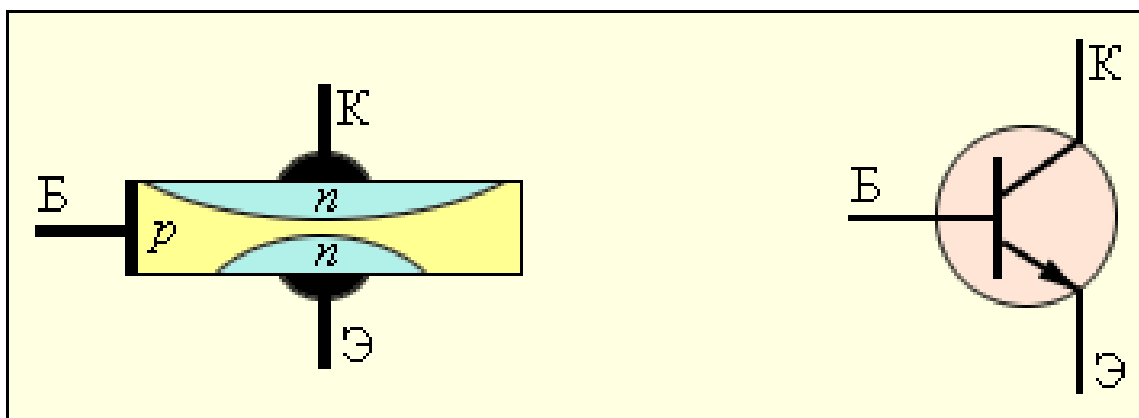


Рисунок 1.26 – Транзистор структуры n–p–n.

Оба n–p-перехода транзистора соединяются с двумя источниками тока. На рис.1.27 показано включение в цепь транзистора p–n–p-структуры. Переход «эмиттер–база» включается в прямом (пропускном) направлении (цепь эмиттера), а переход «коллектор–база» – в запирающем направлении (цепь коллектора).

Пока цепь эмиттера разомкнута, ток в цепи коллектора очень мал, так как для основных носителей свободного заряда – электронов в базе и дырок в коллекторе – переход заперт.

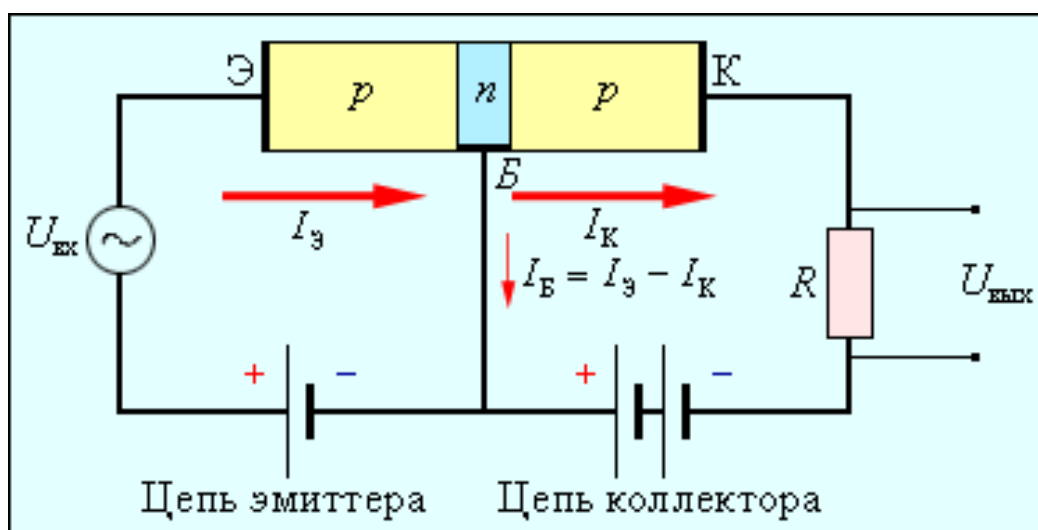


Рисунок 1.27 – Включение в цепь транзистора p–n–p-структуры.

При замыкании цепи эмиттера дырки – основные носители заряда в эмиттере – переходят из него в базу, создавая в этой цепи ток $I_э$. Но для дырок, попавших в базу из эмиттера, n–p-переход в цепи коллектора открыт. Большая часть дырок захватывается полем этого перехода и проникает в коллектор, создавая ток $I_к$. Для того, чтобы ток коллектора был практически равен току эмиттера, базу транзистора делают в виде очень тонкого слоя. При изменении тока в цепи эмиттера изменяется сила тока и в цепи коллектора.

Если в цепь эмиттера включен источник переменного напряжения (Рис.1.27), то на резисторе R , включенном в цепь коллектора, также возникает переменное напряжение, амплитуда которого может во много раз превышать амплитуду входного сигнала. Следовательно, транзистор выполняет роль усилителя переменного напряжения [50,55].

Однако, такая схема усилителя на транзисторе является неэффективной, так как в ней отсутствует усиление сигнала по току, и через источники входного сигнала протекает весь ток эмиттера I_{Σ} . В реальных схемах усилителей на транзисторах источник переменного напряжения включают так, чтобы через него протекал только небольшой ток базы $I_b = I_{\Sigma} - I_k$. Малые изменения тока базы вызывают значительные изменения тока коллектора.

Усиление по току в таких схемах может составлять несколько сотен. В настоящее время полупроводниковые приборы находят исключительно широкое применение в радиоэлектронике.

Современная технология позволяет производить полупроводниковые приборы – диоды, транзисторы, полупроводниковые фотоприемники и т.д. – размером в несколько микрон. Качественно новым этапом электронной техники явилось развитие микроэлектроники, которая занимается разработкой интегральных микросхем и принципов их применения.

Интегральной микросхемой называют совокупность большого числа взаимосвязанных элементов – сверхмалых диодов, транзисторов, конденсаторов, резисторов, соединительных проводов, изготовленных в едином технологическом процессе на одном кристалле. Микросхема размером в 1 см^2 может содержать несколько сотен тысяч микроэлементов. Применение микросхем привело к революционным изменениям во многих областях современной электронной техники. Это особенно ярко проявилось в области электронной вычислительной техники.

1.4 Электронные выпрямители, стабилизаторы

Выпрямитель - статическое устройство, служащее для преобразования переменного тока источника электроэнергии (сети) в постоянный. Выпрямитель состоит из трансформатора, вентильной группы и сглаживающего фильтра (Рис.1.28).

Трансформатор Tr выполняет несколько функций: изменяет напряжение сети $U_{вх}$ до значения U_1 необходимого для выпрямления, электрически отделяет нагрузку N от сети, преобразует число фаз переменного тока. Вентильная группа $ВГ$ преобразует переменный ток в пульсирующий однонаправленный.

Сглаживающий фильтр $СФ$ уменьшает пульсации выпрямленного напряжения (тока) до значения, допустимого для работы нагрузки. Трансформатор Tr и сглаживающий фильтр $СФ$ не являются обязательными элементами схемы выпрямителя.

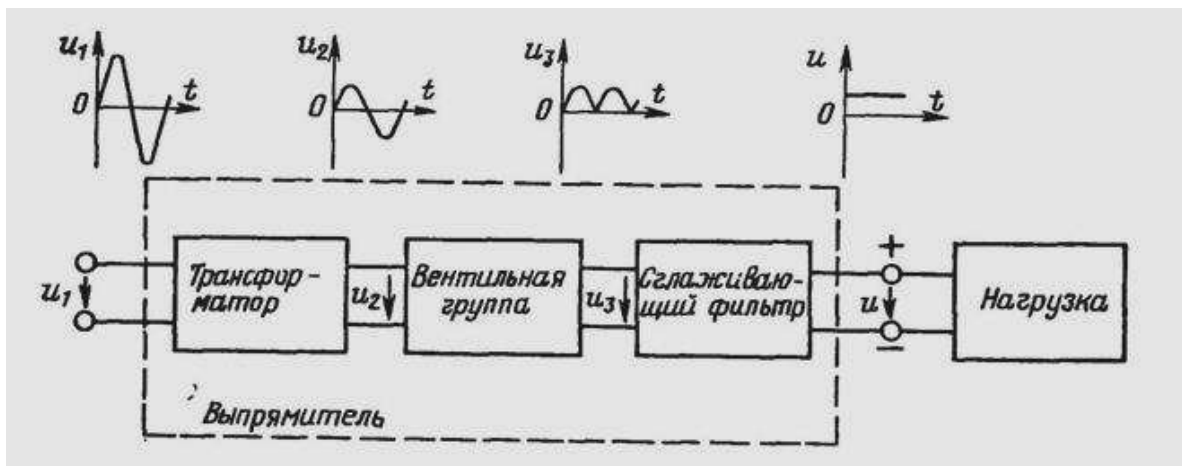


Рисунок.1.28 – Структурная схема выпрямителя

Основными параметрами, характеризующими качество работы выпрямителя, являются:

- средние значения выпрямленного (выходного) напряжения $U_{ср}$ и тока $I_{ср}$;
- частота пульсаций f_n выходного напряжения (тока)
- коэффициент пульсаций p , равный отношению амплитуды напряжения пульсаций к среднему значению выходного напряжения. Вместо коэффициента пульсаций p часто используют коэффициент пульсаций по первой гармонике равный отношению амплитуды первой гармоники выходного напряжения к его среднему значению;
- внешняя характеристика – зависимость среднего значения выпрямленного напряжения от среднего значения выпрямленного тока;
- к. п. д. (η).

$$\eta = P_{\text{полезн}} / P_{\text{потр}} = P_{\text{полезн}} / (P_{\text{полезн}} + P_{\text{тр}} + P_{\text{вг}} + P_{\text{ф}}), \quad (6)$$

где $P_{\text{тр}}$, $P_{\text{вг}}$, $P_{\text{ф}}$ - мощность потерь в трансформаторе, в вентильной группе и сглаживающем фильтре.

Работа выпрямителя (вентильной группы) основана на свойствах вентилях - нелинейных двухполюсников, пропускающих ток преимущественно в одном (прямом) направлении. В качестве вентилях используют обычно полупроводниковые диоды. Вентиль, обладающий нулевым сопротивлением для прямого тока и имеющий бесконечно большое сопротивление для обратного тока, называют идеальным [20,22].

Вольт-амперные характеристики реальных вентилях приближаются к в. а. х. идеального вентиля. Для работы в выпрямителях вентилях выбирают по эксплуатационным параметрам, к которым относятся:

- наибольший (прямой) рабочий ток $I_{ср\max}$ - предельно допустимое среднее значение выпрямленного тока, протекающего через вентиль при его работе в однополупериодной схеме на активную нагрузку (при нормальных

для данного вентиля условиях охлаждения и температуры, не превышающей предельного значения);

- наибольшее допустимое обратное напряжение (амплитуда) $U_{обр\max}$ - обратное напряжение, которое вентиль выдерживает в течение длительного времени. Как правило, напряжение $U_{обр\max}$ равно половине напряжения пробоя;

- прямое падение напряжения $U_{пр}$ - среднее значение прямого напряжения в однополупериодной схеме выпрямления, работающей на активную нагрузку при номинальном токе;

- обратный ток $I_{обр}$ - значение тока, протекающего через вентиль, при приложении к нему допустимого обратного напряжения;

- максимальная мощность P_{\max} - максимально допустимая мощность, которая может быть рассеяна вентилем.

Схемы выпрямления

Наиболее распространенные схемы выпрямления показаны на рисунках 1.29 – 1.33, где приняты следующие обозначения:

m_c - число фаз напряжения сети,

m_1 - число фаз напряжения на входе схемы выпрямления (на выходе трансформатора),

$m = f_{п} / f_c$ - коэффициент, равный отношению частоты пульсации выходного напряжения к частоте напряжения сети.

В качестве вентилях везде изображены полупроводниковые диоды.

Самые распространенные схемы выпрямления и формы выходного напряжения при работе на активную нагрузку:

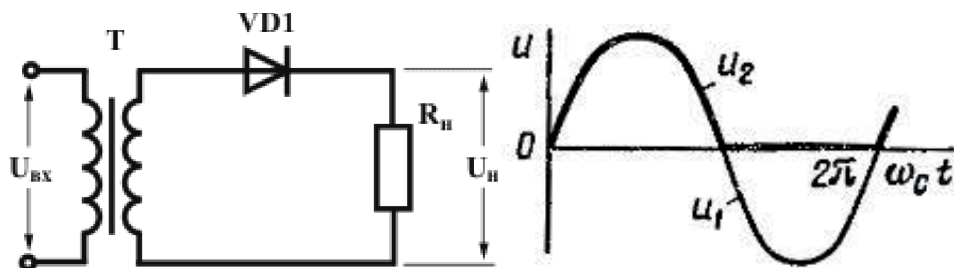


Рисунок 1.29 – Однофазная однополупериодная схема выпрямления ($m_c=1$, $m_1=1$, $m=1$)

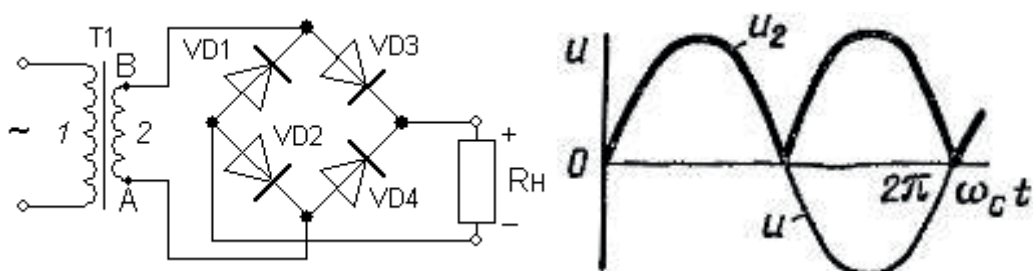


Рисунок 1.30 – Однофазная двухполупериодная схема выпрямления (мостовая схема выпрямления $m_c=1$, $m_1=1$, $m=2$)

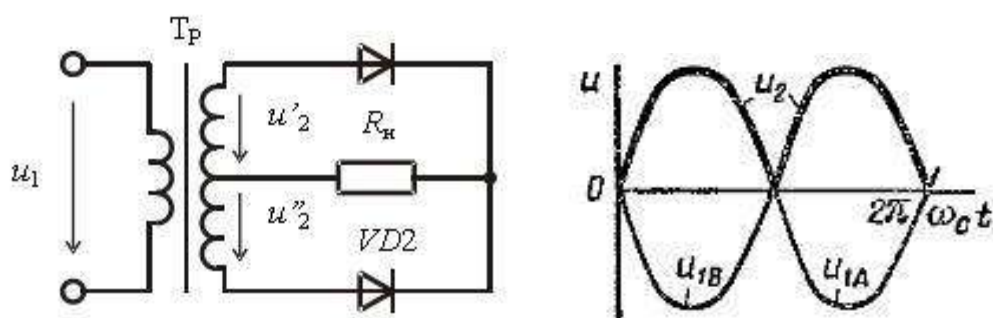


Рисунок 1.31 – Однофазная схема выпрямления с выводом средней точки ($m_c=1, m_l=2, m=2$)

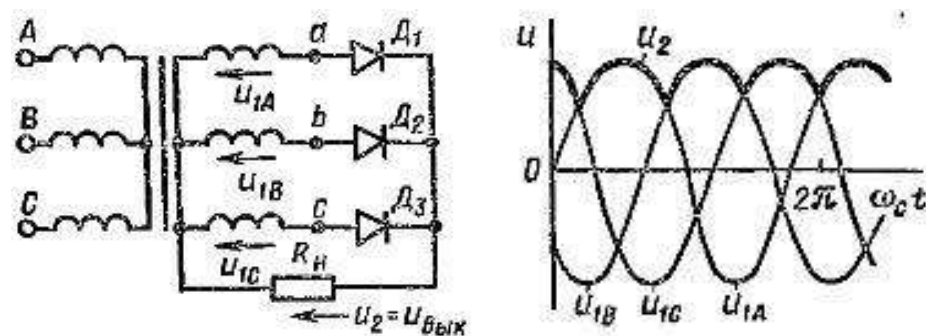


Рисунок 1.32 – Трёхфазная схема выпрямления с выводом нейтрали ($m_c=3, m_l=3, m=3$)

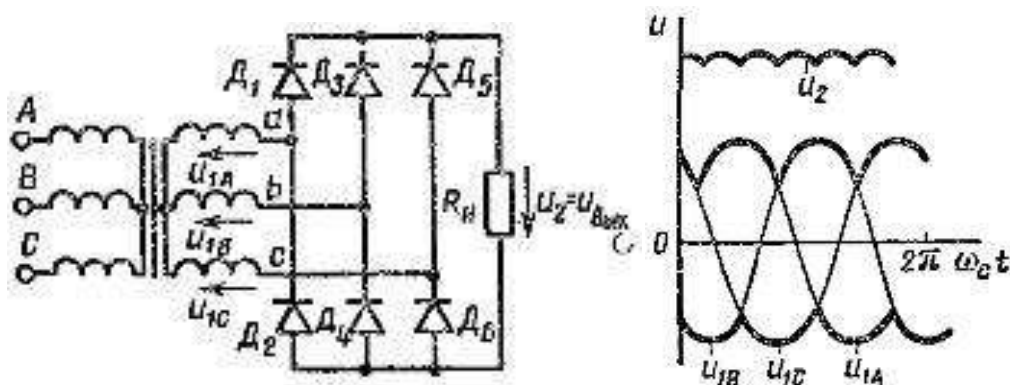


Рисунок 1.33 – Трёхфазная мостовая схема выпрямления ($m_c=3, m_l=3, m=6$)

Зачастую сглаживающих фильтров недостаточно для надёжного энергоснабжения телекоммуникационных и мобильных систем. Чтобы минимизировать влияние отрицательных факторов таких как колебания напряжений или частоты сети, применяются устройства под названием стабилизатор [51,52].

Для начала рассмотрим что же такое стабилизатор – это прибор, который предназначен для автоматического поддержания напряжения или тока на нагрузке с определённой точностью и уменьшения влияния дестабилизирующих факторов.

Выделим следующие дестабилизирующие факторы, которые отрицательно влияют на изменение напряжения или тока на нагрузке:

- колебания напряжения питания;
- частота тока питающей сети;
- температура окружающей среды;
- изменение потребляемой мощности на нагрузке.

На рисунке 1.34 представлена характеристика работы устройства. На вход поступает дестабилизированное напряжение, с выхода получаем стабилизированное. Главным предназначением стабилизатора является ослабление выше перечисленных факторов.



Рисунок 1.34 — Характеристика работы стабилизатора

Стабилизирующие устройства можно разделить в зависимости от вида напряжения или тока протекающего через него на стабилизаторы переменного и постоянного тока или напряжения. И также их можно подразделить по типу: параметрические и компенсационные.

Параметрические стабилизаторы строятся на основе таких нелинейных элементов, как транзисторы, стабилитроны и стабисторы и т. п. Это обусловлено тем, что благодаря их характеристикам (вольт-амперных, ампер-вольтových, ом-градусных, вебер-амперных, вольт-секундных и др.) ток или напряжения могут быть стабилизированы на определённом уровне. Более подробно будут рассмотрены в следующих статьях.

Компенсационные стабилизаторы – это устройство, которое выполнено в виде системы автоматического регулирования, или другим словом содержит цепь отрицательной обратной связи.

За счёт изменения параметров регулирующего элемента посредством воздействия на него сигнала обратной связи и происходит стабилизация напряжения. Схема и принцип действия более подробно будут рассмотрены в следующих статьях.

Стабилизация тока или напряжения происходит при помощи регулирующего элемента (РЭ), который, в свою очередь, может быть расположен относительно нагрузки последовательно или параллельно. Следовательно стабилизаторы можно подразделить на схемы с последовательным включением регулирующего элемента и на схемы с

параллельным включением регулирующего элемента. Пример схем с вариантом включения РЭ представлен на рисунке 1.35.

При последовательном соединении регулирующего элемента с нагрузкой, регулирование напряжения на выходе происходит за счёт изменения сопротивления в регулирующем элементе. Выходное напряжение при таком соединении будет равно $U_{\text{вых}} = U_{\text{вх}} + \Delta U_{\text{РЭ}}$. [57,58].

При параллельном соединении регулирующего элемента с нагрузкой, регулировка напряжения на выходе достигается за счёт изменения тока, протекающего через регулирующий элемент. В свою очередь, стабилизация напряжения на выходе осуществляется за счёт изменения напряжения на балластном резисторе $R_{\text{б}}$.

Ток на балластном резисторе можно найти исходя из первого закона Кирхгофа: сумма сходящихся токов в одном узле равна нулю.

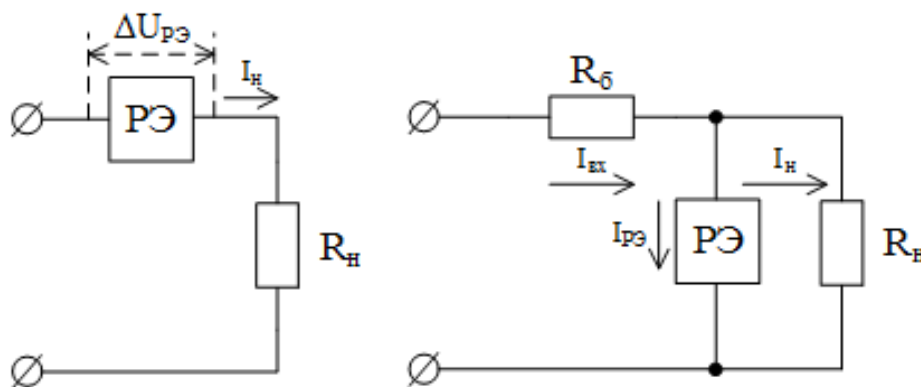


Рисунок 1.35 — Последовательное и параллельное включение регулирующего элемента

Следовательно ток на $R_{\text{б}}$ будет равен $I_{\text{б}} = I_{\text{РЭ}} + I_{\text{н}}$. Главное преимущество параллельного соединения заключается в устойчивости к перегрузкам по току и выдерживание короткого замыкания в цепи нагрузки.

Для определения какой следует применить стабилизатор стоит исходить из требований, предъявляемых к качеству питающих напряжений.

Основные параметры, по которым оцениваются рассматриваемые устройства следующие: качественные, массогабаритные и энергетические. По данным параметрам можно судить о массе и удельном объёме устройства.

1.4.1 Режимы, характеристики и параметры электронных приборов

Электронным прибором (ЭП) называют устройство, в котором в результате взаимодействия свободных или связанных носителей заряда с электрическим, магнитным и переменным электромагнитным полем обеспечивается преобразование информационного сигнала или преобразование вида энергии.

Основными признаками классификации разнообразных по принципу действия, назначению, технологии изготовления, свойствам и параметрам можно считать: вид преобразования сигнала; вид рабочей среды и тип носителей заряда; структуру (устройство) и число электродов; способ управления.

По виду преобразования сигнала все ЭП можно разбить на две большие группы. К первой группе относятся ЭП, в которых используется преобразование одного вида энергии в другой.

В эту группу входят электросветовые ЭП (преобразование типа электрический сигнал в световой), фотоэлектронные приборы (световой сигнал в электрический), электромеханические (электрический сигнал в механический), механоэлектрические ЭП (механический сигнал в электрический), оптопары (электрический сигнал в световой и затем снова в электрический) и др.

Ко второй группе обычно относятся электропреобразовательные приборы, в которых изменяются параметры электрического сигнала (например, амплитуда, фаза, частота и др.) [20,22].

По виду рабочей среды и типу носителей заряда различают следующие классы электронных приборов: электровакуумные (вакуум, электроны), газоразрядные (разреженный газ, электроны и ионы), полупроводниковые (полупроводник, электроны и дырки), хемотронные (жидкость, ионы и электроны).

Электроды электронного прибора – это элементы его конструкции, которые служат для формирования рабочего пространства прибора и связи его с внешними цепями. Число электродов и их потенциалы определяют физические процессы в приборе. Наиболее наглядно это в электронных лампах: двухэлектродные (диоды), трехэлектродные (триоды), четырехэлектродные (тетроды) и пятиэлектродные (пентоды).

Совокупность условий, определяющих состояние или работу электронного прибора, принято называть *режимом* электронного прибора, а любую величину, характеризующую этот режим (к примеру, ток или напряжение), – параметрами режима. Эти понятия важны потому, что определяют свойства электронного прибора, связанные с выполнением определенных функций в радиоэлектронной аппаратуре.

Говорят об усилительных, импульсных, частотных, шумовых, температурных и механических свойствах, о надежности и т.п. Количественные сведения об этих свойствах называют параметрами прибора (а не режима!). К ним, например, относят коэффициенты передачи токов, характеристические частоты, коэффициент шума, интенсивность отказов, ударную стойкость и др.

Конечно, свойства прибора, а следовательно, и параметры прибора зависят от его режима работы и параметров режима. Может быть поэтому,

в справочниках они не разделяются, а даются попеременно под общим названием «Параметры».

Вначале остановимся на понятиях статического и динамического режимов приборов.

Статическим называют режим, когда прибор работает при постоянных («статических») напряжениях на электродах. В этом режиме токи в цепях электродов не изменяются во времени и распределения зарядов и токов в приборе также постоянны во времени. Другими словами, в статическом режиме все параметры режима не изменяются во времени.

Однако, если хотя бы один из параметров режима, например напряжение на каком-то электроде, изменяется во времени, режим называется динамическим.

В динамическом режиме, как мы выясним позже, поведение прибора существенно зависит от скорости или частоты изменения воздействия (например, напряжения). У большинства приборов эта зависимость объясняется инерционностью физических процессов в приборе, например конечным временем пролета носителей заряда через рабочее пространство или конечным временем жизни носителей.

Конечность времени пролета приводит к тому, что мгновенное значение тока электрода, к которому движутся носители, в выбранный момент времени будет определяться не только значением напряжения на электроде в этот момент, но, естественно, и предысторией, т.е. всеми значениями напряжения от момента начала движения в приборе до прихода носителя заряда к рассматриваемому электроду [29].

Следовательно, связь мгновенных значений тока и напряжения в динамическом режиме должна отличаться от связи постоянных значений тока и напряжения в статическом режиме. Однако если время пролета значительно меньше периода изменения переменного напряжения, то это отличие во взаимосвязи будет несущественным, т.е. связь мгновенных значений будет практически такой же, как постоянных величин в статическом режиме.

Указанная разновидность динамического режима называется квазистатическим режимом («квази» – означает «как бы» или «как будто»). Обычно динамический режим получается в результате внешнего воздействия, например входного сигнала. Входной сигнал может быть синусоидальным или импульсным.

Проще всего рассмотреть крайние случаи: синусоидальный сигнал и периодический импульсный сигнал прямоугольной формы. Форма выходного сигнала (на нагрузке) может или совпадать с формой входного сигнала (нет искажения сигнала) или не совпадать (есть искажение сигнала). Так как искажение сигнала зависит также от амплитуды входного сигнала, то и здесь рассматриваются два крайних случая: режим малого сигнала (малые амплитуды) и режим большого сигнала (большие амплитуды).

Малым называют такой сигнал, при котором наблюдается линейная связь (прямая пропорциональность) между амплитудами выходного и входного сигналов. При увеличении сигнала в приборах линейность связи нарушается, и это отклонение от линейности можно использовать в качестве критерия величины сигнала.

Линейная связь между амплитудами выходного и входного сигналов означает, что и параметры режима, зависящие от отношения этих величин, также остаются неизменными, например коэффициент усиления синусоидального сигнала.

Поэтому условно амплитуду сигнала считают достаточно малой, если при уменьшении амплитуды входного сигнала в 2 раза значение измеряемого параметра (например, коэффициента усиления) изменяется менее чем на величину основной погрешности измерений (например, $\pm 10\%$).

В качестве примера использования большого сигнала можно привести ключевые схемы. В этих схемах роль электронного прибора сводится к подключению или отключению цепи нагрузки с помощью импульсных управляющих (входных) сигналов.

1.4.2 Эксплуатационные условия и применение электронных приборов

Номинальные значения параметров электронных приборов могут быть реализованы только при определенных условиях их эксплуатации. Эксплуатация электронных приборов должна осуществляться в соответствии с требованиями Технического условия (ТУ) и стандартами-руководствами по применению электронных приборов (общие положения) и руководством для конкретного класса приборов.

В процессе эксплуатации окружающая среда может оказывать сильные воздействия на электронные приборы, изменяя их параметры и характеристики. Влияние окружающей среды определяется механическими (вибрации, удары, ускорения и т. п.) и климатическими (температура, давление, влага, атмосферный воздух, радиация, пары химически активных веществ и т. п.) воздействиями.

Свойства приборов при наличии указанных воздействий характеризуются следующими основными параметрами: механической устойчивостью, прочностью, климатической устойчивостью, радиационной стойкостью и рядом других.

Механическая устойчивость определяется виброустойчивостью, ударной устойчивостью и устойчивостью к воздействиям постоянных ускорений.

Виброустойчивостью называется способность электронного прибора сохранять электрические параметры под воздействием вибраций в пределах норм, установленных техническими условиями. Вибрации характеризуются

частотой и ускорением. Наибольшим вибрационным воздействиям подвергается радиоэлектронная аппаратура, устанавливаемая на борту летательных аппаратов.

Частотный диапазон наиболее интенсивных вибраций на современном самолете простирается от единиц Гц до 5 кГц, а полный диапазон вибраций превышает 10 кГц. При наибольших амплитудах вибраций ускорения достигают 15...20. Вибрации могут носить резонансный характер.

Ударная устойчивость (ударостойкость) — это способность приборов противостоять механическим ударным воздействиям, при которых отклонения параметров прибора не превышают установленной нормы. Этот параметр характеризуется значением ударного ускорения и числом ударов, выдерживаемых прибором.

Устойчивость к воздействию постоянных ускорений оценивается величиной постоянных ускорений, реализуемых обычно посредством центрифуги. Ускорения при оценке механической устойчивости выражаются в единицах g .

Прочность — это способность прибора (изделия) противостоять разрушающему воздействию вибрации и ударов. Соответственно различают вибропрочность и ударную прочность. Эти параметры определяются предельными ускорениями (в единицах g) и длительностью воздействий, после которых прибор выполняет свои функции, регламентируемые ТУ. Значения ускорений, устанавливаемые ТУ для аппаратуры, работающей в наиболее тяжелых условиях, достигают 40 и более g .

Климатическая устойчивость — это способность прибора выполнять свои функции под воздействием таких факторов, как температура, влага, пыль, газ, давление окружающей среды и т. д. Для характеристики климатической устойчивости используют такие параметры, как термостабильность, влагостойкость, водостойкость и др.

Термостабильность приборов характеризуется температурным коэффициентом (ТК) того или иного параметра. ТК определяет обратимое изменение параметров прибора. Необратимые изменения параметров прибора определяются температурным коэффициентом неустойчивости (ТКУ).

Влагостойкость и водостойкость определяют способность приборов выдерживать соответственно воздействие влажности воздуха (окружающей среды) и воды. Для защиты полупроводниковых приборов от влияния окружающей среды используют герметизацию корпусов приборов. При использовании приборов в аппаратуре, работающей в условиях повышенной влажности, платы с полупроводниковыми диодами и транзисторами подвергаются многослойному покрытию специальными лаками или заливаются компаундами. Микросхемы и микросборки с бескорпусными приборами подвергаются общей герметизации. При применении заливки плат компаундами и покрытии их лаками необходимо учитывать ухудшение теплоотвода.

Радиационная стойкость характеризует способность электронных приборов работать под воздействием проникающего ионизирующего излучения с сохранением изменений основных параметров в пределах норм, регламентированных ТУ. Наибольшее влияние оказывает γ -излучение, при этом различают воздействия, носящие как обратимый, так и необратимый характер [42,52].

В справочниках обычно приводятся значения параметров приборов, которые гарантируются техническими условиями для оптимальных (номинальных) или предельных режимов эксплуатации. Электронные приборы являются, как правило, устройствами универсального применения. Они могут быть использованы не только по прямому назначению, но и в других случаях. Однако набор параметров и характеристик, приводимых в справочнике, соответствует в первую очередь прямому назначению прибора. Значения большинства параметров зависят от рабочего режима и температуры, поэтому обычно в литературе даются усредненные величины параметров и, кроме того, устанавливается интервал их изменения. Этот интервал соответствует или минимальным, или максимальным значениям разброса параметров.

На практике изменения токов и напряжений могут происходить в большом диапазоне значений. Ограничением возможности применения приборов служат значения параметров предельно допустимых режимов. Даже кратковременные превышения параметров предельно допустимых режимов могут приводить к выходу из строя приборов, особенно полупроводниковых, поэтому при работе необходимо принимать во внимание нестабильности источников питания, значение и характер нагрузки, амплитуды и длительности сигналов на выходе и т. д.

Превышение предельной температуры, особенно в мощных приборах, может вызвать тепловой пробой $p-n$ перехода, поэтому необходимо стремиться улучшать теплоотвод от прибора. Хороший и правильный тепловой режим работы приборов снижает интенсивность отказов транзисторов, улучшает стабильность параметров аппаратуры. В аппаратуре теплоотвод от приборов обеспечивается радиаторами или соответствующей конструкцией элементов и узлов.

1.5 Усилители и генераторы

В современной технике широко используется принцип управления энергией, позволяющий при помощи затраты небольшого количества энергии управлять энергией, но во много раз большей. Форма как управляемой, так и управляющей энергии может быть любой: механической, электрической, световой, тепловой и т.д.

Частный случай управления энергией, при котором процесс управления является плавным и однозначным и управляемая мощность превышает управляющую, носит название усиления мощности или просто усиления;

устройство, осуществляющее такое управление, называют усилителем. Очень широкое применение в современной технике имеют усилители, у которых как управляющая, так и управляемая энергия представляет собой электрическую энергию. Такие усилители называют усилителями электрических сигналов.

Управляющий источник электрической энергии, от которого усиливаемые электрические колебания поступают на усилитель, называют источником сигнала, а цепь усилителя, в которую эти колебания вводятся, - входной цепью или входом усилителя. Источник, от которого усилитель получает энергию, преобразуемую им в усиленные электрические колебания, назовем основным источником питания. Кроме него, усилитель может иметь и другие источники питания, энергия которых не преобразуется в электрические колебания. Устройство, являющееся потребителем усиленных электрических колебаний, называют нагрузкой усилителя или просто нагрузкой; цепь усилителя, к которой подключается нагрузка, называют выходной цепью или выходом усилителя.

Усилители электрических сигналов (далее просто усилители), применяются во многих областях современной науки и техники. Особенно широкое применение усилители имеют в радиосвязи и радиовещании, радиолокации, радионавигации, радиопеленгации, телевидении, звуковом кино, дальней проводной связи, технике радиоизмерений, где они являются основой построения всей аппаратуры. Кроме указанных областей техники, усилители широко применяются в телемеханике, автоматике, счетно-решающих и вычислительных устройствах, в аппаратуре ядерной физики, химического анализа, геофизической разведки, точного времени, медицинской, музыкальной и во многих других приборах.

Типы усилителей

Усилители делятся на ряд типов по различным признакам. По роду усиливаемых электрических сигналов усилители можно разделить на две группы:

- усилители гармонических сигналов, предназначенные для усиления периодических сигналов различной величины и формы, гармонические составляющие которых изменяются много медленнее длительности устанавливающихся процессов в цепях усилителя;
- усилители импульсных сигналов, предназначенные для усиления непериодических сигналов, например непериодической последовательности электрических импульсов различной величины и формы;

По ширине полосы и абсолютным значениям усиливаемых частот усилители делятся на ряд следующих типов:

- усилители постоянного тока или усилители медленно меняющихся напряжений и токов, усиливающие электрические колебания любой частоты в пределах от низшей нулевой рабочей частоты до высшей рабочей частоты;
- усилители переменного тока, усиливающие колебания частоты от низшей границы до высшей, но неспособные усиливать постоянную составляющую сигнала;

- усилители высокой частоты (УВЧ), предназначенные для усиления электрических колебаний несущей частоты, например принимаемых приемной антенной радиоприемного устройства;
- усилители низкой частоты (УНЧ), предназначенные для усиления гармонических составляющих непреобразованного передаваемого или принимаемого сообщения [29,52].

Усилители низкой частоты характеризуются большим отношением высшей рабочей частоты к низшей, лежащим в пределах 10 - 500 для усилителей звуковых частот и превышающим 10⁵ для некоторых типов видеоусилителей. Усилители с высшей рабочей частотой порядка сотен килогерц и выше, одновременно имеющие большое отношение высшей рабочей частоты к низшей, обычно называются широкополосными усилителями.

К эксплуатационным показателям относятся: коэффициенты усиления, чувствительность, мощность на входе и коэффициент полезного действия. Коэффициент усиления определяется отношением установившегося значения напряжения, тока или мощности на выходе усилителя к его одноименному значению на входе.

Качественными показателями работы усилителя являются: диапазон усиливаемых частот, вносимые усилителем искажения, уровень помех и т. д.

Большинство современных усилителей многокаскадные (Рис. 1.36). Входное устройство ВхУ служит для согласования сопротивлений источника сигнала Ист.С и каскадов предварительного усиления Предв.У и уровней сигнала, симметрирования цепей, разделения постоянной составляющей источника сигнала и входной цепи усилительного элемента.

Каскады предварительного усиления усиливают напряжение, ток или мощность до необходимого значения для нормальной работы выходного каскада усилителя Вых.У сигнал с выхода которого через выходное устройство Вых.У поступает в нагрузку Н. Выходные каскады усилителей бывают с непосредственным подключением нагрузки, резисторные, трансформаторные и дроссельные. Их подразделяют на одно- и двухтактные. Каскады предварительного усиления могут быть резисторными или трансформаторными.

Генераторы тока: переменного и постоянного

Отсутствие электричества сегодня не становится проблемой, как в быту, так и в промышленности. Широкий ассортимент генераторов тока позволяет решить проблему быстро, с минимальными трудозатратами. Резервные источники питания незаменимы в современной реальности - всему нужна электроэнергия. Гарантии, что подачу электроэнергии не прекратят в самый неподходящий момент – не может дать ни она организация. Поэтому резервная электростанция на базе генератора постоянного или переменного тока - важное, а зачастую незаменимое оборудование, которое обеспечивает непрерывность производства, комфорт в бытовой сфере, безопасность и непрерывность технологических процессов.

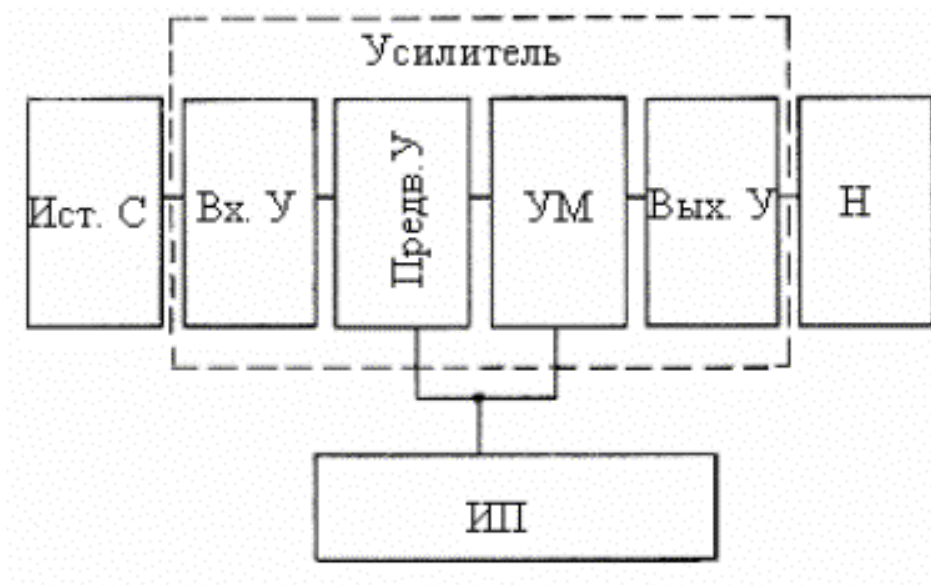


Рисунок 1.36 – Структурная схема усилителя

Что такое генератор тока...

Когда нет электрической энергии, требуется получить её из другого источника. Наши предки, например, использовали силу ветра, течения рек. Впрочем, сегодня подобную энергию применяют, если не жалко времени и сил на возведение плотин и ветряков. Генераторы тока стандартно «работают» на топливе, за счет вращения обмотки в магнитном поле преобразовывая механическую энергию вращения в электричество. Ток возникает в замкнутом контуре, протекает по обмоткам, когда к электростанции подключается потребитель - именно так работает генератор тока.

В зависимости от того, как вращается магнитное поле (при неподвижном или подвижном проводнике) различают два типа этих электрических машин - генераторы постоянного или переменного тока.

В чем разница между постоянным и переменным током

Вспоминаем уроки физики. Электроток - заряженные микрочастицы, которые «бегут» в определенном направлении. У постоянного тока частицы движутся по прямой, в одном направлении от минуса к плюсу. У переменного движение электронов идет по синусоиде с определенной частотой (полярность между проводами меняется несколько раз за заданный промежуток времени, Рис.1.37).

Разница между движением заряженных частиц заложена в принцип работы генераторов электрического тока. Для простого обывателя можно сказать так: в розетке - переменный, в батарейке - постоянный. В качестве частного случая, с очень большим упрощением, можно сказать так: всё что с напряжением до 48 Вольт - всё постоянный, всё что от 100 до 500 Вольт - переменный.



Рисунок 1.37 – Временная характеристика постоянного и переменного тока

В чем конструктивная разница между генераторами

Несмотря на то, что конечный результат работы электростанций один - потребитель получает электроэнергию, методы преобразования механической энергии в электродвижущую силу и электричество различаются. Элементы (комплектующие) также отличны.

Особенности конструкции генераторов переменного тока (Рис.1.38).

Электростанция такого типа состоит из:

- Внешней силовой рамы, изготовленной из высокопрочных сплавов. Корпус рассчитан на интенсивную нагрузку, возникающую при передаче магнитного потока от полюса к полюсу. Проще говоря: чугунный кожух не «пробивается» разрядами тока. Магнитных полюсов, закрепленные на корпусе болтами или шпильками. На «плюс» и «минус» монтируется обмотка.

- Статора. Остов (статор) с катушкой возбуждения изготавливают из ферромагнитных материалов, на сердечнике устанавливают магнитные полюса, которые и образуют магнитное поле.

- Вращающегося ротора (якоря). Задача магнитопровода - снизить вихревые токи и повысить КПД генератора постоянного тока.

- Коммутационного узла, оснащенного щетками (обычно изготовленными из графита) и коллекторными пластинами из меди.

Конструктивной разницы в статоре и роторе между устройствами постоянного и переменного тока нет. Практически идентичны и силовые рамы. Существенное отличие в комплектации коммутационного узла. Каждый выход механизма помимо щеток оснащен токопроводящими кольцами. «Закольцованный» ток движется по синусоиде и несколько раз в секунду достигает пика мощности [50,52].

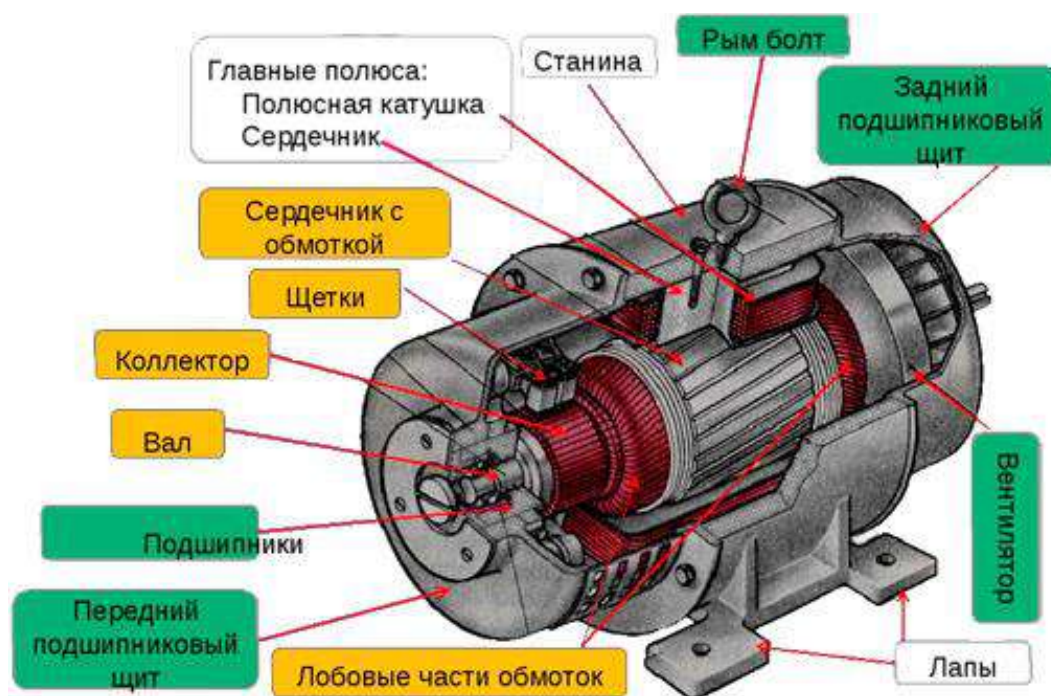


Рисунок 1.38 – Генератор переменного тока

По типу устройства, характеристикам и принципу работы современные генераторы переменного тока делятся на синхронные и асинхронные (Рис.1.39).

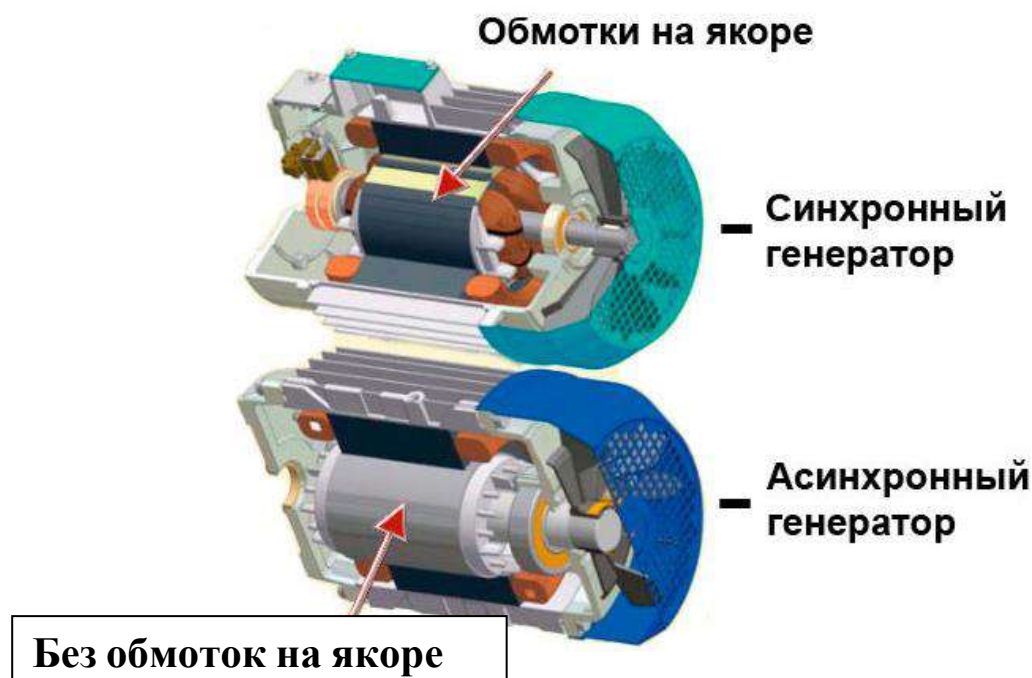


Рисунок 1.39 – Синхронный и асинхронный генератор

Специфика синхронного устройства: скорость вращения ротора равна скорости вращения магнитного поля в рабочем зазоре.

Асинхронным машинам характерны:

- отсутствие электрической связи с ротором;
- вращение якоря под воздействием остаточного механизма статора;
- измененная электрическая нагрузка на статоре.

Такие агрегаты могут быть однофазными и трехфазными.

Простейший по конструкции генератор постоянного тока работает следующим образом (Рис.1.40) :

Рамка вращается вокруг оси, расположенная на корпусе обмотка регулярно проходит через «минус» и «плюс» полюсов. Каждый раз при достижении разнополюсных точек, происходит смена направления тока на противоположное. В выходной цепи благодаря полукольцу, расположенному на коллекторном узле, создается постоянный ток. С помощью щеток с положительного или отрицательного полюса снимается потенциал и по схеме передается потребителю. Такая схема работает в простейшей конструкции, с одним плюсом и минусом.

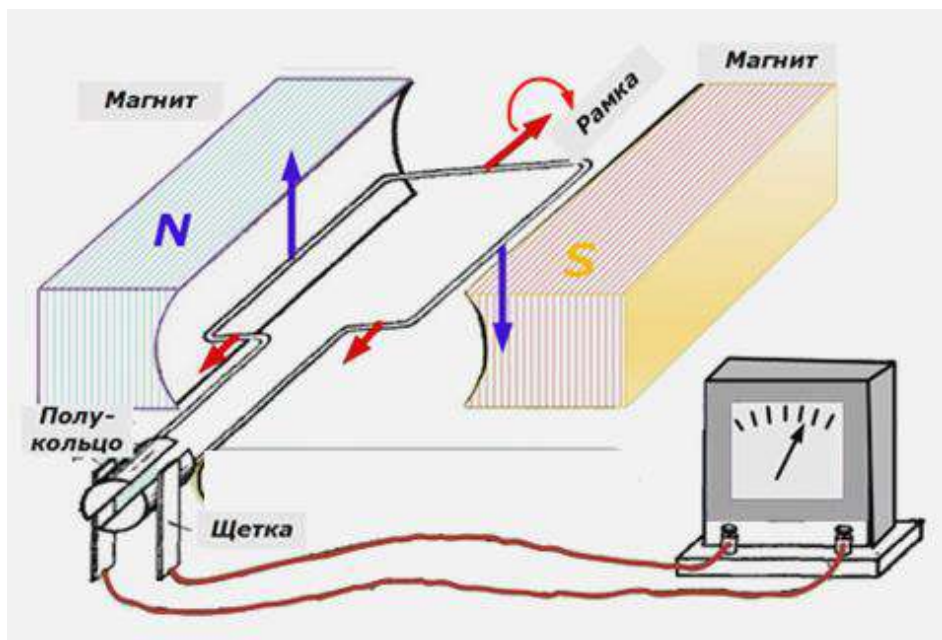


Рисунок 1.40 – Принцип работы генератора постоянного тока

К преимуществам генераторов постоянного тока относят:

- небольшой вес и компактность агрегата;
- возможность использовать в экстремальных условиях;
- отсутствие потерь, связанных с вихревыми токами.

Минус: на большую мощность при использовании устройств такого типа рассчитывать не стоит.

Принцип работы генератора переменного тока (Рис.1.41) .

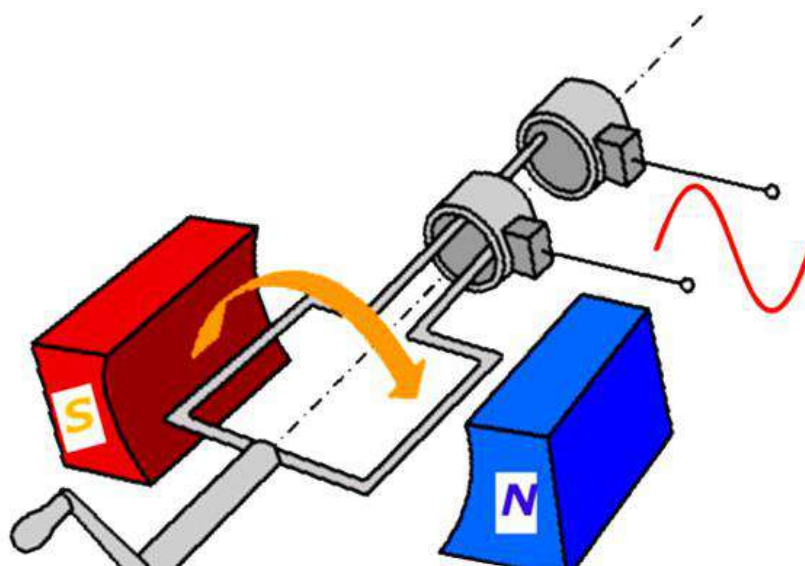


Рисунок 1.41 – Принцип работы генератора переменного тока

Устройства такого типа преобразуют механику в электроэнергию, вращая проводочную катушку в магнитном поле. Ток вырабатывается, когда силовые линии пересекают обмотку. До тех пор, пока магнитное поле соприкасается с проводником, в нем индуцируется электроток. Идентичный принцип действует и в случае, если рамка вращается относительно магнита, пересекая силовые линии.

Основные достоинства генераторов переменного тока

В электростанциях с синусоидальной подачей тока отсутствует реактивная мощность. То есть весь запас электроэнергии (с вычетом потерь на проводах) расходуется на нужды потребителя, а не на поддержание работоспособности устройства.

Плюсами использования генераторов переменного тока являются:

- большая выходная мощность при одинаковых габаритах устройств постоянного и переменного тока;
- выработка электроэнергии на низких скоростях вращения ротора;
- проще конструкция и схема, соответственно, меньше узлов, нуждающихся в техобслуживании и ремонте;
- конструкция токосъемного узла отличается большей надежностью;
- больше эксплуатационный ресурс и меньше эксплуатационные затраты.

Дополнительное преимущество: агрегаты с трехфазным питанием можно использовать для питания высоковольтных потребителей [53,55].

Где применяются генераторы постоянного и переменного тока

Оба вида генераторов популярны в бытовой и промышленной сфере. Станции постоянного тока нашли применение в сфере транспорта.

Так, в трамваях, троллейбусах обычно установлены двигатели, работающие на постоянном токе. Низковольтные устройства незаменимы для питания систем освещения в местах, где нет доступа к централизованной

подачи электроэнергии. Например, на борту самолетов. Если большая мощность - не основополагающая характеристика электростанции, то генераторы постоянного тока отлично справятся с питанием оборудования в учебных, медицинских учреждениях, лабораториях. Полноценные дизельные электростанции постоянного тока используются на аэродромах для зарядки и питания бортовых систем летной техники.

Электростанции переменного тока необходимы практически для всего остального. 99% того, что питается от централизованной сети - это устройства переменного тока. Соответственно, аварийное питание этих объектов так же должно осуществляться от соответствующего оборудования.

1.5.1 Схемы усилителей

Усилители электрических колебаний могут усиливать колебания по напряжению, по току, по мощности. Усиление электрических колебаний осуществляется за счет энергии источника постоянного тока. Таким образом, в усилителе происходит преобразование энергии источника постоянного тока в энергию усиливаемого сигнала. Усилители постоянного тока можно рассматривать как усилители электрических колебаний нулевой частоты.

Классификацию усилителей электрических сигналов можно проводить по различным признакам. По виду усиливаемых сигналов усилители подразделяют на усилители гармонических сигналов и усилители импульсных сигналов. По типу используемых в усилителе усилительных элементов усилители подразделяют на магнитные, диэлектрические, ламповые, транзисторные и др. По назначению усилители подразделяют на телевизионные, измерительные, антенные, усилители звуковой частоты и т.д. Усилители электрических колебаний звуковой частоты называют также усилителями низкой частоты. Усилители подразделяют на усилители переменного тока (не усиливающие постоянную составляющую сигнала), и усилители постоянного тока (усиливающие сигналы в полосе частот от нуля до некоторой рабочей частоты).

Базовым звеном любого усилителя является усилительный каскад.

Обобщенная схема усилительного каскада показана на рисунке 1.41а. Под действием управляющего напряжения $U_{вх}$ изменяется сопротивление, а, следовательно, и сила тока в выходной цепи усилительного элемента. Обычно ток в выходной цепи элемента изменяется по такому же закону, как и входное управляющее напряжение.

Резистор R и выходные зажимы управляемого элемента образуют резистивный делитель напряжения питания $U_{пит}$.

Управляемый элемент обеспечивает преобразование энергии источника постоянного напряжения в энергию переменного напряжения на частоте усиливаемого сигнала. В качестве управляемых элементов используются электронные лампы, биполярные и полевые транзисторы.

Управляемые элементы называют также усилительными элементами. На рисунке 1.41б показана схема усилителя, в котором роль управляемого элемента выполняет биполярный транзистор VT1 вместе с резисторами R1, R2 и конденсатором C1. Резисторы R1, R2 и конденсатор C1 необходимы для задания рабочей точки биполярного транзистора.

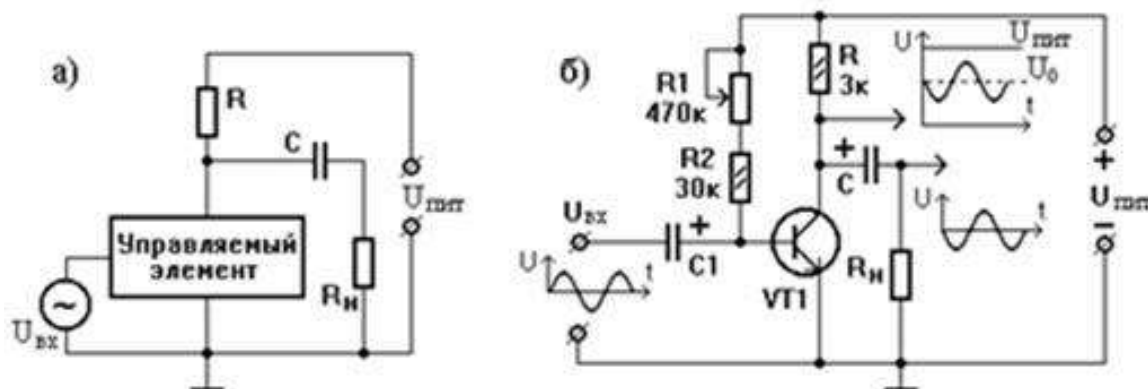


Рисунок 1.41 – Обобщенная схема усилительного каскада показана

Усилители на биполярных транзисторах

В усилителях на биполярных транзисторах используется три схемы подключения транзистора: с общей базой (Рис. 1.42 а, г), с общим эмиттером (Рис.1.42 б, д), с общим коллектором (Рис. 1.42 в, е). На рисунках 1.42 а-в показаны схемы включения транзисторов с питанием входных и выходных цепей от отдельных источников питания, а на рисунках 1.42 г-е – с питанием входных и выходных цепей транзистора от одного источника постоянного напряжения. Усилители в схеме включения транзистора с общей базой характеризуются усилением по напряжению, отсутствием усиления по току, малым входным сопротивлением и большим выходным сопротивлением.

Усилители в схеме включения транзистора с общим коллектором характеризуются усилением по току, отсутствием усиления по напряжению, большим входным сопротивлением и малым выходным сопротивлением.

Наибольшее распространение получила схема включения с общим эмиттером. В схеме включения транзистора с общим эмиттером усилитель обеспечивает усиление по напряжению, по току, по мощности. Такой усилитель имеет средние значения входного и выходного сопротивления по сравнению со схемами включения с общей базой и общим коллектором.

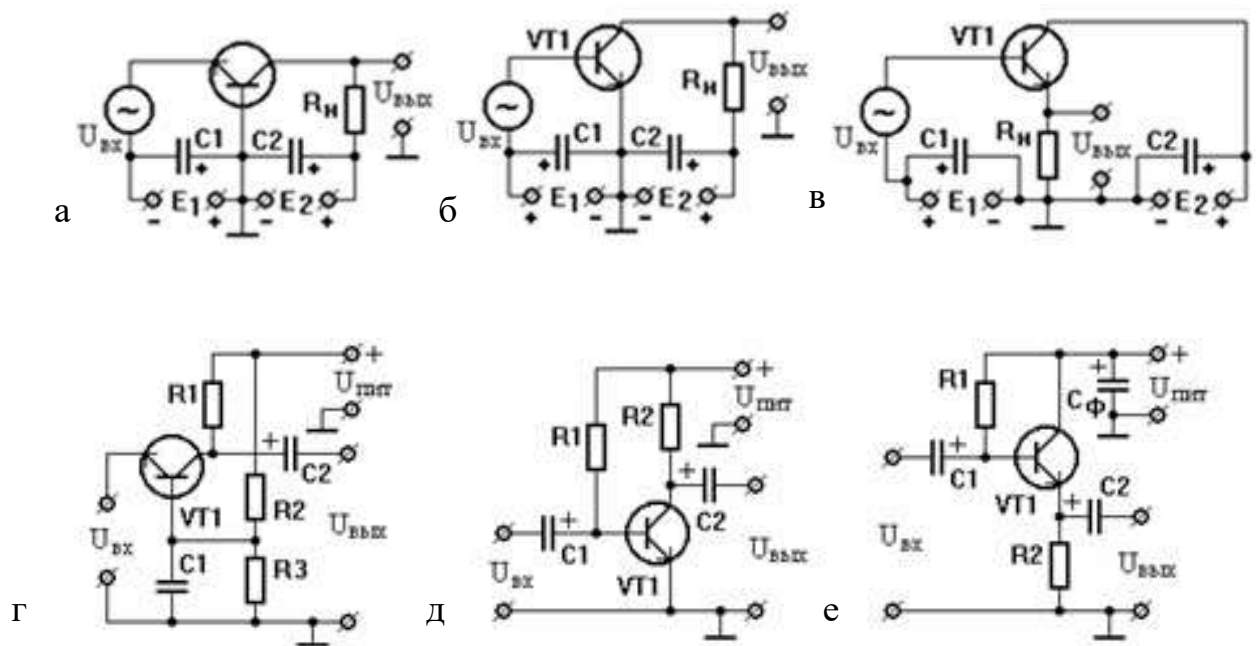


Рисунок 1.42 – Усилители на биполярных транзисторах

Усилители на полевых транзисторах

Усилители на полевых транзисторах характеризуются очень большим входным сопротивлением. В усилителях на полевых транзисторах применяются три схемы включения транзисторов: с общим истоком (Рис. 1.43а), с общим затвором (Рис. 1.43б) и с общим стоком (Рис. 1.43в). Наибольшее распространение получила схема включения транзистора с общим истоком [57,58].

На рисунке 1.43г приведена схема усилительного каскада, в котором используется один источник питания. Необходимое напряжение на затворе относительно истока получается за счет падения напряжения на резисторе $R_и$.

Сопротивление резистора выбирают таким, чтобы при протекании через него тока истока получилось определенное из стокзатворной характеристики напряжение на затворе относительно истока транзистора. Конденсатор $C_и$ устраняет отрицательную обратную связь по переменному напряжению.

Сопротивление резистора $R_з$ выбирают с учетом двух противоречивых требований: с одной стороны, сопротивление этого резистора должно быть как можно больше, чтобы получить большее входное сопротивление усилительного каскада; с другой стороны, взять сопротивление резистора очень большим нельзя, т.к. будет нестабильной рабочая точка транзистора. Нестабильность рабочей точки будет обусловлена температурными изменениями тока, протекающего от плюса источника питания через резистор $R_н$, обратно смещенный р-п переход канал-затвор транзистора, резистор $R_з$ к минусу источника.

Через обратно смещенный р-п переход кремниевого полевого транзистора протекает ток около 1 нА. Сопротивление резистора $R_з$ выбирают обычно порядка 1 МОм.

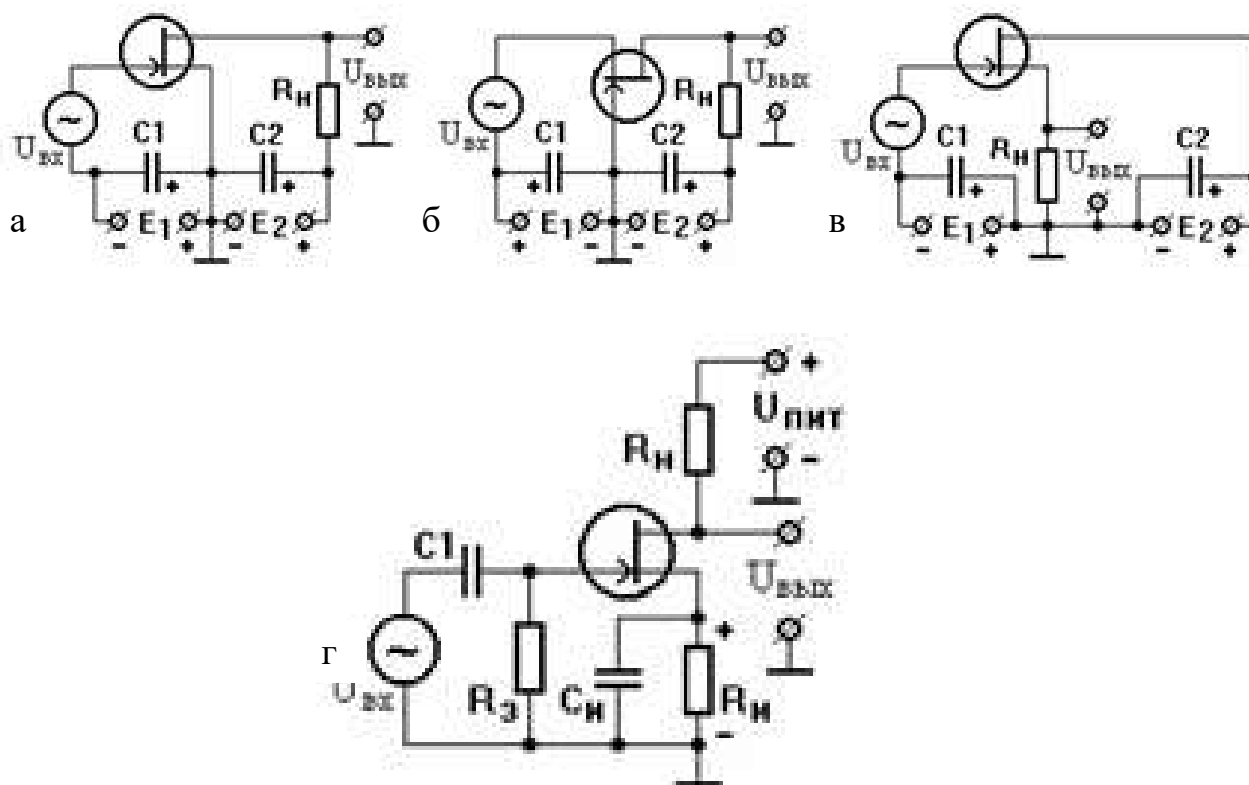


Рисунок 1.43 – Усилители на полевых транзисторах

Усилители на микросхемах

В радиоэлектронике широкое применение нашли операционные усилители. Свое название они получили потому, что первоначально проектировались для выполнения операций сложения, вычитания, интегрирования, дифференцирования и др.

Операционные усилители в настоящее время выполняются на микросхемах. Основные достоинства интегральных микросхем – высокая надежность, относительно низкая стоимость, малые размеры и масса, малая потребляемая мощность. Операционный усилитель имеет два входа и один выход. У него большое входное сопротивление, малое выходное сопротивление, большой коэффициент усиления постоянного напряжения. У идеального операционного усилителя входное сопротивление равно бесконечности, выходное сопротивление равно нулю, коэффициент усиления бесконечно велик, выходное напряжение равно нулю при одинаковых напряжениях на обоих входах. Реальные операционные усилители имеют коэффициент усиления до 10^5 , полосу частот от нуля до 100 МГц, выходное напряжение, отличное от нуля при входном напряжении равном нулю.

Такому выходному напряжению соответствует некоторый мнимый входной сигнал, который называют напряжением смещения нуля. Напряжение смещения нуля изменяется при изменении температуры. Напряжение смещения нуля достаточно часто компенсируют подачей внешнего

постоянного напряжения противоположной полярности. Операционные усилители питаются от двух одинаковых источников напряжения, имеющих общую точку. Один из входов операционного усилителя называется инвертирующим, а другой – неинвертирующим. Фаза сигнала на выходе усилителя совпадает с фазой сигнала на неинвертирующем входе и противоположна фазе сигнала на инвертирующем входе [42,53].

В настоящее время имеется достаточно широкий ассортимент различных усилителей, выполненных на микросхемах. Это усилители высокой частоты, усилители промежуточной частоты, усилители низкой частоты и др.

В последние годы очень популярными стали антенные усилители для улучшения качества приема телевизионных передач. Существует много вариантов построения принципиальных схем антенных усилителей, и в большинстве из них реализуется подача питания по тому же коаксиальному кабелю, по которому передается сигнал к телевизору желательного эффекта, т.к. наряду с усилением сигнала усиливаются и шумы.

1.5.2 Методика расчета и анализа многокаскадных усилителей

При расчете усилителей первоочередной задачей является проведение сравнительного анализа схемотехники усилителей аналогичного назначения. Кроме того, необходимо учитывать новейшие достижения усилительной техники и современной элементной базы.

Многокаскадные усилители применяются в тех случаях, когда простейшие однокаскадные усилители не удовлетворяют по тем или иным параметрам:

- недостаток и нестабильность усиления;
- большие нелинейные искажения;
- низкая нагрузочная способность;
- минимум выходного напряжения шумов.

Кроме того, многокаскадные усилители предназначены для получения больших значений коэффициента усиления. Принцип построения многокаскадных усилителей заключается в последовательном соединении нескольких одиночных каскадов. При этом решается задача согласования входных и выходных сигналов различных каскадов как по постоянному, так и по переменному току.

По виду межкаскадных связей усилители классифицируются на две группы:

- усилители переменного тока;
- усилители постоянного тока.

К первой группе относятся усилители с трансформаторными и RC-связями, а ко второй – усилители с гальваническими связями. Особенностью усилителей первой группы является отсутствие между отдельными каскадами связи по постоянному току. Ввиду этого в каждом отдельном каскаде можно установить наиболее оптимальный режим работы по постоянному току,

например, с точки зрения коэффициента усиления или вносимых искажений. Однако, если в этих усилителях входной сигнал кроме переменной содержит и постоянную составляющую, то после усилителя информация о постоянной составляющей будет потеряна [22].

В усилителях с гальваническими связями необходимо согласование сигналов как по постоянному, так и по переменному току. Это накладывает определенные ограничения на выбор режимов работы транзисторов и в большинстве случаев существенно затрудняет проектирование усилителя. Курсовое проектирование посвящено усилителям с RC-связями, как наиболее совместимым с методами современной технологии.

При проектировании усилителей переменного тока необходимо правильно выбирать элементы межкаскадной связи, поскольку именно эти элементы в большей степени определяют полосу пропускания усилителя. Основным критерием выбора элементов межкаскадной связи является уровень вносимых частотных искажений. Задачей расчета является обеспечение уровня вносимых искажений не больше заданного, т.е. обеспечение требуемой полосы пропускания усилителя. Принцип расчета цепей межкаскадных связей одинаков для усилителей как на биполярных транзисторах, так и на полевых транзисторах.

Расчет усилителя по переменному току состоит в определении усилительных характеристик и параметров схемы усилителя. На первом этапе по известным математическим моделям транзисторов составляется математическая модель всей схемы (так называемая электрическая эквивалентная схема). На втором этапе рассматривают по этой модели искомые характеристики и параметры известными методами расчета электрических цепей. По отношению к сигналам малой амплитуды (это вполне естественно, т.к. усилители собственно и предназначены для усиления слабых сигналов) транзистор можно рассматривать как линейное устройство. Это существенно упрощает расчет, т.к. возможно применение хорошо развитых методов расчета линейных электрических цепей.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Привести примеры нормативных документов (стандартов, правил, рекомендаций и т.д.) Указать характер их требований: обязательный, рекомендательный.

2. Привести несколько названий основополагающих стандартов из числа стандартов СТ РК, укажите область их применения.

3. Начертить графические обозначения основных элементов РЭС в соответствии с единой системой конструкторской документацией (ЕСКД).

4. Начертить структурную схему простой электрической цепи и определить ее параметры.

5. Изучить методы соединения элементов в электрических цепях постоянного тока.

6. Рассчитать эквивалентную емкость, напряжение и заряд батареи конденсаторов при смешанном соединении конденсаторов.

7. Определить внутреннее сопротивление аккумуляторной батареи, если ее ЭДС $E = 6$ В, напряжение на зажимах $U = 5,6$ В, а сила тока $I = 0,2$ А. Какую мощность вырабатывает аккумуляторная батарея?

8. Привести классификацию электрических машин постоянного и переменного токов.

9. Подключение измерительных приборов в электрическую схему и определение по ним параметров. (Измерительный генератор ГЗ-118).

10. Работа со справочниками по электронным приборам. (Электронные осциллографы).

11. Составить и читать различные схемы усилителей.

(Исходные данные:

Выходная мощность в нагрузке: $P_n = 13$ Вт;

Сопротивление нагрузки: $R_n = 10$ Ом;

Внутреннее сопротивление источника сигнала: 2 кОм;

Диапазон рабочих частот: 120÷35000 Гц;

Коэффициент температурной нестабильности: $S = 3$;

ЭДС источника сигнала: 10 мВ;

Глубина регулировки усиления: ± 10 дБ).

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

1. Основные термины и определения метрологии, стандартизации и сертификации.
2. Основные правила выполнения и оформления схем и чертежей с соблюдением в соответствии с единой системой конструкторской документации.
3. Определение электрической цепи и основные ее параметры.
4. Чем обусловлены переходные процессы в электрических цепях?
5. Назовите основные режимы работ электрической цепи.
6. В каких единицах выражается индуктивность, емкость и сопротивление?
7. Какие диоды работают в режиме пробоя?
8. Какой вид выпрямителя применяется для выпрямления переменного напряжения?
9. Назовите возможные области применения полевых транзисторов.
10. Чем отличаются электрические машины постоянного и переменного токов.
11. Структура и применение электровакуумных и газоразрядных приборов.
12. Какие электронные приборы применяются в линейных сооружениях электросвязи и проводного вещания.
13. Каково назначение измерительного трансформатора тока?
14. С какой скоростью вращается ротор синхронного генератора?
15. Применение и классификация усилителей электрических сигналов.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Данный модуль даёт возможность получить навыки и знания, представления роли и значимости электротехники и радиоэлектроники в подготовке квалифицированных кадров по соответствующей специальности, наиболее общие процессы производства и использование электроэнергии.

В результате изучения модуля обучающиеся осваивают: понятие об электрическом и магнитном поле; способы соединения резисторов и конденсаторов; электропроводность полупроводников, понятие о четырехполюсниках и электрических фильтрах, полупроводниках; электрический заряд; величины, характеризующие электрическое поле, электромагнетизм, синусоидальные токи, основные понятия о переходе; физические принципы работы современных полупроводниковых, оптоэлектронных приборов и интегральных схем; физический смысл электрических, магнитных явлений и процессов, принцип действия электрических машин, аппаратов, электронных приборов и устройств, особенности применения электрической энергии в соответствующей производственной деятельности.

При изучении модуля обучающиеся учатся снимать показания измерительных приборов, выполнять работы с электрическими машинами постоянного и переменного токов, применять электровакуумные и газоразрядные приборы, электронные выпрямители, стабилизаторы, усилители и генераторы.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы стандартизации, метрологии, сертификации и менеджмента качества. Учебное пособие. – Алматы: Казахстанская ассоциация маркетинга, 2003.
2. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации, метрологии: Учебник для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999.
3. Елкин, В.В. Инженерная графика: Учебник / В.В. Елкин, В.Т. Тозик. - М.: Academia, 2018.
4. Григорьев С.Г., Гриншкун В.В., Кузнецов А.А. Образовательные электронные издания и ресурсы: Методическое пособие. М.: Дрофа, – 2009.
5. Киселев Г.М., Бочкова Р.В. Информационные технологии в педагогическом образовании. – М., 2012.
6. Физика. к.т.н. К.А. Хайдаров – URL <http://bourabai.kz/itogi2015>.
(дата обращения (18.07.2020)).

РАЗДЕЛ 2. ПРИМЕНЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВАХ И МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СИСТЕМАХ

Цели обучения

В результате изучения раздела обучающиеся осваивают:

1. Знания норм, требований нормативно-правовых актов в области энергетики.
2. Технические условия, стандарты и допускаемые отклонения от стандартов на материалы, процессы.
3. Знания технической документации, технических и технологических процессов.
4. Знания правил эксплуатации и ремонта приборов и оборудования.

Предварительные требования

Перед изучением данного модуля учащемуся рекомендуется успешно пройти обучение по базовым модулям и профессиональному модулю «Основы электротехники и радиоэлектроники» квалификаций «монтажник связи-кабельщик» согласно типового учебного плана по специальности «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

ВВЕДЕНИЕ

Данный модуль описывает результативность работы, навыки и знания, необходимые для использования компьютерных технологий в повседневной и в профессиональной деятельности, составление отчетов, форматирование официальных документов в текстовом процессоре и электронной таблице их использование в современной технике связи.

При изучении модуля обучающиеся осваивают следующие знания: назначение и использование стандартных программ, понятия о цифровых устройствах, их разновидности, логических элементах, классификацию микросхем различных структур, системы обозначений, принцип работы интегральных триггеров, распределителей, преобразователей, микропроцессоров и микропроцессорных систем.

2.1 Понятие и виды информационных технологий

Информационные технологии и связь - это отрасль, которая отвечает за сбор, хранение и передачу информации с помощью технических устройств и, в целом, за общение людей на расстоянии. Настоящий бум информационных технологий произошел в 1990-е в связи с распространением персональных компьютеров, сети интернет и персональных мобильных телефонов. Что входит: мобильная связь, местная телефонная связь, междугородная и международная связь, передача данных (в том числе интернет), разработка программного обеспечения.

Сегодня ни одна отрасль не обходится без специалистов по информационным технологиям: сбор и анализ статистики, быстрая передача информации привели к качественным изменениям почти в каждой отрасли. Автоматизация на производстве, электронный документооборот в госуправлении и медицине, дистанционное образование – это яркие примеры повсеместного внедрения информационно-коммуникационных технологий.

Основные функции современных информационных технологий управления предприятиями — поиск, сбор, обработка, хранение необходимых данных, выработка новой информации, решение оптимизационных задач. При этом ставится задача не только автоматизировать трудоемкие, регулярно повторяющиеся рутинные операции переработки большого количества данных, но и путем переработки данных получить принципиально новую информацию, необходимую для принятия эффективных управленческих решений.

В настоящее время существует несколько признаков, по которым происходит классификация информационных технологий. В их числе:

- способ реализации в АИС (автоматизированных информационных системах);
- степень охвата задач управления;
- классы технологических операций;
- тип пользовательского интерфейса (все, что мы видим на экране компьютера, планшета, смартфона);
- варианты использования сетей электронно-вычислительных машин;
- предметная область и другие.

С другой стороны информационные технологии можно разделить на следующие классы:

1. Офисные технологии, включающие: технологии ввода и компьютерной полнотекстовой обработки документированной информации, в том числе предполагающие перевод на электронные носители накопленной человечеством информации, как правило, недоступной многим его членам; облегчающие преодоление массовым пользователем «языковых барьеров» и др.

2. Технология построения информационных систем и распределенных баз данных.

3. Мультимедийные технологии, включающие поддержку сложных сред (виртуальная реальность, фильмы или игры с альтернативными или гипер-сценариями) и т.п.

4. Сетевые технологии: базовые технологии Интернета, Web-технологии, Intranet-идеологии, локальные, корпоративные, глобальные и комбинированные вычислительные сети и телекоммуникации, открытые системы и поддержка распределенных вычислений на основе объектной ориентации и технологии “клиент-сервер”; геостационарные информационные технологии и т.п.

5. Интеллектуальные информационные технологии: экспертные системы и системы принятия решений, когнитивные информационные технологии, включают в себя информационные технологии, специально разработанные для развития творческих способностей человека и информационной поддержки творческих процессов и т.п.

6. Интегральные информационные технологии, все более интенсивно прогрессирующие в последние годы. К ним, наравне с гипертекстовыми и мультимедийными информационными системами и распределенными базами данных, относятся сетевые технологии, обеспечивающие, в том числе, возможность использования телевизионных изображений, музыки и речи и др.[8].

Наконец, информационные технологии можно рассматривать, как глобальные, базовые и конкретные информационные технологии, включающие технологии автоматизации информационных процессов, мультимедийные, гипертекстовые и сетевые, безопасности и защиты данных, интегрированные информационные технологии, технологии образования и др.

2.1.1 Основные понятия цифровых устройств и микропроцессорных систем

Цифровое устройство (англ. Digital device) - техническое устройство или приспособление, предназначенное для получения и обработки информации в цифровой форме, используя цифровые технологии.

Физически цифровое устройство может быть выполнено на различной элементной базе: электромеханической (на электромагнитных реле), электронной (на диодах и транзисторах), микроэлектронной (на микросхемах), оптической.

В последнее время, ввиду достижений микро - и нанoeлектроники, широкое распространение получили цифровые устройства на микроэлектронной элементной базе. Примерами цифровых устройств являются широко распространённые сотовые телефоны, цифровые фотоаппараты, цифровые видеокамеры, веб-камеры, компьютеры, цифровое телевидение.

Микропроцессорные устройства являются одной из категорий цифровых устройств, которые, в свою очередь, могут быть классифицированы:

- по выполняемым функциям;
- по принципу выполнения алгоритма;
- по аппаратным и конструктивным особенностям;
- по областям применения, имеющим свою специфику, например, в полиграфическом оборудовании или в оборудовании связи.

По выполняемым функциям цифровые устройства разделяются на средства управления (контроллеры) и средства обработки сигналов (функциональные преобразователи, сигнальные процессоры).

Для контроллеров характерно наличие развитой системы ввода-вывода, в т.ч. в реальном времени объектов управления, а для сигнальных процессоров – высокое быстродействие при выполнении операций типа умножение-деление, необходимых для реализации алгоритмов обработки сигналов, например, при вычислении производных или при Фурье преобразованиях.

Для обработки аналоговых сигналов используются сигнальные процессоры с аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями, выполненными в одном кристалле с процессором или в виде отдельных интегральных схем. В особую группу т. н. конверторов принято выделять сигнальные процессоры с аналоговыми портами при числе разрядов кодирования аналогового сигнала 12 и более.

По принципу реализации заданного алгоритма, а также по аппаратным и конструктивным признакам, цифровые устройства могут быть разделены на следующие основные группы:

- конечные автоматы, построенные на основе элементов малой и средней степени интеграции типа счетчиков, регистров, дешифраторов и других логических и цифровых элементов, выполняющие, как правило, простые функции управления или обработки сигналов;
- микропроцессоры и микропроцессорные контроллеры (микроконтроллеры) общего назначения, реализующие функции управления программным путем;
- специализированные микропроцессоры, используемые, например, как ядро для сигнальных процессоров;
- программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), на основе которых строятся самые эффективные по быстродействию контроллеры и сигнальные процессоры, использующие параллельные алгоритмы.

Во многих случаях цифровые устройства содержат элементы из нескольких групп, объединенные одной конструкцией – кристаллом или печатной платой. Типичный пример интеграции элементов с различными функциями в одном кристалле – однокристалльный микроконтроллер [18,20].

Под термином “микроконтроллер”, как правило, понимают интегральную схему, содержащую микропроцессорное ядро и дополнительные элементы, необходимые для выполнения функций управления и обработки сигналов, в т.ч. аналоговых. Существующая

номенклатура микроконтроллеров позволяет решить многие задачи с использованием одной интегральной схемы, а процесс проектирования свести к разработке программы, но даже в этом случае, кроме интегральной схемы микроконтроллера, в конструкции присутствуют дополнительные элементы, обеспечивающие питание, подключение и т.д.

Принято называть такое устройство по роду тех функций, которые оно выполняет, в т.ч. по функции управления, например, “Микропроцессорное устройство управления...”, “Устройство управления на базе микроконтроллера”. В некоторых случаях, чтобы избежать двузязычной тавтологии (устройство управления - контроллер), устройство в целом называют “микроконтроллер” или “контроллер”, подразумевая, что в его состав входит однокристалльный микроконтроллер как отдельная интегральная схема. Существовавший ранее термин “одноплатный микроконтроллер”, под которым понимался единый конструктивный блок, состоящий из отдельных интегральных схем: центрального процессора, памяти, интерфейсов и т. д., в настоящее время используется редко.

2.1.2 Назначение и принцип действия логических элементов

Логические элементы вместе с запоминающими элементами составляют основу устройств цифровой (дискретной) обработки информации. Логические элементы выполняют простейшие логические операции над цифровой информацией, а запоминающие элементы служат для ее хранения. Логическая операция преобразует по определенным правилам входную информацию в выходную. Логические элементы чаще всего строят на базе электронных устройств, работающих в ключевом режиме. Поэтому цифровую информацию обычно представляют в двоичной форме, в которой сигналы принимают только два значения: «0» (логический ноль) и «1» (логическая единица), соответствующие двум состояниям ключа. Логические преобразования двоичных сигналов включают в себя три операции: логическое сложение, логическое умножение и логическое отрицание.

Логическое сложение (дизъюнкция), или операция ИЛИ, обозначается знаками «+» или «V»: $F = X_1 + X_2 + X_3 + \dots + X_n$. В соответствии с этим выражением на выходе элемента ИЛИ всегда единица, если хотя бы на одном из входов есть единица. Таблица истинности (состояние логических входов при определенных значениях входных сигналов), обозначение на логических схемах и временные диаграммы работы элемента ИЛИ представлены на рисунке 2.1.

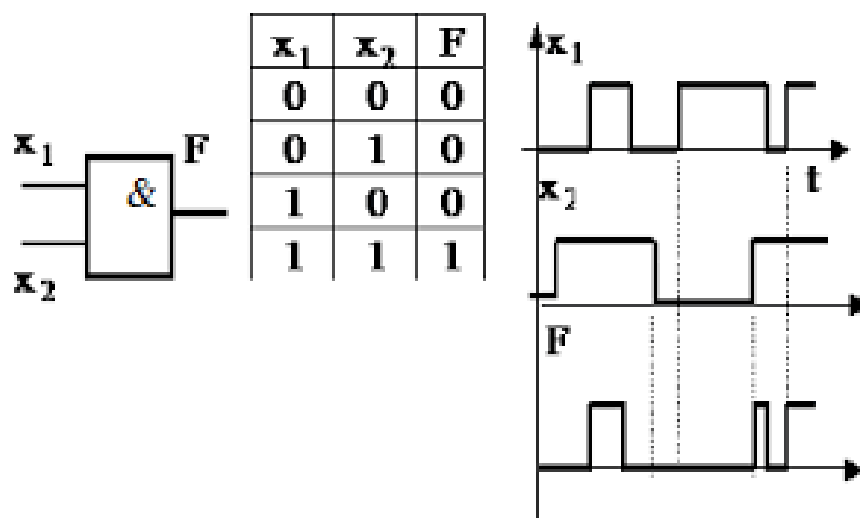


Рисунок 2.1. – Логический элемент ИЛИ: таблица истинности; обозначение на логических схемах; временные диаграммы

Логическое умножение (конъюнкция), или операция И, обозначается знаками « \cdot », « \wedge » или написанием переменных рядом без знаков разделения: $F = X_1 X_2 X_3 \dots X_n$. На выходе элемента И всегда нуль, если нуль хотя бы на одном из входов. Таблица истинности, обозначение на логических схемах и временные диаграммы работы элемента И представлены на рисунке. 2.2.

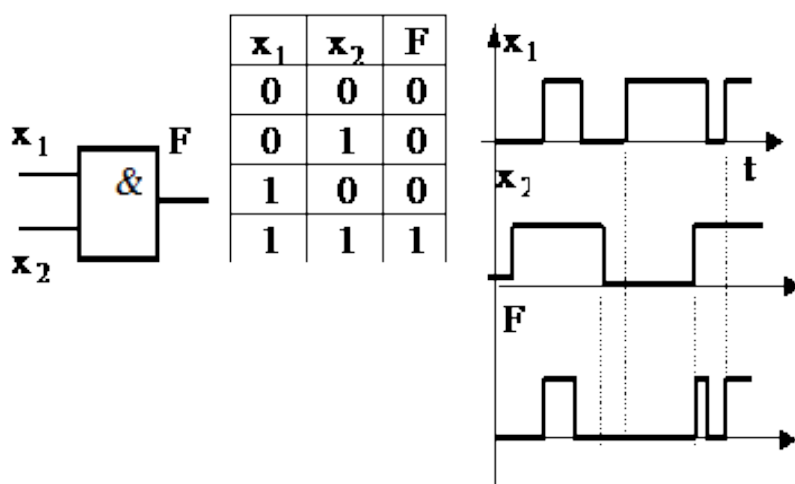


Рисунок 2.2 – Логический элемент И: таблица истинности; обозначение на логических схемах; временные диаграммы

Логическое отрицание (инверсия), или операция НЕ, обозначаемая чертой над переменной: $F = \overline{X}$. Выходной сигнал логического элемента НЕ всегда противоположен входному. Таблица истинности, обозначение на логических схемах и временные диаграммы работы элемента НЕ представлены на рисунке. 2.3.

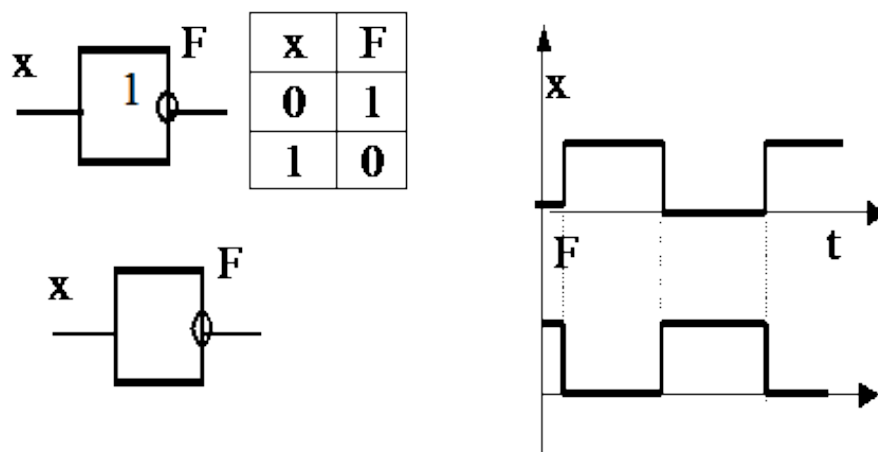


Рисунок 2.3 – Логический элемент НЕ: таблица истинности; обозначение на логических схемах; временные диаграммы

Логический элемент ИЛИ-НЕ работает на принципе двух логических функций: логического сложения и логического отрицания, при этом вначале формируется выходной сигнал по закону логического сложения, а затем инвертируется. На выходе элемента ИЛИ-НЕ всегда нуль, если единица хотя бы на одном из входов. Таблица истинности, обозначение на логических схемах и временные диаграммы работы элемента ИЛИ-НЕ представлены на рисунке. 2.4.

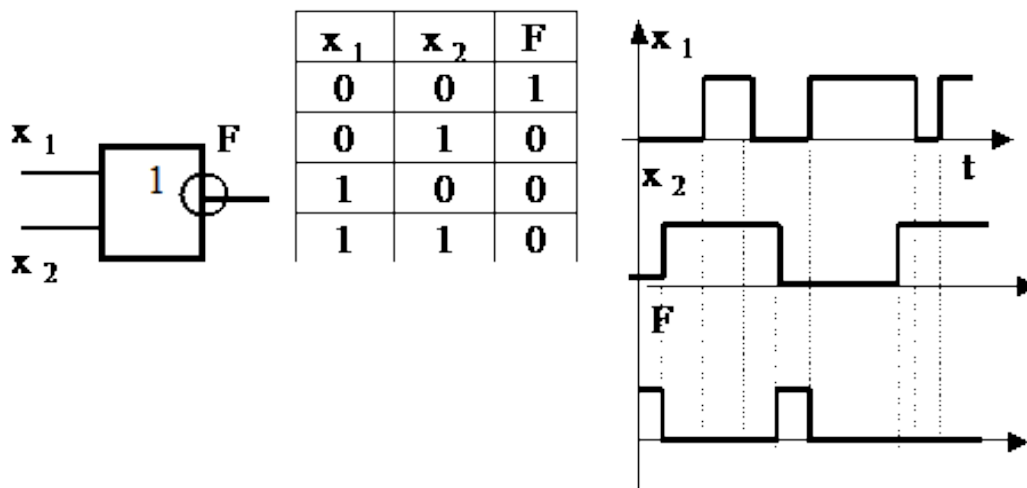


Рисунок 2.4 – Логический элемент ИЛИ-НЕ: таблица истинности; обозначение на логических схемах; временные диаграммы

Логический элемент И-НЕ работает на принципе двух логических функций: логического умножения и логического отрицания, при этом вначале формируется выходной сигнал по закону логического умножения, а затем инвертируется. На выходе элемента И-НЕ всегда единица, если нуль хотя бы на одном из входов.

Таблица истинности, обозначение на логических схемах и временные диаграммы работы элемента И-НЕ представлены на рисунке. 2.5.

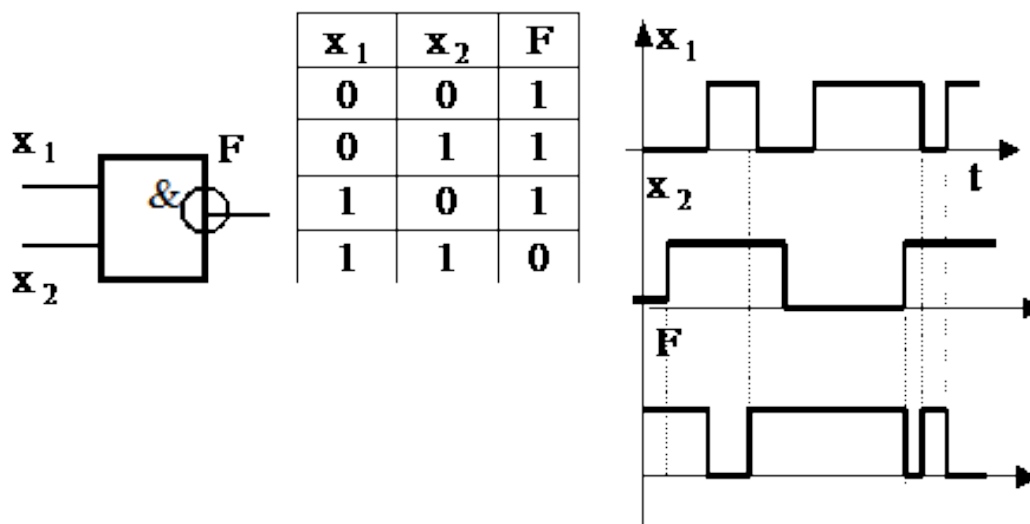


Рисунок 2.5 – Логический элемент И-НЕ: таблица истинности; обозначение на логических схемах; временные диаграммы

Промышленностью выпускаются логические элементы, реализующие эти операции над другим количеством операндов (3, 4, 8) и элементы, содержащие не одну логическую операцию, а несколько.

Наиболее часто встречаются элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ, в которых результат операций И, ИЛИ дополнительно инвертируется. Такие элементы могут использоваться как простые инверторы. Кол-во входов элемента обозначают цифрой: 2И – двухвходовый элемент, 3ИЛИ – трехвходовый элемент ИЛИ и т.д. [22,52].

2.1.3 Принципы построения схем цифровых устройств

Схемы цифровых устройств состоят из множества элементов, взаимодействие между которыми осуществляется путём обмена сигналами. В общем случае под сигналом можно понимать физический процесс, несущий информацию или представляющий интерес для наблюдателя. Физически сигнал в цифровых устройствах представляется уровнем электрического напряжения.

Различают сигнал аналоговый и цифровой.

Под *аналоговым* понимается сигнал, для которого важным считается конкретное значение напряжения, которое может принимать любую величину в заданном диапазоне значений.

Под *цифровым* сигналом понимают электрический сигнал, для которого справедливым или допустимым являются лишь два значения: 0 и 1. Различают два способа представления цифровой информации.

При импульсном представлении за 0 принимается тот сигнал, которому соответствует отсутствие импульса (нулевой уровень напряжения).

Двоичная единица в этом случае, представляется одним или множеством импульсов электрического напряжения. Под импульсом можно понимать быстрое кратковременное изменение электрического напряжения. При потенциальном способе представления двоичной информации нулю и единице соответствуют два чётко различимых уровня напряжения: U и U^1 . Для современных логических элементов обычно $U \approx 0В$, $U^1 > 0В$. Для элементов серии ТТЛ (транзисторно-транзисторная логика): $U^1 \geq 2,4В$, $U^0 \leq 0,4В$.

Под элементом понимается наименьшая функционально и конструктивно законченная часть цифровых устройств, которая выполняет какую-либо логическую (булеву) функцию (логический элемент) или какое-либо другое преобразование информации [20,22].

В настоящее время элементы реализуют в составе микросхем. *Микросхема* это микроэлектронное изделие с повышенной степенью интеграции. Будем считать, что понятия микросхема и интегральная схема равноценны. В зависимости от используемых сигналов различают элементы и микросхемы аналоговые, аналого-цифровые и цифровые. В зависимости от степени интеграции, то есть от числа элементов в составе микросхемы, различают микросхемы малой, средней, большой и сверхбольшой степени интеграции.

В зависимости от технологии изготовления различают микросхемы, выполненные по интегральной, гибридной или плёночной технологии.

Интегральная технология предполагает выполнение всех деталей в одном кристалле полупроводника (чаще всего – кремния).

Гибридная технология предполагает применение интегральных элементов в бескорпусном варианте, которые монтируются на изоляторе и соединяются с помощью напылённых проводников.

Плёночная технология предполагает применение плёнок даже при изготовлении активных компонентов.

В зависимости от базовой схемы, которая используется при реализации элементов в микросхеме, различают микросхемы, выполненные по следующим технологиям:

1. ДТЛ - диодно-транзисторная логика;
2. ЭСЛ – эмиттерно-связанная логика;
3. ТТЛ – транзисторно-транзисторная логика;
4. ТТЛШ – ТТЛ с диодами Шотки;
5. МОП (металл- окись- полупроводник);
6. МДП (металл- диэлектрик- полупроводник);
7. КМОП – комплементарные МОП;
8. КМДП - комплементарные МДП;

В зависимости от используемых транзисторов различают микросхемы, выполненные по биполярной технологии и по МДП-технологии.

Цифровые микросхемы выпускают в виде серий элементов или микросхем. Элементы или микросхемы одной серии - это микросхемы, выполненные в одинаковых корпусах, с одинаковыми характеристиками, с одинаковым питанием и предназначенные для совместного применения. В микросхемах одной серии обязательным условием их совместного применения является одинаковый способ представления в них двоичной информации, одинаковые логические уровни [58,59].

В зависимости от используемого метода обработки различают два типа аппаратуры: аналоговая, в которой используется аналоговый метод обработки, и цифровая, в которой применяется цифровой метод обработки. В цифровой аппаратуре основным устройством, в котором непосредственно выполняется обработка, является процессорное устройство.

Процессорное устройство (как и всякое сложное цифровое устройство) синтезируется в виде соединения двух устройств: операционного и управляющего (Рис.2.6).

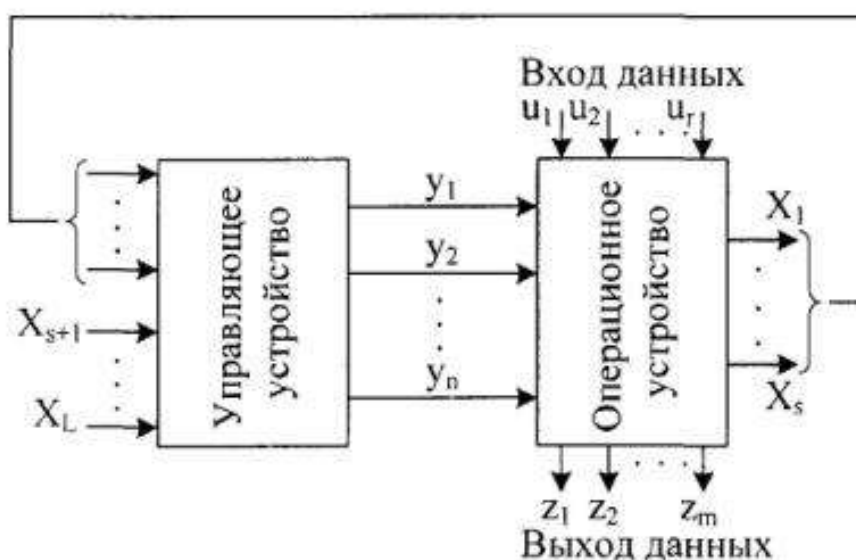


Рисунок 2.6 – Структура процессорного устройства.

Операционное устройство - устройство, в котором выполняются операции. Оно включает в себя регистры, сумматор, каналы передачи информации, мультиплексоры для коммутации каналов, шифраторы, дешифраторы и т.д.

Управляющее устройство координирует действия узлов операционного устройства; оно вырабатывает в определенной временной последовательности управляющие сигналы, под действием которых в узлах операционного устройства выполняются требуемые действия.

2.1.4 Комбинационные и последовательностные цифровые устройства

Цифровые устройства выполняют функции обработки информации, отображаемой в виде двоичных кодовых комбинаций, и в общем случае любое из них может быть представлено в виде некоторого устройства с неизвестной внутренней структурой (Рис. 2.7), имеющего входы x_1, x_2, \dots, x_n и выходы z_1, z_2, \dots, z_k .

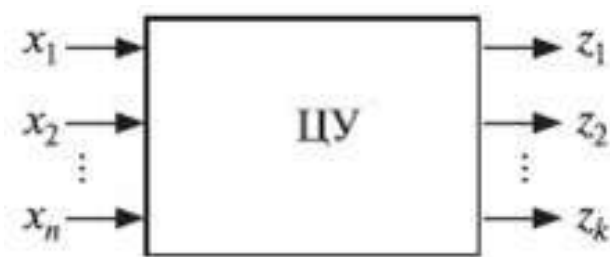


Рисунок 2.7 – Цифровое устройство с неизвестной (с произвольной) структурой

Устройство под действием двоичных комбинаций состояний входов (входных сигналов) переходит из одного внутреннего состояния в другое и формирует двоичные комбинации состояний выходов (выходные сигналы).

Закон (алгоритм) функционирования устройства - это соответствие последовательностей двоичных комбинаций состояний входов последовательностям двоичных комбинаций состояний выходов. Двоичные комбинации состояний некоторых объектов называют иногда наборами.

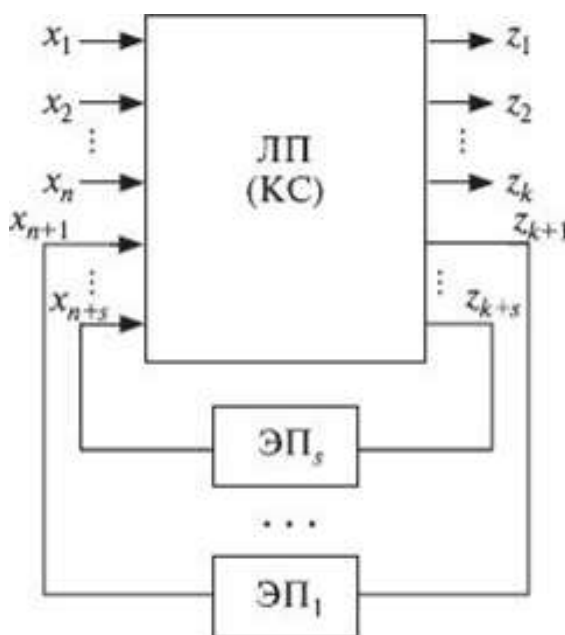


Рисунок. 2.8 – Обобщенная (структурная, каноническая) схема цифрового устройства

Эта схема может быть детализирована в плане выделения из неё некоторых элементов, комбинации состояний которых будут определять внутреннее состояние устройства (Рис. 2.8). Эти элементы являются элементами памяти (ЭП). Эта структурная схема содержит также логический преобразователь (блок ЛП), часто называемый комбинационной схемой (КС). Блок ЛП (КС) имеет алгоритм функционирования, при котором каждой комбинации состояний входов $x_1 ; , x_2 , \dots , x_n , x_{n+s}$ соответствует одна комбинация состояний выходов $z_1 , z_2 , \dots , z_k , z_{k+s}$. Отсюда и термин «комбинационная схема» [29].

Элементы памяти являются устройствами, занимающими два состояния 0 и 1. Комбинации их состояний являются внутренними состояниями устройства. Состояние выходов логического преобразователя зависит не только от состояния внешних входов, но и от состояния внутренних входов, являющихся выходами элементов памяти. Переход устройства из одного внутреннего состояния в другое происходит при изменении состояния внешних входов. При изменении состояния внешних входов, приводящем к изменению внутреннего состояния, изменяется состояние внутренних выходов таким образом, что оно соответствует состоянию элементов памяти в следующем внутреннем состоянии.

Элементы памяти под действие внутренних выходов переходят в состояние, соответствующее следующему внутреннему состоянию. При этом состояние внешних выходов при одном и том же состоянии внешних входов может быть различным, так как оно определяется не только внешними входами, но и состоянием элементов памяти. Состояние элементов памяти определяется предысторией работы устройства, т. е. теми последовательностями комбинаций состояний входов (входными сигналами), которые поступали на вход устройства в предыдущие моменты времени.

На основании вышеизложенного можно дать определение комбинационного цифрового устройства и последовательностного цифрового устройства как двух видов, на которые подразделяются цифровые устройства.

Комбинационное цифровое устройство (устройство без памяти) — устройство, в котором комбинации состояний входов однозначно соответствуют комбинации состояний выходов.

Последовательностное цифровое устройство (устройство с памятью) — устройство, в котором комбинация состояний выходов определяется не только комбинацией состояний входов в данный момент, но и комбинацией состояний входов в предыдущие моменты времени.

Структурная схема цифрового устройства представляет собой последовательностное устройство. Её блок ЛП (КС) является комбинационной схемой. Иногда комбинационную схему называют цифровым устройством с одним внутренним состоянием [42,52].

Таким образом, любое последовательностное устройство состоит из комбинационного устройства (логического преобразователя) и элементов

памяти. Часто комбинационное устройство называют логическим блоком ввиду того, что оно, строится из логических элементов, а совокупность элементов памяти, в качестве которых чаще всего используется триггеры, называют блоком памяти.

2.1.5 Синтез и анализ работы цифровых схем на логических элементах и интегральных микросхемах

В большинстве случаев цифровая схема содержит большое количество последовательно соединенных логических элементов, которые реализуют требуемую логическую функцию. Процедуру определения логических операций, которые производит каждый логический элемент в схеме в отдельности и какую функцию выполняет структура элементов схемы в целом, называют анализом схемы. Для описания любой цифровой схемы могут быть составлены таблица истинности, логическая функция или диаграмма работы.

Таблица истинности цифровой схемы

В качестве примера составим таблицу истинности для цифровой схемы с двумя входами (Рис. 2.9).

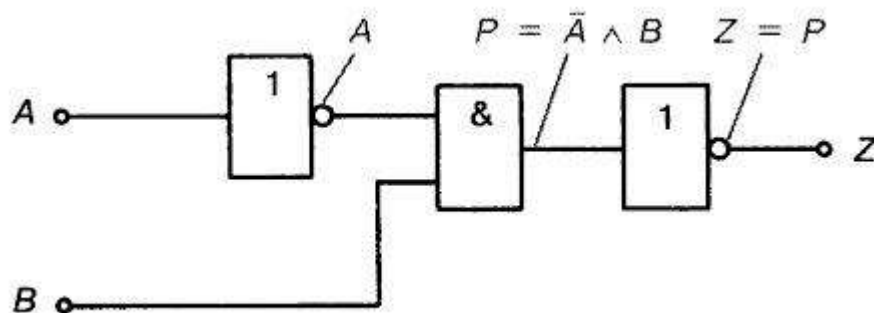


Рисунок 2.9 – Цифровая схема с двумя входами

Цифровая схема с двумя входами (A, B) имеет 4 варианта комбинаций входных сигналов: 00, 01, 10 и 11 ($2^2 = 4$), которые определяют значение выходного сигнала Z. Первый элемент схемы является элементом НЕ. На выходе этого элемента будет инвертированное значение входного сигнала A.

Второй элемент схемы является элементом 2И. Обозначим выход этого элемента как P. На выходе P элемента 2И будет логическое произведение сигналов A и B.

Третий элемент схемы является элементом НЕ. На выходе этого элемента будет инвертированное значение сигнала P. В зависимости от комбинаций входных сигналов на выходах элементов получим значения, которые заносим в таблицу истинности цифровой схемы.

Таблица 2.1 – Таблица истинности узлов цифровой схемы с двумя входами

№	Входные сигналы		Промежуточные узлы		F
	A	B	\bar{A}	P	
1	0	0	1	0	1
2	0	1	1	1	0
3	1	0	0	0	1
4	1	1	0	0	1

Цифровая схема с тремя входами (A, B и C) имеет 8 различных комбинаций входных сигналов: 000, 001, 010, 011, 100, 101, 110 и 111 ($2^3 = 8$). Цифровая схема с четырьмя входами (A, B, C и D) имеет 16 различных комбинаций входных сигналов: 0000, 0001, 0010, 0011, 0100, 0101, 0110, 0111, 1000, 1001, 1010, 1011, 1100, 1101, 1110, 1111 ($2^4 = 16$).

Синтез схемы по заданному логическому выражению

На практике часто требуется синтезировать схему по заданному логическому выражению. Синтезируем цифровую схему, работа которой описывается логическим выражением $F = A+B+C+(A+C)$.

Определим количество входных сигналов. Из логического выражения видно, что входными сигналами являются сигналы A, B и C, т. е. схема будет иметь три входа. Схемотехническая реализация логического выражения пошагово показана в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Пошаговое изменение логического выражения

Шаг	Действие	ЛЭ
1	Получение инверсии входного сигнала B	НЕ
2	Получение инверсии входного сигнала C	НЕ
3	Получение логической суммы сигналов $\bar{A}+\bar{A}+\bar{B}$	ИЛИ на 3 входа
4	Получение логической суммы сигналов $\bar{A}+\bar{B}$	ИЛИ на 2 входа
5	Получение инверсии логической суммы сигнала $\bar{A}+\bar{A}+\bar{B}$	НЕ
6	Получение логической суммы сигналов $A+\bar{B}+\bar{C} + (A+\bar{C})$	ИЛИ на 2 входа

Цифровая схема, реализующая заданное логическое выражение, представлена на рисунке 2.10.

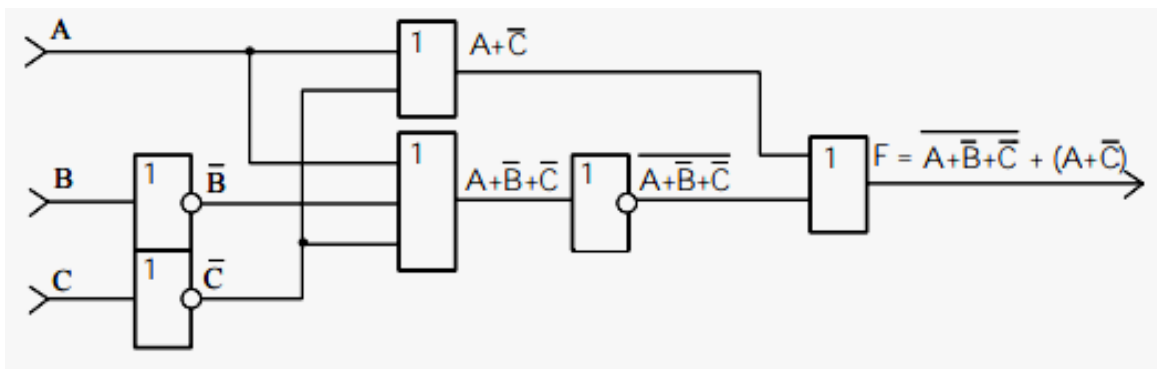


Рисунок 2.10 – Цифровая схема, реализующая логическое выражение

Для схемотехнической реализации логической суммы сигналов на шаге 3 можно использовать два ЛЭ ИЛИ с двумя входами вместо одного ЛЭ с тремя входами. Такое использование более экономично, т. к. используется полностью корпус ИС с двухвходовыми ЛЭ ИЛИ (4 ЛЭ в корпусе) и не требуется корпус ИС с ЛЭ на три входа (3 ЛЭ в корпусе), в котором 2 ЛЭ останутся неиспользованными [20,22].

Цифровая схема, реализующая такое схемотехническое решение, представлена на рисунке 2.11.

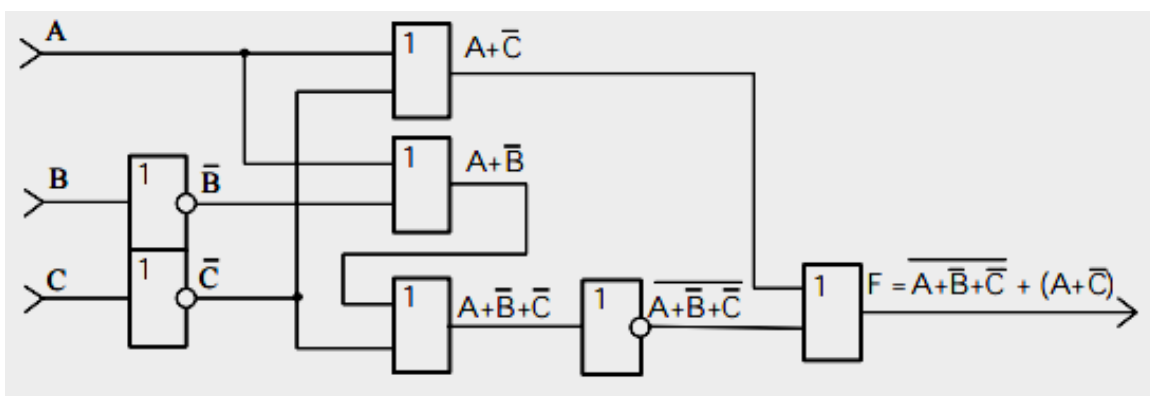


Рисунок 2.11 – Цифровая схема

Существуют логические элементы в микросхемном исполнении, представляющие комбинацию ранее рассмотренных элементов и позволяющие осуществлять более сложные логические операции. К основным параметрам логических элементов (логических микросхем) относятся: функциональные возможности элемента; быстродействие; потребляемая мощность; помехоустойчивость.

2.2 Принцип построения микропроцессорных систем

Микропроцессор (МП) — это устройство, которое осуществляет прием, обработку и выдачу информации. Конструктивно МП содержит одну или

несколько интегральных схем и выполняет действия, определенные программой, записанной в памяти.

Микропроцессорная система — это вычислительная, контрольно-измерительная или управляющая система, основным устройством обработки информации в которой является МП. Микропроцессорная система строится из набора микропроцессорных больших интегральных схем БИС.

Мультимикропроцессорная (или мультипроцессорная) система — система, которая образуется объединением некоторого количества универсальных или специализированных МП, благодаря чему обеспечивается параллельная обработка информации и распределенное управление.

Микропроцессорный комплект (МПК) — совокупность интегральных схем, совместимых по электрическим, информационным и конструктивным параметрам и предназначенных для построения электронно-вычислительной аппаратуры и микропроцессорных систем управления.

В типичный состав МПК входят:

- БИС МП (один или несколько корпусов интегральных схем);
- БИС оперативных запоминающих устройств (ОЗУ);
- БИС постоянных запоминающих устройств (ПЗУ);
- БИС интерфейсов или контроллеров внешних устройств;
- служебные БИС (тактовый генератор, регистры, шинные формирователи, контроллеры шин, арбитры шин).

Микропроцессоры и МПК классифицируют по таким признакам: назначение; количество; способ управления; тип архитектуры; тип системы команд.

По назначению МП разделяют на универсальные и специализированные.

В основу построения МПС-систем положено три принципа:

- магистральности;
- модульности;
- микропрограммного управления.

Принцип магистральности определяет характер связей между функциональными блоками МПС — все блоки соединяются с единой системной шиной. Принципы магистральности и модульности позволяют наращивать управляющие и вычислительные возможности МП путем подсоединения других модулей к системной шине.

Принцип микропрограммного управления состоит в возможности осуществления элементарных операций — микрокоманд (сдвигов, пересылок информации, логических операций).

Используя определенные комбинации микрокоманд, можно создать технологический язык, т. е. набор команд, который максимально соответствует назначению системы. В секционных процессорах набор микрокоманд можно изменить, используя другие микросхемы памяти микрокоманд.

Рассмотрим структурную схему микропроцессорной системы (МПС), приведенную на рисунке 2.12.

Функционирование МПС сводится к следующей последовательности действий: получение данных от различных периферийных устройств (с клавиатуры терминала, от дисплеев, из каналов связи, от различного типа внешних запоминающих устройств), обработка данных и выдача результатов обработки на периферийные устройства (ПУ). При этом данные от ПУ, подлежащие обработке, могут поступать и в процессе их обработки.

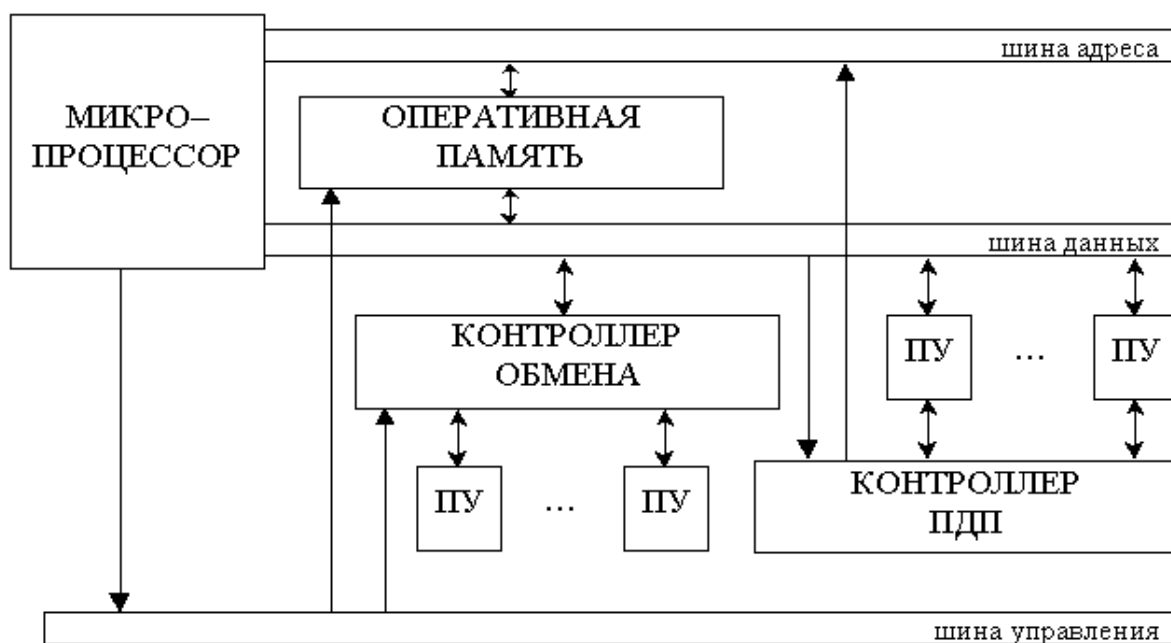


Рисунок 2.12 – Структурная схема микропроцессорной системы

Для выполнения этих действий в МПС кроме микропроцессора предусматриваются следующие устройства: - оперативная память (ОП), предназначенная для хранения и выдачи по запросам команд программ, определяющих работу микропроцессора, различных данных (исходных данных, промежуточных и конечных результатов обработки данных в микропроцессоре); - контроллеры - устройства, обеспечивающие обмен данными различных ПУ с микропроцессором и ОП [22,29].

Микропроцессор выдает на шину адреса номер (адрес) ячейки ОП, в которой хранится очередная команда, и из шины управления в ОП поступают сигналы, обеспечивающие считывание содержимого указываемой шиной адреса ячейки памяти.

Оперативная память выдает запрошенную команду на шину данных, откуда она принимается в микропроцессор. Здесь команда расшифровывается.

Если данные, действия над которыми предусматривает команда, находятся в регистрах микропроцессора, то микропроцессор приступает к выполнению указанной в команде операции. Если при расшифровке команды выяснится, что участвующие в операции данные находятся в ОП, то микропроцессор выставляет на шину адреса адрес ячейки, хранящей эти

данные; после выдачи данных из ОП микропроцессор принимает их через шину данных, затем выполняется операция над данными.

После завершения текущей команды на шину адреса выдается адрес следующей команды, и описанный процесс повторяется.

Обмен данными с ПУ может осуществляться следующим образом. Группа ПУ подключается к шине данных МПС через контроллер обмена (устройства сопряжения), управляющий процессом обмена данными. До начала непосредственного обмена данными с ПУ микропроцессор через шину данных должен выдать в контроллер информацию о режимах, используемых при передаче, направлениях передачи данных (от микропроцессора к ПУ либо, наоборот, от ПУ к микропроцессору), используемых в дальнейшем при обмене данными с каждым из подключенных к контроллеру ПУ. Затем в момент, когда потребуется, например, передать в ОП выдаваемые из ПУ данные, микропроцессор, выполняя команду ввода, подает на контроллер соответствующие управляющие сигналы; данные из ПУ принимаются в регистр контроллера, откуда они затем контроллером выдаются на шину данных. Далее эти данные с шины данных принимаются в микропроцессор, после чего в процессе выполнения соответствующей команды они передаются в ОП.

Аналогично происходит обмен данными в обратном направлении - от ОП к ПУ. По соответствующей команде программы осуществляется прием из ОП в микропроцессор данных, подлежащих передаче, после чего по одной из следующих команд эти данные выдаются на шину данных и через контроллер обмена передаются на УП [18,20].

Описанный обмен предполагает, что моменты обмена данными известны заранее уже на этапе программирования, и в программе предусматриваются в определенных местах соответствующие команды, обеспечивающие обмен. Моменты обмена могут определяться и самим ПУ. Тогда эти моменты программисту оказываются неизвестными, он не может предусмотреть в программе соответствующие команды обмена. В этих случаях ПУ, подавая в микропроцессор определенные сигналы, переводит его в состояние так называемого прерывания.

В этом состоянии микропроцессор прекращает выполнение основной программы и переходит к исполнению команд другой хранящейся в ОП программы (прерывающей программы), обеспечивающей обмен данными, требуемый периферийным устройством.

После окончания такой прерывающей программы микропроцессор возвращается к выполнению основной программы.

Описанные способы обеспечивают низкую скорость обмена, и применять их целесообразно при обмене данными с низкоскоростными ПУ.

При работе с высокоскоростными ПУ (такими, как запоминающие устройства на дисках и др.) используется так называемый режим прямого доступа к памяти (ПДП). В этом режиме микропроцессор отключается от шин адреса и данных, предоставляя их в распоряжение ПУ для непосредственного

обмена данными с ОП (без участия микропроцессора). Обмен при этом организуется специальным контроллером ПДП [42].

В режиме ПДП ПУ обменивается с ОП не одиночными данными, а большими блоками данных. В контроллер ПДП микропроцессор предварительно помещает информацию, необходимую для управления обменом (адрес ячейки ОП, куда помещается или откуда считывается первое подлежащее обмену слово, количество слов в блоке и др.). В процессе обмена контроллер ПДП выдает на шину адреса адрес ячейки ОП, после окончания передачи слова между ОП и ПУ через шину данных контроллер ПДП увеличивает на единицу значение адреса, выдаваемого на шину адреса. После завершения передачи заданного количества слов контроллер ПДП прекращает обмен, информируя об этом микропроцессор. Последний восстанавливает связь с шинами адреса и данных и продолжает выполнение программы.

2.2.1 Критерии оценки качества микропроцессорной системы

Основными критериями оценки качества микропроцессорных систем являются: производительность, точность, надежность.

Производительность.

Пиковая или техническая производительность представляет собой теоретический максимум быстродействия микропроцессорной системы при идеальных условиях. Данный максимум определяется как число вычислительных операций, выполняемое в единицу времени имеющимися в системе обрабатывающими логико-арифметическими устройствами. Предельное быстродействие достигается при обработке бесконечной последовательности несвязанных между собой и неконфликтующих при доступе в память команд (т.е. когда результат любой операции не зависит от действий, выполненных другими командами). Разумеется подобная ситуация чисто гипотетическая, и на практике ни одна система не в состоянии работать длительное время с пиковой производительностью, хотя и может приближаться к этой величине. 10 Хорошим показателем является производительность в диапазоне от 0,8 до 0,9 от пикового значения.

При выполнении реальных прикладных программ эффективная производительность может быть существенно меньше пиковой. Характеристики функционирования микропроцессорной системы на уровне внутренних устройств существенно зависят от программы и обрабатываемых данных. Поэтому невозможно оценить производительность только на основании их тактовой частоты.

Для оценки производительности вычислительных средств используется набор характерных задач. Время выполнения каждой из задач набора составляет основу для расчета индекса производительности исследуемой вычислительной системы. Индекс производительности является относительной оценкой, несущей информацию о том, насколько быстрее или медленнее исследуемая система выполняет задачи по сравнению с некоторой

эталонной системой. Если определить производительность эталонной системы, вычисляемую числом выполняемых в секунду вычислительных операций, то можно определить абсолютное значение производительности исследуемой микропроцессорной системы.

В таблице 2.1 приведены основные классы количественных индексов производительности вычислительных систем.

Таблица 2.1 – Основные классы количественных индексов производительности вычислительных систем

Класс индекса	Примеры индексов	Общее определение
Продуктивность	Пропускная способность Скорость выработки Максимальная выработка (максимум пропускной способности) Скорость выполнения команд Скорость обработки данных	Объем информации, обрабатываемой системой в единицу времени
Реактивность	Время ответа Время прохождения Время реакции	Время между предъявлением системе входных данных и появлением соответствующей выходной информации
Использование	Коэффициенты использования оборудования (центральный процессор, устройство ввода-вывода) Коэффициент использования операционной системы Коэффициент использования общего модуля программного обеспечения (например, компилятора) Коэффициент использования базы данных	Отношение времени использования указанной части системы (или ее использования для заданной цели) в течение заданного интервала времени к длительности этого интервала

Расчет показателей эффективности сложных систем, т.е. задача анализа производительности, представляет собой весьма сложную задачу, которая требует привлечения специальных математических методов и, как правило, решается с помощью ЭВМ. Показатели эффективности зависят от структуры системы, значений ее параметров, характера воздействия внешней среды, внешних и внутренних случайных факторов, поэтому их можно считать функционалами.

В настоящее время качество микропроцессорных систем оценивается соотношением «производительность/энергопотребление». Снижение энергопотребления без снижения производительности – актуальная задача проектирования микропроцессорных систем.

Точность работы микропроцессорной системы определяется погрешностью вычислений выходных параметров системы. Это показатель

является составным и определяется не только точностью вычислений процессора, но и точностью приборов, входящих в состав микропроцессорной системы (разнообразных датчиков, преобразующих, корректирующих устройств и т.д.).

Надежность. Основным понятием теории надежности является, как известно, отказ - событие, заключающееся в нарушении работоспособности. Для сложных же объектов, особенно человеко-машинных систем, отсутствие отказов, как показывает практика, еще не гарантирует отсутствия опасных ситуаций, приводящих к нарушению безопасности функционирования (НБФ). Это связано с тем, что на функционирование технического средства кроме его надежности оказывают влияние различные внешние причины. Виды отказов: отказы технических средств; воздействия человека (ошибки операторов, обслуживающего персонала); природные явления (грозы, пожары и т. п.). Опасный отказ приводит или может привести к опасной ситуации. Поэтому в теории надежности важное место занимает безопасность функционирования техники (БФТ). Существуют два основных пути обеспечения БФТ: предотвращение нарушений, нормальных режимов работы и парирование последствий возникших нарушений нормального функционирования [42,52].

На этапе разработки и проектирования технических решений выбирают алгоритмы функционирования систем по критерию БФТ; повышают отказоустойчивость и живучесть технических средств, создают безопасное программное обеспечение микропроцессорных информационно-управляющих систем. С точки зрения безопасности функционирования сложные технические системы, должны иметь не только повышенную надежность, т.е. малую вероятность появления отказов, но и обладать свойством отказоустойчивости - способностью сохранять работоспособность с заданным качеством в случае отказа их элементов.

Мерой отказоустойчивости является живучесть. Техническая система, имеющая свойство живучести, выполняет свои функции с заданными характеристиками при наличии в ней некоторого числа неисправных элементов, и качественные показатели системы постепенно ухудшаются (деградируют) при увеличении числа отказов. Такая система является отказоустойчивой до отказа некоторой кратности и постепенно деградирует с увеличением числа отказов. Количественно живучесть определяется коэффициентом живучести, λ который для данного обобщенного отказа представляет собой отношение числа состояний, соответствующих работоспособной системе, ко всей совокупности состояний.

Методы повышения живучести сложных систем могут быть активными и пассивными по отношению к внешним вредным; воздействиям, приложенным к системе.

При активном методе отказы обнаруживаются при помощи средств контроля, локализируются диагностированием и устраняются автоматической реконфигурацией системы, которая заключается в перестройке структуры системы с целью отключения отказавших узлов.

Пассивные методы основаны на функциональном резервировании, при котором одни и те же элементы при необходимости могут выполнять различные функции в системе, а также резервирование одних элементов другими, в основу принципа действия которых положены различные физические процессы. При этом возможно ухудшение показателей качества функционирования системы.

2.2.2 Архитектура микропроцессорных систем

В настоящее время широкое распространение получил модульный принцип организации микроконтроллеров (МК), при котором на базе одного процессорного ядра (центрального процессора) проектируется ряд (линейка) МК, различающихся объемом и типом памяти программ, объемом памяти данных, набором периферийных модулей, частотой синхронизации. При модульном принципе построения все МК одного семейства содержат процессорное ядро, одинаковое для всех МК данного семейства, и изменяемый функциональный блок, который отличает МК разных моделей.

Структура модульного МК приведена на рисунке 2.13.

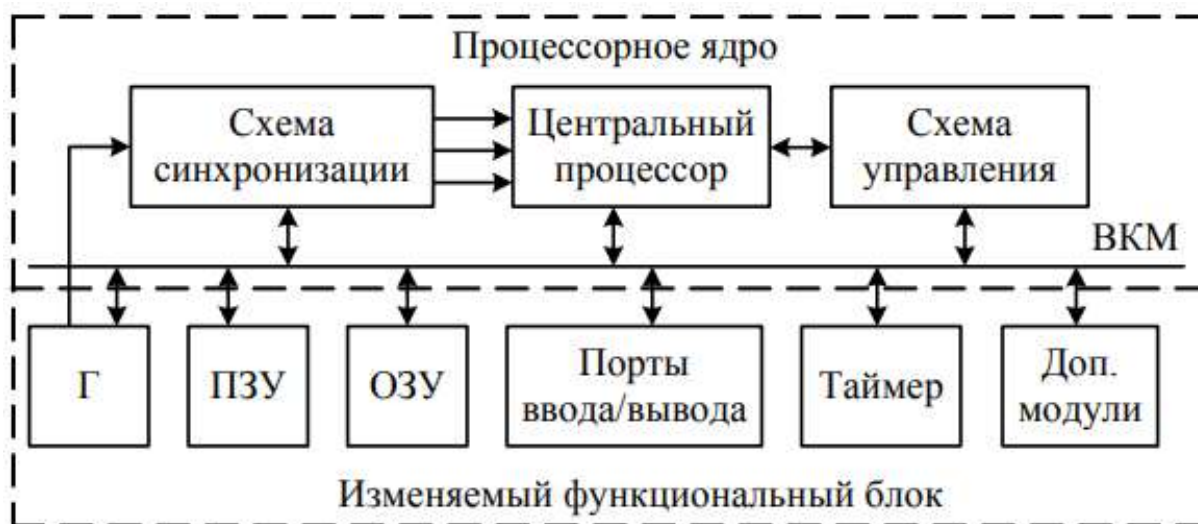


Рисунок 2.13 – Модульная организация микроконтроллера

Процессорное ядро включает в себя: – центральный процессор; – внутреннюю контроллерную магистраль (ВКМ) в составе шин адреса, данных и управления; – схему синхронизации МК; – схему управления режимами работы МК, включая поддержку режимов пониженного энергопотребления, начального запуска (сброса) и т.д.

Изменяемый функциональный блок включает в себя модули памяти различного типа и объема, порты ввода/вывода, модули тактовых генераторов (Г), таймеры. В относительно простых МК модуль обработки прерываний входит в состав процессорного ядра. В более сложных МК он представляет собой отдельный модуль с развитыми возможностями. В состав изменяемого

функционального блока могут входить и такие дополнительные модули, как компараторы напряжения, аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и другие. Каждый модуль проектируется для работы в составе МК с учетом протокола ВКМ. Данный подход позволяет создавать разнообразные по структуре МК в пределах одного семейства.

С точки зрения организации процессов выборки и исполнения команды в современных МК применяется одна из двух архитектур микропроцессорных систем (МПС): фон-неймановская (принстонская) или гарвардская. Основной особенностью фон-неймановской архитектуры является использование общей памяти для хранения программ и данных, как показано на рисунке. 2.14.

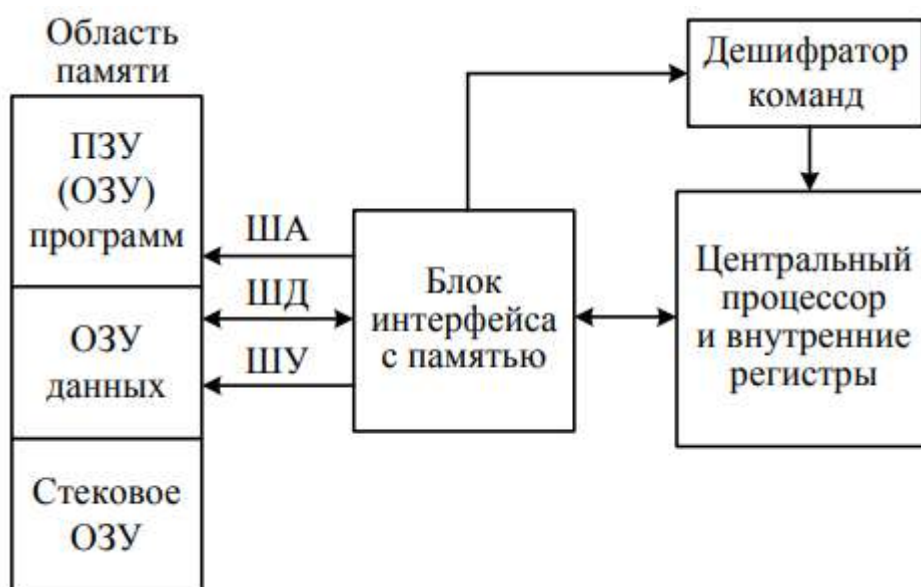


Рисунок 2.14 – Микропроцессор с фон-неймановской архитектурой

Основное преимущество архитектуры Фон-Неймана – упрощение устройства МПС, так как реализуется обращение только к одной общей памяти. Кроме того, использование единой области памяти позволяло оперативно перераспределять ресурсы между областями программ и данных, что существенно повышало гибкость МПС с точки зрения разработчика программного обеспечения.

Размещение стека в общей памяти облегчало доступ к его содержимому. Неслучайно поэтому фон-неймановская архитектура стала основной архитектурой универсальных компьютеров, включая персональные компьютеры.

Основной особенностью гарвардской архитектуры является использование отдельных адресных пространств для хранения команд и данных, как показано на рисунке 2.15.

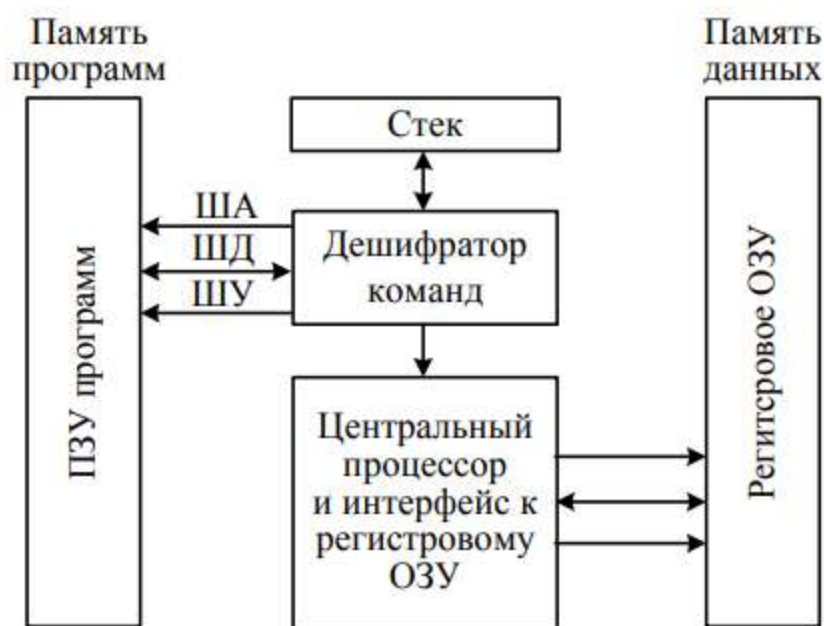


Рисунок 2.15 – Микропроцессор с гарвардской архитектурой

Гарвардская архитектура долго не использовалась, пока производители МК не поняли, что она дает определенные преимущества разработчикам автономных систем управления. Дело в том, что, судя по опыту использования МПС для управления различными объектами, для реализации большинства алгоритмов управления такие преимущества фон-неймановской архитектуры, как гибкость и универсальность, не имеют большого значения. Анализ реальных программ управления показал, что необходимый объем памяти данных МК, используемый для хранения промежуточных результатов, как правило, на порядок меньше требуемого объема памяти программ [42,55].

В этих условиях использование единого адресного пространства приводило к увеличению формата команд за счет увеличения числа разрядов для адресации операндов. Применение отдельной небольшой по объему памяти данных способствовало сокращению длины команд и ускорению поиска информации в памяти данных.

Кроме того, гарвардская архитектура обеспечивает потенциально более высокую скорость выполнения программы по сравнению с фон-неймановской за счет возможности реализации параллельных операций.

Выборка следующей команды может происходить одновременно с выполнением предыдущей, и нет необходимости останавливать процессор на время выборки команды. Этот метод реализации операций позволяет обеспечивать выполнение различных команд за одинаковое число тактов, что дает возможность более просто определить время выполнения циклов и критичных участков программы. Большинство производителей современных МК используют гарвардскую архитектуру.

Однако гарвардская архитектура является недостаточно гибкой для реализации некоторых программных процедур. Поэтому сравнение МК,

выполненных по разным архитектурам, следует проводить применительно к конкретному приложению.

Архитектура фон Неймана носит более универсальный характер применения, Гарвардская архитектура – более специализирована.

2.2.3 Назначение и область применения микропроцессоров

Применение микропроцессорных систем практически во всех электрических устройствах - важнейшая черта технической инфраструктуры современного общества. Электроэнергетика, промышленность, транспорт, системы связи существенно зависят от компьютерных систем управления. Микропроцессорные системы встраиваются в измерительные приборы, электрические аппараты, осветительные установки и д.р.

Всё это обязывает электрика знать хотя бы основы работы микропроцессорной техники.

Микропроцессорные системы предназначены для автоматизации обработки информации и управления различными процессами.

Микропроцессорная система включает в себя аппаратное обеспечение или по-английски – hardware и программное обеспечение (ПО) - software.

Цифровая информация

Микропроцессорная система работает с цифровой информацией, которая представляет собой последовательность цифровых кодов.

В основе любой микропроцессорной системы лежит микропроцессор, который способен воспринимать только двоичные числа (составленные из 0 и 1). Двоичные числа записываются посредством двоичной системы счисления. Например, в повседневной жизни мы пользуемся десятичной системой счисления, в которой для записи чисел используются десять символов или цифр 0,1,2,3,4,5,6,7,8,9. Соответственно в двоичной системе таких символов (или цифр) всего два – 0 и 1.

Необходимо понимать, что система счисления – это всего лишь правила записи чисел, и выбор типа системы определяются удобством применения. Выбор двоичной системы обусловлен её простотой, а значит надёжностью работы цифровых устройств и лёгкостью их технической реализации.

Рассмотрим единицы измерения цифровой информации:

Бит (от английского "Binary digit" - двоичная цифра) принимает только два значения: 0 или 1. Можно закодировать логическое значение «да» или «нет», состояние «включено» или «выключено», состояние «открыто» или «закрыто» и т.п.

Группа из восьми бит называется байтом, например 10010111. Один байт позволяет кодировать 256 значений: 00000000 – 0, 11111111 - 255.

Бит – наименьшая единица представления информации.

Байт - наименьшая единица обработки информации. Байт — часть машинного слова, состоящая обычно из 8 бит и используемая как единица количества информации при её хранении, передаче и обработке на ЭВМ. Байт служит для

представления букв, слогов и специальных символов (занимающих обычно все 8 бит) или десятичных цифр (по 2 цифры в 1 байт).

Два взаимосвязанных байта называется словом, 4 байта – двойное слово, 8 байт – учетверённое слово.

Почти вся информация, которая нас окружает, является аналоговой. Поэтому, прежде чем информация попадёт на обработку в процессор, она подвергается преобразованию посредством АЦП (аналого-цифровой преобразователь). Кроме того, информация кодируется в определённом формате и может быть числовой, логической, текстовой (символьной), графической, видео и д.р.

Например, для кодирования текстовой информации используется таблица кодов ASCII (от англ. American Standard Code for Information Interchange - Американский стандартный код для обмена информацией). Запись одного символа осуществляется одним байтом, который может принимать 256 значений. Графическая информация разбивается на точки (пиксели) и производится кодирование цвета и положение каждой точки по горизонтали и вертикали.

Кроме двоичной и десятичной системы в МС используют шестнадцатеричную систему, в которой для записи чисел используются символы 0...9 и A...F, как это показано в таблице 2.2. Её применение обуславливается тем, что один байт описывается двухразрядным шестнадцатеричным числом, что значительно сокращает запись цифрового кода и делает его более читаемым (11111111 – FF) [42,58].

Для определения значения числа (например, значения числа 100 для разных систем счисления может составлять 42, 10010, 25616), в конце числа добавляют латинскую букву, обозначающую систему счисления: для двоичных чисел букву b, для шестнадцатеричных - h, для десятичных – d.

Число без дополнительного обозначения считается десятичным.

Таблица 2.2 – Запись чисел в различных системах счисления

10	2	16
0	0	0
1	1	1
2	10	2
3	11	3
4	100	4
5	101	5
6	110	6
7	111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F
16	10000	10

Перевод чисел из одной системы в другую и основные арифметические и логические операции над числами позволяет производить инженерный калькулятор (стандартное приложение операционной системы Windows).

2.3 Основные задачи и направления организации труда на предприятиях

Организация труда призвана решать следующие задачи: технико-технологические, которые выражают влияние, оказываемое организацией и нормированием труда на совершенствование структуры предприятия, специализацию производств, выбор оптимальных вариантов технологических процессов.

Все решения, принимаемые по проектированию цехов, разработке новых технологических процессов, конструированию оборудования и оснастки и другим направлениям, требуют использования критерия трудоемкости трудовых процессов, устанавливаемой с помощью такого направления организации труда, как нормирование, экономические, выражающие направленность организации труда на создание такой системы взаимосвязи человека со средствами производства и друг с другом, которая обеспечивает максимальную производительность труда, минимальную себестоимость изготовления продукции (услуг), высокую рентабельность производства.

Такая взаимосвязь обеспечивается на основе выбора оптимальных вариантов разделения и кооперации труда, применения передовых приемов и методов труда на рабочих местах, оптимальных систем их обслуживания, установления обоснованных и напряженных норм труда, комфортных условий

труда; психофизиологические, предполагающие создание благоприятных условий труда на рабочих местах, обеспечивающих высокую и устойчивую в течение длительного времени работоспособность работающих, сохранение их здоровья. Это возможно благодаря применению при организации трудового процесса физиологически обоснованных режимов труда и отдыха, оптимизации темпа работ при установлении рабочим меры труда, создания на рабочих местах нормальных условий труда;

социальные, ставящие целью повышение содержательности и привлекательности труда и решаемые путем выбора рациональных форм разделения и кооперации труда, обеспечивающих оптимальное сочетание физических и умственных усилий работающих при выполнении возложенных на них функций или работ.

Решение психологических и социальных задач создает условия для гуманизации труда. Под гуманизацией понимается создание таких условий на предприятии, которые в наибольшей степени учитывают психофизиологические и социальные потребности работников.

Гуманизация — важнейшее требование организации труда, реализовать которое довольно сложно. Для этого иногда необходимо поступиться принципом экономичности.

Все перечисленные задачи решаются в комплексе, причем в увязке не только между собой, но и с совершенствованием техники, технологии, организации производства и управления. Только такой подход может обеспечить максимальную эффективность организации труда, направления которой исходя из перечисленных групп задач можно сформулировать следующим образом.

1. Разработка рациональных форм разделения и кооперации труда — основана на обособлении частей производственного процесса исходя из технологических особенностей, выполняемых функций и квалификационных требований к рабочим. Другой стороной этой деятельности является установление тесных связей между группами работников и отдельными работниками в процессе их совместного труда. Разделяя труд, одновременно разрабатывают систему его кооперации.

2. Организация рабочих мест — предполагает оснащение средствами производства, предметами труда, инструментом, приспособлениями и оснасткой, средствами связи, а также их рациональное размещение в рабочей зоне, способствующее применению рациональных методов и приемов труда и в конечном итоге высокой эффективности труда каждого работника.

3. Обслуживание рабочих мест — предполагает поиск оптимальных вариантов взаимодействия основных рабочих и рабочих вспомогательных служб, что позволяет обеспечить бесперебойное снабжение рабочих мест исходным сырьем, материалами, заготовками, услугами наладочного и ремонтного характера, транспортным и хозяйственным обслуживанием и др.

4. Оптимизация трудового процесса путем внедрения рациональных методов и приемов труда — предусматривает построение любого трудового

процесса на основе приемов и методов труда, обеспечивающих максимальную экономию рабочего времени при наименьших затратах физической энергии.

5.Создание благоприятных условий труда на рабочих местах, рационализация режимов труда и отдыха — предполагает установление научно обоснованных годовых, недельных, суточных и сменных режимов труда и отдыха, комфортных условий труда на каждом рабочем месте, обеспечивающих сохранение устойчивой работоспособности работающих в течение длительного периода и сохранение их здоровья.

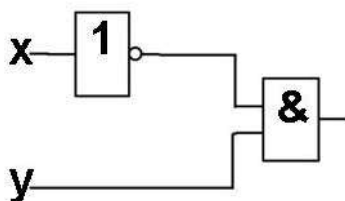
6.Аттестация и рационализация рабочих мест — представляет собой периодический учет, всестороннюю оценку и аттестацию рабочих мест на предмет их соответствия современным требованиям и в случае этого несоответствия — разработку мероприятий по их рационализации.

7.Нормирование труда — представляет собой деятельность по управлению трудом и производством, направленную на установление необходимых затрат и результатов труда, а также соответствия между численностью различных групп персонала и количеством единиц оборудования [22,58].

Указанные направления организации труда неразрывно связаны между собой и их следует рассматривать как систему. Все они в равной степени относятся к основным и вспомогательным рабочим, специалистам и служащим.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Запись изображений и звука с использованием различных цифровых устройств.
2. Создание презентации на тему «Современные цифровые устройства», вставка изображений, настройка анимации.
3. Создание схемы и чертежа в системе автоматизированного проектирования по теме «Логические элементы».
4. Создание и обработка электронных таблиц ввод данных и математических формул.
5. Нарисуйте RS-триггер, его таблицу переходов и объясните по ней работу триггера.
6. Заполните таблицы истинности для конъюнкции и дизъюнкции.
7. Составить таблицу истинности для заданных логических выражений:
 $F = (A \vee B) \& (A \& B)$, $F = X \& Y \vee Z$.
8. Построить логические схемы для заданных функций:
 $F = (A \vee B) \& (A \& B)$, $F = X \& Y \vee Z$.
9. Найдите булеву функцию логической схемы и составьте таблицу истинности для данной логической схемы:



ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

1. Какова разница между аналоговым и цифровым сигналом?
2. Что такое временные диаграммы?
3. Как на электрических схемах изображаются инверторы, дизъюнкторы и конъюнкторы?
4. Чем характеризуются микросхемы одной серии?
5. Какие логические функции реализуются при параллельном и последовательном соединении транзисторов?
6. Назовите основные параметры логических элементов.
7. Какие разновидности электрических схем вы знаете? В чём их разница?
8. Перечислите логические элементы.
9. Назовите назначения логических элементов.
10. Перечислите, где применяются логические элементы.
11. Объясните дизъюнктивную и конъюнктивную формы.
12. Назовите назначение таблиц истинности.
13. Назовите с чего начинаются конструированные логические схемы.
14. Назовите определение таблиц истинности?
15. Чем отличаются логические операции от арифметических операций?
16. Объясните что такое шина данных, шина адреса и шина управления.
17. Дайте определение основных видов запоминающих устройств.
18. Классификация микросхем.
19. Единицы измерения цифровой информации.
20. Основные задачи и направления организации труда на предприятиях.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Данный модуль даёт возможность получить навыки и знания, необходимые для использования компьютерных технологий в повседневной и в профессиональной деятельности, составление отчетов, форматирование официальных документов в текстовом процессоре и электронной таблице их использование в современной технике связи.

В результате изучения модуля обучающиеся осваивают: назначение и использование стандартных программ, понятия о цифровых устройствах, их разновидности, логических элементах, классификацию микросхем различных структур, системы обозначений, принцип синтеза комбинационных цифровых устройств, шифраторов, дешифраторов мультиплексоров, демультиплексоров, сумматоров, счетчиков, принцип работы интегральных триггеров, регистров, счетчиков, распределителей, преобразователей, микропроцессоров и микропроцессорных систем.

При изучении модуля обучающиеся учатся пользоваться операционной системой, оформлять различные документы в текстовом редакторе, создавать таблицы по специальности; сохранять информацию на машинных носителях, выполнять работы по подключению периферийных устройств; выполнять синтез и анализ работы цифровых схем на логических элементах и интегральных микросхемах; владеть навыками построения микропроцессорных систем; иметь навыки составления простейших программ.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калабеков Б.А., Мамзелев И.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы.. М.,2008.
2. Бойко В.И. и др. Схемотехника электронных систем. Микропроцессоры и микроконтроллеры. С-Петербург., 2004.
3. Мышляева И.М. Цифровая схемотехника. М., 2005.
4. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника, СПб.: БХВ-Петербург, 2004
5. Бибило П.Н., Романов В.И. Логическое проектирование дискретных устройств с использованием продукционно-фреймовой модели представления знаний. – Минск: Беларус. навука, 2011.
6. Бибило П.Н. Основы языка VHDL: Учебное пособие. Изд. 5-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012.
7. VHDL - обучающий портал для студентов и разработчиков: www.vhdl
8. Интернет-университет информационных технологий (ИНТУИТ.ру): www.intuit.ru

РАЗДЕЛ 3. ПОСТРОЕНИЕ ЛИНЕЙНЫХ СООРУЖЕНИЙ СВЯЗИ

Цели обучения

После прохождения данного модуля студенты смогут:

1. Выполнять работы по строительству воздушных и кабельных, магистральных линий связи.
2. Производить электромонтажные работы.
3. Обслуживать линии связи.
4. Производить технический осмотр, текущий ремонт линий связи.
5. Использовать основные положения техники безопасности и охраны труда при монтаже.

Предварительные требования

Перед началом работы с данным модулем студенты должны изучить пройденный материал по профессиональным модулям, как «Основы электротехники и радиоэлектроники» и «Применение информационных технологий в современных цифровых устройств, и микропроцессорных системах», квалификаций «Монтажник связи-кабельщик» согласно Типового учебного плана по специальности «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

ВВЕДЕНИЕ

Данный модуль описывает навыки и знания необходимые для строительства линейных сооружений связи.

При изучении модуля обучающиеся осваивают следующие знания: этапы и порядок строительства воздушных линий связи, этапы и порядок строительства кабельных линий связи, магистральных линий связи, типы и назначение кабелей связи, правила охраны линий связи и руководства инструкции по эксплуатации кабельных сооружений связи.

3.1 Работы по строительству воздушных, кабельных и магистральных линий связи

Виды линий связи делятся на следующие виды: воздушные, высоковольтные, кабельные и волоконно-оптические линии связи.

Воздушные линии связи предназначены для создания сравнительно небольших пучков каналов связи: телефонных, телеграфных, передачи данных, а на железных дорогах ещё и для сигналов телеуправления, телеконтроля и телесигнализации.

Воздушные линии обладают большой механической прочностью, имеют длительные сроки службы и позволяют осуществлять связь на значительные расстояния, противостоят ветрам, снегопадам, гололёду, грозovým разрядам и т.п.

Определение мест повреждений проводов воздушных линий и устранение повреждений не вызывает значительных затруднений. В то же время эти линии имеют ряд недостатков:

- невозможность передачи частот выше 150 кГц;
- зависимость электрических параметров цепей от метеорологических условий;
- громоздкость конструкций;
- подверженность повреждениям,
- электромагнитным воздействиям;
- значительная стоимость одного канала-километра связи.

Основные требования к проектированию ВОЛС:

- учет объема информации, который необходимо пропускать через линию;
- принимается во внимание число стандартных каналов, скорость передачи, ширина полосы;
- проектирование ВОЛС осуществляется в соответствии с типом передаваемой информации: она может быть аналоговой или цифровой.
- оценка климатических факторов, типа рельефа и всех прочих условий, в которых планируется прокладка ВОЛС;
- необходимо предусмотреть возможность восстановления и резервирования систем в случае возникновения нештатных ситуаций.

В зависимости от назначения подвешенных цепей линии разделяются на 3 класса. К первому (I) относятся линии, несущие цепи магистральной, дорожной и оперативно — технологической связи, ко второму (II) — несущие только цепи дорожной и оперативно-технологической связи и к третьему (III) — линии с цепями местной (внутристанционной) связи. Линии первых двух классов несут наиболее ответственные и протяжённые цепи. Поэтому к их прочности и надёжности предъявляются более высокие требования при строительстве и обслуживании.

Наибольшую механическую нагрузку воздушные линии испытывают при гололёде из-за увеличения массы проводов и поверхности, подвергающейся действиям ветра. Толщина стенки гололёда зависит от климатических условий района строительства. Поэтому по механической прочности линии I и II класса делятся на четыре типа: О — облегчённый, Н — нормальный, У — усиленный и ОУ — особо усиленный, отличающиеся главным образом числом опор, устанавливаемых на 1 км линии, и числом подвешиваемых проводов (табл. 3.1).

Таблица 3.1 – Характеристики линии

Тип линии	Максимальная эквивалентная толщина стенки льда гололеда, мм	Число опор на 1 км	Среднее расстояние между опорами (пролёт), м
О	5	20	50
Н	10	20	50
У	15	25	40
ОУ	20	28	35,7

За эквивалентную толщину стенки льда гололёда принимают такую, при которой масса равномерно распределённого по поверхности и длине провода льда с плотностью $0,9 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ равна массе льда при реальном гололёде. В действительности толщина стенки льда и его плотность изменяются по поверхности и длине провода.

Воздействие ветра на воздушные линии не ограничивается только увеличением нагрузки на провода и опоры. При скорости ветра до 5 м/с иногда возникает вибрация проводов, т.е. их колебание в вертикальной плоскости с частотой 10—100 Гц и амплитудой в несколько миллиметров. Меняющееся механическое напряжение в месте крепления провода способствует изнашиванию провода, что может вызвать его обрыв. Для борьбы с последствиями вибрации проводов применяют специальное крепление проводов к изоляторам.

На линиях III класса при числе подвешиваемых проводов до девяти допускается устанавливать 12 опор для линий О; 16 для Н; 20 для линий У и ОУ на 1 км линии. Кабели, провода и шнуры являются электрическими изделиями, предназначенными для передачи электрической энергии, электрических или световых сигналов информации.

Кабель - это электрическое изделие, состоящее из одной или нескольких изолированных жил (проводников), заключенных в металлическую или неметаллическую оболочку, поверх которой может быть расположен защитный покров.

Провод состоит из одной неизолированной жилы, изготовленной из одной или нескольких скрученных проволок или из одной или более

изолированных жил, которые могут быть заключены в легкую неметаллическую оболочку с обмоткой и оплеткой или только оплеткой волокнистыми материалами и проволокой.

Шнур - это провод с изолированными жилами повышенной гибкости, предназначен, как правило, для соединения неподвижных устройств с подвижными или подвижных между собой.

Кабели, провода и шнуры содержат токопроводящие жилы или оптические волокна, изоляцию, экран, оболочку и наружные покровы.

Современные кабели связи классифицируются по ряду признаков: в зависимости от назначения, области применения, условий прокладки и эксплуатации, спектра передаваемых частот, конструкции, материала и формы изоляции, системы скрутки, рода защитных покровов.

В зависимости от области применения кабели связи разделяются на магистральные, зональные (внутриобластные), сельские, городские, а также кабели для соединительных линий и вставок. Изготавливаются также радиочастотные кабели для фидеров питания антенн радиостанций и монтажа радиотехнических установок [28,29].

3.1.1 Конструкция оптического волокна

Современные кабели связи классифицируются по ряду признаков: в зависимости от назначения, области применения, условий прокладки и эксплуатации, спектра передаваемых частот, конструкции, материала и формы изоляции, системы скрутки, рода защитных покровов.

В зависимости от области применения кабели связи разделяются на магистральные, зональные (внутриобластные), сельские, городские, а также кабели для соединительных линий и вставок. Изготавливаются также радиочастотные кабели для фидеров питания антенн радиостанций и монтажа радиотехнических установок.

Оптическое волокно (оптоволокно) – это волновод с круглым поперечным сечением очень малого диаметра (сравним с толщиной человеческого волоса), по которому передается электромагнитное излучение оптического диапазона. Длины волн оптического излучения занимают область электромагнитного спектра от 100 нм до 1 мм, однако в ВОЛС обычно используется ближний инфракрасный (ИК) диапазон (760-1600 нм) и реже – видимый (380-760 нм). Оптическое волокно состоит из сердцевины (ядра) и оптической оболочки, изготовленных из материалов, прозрачных для оптического излучения (Рис. 3.1).

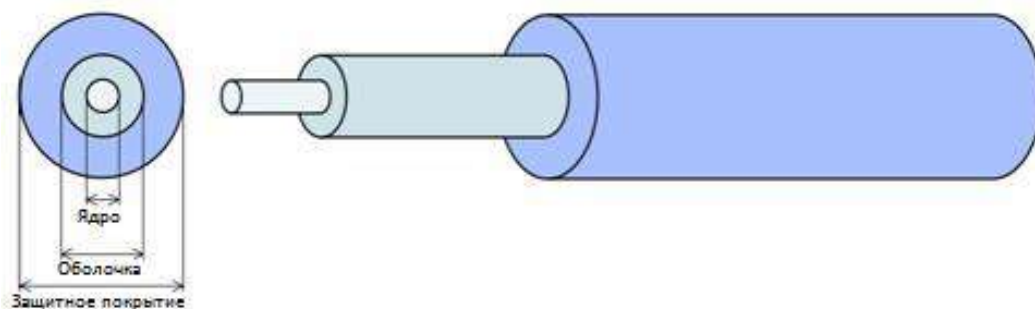


Рисунок.3.1 – Конструкция оптического волокна

Свет распространяется по оптоволокну благодаря явлению полного внутреннего отражения. Показатель преломления сердцевины, обычно имеющий величину от 1,4 до 1,5, всегда немного больше, чем показатель преломления оптической оболочки (разница порядка 1%). Поэтому световые волны, распространяющиеся в сердцевине под углом, не превышающим некоторое критическое значение, претерпевают полное внутреннее отражение от оптической оболочки (Рис.3.2). Это следует из закона преломления Снеллиуса. Путем многократных переотражений от оболочки эти волны распространяются по оптическому волокну.



Рисунок 3.2 – Полное внутреннее отражение волны в оптическом волокне

На первых метрах оптической линии связи часть световых волн гасят друг друга вследствие явления интерференции. Световые волны, которые продолжают распространяться в оптоволокну на значительные расстояния, называются пространственными модами оптического излучения.

Понятие моды описывается математически при помощи уравнений Максвелла для электромагнитных волн, однако в случае оптического излучения под модами удобно понимать траектории распространения разрешенных световых волн (обозначены черными линиями на рис. 3.2). Понятие моды является одним из основных в теории волоконно-оптической связи.

Основные характеристики оптического волокна.

Способность оптического волокна передавать информационный сигнал описывается при помощи ряда геометрических и оптических параметров и характеристик, из которых наиболее важными являются затухание и дисперсия.

Геометрические параметры.

Помимо соотношения диаметров сердцевины и оболочки, большое значение для процесса передачи сигнала имеют и другие геометрические параметры оптоволокна, например:

- некруглость (эллиптичность) сердцевины и оболочки, определяемая как разность максимального и минимального диаметров сердцевины (оболочки), деленная на номинальный радиус, выражается в процентах;
- неконцентричность сердцевины и оболочки – расстояние между центрами сердцевины и оболочки (Рис.3.3).



Рисунок 3.3 – Некруглость и неконцентричность сердцевины и оболочки оптоволокна

Геометрические параметры стандартизированы для разных типов оптического волокна. Благодаря совершенствованию технологии производства значения некруглости и неконцентричности удастся свести к минимуму, так что влияние неточности геометрии оптоволокна на его оптические свойства оказывается несущественным [11,13].

3.1.2 Элементы воздушных линии связи

Провода воздушных линий связи подвергаются действию ветра, гололеда, влаги, химических реагентов, находящихся в воздухе, колебанием температуры. Поэтому линейная проволока, используемая для проводов этих линий, должна обладать хорошей механической прочностью, гибкостью,

устойчивостью против коррозии и быть сравнительно недорогой, а также обладать высокой электропроводностью. Наибольшее распространение на линиях связи получили стальная, медная и биметаллическая проволоки.

Медная проволока, она дефицитна и имеет высокую стоимость, поэтому ее используют только для высокочастотных цепей магистральной и дорожной связи. Она обладает достаточной механической прочностью и мало подвержена коррозии, так как на воздухе покрывается плёнкой окиси меди, защищающей провод от дальнейшего разрушения, изготавливаются $d = 3,5$ и 3 мм. Стальная проволока имеет хорошие механические свойства. Для устойчивости против коррозии её покрывают слоем цинка. Недостатком такой проволоки является значительное возрастание затухания с ростом частоты передаваемого тока, что объясняется сильным проявлением поверхностного эффекта из-за большой магнитной проницаемости стали. Стальную проволоку применяют преимущественно для цепей оперативно-технологической связи низшего уровня, $d = 5; 4; 3; 2,5; 2; 1,5$ мм. Она сравнительно недорогая. Биметаллическая стальная проволока состоит из стальной сердцевины с повышенным пределом прочности и медной оболочки (БСМ, БСА – биметаллическая сталемедная, биметаллическая staleалюминевая).

При устройстве удлинённых пролётов и переходов через электрифицированные железные дороги используют многопроволочные тросы (канатики), обладающие высокой прочностью. Для цепей из стальной проволоки применяют стальные тросы из семи проволок диаметром $4,2$ и $6,6$ мм, а для цветных цепей - бронзовые марок ПАБ-10 и ПАБ-25 площадью поперечного сечения соответственно 10 и 25 мм.

Для крепления линейных проводов к изоляторам служит мягкая перевязочная проволока: стальная оцинкованная для стальных проводов, медная для медных и биметаллических. Диаметр перевязочной проволоки зависит от диаметра линейного провода. Для линейных проводов диаметром $5,4$ и $3,5$ мм берут перевязочную проволоку диаметром $2,5$ мм, а при диаметре 3 мм — перевязочную проволоку диаметром 2 мм.

При подвесе проводов натяжение регулируется стрелой провеса, т.е. расстоянием по вертикали между линией, соединяющей точки подвеса провода и самой низкой точкой провода в пролёте. В процессе подвески проводам надо придать такую монтажную стрелу провеса, чтобы в самых трудных метеорологических условиях напряжения в проводе не превышали бы допустимых.

Для изоляции проводов воздушных линий их укрепляют на изоляторах. Изоляторы служат для изоляции проводов и крепления их на опорах, поэтому они должны обладать значительной механической прочностью, большим электрическим сопротивлением и малыми диэлектрическими потерями. Необходимо, чтобы изоляторы минимально снижали изоляцию проводов относительно земли во время влажной погоды и быстро восстанавливали её при перемене погоды с влажной на сухую. Таким требованиям удовлетворяют

фарфоровые, покрытые глазурью изоляторы ТФ (телефонный фарфоровый). Выпускаемые промышленностью стеклянные изоляторы ТС (телефонный стеклянный) в меньшей степени соответствуют предъявляемым требованиям, так как сопротивление их изоляции ниже.

Деревянные опоры можно использовать при строительстве линий в лесистых районах, в которых разрешена заготовка лесоматериалов. Деревянные опоры устанавливаются на участках сближения с высоковольтными линиями, если опасные индуктивные напряжения превышают допустимые для железобетонных опор по нормам техники безопасности.

Во всех остальных случаях следует применять железобетонные опоры. Основным элементом таких опор чаще всего является центрифугированная, пустотелая коническая стойка, хотя имеются и другие виды железобетонных стоек. Железобетонные опоры долговечнее деревянных, позволяют сохранить лес не боясь повышенной влажности, а также высоких и низких температур. Повышенные первоначальные затраты средств на их строительство оправдываются с течением времени. Общим недостатком всех железобетонных конструкций является большой вес и меньшая транспортабельность, чем деревянных. Порядок расположения цепей на опоре воздушной линии называют профилем опоры. При подвеске проводов на крюках профиль называют крюковым, при подвеске на траверсах — траверсным, а в случае одновременного применения крюков и траверс — смешанным. Для упрощения составления схем скрещивания проводов и упорядочения линейного хозяйства разработано десять типовых профилей.

Простыми называют опоры, состоящие из деревянного столба или железобетонной стойки, оснащённых арматурой и не имеющих дополнительных креплений [27,29].

3.1.3 Виды скруток и связок проводов

Воздушные линии – это сооружения, служащие для образования каналов электрической связи и каналов для передачи сигналов автоматики и телемеханики между удалёнными пунктами. Они состоят из опор, проводов, изоляторов, крюков и штырей для крепления изоляторов, накладок и подвесных крюков для скрещивания проводов, траверс и различных крепежных деталей. Воздушные линии обладают относительно большой механической прочностью, имеют сравнительно продолжительный срок службы и по своим электрическим характеристикам позволяют осуществить связи на значительные расстояния и с применением высокочастотной аппаратуры.

Скрутка жил.

Жилы в кабелях связи скручивают в группы. Это повышает их защищённость от взаимных влияний и влияния цепей сильного тока. Скрутка

облегчает взаимное перемещение жил при изгибах кабеля и обеспечивает необходимую гибкость кабеля, а также упрощает монтаж кабелей.

Виды скруток:

- парная скрутка, две изолированные жилы скручивают вместе в пару;
- звездная скрутка, четыре изолированные жилы размещают по углам квадрата и скручивают вместе с шагом 150 – 300 мм;
- двойная парная скрутка, две предварительно скрученные с различными шагами пары скручивают вместе и образуют двойную парную скрутку;
- скрутка «двойная звездная», образуют четыре пары, скрученные с различными шагами. Пары располагают по углам квадрата и скручивают вместе;
- скрутка восьмеркой, восемь изолированных жил располагают вокруг сердечника. Из восьми жил образуют две четверки – одна из нечетных жил, другая из четных;
- для образования сердечника кабеля, группы скручивают в общий сердечник кабеля повивной или пучковой скруткой.

Способ соединения проводов скруткой прост по исполнению, но требует обязательно последующей пропайки соединения. Провода при скрутке имеют мало контактных точек, и при протекании тока через соединение контакт перегревается, что может быть причиной пожара. Поэтому соединение проводов скруткой без пропайки не допускается. Пайка обеспечивает надежность электрического контакта и необходимую механическую прочность.

Для получения качественной пайки необходимо правильно выбрать припой, удалить пленку окиси соединяемых контактных поверхностей. При соединении медных пленка окиси удаляется перед пайкой, а при соединении алюминиевых жил — в процессе пайки. Температура разогрева места пайки должна быть на 30 - 50° С выше температуры плавления припоя и флюса.

Низкая температура дает так называемую "холодную пайку", обладающую малой механической прочностью и создающую ненадежный электрический контакт. Паяльник при пайке нельзя перегревать. Канифоль в этом случае начинает гореть и вместо того, чтобы очищать поверхность, загрязняет ее. Во избежание повреждения изоляции участок жилы длиной 2 - 3 мм до среза не обслуживают.

Особенностью пайки и сварки алюминиевых жил является то, что в процессе пайки пленка окиси с поверхности соединяемых жил удаляется механически под слоем расплавляемого припоя или химически — путем применения специальных флюсов, которые при определенной температуре разрушают пленку окиси. По окончании пайки остатки флюса тщательно удаляют, так как они могут вызвать разрушение контакта.

Паяные соединения алюминиевых жил в условиях влажного воздуха не рекомендуются из-за возможной коррозии. От воздействия влаги места пайки предохраняют защитными покровами. Способ соединения проводов скруткой

прост по исполнению, но требует обязательно последующей пропайки соединения. Провода при скрутке имеют мало контактных точек, и при протекании тока через соединение контакт перегревается, что может быть причиной пожара. Поэтому соединение проводов скруткой без пропайки не допускается. Пайка обеспечивает надежность электрического контакта и необходимую механическую прочность.

Для получения качественной пайки необходимо правильно выбрать припой, удалить пленку окиси соединяемых контактных поверхностей. При соединении медных пленка окиси удаляется перед пайкой, а при соединении алюминиевых жил — в процессе пайки.

Температура разогрева места пайки должна быть на 30 - 50° С выше температуры плавления припоя и флюса. Низкая температура дает так называемую "холодную пайку", обладающую малой механической прочностью и создающую ненадежный электрический контакт.

Паяльник при пайке нельзя перегревать. Канифоль в этом случае начинает гореть и вместо того, чтобы очищать поверхность, загрязняет ее. Во избежание повреждения изоляции участок жилы длиной 2 - 3 мм до среза не обслуживают. Особенностью пайки и сварки алюминиевых жил является то, что в процессе пайки пленка окиси с поверхности соединяемых жил удаляется механически под слоем расплавленного припоя или химически — путем применения специальных флюсов, которые при определенной температуре разрушают пленку окиси. По окончании пайки остатки флюса тщательно удаляют, так как они могут вызвать разрушение контакта.

Паяные соединения алюминиевых жил в условиях влажного воздуха не рекомендуются из-за возможной коррозии. От воздействия влаги места пайки предохраняют защитными покровами. Соединение и ответвление однопроволочных и многожильных медных проводов ПР, ПРВД, ПРД применяют в открытых проводках на роликах и изоляторах.

Такой способ используют также в электропроводках плоскими проводами ППВ и др., когда ответвительные коробки не имеют вкладышей с контактными зажимами. Способы проводов показаны на рисунке 3.4.

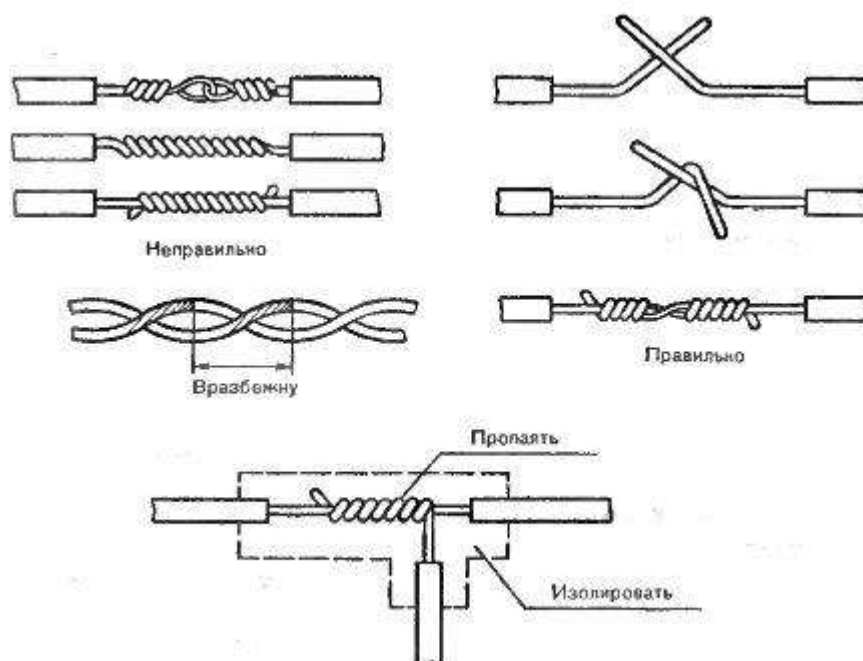


Рисунок 3.4 – Способы соединения и ответвления проводов скруткой

Для соединения двух кусков проводов необходимо плотно скрутить проволоочки токопроводящих жил и скрестить провода. Концом левого провода делают 6 - 8 оборотов вокруг правого, а концом правого также делают 6 - 8 оборотов вокруг левого, но в другом направлении.

Места соединения скруткой должны быть длиной не менее 10 - 15 диаметров соединительных жил. Соединения обжимают плоскогубцами, пропаивают припоем ПОС-30 или ПОС-40. Пропаянную скрутку изолируют на всю длину соединения с обязательным захватом незачищенной изоляции провода. Соединение между собой двух скрученных проводов выполняют вразбежку [27,29].

Пайки алюминиевых выполняют паяльником припоем А. Если применяют другие припои, то используют паяльную лампу. Припой А устойчив против коррозии, удобен при пайке и обслуживании жил. Окисная пленка алюминия разрушается механическим путем, когда палочкой припоя натирают провод, поэтому флюса при пайке не требуется.

При пайке однопроволочных алюминиевых жил сечением 2,5 - 10 мм² соединение и ответвление проводят в виде двойной скрутки с желобком. С жил снимают изоляцию, зачищают наждачной бумагой до металлического блеска, соединяют внахлестку двойной скруткой с образованием желобка в месте касания жил.

Соединение нагревают паяльной лампой или паяльником до температуры начала плавления припоя. Палочкой припоя А с усилием оттирают желобок с одной стороны. В результате трения пленка сдвигается и желобок заполняется припоем. Аналогично заполняется припоем желобок с другой стороны. После остывания место соединения скруткой изолируют.

3.1.4 Подвеска кабелей на опорах, стойках, между зданиями

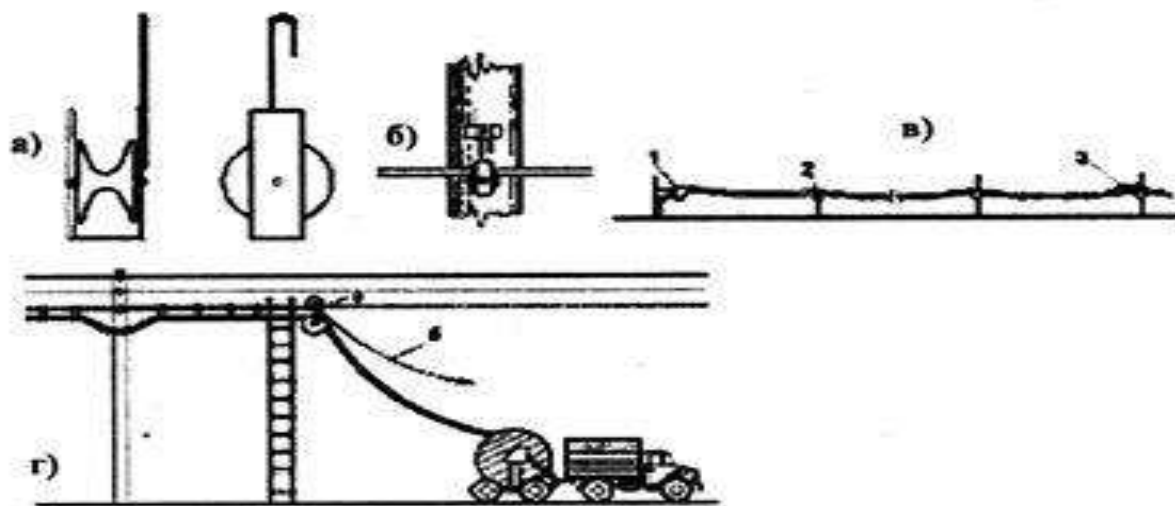
Требования к сооружениям и технологии подвески оптических кабелей (ОК) на несущих тросах по столбам и стоечным опорам на крышах зданий, а также к самонесущим кабелям не отличаются от установленных требований для электрических кабелей связи.

Для воздушной подвески используют полностью диэлектрические ОК, прикрепляемые к имеющимся воздушным линиям связи тросом; ОК с самонесущим тросом, либо самонесущие ОК. При подвеске следует учитывать прочность ОК при растяжении, длину пролета, стрелу провеса, механическую нагрузку (статическую и динамическую), колебания температуры, конструкцию опоры, способ натяжения ОК, конструкцию крепления к несущему тросу (если трос не встроен в кабель), защиту от грызунов, заземление, величину натяжения ОК при прокладке, способ выравнивания стрелы провеса, изменение натяжения ОК.

Несущий трос (отдельный или встроенный в кабель) должен обеспечивать минимальный радиус изгиба ОК и ограничивать оказываемую на него нагрузку. Подвеска кабелей, содержащих стальной трос, производится после установки консолей на всех опорах. Барабан с кабелем устанавливают на транспортере или в кузове автомобиля на козлах. На конце строительной длины трос отделяют от кабеля и крепят к опоре оконечной вязкой. Барабан с кабелем везут по трассе, разматывают и поднимают на ролики, закрепленные на консолях (Рис.3.5). После размотки кабеля на длине пяти — шести пролетов кабель поверх пластмассового покрытия троса захватывают зажимом и натягивают блоками или лебедкой, укрепленными к опоре. Кабель вынимают из роликов и последовательно крепят в консолях на всех промежуточных опорах, начиная от опоры, смежной с той, на которой выполнена оконечная вязка троса. При этом обеспечивают требуемые стрелы провеса троса в пролетах. После закрепления кабеля в консолях на первом участке, его разматывают на втором и всех последующих.

Подвеска кабеля, не содержащего в своей конструкции троса, производится после подвески троса или проволоки. Трос разматывают и подвешивают в той же последовательности, но по участкам в восемь — десять пролетов. Кабель крепят к тросу с земли, для чего канат после подвески и регулировки стрел провеса опускают с консолей на участках по пять — шесть пролетов. Кроме того, кабель может быть поднят к канату с помощью двойного ролика или каретки и закреплен подвесами с лестницы.

Установка подвесов выполняется таким образом, чтобы они плотно обжимали кабель и свободно висели на тросе. Подвесы закрепляют металлическими поясками.



а-ролик; б-положение ролика на опоре; в-кабель, поднятый на ролики; г-подъем кабеля двойным роликом; 1-оконечное крепление; 2-ролик; 3-блоки; 4-двойной ролик; 5-тяговый канат

Рисунок 3.5 – Подвеска кабеля

На стоечных линиях ГТС также возможна подвеска ОК. Если кабель подвешивают индивидуально, то в качестве опор применяют не стойки, а вводные трубы. Подвеска кабелей производится так же, как на воздушных линиях. Несущие канаты заземляют на оконечных опорах, а также на промежуточных в населенных пунктах через каждые 250 м, а вне населенных пунктов - через 2 км. Провод заземления соединяют с тросом зажимом. Величины сопротивления заземления нормируются в зависимости от удельного сопротивления грунта. При замене подвесных кабелей первоначально намечают места обрезки кабелей. Их выбирают около опор и отмечают проволоочными бандажами.

Трос опускают с консолей на таком участке, чтобы все работы можно было проводить с земли. Предварительно на опускаемом участке отключают от троса провода заземления. Кабель перерезают по проволоочным отметкам. Если кабель подвешен к тросу, то подвесы поочередно снимают и укладывают кабель на земле. Затем заменяемый кабель наматывают на барабан. Новый кабель прокладывают на земле под тросом, крепят к нему подвесами и монтируют с концами рабочего кабеля.

Трос на опущенном участке поднимают и крепят в консолях, после чего к нему присоединяют провода заземления. Если трос нельзя опустить, то работы производят с лестниц.

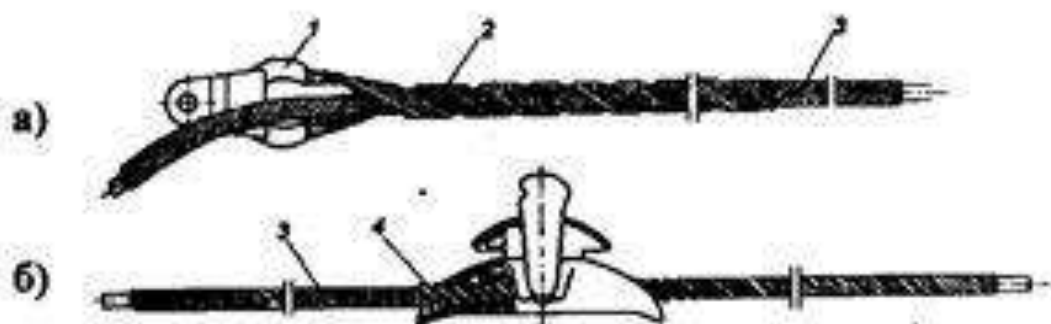
На недоступных участках или стоечных линиях кабель с обеих сторон заменяемого участка перерезают. К одному из концов кабеля привязывают веревку. С другой стороны заменяемого участка кабель вытягивают к опоре, поочередно снимая подвесы, опускают кабель на землю или крышу здания и выкладывают кольцами. Если подвесы тормозят движение кабеля и набегает

друг на друга, то втяжением за веревку кабель несколько перемещают назад, а затем продолжают вытягивать к опоре.

Для подвески ОК на линиях электропередач используют кабели без металлических элементов, подвешиваемые на опорах ЛЭП; самонесущие без металлических элементов, подвешиваемые традиционным способом; встроенные в грозозащитный трос. Пролет между опорами линий электропередач, на которых монтируется ОК, должен быть, как правило, не более 400м, при этом необходимо обеспечить требуемый габарит подвески от земли.

Прочность заделки кабеля в зажиме должна быть не менее 34 кН. Такие требования к креплению ОК могут успешно выполнить спиральные зажимы, которые навиваются на кабель. В случае приложения нагрузки зажим равномерно на значительной площади соприкосновения при малом удельном давлении обжимает кабель без деформации. Спиральные зажимы просты в монтаже и при малых затратах времени на их установку обеспечивают гарантированное качество крепления.

Крепления ОК на промежуточных опорах осуществляется поддерживающими, а на анкерно-угловых опорах натяжными зажимами.



а-натяжной; б-поддерживающий; 1-коуш; 2-зажим; 3-протектор;
4-амортизатор

Рисунок 3.6 – Зажимы для крепления ОК на опорах линий электропередачи

Оптические кабели типа OPGW, встроенные в грозозащитный трос (Opticalfibercom posite ground wire), используются для подвески на опорах ЛЭП напряжением от 330 до 750 кВ.

Наличие грозозащитного слоя обеспечивает механическую прочность кабеля, а также позволяет избежать мешающего влияния электрического поля. Известен также способ подвески ОК типа GWWOP (Ground wire wrapped opticalfiber cable) путем навивки его на грозотрос или один из проводов ЛЭП. Однако при этом способе кабель должен выдерживать увеличение температуры несущего проводника, а также значительно увеличивается нагрузка на опоры при образовании гололеда и больших напорах ветра за счет увеличения поверхности провода или троса.

Подвеска этим способом осуществляется установкой, состоящей из тяговой и обмоточной машин. Скорость подвески навивных ОК с помощью этой установки составляет 25 м/мин [10,11].

3.1.5 Методы прокладки кабеля в канализации

Процесс прокладки кабеля в телефонной канализации состоит из двух этапов: подготовительного и собственно прокладки. Подготовительный этап включает входной контроль кабеля, группирование строительных длин и подготовку телефонной канализации. Прокладка оптического кабеля в кабельную канализацию может выполняться непосредственно в канале или в полиэтиленовых трубах, предварительно затянутых в канал.

В одном трубопроводе городской телефонной канализации допускается прокладка не более трех оптических кабелей, как правило не имеющих наружного броневых покрова. Суммарная площадь сечения оптических кабелей не должна превышать 20-25% площади сечения канала.

Затягивание кабеля в свободные каналы осуществляется стальным тросом диаметром 5-6 мм. В занятые каналы кабели затягиваются с помощью пеньковых или стальных тросов в полиэтиленовых шлангах.

Скрепление оптического кабеля с тросом при прокладке осуществляют с помощью специального устройства - захвата или кабельного чулка. Вся нагрузка при прокладке в канализации воспринимают силовые элементы кабеля или внешние защитные покрытия, а стеклянные волокна не испытывают растягивающих усилий. Для уменьшения трения и поддержания усилий втяжения в пределах нормы используются смазочные материалы, которые позволяют снизить усилие втяжения минимум на 20%.

При прокладке оптического кабеля в кабельной канализации необходимы устройства, облегчающие эту прокладку и исключающие его повреждение. К таким устройствам относятся:

- лебедка ручная проволоочная с регулируемым усилием тяжести;
- устройство для размотки кабеля с барабана;
- труба, направляющая кабель от барабана до канала канализации;
- ролики для прохождения заготовочного троса;
- кабельные блоки для плавного поворота в угловых колодцах;
- воронки, направляющие кабель в соответствующие трубы кабельной канализации;
- кабельный чулок;
- компенсатор кручения для исключения передачи на кабель скручивающих усилий.

И одним из главных требований, предъявляемых при строительстве местных телефонных сетей, является долговечность в эксплуатации, а также высокая надежность канализационных сооружений. Долговечность подразумевает возможность развития канализации благодаря гибкой структуре своей кабельной сети. Гибкая структура кабельной сети

обеспечивается благодаря возможности оперативного выявления и устранения проблем, возникающих на линии во время эксплуатации, проведению необходимых профилактических работ, измерений, а также благодаря простоте и легкости в замене кабелей. Надежность характеризуется длительным сроком службы кабельной системы и работоспособностью канализационных сооружений.

В городах и поселках городского типа прокладка волоконно-оптических линий связи должна производиться в существующей кабельной канализации телефонных сетей. В случае отсутствия такой возможности необходимо построить новую кабельную канализацию или осуществить докладку каналов к уже существующей канализации, с целью расширения местных телефонных сетей.

При строительстве кабельной канализации стоит предусматривать способы защиты:

- от электрохимической коррозии;
- от попадания в колодцы и трубопроводы воды и газа;
- от механических воздействий и повреждений, вызванных сдвигами почвы, сдавливанием грунтом и температурным влиянием.

Важно также учитывать местоположение трасс кабельной канализации и при возможности выбирать для подземного строительства непроезжую часть улицы с хорошим покрытием и избегать пересечений с уличными дорогами и рельсовыми путями.

В каналах кабельной канализации могут прокладываться кабели всех видов проводной связи. Кабели телефонной канализации необходимо прокладывать в свободных каналах связи, где не должно располагаться более пяти-шести однотипных оптических кабелей [10,11].

3.1.6 Муфты, виды и материалы трубопроводов и кабельной арматуры

Кабельные линии состоят из отдельных кабеля, называемых строительными длинами, кабельной арматуры и кабельных сооружений. Кабельная арматура предназначена для соединения строительных длин, устройства ответвлений и окончного включения кабеля.

Кабельные сооружения предназначены для установки и монтажа кабельной арматуры, прокладки и крепления кабеля. К арматуре кабельных линий относятся свинцовые, алюминиевые и пластмассовые муфты, которые применяют для соединения отрезков кабелей строительных длин в местах ответвлений и для окончной разделки, окончные кабельные устройства, кабель роста и другие.

Муфты классифицируются на прямые, соединительные, разветвительные, изолирующие, газонепроницаемые и окончные.

Прямые одноконусные муфты обозначают МС - муфта свинцовая прямая, а полиэтиленовые - МПС. Размеры муфт зависят от диаметра

монтируемого кабеля, поэтому к обозначению муфты добавляют число, означающее - внутренний диаметр шейки муфты в миллиметрах, например МС-20, МПС-20.

Для монтажа магистрального кабеля применяют прямые одноконусные муфты (Рис. 3.7,*а*). Муфту, состоящую из трубы и двух отрезных конусов (Рис. 3.7,*б*) используют для соединения кабелей большой ёмкости; при концентрированном симметрировании, а также в случаях многократной распайки используют муфты (Рис. 3.7,*в*) с поперечным разрезом, для соединения кабеля более 200 пар применяют муфту с двумя поперечными разрезами (Рис. 3.7,*г*).

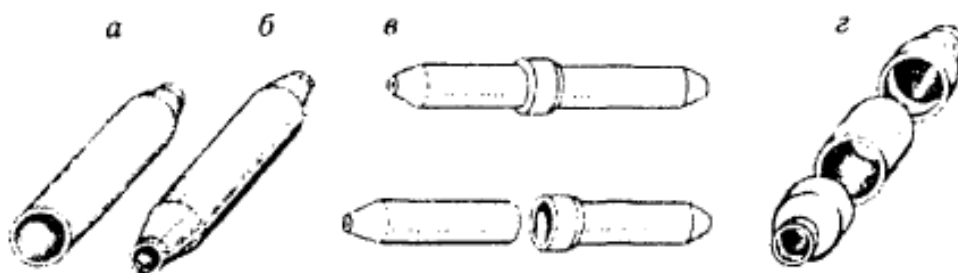


Рисунок 3.7 – Виды муфт

Разветвительные муфты бывают двух типов: тройниковые и разветвительные (перчатки). Тройниковые муфты используют для ответвлений от магистрального кабеля (Рис. 3.8,*а*, где 1 — горловина для ввода магистрального кабеля, 2 — корпус, 3 - горловина для ответвляющего кабеля, а разветвительные муфты — для разветвления в помещениях кабеля на несколько кабелей). Разветвительные муфты или перчатки бывают двух типов: круглые (Рис. 3.8,*б*) и плоские (Рис. 3.8,*в*) и выпускаются на 2, 3 и 4 направления.

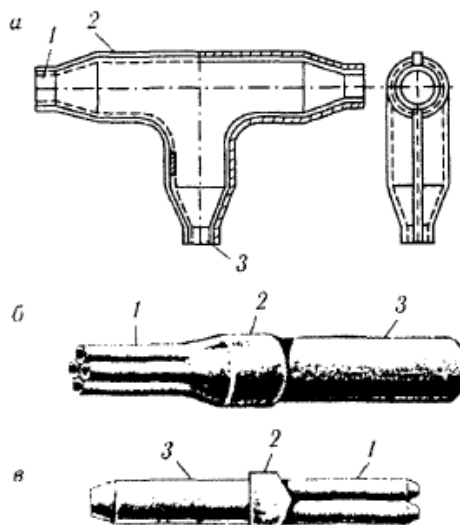


Рисунок 3.8 – Разветвительные муфты

Оконечные муфты используют при монтаже кабелей вторичной коммутации, кабелей ответвлений и местной связи (Рис. 3.9, где 1 — корпус, 2 — горловина для ввода кабеля). В обозначениях окончных муфт добавляются цифры, означающей емкость кабеля в четверках.

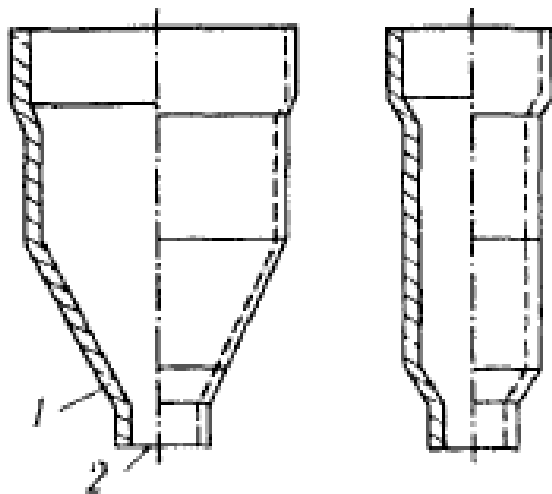


Рисунок 3.9 – Оконечные муфты

Газонепроницаемые муфты предназначены для предотвращения утечки газа из-под оболочки кабелей. Такие муфты устанавливают при вводах кабелей в дома связи, усилительные пункты и в местах ответвлений от магистральных кабелей. Такие муфты рассчитаны на работу под постоянным избыточным газовым давлением 44—58 кПа (0,45—0,6 кгс/см²) [10,11].

3.1.7 Виды земляных работ по строительству телефонной канализации

Прокладка линий связи под землей на территории городов и населенных пунктов осуществляется, как правило, в кабельной телефонной канализации. Она представляет собой систему подземных сооружений, состоящую из трубопроводов и смотровых устройств (колодцев и коробок).

Телефонная канализация обеспечивает прокладку, монтаж и замену кабелей, производство измерений, ремонтных и профилактических работ на линии без вскрытия уличных покровов и раскопок грунта, а так же защиту кабелей от механических повреждений и электрохимической коррозии.

По назначению телефонная канализация делится на магистральную, в которой проходят кабели магистральных и соединительных линий, и распределительную, в которой проходят только распределительные кабели. Если трасса магистральных и распределительных кабелей совпадает, их можно прокладывать в одной кабельной телефонной канализации. Телефонная канализация является наиболее перспективным видом коммуникаций для прокладки кабельных сетей.

Кабельная телефонная канализация обеспечивает оптимальные условия эксплуатации проложенных кабелей, простоту и легкость замены кабелей или прокладки новых, обеспечивая таким образом надёжность и гибкую структуру кабельной сети.

Строительство телефонной канализации может производиться как траншейным, так и бестраншейным способом. В общем понимании кабельная канализация представляет собой систему каналов, в которой может осуществляться прокладка кабеля всех видов проводной связи. В свою очередь кабельная канализация состоит из совокупности прокладываемых в земле трубопроводов и подземных смотровых устройств, таких как коробки и колодцы. Чаще всего подземная прокладка кабелей осуществляется в кабельной телефонной канализации, которая на сегодняшний день является одним из самых распространенных и востребованных видов коммуникаций для прокладки кабельных сетей.

Строительство телефонной канализации может быть выполнено двумя способами: траншейным и бестраншейным, с необходимостью нарушения поверхности грунта и с возможностью не нарушать поверхность грунта соответственно.

Колодцы кабелей связи – это самый распространенный вид смотровых устройств кабельной канализации. При строительстве телефонной канализации, как правило, применяются уже готовые сборные железобетонные колодцы. Другой важной составляющей кабельной канализации являются подземные трубопроводы, которые сооружаются из одноотверстных и многоотверстных труб.

Стоит отметить, что от метода изготовления труб существенно зависит продолжительность срока эксплуатации канализации. Чаще всего строительство кабельной канализации осуществляется в пешеходной части улицы. Работы, связанные с прокладкой и монтажом кабеля, производятся на глубине от 0,4 до 1,8 м.

Одним из основных преимуществ подземной кабельной канализации является возможность свободного доступа к системе кабельных каналов без вскрытия дорожного полотна и связанных с этим земляных работ. Это позволяет в любое время проверить состояние кабельных каналов, при необходимости осуществить ремонт и достроить существующую кабельную сеть для увеличения ее емкости [10,11].

3.1.8 Технология строительства магистральных сетей связи

Общие вопросы строительства волоконно-оптической линии связи. На подготовительном этапе строительства ВОЛС необходимо:

- изучить проектно-сметную документацию;
- изучить условия проведения работ на трассе;
- составить график выполнения работ;
- определить число необходимых сотрудников;

- подготовить необходимые механизмы, автотранспорт, измерительное и механическое оборудование;

- определить места размещения по трассе строительно-монтажных подразделений;

- решить вопросы, связанные с организацией оперативной связи при монтажных работах.

Строительство ВОЛС нельзя начинать без проведения следующих мероприятий:

- входного контроля всех строительных длин ВОК, по технологической карте, на кабельной площадке;

- входного контроля оптических параметров ВОК;

- группирования строительных длин ВОК, по результатам которого составляется укладочная ведомость (к ней прикладываются заводские паспорта всех барабанов с ВОК).

Выбор вариантов прокладки ОК различных назначений и конструкций с металлическими элементами и без них производится с учетом следующих условий:

- технических условий, таких как стабильность оптических и механических параметров при продолжительной эксплуатации, предотвращение проникновения влаги, стойкость к воздействиям внешних факторов, обусловленных природными явлениями и деятельностью человека;

- экономических расчетов, включая оптимизацию стоимости на строительство и эксплуатацию;

- эксплуатационных факторов, в том числе, оперативность монтажа и ремонтных работ, контроль за техническим состоянием кабеля и др.

Прокладку ОК, особенно при больших строительных длинах, производить только тогда, когда окружающая температура будет находиться в пределах, установленных для применяемого типа ОК. Температурные изменения воздушных кабелей в процессе их эксплуатации компенсируются, использованием специальных петель, удовлетворяющих значениям стрелы провеса.

Методы прокладки и режим практического использования ВОК оказывают влияние на долгосрочные характеристики передаваемых по ОК сигналов. Поэтому персонал, осуществляющий прокладку ОК, должны быть знаком с правильными методами прокладки, возможными последствиями их нарушения и обладать достаточными знаниями и навыками.

После принятия всех мер предосторожности, направленных на защиту кабеля и его ОВ от чрезмерной нагрузки, в частности при решении вопросов возможности его прокладки по данному маршруту, все еще сохраняется опасность, что кабель может подвергаться большим нагрузкам при манипуляциях с ним в процессе прокладки. В связи с этим, необходимо предусмотреть механизм предотвращения перегрузки кабеля. Существуют два класса приборов, обеспечивающих такую защиту, первый из которых размещается на первой или на промежуточной лебедке, а второй - на стыке

кабель - трос.

Изгибать ОК при натяжении, в процессе его прокладки, следует с учетом его диаметра. Необходимо удостовериться в том, что направляющие системы и устройства являются пригодными для этой цели с учетом критерия изгиба, установленных предприятием-изготовителем ВОК. При этом минимальная величина радиуса изгиба должна не менее чем в 12 раз превышать диаметр кабеля, а прокладка ОК тяжением дополнительно требует это значение удваивать. Большинство направляющих устройств можно использовать как для волоконно-оптических, так и для металлических кабелей, однако при работе с большими строительными длинами может потребоваться много направляющих элементов, причем все они должны удовлетворять требованиям в отношении малого веса и малого трения.

При прокладке ВОК особое внимание следует уделять трению и смазке. Силы трения, воздействующие на материалы и поверхность оболочки кабеля необходимо устранить, в первую очередь.

Если из соображений ограничения нагрузки невозможно выполнить прокладку больших строительных длин использованием тянущего устройства только на одном конце, то может потребоваться применение метода разделения продольной нагрузки.

Различают следующие методы прокладки ВОК

Прокладка ВОК в грунте:

1. Траншейный или бестраншейный метод при прокладке ВОК непосредственно в грунте.
2. Протяжка тяжением или протяжка потоком сжатого воздуха при прокладке в предварительно проложенную в грунте пластмассовую гибкую трубку.

В кабельной канализации из асбоцементных или пластмассовых труб прокладывается следующими способами:

- протяжка тяжением при прокладке непосредственно в канале кабельной канализации;
- протяжка тяжением или протяжка потоком сжатого воздуха при прокладке в предварительно проложенную в канале дополнительную защитную пластмассовую трубу.

Прокладка ВОК через водные преграды:

- траншейный или бестраншейный метод при прокладке с заглублением непосредственно в дно;
- протяжка тяжением при прокладке в заглубленную в дно стальную или пластмассовую трубу;
- протяжка тяжением при прокладке в стальную или пластмассовую трубу уложенную без заглубления в дно;
- по мостам методом подвески или протяжка тяжением в стальную или пластмассовую трубу.

Подвеска ВОК на опорах: методом подвески или протяжки.

Прокладка ВОК в коллекторах и тоннелях: методом подвески или протяжка тяжением через предварительно проложенные металлические,

асбоцементные или пластмассовые трубы.

Прокладка ВОК в помещениях:

- в металлических, асбоцементных или пластмассовых трубах методом протяжки тяжением потоком сжатого воздуха;
- методом подвески или укладки [12].

3.1.9 Текущий и капитальный ремонт кабельных сооружений

Текущим ремонтом называется минимальный по объему вид планового ремонта, при котором производятся работы по систематическому и своевременному предохранению сооружений от преждевременного износа и возникновения повреждений путем замены и (или) восстановления отдельных элементов сооружений. Текущий ремонт линейных сооружений местных сетей связи производится в объеме, определенном анализом их технического состояния.

Затраты на текущий ремонт производятся в пределах средств, предусмотренных сметой эксплуатационных расходов. Работы по текущему ремонту линейных сооружений связи трудоемки и, как правило, выполняются бригадой электромонтеров по нарядам.

При текущем ремонте линейно-кабельных сооружений выполняются следующие работы:

- текущий ремонт кабельных линий:
 - а) проложенных в кабельной канализации и коллекторе;
 - б) проложенных в грунте;
 - в) подвешенных на столбовых и стоечных линиях;
 - г) проложенных по стенам зданий;
 - д) проложенных под водой и по мостам;
- текущий ремонт колодцев и трубопроводов кабельной канализации;
- текущий ремонт сигнальных знаков на подводных кабельных переходах;
- текущий ремонт установок для содержания кабелей под постоянным, избыточным воздушным давлением.

При текущем ремонте кабельных линий выполняются следующие основные работы:

- замена отдельных участков кабеля длиной до 200 м, замена и ремонт отдельных муфт, восстановление целостности защитных покровов кабеля;
- устранение разбитости пар в кабеле, если требуется распайка не более одной - двух муфт;
- доведение до нормы сопротивления изоляции кабелей;
- восстановление поврежденных пар в кабелях;
- осмотр, протирка и приведение в порядок кабелей и муфт в колодцах кабельной канализации;
- осмотр и приведение в порядок настенных и подвесных кабелей;

- осмотр и приведение в порядок трасс подземных кабелей;
- ремонт распределительных шкафов, включая крепление шкафа, замену и выправку кроссировок, окраску шкафа, замену поврежденных плинтов, установку трафаретов на боксах, заливку шкафной доски, укомплектование недостающих клеммных винтов, чистку и проверку их надежности, слесарный ремонт шкафов;
- ремонт распределительных коробок, включая крепление коробки, замену поврежденного плинта, очистку плинта от пыли и грязи, укомплектование недостающих и крепление до отказа существующих клеммных винтов, окраску металлического корпуса коробки;
- ремонт кабельных ящиков с учетом требований, предъявляемых к ремонту распределительных коробок.

Кроме того, кабельные ящики должны быть укомплектованы исправными защитными устройствами, не иметь сломанных пружин на плинтах и быть закрытыми на замки;

- приведение к норме сопротивлений заземлений канатов (тросов) подвесных кабелей и кабельных ящиков.

Капитальный ремонт является наибольшим по объему видом планового ремонта, выполняемого с периодичностью более одного года, при котором производится смена изношенных частей и конструкций сооружений или замена их на более прочные и экономичные, улучшающие эксплуатационные возможности объектов.

При капитальном ремонте сооружения связи должны подвергаться модернизации, если определена ее техническая и экономическая целесообразность. Под модернизацией понимается частичное усовершенствование отдельных частей или деталей сооружений связи, производимое, как правило, одновременно с капитальным ремонтом.

Задачами капитального ремонта линейных сооружений являются обеспечение их модернизации и бесперебойной работы на протяжении всего срока службы.

Капитальный ремонт линейных сооружений местных сетей связи производится периодически в зависимости от межремонтного цикла и от технического состояния сооружений и планируется в каждом отдельном случае на основе данных технических осмотров, протоколов электрических измерений, актов проверки герметичности оболочек кабелей и составленных на этой основе ведомостей дефектов.

Средства, выделяемые на капитальный ремонт, определяются амортизационными отчислениями и местными условиями (возможностью и необходимостью выполнения работ) [11].

3.2 Монтаж внутридомовой сети в зданиях и сооружениях

Монтаж волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) считается самым сложным в процессе создания связи этого типа. Это связано с необходимостью соединения его сегментов в общую линию. Согласно предварительно сформированному проекту оптические кабели могут быть размещены в кабельную канализацию, кабельный коллектор, в грунт непосредственно или с помощью кабелеукладчика, или быть выполнены на подвесе для формирования воздушной линии связи. Для каждой среды выбирается свой тип кабеля. Для внешней прокладки выбираются материалы с повышенным сопротивлением перепаду температур, воздействию солнечного света, влаги, механических нагрузок, агрессивных сред. Они более массивные, тяжелые, более сложные в монтаже и более дорогие, чем кабели для внутренней прокладки.

Соблюдать это разделение необходимо очень четко, т.к. практически нет кабельной продукции, пригодной одновременно для внутреннего и внешнего использования. Номенклатура имеющихся на сегодняшний день оптический кабелей настолько широка, что разобраться в них безошибочно могут только высококвалифицированные сотрудники, например, из числа работников нашей компании.

Для того чтобы ВОЛС обеспечивала хорошую скорость передачи данных и работала бесперебойно, необходимо правильно смонтировать непосредственно сами оптические волокна. Для их соединения существует два способа – механическое соединение и сварка. При применении механического способа волокна соединяются с помощью специального устройства. В нем они протягиваются навстречу друг другу, скрепляются специальными защелками, а пространство между ними заполняется специальным гелем. Это соединение уступает в качестве сигнала соединению с помощью сварки. Также на качество связи может повлиять отклонение от требуемого угла размещения кабеля, в результате которого гель может смещаться.

Сварка оптических волокон проводится в полуавтоматическом режиме с помощью специального сварочного аппарата, который как сплавляет волокна воедино, так и защищает соединение. Перед выполнением работ оптический кабель разделяют (снимают внешнюю изоляцию и изоляцию отдельных модулей), очищают волокна от гидрофобного материала, надевают на концы волокон комплект для защиты соединений (КДЗС), снимают защитный слой с волокон, протирают спиртом. Потом волокно укладывают в зажимы сварочного аппарата, который их автоматически соединяет. Электродуга разогревает волокна до нужной температуры, после чего они соединяются путем микродоводки. Сварочный прибор тут же проверяет прочность соединения, после чего место сварки закрывается КДЗС и помещается в тепловую камеру для термоусадки защитных соединений.

Полученное кабельное соединение укладывают в сплайс-кассету, где сращиваемые волокна находятся в структурах, способствующих их сонаправлению, размещают в оптическую муфту.

Соединение оптических волокон требует высокой точности и наработанных навыков, т.к., например, при соединении волокон техническим путем угол отклонения не может превышать 1,5 градуса, что в ряде случаев требует применения микроскопа.

Чтобы к ВОЛС можно было подключить пользовательские приборы, оптические волокна подключаются к оптическим кроссам с помощью пигтейлов, представляющих собой короткие куски оптического волокна с разъемами. Кросс представляет собой коробку, в которой с одной стороны выполнены оптические разъемы, а с другой размещена сплайс-кассета оптоволоконными.

После проведения монтажа заказчику предоставляются документы, в которые могут входить протоколы измерения затухания, протоколы входного контроля строительной длины, протоколы монтажа муфты, оптических кроссов, рефлектограммы на участке регенерации [12].

3.2.1 Подземные и воздушные кабельные вводы

Все существующие волоконно-оптические кабели можно разделить на кабели внутренней прокладки, кабели внешней прокладки и кабели специального назначения.

По конструктивным особенностям все ОК можно разделить по виду вторичного защитного покрытия (ВЗП) или оптического модуля на кабели с плотной, свободной и ленточной укладкой волокна. Выбор конкретной конструкции кабеля определяется его назначением и требованиями, предъявляемыми к его характеристикам.

Плотное защитное покрытие применяется, как правило, во внутриобъектовых кабелях с высокой плотностью заполнения, гибкостью и простотой изготовления, низкими растягивающими нагрузками и ограниченным рабочим диапазоном температур.

В качестве материала для плотного буферного покрытия применяются термопластические материалы, имеющие низкий ТКЛР, близкий к ТКЛР стекла, и обладающие высокой гибкостью, прочностью и высоким сопротивлением истиранию.

Волокна, имеющие плотное ВЗП, могут использоваться индивидуально, образовывать пучки, связки волокон или повивную конструкцию. При повивной скрутке ОВ скручиваются вокруг центрального силового элемента (ЦСЭ). В ОК, к которым предъявляются жесткие требования по растягивающим и раздавливающим нагрузкам в широком температурном диапазоне, используется свободная укладка ОВ в защитном покрытии в виде трубки из полимерного материала, алюминия или нержавеющей стали. В таких кабелях ОВ или пучки ОВ размещаются внутри трубки с избыточной длиной для обеспечения стойкости к растягивающим напряжениям. Такой

способ укладки ОВ используется, как правило, в кабелях наружной прокладки. При этом существуют многомодульные конструкции кабелей, в которых оптические модули скручиваются вокруг ЦСЭ. Иногда сердечник таких ОК состоит из ОМ и корделей (заполнителей) или ОМ и жил дистанционного питания. В кабелях наружной прокладки ОМ иногда располагаются в пазах профилированного сердечника, который представляет собой цилиндрический пластмассовый стержень с прямоугольными или Ч-образными пазами.

Расположение трубок или канавок по спирали придает ОВ дополнительную степень свободы. В центре профилированного сердечника размещается обычно силовой элемент. Если необходима дополнительная защита от влаги оптический модуль может быть заполнен гидрофобным заполнителем. Укладка ОВ в ленту используется в кабелях с большим количеством волокон, при этом ОВ в первичном покрытии располагаются в один ряд и соединяются в ленту при помощи, например, связывающего материала ультрафиолетового отверждения. Несколько плоских лент могут соединяться в матрицу, что увеличивает количество волокон в десятки раз, существенно не изменяя конструктивных размеров кабеля.

Кабель внешней прокладки в зависимости от условий их применения можно разделить на кабели для прокладки в трубах, кабельной канализации, коллекторах, непосредственно в грунт, подвесные и подводные. Кабели этой категории подвержены значительным механическим нагрузкам, возникающим в процессе их прокладки и эксплуатации. Температурные изменения окружающей среды, в которой находится кабель, также приводят к дополнительным механическим нагрузкам. Вредное влияние оказывают различные химически агрессивные вещества и влага. Воздействие грызунов на кабель может привести к ухудшению его рабочих характеристик или полному выходу из строя.

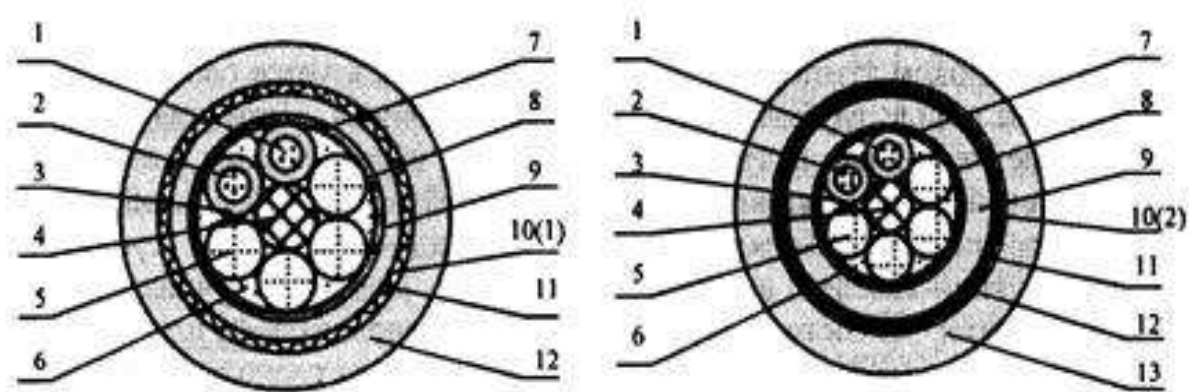
Все эти факторы определяют основные конструктивные элементы, характерные для этой категории кабелей. К таким элементам относятся трубки со свободной укладкой оптических волокон, скрученные вокруг металлического или диэлектрического ЦСЭ или одна центральная трубка для укладки большого числа ОВ; заполнение свободного пространства ОК ГЗ или водоблокирующие ленты для обеспечения продольной водонепроницаемости; силовые элементы в виде слоев армидных нитей, стеклопластиковых стержней или стальной проволоки; защитная броня либо в виде стальной (чаще гофрированной) ленты для защиты от механических повреждений и грызунов, либо в виде крученых стальных нержавеющих или оцинкованных проволок, наложенных слоями для придания нужных механических защитных свойств; защитный шланг из полиэтилена черного цвета.

Кабели для наружной прокладки.

Кабели для прокладки в земле эксплуатируются, в основном, при изменении температурного режима от -60°C до $+55^{\circ}\text{C}$, при воздействии на них воды, льда, гидростатического давления воды, агрессивных жидкостей, ударов

твердых пород и пр. ОК данного типа прокладывают с помощью обычного оборудования, используемого для прокладки магистральных кабелей связи. Примеры конструкции ОК для прокладки в земле представлены на рисунке 3.10.

Рассмотрим более подробно конструкцию кабеля изображенную на этом рисунке. Оболочка из полиэтилена служит защитой от проникновения влаги. Гофрированная стальная оболочка защищает кабель от повреждения при прокладке и грызунов. Наружный слой из полиэтилена уменьшает трение кабеля при его прокладке. Гидрофобный наполнитель кабеля препятствует проникновению внутрь влаги. При этом оптические характеристики ОВ при эксплуатации не ухудшаются. Общий диаметр кабеля (D_n) составляет 14 ... 25 мм.



- 1-ОВ; 2-заполнитель; 3-ОМ; 4-ЦСЭ; 5-кордель; 6-ГЗ сердечника;
 7-скрепляющая обмотка; 8-армирующий слой; 9-оболочка;
 10(1)-гофрированная броня; 10(2)-подушка под броню; 11-ГЗ брони;
 12-ленточная броня; 13-шланг

Рисунок 3.10 – Конструкция кабеля для прокладки в земле

Свободное размещение ОВ без натяжения и бокового давления в ОМ сердечника, подвижность волокон при изгибе кабеля и растяжении, высокая прочность, стойкость к удару и сжатию (вследствие применения алюминиевой или стальной гофрированной оболочек), экранирование и защита от удара молнии, возможное наличие токопроводящих жил питания, герметичность конструкции обеспечивают высокие эксплуатационные свойства данной конструкции и ее надежность. Минимальный радиус изгиба кабеля $20D_n$, максимально допустимое усилие растяжения от 2,5 до 4,0 кН.

Кабели для прокладки в каналах кабельной канализации, трубах и коллекторах должны иметь высокую механическую стойкость к растягивающим и изгибающим нагрузкам, продавливанию, кручению, влаге. Прокладку этих кабелей осуществляют протяжкой строительной длины в

трубы, выполнены из полиэтилена, асбестоцемента или бетона. Длина участков для прокладки ОК может составлять от 100 до 500 м. [11,12].

3.2.2 Электромонтаж в помещениях

Основная особенность электромонтажа в производственных помещениях – это большой перечень работ с высокими материальными затратами. Любые ошибки могут привести к поломке дорогостоящего оборудования, неполадкам производственных линий, к коротким замыканиям, пожару и гибели людей. Поэтому перед началом монтажных работ составляется план электромонтажа с детализацией схем каждого помещения, расчетами мощностей и перечнем необходимых материалов.

Ключевые особенности электромонтажа производственных помещений.

Каждое производственное помещение должно быть оснащено электрическим щитком, который оборудован рубильником. Обязательное разделение освещения различных производственных помещений. Установка индивидуальных автоматов на все электрооборудование по отдельности для повышения безопасности эксплуатации всей производственной линии. Монтаж проводки в производственных помещениях осуществляется в специально предусмотренных для этого лотках и металлических трубах. Необходимость монтажа кабелей высокого напряжения. Необходимость применения специальной оснастки и инструмента с учетом специфики помещений. Производственное оборудование должно заземляться. Электромонтажные работы промышленных объектов должны проводиться на основании принятых норм законодательства и с учетом высоких требований надежности.

Перечень электромонтажных работ в производственных помещениях.

Монтаж электрической системы на объектах промышленности отличаются повышенной сложностью по сравнению с электромонтажом жилого фонда.

В общем виде весь перечень работ можно представить в следующих этапах:

- установка и введение в эксплуатацию вводно-распределительной оснастки помещений;
- монтирование кабелей и оборудование электрических стояков;
- монтаж системы освещения каждого помещения;
- подсоединение электрических щитков, рубильников, устройств учета расходования электроэнергии;
- подключение электрооборудования к сети, монтаж систем заземления;
- ремонт и обслуживание системы электроснабжения предприятия.

Каждое предприятие имеет свои технологические особенности, поэтому перечень работ может быть расширен с учетом требований того или иного оборудования [18].

3.2.3 Техника безопасности при монтаже внутридомовой сети в зданиях и сооружениях

Электромонтажные работы промышленных помещений должны проводиться группой специалистов, инженеров-электриков, имеющих доступ к таким видам работ. Квалификация мастеров должна быть заверена соответствующим образованием. Электромонтаж, установка оборудования проводятся четко с соблюдением норм электро и пожарной безопасности. Исполнение этих норм гарантирует правильный запуск производственной линии и других электромонтажных объектов предприятия.

Главный момент соблюдения норм безопасности – установка строго регламентированного оборудования и монтаж соответствующей по мощности и сечению кабельно-проводниковой продукции. При работе с оптическим волокном следует избегать попадания отходов ОВ на одежду и открытые участки тела. Работу нужно выполнять в защитном фартуке из прорезиненной ткани. Отходы волокна необходимо собирать в отдельную коробку, а после окончания работы оставить отходы в специально отведенном месте. При разделке концов ОВ необходимо избегать попадания гидрофобного заполнителя на слизистую оболочку глаз.

Вопросы охраны труда и техники безопасности при проектировании методов производства монтажных и демонтажных работ в стесненных условиях настолько сложны, что требуют разработки специальных разделов, проведения отдельных обследований конструкций реконструируемых зданий с применением современных методов и средств диагностики.

По результатам обследования составляется акт, на основании которого разрабатывается проект производства работ.

Указания по технике безопасности при производстве монтажных и демонтажных работ вместе с входящими в состав проекта производства работ технологическими картами и другими необходимыми документами должны находиться непосредственно на стройплощадке. Работу по демонтажу или ремонту отдельных конструктивных элементов начинают только после передачи объектов (получение допуска) заказчиком подрядчику для производства строительно-монтажных (демонтажных) работ.

До начала работ по демонтажу или разборке должны быть выполнены все предусмотренные в ППР мероприятия:

- огражден участок производства работ и мест, представляющих наибольшую опасность;
- в зависимости от расположения входов (лестничных клеток), а также от степени разборки здания определены места входа работающих, установлены защитные настилы и козырьки;

- вывешены у проходов к месту производства демонтажных работ предупредительные надписи (знаки) о категорическом запрещении входа на участок работ посторонним лицам и организован для предупреждения этого мероприятия соответствующий надзор;

- отключены магистральные водопроводные, электрические, газовые, теплофикационные, канализационные и другие сети, приняты меры, обеспечивающие их сохранность;

- заделаны оконные и дверные проемы, не предусмотренные в ППР в качестве входов;

- подготовлены и установлены в зоне производства работ инвентарь, приспособления и средства для безопасной работы;

- смонтированы и установлены машины, механизмы и оборудование, предусмотренные в ППР, и снабжены технологическими картами на отдельные виды работ;

- временно усилены конструкции, служащие опорами для рабочих при ведении работ.

Перед началом демонтажных работ на реконструируемом объекте производят повторный осмотр конструкций для уточнения принятых проектных решений и возможности использования материалов и самих элементов в производственных щелях. Осмотр осуществляют представители строительно-монтажной организации и заказчика.

Производство строительно-монтажных работ при реконструкции с использованием грузоподъемных кранов создает особые трудности при совмещении нескольких работ, особенно если предприятие в период реконструкции действующее. Согласно требованиям СНиП «Техника безопасности в строительстве» запрещается выполнять работы, связанные с нахождением людей в зонах, где производятся подъем и перемещение, а также монтаж или демонтаж элементов конструкций и оборудования.

Опасные зоны занимают значительную площадь, а их выделение в условиях реконструкции, как правило, связано с ограничением производственной деятельности предприятия. В целях наилучшего совмещения работ при реконструкции и производственной деятельности предприятия необходимо разрабатывать специальные решения по повышению безопасности работ с применением грузоподъемных кранов.

Разработка таких решений должна осуществляться с учетом правил устройства и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов, включая выбор крана в соответствии с его техническими характеристиками. Кроме того, в этих решениях должны быть указаны ограничения зоны работы крана в охранной зоне ЛЭП или зоне других коммуникаций действующего предприятия, меры обеспечения безопасности при совместной работе двух кранов или подаче грузов кранами в проемы перекрытий и другие места, не видимые машинистом крана.

Порядок организации и проведения работ, связанных с огнем на предприятиях, относящихся к категории пожаро - и взрывоопасных,

определяется особыми положениями и инструкциями, однако во всех случаях разрешение на право проведения огневых работ на таких объектах выдается только главным инженерам строительства или лицом, его заменяющим [38].

3.3 Обслуживание линии связи

Обслуживание ВОЛС – крайне значимое мероприятие, поскольку сегодня использование волоконно-оптической линии связи с целью передачи информации между удалёнными объектами занимает очень серьезное место в современном мире. Данный способ может использоваться не только в рамках одного здания – он актуален сразу для нескольких зданий, которые объединены компьютерной сетью.

Главное преимущество ВОЛС заключается в неспособности световолокна гасить сигнал в радиусе 100 км, поэтому обслуживание волоконно оптических линий связи гораздо проще в сравнении с сетями, где основой служит медный кабель.

Залогом функционирования ВОЛС без сбоев и прочих проблем выступает грамотное проектирование линии связи, которое должны осуществлять квалифицированные и опытные специалисты. Они смогут учесть всевозможные нюансы, особенности проекта и произвести правильный подбор элементов системы.

Основными задачами проектировщика считаются:

- вычисление требуемых параметров и выбор оптического кабеля;
- подбор коммутационно-распределительных модулей;
- определение оптимального метода прокладки кабеля;
- определение способа соединения кабеля.

Грамотное решение вышеуказанных задач положительно скажется на надежности, безотказности и долговечности работы ВОЛС.

Обслуживание ВОЛС (Рис.3.11) – это периодический процесс поддержания оптоволоконных линий связи в состоянии максимальной эффективности и работоспособности. Задачей технического обслуживания является проведение профилактических и ремонтных текущих работ с целью предупреждения отказов ВОЛС.



Рисунок 3.11 – Техническое обслуживание ВОЛС

Техническое обслуживание ВОЛС обеспечивает:

- бесперебойное действие всех обслуживаемых сооружений, а также подготовку их к работе в особо сложных условиях;
- содержание всех сооружений в пределах действующих норм и технических условий, а также всемерное улучшение их технического состояния;
- четкое выполнение действующих правил, руководств и инструкций по вопросам технической эксплуатации;
- повышение рентабельности предприятий, систематическое снижение трудовых и материальных затрат на содержание обслуживаемых сооружений;
- внедрение новой техники, передовых методов и научной организации труда;
- ведение эксплуатационно-технического учета;
- проведение разъяснительной работы по обеспечению сохранности линейных сооружений.

В зависимости от характеристики трассы кабельной линии, наличия и состояния дорог в разное время года, технической оснащенности участка и т. п. применяются следующие методы организации обслуживания линейных сооружений ВОЛС: централизованный, децентрализованный (участковый) и комбинированный.

Централизованный метод предполагает сосредоточение всего персонала кабельщиков-спайщиков в месте дислокации КУ, моторизованный осмотр трассы, ремонт и профилактику специализированными бригадами, использование радиостанций для связи бригад с КУ.

Децентрализованный метод применяется в случае, когда невозможно организовать моторизованный осмотр трассы. При этом подлежащая

обслуживанию трасса разбивается на участки, на каждом из которых, т.е. в непосредственной близости, дислоцируется персонал.

Комбинированный метод предполагает организацию обслуживания одной части трассы централизованно, а другой — участковыми монтерами. Содержание кабельных линий связи включает в себя техническое обслуживание и ремонт.

Техническое обслуживание подразделяется на текущее (повседневное и периодическое) и планово-предупредительное.

При текущем и планово-предупредительном обслуживании осуществляется:

- технический надзор за состоянием трассы и выполнение правил охраны средств связи;
- технический надзор за всеми сооружениями и действием устройств автоматики, сигнализации и телемеханики;
- проведение профилактических работ;
- контроль за электрическими и оптическими характеристиками кабеля;
- устранение выявленных неисправностей;
- обеспечение аварийного запаса кабеля, арматуры и материалов (в том числе кабеля облегченной конструкции) для быстрого устранения повреждений на линии;
- содержание в исправном и работоспособном состоянии механизмов, транспорта, приборов, приспособлений, инструментов и спецодежды, необходимых для проведения планово-профилактических и аварийно-восстановительных работ;
- устранение аварий и повреждений;
- проведение охранно-разъяснительных работ;
- установка предупредительных знаков;
- подготовка линейных сооружений к работе в зимних условиях и в период паводков;

Систематическое обслуживание ВОЛС представляет собой поддержание оптоволоконных линий в нормальном состоянии, обеспечение их нормальной работоспособности и полной безопасности.

Обслуживание ВОЛС включает в себя:

- оказание полной информационной безопасности;
- диагностика и устранение неполадок, обеспечение нормальной работы всех элементов и узлов общей системы;
- предоставление консультаций пользователям;
- регулярное обновление антивирусной базы и ПО;
- проведение профилактических работ [40].

3.3.1 Виды работ по абонентским устройствам

Абонентское телефонное устройство - устройство, обеспечивающее абоненту телефонной сети подключение к коммутационной станции, передачу

информации для выбора абонента, информационной или справочной служб телефонной сети ведения разговора.

Информация, передаваемая абонентами через передатчик, поступает на электрооптический преобразователь (ЭОП), роль которого выполняет лазер (Л) или светодиод (СД). Здесь электрический сигнал преобразуется в оптический и направляется в ОК. На приеме оптический сигнал поступает в оптико-электрический преобразователь (ОЭП), в качестве которого используется фотодиод (ФД), преобразующий оптический сигнал в электрический. Таким образом, на передающей стороне от передатчика до ЭОП, а также на приемной стороне от ЭОП до приемника действует электрический сигнал, а от ЭОП до ОЭП по оптическому кабелю проходит оптический сигнал.

Структурная схема передачи информации по оптическим кабелям приведена на рисунке 3.12.

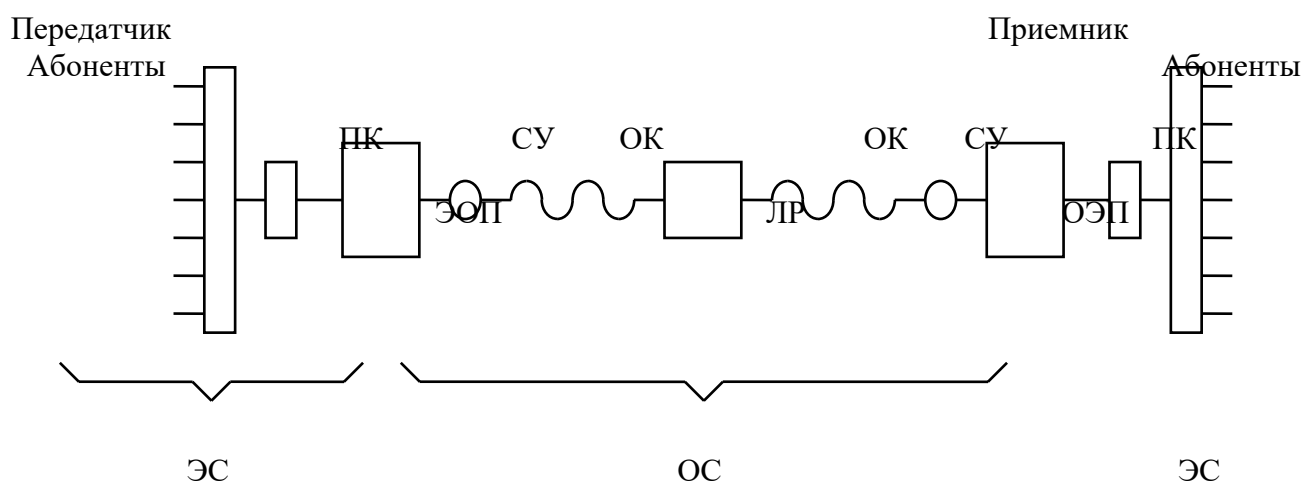


Рисунок 3.12 – Структурная схема передачи информации по оптическим кабелям

Электрический сигнал, создаваемый частотным или временным методом, модулирует оптическую несущую, и в модулируемом виде световой сигнал передается по оптическому кабелю. В основном используется способ модуляции интенсивности оптической несущей, при котором от амплитуды электрического сигнала зависит мощность излучения, передаваемая в ОК.

Оптические системы передачи, как правило являются цифровыми (импульсными). Это объясняется тем, что передача аналоговых сигналов требует высокой степени линейности промежуточных усилителей, которую трудно обеспечить в оптических системах. Через определенные расстояния (5, ..., 100 км), обусловленные энергетическим потенциалом аппаратуры и величиной потерь в ОК, вдоль оптической линии располагаются линейные регенераторы (ЛР), в которых сигнал восстанавливается и усиливается до

требуемого значения. Кроме того, для преобразования кода и согласования элементов схемы имеются кодирующие устройства - преобразователи кода (ПК) и согласующие устройства (СУ).

Преобразователь кода формирует требуемую последовательность импульсов и осуществляет согласование уровней по мощности между электрическими и оптическими элементами схемы (от аппаратуры ИКМ поступает высокий уровень, а для электро преобразователей необходим весьма малый уровень).

Передающие и приемные согласующие устройства формируют и согласовывают диаграммы направленности (диаграмма направленности - это телесный угол, в котором действует максимальная интенсивность излучения) и апертурный угол между приемопередающими устройствами и кабелем.

Применяются также устройства ввода и вывода излучения, сростки, для сращивания оптических волокон и кабелей, направленные ответвители, фильтры и другие элементы оптического тракта [40].

3.3.2 Виды работ по смотровым устройствам

Необходимость в переустройстве линейно-кабельных сооружений может возникнуть при: перепланировке улиц и площадей, строительстве нетелефонных сооружений, строительстве и реконструкции мостов, увеличении емкости трубопроводов кабельной канализации, замене бронированных и подвесных кабелей кабелями, прокладываемыми в канализации, переносе распределительных шкафов с улиц в подъезды зданий.

Работы, связанные с переустройством кабельной канализации, целесообразно совмещать с реконструкцией улиц и площадей, по которым проходит трасса канализации.

Все работы, производимые субподрядными организациями, связанные с перекладкой трубопроводов, переустройством колодцев, перекладкой и подвеской кабелей и т.п., должны согласовываться на месте с представителем организации, эксплуатирующей кабельную канализацию.

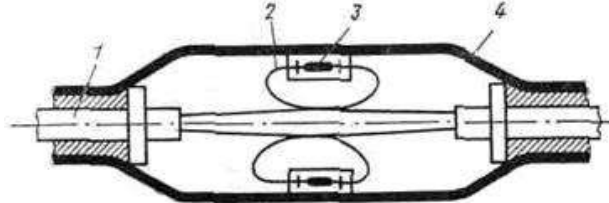
Работы по переустройству кабельной канализации должны производиться без длительного перерыва связи по кабелям, проложенным в канализации. С этой целью перед началом работ, связанных с отключением действующих связей, эти связи переключают на обходные направления. При переустройстве колодцев недействующей кабельной канализации необходимо выполнять следующие мероприятия, обеспечивающие сохранность кабелей, проложенных в канализации: место работ должно находиться под постоянным наблюдением; кабели следует надежно подвесить и защитить от механических повреждений; по окончании работ надо тщательно осмотреть все кабели, проходящие внутри колодца, и устранить обнаруженные повреждения.

При перепланировке улиц и площадей могут производиться следующие работы по переустройству кабельной канализации: изменение горизонтального направления трассы; углубление залегания трубопровода;

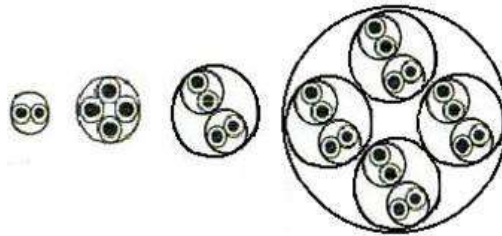
опускание или подъем люков колодцев; усиление перекрытий; опускание или подъем колодцев [17].

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

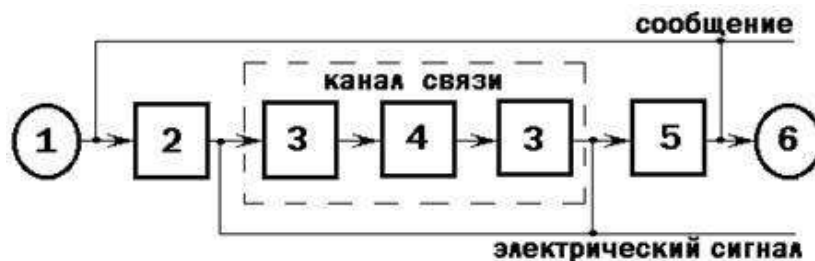
1. Выполнить простое механическое сращивание кабеля.
2. Составить схему измерения электрического сопротивления цепи кабеля и произвести измерения.
3. Нарисовать схему затяжки кабеля.
4. Презентация на тему «Электрические кабели связи и их маркировка»
5. Определить тип и составные части кабельной муфты.



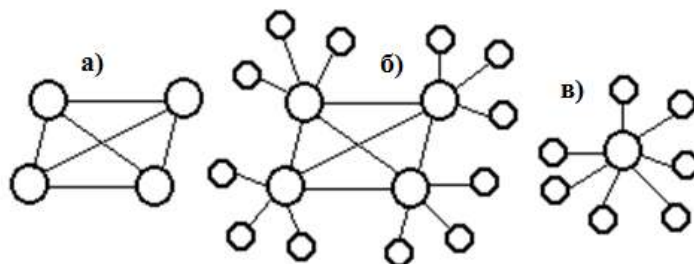
6. Определить типы скрутки жил.



7. Сделать описание структурной схемы системы электросвязи.



8. Определить виды построения сети связи.



ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

1. Какие марки кабелей относятся к коаксиальным магистральным кабелям связи?
2. Какие марки кабелей относятся к городским телефонным кабелям?
3. Маркировка телефонных кабелей.
4. Конструкция сердечника оптического кабеля.
5. Конструкция волоконно-оптических кабелей.
6. Что такое одномодовое стандартное волокно, охарактеризуйте его?
7. Что такое многомодовое стандартное волокно, охарактеризуйте его?
8. Силовые элементы кабеля.
9. Магистральные кабели. Характеристика.
10. Техника безопасности при работе на кабельных линиях.
11. Волоконно-оптические линии связи, принцип действия.
12. Преимущество волоконно-оптических кабелей.
13. Какие марки кабелей относятся к кабелям звездной скрутки?
14. Техника безопасности при работе на воздушных линиях связи.
15. Основная задача АТС.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Данный модуль даёт возможность получить навыки и знания, необходимые для строительства линейных сооружений связи.

В результате изучения модуля обучающиеся осваивают: этапы и порядок строительства воздушных линий связи, этапы и порядок строительства кабельных линий связи, магистральных линий связи, типы и назначение кабелей связи, методы и способы прокладки кабелей, проводов и тросов с применением машин и механизмов, порядок выполнения прокладки каналов в зданиях и сооружениях, правила охраны линий связи и условия выполнения земляных работ, правила руководства инструкции по эксплуатации кабельных сооружений связи.

При изучении модуля обучающиеся учатся проведению монтажных работ внутри зданий и сооружений, обслуживать линии связи и выполнять работы по строительству воздушных и кабельных, магистральных линий связи.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О.В.Родина, Волоконно-оптические линии связи Москва 2016 г.
2. Г.Бойко, В.Эйрих., Волоконно-оптические системы передачи связи Астана, 2017 г.
3. Кемельбеков Б.Ж., Техническая эксплуатация ВОЛС, Алматы, 2017 г.
4. Кемельбеков Б.Ж., Хан, В.А. Мышкин В.Ф., Том 1. Волоконно оптические кабели, Издательство НТЛ, Москва, 1999 г.
5. Мельничук В.П., Тарасенко М.И., Транспортная связь М.: Транспорт 1999г.
6. <https://steklorgopt.ru/vannaya-i-tualet/opticheskoe-volokno-i-optovolokonnyi-internet-cto-eto-i-kak/>

РАЗДЕЛ 4. ВЫПОЛНЕНИЕ МОНТАЖА МУФТ И ОКОНЕЧНЫХ УСТРОЙСТВ НА МЕДНОМ КАБЕЛЕ

Цели обучения

После прохождения данного модуля студенты смогут:

1. Выполнять монтаж медного кабеля.
2. Выполнять работы по монтажу муфты.
3. Выполнять монтаж оконечно-кабельных устройств.
4. Выполнять монтаж металлоконструкции и кабелей оборудования автоматических телефонных станций.

Предварительные требования

Перед началом работы с данным модулем студенты должны изучить основы электроники и электротехники, применение информационных технологий в современных цифровых устройствах и микропроцессорных системах и пройти обучение по модулю «Построение линейных сооружений связи».

ВВЕДЕНИЕ

Данный модуль описывает навыки и знания необходимые для выполнения монтажа медных кабелей, муфт и оконечных устройств.

При изучении модуля обучающиеся осваивают следующие знания: принцип построения сетей связи, марки кабелей связи, конструкции всех обслуживаемых кабелей, основные понятия о первичных электрических параметрах кабелей, методы монтажа кабелей и применяемый инструмент и приспособления при монтаже, порядок монтажа медного кабеля, виды муфт и порядок монтажа муфты и оконечных устройств.

4.1 Монтаж медного кабеля и муфт

Для соединения, ответвления кабелей и присоединения их к электроаппаратам или воздушным линиям электропередачи применяют кабельные муфты и концевые заделки. От правильности выбора конструкции муфт и заделок, а также от качества их монтажа во многом зависят надежность и долговечность кабельных линий. Кабельные муфты и заделки должны удовлетворять стандартам и техническим условиям (ТУ).

После монтажа муфты и заделки должны обладать электрической и механической прочностью не меньшей, чем целого участка кабеля. Во избежание проникновения влаги в кабель они должны обеспечивать герметичность его изоляции в месте соединения или вывода токопроводящих жил. Гарантийный срок, в течение которого предъявляют претензии к изготовителю, для муфт силовых кабелей с пластмассовой или бумажной изоляцией составляет 4,5 года.

Муфты рассчитаны на срок службы не менее 25 лет.

Для классификации кабельных муфт и заделок введены единые терминология, определения и обозначения. Соединительная кабельная муфта (С) - устройство, предназначенное для соединения кабелей.

Стопорная кабельная муфта (Ст) - устройство, предназначенное для соединения кабелей и предотвращения стекания кабельной массы при их прокладке на наклонных трассах.

Стопорно-переходная кабельная муфта (СтП) - устройство, предназначенное для соединения кабелей с различной пропитанной бумажной изоляцией и предотвращения стекания кабельной массы при их прокладке на вертикальных и наклонных трассах. Ответвительная кабельная муфта (О) - устройство, предназначенное для присоединения ответвительного кабеля к магистральной кабельной линии. Концевая кабельная муфта (К) - устройство, предназначенное для присоединения кабелей к электроаппаратам наружной (КН) и внутренней (КВ) установки или воздушным линиям электропередачи.

Концевая кабельная заделка (КВ) - устройство, предназначенное для присоединения кабелей к электроаппаратам внутренней установки. Кабельная заделка не имеет специального защитного кожуха.

Муфты и заделки классифицируют по типам, маркам и маркоразмерам. Тип определяет область применения и назначение муфты или заделки, например: С - соединительная муфта; КВ - концевая муфта или заделка для внутренней установки. Марка муфты или заделки состоит из обозначения типа, материала и конструктивного исполнения, например:

ПСсл - соединительная муфта из самосклеивающихся лент для соединения кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 3, 6 или 10 кВ;

КВТп - концевая термоусаживаемая муфта внутренней установки для трехжильных кабелей с полимерной или бумажной пропитанной изоляцией напряжением до 10 кВ.

Для различных сечений кабелей марку муфты или заделки классифицируют в зависимости от габаритных размеров (маркочисел). Например: ПСсл-2-6 - второго маркочисла, для сечения жил 120-240 мм при напряжении 6 кВ; КВТп-3-10 - третьего маркочисла, для сечения жил 95-240 мм кабеля с полимерной или 120 - 240 мм с бумажной изоляцией при напряжении 6 кВ, а также 35 - 240 и 95 - 240 мм при напряжении 10 кВ.

Условные обозначения типов, марок и маркочисел муфт и заделок приведены в технической документации. В тех случаях, когда для одних и тех же условий предлагается несколько различных конструкций муфт, приводят указания по применению со следующей терминологией ПУЭ: следует применять - данная конструкция муфты или заделка является лучшей и обязательной к применению; рекомендуется - данная конструкция является одной из лучших, но не обязательной; этот же термин применяют к конструкциям муфт и заделок, рекомендуемым к эксплуатации в качестве установочных партий при отсутствии других решений; допускается - данная конструкция муфт и заделок является удовлетворительной, а в ряде случаев вынужденной; этот же термин применяют к опытно-промышленным конструкциям.

Оконцевание кабелей с целью их подключения к оборудованию выполняется с помощью концевых муфт; соединение отдельных кусков кабелей — с помощью соединительных кабельных муфт. Концевые муфты устанавливаются в начале и конце КЛ. Количество соединительных муфт на 1 км КЛ определяется строительной длиной кабеля. Муфты изготавливаются из различного материала.

Основным требованием, предъявляемым к кабельной муфте, является надежность ее работы. Поэтому муфта должна быть герметичной, влагостойкой, обладать механической и электрической прочностью, стойкостью к воздействию окружающей среды. В наибольшей степени этим требованиям удовлетворяют муфты горячей (термоусаживаемые) и холодной усадки, применяемые для кабелей с любой изоляцией.

Перед монтажом муфты конец кабеля разделяется. Операция разделки кабеля заключается в последовательном удалении с некоторым сдвигом всех слоев кабеля от наружной защитной оболочки до фазной изоляции токоведущей жилы (Рис.4.1 и 4.2). Размеры разделки зависят от напряжения, марки, сечения жил кабеля и приводятся в справочниках и монтажных инструкциях [13].

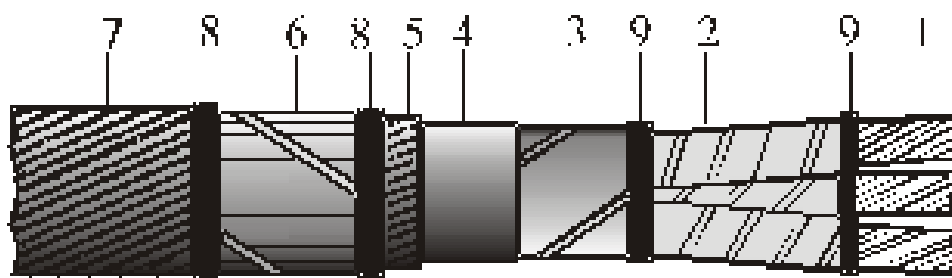


Рисунок 4.1 – Общий вид разделанного трехжильного кабеля с бумажной изоляцией:

- 1 — токопроводящие жилы;
- 2 — фазная изоляция;
- 3 — общая (поясная) изоляция;
- 4 — герметичная оболочка;
- 5 — подушка под броней;
- 6 — броня из стальных лент;
- 7 — наружный защитный покров;
- 8 — проволоочный бандаж;
- 9 — бандаж из ниток

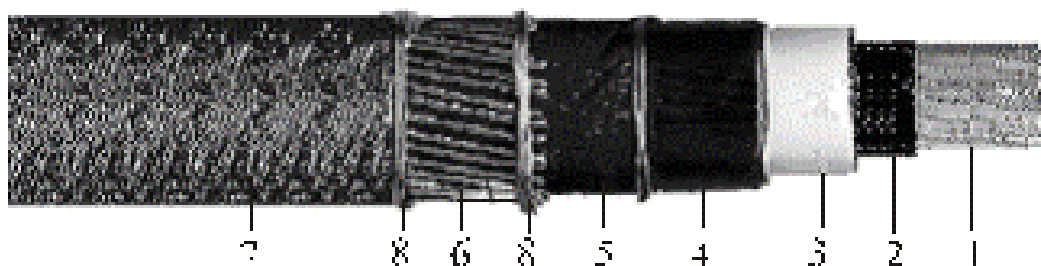


Рисунок 4.2 – Общий вид разделанного одножильного СПЭ кабеля:

- 1 — токопроводящая жила;
- 2 — экран из полупроводящей пластмассы;
- 3 — СПЭ изоляция;
- 4 — экран из полупроводящей пластмассы;
- 5 — водонабухающий слой;
- 6 — экран из медных проволок;
- 7 — наружная защитная пластмассовая оболочка;
- 8 — проволоочный бандаж

4.1.1 Виды и марки кабелей связи

Маркировка характеризует назначение кабеля и его конструкцию. По ней можно узнать, какая скрутка у этого кабеля, какой наружный защитный покров (при его наличии), сколько пар или четверок в кабеле, каков диаметр жил. Марки городских телефонных кабелей начинаются с буквы Т (телефонный).

Последующая буква характеризует покров или отсутствие его. Например, марка ТГ означает телефонный голый кабель, т. е. без брони поверх свинцовой оболочки, ТБ — с броней из стальных лент и т. д. Буквами обозначают также виды скруток и назначение кабеля, например, буква З означает, что кабель имеет звездную скрутку. Цифры в марке кабеля указывают его емкость, т. е. количество жил и их диаметр, а также вид скрутки, например, ТГ 100Х2Х0,5 означает: телефонный кабель парной скрутки со свинцовой оболочкой емкостью в 100 пар жил диаметром 0,5 мм.

Кабели со звездной скруткой выпускают следующих марок:

ТЗГ- в свинцовой оболочке, голый, предназначен для прокладки телефонной канализации;

ТЗБ- в свинцовой оболочке, бронированный стальными лентами, поверх которых имеется джутовый покров, предназначен для прокладки в земле;

ТЗБГ- в свинцовой оболочке, бронированный стальными лентами, с противокоррозионной защитой, предназначен для прокладки в агрессивных грунтах;

ТЗК- в свинцовой оболочке, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками, с защитным наружным покровом из джута, предназначен для прокладки через водные преграды.

Например, маркировка кабеля ТЗГ 7Х4Х0,8, означает телефонный кабель звездной скрутки со свинцовой оболочкой с бумажно-кордельной изоляцией, емкостью в семь четверок жил диаметром 0,8 мм.

Кабели телефонные:

Для прокладки в подземных сооружениях, по стенам зданий и подвески на воздушных линиях связи чаще всего применяют кабель ТГ с диаметром жил 0,4; 0,5 и 0,7 мм; жилы изолированы сплошным слоем бумажной массы или бумажной лентой, наложенной по спирали с перекрытием одного витка другим на 20%, и скручены в пары с шагом не более 250 мм.

Две изолированные жилы, образующие одну пару, обмотаны хлопчатобумажной нитью, что облегчает разборку кабеля по парам во время монтажа. В каждой паре изоляция одной жилы желтого цвета, а другой — красного или синего. В каждом повиве имеется одна контрольная пара, изоляция которой отличается от других жил цветом. Повив от повива отделяется хлопчатобумажной пряжей. Кабель выпускают емкостью от 10 до 1200 пар кусками длиной не менее 100 м, называемой строительной.

На городских и сельских телефонных сетях используют кабели с пластмассовой изоляцией и оболочкой, причем оболочка может быть как полиэтиленовая ТПП, так и поливинилхлоридная ТПВ, а изоляция жил только полиэтиленовая. Жилы кабеля медные диаметром 0,32; 0,4; 0,5; 0,7 мм. Скрутка жил бывает парная и четверочная, а сердечника — повившая и пучковая. Поверх скрученного сердечника накладывают поясную изоляцию из полиэтиленовых лент, затем алюминиевую ленту (экран), под которой

прокладывают луженую проволоку диаметром 0,5 мм. Кабели ТПВ и ТПП выпускают емкостью от 5 до 600 пар или от 5 до 300 четверок.

Маркировка телефонных кабелей следующая:

ТПП- телефонный с полиэтиленовой изоляцией жил и в полиэтиленовой оболочке, предназначен для прокладки в канализации, внутри и снаружи зданий, а также для подвески на опорах;

ТПВ-телефонный с полиэтиленовой изоляцией и в поливинилхлоридной оболочке, предназначен для прокладки внутри и снаружи зданий,

Кабель ТПП, предназначенный для прокладки в грунте, бронируется стальными лентами и имеет маркировку ТППБ.

Поверх брони для защиты от коррозии наложен ДЖУТОВЫЙ покров.

Для подвески на воздушных линиях связи можно использовать кабель ТППт, который по конструкции аналогичен кабелю ТПП, отличается тем, что имеет самонесущий трос, опрессованный вместе с сердечником в общую полиэтиленовую оболочку и выполненный из семи стальных оцинкованных проволок. Кабель выпускают с диаметром жил 0,5 и 0,7 мм, скрутка которых парная, а сердечника— пучковая. На сердечник наложен экран из гофрированной алюминиевой ленты. Емкость кабеля от 5 до 100 пар или от 5 до 50 четверок.

Кабели парной скрутки ТБ, ТВГ и ТК аналогичны по конструкции кабелю ТГ, но в зависимости от назначения имеют различные броневые покровы:

ТБ- в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, с наружным джутовым покровом, предназначен для прокладки в земле;

ТБГ- в свинцовой оболочке, бронированный двумя стальными лентами, покрытыми вязким компаундом или лаком, предназначен для укладки в шахтах и туннелях;

ТК- в свинцовой оболочке, бронированный стальными оцинкованными круглыми проволоками с наружным покровом, предназначен для прокладки через водные преграды.

Кабели магистральные высокочастотные:

На телефонных сетях, где применяется аппаратура высокочастотного уплотнения цепей, используют высокочастотные кабели типа МКС с кордельно-полистрольной изоляцией в свинцовой, алюминиевой или стальной гофрированной оболочке емкостью четыре и семь четверок. Кроме того, выпускают одночетверочные в алюминиевой оболочке.

Кабели в свинцовой оболочке могут иметь сигнальные жилы диаметром 0,9 мм: при емкости 4Х4 - 5 жил, при 4Х7 - жил. Сердечник кабелей состоит из звездных четверок с медными жилами диаметром 1,2 мм. Две жилы в четверке, расположенные по диагонали, образуют рабочую пару. Изоляция жил первой пары четверки красного и желтого цвета, второй пары - синего и зеленого. Конец кабеля, у которого цвета изоляции жил в четверке чередуются

по часовой стрелке - красный, зеленый, желтый, синий, называется концом А. На барабане он является верхним.

Под лентами поясной изоляции или между ними проложена мерная лента из кабельной бумаги, на которой через 200 мм нанесены товарный знак предприятия-изготовителя, год изготовления кабеля и деления с цифрами, указывающими длину кабеля.

Маркировка магистральных кабелей следующая:

МКСГ- магистральный кабель связи в свинцовой оболочке, голый;

МКСБ- то же, но бронированный стальными лентами с защитным наружным слоем;

МКСБГ- то же, бронированный стальными лентами с противокоррозионной защитой;

КСК- то же, бронированный стальными круглыми оцинкованными проволоками с защитным наружным слоем;

МКСБВ- то же, в свинцовой оболочке со слоем полихлорвинилового пластика, бронированный стальными лентами с защитным наружным слоем;

Например, маркировка кабеля МКСБ 7Х4Х1,2 означает: магистральный кабель с семью четверками и токопроводящими жилами диаметром 1,2 мм. Кабели типа МКС в алюминиевой оболочке, покрытой полиэтиленовым шлангом, маркируют МКСЛШп или МКСАБп (бронированный стальными лентами с наружным джутовым покровом), в стальной гофрированной оболочке -МКССШп.

Маркировка магистральных кабелей:

На ГТС в качестве соединительных межстанционных линий применяют стандартизированный коаксиальный кабель следующих марок:

КМГ-4- в свинцовой оболочке;

КМБ-4- то же, но бронированный двумя стальными лентами;

КМК-4- то же, бронированный круглыми стальными оцинкованными проволоками.

Кабель КМ-4 состоит из четырех коаксиальных пар типа 2,6/9,4 и пяти четверок звездной скрутки. Каждая коаксиальная пара, состоящая из медного проводника диаметром 2,6 мм и внешнего проводника в виде медной трубки диаметром 9,4 мм с одним швом «молния», изолирована полиэтиленовыми шайбами толщиной 2,2 мм, расстояния между которыми 25 мм. На внешний проводник накладывают экран в виде двух стальных лент толщиной 0,15— 0,2 мм, а затем два слоя кабельной бумаги.

Служебные четверки имеют медную токопроводящую жуюду диаметром 0,9 мм, изоляция которой воздушно-бумажная или полиэтиленовая.

ТГ, ТПП, ТППЭп, ТППЭпБ, ТППЭпЗ, ТППЭпЗБ, ТППЭпЗБбШп.

На междугородных линиях применяются основные типы кабелей: ТЗ, ТДС, МКС, ЗК, КС, КМ, МКТ-4, ВКПА [11].

4.1.2 Соединение жилы кабелей

Оптоволокно - наиболее быстрая на сегодняшний день технология передачи информации в сети интернет. Структура оптического кабеля отличается определёнными особенностями: такой провод состоит из маленьких очень тонких проводков, ограждённых специальным покрытием, которое отделяет один проводок от другого. По каждому проводку передаётся свет, который передаёт данные. Оптический кабель способен передавать одновременно данные, кроме интернет-соединения, также телевидения и стационарного телефона. Потому оптоволоконная сеть позволяет пользователю совмещать все 3 услуги одного провайдера, подключая роутер, ПК, телевизор и телефон к единому кабелю.

Другое название оптоволоконного подключения - фиброоптическая связь. Такая связь даёт возможность передавать данные при помощи лазерных лучей на расстояния, измеряемые сотнями километров. Оптический кабель состоит из мельчайших волокон, диаметр которых составляет тысячные доли сантиметра. Эти волокна передают оптические лучи, которые переносят данные, проходя через сердечник каждого волокна, состоящий из кремния. Оптические волокна дают возможность установить соединение не только между городами, но и между странами и континентами.

Связь по интернету между разными материками поддерживается через оптоволоконные кабели, проложенные по океанскому дну.

Оптоволоконный интернет.

Благодаря оптическому кабелю можно настраивать высокоскоростное интернет-соединение, которое играет огромную роль в сегодняшнем мире. Оптоволоконный провод является самой прогрессивной технологией передачи данных по сети. Плюсы оптического кабеля: Долговечность, высокая пропускная способность, способствующая быстрой передаче данных. Безопасность передачи данных - оптоволокно даёт возможность программам моментально обнаруживать несанкционированный доступ к данным, поэтому доступ к ним для злоумышленников почти исключён. Высокая защищённость от помех, хорошее подавление шума.

Особенности строения оптического кабеля делают скорость передачи данных через него в несколько раз выше, чем скорость передачи данных через коаксиальный кабель. Прежде всего это относится к видеофайлам и аудиофайлам.

При подключении оптоволоконна можно организовать систему, реализующую некоторые дополнительные опции, например, видеонаблюдение. Однако самым главным достоинством оптоволоконного кабеля является его способность установить соединение объектов, удалённых друг от друга на огромное расстояние. Это возможно благодаря тому, что у оптического кабеля отсутствуют ограничения по длине каналов. Как подключить оптоволоконный интернет? Сначала следует просто убедиться в том, что оптический кабель подведён к дому. Затем нужно заказать подключение к интернету у провайдера. Последний должен сообщить данные,

обеспечивающие подключение. Потом нужно выполнить настройку оборудования.

Она осуществляется так: Терминал оборудован специальным гнездом, позволяющим соединяться с компьютером и соединять роутер с интернетом. Кроме того, терминал имеет 2 дополнительных гнезда, позволяющих подключить к оптоволоконному соединению аналоговый домашний телефон, а также ещё несколько гнезд предусмотрены для подключения телевидения. (он же волоконно-оптический) - это принципиально иной тип кабеля по сравнению с другими типами электрических или медных кабелей. Информация по нему передается не электрическим сигналом, а световым. Главный его элемент - это прозрачное стекловолокно, по которому свет проходит на огромные расстояния (до десятков километров) с незначительным ослаблением.

Структура оптоволоконного кабеля очень проста и похожа на структуру коаксиального электрического кабеля, только вместо центрального медного провода здесь используется тонкое (диаметром порядка 1-10 мкм) стекловолокно, а вместо внутренней изоляции - стеклянная или пластиковая оболочка, не позволяющая свету выходить за пределы стекловолокна. В данном случае мы имеем дело с режимом так называемого полного внутреннего отражения света от границы двух веществ с разными коэффициентами преломления (у стеклянной оболочки коэффициент преломления значительно ниже, чем у центрального волокна).

Металлическая оплетка кабеля обычно отсутствует, так как экранирование от внешних электромагнитных помех здесь не требуется, однако иногда ее все-таки применяют для механической защиты от окружающей среды (такой кабель иногда называют броневым, он может объединять под одной оболочкой несколько оптоволоконных кабелей). Обладает исключительными характеристиками по помехозащищенности и секретности передаваемой информации. Никакие внешние электромагнитные помехи в принципе не способны исказить световой сигнал, а сам этот сигнал принципиально не порождает внешних электромагнитных излучений. Подключиться к этому типу кабеля для несанкционированного прослушивания сети практически невозможно, так как это требует нарушения целостности кабеля.

Теоретически возможная полоса пропускания такого кабеля достигает величины 10¹² Гц, что несравнимо выше, чем у любых электрических кабелей. Стоимость оптоволоконного кабеля постоянно снижается и сейчас примерно равна стоимости тонкого коаксиального кабеля. Однако в данном случае необходимо применение специальных оптических приемников и передатчиков, преобразующих световые сигналы в электрические и обратно, что порой существенно увеличивает стоимость сети в целом. Типичная величина затухания сигнала в оптоволоконных кабелях на частотах, используемых в локальных сетях, составляет около 5 дБ/км, что примерно соответствует показателям электрических кабелей на низких частотах. Но в

случае оптоволоконного кабеля при росте частоты передаваемого сигнала затухание увеличивается очень незначительно, и на больших частотах (особенно свыше 200 МГц) его преимущества перед электрическим кабелем неоспоримы, он просто не имеет конкурентов. Однако оптоволоконный кабель имеет и некоторые недостатки.

Самый главный из них - высокая сложность монтажа (при установке разъемов необходима микронная точность, от точности скола стекловолокна и степени его полировки сильно зависит затухание в разъеме). Для установки разъемов применяют сварку или склеивание с помощью специального геля, имеющего такой же коэффициент преломления света, что и стекловолокно. В любом случае для этого нужна высокая квалификация персонала и специальные инструменты.

Поэтому чаще всего оптоволоконный кабель продается в виде заранее нарезанных кусков разной длины, на обоих концах которых уже установлены разъемы нужного типа. Хотя оптоволоконные кабели и допускают разветвление сигналов (для этого выпускаются специальные разветвители на 2-8 каналов), как правило, их используют для передачи. Ведь любое разветвление неизбежно сильно ослабляет световой сигнал, и если разветвлений будет много, то свет может просто не дойти до конца сети. Оптоволоконный кабель менее прочен, чем электрический, и менее гибкий (типичная величина допустимого радиуса изгиба составляет около 10-20 см).

Чувствителен он и к ионизирующим излучениям, из-за которых снижается прозрачность стекловолокна, то есть увеличивается затухание сигнала. Чувствителен он также к резким перепадам температуры, в результате которых стекловолокно может треснуть. В настоящее время выпускаются оптические кабели из радиационно стойкого стекла (стоят они, естественно, дороже).

Оптоволоконные кабели чувствительны также к механическим воздействиям (удары, ультразвук) - так называемый микрофонный эффект. Для его уменьшения используют мягкие звукопоглощающие оболочки. Применяют оптоволоконный кабель только в сетях с топологией «звезда» и «кольцо». Никаких проблем согласования и заземления в данном случае не существует. Кабель обеспечивает идеальную гальваническую развязку компьютеров сети.

В будущем этот тип кабеля, вероятно, вытеснит электрические кабели всех типов или, во всяком случае, сильно потеснит их. Запасы меди на планете истощаются, а сырья для производства стекла более чем достаточно. Существуют два различных типа оптоволоконных кабелей: Многомодовый, или мультимодовый, кабель, более дешевый, но менее качественный; Одномодовый кабель, более дорогой, но имеющий лучшие характеристики. Различия между этими типами связаны с разным режимом прохождения световых лучей в кабеле.

В одномодовом кабеле практически все лучи проходят один и тот же путь, в результате чего все они достигают приемника одновременно, и форма

сигнала практически не искажается. Одномодовый кабель имеет диаметр центрального волокна около 1,3 мкм и передает свет только с такой же длиной волны (1,3 мкм). Дисперсия и потери сигнала при этом очень незначительны, что позволяет передавать сигналы на значительно большее расстояние, чем в случае применения многомодового кабеля. Для одномодового кабеля применяются лазерные приемопередатчики, использующие свет исключительно с требуемой длиной волны. Такие приемопередатчики пока еще сравнительно дороги и не слишком долговечны. Однако в перспективе одномодовый кабель должен стать основным благодаря своим прекрасным характеристикам.

В многомодовом кабеле траектории световых лучей имеют заметный разброс, в результате чего форма сигнала на приемном конце кабеля искажается. Центральное волокно имеет диаметр 62,5 мкм, а диаметр внешней оболочки - 125 мкм (это иногда обозначается как 62,5/125). Для передачи используется обычный (не лазерный) светодиод, что снижает стоимость и увеличивает срок службы приемопередатчиков по сравнению с одномодовым кабелем. Длина волны света в многомодовом кабеле равна 0,85 мкм. Допустимая длина кабеля достигает 2-5 км.

В настоящее время многомодовый кабель - основной тип оптоволоконного кабеля, так как он дешевле и доступнее. Задержка распространения сигнала в оптоволоконном кабеле не сильно отличается от задержки в электрических кабелях. Типичная величина задержки для наиболее распространенных кабелей составляет около 4-5 нс/м. В настоящее время волоконно-оптические линии связи прочно занимают свои позиции и интенсивно развиваются.

Стремительными темпами идет замена кабелей с медными жилами на волоконно-оптические кабели на всех участках сетей. На смену традиционным кабелям связи с медными жилами, приходят волоконно-оптические волноводы, в которых носителем информации являются электромагнитные волны инфракрасного диапазона. Передача информации по волоконно-оптическим кабелям осуществляется по принципу полного внутреннего отражения. Отражение достигается за счет защитного покрытия, накладываемого на оптическое волокно (сердцевину), на этой границе луч полностью отражается и распространяется по волноводу [10].

В связи с ростом требований, предъявляемых к телекоммуникационным сетям, применение оптоволоконной технологии становится незаменимой. Для того, чтобы спроектировать трассу прохождения волоконно-оптической линии связи и выбрать нужный тип кабеля, необходимо знать условия эксплуатации, конструкцию кабеля и его технические параметры. Спрос на компоненты волоконно-оптических линий связи постоянно увеличивается. Динамика роста наблюдается не только в сегменте магистральных сетей, которые строят операторы связи.

Стабильное увеличение количества оптических инсталляций заметно и в сфере структурированных кабельных систем, что объясняется, в первую

очередь, развитием информационных технологий. Уже сегодня закладывается основа для построения высокоскоростных оптических линий передачи с возможностью работы на скорости 10 Гбит/с. Востребованными становятся приложения, в которых осуществляется интеграция голоса, данных и видео, где также наилучшим решением является волоконная оптика.

В настоящее время имеется большое количество конструкций ВОК, ориентированных на различные условия применения (прокладка внутри зданий, в телефонной канализации или в грунте, оптический кабель может быть проложен по опорам железных дорог.

4.1.3 Коррозии металлических оболочек кабелей

Для любого кабеля важными характеристиками являются предел его прочности на разрыв, устойчивость к сжимающим и изгибающим усилиям, гибкость, защищенность от внешних воздействий, диапазон рабочих температур, срок службы и т.д. Величина этих характеристик зависит от конкретного применения кабеля. Так, ОК для наружного применения находится в экстремальных условиях. Он противостоит изменяющимся температурным условиям, налипанию льда, сильному ветру и грызунам, повреждающим его при подземной прокладке. Очевидно, что он должен быть прочнее кабеля, соединяющего оборудование внутри здания и работающего в контролируемых условиях.

Остановимся на основных элементах волоконно-оптического кабеля.

На рисунке 4.3 предоставлены основные компоненты простого оптического кабеля с одним волокном. Конструкция кабеля может быть достаточно разнообразной, но общими являются следующие компоненты:

- оптическое волокно;
- буферная оболочка (ПЗО);
- силовой элемент;
- внешняя оболочка.



Рисунок 4.3 – . Конструкция волоконно-оптического кабеля

Конструкция сердечника оптического кабеля. Как правило, сердечник оптического кабеля образуется из одного или нескольких элементов, в состав которых входят оптические волокна. Чтобы определить конструкцию сердечника кабеля или выбрать конструкцию элемента с оптическими волокнами, необходимо учитывать требования прокладки кабеля и монтажа волокон. Требуемое количество волокон в рассматриваемом кабеле и его применение определяют выбор типа конструкции элемента с оптическими волокнами.

Конструкция волоконно-оптических кабелей подразделяется на:

- кабели с одним элементом, в состав которых входит только один элемент с оптическими волокнами;
- кабели с несколькими элементами, в состав которых входит несколько элементов с оптическими волокнами.

Конструкция сердечника в кабелях с одним элементом соответствует элементам из оптических волокон, рассматриваемых на рисунке 4.4.

Кабели с несколькими элементами конструируются посредством наматывания на центральный силовой элемент (СЭ) нескольких элементов с оптическими волокнами или свободного размещения нескольких объединенных элементов с оптическими волокнами в одной трубке, которая имеет оболочку с силовыми элементами. Если центральный силовой элемент в ОК не обеспечивает достаточной прочности конструкции, то поверх сердечника кабеля могут быть наложены дополнительные силовые элементы. При наличии в ОК двух слоев наружного СЭ, каждый из них накладывается в своем направлении, что препятствует возникновению крутящего момента при прокладке кабеля.

Примеры конструкций кабеля с несколькими элементами с оптическими волокнами представлены на рисунке 4.5.

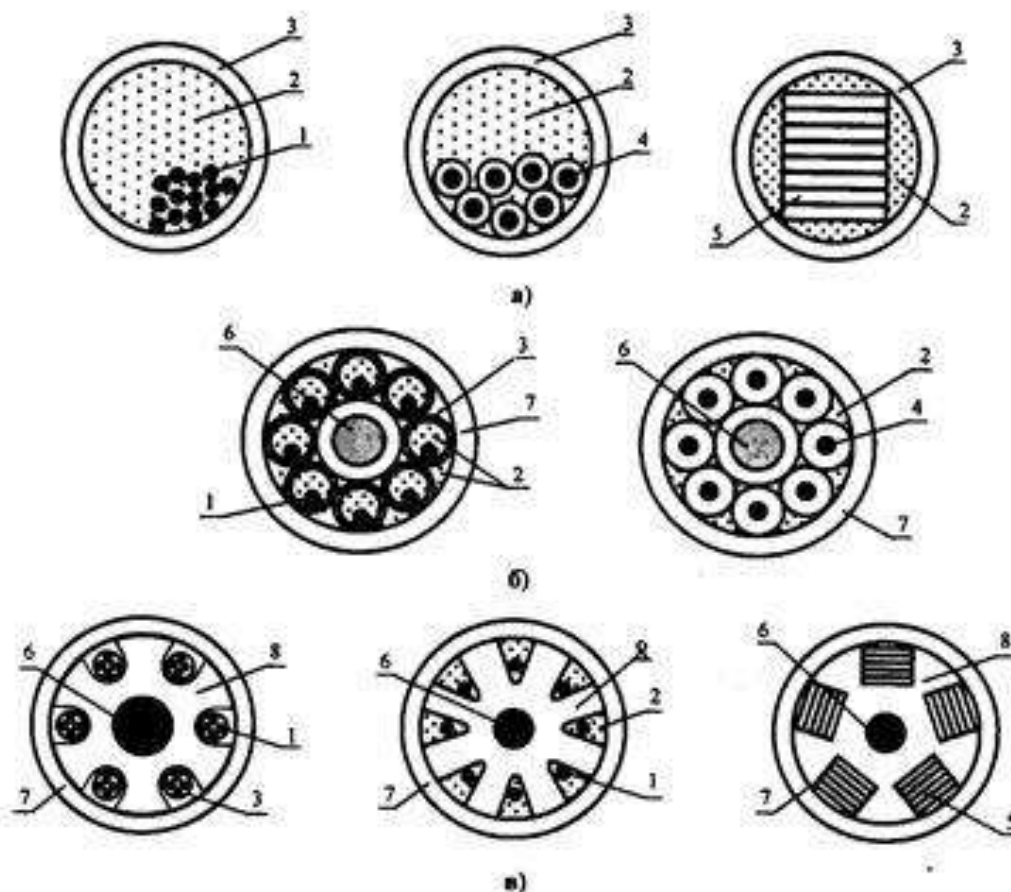


Рисунок 4.4 – Конструкции элементов сердечника:

- а- с одной трубкой;
- б - многослойная;
- в - с использованием профилированного сердечника:
- 1 - оптическое волокно;
- 2 - гидрофобный наполнитель;
- 3 - полимерная трубка;
- 4 - оптическое волокно в плотном защитном покрытии;
- 5 - лента с волокнами;
- 6 - силовой элемент;
- 7 - защитная оболочка;
- 8 - профилированный сердечник

Силовые элементы волоконно-оптического кабеля.

Для выбора силовых элементов, в первую очередь, следует определить необходимую нагрузку на растяжение, учитывая вес кабеля, его конструкцию, диапазон температур окружающей среды и условия прокладки кабеля (прокладывается ли кабель в кабельной канализации, непосредственно в грунте, подвергается ли он изгибаниям и т. п.) [11].

Силовые элементы должны обеспечивать достаточную прочность кабеля, чтобы деформация волокон не превышала допустимого предела с учетом динамической деформации, вносимой в процессе работы с кабелем.

При максимальной нагрузке силовые элементы должны оставаться эластичными, позволяя при уменьшении растяжения кабеля сохранить длительную остаточную деформацию ниже допустимой

Выбор силовых (армирующих) элементов и их расположение является важной проблемой, во многом определяющей надежность оптических кабелей.

Некоторые требования к прокладке ОК могут определять, где именно должны размещаться силовые элементы внутри кабеля, например: подготовка кабеля и сращивание волокон; сращивание оболочки; устройства для протяжки кабеля; геометрические размеры кабеля.

До тех пор, пока деформация волокна удерживается в допустимых пределах, можно применять силовые элементы любых типов. Поскольку жесткость сплошного провода пропорциональна величине его диаметра в четвертой степени, то при больших диаметрах необходимо использовать скрученные провода, или неметаллические силовые элементы.

Металлический силовой элемент может располагаться в центре сердечника или на периферии ОК. В качестве центрального силового элемента (ЦСЭ) может использоваться стальной провод или трос диаметром от 2 до 3,5 мм. На периферии кабеля металлический силовой элемент располагается в виде проволок, вмонтированных в оболочку. Металлический силовой элемент может располагаться и вне кабеля. Силовой элемент и кабель могут соединяться в процессе наложения оболочки и образовывать конструкцию в виде восьмерки.

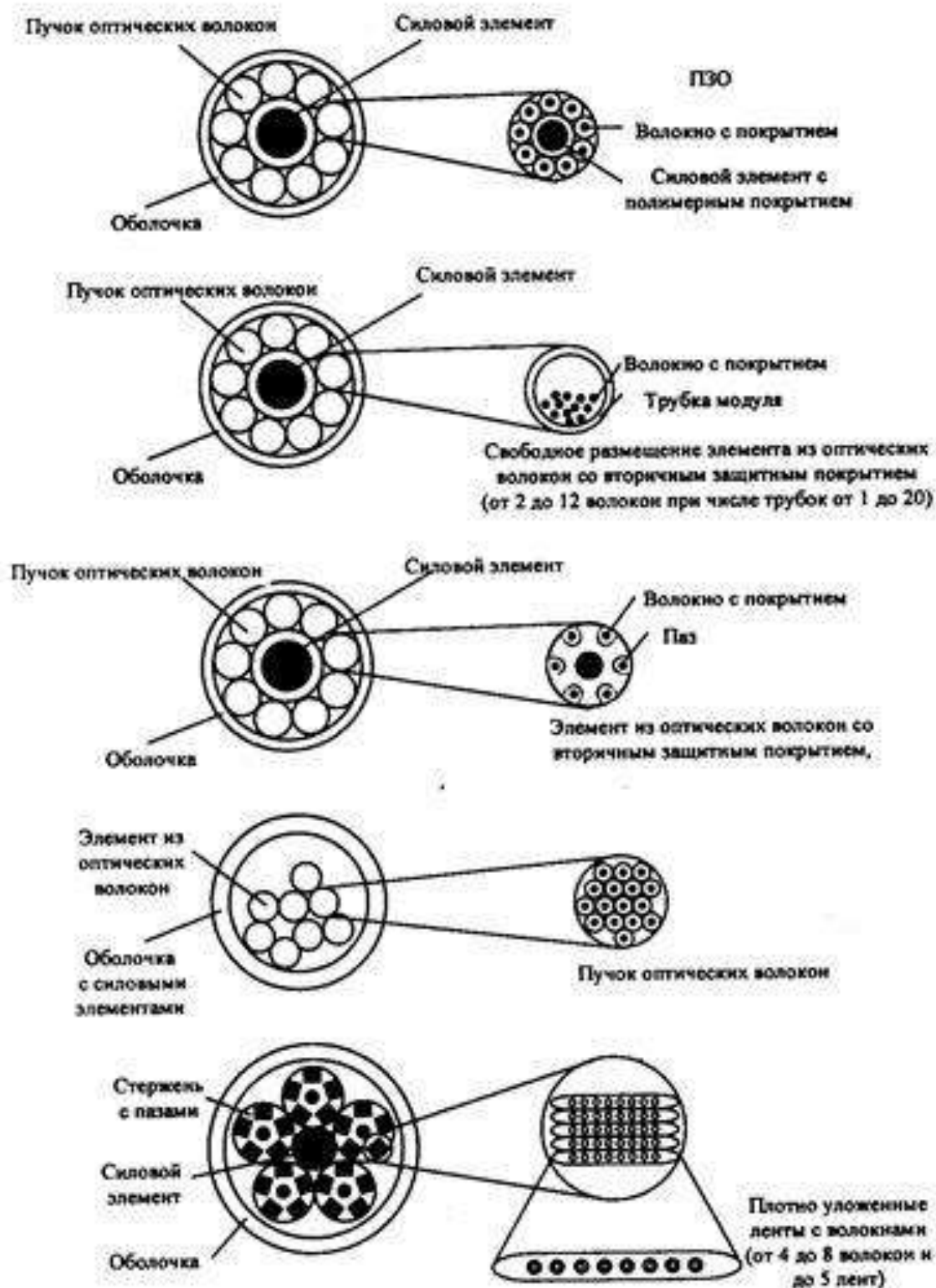


Рисунок 4.5 – Конструкции ОК с несколькими элементами с ОВ

4.1.4 Техника безопасности при монтаже медного кабеля

Все работы по техническому обслуживанию электроустановок, проведению в них переключений, выполнению строительных, монтажных,

наладочных, ремонтных работ, испытаний и измерений должны проводиться в соответствии с Межотраслевыми правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок, а так же в соответствии с целым рядом других Правил и инструкций.

Перед началом проведения работ должен быть выполнен комплекс организационных и технических мероприятий.

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работ в электроустановках, являются: оформление работ нарядом, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации; допуск к работе; надзор во время работы; оформление перерыва в работе, перевода на другое место, окончания работы.

При подготовке рабочего места со снятием напряжения должны быть в указанном порядке выполнены следующие технические мероприятия:

- произведены необходимые отключения и приняты меры, препятствующие подаче напряжения на место работы вследствие ошибочного или самопроизвольного включения коммутационных аппаратов;

- на приводах ручного и на ключах дистанционного управления коммутационных аппаратов должны быть вывешены запрещающие плакаты;

- проверено отсутствие напряжения на токоведущих частях, которые должны быть заземлены для защиты людей от поражения электрическим током;

- наложено заземление (включены заземляющие ножи, а там, где они отсутствуют, установлены переносные заземления);

- вывешены указательные плакаты «Заземлено», ограждены при необходимости рабочие места и оставшиеся под напряжением токоведущие части, вывешены предупреждающие и предписывающие плакаты.

При производстве работ на кабельных линиях необходимо соблюдать целый ряд специфических требований. Вот некоторые основные из них.

Применение землеройных машин, отбойных молотков, ломов и кирок для рыхления грунта над кабелем допускается производить на глубину, при которой до кабеля остается слой грунта не менее 30 см. Остальной слой грунта должен удаляться вручную лопатами [12].

Перед началом раскопок кабельной линии должно быть произведено контрольное вскрытие линии.

В зимнее время к выемке грунта лопатами можно приступать только после его отогревания. При этом приближение источника тепла к кабелям допускается не ближе чем на 15 см.

При рытье траншей в слабом или влажном грунте, когда есть угроза обвала, их стены должны быть надежно укреплены.

В сыпучих грунтах работы можно вести без крепления стен, но с устройством откосов, соответствующих углу естественного откоса грунта.

Грунт, извлеченный из котлована или траншеи, следует размещать на расстоянии не менее 0,5 м от бровки выемки. Разработка и крепление грунта в

выемках глубиной более 2 м должны производиться по плану производства работ.

В грунтах естественной влажности при отсутствии грунтовых вод и при отсутствии расположенных поблизости подземных сооружений рытье котлованов и траншей с вертикальными стенками без крепления разрешается на глубину не более: 1 м – в насыпных, песчаных и крупнообломочных грунтах; 1,25 м – в супесях; 1,5 м – в суглинках и глинах.

В плотных связанных грунтах траншеи с вертикальными стенками рыть роторными и траншейными экскаваторами без установки креплений допускается на глубину не более 3 м. В этих случаях спуск работников в траншеи не допускается. В местах траншеи, где необходимо пребывание работников, должны быть устроены крепления или выполнены откосы.

4.1.5 Виды, марка и способы применения муфт

Муфта волоконно оптическая – неотъемлемый элемент оптоволоконных линий связи вместе с кроссовым оборудованием. Во многом конструктивное исполнение этих элементов будет зависеть от особенности ВОЛС, поэтому оно определяется проектом. Учитывая принятые проектные решения, осуществляется основным назначением. Высокочастотные симметричные магистральные кабели МКС применяются на междугородных кабельных магистралях и соединительных линиях ГТС.

Кабели оборудуются (уплотняются) системами передачи К-60, КРР 30/60, КАМА, ИКМ-120, ИКМ-480. Жилы кабелей диаметром 1,2 мм изолированы кордель-но-полистирольной (стирофлексной) изоляцией. Кабели поставляются емкостью 1Х4, 4Х4 и 7Х4 в свинцовых, алюминиевых и стальных гофрированных оболочках с различными защитными покрытиями; марки кабелей МКСГ, МКСГШп, МКСАШп, МКССтШп, МКСБ, МКСБШп, МКСБГ, МКСК, МКСБл, МКСБпШп, МКСКл (с покрытиями типа Бл, Шп, Кл) и др.

Магистральные кабели МК используются с системой передачи (уплотнения) К-60 и применяются для организации по одной и той же линии магистральных, внутриобластных и служебных связей, а также передачи программ вещания. Однородные кабели изготавливаются с жилами диаметром 1,2 мм, емкостью 3Х4, 4Х4 и 7Х4, а комбинированные с высокочастотными, низкочастотными и экранированными элементами — с диаметрами жил последних 1,4 мм. Кабели поставляются следующих марок: МКГ, МКБ, МКБГ, МКК, МКБл и МККл.

Зоновые кабели ЗК, одночетверочные с жилами диаметром 1,2 мм, изолированными одним сплошным концентрическим слоем полиэтилена, изготавливаются марок: ЗКП, ЗКВ, ЗКПБ, ЗКВБ, ЗКПК, ЗКВК, ЗКПАШп, ЗКПАБп, ЗКПАКпШп (Рис.4.6).

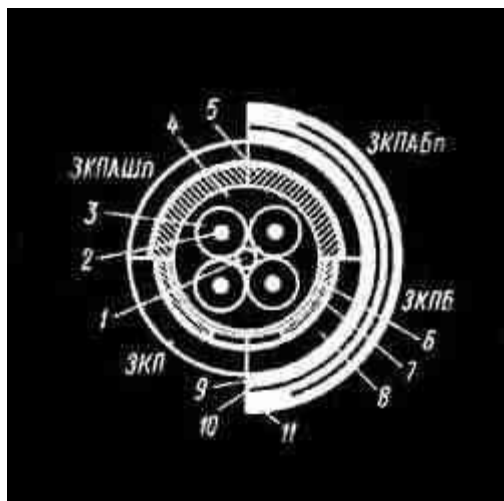


Рисунок 4.6 –
Кабель зонный типа ЗК:
1 - кордель- сердечник,
2- медная жила,
3- полиэтиленовая изоляция,
4- заполнение,
5- алюминиевая
оболочка (ЗКПА),
6- экранные ленты,
7- битумный состав,
8- шланг,
9- подушка,
10- стальные ленты,
11 - наружный покров

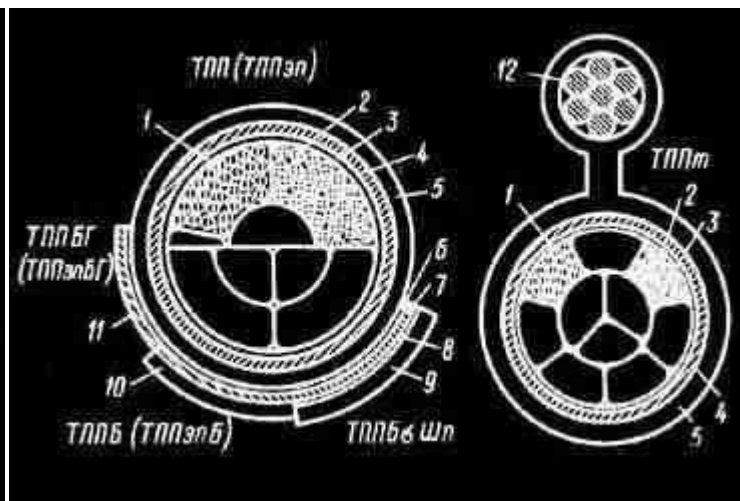


Рисунок 4.7 –
Кабели ГТС в полиэтиленовой оболочке и с
встроенным тросом:
1 - пара жил,
2- четверка,
3- поясная изоляция,
4- экран из алюминиевой ленты,
5- полиэтиленовая оболочка,
6- подушка,
7- стальные ленты,
8- подклеивающий битумный слой,
9- полиэтиленовый шланг,
10- наружный покров,
11 - броня из стальных оцинкованных лент,
12-стальной трос

Кабели сельской связи КСПП (Рис.4.7) емкостью 1Х4 с жилами 0,9 и 1,2 мм и емкостью 4Х4 с жилами диаметром 0,9 мм предназначены для межстанционных связей сельских телефонных сетей с уплотнением до 550 и 120 кГц и выпускаются марок: КСПП, КСППБ, КСППК, КСППт, КСППБт (с встроенным тросом). Для абонентских линий сельской связи поставляются кабели ПРПВМ-1Х2 и ПРПВА-1Х2 с жилами диаметром 0,8—1,6 мм.

Городские телефонные кабели типа ТГ, ТПП и ТПВ предназначены для прокладки и подвески на межстанционных, магистральных и распределительных участках сети. Кабели изготавливают с медными жилами диаметром 0,32; 0,4; 0,5; 0,6 и 0,7, повивной и четверочной скрутки.

Емкости кабелей различных марок следующие: ТГ-10 — 1600Х2, ТБ и ТБГ-10 — 600Х2, ТК-20 - 600Х2, ТПП-10 — 2400Х Х2 и ТПВ-10 — 100Х2. Помимо перечисленных поставляют кабели ТППБ, ТППБГ, ТПВБГ, ТПЭПЗ, ТПС и др.

Существуют и другие типы кабелей, используемые на различных участках линий связи и радиофикации.

Электрические свойства кабелей определяются их электрическими характеристиками (или параметрами). Сопротивление постоянному току медной жилы диаметром 0,32 мм при температуре 20° С составляет 216 Ом км, диаметром 1,2 мм - 15,8 Ом км.

Сопротивление изоляции каждой жилы кабеля по отношению ко всем остальным жилам, соединенным с металлической оболочкой или экраном, при той же температуре должно быть, не менее: 4000 - 5000 МОм км для кабелей с воздушно-бумажной изоляцией, 10000 МОм км — с кордельно-бумажной изоляцией и 20000 МОм км - со сплошной полиэтиленовой изоляцией толщиной 1,1 мм. Коаксиальные кабели КМ-4 имеют сопротивление внутреннего проводника 3,7 Ом км и сопротивление изоляции между внутренним и внешним проводниками - 10000 МОм км, а кабели типа МКТ соответственно 15,85 Ом км и 10000 МОм км.

В зависимости от назначения, материала, конструкции, защитных покровов, емкости (количества жил - пар и четверок) все кабели маркируют начальными буквами наименований и цифрами. Буквы означают: Т - телефонный, М - магистральный (междугородный), МК — магистральный кабель, ДС - дальней связи, К.- коаксиальный, Э - экранированный, Р - радиочастотный, ЗК -зоновый кабель, З - звезда (звездная скрутка), Г - голый (в свинцовой оболочке), А - алюминиевая (оболочка), Ст- стальная (гофрированная оболочка), П - полиэтиленовая оболочка и полиэтиленовая изоляция жил, В -поливинилхлоридная (виниловая оболочка), Шп- шланг полиэтиленовый, С - стирофлексный (полистирольный), Б - бронированный и т.д.

Однако некоторые буквы имеют не однозначное значение, так, например, буква К означает: кабель, коаксиальный, комбинированный, круглые проволоки брони; П- полиэтиленовая оболочка и изоляция жил, плоские проволоки брони и т.п. В таких случаях наименование кабелей определяются точно по ГОСТу.

После буквенных обозначений кабелей добавляются цифры, означающие емкость кабеля - количество жил пар и четверок со знаком умножения (1Х2, 10Х2, 1200Х2, 1Х4, 7Х4, 114Х4) и диаметр жил (0,32; 0,5; 0,7; 0,9; 1,4 мм).

[18].

В рядах оптических муфт эталонами могут и должны служить только те муфты, которые полностью соответствуют предъявляемым к ним требованиям, это «Правила применения муфт для монтажа кабелей связи».

Оптический кабель любой конструкции можно смонтировать в любой оптической муфте. Точнее, в любой муфте можно срастить волокна сваркой и уложить сварные соединения и запасы волокон в кассетах внутри муфты. Но загерметизировать вводы кабелей разных диаметров, обеспечить их продольную герметизацию, соединить или изолировать броню, соединить экраны алюмополиэтиленовых оболочек, вывести провода КИП, можно только в специализированных муфтах, имеющих для этого особые элементы

внутри корпуса и комплекты дополнительных внутренних и внешних деталей, устройств и приспособлений.

При этом нужно иметь в виду и то, что задача муфты не только позволить разместить в ней сросток волокон двух или нескольких кабелей, но и обеспечивать безопасность этого сростка в течение последующих 25-ти лет. А также обеспечивать возможность быстро находить и устранять повреждения через пять, десять и более лет после первоначального монтажа муфты.

Поэтому оптические муфты, являются специализированными устройствами оснащёнными элементами, выполняющими определённые функции при первоначальном монтаже и при последующей многолетней эксплуатации муфты в колодце, в котловане или на опоре.

Специализация предполагает чёткую классификацию муфт и присвоение им квалификационных характеристик, отражающих их оснащение и возможности. Необходим и признаваемый всеми классификатор, позволяющий оценивать возможности муфт и выбирать их при проектировании и строительстве линий.

Муфты должны быть устойчивы к воздействию температур:

а) типы 1, 2, 4, 5 – от минус 40 до 50° С (муфты для подводных и подземных кабелей);

б) тип 3 – от минус 60 до 70° С (муфты, устанавливаемые на открытом воздухе);

в) тип 6 – от 5 до 50° С (муфты, предназначенные для аварийно-восстановительных работ – от минус 30° С).

Предлагается ввести ряд определений, классифицирующих оптические муфты по способу монтажа. Большинство определений будет понятно всем связистам-линейщикам, кто использовал традиционные муфты на кабелях с металлическими жилами.

Например, на магистральных и внутризоновых кабелях с металлическими жилами по способу монтажа различались муфты прямые, разветвительные, симметрирующие, конденсаторные, пупиновские, стыковые, изолирующие, газонепроницаемые.

На железнодорожных кабелях связи дополнительно к этому списку различались тройниковые разветвительные и врезные разветвительные муфты.

На городских кабелях различались прямые, линейные разветвительные и станционные разветвительные муфты.

Различают муфты и по способу монтажа и по оснащению:

- прямая муфта – муфта, в которой сращиваются две строительные длины ОК одной марки;

- разветвительная муфта – муфта, в которую вводятся несколько отдельных ОК, один – основной и несколько ответвляющихся ОК, от двух до двадцати и более;

- разветвительная муфта с транзитом – муфта, в которую основной ОК вводится «транзитом», то есть без разрезания в овальный патрубок, а в остальные патрубки вводятся ответвляющиеся кабели, от одного до 8-ми;

- изолирующая муфта – муфта, которая устанавливается в помещении ввода кабеля на оконечном пункте ВОЛС при необходимости заземления металлических элементов ОК – брони, упрочняющих проволок, экранов алюмополиэтиленовых оболочек, оплётки и т.д.

Из изолирующей муфты можно вывести провода заземления, от брони линейного ОК.

Муфта кроссовая оптическая – муфта, используемая в качестве оконечного устройства в экстремальных условиях (крыши, опоры, уличные шкафы, неотапливаемые технические помещения). Муфта оснащается панелью с оптическими розетками. К розеткам с внутренней стороны подключаются разъёмы пигтейлов, приваренных к волокнам линейного кабеля. К наружной стороне розеток подключаются патчкорды, выводимые из муфты к абонентам. В кроссовых муфтах на сетях типа PON устанавливаются и оптические разветвители.

4.1.6 Технология монтажа муфт и техника безопасности при монтаже

Монтаж оптических муфт должен производиться в строгом соответствии с указанием инструкций (руководств, технологических карт) по их монтажу. Общими при монтаже всех оптических муфт являются следующие монтажные операции:

- разделка ОК очистка, надрезы и удаленные оболочек, брони, гидрофобного заполнения сердечника и модулей, обрезание излишков силовых элементов, очистка волокон от гидрофобного заполнителя;
- надевание частей муфты-оголовников, деталей вводных комплектов на предварительно очищенные концы кабелей;
- укладка запаса оптических модулей;
- маркировка модулей при помощи липких маркеров;
- закрепление пучков модулей на входах кассет;
- подготовка оптических волокон к сварке.

Ответственным за охрану труда и технику безопасности при проведении работ техническим персоналом являются начальник и руководитель работ. К работам по оборудованию ВОКВ допускаются лица прошедшие производственное обучение, проверку знаний в квалификационной комиссии предприятия связи и прошедшие инструктаж по особенностям работы с ВОКВ в линейных условиях.

К работам по оборудованию ВОКВ допускаются лица имеющие квалификационную группу по электробезопасности не ниже третьей. Не допускается проводить работы в регенерационных пунктах и в местах расположения соединительных муфт одному работнику [10].

С учетом данных факторов основное применение для монтажа оптоволоконна получила техника сварного соединения: она обеспечивает наиболее высокие показатели по минимизации вносимых потерь, а также механических характеристик и надежности.

Несмотря на то, что механический и разъемный оптические соединители имеют стоимость, которая лишь на порядок выше стоимости сварного соединения оптоволоконна, а монтажный инструмент при этом требуется недорогой, однако по надежности они существенно уступают сварному соединению.

Именно поэтому механические соединители в основном используются при аварийно-восстановительных работах и в некоторых случаях в локальных оптических сетях, а разъемные оптические соединители используются исключительно для концевой заделки волокон.

4.2 Монтаж оконечно-кабельных устройств

Монтаж соединительных муфт и оконечных устройств оптических кабелей (ОК) является одним из основных и важнейших этапов строительства волоконно-оптических линий передачи (ВОЛП). Качество монтажа муфт и оконечных устройств во многом определяют надежность ВОЛП в целом. Техническое обслуживание в период эксплуатации ВОЛП также связано с монтажом соединительных муфт и оконечных устройств ОК. Необходимость в этом возникает при проведении ремонтно-восстановительных работ (РВР).

Монтаж муфт является одним из основных этапов монтажа временных и постоянных вставок ОК при повреждении ОК. Монтаж муфт и оконечных устройств ОК требует определенных навыков и квалификации персонала строительных и эксплуатационных предприятий связи. Очевидно, что технологией монтажа муфт должны владеть специалисты строительных и ремонтно-восстановительных бригад.

Обучение монтажу соединительных муфт и оконечных устройств ОК предполагает проведение теоретических и практических занятий в целях приобретения практических навыков и изучения основ теории по вопросам: подготовка и сращивание ОВ; конструкции муфт и оконечных устройств; технология монтажа соединительных муфт и оконечных устройств; инструмент для работы с оптическим волокном (ОВ) и ОК; сварочные аппараты; механические и разъемные соединители; техника безопасности и др.

Практическому освоению этого материала и предназначена данная методическая разработка. При производстве работ по монтажу соединительных муфт и оконечных устройств ОК следует строго соблюдать требования техники безопасности. При работе с ОВ его отходы при разделке (сколе) должны собираться в отдельный ящик. После окончания монтажа рекомендуется освобождать ящик в отдельно отведенном месте для утилизации отходов. Следует избегать попадания остатков ОВ на одежду, на монтажный стол и на пол. Это может привести к ранению оптическими

волокнами незащищенных участков рук во время выполнения других работ и при уборке рабочего места [11].

Работу рекомендуется проводить в клеенчатом фартуке. Рабочее место и пол после разделки ОВ обработать пылесосом, а затем протереть мокрой тряпкой. Отжим тряпки следует производить в плотных резиновых перчатках. При разделке оптического кабеля следует быть осторожным, так как существует возможность пораниться об острые края внешних оболочек кабеля. Инструменты для монтажа кабеля также имеют острые грани. Некоторые герметики являются токсичными. Поэтому нужно руководствоваться инструкцией по работе с ними.

При сооружении локальных оптических сетей с использованием оптического кабеля (ОК), а также коротких соединительных оптических линий можно не осуществлять монтаж соединительных муфт на стыках строительных длин ОК, а ограничиться лишь концевой заделкой оптоволоконного кабеля.

В волоконно-оптических линиях связи (ВОЛС), как и в сетях на основе медных кабелей, используются как неразъемные, так и разъемные соединения волокна.

4.2.1 Демонтаж оконечных устройств и техника безопасности при монтаже оконечных устройств.

Соединение оптических волокон является наиболее ответственной операцией и при монтаже кабеля,предопределяющей качество и дальность связи по ВОЛС. Соединение волокон и монтаж кабелей производится как в процессе производства,так и при строительстве и эксплуатации кабельных линий.

Работы по демонтажу опор и проводов проводятся по технологической карте или проекту производства работ в присутствии руководителя работ. Для предупреждения падения работника вместе с опорой до снятия проводов опору укрепляют с трех - четырех сторон рогами или баграми.

Так же укрепляют и две следующие опоры. Если опора укреплена приставками, то проверяется надежность крепления опоры к приставке.

Запрещается развязывать провода одновременно на двух и более смежных опорах, а также обрезать все провода на опоре с одной стороны. Снимать провода, подвешенные в пролете пересечения над контактными сетями наземного электротранспорта или линиями электропередачи напряжением 380/220 В, следует при отключенной и заземленной на месте работ контактной сети или линии электропередачи. При пересечении электрифицированных железных дорог демонтировать провода связи в пролете пересечений разрешается только после снятия напряжения с контактной сети. Работа производится в диэлектрических перчатках и галошах. Демонтируемый провод заземляется.

Работы на пересечениях с контактной сетью производятся при обязательном присутствии представителя службы дистанции (района) контактной сети. При демонтаже проводов, подвешенных под линией электропередачи, после выполнения требований провода развязываются постепенно, начиная с нижнего провода. Развязанный провод разрезается и опускается на землю. Работать следует в защитных очках.

Запрещается в месте пересечения с линией электропередачи тянуть и сматывать в бухту провода, подвешенные в нескольких пролетах.

Монтаж каждой кабельной линии (от начала до конца) поручается, как правило, одной бригаде кабельщиков-спайщиков.

При этом бригадиру выдаются наряд на выполнение работ, требование на получение необходимых материалов и следующая техническая документация:

- схема кабельной линии с распределением кабельных пар по оконечным устройствам;
- выкопировка из картограммы с показом места прокладки (номера канала) кабеля в канализации; мест установки оконечного оборудования;
- план очередности монтажа, проверки и испытания кабеля в процессе монтажа.

В некоторых случаях (при большом объеме и срочности работ) допускается участие нескольких бригад в монтаже одной и той же кабельной линии. При этом каждая из бригад несет ответственность за качество монтажа порученного ей участка кабельной линии. Соединение участков между собой (сбор кабельной линии) поручается одной из бригад, обязанной произвести предварительно приемку участков от остальных бригад. Перед началом монтажа бригадир кабельщиков-спайщиков знакомится с кабельной линией, подлежащей монтажу, состоянием кабельной канализации, столбовым или стоечным хозяйством на участке работ. В день начала работ бригадир получает ключи от колодцев и распределительных шкафов, в которых будет производиться работа.

План очередности монтажа, проверки и испытания кабеля в процессе монтажа должен содержать:

- разбивку кабельной линии по участкам;
- указание на место последней, завершающей спайки (сборной муфты);
- указание о том, из каких колодцев следует проверить кабель на обрыв, сообщение жил с оболочкой (экраном) и между собой, парность и герметичность оболочки кабеля. Монтаж распределительных кабелей производят от наиболее удаленной распределительной коробки или кабельного ящика. Монтаж соединительных линий на одночетверочных кабелях производят по усилительным участкам.

Ответственный за прокладку сдает, а бригадир монтажной бригады принимает кабель в монтаж на каждом усилительном участке. При этом монтажной бригаде должны быть переданы:

- схема трассы усилительного участка с указанием (привязкой) мест расположения концов строительных длин кабелей;
- укладочная ведомость с паспортами строительных длин;
- протоколы испытаний строительных длин перед прокладкой.

Прием и сдача кабелей в монтаж актируются. В акте перечисляется вся техническая документация, принятая на время монтажа бригадиром.

Выбор типа и размера корпуса муфты и защитной чугунной муфты производят в зависимости от марки, числа пар жил, наружного диаметра кабеля, выбранного способа монтажа и характера прокладки [22,23].

По размерам используемых свинцовых или пластмассовых муфт на монтируемых концах кабелей делают отметки положения муфты. На концах кабелей намечают места обреза оболочки, зачистки оболочки, обреза защитных покровов: кабельной пряжи, наружного пластмассового шланга, бронепокровов.

Отметки обреза наносят на оболочки и защитные покровы карандашом, мелом, ножом или временными перевязками из мягкой проволоки.

Выбранный для монтажа корпус муфты накладывают на монтируемые концы кабелей, после чего на них делают отметки обреза оболочек.

Их выполняют таким образом, чтобы обеспечивать заход концов оболочек в цилиндрическую часть муфты на 10 - 15 мм. Отметки мест зачистки оболочки должны быть нанесены по обе стороны муфты.

Места обреза кабельной пряжи или наружного пластмассового шланга должны отстоять на 30 - 60 мм от обреза бронелент или обреза стальной оболочки.

Концы монтируемых кабелей должны заходить за корпус муфты примерно на 150 - 250 мм. В сборных муфтах для прозвонки и нумерации пар длину разделяемых концов кабелей увеличивают. Разметку мест обреза перемычек кабеля с несущим канатом производят таким образом, чтобы участок с отделенным канатом допускал свободное размещение деталей муфты за линией обреза оболочки.

4.3 Перспективные системы АТС

Телефонная станция - комплекс технических средств, предназначенных для коммутации каналов связи телефонной сети. На телефонной станции производится соединение определённых телефонных каналов - абонентских и соединительных линий связи - на время телефонных переговоров и их разъединение по окончании переговоров; с этой целью осуществляется объединение и распределение потоков телефонных сообщений по направлениям связи. Телефонная станция - это разновидность узла связи. Обычно телефонную станцию размещают в особом здании.

АТС - автоматическая телефонная станция - это специальное устройство, с помощью которого автоматизировано, передается сигнал вызова между двумя или несколькими телефонными аппаратами, сохраняя при этом

возможность обеспечить и установление связи между ними, и разрыв. АТС может работать с внешними телефонными сетями, такими как: GSM, IP сетями, городской сетью, и с внутренними, т.е. между собой. Основной задачей АТС является обеспечение связи абонентов внутренней сети с "внешним миром".

Механоэлектронные АТС — первый положительный опыт применения электроники в телефонной коммутационной технике. Вместе с тем в этих системах АТС не удастся в полной мере использовать преимущества электроники и поэтому сохраняются многие недостатки электромеханических систем АТС: сравнительно низкая скорость работы, наличие трущихся частей, открытый контакт, значительный расход электроэнергии, сравнительно большие занимаемые площади, жесткие требования к климатическим условиям и т. д. Поэтому механоэлектронные системы АТС не нашли широкого применения.

В квазиэлектронных системах АТС разговорный тракт коммутируется специальными коммутационными элементами, основные параметры которых максимально приближены к параметрам электронных элементов.

Примером таких коммутационных элементов служат электромеханические герконовые реле с магнитоуправляемыми герметизированными контактами "геркон", "феррид", "тезакон" и реле ESK. Управляющие устройства этих систем полностью электронные.

В электронных системах АТС разговорный тракт и управляющие устройства построены на бесконтактных элементах. В отличие от механических АТС, в которых используется пространственный способ разделения разговорного тракта, электронные системы АТС, как правило, строятся по принципу импульсно временного деления каналов с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ).

В настоящее время разработаны квазиэлектронные и электронные системы АТС с централизованным программным управлением, работающие в соответствии с записанной в запоминающих устройствах программой.

Применение программного управления обеспечивает большую гибкость системы телефонной коммутации и повышает ее экономичность. В системах с программным управлением упрощается введение новых видов услуг для абонентов, если в этом есть необходимость. Изменением записанной программы работы центрального блока управления изменяется порядок обслуживания абонентских и соединительных линий. При этом достигается высокая надежность действия системы коммутационного оборудования введением программы контроля и испытания, обеспечивающей своевременное обнаружение повреждений и в ряде случаев их автоматическое устранение (без вмешательства человека).

Перспективным является применение ИКМ в системах телефонной коммутации для интегральных сетей. При ИКМ информация передается в виде кодовых комбинаций двоичных импульсов, характеризующих амплитудные уровни отдельных частей непрерывного сообщения.

Системы с ИКМ обладают высокой помехозащищенностью относительно переходных влияний и шумов в каналах связи. Эффективность этих систем, которые в будущем заменят существующие системы коммутации, обеспечивается применением одних и тех же принципов преобразования сигналов как в линиях передачи, так и в системах телефонной коммутации.

Для современного телефонного коммутационного оборудования характерна массовость производства. Емкость телефонных сетей с каждым годом будет увеличиваться. Следовательно, такие масштабы развития заставляют по-новому оценивать основные параметры существующих систем АТС. Время, необходимое абонентам сети для набора номера за год, в дальнейшем составит миллионы человеко-дней. Известно, что кнопочный (тастатурный) номеронабиратель значительно сокращает время, затрачиваемое на набор одного знака, и уменьшает число совершаемых ошибок при наборе номера. Очевидно, что в новых системах АТС будут применять кнопочные номеронабиратели.

Современные условия общественного характера производства приводят к установлению обмена информацией между группой абонентов. Следовательно, в проектируемых системах АТС необходимо предусматривать организацию конференц-связи (совещаний), а также возможность переадресования вызова на другой номер или бюро обслуживания, автоматический поиск абонента и др. Актуальной задачей становится сокращение численности обслуживающего персонала. Поэтому в перспективных системах АТС трудоемкость эксплуатации должна быть значительно сокращена за счет повышения надежности оборудования, создания необслуживаемых АТС малой и средней емкости, а также введения автоматизации процесса отыскания повреждений в коммутационной системе. Надежность станет одним из основных параметров перспективных систем коммутации.

4.3.1 Принципы построения сетей связи

Сеть связи строится в соответствии с планом развития связи осуществляется на основе единой технической политики с максимальной автоматизацией и компьютеризацией с целью удовлетворения потребности народного хозяйства и населения в передаче всех видов информации по всей территории страны.

Она объединяет в одно целое средства электрической связи всех ведомств и министерств (кабельные, радиорелейные, оптические, воздушные, радиолинии, ионосферные линии и каналы, создаваемые через ИСЗ), направляя их развитие по единому плану, а также все сети магистральной, зонавой (областной), сельской и городской связи, обеспечивая их развитие в едином автоматизированном комплексе с единой нумерацией и коммутацией. Это позволит в перспективе каждому абоненту одного населенного пункта

иметь автоматическую связь с любым другим абонентом другого населенного пункта.

Сеть обеспечивает передачу всех видов современной информации: телефонную, телефаксную, телеграфную, телевидение, видеотелефон, сигналы автоматического управления, данные ЭВМ и т. д. Предполагается, что в дальнейшем передача всех видов информации будет осуществляться едиными методами на основе единых технических решений.

В инженерном отношении сеть представляет собой широко разветвленную сеть каналов связи с большой пропускной способностью и высокой верностью передачи информации. Сеть базируется на целесообразно размещенных по стране узлах автоматической коммутации, соединенных между собой большими пучками каналов.

Она включает электронно-вычислительные центры, в которых информация обобщается и систематизируется.

Составными частями сети являются:

- автоматическая телефонная сеть (ТФ);
- телеграфная сеть (ТГ);
- сеть передачи данных (ПД);
- сеть звукового вещания (ЗВ);
- сеть факсимильной связи (ФКС);
- компьютерная сеть (ВТ);
- сеть телевизионного вещания (ТВ);
- ведомственные сети и др.

Основой сети служат современные кабельные магистрали в гармоническом сочетании с радиорелейными и развивающимися спутниковыми линиями.

Сеть связи состоит из трех частей:

- 1) систем передачи информации (линий и аппаратуры);
- 2) устройств (систем) коммутации;
- 3) конечных устройств.

По капитальным затратам наибольший удельный вес занимают линейные сооружения и аппаратура передачи информации, поэтому очень важно выбрать оптимальный вариант построения сети - структуру сети.

Сеть состоит из узлов (пунктов коммутации цепей, каналов) и ребер (линий связи), соединяющих эти узлы между собой.

При построении сети связи исходят из стремления сделать ее экономичной и надежной. Надежность обеспечивается созданием разветвленной сети, применением различных типов линий связи и прокладкой их на различных направлениях. На этих линиях организуется требуемое число каналов с обходными, резервными путями. Необходимо, чтобы каждый узел связи имел два-три обходных независимых пути к другим узлам.

Возможно несколько вариантов построения сети (Рис.4.11): - полносвязное (каждый с каждым), при котором любой узел имеет прямые связи со всеми остальными узлами (Рис.4.11а); - узловое, при котором

несколько пунктов группируются в узлы и последние соединяются между собой (Рис.4.11б); - радиальное (звездообразное), при котором имеется лишь один узел с расходящимися линиями по радиусам к другим пунктам (Рис.4.11 в).

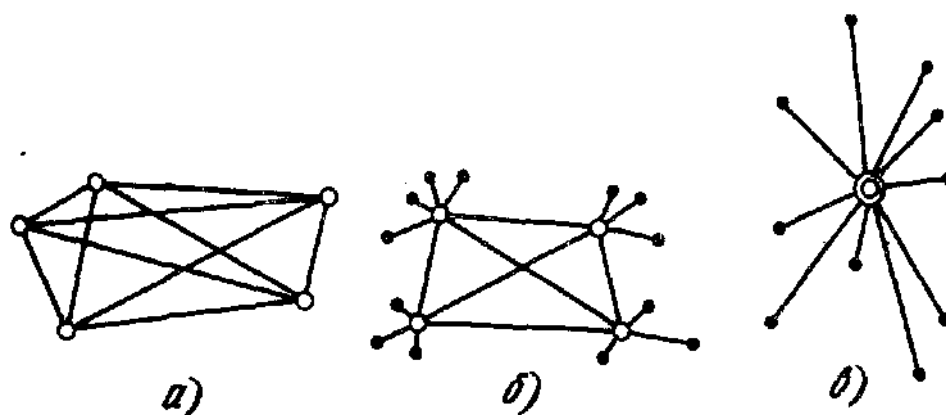


Рисунок 4.11 – Варианты построения сетей связи:

- а - непосредственное соединение;
- б - узловое;
- в - радиальное.

Непосредственное соединение каждого пункта с каждым наиболее надежно, но в технико-экономическом отношении невыгодно. Неэкономична и узловая система. Радиальная система наиболее дешевая, но она не имеет никаких путей резервирования и не обеспечивает непрерывности связи. Наилучшие результаты дает сочетание радиальной и узловой систем. Такая система позволяет создавать разветвленную, устойчивую и в то же время довольно экономичную сеть связи.

Принципиальная схема радиально-узловой системы построения сети показана на рисунке 4.12а. Она характеризуется тем, что одноименные узлы связи соединяются линиями не только с нижестоящими узлами, но и между собой. По такой системе организуются прямые связи в обход главных узлов между взаимотяготеющими крупными промышленно-экономическими районами страны, внутри экономических районов и т. д. Во всех случаях стремятся создать сетку связи (Рис.4.12б), при которой каждый узел связи связан со смежными ближайшими узлами или узлами, имеющими наибольшее тяготение. При этом создаются обходные, резервные пути и обеспечивается два-три независимых выхода к любому узлу связи [17].

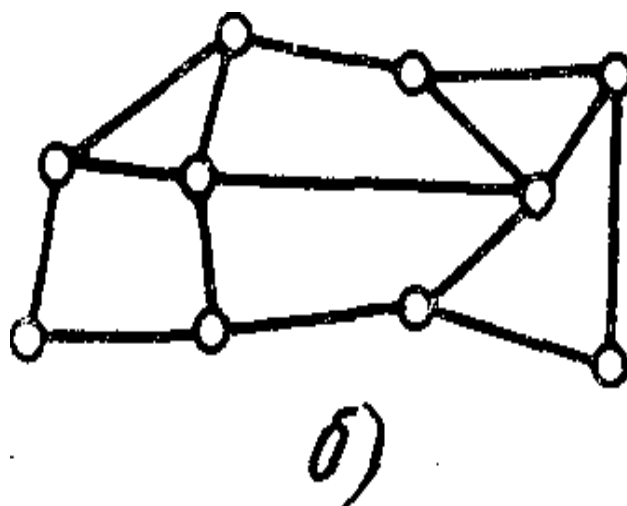
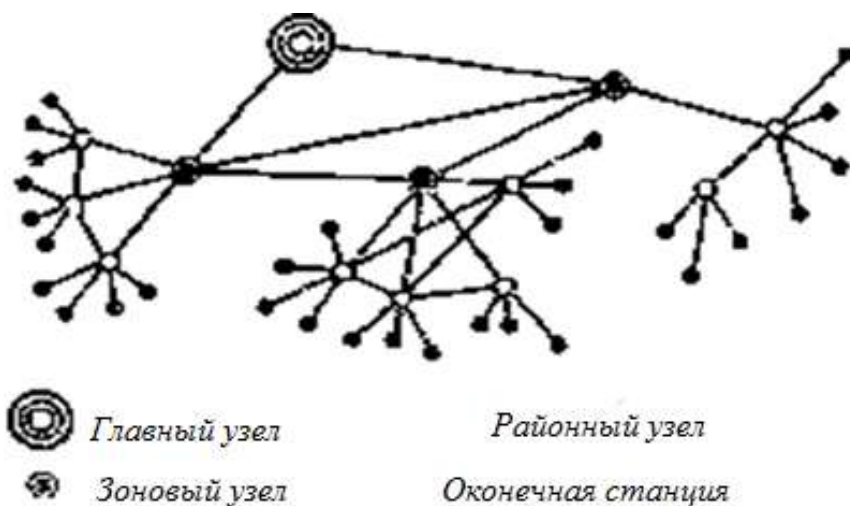


Рисунок 4.12 – Структура сети связи:

а - радиально-узловая;
б—сетка связи.

Разновидностью сетевидной сети являются решетчатые (ячеистые) структуры. Они очень надежны, но на их сооружение требуются большие капитальные затраты.

4.3.2 ATC EWSD

Внедрение компьютерного управления и цифровой технологии в коммутационные системы открыли совершенно новые перспективы для техники связи. Разработка открытой системы с гибкой архитектурой была изначальной целью при проектировании EWSD. EWSD может быть эффективно использована в различных сетевых структурах в качестве сетевого узла различной емкости для коммутации большинства видов информации и

может быть легко приспособлена для удовлетворения изменяющихся требований.

Динамическая емкость системы позволяет обслуживать нагрузку до 25600 Эрлангов и обрабатывать 2,5 миллиона ВНСА (попыток вызовов в час наибольшей нагрузки).

Благодаря цифровой электронной коммутационной системе EWSD, фирма Siemens создала основу для универсальной связи в открытых сетях с различными применениями. В момент появления EWSD на мировом рынке она была одной из первых полностью цифровых коммутационных систем. Сейчас на базе технологии EWSD введено в эксплуатацию свыше 85 млн. портов приблизительно 200-ми эксплуатационными компаниями в 85 странах.

EWSD представляет собой систему, предназначенную для всех видов применений с точки зрения размера узла, его емкости, диапазона предоставляемых услуг и сетевого окружения.

EWSD имеет широкий и ориентированный на будущее спектр применения и может использоваться как:

- местная телефонная станция;
- транзитная телефонная станция;
- цифровой абонентский блок (концентратор);
- сельская телефонная станция;
- CENTREX (central office exchange service) означает придание обычной АТС - функций учрежденческой станции (PABX);
- международная телефонная станция;
- коммутаторная система (OSS);
- коммутационный центр для подвижных абонентов.

EWSD соответствует требованиям международных стандартов. Участие инженеров фирмы Siemens в рабочих группах международных организаций обеспечивает поступление широкого потока информации на этапе от стандартизации и разработки до практической реализации проекта.

Приведем некоторые технические характеристики системы EWSD.

Производительность:

- количество абонентских линий-макс.250 000
- количество соединительных линий-макс.60 000
- коммутируемый трафик-макс.25 600 Эрл.
- число вызовов в ЧНН (ВНСА) - более 2,5 млн. (в соответствии с рекомендацией Q.543 ITU-T)

Напряжение питания:

48 В или 60 В - номинальное постоянное напряжение.

Системы сигнализации:

все стандартные системы, например, системы R2, №5, №7 ITU-T.

Соединительные линии.

Аналоговые СЛ - возможны различные сопротивления шлейфа/шунта.

Цифровые СЛ - по мультиплексным линиям 1544 кбит/с или 2048 кбит/с.

Аналоговый абонентский доступ.

импульсный набор 5-22 имп./с

многочастотный набор в соответствии с рекомендацией Q.23 ITU-T.

Доступ ISDN.

Базовый доступ - 160 кбит/с (2B + D + синхр.) B = 64 кбит/с, D=16 кбит/с

Первичный доступ - 2048 кбит/с (30B + D + синхр.) или 1544 кбит/с (23B + D + синхр.) B = D = 64 кбит/с.

Цифровая сеть интегрального обслуживания

Сеть ISDN позволяет обслуживать вызовы и передавать информацию от различных услуг по единой сети. В соответствии с рекомендациями ITU-T услуги включают в себя услуги переноса информации с коммутацией каналов и коммутацией пакетов и телеуслуги с коммутацией каналов. Добавление незначительного объема аппаратных средств и соответствующего программного обеспечения позволяет в любом узле EWSD реализовать функции обработки вызовов ISDN и широкий диапазон абонентских услуг. Благодаря этому, ISDN обеспечивает существенные технические, эксплуатационные и экономические преимущества, как для эксплуатационной компании, так и для абонентов.

Приведем примеры наиболее популярных абонентских услуг:

- различные формы переадресации вызовов;
- сокращенный набор номера;
- постановка вызова на ожидание;
- «не беспокоить»;
- установление соединения с занятым абонентом;
- идентификация злонамеренного вызова («хулиган»);
- индикация номера вызывающего абонента;
- группы искания с различными алгоритмами искания.

Архитектура EWSD

Аппаратное обеспечение представляет собой физические элементы системы. В современной коммутационной системе, такой как EWSD, аппаратное обеспечение построено по модульному принципу, что обеспечивает надежность и гибкость системы.

Архитектура аппаратного обеспечения имеет четко определенные интерфейсы и позволяет иметь много гибких комбинаций подсистем. Это создает основу для эффективного и экономически выгодного использования EWSD во всех областях применения.

Аппаратные средства (АС) подразделяются на подсистемы. Пять основных подсистем составляют основу конфигурации EWSD. К ним относятся:

- цифровой абонентский блок (DLU);
- линейная группа (LTG);
- коммутационное поле (SN);
- управляющее устройство сети сигнализации по общему каналу (CCNC);
- координационный процессор (CP).

Перечислим положительные качества, присущие АТС EWSD:

- хорошая сопрягаемость с различными типами существующих станций; высокая надежность и ремонтпригодность;
- аппаратные средства легко наращиваются при необходимости увеличения числа обслуживаемых абонентов;
- наличие хорошо отработанного программного обеспечения, легко адаптируемого к любой конфигурации аппаратных средств, и поставляемого в комплекте со станцией;
- для абонентов имеется возможность ввода целого комплекса дополнительных услуг;
- приемлемая стоимость, сравнимая со стоимостью станций других типов;
- положительный опыт эксплуатации АТС данного типа в реальной сети МГТС, подтверждающий заявленные производителем высокие технические характеристики оборудования.

4.3.3 Цифровая сеть с интеграцией услуг – ISDN

ISDN - цифровая сеть с интеграцией услуг (Integrated Services Digital Network) - современное поколение всемирной телефонной сети. Поскольку ISDN использует цифровую технологию она может переносить любой тип информации, включая передачу речи высокого качества, быструю и корректную передачу данных от пользователя к пользователю.

Название сети Integrated Services Digital Network (ISDN) (Цифровая сеть с интеграцией услуг) относится к набору цифровых услуг, которые становятся доступными для конечных пользователей. ISDN предполагает оцифровывание телефонной сети для того, чтобы голос, информация, текст, графические изображения, музыка, видеосигналы и другие материальные источники могли быть переданы конечному пользователю.

Сторонники ISDN рисуют картину сети мирового масштаба, во многом похожую на сегодняшнюю телефонную сеть, за тем исключением, что в ней используется передача цифрового сигнала и появляются новые разнообразные услуги.

ISDN является попыткой стандартизировать абонентские услуги, интерфейсы пользователь/сеть и сетевые и межсетевые возможности. Стандартизация абонентских услуг является попыткой гарантировать уровень совместимости в международном масштабе. Стандартизация интерфейса пользователь/сеть стимулирует разработку и сбыт на рынке этих интерфейсов изготовителями, являющимися третьей участвующей стороной. Стандартизация сетевых и межсетевых возможностей помогает в достижении цели возможного объединения в мировом масштабе путем обеспечения легкости связи сетей ISDN друг с другом.

Применения ISDN включают быстросействующие системы обработки изображений, дополнительные телефонные линии в домах для обслуживания

индустрии дистанционного доступа, высокоскоростную передачу файлов и проведение видеоконференций.

В число компонентов ISDN входят терминалы, терминальные адаптеры (ТА), устройства завершения работы сети, оборудование завершения работы линии и оборудование завершения коммутации.

Говоря о достоинствах сети, прежде всего необходимо отметить, что ISDN обеспечивает надежную связь, защищенную от электрических помех и трудно доступную для подслушивающих устройств. Установив у себя лишь оконечное оборудование, такое как учрежденческая АТС или маршрутизатор, организации смогут создавать свои собственные защищенные сети для передачи данных, речи и изображения между филиалами. Отдельные группы пользователей, например предприятия и различные правительственные учреждения, находящиеся в различных местах страны, могут быть с помощью административных процедур, выполняемых на телефонных станциях, объединены в свои собственные замкнутые группы, связь в которых возможна только между абонентами этой группы. Последнее особенно важно, когда речь идёт о соединении между персональными компьютерами, где компьютер одной замкнутой группы не имеет никакой возможности получить доступ к данным компьютера другой замкнутой группы.

Основные преимущества ISDN приведены ниже:

- сокращение времени установления соединения за счет использования выделенного канала сигнализации и передачи по нему сигналов управления и взаимодействия (занятие линии, набор номера, ответ, разъединение и т. д.) в цифровом виде;

- универсальность использования линий - возможность осуществлять по одним и тем же линиям как телефонные переговоры, так и передачу данных;

- сопряжение служб - возможность организации соединения телетекса, телекса или телефакса с соответствующим устройством в любой точке земного шара (благодаря передаче по каналу сигнализации не только адреса порта, но и дополнительной адресной информации (идентификатора оконечной точки) для соединения с одним из устройств, подключенных к указанному порту);

- возможность проведения аудио - и видеоконференций между абонентами сети ISDN, находящимися в разных странах и на разных континентах;

- предоставление дополнительных услуг, таких, как идентификация вызывающего абонента по номеру или имени, переадресация и передача вызовов, уведомление о поступлении нового вызова во время разговора, блокировка входящих вызовов, подключение к разговору и др.

Несмотря на значительные отличия от аналоговых телефонных сетей, сети ISDN сегодня используются в основном так же, как аналоговые телефонные сети, то есть как сети с коммутацией каналов, но только более скоростные: интерфейс BRI дает возможность установить дуплексный режим

обмена со скоростью 128 Кбит/с (логическое объединение двух каналов типа В), а интерфейс PRI — 2,048 Мбит/с.

Кроме того, качество цифровых каналов гораздо выше, чем аналоговых. Это значит, что процент искаженных кадров оказывается гораздо ниже, а полезная скорость обмена данными существенно выше.

Одним из основных принципов ISDN является предоставление пользователю стандартного интерфейса, с помощью которого пользователь может запрашивать у сети разнообразные услуги. Этот интерфейс образуется между двумя типами оборудования, устанавливаемого в помещении пользователя (Customer Premises Equipment, CPE). К этому оборудованию относится:

- терминальное оборудование (Terminal Equipment, TE) пользователя (компьютер с соответствующим адаптером, маршрутизатор, телефонный аппарат);
- сетевое окончание (Network Termination, NT), которое представляет собой устройство, завершающее линию связи с ближайшим коммутатором ISDN.

Пользовательский интерфейс ISDN представляет собой набор каналов определенного типа и с определенными скоростями. Сеть ISDN поддерживает два вида пользовательского интерфейса с начальной (Basic Rate Interface, BRI) и основной (Primary Rate Interface, PRI) скоростями передачи данных.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Выполнить монтаж медного кабеля.
2. Соединить жилы кабелей с помощью гильз.
3. Соединить жилы кабеля с помощью коннекторов.
4. Произвести проверку на разность пар.
5. Тестировать давление в кабеле.
6. Выполнить монтаж муфт.
7. Выполнить демонтажные работы.
8. Выполнить монтаж и установку распределительных телефонных коробок.
9. Выполнить монтаж и установку кабельных ящиков.
10. Выполнить монтаж и установку телефонных боксов.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

1. Охарактеризуйте основные этапы развития волоконной оптики.
2. Основные преимущества ISDN
3. Каковы темпы роста скорости передачи в сетях за последние десятилетия?
4. Как называется частица света?
5. Из каких основных компонентов состоит волоконно-оптическая система передачи?
6. Какие длины волн используются в волоконно-оптических системах передачи?
7. В чем заключаются преимущества и недостатки использования оптических волокон в системах связи?
8. Основные требования проектирования ВОЛС.
9. Основные принципы эксплуатационно-технического обслуживания ВОЛС?
10. Типы кабеля в зависимости от вида скрутки изолированных проводников в группе.
11. Какие типы кабеля применяются для наружной прокладки?
12. Назовите основные методы уплотнения ВОСП и укажите их различия.
13. Какие требования предъявляются к оконечному кабельному оборудованию ВОЛС?
14. Какая доля различных типов волоконно-оптических кабелей в мировой торговле?
15. Техника безопасности и охрана труда при монтаже муфт?

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Данный модуль даёт возможность получить навыки и знания, необходимые для выполнения монтажа медных кабелей, муфт и оконечных устройств.

В результате изучения модуля обучающиеся осваивают: принцип построения сетей связи, состав оборудования вводно - кабельного устройства и кросса автоматической телефонной станции, способы включения телефонных аппаратов, основные понятия о первичных электрических параметрах кабелей, методы монтажа кабелей и применяемый инструмент и приспособления при монтаже, порядок монтажа медного кабеля, виды муфт и порядок монтажа муфты, правила и этапы монтажа оконечных устройств.

При изучении модуля обучающиеся учатся выполнять монтаж медного кабеля, работы по монтажу муфты и оконечно-кабельных устройств.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О.В.Родина., Волоконно-оптические линии связи Москва 2016г.
2. Г.Бойко, В.Эйрих., Волоконно-оптические системы передачи связи Астана 2017г.
3. Кемельбеков Б.Ж., Техническая эксплуатация ВОЛС Алматы 2017г
4. Кемельбеков Б.Ж., Хан В.А., Мышкин В.Ф.. Том 1. Волоконно оптические кабели, Издательство НТЛ, Москва 1999г.
5. Мельничук В.П., Тарасенко М.И., Транспортная связь М.: Транспорт 1999г
6. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В., Оптические волокна для линии связи. – М.: ЛЕСАРпт, 2003.
7. http://ivatv.narod.ru/vvedenie_v_elektroniku/6_01.htm
8. <https://elektro-montagnik.ru/>

РАЗДЕЛ 5. ВЫПОЛНЕНИЕ МОНТАЖА ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ И ОКОНЕЧНЫХ УСТРОЙСТВ

Цели обучения

После прохождения данного модуля студенты смогут:

1. Выполнять работы по монтажу оптического кабеля.
2. Производить монтаж оптических муфт.
3. Выполнять монтаж оконечных устройств.

Предварительные требования

Перед началом работы с данным модулем студенты должны изучить темы, как «Оборудования станционных и линейных сооружений связи», «Спецтехнология», «Электроматериаловедение», «Электротехника», «Измерение на линейных сетях связи» и пройти производственное обучение.

ВВЕДЕНИЕ

Данный модуль описывает навыки и знания необходимые для выполнения монтажа оптических кабелей, муфт и оконечных устройств.

При изучении модуля обучающиеся осваивают следующие знания: виды и конструкцию, маркировку оптических кабелей, правила и этапы монтажа оптического кабеля, порядок монтажа оптических муфт, виды и устройство активных и пассивных оптоэлектронных компонентов, оборудования, применяемых в сфере связи.

5.1. Конструкции волоконно-оптических кабелей

Все существующие волоконно-оптические кабели можно разделить на кабели внешней прокладки, кабели внутренней прокладки и кабели специального назначения.

Кабель внешней прокладки в зависимости от условий их применения можно разделить на кабели для прокладки в трубах, кабельной канализации, коллекторах, непосредственно в грунт, подвесные и подводные. Кабели этой категории подвержены значительным механическим нагрузкам, возникающим в процессе их прокладки и эксплуатации. Температурные отклонения окружающей среды, в которой находится кабель, также приводят к дополнительным механическим нагрузкам. Вредное влияние оказывают различные химически агрессивные вещества и влага. Воздействие грызунов на кабель может привести к ухудшению рабочих характеристик или полному выходу из строя.

Все эти факторы определяют основные конструктивные элементы, характерные для этой категории кабелей. К таким элементам относятся трубки со свободной укладкой оптических волокон, скрученные вокруг металлического или диэлектрического ЦСЭ или одна центральная трубка для укладки большого числа ОВ; заполнение свободного пространства ОК ГЗ или водоблокирующие ленты для обеспечения продольной водонепроницаемости; силовые элементы в виде слоев арамидных нитей, стеклопластиковых стержней или стальной проволоки; защитная броня в виде стальной (чаще гофрированной) ленты для защиты от механических повреждений и грызунов, либо в виде крученных стальных нержавеющей или оцинкованных проволок, наложенных слоями для придания нужных механических защитных свойств; защитный шланг из полиэтилена черного цвета.

Кабели для наружной прокладки. Кабели для прокладки в земле эксплуатируются, в основном, при изменении температурного режима от -60°C до $+55^{\circ}\text{C}$, при воздействии на них воды, льда, гидростатического давления воды, агрессивных жидкостей, ударов твердых пород и пр. ОК данного типа прокладывают с помощью обычного оборудования, используемого для прокладки магистральных кабелей связи. Примеры конструкции ОК для прокладки в земле представлены на рисунке 5.1.

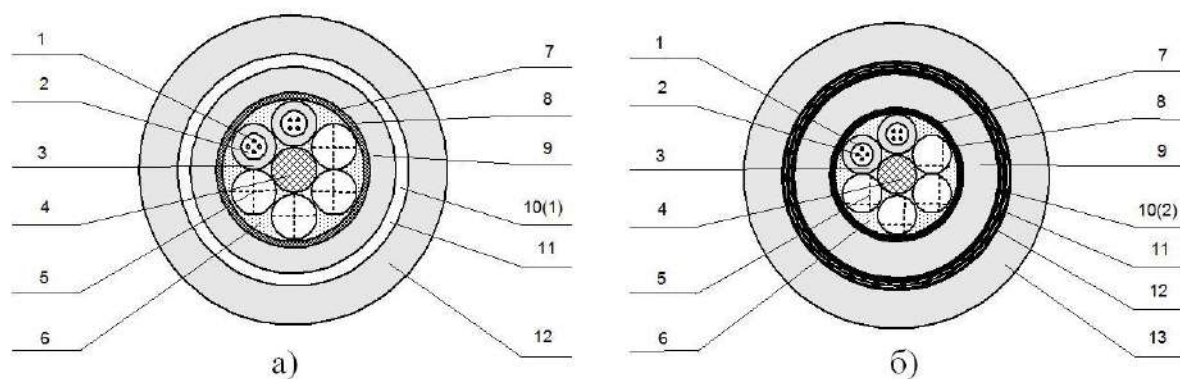


Рисунок 5.1 – Конструкция ОК для прокладки в земле

- 1 – ОБ;
- 2 – наполнитель ОМ;
- 3 – трубка ОМ;
- 4 – ЦСЭ;
- 5 – кордель;
- 6 – ГЗ сердечника;
- 7 – скрепляющая обмотка;
- 8 – армирующий слой;
- 9 – оболочка;
- 10(1) – гофрированная броня;
- 10(2) – подушка под броню;
- 11 – ГЗ брони;
- 12 – ленточная броня;
- 13 – шланг.

Оболочка из полиэтилена служит защитой от проникновения влаги. Гофрированная стальная оболочка защищает кабель от повреждения при прокладке и грызунов. Наружный слой из полиэтилена уменьшает трение кабеля при его прокладке. Гидрофобный наполнитель кабеля препятствует проникновению внутрь влаги. При этом оптические характеристики ОБ при эксплуатации не ухудшаются. Общий диаметр кабеля (D_n) составляет 14...25 мм. Минимальный радиус изгиба кабеля $20 D$, максимально допустимое усилие растяжения от 2,5 до 4,0 кН.

Кабели для прокладки в каналах кабельной канализации, трубах и коллекторах должны иметь высокую механическую стойкость к растягивающим и изгибающим нагрузкам, продавливанию, кручению, влаге. Прокладку этих кабелей осуществляют протяжкой строительной длины в трубы, выполненные из полиэтилена, асбестоцемента или бетона. Длина участков для прокладки ОК может составлять от 100 до 500 м.

Конструкция кабеля (Рис. 5.2. а) содержит сердечник с армирующим элементом в виде стального троса или стеклопластикового стержня, вокруг которого скручены ОБ в полимерной оболочке, наложенной в виде трубки.

Герметизация ОВ достигается через заполнение трубок желеобразным составом. Количество ОВ может достигать от 2 до 72 и более.

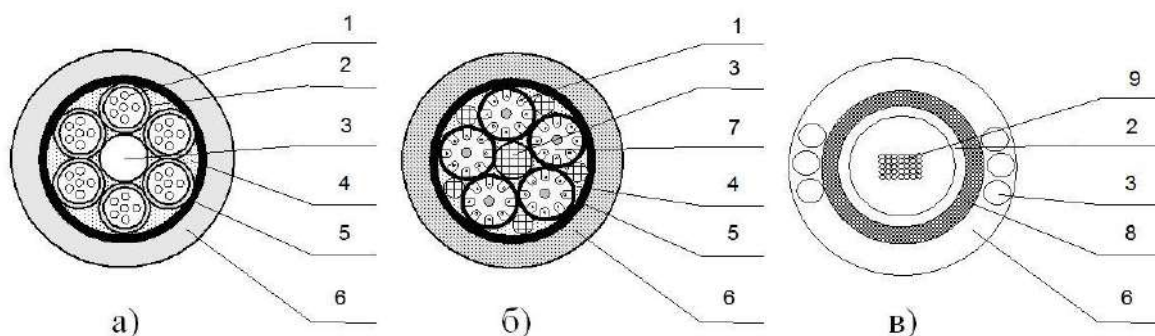


Рисунок 5.2 – Конструкция ОК для прокладки в трубах и коллекторах

- а – модульная,
- б – с профильным сердечником,
- в – с центрально расположенным модулем:
- 1 – ОВ;
- 2 – трубка модуля;
- 3 – силовой элемент;
- 4 – заполняющий компаунд;
- 5 – пластиковая пленка;
- 6 – защитный шланг из ПЭ;
- 7 – профилированный сердечник;
- 8 – водоблокирующая лента;
- 9 – ленты с волокнами.

На рисунке 5.2.б в качестве примера приведена многопрофильная конструкция ОК с большим числом ОВ фирмы Alcatel. В пазах профильного модуля применяется как укладка одного ОВ, так и многоволоконная укладка. Причем в последнем случае укладка ОВ может быть ленточной.

На рисунке 5.2. в приведена конструкция так называемых легких ОК фирмы Lucent Technologies (США). Эти ОК имеют сердечник в виде пластмассовой трубки с ленточной укладкой (до 96) ОВ. Трубка заполнена гидрофобным наполнителем. В качестве силового элемента используются две группы периферийно расположенных стеклопластиковых стержней. Для прокладки этих кабелей в кабельную канализацию нашел достойное место метод вдувания.

Кабели для воздушной подвески делятся на самонесущие диэлектрические, самонесущие с несущим тросом, навивные и встроенные в грозозащитный трос или провод высоковольтных линий электропередачи.

Самонесущие кабели используются при подвеске на опорах воздушных линий связи и высоковольтных ЛЭП, контактной сети железнодорожного транспорта, на стойках воздушных линий городской телефонной сети.

Диэлектрическая конструкция таких ОК имеет круглую форму, что снижает нагрузки, создаваемые ветром и льдом, и позволяет использовать кабель при больших расстояниях между опорами (до 100 метров и более). В качестве силового элемента таких ОК используется ЦСЭ из стеклопластика и пряжа из арамидных нитей, заключенная между полиэтиленовой оболочкой и полиэтиленовым защитным шлангом (Рис. 5.3.а).

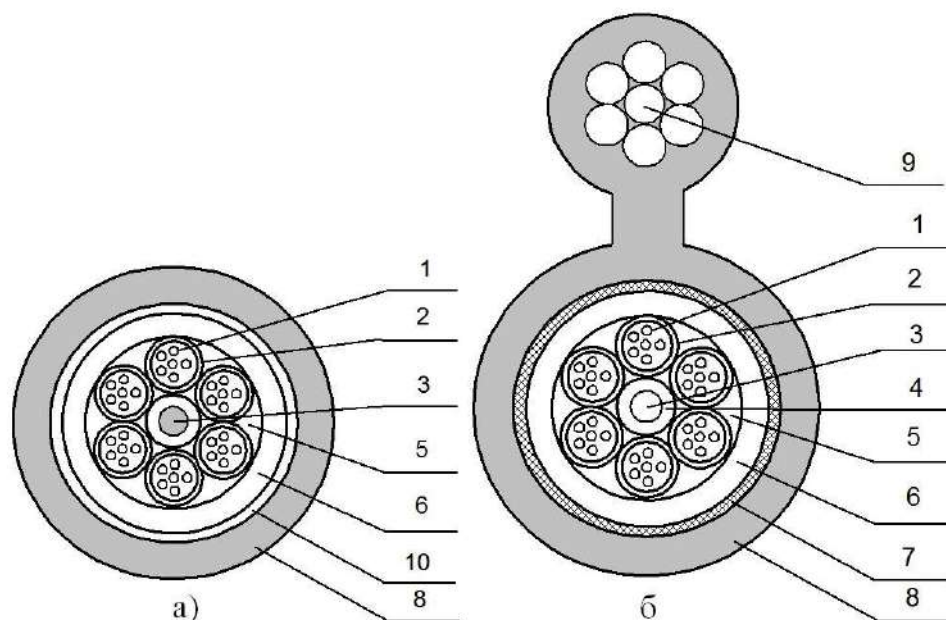


Рисунок 5.3 – Конструкция подвесных кабелей

а – диэлектрический самонесущий кабель,

б – самонесущий кабель с тросом:

1 – ОВ;

2 – трубка модуля;

3 – центральный силовой элемент;

4 – оболочка ЦСЭ;

5 – гидрофобный наполнитель;

6 – ПЭ оболочка;

7 – стальная гофрированная лента;

8 – защитный шланг;

9 – стальной трос;

10 – арамидная пряжа.

Для прокладки в сельских районах, а также для устройства переходов от одного здания к другому могут применяться ОК с несущим тросом (Рис. 5.3.б).

Конструкция самонесущих кабелей с металлическим тросом имеет форму восьмерки; несущий трос вынесен отдельно от оптического сердечника и крепится с ним в единую конструкцию ПЭ оболочкой.

В обоих видах кабелей свободное пространство заполнено ГЗ, но возможно использование водоблокирующих нитей и лент для уменьшения веса и ускорения процесса монтажа.

Кабели для подводной прокладки имеют конструкцию, зависящую от места их прокладки.

Для защиты ОК от воздействия морской воды, которая под высоким давлением легко проникает через пластмассу, сердечник кабеля обычно защищается одной алюминиевой или свинцовой трубкой, а свободное пространство заполняется гидрофобом. Для необходимой механической прочности используется, как правило, двухслойная проволоочная броня из гальванизированной стали. Слои проволоки скручиваются в противоположных направлениях для исключения возможности образования петель [38,39].

Одна из возможных конструкций ОК для прокладки через водоемы представлена на рисунке 5.4.

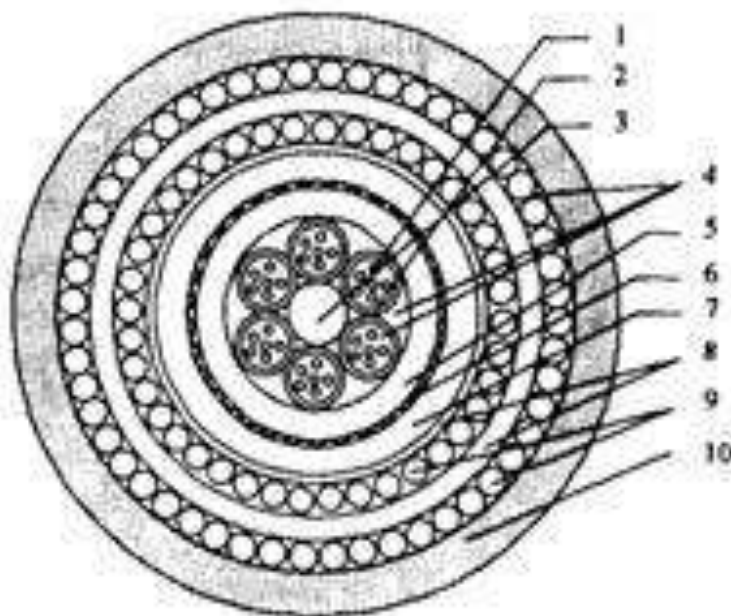


Рисунок 5.4 – Оптический кабель для прокладки через озера и реки

- 1 – ОВ в первичном покрытии;
- 2 – трубка модуля;
- 3 – ЦСЭ;
- 5 – внутренняя оболочка из ПЭ, наложенная сверх скрепляющей пластиковой пленки;
- 6 – стальная гофрированная лента;
- 7 – внутренняя оболочка из ПЭ;
- 8 – подушка под броню;
- 9 – броня из стальной проволоки;
- 10 – защитный шланг из ПЭ.

Морские ОК разделяют на кабели с регенераторами и без них. (Рис.5.5) Морской ОК без регенераторов предназначен для прокладки между островами для преодоления небольших водных преград (рек, озер, каналов и пр.). предполагаемая длина такого ОК не превышает 50 км. В его конструкцию входит броня, поскольку он предназначен для прокладки по мелководью, а ОВ имеет трехслойное покрытие (первичное, буферное, вторичное, защитное).

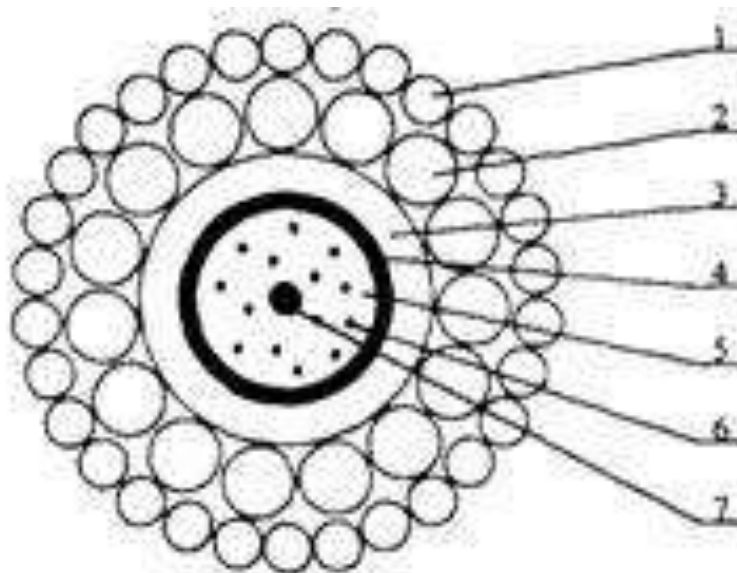


Рисунок 5.5 – Конструкция морского ОК без регенераторов

- 1 – внешний слой армирующих проволок;
- 2 – внутренний слой армирующих проволок;
- 3 – оболочка;
- 4 – медная трубка;
- 5 – полиэтилен;
- 6 – ОВ;
- 7 – внутренний проводник.

Подводный ОК с регенераторами используется для больших расстояний и может прокладываться как на глубине, так и на мелководье (Рис. 5.6).

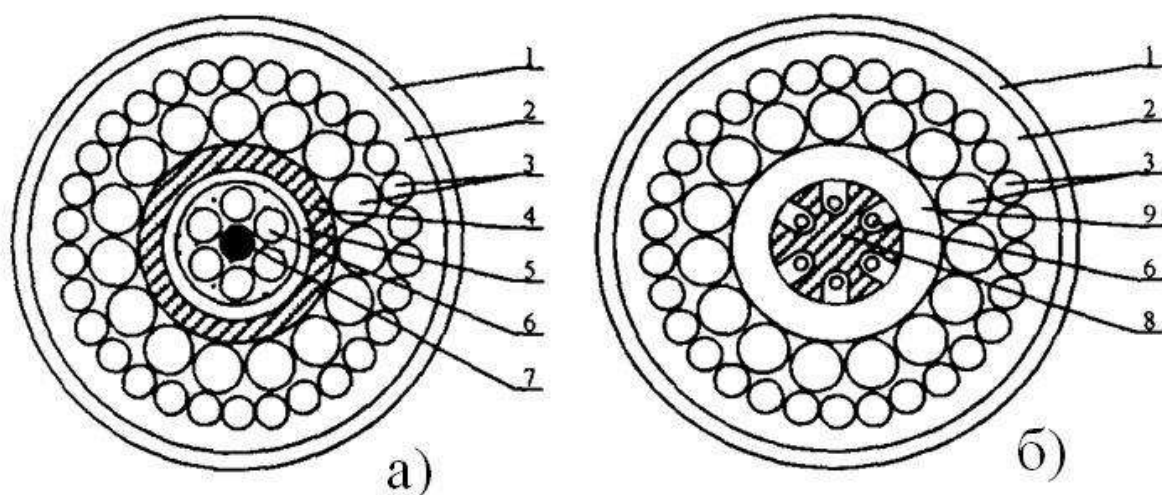


Рисунок 5.6 – Конструкция морского ОК с регенераторами

а – ОВ скручены и помещены в общую силиконовую оболочку;

б – ОВ в профилированном сердечнике:

1 – оболочка;

2 – полиэтиленовая оболочка;

3 – армирующие элементы, скрученные в разные стороны;

4 – медная трубка;

5 – нейлоновая оболочка;

6 – ОВ;

7 – внутренний проводник;

8 – медный профилированный сердечник;

9 – полиэтиленовая лента.

Оптический морской кабель связи должен обеспечивать постоянство своих характеристик при воздействии значительных гидростатических давлений; перемещении по дну моря под влиянием течений и волн, взаимодействии с тралами, якорями, сетями и пр. предметами.

5.1.1 Волоконно-оптические линии связи и компоненты.

Преимущества и недостатки.

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) – это система передачи данных, при которой информация передается по оптически прозрачным диэлектрическим волноводам, называемым “оптическое волокно”.

Волоконно-оптическая сеть - это информационная сеть, связующими элементами между узлами которой являются волоконно-оптические линии связи.

Передача информации по ВОЛС имеет целый ряд достоинств перед передачей по медному кабелю.

Стремительное внедрение в информационные сети оптических линий связи является следствием преимуществ, вытекающих из особенностей распространения сигнала в оптическом волокне.

Рассмотрим преимущества ВОЛС. Эта линия связи имеет широкую полосу пропускания, что обусловлено чрезвычайно высокой частотой несущей. Так как средой передачи является свет, такая полоса позволяет передавать по одному оптическому волокну поток информации несколько терабит в секунду. Большая полоса пропускания - это одно из наиболее важных преимуществ оптического волокна над медной или любой другой средой передачи информации.

Малое затухание светового сигнала в волокне. Оптическое волокно имеет затухание 0,2-0,3 дБ на длине волны 1,5 мкм в расчете на один километр. Малое затухание и небольшая дисперсия позволяют строить участки линий без ретрансляторов протяженностью до 100 км и более. Низкий уровень шумов в волоконно-оптическом кабеле позволяет увеличить полосу пропускания. Поскольку волокно изготовлено из диэлектрического материала, оно не восприимчиво к электромагнитным помехам, т.е. ВОЛС обладает высокой помехозащищенностью. Волоконно-оптические кабели (ВОК) имеют малый вес и объем по сравнению с медными проводами в расчете на одну и ту же пропускную способность. Поскольку ВОК практически не излучает в радиодиапазоне, то передаваемую по нему информацию трудно подслушать, не нарушая приема-передачи. ВОЛС имеют также, гальваническую развязку элементов, что позволяет без проблем соединять здания подключенные к разным подсистемам.

Волокно позволяет избежать электрических “земельных петель”, которые могут возникать, когда два сетевых устройства неизолированной вычислительной сети, связанные медным кабелем, имеют заземление в разных точках здания. При этом может возникнуть большая разность потенциалов, что способно повредить сетевое оборудование. Для волокна такой проблемы просто нет. Из-за отсутствия искрообразования оптическое волокно повышает безопасность на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенного риска. Волокно изготовлено из кварца, основу которого составляет двуокись кремния, широко распространенного, а поэтому не дорогого материала.

В настоящее время стоимость волокна по отношению к медной паре соотносится как 2:5. При этом ВОК позволяет передавать сигналы на значительно большие расстояния без ретрансляции. Количество повторителей на протяженных линиях сокращается при использовании ВОК. При использовании солитонных систем передачи достигнуты дальности в 4000 км без регенерации (то есть только с использованием оптических усилителей на промежуточных узлах) при скорости передачи выше 10 Гбит/с. Со временем волокно испытывает деградацию. Это означает, что затухание в проложенном кабеле постепенно возрастает.

Однако, благодаря совершенству современных технологий производства оптических волокон, этот процесс значительно замедлен и срок службы ВОК составляет примерно 25 лет. За это время может смениться несколько поколений/стандартов приемно-передающих систем.

Несмотря на преимущества волоконно-оптические сети имеют и недостатки. Например, высокую стоимость интерфейсного оборудования. Цена на оптические приемники и передатчики остается довольно высокой. При создании оптической линии связи требуется высоконадежное специализированное пассивное коммутационное оборудование, оптические соединители с малыми потерями, оптические разветвители, аттенюаторы. Стоимость работ по монтажу, тестированию и поддержке волоконно-оптических линий связи также остается высокой. При повреждениях ВОК необходимо осуществлять сварку волокон в месте разрыва и защищать этот участок кабеля от воздействия внешней среды. Правда, в противовес необходимо сказать, что производители поставляют на рынок все более совершенные инструменты для монтажных работ.

Теоретически предел прочности оптического волокна на разрыв выше 1 ГПа (109Н/м²), но в действительности оно имеет микротрещины, что уменьшает его прочность. Для повышения надежности оптическое волокно покрывается специальным лаком на основе эпоксикарилата, а сам кабель упрочняется нитями на основе кевлара, либо стальным тросом или стеклопластиковыми стержнями, а иногда и тем и другим одновременно.

Основные компоненты ВОЛС

Оптический передатчик обеспечивает преобразование входного электрического (цифрового или аналогового) сигнала в выходной оптический сигнал. При цифровой передаче оптический излучатель передатчика “включается” и “выключается” в соответствии с поступающим на него битовым потоком электрического сигнала. Для этих целей используются инфракрасные светоизлучающие диоды LED или лазерные диоды ILD. Эти устройства способны поддерживать модуляцию излучаемого света с мегагерцовыми и даже гигагерцовыми частотами. При построении сетей кабельного телевидения оптический передатчик осуществляет преобразование широкополосного аналогового электрического сигнала в аналоговый оптический. В последнем случае оптический передатчик должен иметь высокую линейность.

Оптический приемник осуществляет обратное преобразование входных оптических сигналов в выходные импульсы электрического тока. В качестве основного элемента оптического приемника используется р-і-п и лавинные фотодиоды, имеющие очень малую инерционность. Если приемная и передающая станции удалены на большое расстояние друг от друга (~100 и более км), могут потребоваться дополнительно одно или несколько регенерационных устройств для усиления оптического сигнала, ослабевающего в процессе его распространения.

В качестве таких устройств используются повторители и оптические усилители.

Повторитель состоит из оптического приемника, электрического усилителя и оптического передатчика. При передаче дискретного сигнала электрическое усиление, как правило, также может сопровождаться восстановлением фронтов и длительностей передаваемых импульсов. Для этого повторитель принимает оптический сигнал в синхронном или асинхронном режиме, в зависимости от стандарта передачи.

При синхронном режиме приемное устройство повторителя регулярно принимает синхроимпульсы, на основании которых настраивает свой таймер, задающий частоту для последующей передачи. Существует непрерывный битовый поток в линии. И даже если нет передачи данных, синхроимпульсы продолжают поступать. В передающую последовательность повторитель добавляет синхроимпульсы, предназначенные для синхронизации следующего каскада.

При асинхронном режиме передаваемая информация организуется в специальные пакеты данных - кадры. Каждому пакету предшествует последовательность однотипных групп битов - преамбула. Именно преамбула обеспечивает синхронизацию приемного устройства, которое до начала приема находится в ждущем режиме.

Повторитель, который восстанавливает форму оптического сигнала до первоначальной, называется регенератором.

Оптический усилитель не осуществляет оптоэлектронного преобразования, как это делает повторитель или регенератор. Он, используя специальные активные среды и лазеры накачки, усиливает проходящий оптический сигнал, благодаря индуцированному излучению. Таким образом, усилитель не наделен функциями восстановления скважности, в чем уступает повторителю. Однако, есть две основные причины, которые делают применение усилителя более предпочтительным:

- следует иметь в виду, что качество сигналов, передаваемых по оптическому волокну, даже если сегмент протяженный, остается очень высоким вследствие малой дисперсии и затухания. Также не велик уровень вносимых шумов из-за неподверженности волокна влиянию электромагнитного излучения. Поэтому ретрансляция передаваемых данных простым усилением без полной регенерации становится весьма эффективной;

- оптический усилитель является более универсальным устройством, поскольку в отличие от регенератора он не привязан к стандарту передающегося сигнала или определенной частоте модуляции.

На практике на один регенератор может приходиться несколько последовательно расположенных оптических усилителей (до 4-8). Таким образом, эффективность использования оптических усилителей при построении волоконно-оптических магистралей большой протяженности очень высока.

Характерная строительная длина оптического кабеля (длина непрерывного участка кабеля, поставляемого на одном барабане) варьируется в зависимости от производителя и типа кабеля в пределах 2-10 км. На протяженных участках между повторителями (репитерами) могут помещаться десятки строительных длин кабелей. В этом случае производится специальное сращивание (как правило, сварка) оптических волокон. На каждом таком участке концы ВОК защищаются специальной герметичной проходной муфтой.

5.1.2 Пассивные оптические компоненты ВОЛС

Пассивные оптические компоненты ВОЛС включают в себя оптические соединители, розетки, шнуры, распределительные панели, кроссовые шкафы, соединительные муфты, оптические разветвители, аттенюаторы, системы спектрального уплотнения и т.д. то есть все, что необходимо для обеспечения передачи оптического сигнала по волоконно-оптическому кабелю от передатчика к приемнику.

По мере роста сложности и увеличения протяженности волоконно-оптической кабельной системы роль пассивных компонентов возрастает. Практически все системы волоконно-оптической связи, реализуемые для магистральных информационных сетей, локальных вычислительных сетей, а также для сетей кабельного телевидения, охватывают сразу все многообразие пассивных волоконно-оптических компонентов.

Самой важной проблемой передачи информации по ВОЛС является обеспечение надежного соединения оптических волокон. Оптический соединитель – это устройство, предназначенное для соединения различных компонентов волоконно-оптического линейного тракта в местах ввода и вывода излучения. Такими местами являются: оптические соединения оптоэлектронных модулей (приемников и передатчиков) с волокном кабеля, соединения отрезков оптических кабелей между собой, а также другими компонентами. Различают неразъемные и разъемные соединители. Неразъемные соединители используются в местах постоянного монтажа кабельных систем. Основным методом монтажа, обеспечивающим неразъемное соединение, является сварка. Разъемные соединители (коннекторы) допускают многократные соединения/разъединения. Промежуточное положение занимают соединения типа механического сплайса.

Механический сплайс – это простое в использовании устройство для быстрой стыковки обнаженных волокон с покрытием с диаметром 250 мкм-1 мм посредством специальных механических зажимов. Используется как для одноразового, так и для многократного использования. По надежности и по вносимым потерям механический сплайс уступает сварному соединению.

По конструкции соединения бывают симметричными и несимметричными. Упрощенные схемы соединителей показаны на рисунке 5.7.

При несимметричной конструкции для организации соединения требуется два элемента: соединитель гнездовой и соединитель штекерный, рис. 5.7. а. Оптическое волокно в капиллярной трубке коннектора-штекера не доходит до торца капилляра, а остается в глубине. Напротив, волокно в гнездовом соединителе выступает наружу. При организации соединения физический контакт волокон происходит внутри наконечника-капилляра, который обеспечивает соосность волокон. Открытое волокно, и капиллярная полость у этих соединителей являются основными недостатками, снижающими надежность несимметричной конструкции. Особенно недостатки сказываются при большом количестве переподключений. Поэтому такой тип конструкции получил меньшее распространение.

При симметричной конструкции для организации соединения требуется три элемента: два соединителя и переходная розетка (coupling) (Рис. 5.7. б). Главным элементом соединителя является наконечник (ferrule). Переходная розетка служит центрирующим элементом, выполненным в виде трубки с продольным разрезом – должен быть обеспечен контакт между наконечником и центрирующим элементом розетки (Рис. 5.7. в). Центрирующий элемент плотно охватывает наконечники и обеспечивает их строгую соосность.

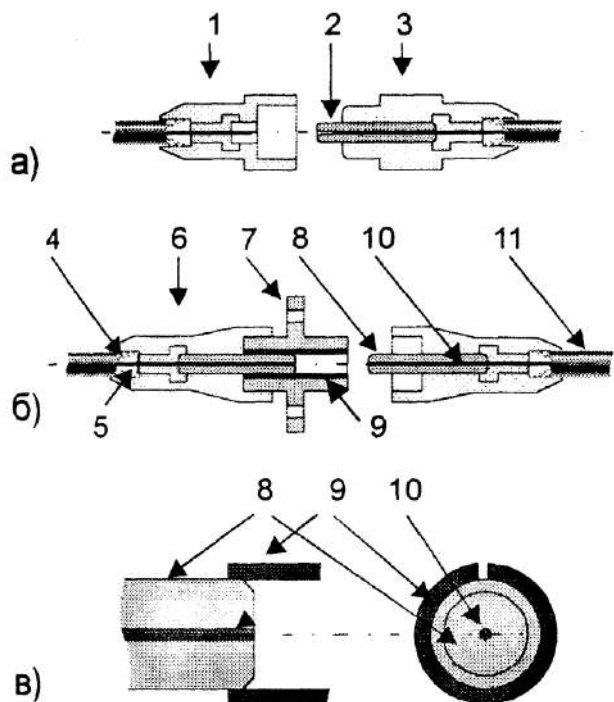


Рисунок 5.7 – Конструкции соединителей

а) несимметричная; б) симметричная; в) наконечник и центратор розетки симметричного соединителя.

Обозначения:

1 - соединитель гнездовой; 2 - наконечник-капилляр; 3 - соединитель штекерный; 4 - кевларовые нити; 5 - эпоксидный наполнитель; 6 - соединитель; 7 - переходная соединительная розетка (адаптер); 8 - оптический наконечник; 9 - центрирующий элемент розетки; 10 - оптическое волокно; 11 - миникабель.

К соединителям предъявляют следующие требования:

- малые вносимые потери;
- малое обратное отражение;
- устойчивость к внешним механическим, климатическим воздействиям;
- высокая надежность и простота конструкции;
- незначительное ухудшение характеристик после многочисленных повторных соединений.

Известно, что основными элементами ВОЛС являются волоконно-оптический кабель (ВОК), оптический излучатель, оптический приемник и оптический соединитель (ОС).

Практика показала, что параметры этих элементов взаимосвязаны и зависят друг от друга. Особо сильная зависимость параметров от параметров других элементов наблюдается у ОС. С непрерывным ростом требований к ВОЛС растут требования к ОС. Например, постоянное совершенствование ВОК снижает планку величины оптических потерь в ОС.

Основными лидерами в области производства волоконно-оптических элементов, в том числе кабелей и соединителей, как и прежде, являются известные фирмы Японии, США, Франции, Германии и др.

Следует заметить, что оптический соединитель по массовости применения и разнообразию конструкций постепенно приближается к электрическому разъему. На рисунке 5.8 представлена классификация ОС с точки зрения структурного участия ОС в ВОЛС. Однако требования, предъявляемые к соединителям, определяются условиями эксплуатации ВОЛС.

Оптические шнуры

Оптический шнур - это оптический миникабель, оконцованный с обеих сторон соединителями. Оптические шнуры бывают одномодовые, многомодовые (с одномодовым и многомодовым волокном, соответственно), одиночные (с одним волокном), двойные (с двумя волокнами). Они также различаются типом соединителей и могут поставляться разной длины под заказ. Пример обозначения оптического шнура: ST – Duplex SC MM 50/125 5м. Это двойной оптический шнур с многомодовым волокном 50/125 длиной 5 метров, оконцованный с одной стороны соединителем Duplex SC, с другой стороны – двумя соединителями ST.

Основные функции оптического шнура - обеспечение соединения: между разными активными сетевыми устройствами; между сетевым устройством и оптическим распределительным узлом; внутри оптического соединительного узла или кросса (внутренняя кросс-коммутация).

Розетка должна соответствовать типу соединителей. Выпускаются переходные розетки, обеспечивающие сочленение разнородных

соединителей. Однако такие розетки получили меньшее распространение из-за того, что не составляет большого труда изготовление оптического шнура с разными типами соединителей.

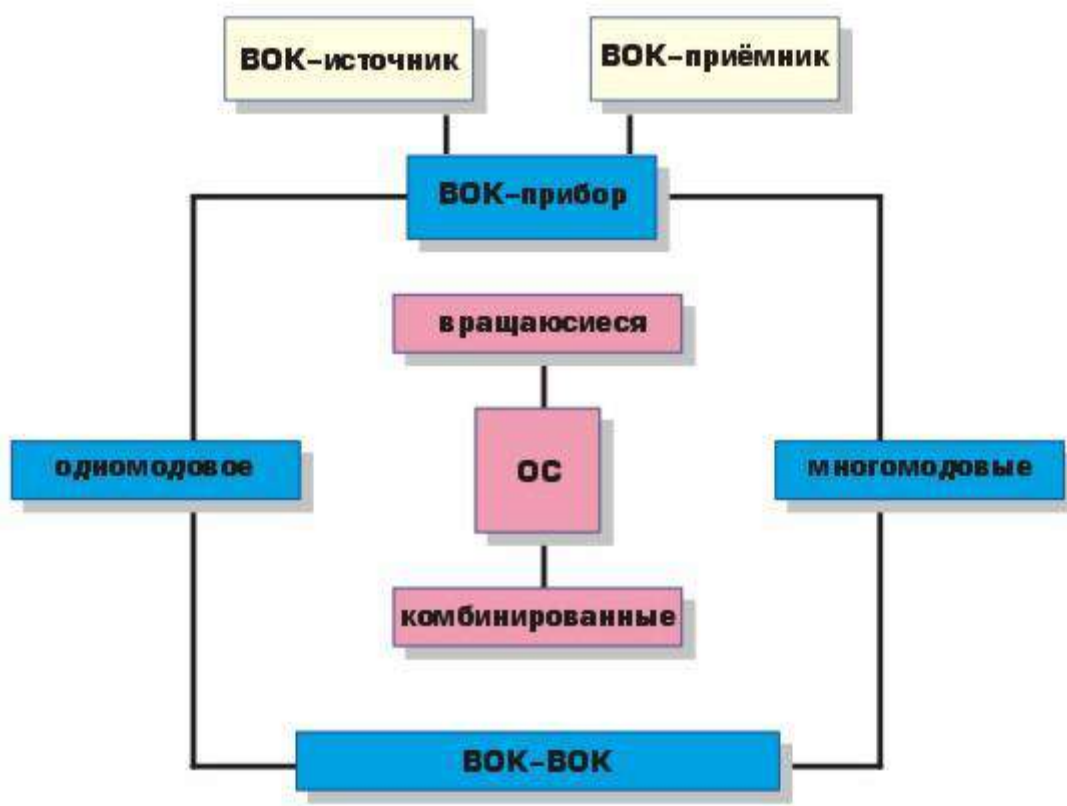


Рисунок 5.8 – Классификация ОС

Адаптеры быстрого оконцевания.

Изготовление оптических шнуров, т.е. заделка оптического волокна в соединитель, наряду с конструктором соединителя и миникабелем требует приемлемых лабораторных условий для монтажа и специального оборудования, в частности: полировального оборудования (оборудования для ручной полировки и/или специализированной полировальной машины), печи для обеспечения более быстрого затвердевания эпоксидного клея. Иногда для выполнения быстрого соединения проще использовать адаптер быстрого оконцевания обнаженного волокна. Такая заделка волокна является временной процедурой и применяется к волокнам в стандартном 3 мм миникабеле и 900 мкм буфере (tight-buffer). Адаптеры быстрого оконцевания используют стандартные соединители ST, FC, SC и обеспечивают потери при соединении с другими стандартными соединителями менее 1 дБ при одномодовых и многомодовых соединениях.

Механический сплайс.

При разрыве волокон ВОК, например в полевых условиях, можно восстановить повреждение, не прибегая к сварке волокон. МС – прецизионное, простое в использовании, недорогое устройство для быстрой стыковки обнаженных одномодовых и многомодовых волокон в покрытие с диаметром 250 мкм-1мм посредством специальных механических зажимов. МС предназначен для многократного (организация временных соединений) или однократного (организация постоянного соединения) использования. Стекланный капилляр, заполненный иммерсионным гелем, обеспечивает вносимые потери < 0,2 дБ и обратные потери < -50 дБ. По надежности и по вносимым потерям механический сплайс уступает сварному соединению.

Оптические разветвители.

Одним из наиболее важных устройств, относящихся к пассивным компонентам ВОЛС, является оптический разветвитель (coupler, другое название splitter). Разветвители используются при построении распределенных волоконно-коаксиальных сетей кабельного телевидения, а также в межгосударственных проектах полностью оптических сетей. Оптический разветвитель представляет собой в общем случае многополюсное устройство, в котором излучение, подаваемое на часть входных оптических полюсов, распределяется между его остальными оптическими полюсами.

Различают направленные и двунаправленные разветвители, а также разветвители, чувствительные к длине волны и нечувствительные. В двунаправленном разветвителе каждый полюс может работать или на прием сигнала, или на передачу, или осуществлять прием и передачу одновременно. Ответвитель – это обобщение древовидного разветвителя, когда выходная мощность распределяется необязательно в равной степени между выходными полюсами.

Оптические изоляторы.

Оптический сигнал, распространяясь по волокну, отражается от различных неоднородностей, в особенности от мест сухого стыка, образуемых оптическими соединителями. В результате такого отражения часть энергии возвращается обратно. Если в качестве источников излучения используются лазерные диоды, то отраженный сигнал, попадая в резонатор лазера, способен индуцировано усиливаться, приводя к паразитному сигналу. Особенно это нежелательно, когда источник излучения генерирует цифровой широкополосный сигнал (>100МГц), или аналоговый широкополосный сигнал (в смешанных волоконно-коаксиальных сетях кабельного телевидения до 1ГГц. Наиболее кардинальный способ подавления обратного потока основан на использовании оптических изоляторов. Оптический изолятор обеспечивает пропускание света в одном направлении почти без потерь, а в другом направлении (обратном) с большим затуханием.

Аттенюаторы.

Аттенюаторы используются с целью уменьшения мощности входного оптического сигнала. При цифровой передаче большой уровень способен привести к насыщению приемного оптоэлектронного модуля. При передаче аналогового сигнала чрезмерно высокий уровень приводит к нелинейным искажениям и ухудшению изображения. По принципу действия аттенюаторы бывают переменные и фиксированные.

Соединительные герметичные муфты.

При прокладке протяженной линии связи на один линейный участок между приемо-передающим оборудованием может приходиться от единицы до десятков строительных длин ВОК. В местах сопряжения кусков оптических кабелей обычно производится сварка волокон с последующей надежной защитой мест сварки. Для этой цели используются соединительные муфты, основная задача которых герметично на длительный срок закрыть область сваренных волокон. Муфты могут предназначаться для укладки в грунте, на дне рек, океанов, на подвеске на опоры вдоль линий передач.

5.1.3 Преимущества и недостатки использования оптических волокон в системах связи и технические требования к оптическим кабелям связи

Волоконно-оптические коммуникации имеют ряд преимуществ по сравнению с электронными системами, использующими передающие среды на металлической основе. Среди них можно указать следующие:

- широкая полоса пропускания – обусловлена чрезвычайно высокой частотой несущей – около 10¹⁴ Гц, которая обеспечивает потенциальную возможность передачи по одному оптическому волокну потока информации в несколько терабит в секунду;

- большая полоса пропускания – одно из наиболее важных преимуществ оптического волокна над медной или другой средой передачи информации;

- малое затухание оптического сигнала в волокне. Выпускаемое в настоящее время отечественное и зарубежное оптическое волокно имеет затухание 0,2-0,3 дБ на длине волны 1,55 мкм в расчете на один километр. Малое затухание и небольшая дисперсия позволяют строить участки линий без ретрансляции протяженностью более 100 км.

- низкий уровень шумов в волоконно-оптическом кабеле позволяет увеличить полосу пропускания за счет использования различных способов модуляции сигналов при малой избыточности их кодирования;

- высокая помехозащищенность. Поскольку волокно изготовлено из диэлектрического материала, то оно невосприимчиво к электромагнитным помехам со стороны окружающих медных кабельных систем и электрического оборудования, способного индуцировать электромагнитное излучение (линии электропередач, электродвигательные установки и т.д.);

- малый вес и объем. Волоконно-оптические кабели имеют меньший вес и объем по сравнению с медными кабелями в расчете на одну и ту же пропускную способность;

- высокая защищенность от несанкционированного доступа. Поскольку ВОК практически не излучают в радиодиапазоне, то передаваемую по нему информацию трудно подслушать, не нарушая приема-передачи;

- гальваническая развязка. Это преимущество оптического волокна заключается в его изолирующем свойстве;

- взрыво-пожаробезопасность. Из-за отсутствия искрообразования оптическое волокно повышает безопасность сетей связи на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенного риска;

- экономичность. Волокно изготавливается из кварца, основу которого составляет двуокись кремния, широко распространенная в природе и является, в отличие от меди, недорогим материалом. В настоящее время стоимость оптического волокна и медной пары соотносятся как 2:5.

- длительный срок эксплуатации. В настоящее время срок службы ВОК составляет примерно 25 лет. За это время может смениться несколько поколений стандартов приема-передающих систем.

- возможность подачи электропитания. Оптическое волокно не способно выполнять функции силового кабеля и используется только для передачи информационных сигналов.

Однако в некоторых случаях требуется подать электропитание на узел информационной волоконно-оптической сети. В этих случаях можно использовать смешанный кабель, когда наряду с оптическими волокнами кабель оснащается медными проводниками. Такие кабели нашли широкое применение как у нас в стране, так и за рубежом.

Указанные выше достоинства оптического волокна как среды для передачи информационных сигналов позволяет сформулировать следующие преимущества волоконно-оптических систем связи.

В волоконно-оптических системах связи передаваемые сигналы не искажаются ни одной из форм внешних электронных, электромагнитных или радиочастотных помех.

Волоконно-оптическая связь более предпочтительна перед другими видами связи, когда одним из основных требований является безопасность ее работы в детонирующих, воспламеняющихся или электробезопасных средах и условиях.

Волоконно-оптические системы связи идеально подходят для передачи данных в цифровых вычислительных системах, цифровой телефонии и видеовещательных системах, которые требуют использования новых физических явлений и принципов для развития и улучшения характеристик систем передачи.

Волоконно-оптические системы имеют также и недостатки, к которым в основном относятся дороговизна прецизионного монтажного оборудования,

относительно высокая стоимость лазерных источников излучения и требования специальной защиты волокна. Однако преимущества от применения волоконно-оптических линий связи настолько значительны, что несмотря на перечисленные недостатки дальнейшие перспективы развития технологий ВОЛС в информационных сетях более чем очевидны.

Оболочки, бронепокровы в соответствии с их функциональными назначениями и областью применения должны обеспечивать:

- герметичность и влагостойкость;
- механическую защиту;
- стойкость к воздействию соляного тумана, солнечного излучения;
- стойкость к избыточному гидростатическому давлению;
- защиту от грызунов;
- нераспространение горения.

Оптические волокна и элементы группирования волокон в кабеле должны иметь цветовую идентификацию.

Номинальная строительная длина кабеля, указанная в технической документации производителя, должна быть не менее 2 км (кроме стационарных кабелей). Для морских кабелей строительные длины указываются в конкретных контрактах.

ОКС, содержащие металлические элементы, должны удовлетворять следующим требованиям к электрическим параметрам:

- электрическое сопротивление наружной оболочки кабеля, измеренное между металлическими элементами и землей (водой) должно быть не менее 2000 МОм·км (при заводских испытаниях);

- внешняя оболочка кабеля должна выдержать напряжение, приложенное между металлическими элементами, соединенными вместе, и водой (землей) 20 кВ постоянного тока или 10 кВ переменного тока частотой 50 Гц в течение 5 секунд. Для морских кабелей величина испытательного напряжения определяется с учетом величины дистанционного питания (ДП);

- электрическое сопротивление изоляции жил ДП и между металлическими элементами и жилами ДП должно быть не менее 10000 МОм·км;

- электрическое сопротивление жил ДП, приведенное к температуре 20 °С, должно быть не более 16 Ом/км;

- изоляция жил ДП должна выдерживать испытательное напряжение 2,5 кВ переменного тока или 5 кВ постоянного тока в течение 2 мин;

- оптический кабель с металлическими наружными покровами должен выдерживать испытания импульсным током в четырех поддиапазонах значений: менее 55 кА (I-ая категория молниестойкости); (55-80) кА (II-ая категория); (80-105) кА (III-я категория молниестойкости); 105 кА и выше (IV-я категория);

Оптический кабель связи должен быть стойким к механическим воздействиям. Он должен выдерживать 20 циклов изгибов на угол ± 900 по радиусу не более 20-кратного внешнего диаметра при нормальной

температуре и при температуре не ниже минус 10 0С окружающей среды (кроме внутри объектовых). Кабели должны выдерживать 10 циклов осевых закручиваний на угол $\pm 360^\circ$ на длине не более 4 м. при нормальной температуре окружающей среды.

Он должен быть стойким к вибрационным нагрузкам в диапазоне частот (10-200) Гц с ускорением 4g.

Срок службы оптических кабелей должен быть не менее 25 лет.

Срок хранения в полевых условиях под навесом должен быть не менее 10 лет, в отапливаемых помещениях не менее 15 лет.

Срок хранения входит в срок службы кабеля.

Транспортирование кабелей допускается любым видом транспорта на любое расстояние в соответствии с правилами перевозки грузов.

Хранение кабелей должно осуществляться в упакованном виде. Не должно быть воздействия паров кислот, щелочей и других агрессивных сред.

Температура окружающей среды при транспортировании и хранения от – 50 0С до +50 0С, для кабелей с пониженной рабочей температурой окружающей среды от –60 0С до +50 0С.

Условия хранения морских кабелей определяются заводом-производителем.

Кабель должен обеспечивать возможность его прокладки и монтажа при температуре до –10 0С (внутриобъектовые – не ниже –5 0С) [25,27].

Допустимый статический радиус изгиба кабеля должен быть равен 20-ти номинальным наружным диаметрам кабеля. Для кабелей, прокладываемых в кабельной канализации, допустимый радиус изгиба не должен превышать 250 мм. Допустимый радиус изгиба оптического волокна при монтаже должен быть не более 3 мм (в течение 10 мин). Допустимый статический радиус изгиба оптических модулей должен быть указан в ТУ на конкретный тип кабеля. Изготовитель должен гарантировать соответствие оптического кабеля требованиям Технических условий при соблюдении потребителем условий транспортирования, хранения, эксплуатации и монтажа, установленных в Технических условиях и эксплуатационной документации. Срок гарантии составляет не менее 2 лет со дня ввода в эксплуатацию.

5.1.4 Виды работ по монтажу оптического кабеля и муфт

Монтаж является ответственной работой в строительстве кабельных сооружений. Высокое качество монтажа обеспечивает надежность работы кабельной линии.

К спайкам кабеля предъявляют следующие требования:

- омическое сопротивление жил не должно увеличиваться;
- сопротивление изоляции не должно понижаться;
- пары и повивы должны сохраняться;
- разбивать пары и перепутывать их не допускается;
- в месте сrostка должна быть обеспечена надежная механическая прочность соединения;

- непрерывность экрана (если таковой имеется) должна быть восстановлена;
- заделка оболочки должна быть прочной и герметичной;
- место спайки не должно быть слишком утолщенным по сравнению с диаметром кабеля.

При сращивании кабелей необходимо:

- сращивать друг с другом жилы в том же порядке, в каком они находятся в соответствующих повивах кабеля;
- контрольные группы одного конца кабеля соединять с контрольными группами другого;
- соединять друг с другом жилы, имеющие изоляцию одного и того же цвета.

До и после монтажа контролируют качество кабеля. Окончательно смонтированную линию подвергают контрольным электрическим измерениям.

Одним из основных элементов линий связи являются соединительные муфты (Рис.5.9). От их конструкции и надежности во многом зависит бесперебойная и качественная связь. Они предназначены для защиты сращков оптических волокон от атмосферных влияний и механических воздействий при строительстве и эксплуатации волоконно-оптических линий связи. Они также обеспечивают механическую и электрическую непрерывность кабеля независимо от способа прокладки (непосредственно в земле, в кабельной канализации или воздушных линиях).

Механическая непрерывность обеспечивается за счет соединения оболочек кабелей и их центральных элементов.

Электрическая непрерывность достигается путем токопроводящих соединений металлических центральных элементов (если имеются) между собой или с внешними точками заземления. Кроме того, соединительные муфты должны обеспечивать упорядоченное размещение сращков в соединительных кассетах и хранение резервной длины жгутовых модулей с поллой оболочкой.

Естественно, следует предотвращать увеличения затухания в световодах из-за малого радиуса изгиба при уплотнении кабеля в кабельных вводах, при хранении резервной длины модулей с поллой оболочкой или укладке сращков и резервной длины световодов в кассете.

Ни одна муфта не может удовлетворять всему спектру требований и различных особенностей применения. Поэтому было разработано много типов муфт – семейство универсальных муфт, предлагающие решение всех проблем, встречающихся на практике.



Рисунок 5.9 – Классификация муфт

При выборке соединительной муфты необходимо учитывать следующие аспекты:

- емкость;
- внешняя конструкция;
- внутренняя конструкция;
- область применения.

Емкость. Необходимо учитывать как емкость по количеству сростков, так и количество вводимых кабелей и их наружный диаметр.

Внешняя конструкция. Здесь важна форма муфты.

Различают следующие типы:

- проходные;
- тупиковые;
- универсальные.

Внутренняя конструкция. Для внутренней конструкции муфты важной характеристикой, наряду с адаптацией к различным типам кабелей (кабели с фигурным сердечником, кабели с центральной трубой, жгутовые кабели с модулями с полой оболочкой), каждый из которых может быть в ленточном исполнении или с отдельными световодами, является адаптация к типу доступа к световоду. Различают групповой доступ при пакетном размещении кассет для сростков, доступ к отдельным кассетам, доступ к отдельным пользователям.

Выбор конструкции любой муфты зависит от условий их применения и способов прокладки ВОК. Любая муфта должна иметь:

- детали для закрепления оболочки ВОК;
- узлы для обеспечения электрической непрерывности и механической прочности силовых элементов конструкции ВОК;
- кассеты для хранения и защиты ОК;
- узлы для заземления.

Большое влияние на уточнение конструкций муфт оказывает их назначение и условия эксплуатации. Как известно, соединительные муфты могут размещаться в помещениях, колодцах кабельной канализации, коллекторах, шахтах, грунтах различных категорий, водоемах и на открытом воздухе.

Такое разнообразие установки требует при разработке конструкции муфт обеспечить:

- простоту и надежность монтажа ВОК (заделка бронепокровов и центрального силового элемента ЦСЭ);
- минимально допустимые радиусы изгиба ОВ (не менее 30 мм) и надежное закрепление мест соединения и выкладку ОВ в кассетах;
- выкладку запаса модулей для компенсации изменения длины ОВ в зависимости от изменения температуры в интервале от -60 до $+70^{\circ}\text{C}$;
- возможность ввода дополнительного ВОК в действующую муфту;
- возможность ввода кабеля транзитом, а также через ответвительные и разветвительные соединения;
- механическую прочность оболочек и всех пластмассовых деталей;
- возможность установки защитных кожухов, предохраняющих муфту от актов вандализма и ультрафиолетового (солнечного) излучения;
- герметичность в условиях воздействия факторов окружающей среды (температуры, состояния атмосферы, грунтовых вод, дождя);
- сохранения всех параметров надежности на весь период эксплуатации;
- ремонтпригодность;
- стабильность коэффициентов затухания (отсутствие дополнительных затуханий из-за микроизгибов);
- защищенность от ударов молнии.

Чтобы обеспечить эти требования, в муфте применяются высокопрочные светостабилизированные пластмассы и нержавеющей стали, термоусаживаемые материалы с подклеивающей основой, самоотверждающиеся компаунды, вулканизированная резина, мастики, ленты и клеи как отечественного, так и зарубежного производства.

Наибольшей эксплуатационной надежностью должны обладать те части соединительных муфт, которые осуществляют защиту ОК от напряжения изгиба, кручения и произвольного проникновения воды под броней, например, узлы заделки бронепокровов.

В некоторых конструкциях муфт предусматриваются дополнительные меры защиты от действия токов молнии. С этой целью, например, муфта

МТОК 96-01, используемая для монтажа магистральных кабелей 1, 2 и 3 типов, снабжена узлом (штуцером) для закрепления стальных круглых проволок брони вводимого в муфту кабеля 1,2-1,5 мм любой жесткости без дополнительного изгиба. Такой узел крепления обеспечивает приложение усилия растяжения до 50-80% от максимально допустимого растягивающего усилия монтируемого ВОК. Канал штуцера на входе и выходе промежуточной оболочки ВОК герметизируется мастиками для защиты от продольного проникновения воды.

Для крепления проводов заземления с целью получения электрических замкнутых изолированных бронепокровов сращиваемых ВОК, используется узел крепления, который допускает прохождение токов молнии до 114 кА. В оголовнике муфты имеются патрубки для вывода проводов заземления наружу и подсоединения их к контейнеру заземления.

Внутри соединительной муфты находятся узлы и детали, предназначенные для размещения и крепления конструктивных элементов ВОК:

- ЦСЭ специальным механическим узлом;
- устройства для размещения и крепления запасов ОВ любых используемых типов кабелей, в том числе с модульными трубками любой жесткости со свободно лежащими в одной трубке ОВ;
- устройство для обеспечения возможности прохождения части волокон транзитом.

Конструкция муфты характеризуется способом герметизации – «холодным» или «горячим» и видом соединения строительных длин: проходным тупиковым и универсальным, (Рис. 5.10).

«Холодный» способ восстановления оболочек ВОК имеет разновидности, которые базируются на соединении наружных частей муфт с помощью:

- болтов;
- хомутов;
- защепок.

«Горячий» способ восстановления оболочек ВОК предусматривает применение огня или горячего воздуха. При этом способе наружные части муфты соединяются:

- нагревом полиэтиленовых или термоусаживаемых лент;
- нагревом манжет или термоусаживаемых трубок (ТУТ).

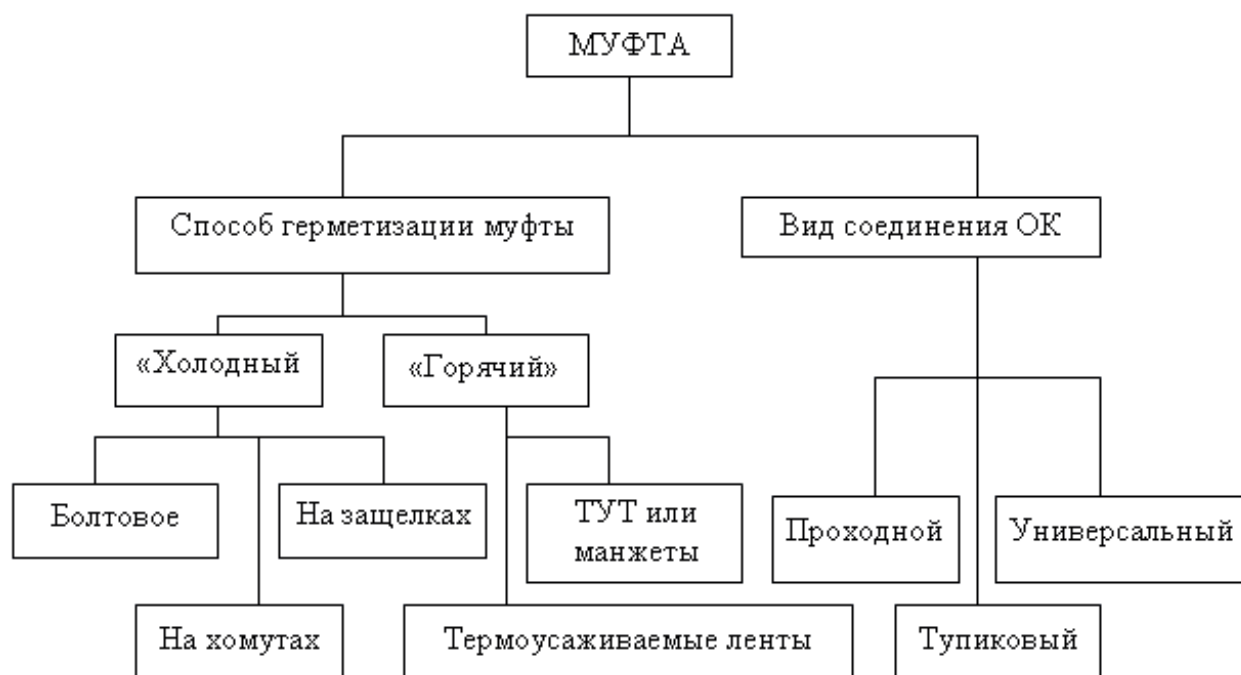


Рисунок 5.10 – Зависимость конструкции муфт от способа герметизации и видов соединения

В состав работ, при организации и технологии монтажного процесса входят:

- организационно-подготовительные работы;
- условия производства монтажных работ;
- подготовка объекта для производства работ;
- монтаж соединительной муфты;
- проверка герметичности смонтированной муфты;
- ремонт соединительной муфты;
- особенности монтажа соединительной муфты на кабеле, прокладываемом в кабельной канализации.

До начала монтажа руководитель работ обязан изучить соответствующую техническую документацию, провести обследование района строительства, сопоставить план расположения соединительных муфт с реальными возможностями и получить необходимые монтажные материалы, инструмент, приспособления и инвентарь, проверить оснастку монтажно-измерительных машин и их работоспособность [39,48].

Монтаж соединительных муфт и контрольную измерительную проверку в процессе монтажа производит комплексная бригада в составе 5 человек:

- старший инженер-измеритель – 1,
- инженер-измеритель – 1,
- техник-измеритель – 1,
- монтажник связи - спайщик 6-го разряда – 1,
- монтажник связи - спайщик 5-го разряда – 1.

К работе допускаются только лица, прошедшие специальное обучение по монтажу и измерениям оптических кабелей связи. Монтаж соединительных муфт производится в специально оборудованной монтажно-измерительной автомашине. Для измерений на конце стыкуемой строительной длины ОК применяется другая монтажно-измерительная автомашинa.

5.1.5 Техника безопасности при монтаже оптического кабеля и муфты

При монтаже оптического кабеля и соединительной муфты необходимо руководствоваться «Правилами техники безопасности при работах на кабельных линиях связи и проводного вещания». Необходимо соблюдать те правила техники безопасности, которые включены в руководящую нормативно-техническую документацию.

К работе с ОК допускаются лишь те работники, которые прошли специальный курс обучения, который включает в себя приемы монтажа и технологические правила.

Работы с ОК, которые находятся под напряжением проходят на тех линиях, напряжение которых равняется 110-500 кВ, проходят только в одном случае, когда можно обеспечить большие воздушные расстояния на опорах, которые в свою очередь не мешают выполнять подъем и работу на опоре.

В связи с требованиями техники безопасности должны быть использованы специальные приспособления для защиты при опасной работе в электроустановках. В ППР должны отображать все меры безопасности, которые должны быть соблюдены.

При разделке оптического кабеля для его отходов должен быть специальный ящик. Нельзя допускать, чтобы оптические волокна попадали на пол, монтажный стол и спецодежду монтажников. Это может привести к ранению оптическими волокнами незащищенных участков рук во время исполнения других работ и при уборке рабочего места.

Нужно избегать прикосновений к оптическим волокнам, работая с кабелем при монтаже соединительных муфт. Это нужно для предотвращения попадания частиц волокон в организм и на поверхность кожи.

Если работа проходит на тех участках, что проходят через городские застройки, то нужно выделить опасные зоны, отметить расположение наземных сооружений и подземных коммуникаций.

К спаянным работам допускаются лица не моложе 18 лет. Особое внимание должно быть уделено выполнению требований по безопасному обращению с паяльными лампами и газовыми горелками. Масса для заливки чугунных муфт должна разогреваться на жаровнях без открытого огня, при этом следует пользоваться ведром с носиком и крышкой. Температура массы должна контролироваться термометром. Клеящие составы необходимо хранить в закрывающейся посуде: нельзя допускать попадания клея на кожу или в органы дыхания.

Руководитель работ дает распоряжение приступить к работе только после личной проверки отсутствия напряжения на кабеле. При разрезании кабеля ножовка должна быть заземлена на металлический штырь, вбитый в землю на глубину 0,5 м.

На кабельных линиях, имеющих сближения с электрифицированной железной дорогой переменного тока, необходимо:

а) выполнять работы только по предварительно выданному наряду, в котором указываются основные меры по безопасности;

б) проверять наличие и исправность защитных средств, приспособлений и инструмента;

в) выполнять работы бригадой в составе не менее двух человек, один из которых назначается ответственным за выполнение правил техники безопасности;

г) все работы по строительству и ремонту вести с применением перчаток, галош, ковриков и инструмента с изолирующими ручками;

д) контролировать отсутствие напряжения на жилах и оболочках кабеля с помощью указателя напряжения с неоновой лампой или вольтметра.

При работе вблизи от ВЛ, необходимо соблюдать правила защиты работников от поражения электрическим током [13,25].

Главные работы по монтажу проводятся с отключением линий, для этого нужно согласовать все с организацией, которая занимается эксплуатацией ВЛ, необходимо сделать наряд-допуск в особом порядке.

5.2. Монтаж оконечных устройств

Кроссовое оборудование и оконечные кабельные (абонентские) устройства сетей связи — элементы телекоммуникационной инфраструктуры, позволяющие распределять входящие кабельные линии между отдельными потребителями (группами потребителей).

В широком понимании кросс представляет собой ограниченное пространство, в котором осуществляется коммутация и распределение кабелей (проводов) линий телекоммуникационной связи. В более узком (специальном) представлении различают:

Оконечные устройства, в которых помещено кроссовое оборудование для распределения оптических, многопарных магистральных и внутризональных кабелей: кабельные боксы, телефонные распределительные коробки, распределительные шкафы.

Кроссовое оборудование — устройства, в которых непосредственно распределяются телекоммуникационные линии (плинты), и вспомогательный крепеж.

В зависимости от особенностей конструкции оконечные устройства могут быть закрытыми (шкафы, коробки, боксы и т.п.) и открытыми (стойки). С учетом особенностей монтажа различают навесные (настенные) и напольные устройства.

Кроме конструктивных особенностей, шкафы, коробки и боксы отличаются своими функциональными признаками (в первую очередь, емкостью) и уровнем защищенности (наличие сигнализации, замков и др.).

Распределительные коробки и кабельные ящики.

Для соединения распределительного кабеля с абонентскими линиями, устанавливают распределительные телефонные коробки КРТ-10.

Коробка РК состоит из чугунного корпуса с крышкой, внутри которого установлен пластмассовый плинт, укрепленный на боксе. На поверхности плинта имеется десять, пар контактных винтов, соединенных с впрессованными внутри плинта десятью парами контактных перьев. Между верхней поверхностью корпуса бокса и плинтом находится прокладка, пропитанная парафином или прошпарочной массой. Плинт крепят к боксу винтами с металлическими пластинами — плинтодержателями, на которых нанесена цифровая гравировка: на левом плинтодержателе вверху 0, внизу 5, на правом — вверху 4, внизу 9.

Телефонные распределительные коробки устанавливают на стенах лестничных клеток или в специальных нишах, оборудованных шкафами для размещения средств связи.

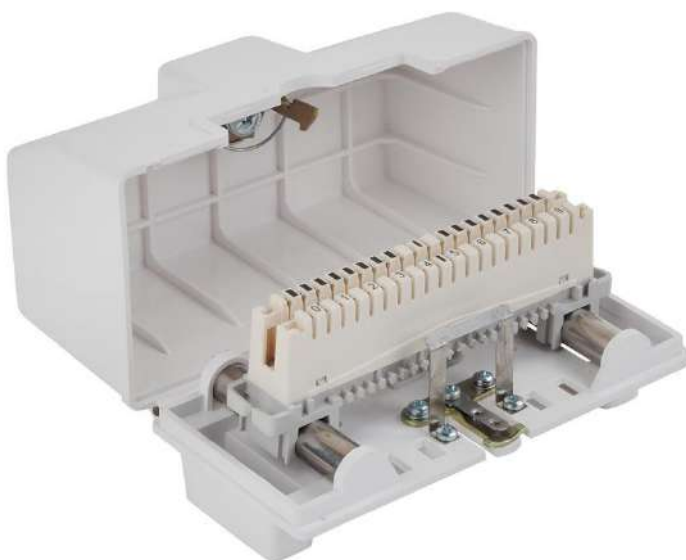


Рисунок 5.11 – Распределительные коробки КРТП

В настоящее время промышленностью выпускаются распределительные коробки КРТП в пластмассовом корпусе наклонного типа (Рис. 5.11), устанавливаемые внутри зданий.

На распределительных сетях, где имеются воздушные линии (при переходе кабельной линии в воздушную), ставят кабельные ящики (Рис. 5.15), которые размещают на вводных стойках, чердаках или кабельных опорах. Кабельный ящик состоит из металлического корпуса с откидной крышкой, внутри которого установлены фарфоровые плинты.

Плинты имеют угольные грозоразрядники и плавкие предохранители, защищающие кабель и обслуживающий персонал от опасных напряжений и токов, которые могут возникнуть при грозовых разрядах или в результате случайного соприкосновения с проводами высокого напряжения [48,49].

Угольные грозоразрядники состоят из угольных пластин, между которыми проложена слюдяная прокладка. Она пробивается при напряжении 500В, и заряд уходит в землю. В кабельных ящиках ЯКГ используют плавкие предохранители СК (спиральный с коническими контактами): СК-47-1 или СК-47-0,5. При токе свыше 0,5 и 1А предохранитель перегорает и линия отключается.

Кабельные ящики (Рис.5.12) для городских телефонных сетей выпускают двух типов: ЯКГ-10Х2—кабельный городской для включения 10 линий в один десятипарный плинт, и ЯКГ-20Х2—с двумя десяти парными плинтами. В кабельных ящиках емкостью 10Х2 плинт расположен вертикально, а емкостью 20×2 плинты размещены горизонтально на одном боксе.



Рисунок 5.12 – Кабельные ящики

Телефонные шкафы

Шкаф распределительный предназначен для размещения в нем боксов типа БКТ и пакетов кроссировочных проводов, с помощью которых соединяются магистральные и распределительные пары.

Существует два типа шкафов: ШР – шкаф распределительный, предназначенный для установки на улице вне зданий. ШРП – шкаф распределительный, предназначен для установки внутри помещений, зданий.

На рис. 5.13 показано размещение и нумерация боксов в шкафу.

Соединение магистральных и распределительных пар производят проводом ПКСВ-2. Места установки боксов определены исходя из принципа минимального расхода кроссировочных проводов и обеспечения возможности прокладки их по кратчайшему пути с наименьшим числом пересечений [16,18].

При проектировании рекомендуют к применению шкафы ШРП. Эти шкафы по сравнению с ШР проще по конструкции и дешевле. На кабели и арматуру, установленные в них, значительно меньше влияют погодные условия. Емкость шкафа следует выбирать таким образом, чтобы при развитии сети связи на третьем этапе не пришлось производить переразбивку шкафного района.

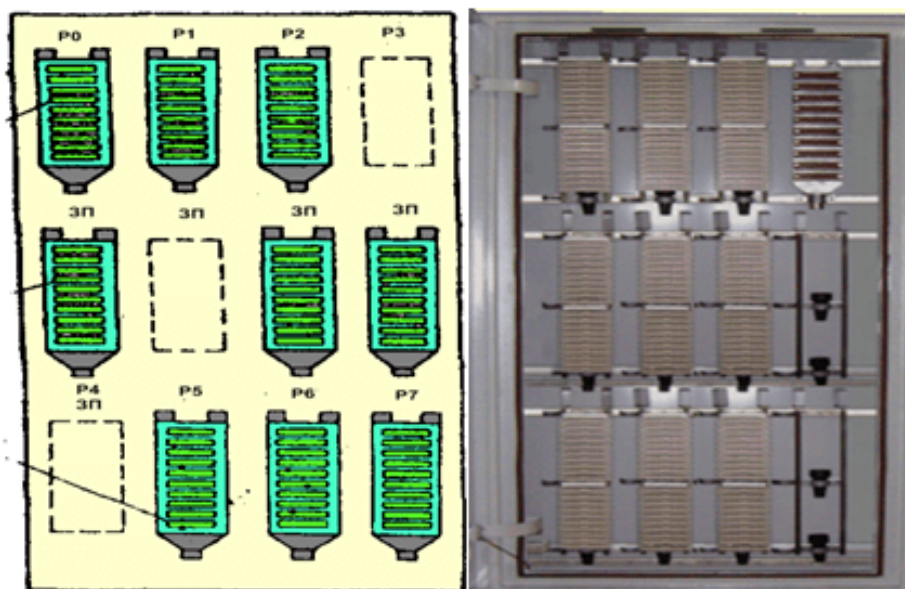


Рисунок 5.13 – Размещение и нумерация боксов в распределительном шкафу РШ 1200x2

После расстановки, определения ёмкости и загрузки шкафов производят их нумерацию. Шкафы нумеруют последовательно для каждого магистрального кабеля, начиная со шкафа, ближайшего к АТС. Закончив нумерацию распределительных шкафов одного из магистральных кабелей, переходят по часовой стрелке к нумерации шкафов следующего магистрального кабеля.

Номер шкафа состоит из буквы Р – распределительный, индекса, соответствующего номеру проектируемой АТС, и порядкового номера самого шкафа. Например, 4-й шкаф в районе обслуживания АТС 1 будет иметь номер Р-1-4 [16,49].

5.2.1 Структура и назначение оптических пассивных и активных элементов

Волоконно-оптическая система передачи (ВОСП), волоконно-оптическая линия связи (ВОЛС) — волоконно-оптическая система, состоящая из пассивных и активных элементов, предназначенная для передачи информации в оптическом (как правило — ближнем инфракрасном) диапазоне.

По существу, ВОСП содержат функциональные узлы, присущие любым радиотехническим системам связи. Более того, при формировании сигналов, в принципе, возможно использование тех же разнообразных способов кодирования и видов модуляции, которые известны в радиотехническом диапазоне.

Однако ряд особенностей оптического диапазона и используемого в нем элементного базиса накладывают свои ограничения на реализационные

возможности ВОСП или приводят к техническим решениям, отличным от традиционных в технике связи [48,50].

Волоконно-оптической системой передачи называется совокупность активных и пассивных устройств, предназначенных для передачи информации на расстояние по оптическим волокнам (ОВ) с помощью оптических волн и сигналов. Другими словами, ВОСП – это совокупность оптических устройств и оптических линий передачи для создания, обработки и передачи оптических сигналов. При этом оптическим сигналом служит модулированное оптическое излучение лазера или светодиода.

На рисунке 5.14 представлены основные компоненты такой системы.

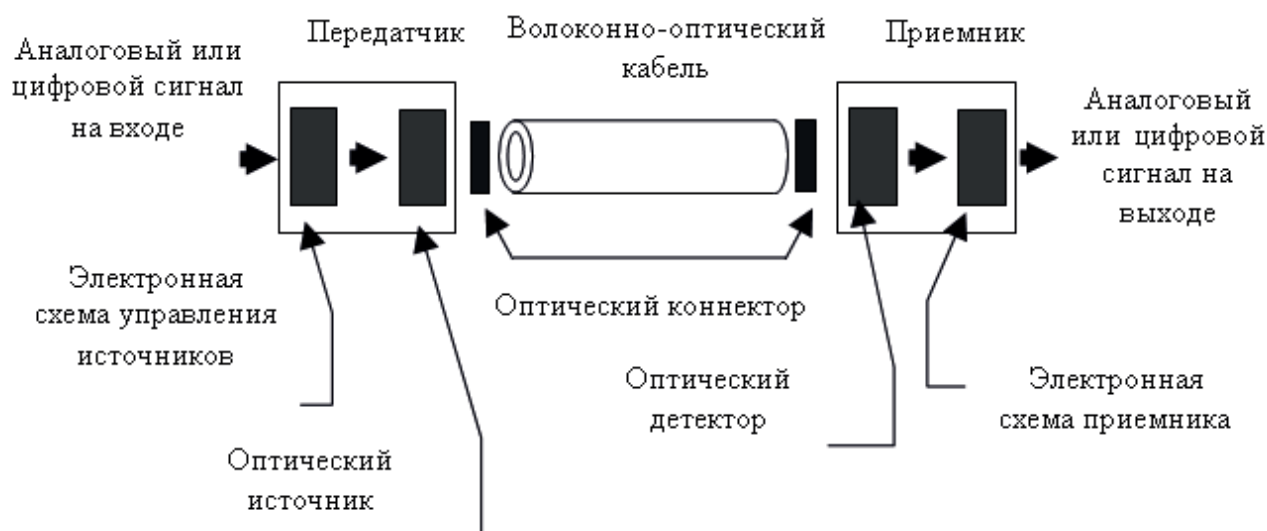


Рисунок 5.14 – Структурная схема волоконно-оптической системы передач

Передатчик преобразует электрические сигналы в световые. Данное преобразование выполняет источник, представляющий собой либо светоизлучающий, либо лазерный диод. Электронная схема управления преобразует входной сигнал в сигнал определенной формы, необходимой для управления источником.

Волоконно-оптический кабель – среда, по которой распространяется световой сигнал. Кабель состоит из оптического волокна и защитных оболочек.

Приемник предназначен для приема светового сигнала и его обратного преобразования в электрические сигналы. Его основными частями являются оптический детектор, непосредственно выполняющий функцию преобразования сигнала.

Соединители (коннекторы) предназначены для подключения волокна к источнику, оптическому детектору и для соединения волокон между собой.

В настоящее время при организации связи по волоконно-оптическим линиям связи предпочтение отдается цифровым системам передачи (ЦСП) с импульсно-кодовой модуляцией (ИКМ), что обусловлено помимо общих

преимуществ ЦСП по сравнению с аналоговыми системами передачи (АСП) особенностью работы и построения ВОСП. Это связано с высоким уровнем шумов фотодиодов, которые используются в качестве приемников оптического излучения [20].

Для получения необходимого качества передачи информации с помощью АСП требуются специальные методы приема и обработки аналоговых оптических сигналов. ЦСП обеспечивает требуемое качество передачи информации при отношении сигнал-помеха на 30...40 дБм меньше, чем АСП. Поэтому реализация ВОСП с использованием ЦСП намного проще по сравнению с АСП.

В ВОСП используется приграничный к инфракрасному диапазон длин волн от 800 до 1600 нм, при этом предпочтительными являются длины волн 850, 1300 и 1550 нм.

Активные компоненты ВОСП.

Регенератор — устройство, осуществляющее восстановление формы оптического импульса, который, распространяясь по волокну, претерпевает искажения. Регенераторы могут быть как чисто оптическими, так и электрическими, которые преобразуют оптический сигнал в электрический, восстанавливают его, а затем снова преобразуют в оптический.

Усилитель — устройство, усиливающее мощность сигнала. Усилители также могут быть оптическими и электрическими, осуществляющими оптико-электронное и электронно-оптическое преобразование сигнала.

Лазер — источник монохромного когерентного оптического излучения. В системах с прямой модуляцией, которые являются наиболее распространёнными, лазер одновременно является и модулятором, непосредственно преобразующим электрический сигнал в оптический.

Модулятор — устройство, модулирующее оптическую волну, несущую информацию по закону электрического сигнала. В большинстве систем эту функцию выполняет лазер, однако в системах с непрямой модуляцией для этого используются отдельные устройства.

Фотоприёмник (Фотодиод) — устройство, осуществляющее оптоэлектронное преобразование сигнала.

Пассивные компоненты.

Волоконно-оптический кабель, светонесущими элементами которого являются оптические волокна. Наружная оболочка кабеля может быть изготовлена из различных материалов: поливинилхлорида, полиэтилена, полипропилена, тефлона и других материалов. Оптический кабель может иметь бронирование различного типа и специфические защитные слои (например, мелкие стеклянные иглы для защиты от грызунов).

Оптическая муфта — устройство, используемое для соединения двух и более оптических кабелей.

Оптический кросс — устройство, предназначенное для оконечивания оптического кабеля и подключения к нему активного оборудования.

Мультиплексор/Демultiплексор — широкий класс устройств, предназначенных для объединения и разделения информационных каналов. Мультиплексоры и демultiплексоры могут работать как во временной, так и в частотной областях, могут быть электрическими и оптическими (для систем со спектральным уплотнением).

5.2.2 Монтаж и демонтаж оптических шкафов и полок

Монтаж шкафа должен производиться с соблюдением правил техники безопасности при выполнении строительных и монтажных работ. Монтаж шкафа должен производиться в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей и правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей» и местными эксплуатационными инструкциями, разработанными организацией, эксплуатирующей данный шкаф.

В том случае, если кабели электропитания или телекоммуникационные кабели подведены в зону фундамента, они должны быть удалены из зоны установки фундамента и с кабелей сняты напряжения. Перед началом работ необходимо проверить отсутствие напряжений на кабеле питания.

Подготовка к монтажу. Шкаф распределительный оптический ШРО-600м.

Внешний осмотр ШРО.

Подлежащее установке изделие после его транспортирования или хранения необходимо осмотреть, проверив при этом:

- отсутствие повреждений упаковки и проникновения в упаковку воды, отсутствие конденсата;
- отсутствие повреждений конструктивных элементов шкафа и повреждения лакокрасочных покрытий.

При обнаружении повреждений необходимо выполнить ремонт и восстановление защитных покрытий. При наличии повреждений конструктивных элементов шкафа необходимо внимательно осмотреть установленные в него модули. Модули, имеющие повреждения ЭРИ, печатных плат или монтажа должны быть отремонтированы или заменены. При обнаружении конденсата или следов воды на печатных платах, они должны быть просушены перед установкой в блоки в сухом отапливаемом помещении в течение не менее 2 часов [15,50].

Проверка места установки ШРО.

Место установки фундамента ШРО должно быть проверено на соответствие чертежу, на правильность подготовки кабелей сетевого питания и подготовки оптических кабелей, отсутствия в зоне установки мешающих коммуникаций.

Установка фундамента.

Для монтажа шкафа ШРО-600 (далее по тексту – шкаф) необходимо установить бетонное основание (фундамент). Фундамент представляет собой железобетонную конструкцию, которая имеет четыре шпильки М16, для крепления шкафа, а также три отверстия, разветвлённых в три направления и предназначенных для подвода кабелей связи.

Перед установкой шкафа, подключением заземления и подключением кабеля сетевого питания из него должны быть удалены аккумуляторы, извлечены все модули из блоков и отключены все кабели. Допускается не извлекать модули из блоков, если соединение заземления со шкафом будет выполнено не сваркой, а болтовым соединением.

Монтаж заземления.

Установка стержневого глубинного заземления типа ДРНК.305177. Перед монтажом, в грунте необходимо выкопать углубление 200х200 глубиной 160 мм.

Установка опоры шкафа.

К фундаменту при помощи гаек М16 крепится опора. Опора регулирует отклонения от горизонтальной и вертикальной оси, допущенные при установке фундамента). После установки опоры проверяется горизонтальность верхней поверхности.

Установка шкафа.

Перед установкой шкафа с него необходимо снять:

- крышу, для получения доступа к рым-болтам;
- крышку основания, для обеспечения доступа к установочным отверстиям при монтаже шкафа на опору.

Монтаж внешних подключений.

- электромонтаж внешнего питания;
- подключение линейных и оптических кабелей.

Подготовка к включению питания.

Перед включением должна быть проверена правильность установки модулей в блоках шкафа, надежность выполнения заземления конструктивных элементов шкафа – блоков, дверей, полки аккумулятора и т.п. Недопустима установка модулей в места, не предназначенные для них. Рекомендуется снятие или отключение модулей перед выполнением первого включения и запуска ШРО.

Запуск и работа системы.

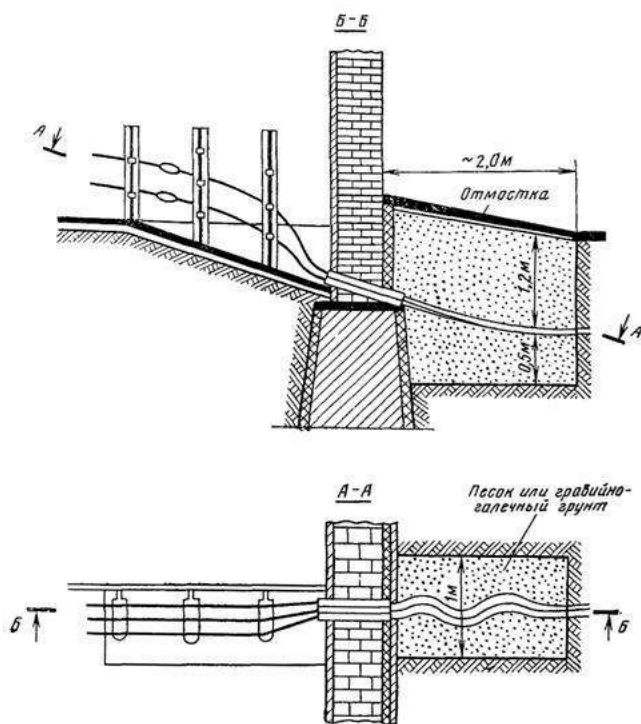
Перед запуском системы питания производится внешний осмотр и комплектность системы в соответствии со спецификацией.

Первоначальный запуск системы или запуск после нерабочего состояния производится в следующей последовательности:

- запуск системы питания от аккумуляторной батареи (АКБ);
- запуск системы питания от сети;
- запуск системы дистанционного питания;
- запуск системы поддержания микроклимата.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Произвести разделку оптического кабеля.
2. Произвести работы по подготовке к сращиванию волокна.
3. Выполнить работы по монтажу оптического кабеля.
4. Выполнить работы сварочным аппаратом.
5. Произвести сварку оптического волокна.
6. Произвести изоляцию места сварки.
7. Выполнить соединение оптических пассивных элементов и проверить соединения.
8. Сделать описание рисунка.



9. Сделать описание рисунка.



ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

1. Опишите основные типы конструкции ОК.
2. Для чего на оптическое волокно наносится полимерное покрытие?
3. Опишите принципы маркировки ОК.
4. Перечислите основные компоненты ОК.
5. Объясните назначение центрального силового элемента.
6. Назовите типы бронепокровов ОК.
7. Какие марки кабелей предназначены для прокладки в грунт?
8. Какие марки кабелей предназначены для прокладки в кабельной канализации?
9. Какие марки кабелей предназначены для подвески?
10. Назначение и классификация соединительных оптических муфт.
11. Конструкции соединительных оптических муфт.
12. Порядок разделки оптического кабеля.
13. Как производить работы по подготовке к сращиванию волокна?
14. Как выполняется работа со сварочным аппаратом?
15. Техника безопасности при монтаже оптического кабеля.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

Данный модуль даёт возможность получить навыки и знания, необходимые для выполнения монтажа оптических кабелей, муфт и оконечных устройств.

В результате изучения модуля обучающиеся осваивают: правила и этапы монтажа оптического кабеля, порядок монтажа оптических муфт, виды и устройство активных и пассивных оптоэлектронных компонентов, оборудования, применяемых в сфере связи.

При изучении модуля обучающиеся учатся выполнять работы по монтажу оптического кабеля, производить монтаж оптических муфт, выполнять монтаж и демонтаж оптических шкафов и полок.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Убайдуллаев Р.Р., Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 2-е стереотипное изд. 2002.
2. Андрушко Л.М. и др., Волоконно-оптические линии связи: Учебное пособие для вузов– М.: Радио и связь, 2000
3. Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А., Современные проблемы волоконно-оптических линий связи. Том 2. Источники излучения и передающие оптоэлектронные модули. – Томск: Издательство НТЛ, 2001
4. Кемелбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В. А., Приемники и приемные модули. Современные проблемы волоконно-оптических линий связи. М.; 2000.
5. О.В.Родина ., Волоконно-оптические линии связи Москва 2016
6. Г.Бойко, В.Эйрих., Волоконно-оптические системы передачи связи Астана 2017г
7. <https://www.pergam.ru/articles/povrezhdeniya-kabelya.htm>
8. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293849/4293849295.htm>

РАЗДЕЛ 6. ВИДЫ ПОВРЕЖДЕНИЙ МЕДНОГО КАБЕЛЯ И ИХ УСТРАНЕНИЕ

Цели обучения

После прохождения данного модуля студенты смогут:

1. Определять виды повреждений медного кабеля.
2. Осуществлять работу с приборами и приспособлениями.
3. Устранять повреждения медного кабеля с помощью измерительных приборов.

Предварительные требования

Перед изучением данного модуля учащемуся рекомендуется успешно пройти обучение по базовым модулям и профессиональным модулям: «Построение линейных сооружений связи», «Основы электротехники и радиоэлектроники», «Выполнение монтажа оптического кабеля и оконечных устройств», «Применение информационных технологий в современных цифровых устройств, и микропроцессорных системах» и «Выполнение монтажа муфт и оконечных устройств на медном кабеле».

ВВЕДЕНИЕ

Данный модуль описывает навыки и знания необходимые для выполнения работ по определению вида повреждений и его устранения.

При изучении модуля обучающиеся осваивают следующие знания: виды повреждения кабеля и способы их выявления, методы измерения кабелей постоянным током и определения мест повреждения в них, методы проверки кабелей на герметичность, обрыв, землю и звук, назначение и принцип действия простейших измерительных приборов, применяемых при эксплуатации кабелей.

6.1 Медный кабель и виды повреждений кабеля

Медный кабель: преимущества, виды и область применения.

Электрические кабели различаются в зависимости от типа изоляции, диаметра сечения, материала токопроводящих жил, области применения и условий эксплуатации. Для передачи электрической энергии зачастую применяется кабель с медными жилами.

Медный кабель состоит из токопроводящей жилы, изготовленной из электротехнической меди. Внутри кабеля располагаются изолированные жилы, которые объединяются под общей внутренней оболочкой. Снаружи, в зависимости от условий эксплуатации, изделие может быть покрыто защитным экраном или броней.

Достоинства медного кабеля.

1. Обладает высокой токопроводностью и теплопроводностью. Благодаря этому можно использовать кабель с меньшим диаметром сечения, чем у кабеля с жилой из алюминия. Потери при нагревании проводника снизятся, и даже при окислении металла свойства кабеля не изменятся.

2. Пластичен, гибок и устойчив к изломам при изгибе, что значительно упрощает его монтаж и дальнейшее применение.

3. Устойчив к появлению коррозии и, как следствие, долговечен. Если потребуется полностью заменить проводку, без капитального ремонта обойтись не удастся. Но если используется медный кабель, о его замене можно забыть на ближайшие 30-35 лет [10].

4. Снижает риск возгорания проводов. При возникновении пожара изоляционный материал не распространяет огонь и почти не выделяет газа и дыма.

Медные кабели используются в линиях электропередач, служащих для переноса и распределения энергии в стационарных установках. Их применяют и для внутренней проводки: в жилых домах, офисах, производственных и общественных зданиях, промышленных предприятиях. Огнестойкие медные кабели целесообразно использовать на тех промышленных предприятиях, на которых есть риск появления возгораний.

Медные кабели связи используются повсеместно. Производители изготавливают множество различных вариаций данного кабеля, поэтому область его применения достаточно велика. Медный кабель представляет собой конструкцию, состоящую из одной или нескольких медных токопроводящих жил, изоляции и герметичной оболочки. Изоляция обычно выполняется из следующих материалов: поливинилхлорид, полиэтилен или резина. Внешнюю оболочку изготавливают из ПВХ, полиэтилена различной категории или специальных безгалогенных компаундов. В ряде моделей предусмотрены дополнительные укрепляющие элементы, такие как броня, защитный экран или проволока.

В современной электропроводке жилых, торговых, складских и промышленных помещений используется в основном медь. Исключения составляют случаи, подключения мощного потребителя толстым кабелем – тогда может применяться алюминий (Рис.6.1). Во всех остальных случаях применяют медь: в цепях освещения, розеточных группах, вся проводка между комнатами, частями здания. Однако как бы популярны медные провода не были, у них есть свои достоинства и недостатки.

В электропроводке в частных домах и квартирах в настоящее время используются провода и кабели из меди. Давайте рассмотрим плюсы и минусы проводов и кабелей с медными жилами.

Преимущества:

Жилы выдерживают многократные сгибания, что повышает ремонтпригодность проводки, вы можете без проблем раскрутить старую скрутку и скрутить заново, добавив туда провод, например. Алюминий в такой ситуации может даже не раскрутится и лопнуть. Медные кабели любых сечений производятся и с мягкими гибкими многопроволочными жилами. Это даёт возможность использовать их для подключения подвижных потребителей, например утюг или фен, и другие электроприборы. Таких кабелей с алюминиевыми жилами просто не бывает. Сопротивление меди практически в 2 раза меньше чем у алюминия. Это значит, что при одинаковом сечении медь выдерживает больший ток, чем алюминий. Медь тверже, чем алюминий. Поэтому у нее меньшая текучесть, и при подключении провода к винтовому зажиму вы получаете более качественный контакт. Медь не окисляется. Вернее окисляется, но очень медленно, в отличие от алюминия.

Недостатки:

Главным недостатком меди является то, что её стоимость до двух раз дороже, чем алюминия. Вес медного провода больше чем вес алюминиевого в два раза. Значит нужно устанавливать больше опор, при прокладке кабеля по воздуху, и их конструкция должна выдерживать более тяжелые проводники.



Рисунок 6.1 – Сравнение алюминия и меди

Медный кабель связи подразделяют на следующие категории:

- телефонный кабель;

- кабель «витая пара» (UTP, STP, FTP, SF/UTP, S/FTP, U/STP);
- провода связи П-274М, ПКСВ, ПРПВМ, ПРППМ, предназначенные для построения телекоммуникационных сетей, для целей радиофикации и связи;
- коаксиальный кабель (RG-6, RG-8, RG-11, RG-58, RG-59, RG-213);
- кабель связи симметричный низкочастотный (ТЗГ, ТЗБ, ТЗБГ, ТЗПАБп, ТЗПАШп, ТЗСАБп, ТЗСАБпШп, ТЗСАШп);
- кабель связи симметричный высокочастотный (МКПпАБпШп, МКПпАШп, МКСАБп, КМС, МКСАБпШп, МКСАШп, МКСБ, МКСБГ, МКСБл, МКСБлГ, МКСБпШп, МКСБШп, МКСГ, МКСГШп, МКСК, МКСКл);
- кабели для сигнализации и блокировки (СБПВ, СБПу, СБПВэп, СБВГ, СБВГнг, СБВБбШвнг, СБППэпЗ, КСПВ, СБППэпЗБаШп, КПСЭнг-FRLS, КПСнг(А)-FRLS, КСБнг(А)-FRLS, КПСВЭВнг(А)-LS), применяемые в области эвакуационных систем, а также для функционирования переездной сигнализации на ж/д трассах;
- кабели местной связи (КСПЗПБ, КСПП, КСППБ, КСПЗП, ЗКАШп, ЗКАКпШп, ЗКАБп, ЗКП, ЗКПз, ЗКПБ, КСПпЗП, КСППт, КСПВг).

Рассмотрим подробнее некоторые виды медного кабеля.

Кабель связи медный ТППЭП 5х2х0,4.

- медные токопроводящие жилы в соответствии с ТУ 662 РК-3812-4-134-00;
- изоляция жил из полиэтилена в соответствии с ТУ6-11-00203335-97-95;
- две жилы скручены в пару, которые скручиваются в элементарные пучки, затем элементарные пучки скручиваются в сердечник;
- обозначение и расцветка жилы в паре в соответствии с ТУ 3500 РК 38480617-ТОО-25-2005;
- поясная изоляция выполнена полиэтилентерефталатными лентами;
- экран из алюмополиэтиленовой ленты;
- под экраном проложена медная луженная проволока;
- оболочка из полиэтилена в соответствии с ГОСТ 16336-77.

Применение

Кабели парной скрутки предназначены для эксплуатации в местных первичных сетях связи, а также для передачи сигналов цифровых систем со скоростью передачи 1024 Кб/с с номинальным напряжением до 225 и 145 В переменного тока частотой 50 Гц или напряжением до 315 и 200 В постоянного тока соответственно, находящегося под избыточным воздушным давлением или без давления.

Кабели ТППЭп, ТППпЗП применяются для прокладки в телефонной канализации, в коллекторах, шахтах, по стенам зданий и подвески на воздушных линиях связи на поддерживающем канате. ТППЭпЗ применяется в условиях повышенной влажности. ТППЭпБг применяется для прокладки в коллекторах, тоннелях, шахтах и в грунте.



- 1.Токопроводящая жила**
- 2.Изоляция**
- 3.Заполнитель**
- 4.Поясная изоляция**
- 5.Экран**
- 6.Оболочка**
- 7.Броня**
- 8.Защитный шланг**

Рисунок 6.2 – Структура кабеля марки ТППЭп

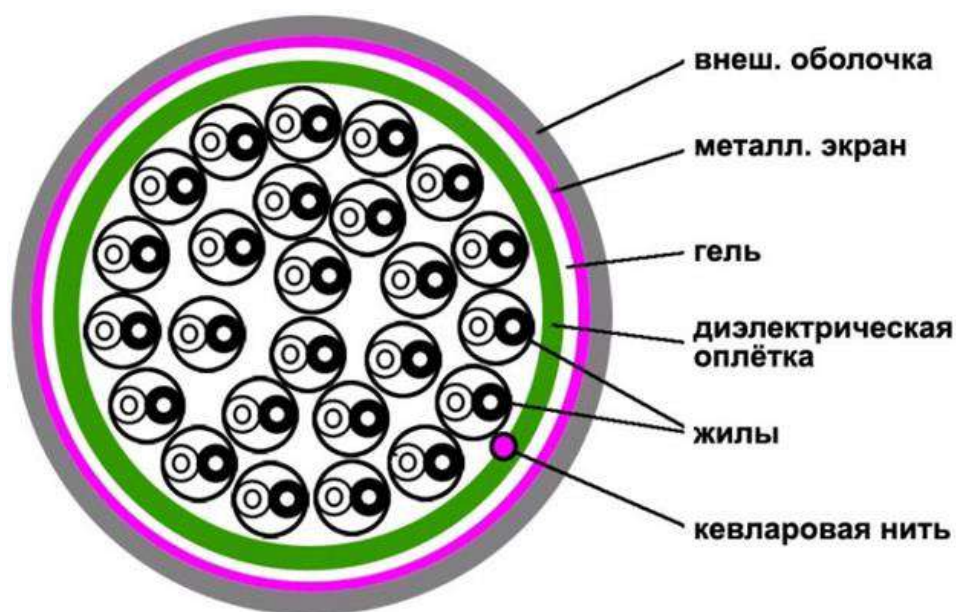


Рисунок 6.3 – Поперечное сечение кабеля марки ТППЭп

ПВС – медный провод в виниловой двойной изоляции. Снаружи имеет округлую форму, оболочка нанесена с заполнением междужильного пространства. Количество жил от 2 до 5. Площадь поперечных сечений от 0,5 до 25 кв. мм. Номинальное напряжение до 660 В, при частоте 50 Гц. Может применяться для домашней электропроводки, но рекомендуется использовать

в качестве провода для подключения подвижного электрооборудования, достаточно гибкий и имеет толстый слой изоляции.



Рисунок 6.4 – кабель марки ПВС

ПУГНП – провода этих марок запрещены для использования в электропроводке, по причинам не соответствия стандартам ПУЭ (по толщине изоляции). Однако присутствует на рынке и продается дешевле аналогов, для не очень ответственных цепей и времянок вполне допустим. Максимальное напряжение – 450В переменного тока 50 Гц, 1000В постоянного. У ПУНП монолитная однопроволочная жила, а у ПУГНП многопроволочная гибкая минимум из 7 проволок. Материал жил – медь. Изоляция из ПВХ. Количество жил от 2 до 3, а площади поперечных сечений от 0,35 до 6 кв. мм для двухжильного и до 4 кв. мм для трёхжильного провода.

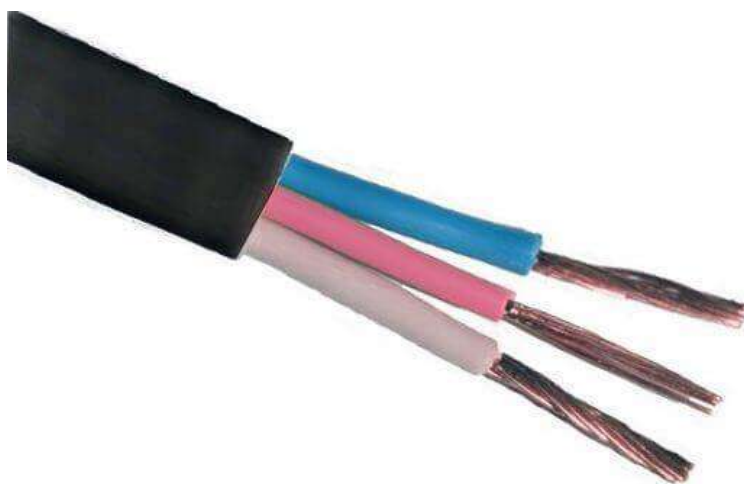


Рисунок 6.5 – кабель марки ПУГНП

РКГМ – термостойкий провод. Может использоваться для вывода концов обмоток электродвигателей, подключения питания нагревательных приборов, электроплит, утюгов и прочего. Состоит из медной жилы в резиновой изоляции, покрытой термостойким стекловолокном, для

повышения устойчивости к температурам оно пропитано кремнийорганическим лаком и эмалью. Номинальное напряжение 660 В. Количество жил – 1, диапазон сечений от 0,75 до 120 кв. мм.



Рисунок 6.6 – кабель марки РКГМ

ШВВП – не провод, а шнур с двумя слоями виниловой изоляции. Оболочка плоской формы близкой к прямоугольной. Может использоваться для подключения электрооборудования в цепях 220/380 В. Количество жил 2 или 3. Диапазон сечений от 0,35 до 2,5 кв. мм. Номинальное напряжение 220/380В 50 Гц.

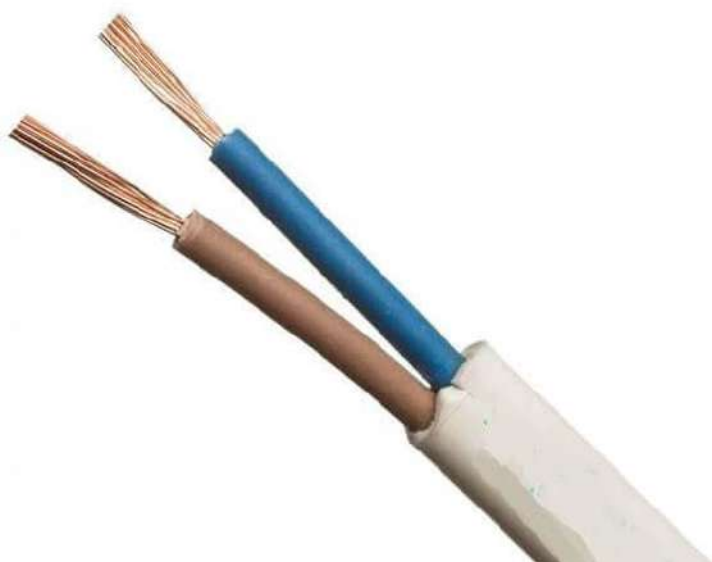


Рисунок 6.7 – кабель марки ШВВП

ВВГ – один из наиболее распространенных видов кабелей для электропроводки в квартирах, на производстве. Используется для стационарного подключения к питающей сети любого электрооборудования.

Номинальное напряжение и частота 0,66 кВ 50 Гц. Состоит из однопроволочной медной жилы покрытой двойной виниловой изоляцией – индивидуально на каждой жиле и общей оболочки. Количество жил может быть от 1 до 5, в диапазоне сечений от 1,5 до 300 кв. мм. Подходит для использования в квартирах и частных домах во внутренней и наружной прокладке. Устанавливают на силовую проводку, розеточные группы и осветительные цепи. Эта марка кабеля может быть использована для ввода в дом, а также для уличных линий. В деревянном доме используют усовершенствованный вариант (негорючий) — ВВГнг.

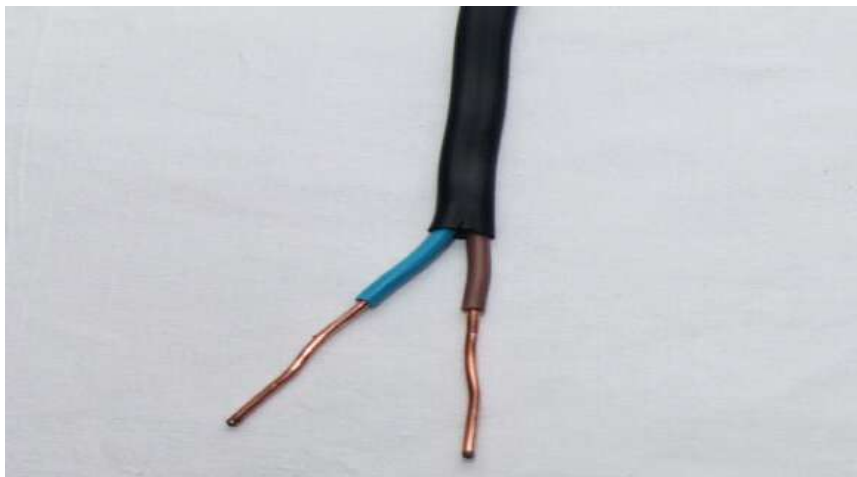


Рисунок 6.8 – Кабель марки ВВГ

КГ – кабель гибкий. Эта марка используется для подключения электрододержателя к сварочному аппарату, благодаря его гибкости сварщику удобно работать. Также используется как гибкая подвесная линия на грузоподъемных кранах и кран-балках. Количество жил от 1 до 5. Производится в диапазоне сечений от 1 до 240 кв. мм.



Рисунок 6.9 – Кабель марки КГ

Виды и причины повреждений кабельных линий.

По характеру повреждений в кабельных линиях, различают следующие их виды:

- повреждение изоляции, вызывающие замыкание одной фазы на землю;
- повреждение изоляции, вызывающие замыкание двух или трех фаз на землю;
- повреждение изоляции, вызывающие замыкание двух или трех фаз между собой;
- обрыв одной, двух или трех фаз без заземления;
- обрыв одной, двух или трех фаз с заземлением оборванных жил;
- обрыв одной, двух или трех фаз с заземлением не оборванных жил;
- заплывающий пробой изоляции;
- повреждения линий одновременно в двух или более местах, каждое из которых может относиться к одной из вышеуказанных групп.

Однофазные повреждения - самый распространенный вид повреждений силовых кабельных линий напряжением 1-10 кВ. При этом виде повреждений одна из жил кабеля замыкается на его экранирующую оболочку. Однофазные повреждения можно разделить на три группы по значению переходного сопротивления в месте замыкания. К первой группе относятся повреждения с переходным сопротивлением, равным десяткам и сотням МОм (заплывающий пробой). Ко второй группе относятся повреждения с переходным сопротивлением от единиц Ом до сотен кОм и к третьей группе - повреждения с сопротивлением, близким к нулю [17,60].

Междуфазные повреждения составляют около 20% всех видов повреждений кабельных линий. Их можно разделить на две группы. К первой относятся повреждения с переходным сопротивлением в месте дефекта, близким к нулю, и ко второй группе - с сопротивлением от единиц кОм до сотен Мм.

В первом случае часто все три жилы свариваются между собой и с экранирующей оболочкой. При большом токе короткого замыкания кабель может перегореть на две части. При междуфазных повреждениях, относящихся ко второй группе, обычно между жилами и оболочкой кабеля имеется переходное сопротивление, и замыкание между собой двух жил происходит через экранирующую оболочку. Замыкание двух жил между собой без замыкания на оболочку происходит редко. Обрыв жил происходит из-за перемещения слоев почвы в местах расположения муфт, вследствие чего происходит вытягивание жил кабеля, а в муфтах, как правило, разрыв жил (растяжка).

Разрыв жил кабельных линий может произойти и в целом месте из-за различных механических воздействий или заводского брака. Причины повреждения кабелей весьма разнообразны, их можно объединить в следующие группы:

- дефекты, вызванные ошибками проектирования;

- ухудшение свойств изоляции в результате недопустимого перегрева токами нагрузки из-за ошибочно заниженного сечения жил кабеля;
- повреждения в аварийных режимах из-за неправильного выбора защитной аппаратуры и т.п.

Заводские дефекты, возникающие при производстве кабелей:

- трещины или сквозные отверстия в оболочке;
- совпадение нескольких бумажных лент;
- заусенцы на проволоках токопроводящих жил и т.п.

Дефекты прокладки кабеля:

- крутые изгибы кабеля на углах поворота трассы;
- механические повреждения (изломы, вмятины, порезы, перекрутка кабеля) (Рис.6.10).

- несоблюдение допустимых расстояний до объектов которые могут негативно влиять на кабели (теплотрасса, рельсовые пути электрифицированного транспорта) и т.п.

Дефекты монтажа муфт:

- неполная заливка муфты мастикой;
- плохая опрессовка соединительных гильз;
- повреждение или загрязнение изоляции кабеля при монтаже муфты и т.п.



Рисунок 6.10 – Механическое повреждение кабеля

Повреждения в процессе эксплуатации:

- случайные механические повреждения кабелей (например, кабелей проложенных в траншее в результате проведения земляных работ механизированным способом);
- естественное старение изоляции;
- обрыв жил в результате просадки грунта;
- коррозия металлических элементов кабеля (броня, свинцовая оболочка), вызванная действием блуждающих токов или химическим составом грунта и т.п. (Рис.6.11).



Рисунок 6.11 – коррозия металлических элементов кабеля

6.1.1 Ремонт линейно-кабельных сооружений и восстановление

Ремонт линейно-кабельных сооружений проводится в целях поддержания или восстановления их первоначальных эксплуатационных характеристик. В соответствии с назначением, характером и объёмом выполняемых работ ремонт подразделяется на текущий и капитальный.

Текущий ремонт производится эксплуатационным персоналом периодически в зависимости от состояния ЛКС. Затраты на текущий ремонт производятся в пределах средств, предусматриваемых сметой затрат на производство.

Приемка законченного текущего ремонта производится по участкам, комиссией, в составе начальника и представителей и оформляется актом, в котором отмечаются объём и качество выполняемых работ (хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно), недостатки и сроки их устранения, а также оценивается общее состояние линейно-кабельных сооружений на принимаемых участках и даются необходимые рекомендации на следующий ремонтный период.

До начала приемки текущего ремонта комиссии предъявляются утвержденный план текущего ремонта, данные о фактически выполненных объёмах работ и протоколы измерений. При приемке текущего ремонта комиссия выборочно производит непосредственный осмотр не менее 25 % объёма выполненных работ. При этом не менее 10 % трассы проверяется пешим осмотром.

При текущем ремонте выполняются следующие основные виды работ:

- 1) частичные (одной строительной длины) выноски, замена и углубление подземного кабеля длиной не более 200 м;
- 2) планировка и подсыпка грунта при промоинах, оползнях, обвалах, устройство водоотводов и укрепление верхнего покрова грунта;
- 3) обследование кабельных переходов, частичные выноски и углубление подводных кабелей без привлечения водолазов и специальной землеройной техники;

- 4) замена и ремонт отдельных муфт, восстановление целостности защитных покровов кабеля;
- 5) ремонт заземляющих устройств
- 6) мелкий ремонт кабельных вводов и кабельных переходов через автомобильные и железнодорожные, а также другие коммуникации;
- 7) ремонт и частичная замена устройств по защите кабеля и других линейных сооружений от внешних электромагнитных влияний;
- 8) устройство и ремонт несложных контуров заземлений;
- 9) выполнение несложных работ по защите кабеля и других линейных сооружений от внешних электромагнитных влияний (оконтуровка деревьев и опор, частичная замена и прокладка новых грозозащитных тросов, установка КИП и отдельных устройств электромеханической защиты и т.д.);
- 10) отыскание и устранение отдельных мест негерметичности оболочек кабеля;
- 11) расчистка трассы от кустарника и мелкого леса;
- 12) мелкий ремонт сооружений подземной кабельной канализации (ремонт или замена отдельных люков, крышек, замков, накладок и др.);
- 13) установка и замена замерных столбиков, шлагбаумов, предупредительных и указательных знаков и плакатов по трассе кабеля;
- 14) ремонт и устройство переездов через трассу кабеля;
- 15) уточнение фиксации и глубины залегания кабелей на отдельных участках;
- 16) покраска замерных столбиков, предупредительных и указательных знаков, ящиков, шкафов, кабель-ростов и нанесение соответствующих надписей и обозначений;
- 17) укрепление и замена опор информационных знаков, замена сигнальных фонарей, ламп и другие текущие работы на переходах через водные преграды;
- 18) выполнение отдельных работ по ремонту кабеля и его доведение до норм по электрическим и оптическим параметрам на участке НРП-НРП (НУП-НУП);
- 19) другие работы, не требующие проектно-сметной документации;
- 20) ремонт сооружений ЦЛКС, ЛТЦ, НРП, (покраска дверей, полов, окон, стен, подсыпка грунта обваловки на НРП с частичной одерновкой, устройство и ремонт дорожек к НРП [21,25].

Капитальный ремонт производится периодически в зависимости от технического состояния линейных сооружений и планируется в каждом отдельном случае на основании данных контрольных технических осмотров, периодических проверок и дефектных ведомостей. При капитальном ремонте одновременно выполняются все работы, относящиеся к текущему ремонту. Капитальный ремонт линейных сооружений производится по отдельным проектам, сметам и нормативам хозяйственным или подрядным способом. Приемка выполненных работ по плану капитального ремонта производится комиссией, назначаемой руководством предприятия.

При капитальном ремонте выполняются следующие основные виды работ:

1) выноска или углубление кабеля (более одной строительной длины) длиной более 200 м;

2) подводные, берегоукрепительные и земляные работы на речных переходах и в прибрежных зонах подводных линий передачи;

3) подводно-технические работы по обслуживанию и ремонту кабельных речных переходов с привлечением водолазов;

4) ремонт кабельной канализации, переустройство кабельных колодцев, устройство компенсаторов для защиты кабелей от сдавливания льдом;

5) приведение электрических и оптических характеристик кабеля к установленным нормам на всей длине кабельной магистрали или на секции между оконечным и обслуживаемыми регенерационными пунктами;

6) работы на существующих кабельных линиях с целью использования их в более широком спектре частот;

7) проведение мероприятий по защите кабеля от различных видов коррозии, ударов молнии, влияния линий электропередачи, электрифицированных железных дорог и радиостанций;

8) замена и установка боксов, кабельных ящиков, киосков, шкафов, катушек индуктивности;

9) замена кабелей (более строительной длины) и оборудования, несоответствующих предъявляемым к ним требованиям, на новые, повышающие надежность линейных сооружений и улучшающие условия эксплуатации;

10) большие объёмы работ по подсыпке грунта в местах промоин, оползней, обвалов и т.д.;

11) устройство сложных контуров заземлений;

12) большие объёмы работ по перемонтажу муфт и восстановлению целостности защитных покровов кабеля;

13) установка над муфтами пассивных контуров (маркеров) в местах выноски замерных столбиков с пахотных земель;

14) устройство переходов через реки, автомобильные и железные дороги;

15) большие объёмы работ по восстановлению герметичности оболочки кабелей;

Основные объёмы текущего и капитального ремонтов определяются планами работы на год.

На основе годовых планов составляются уточненные квартальные и месячные планы, учитывающие результаты текущих контрольных проверок и технических осмотров. Годовые, квартальные и месячные планы текущего и капитального ремонтов утверждаются начальником соответствующего эксплуатационного предприятия. В планах должны указываться объёмы ремонтов в физических показателях и конкретные сроки выполнения работ. Для выполнения работ бригады оснащаются соответствующим транспортом, механизмами, приборами, инструментом и материалами.

Руководитель бригады должен ежедневно вести журнал учета выполняемых работ с указанием фамилий исполнителей, вида и объёма выполненных работ, а также использованных материалов.

Конкретный порядок организации и приемки работ при выполнении текущего и капитального ремонтов определяется на местах в соответствии с применяемыми методами обслуживания линейных сооружений, формами организации труда, а также действующими рекомендациями и указаниями.

Для проведения ремонтных и аварийно-восстановительных работ в полевых условиях должна быть применена измерительно-монтажная машина. Машина должна использоваться для измерения кабеля и монтажа муфт.

Для ремонта оптических кабелей в состав оборудования измерительно-монтажной машины должны входить:

- приборы для определения места повреждения (обрыва) волоконно-оптического кабеля;
- измеритель оптической мощности;
- измеритель затухания;
- рефлектометр оптический;
- измеритель коэффициента ошибок полевой;
- комплект специального инструмента для разделки и монтажа оптических волокон;
- сварочный аппарат для волокон;
- источники электроснабжения;
- кабельные изделия и материалы;
- монтажный инструмент;
- радиостанции и аппараты служебной связи.

Организация проведения земляных работ при восстановлении поврежденного ОК.

После обнаружения места повреждения ОК необходимо откопать две траншеи длиной не менее 5 м, начала которых находятся в 10 м от места повреждения (Рис. 6.12). Профиль траншеи при земляных работах может иметь вид, приведенный на рисунке 6.13. Длина определяется условиями местности, сезоном, составом грунта, размещением рабочего места и пр.

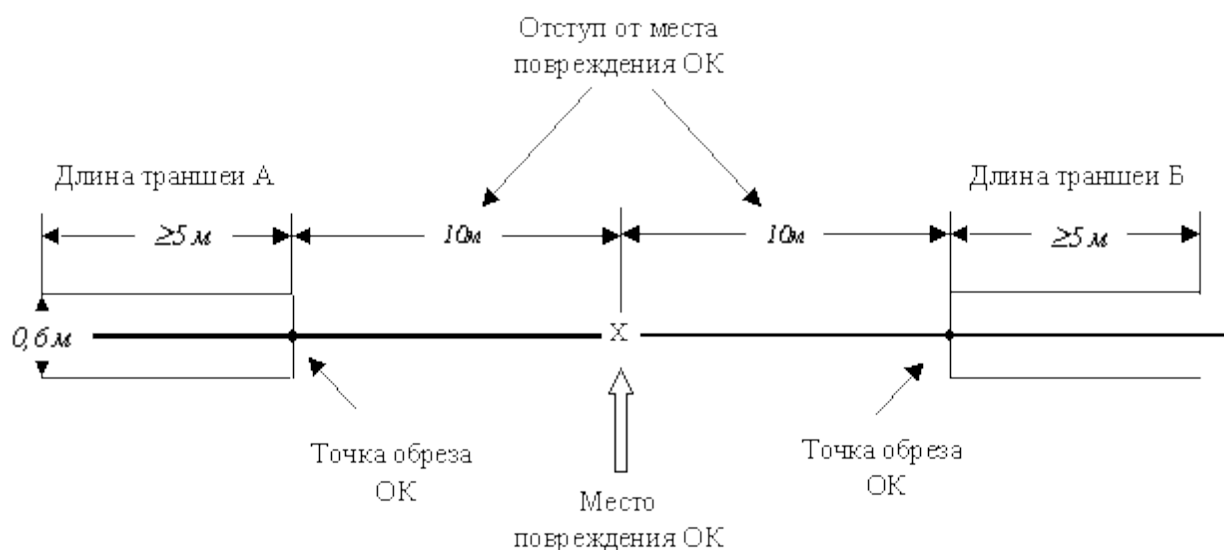


Рисунок 6.12 – Схема траншей при восстановлении ВОЛП с помощью ВОКВ

В начале траншеи «А» со стороны повреждения ОК обрезается (бокорезами или отрезной машиной) и подается на поверхность земли. С учетом того, что на преодоление глубины траншеи и на изгибы ОК используется около 2 м длины ОК, на поверхности грунта будет находиться длина ОК, обеспечивающая подключение к ней оптической кабельной вставки. Вблизи траншеи устанавливается палатка с монтажным столом. Аналогичные работы проводят со стороны траншеи «Б».

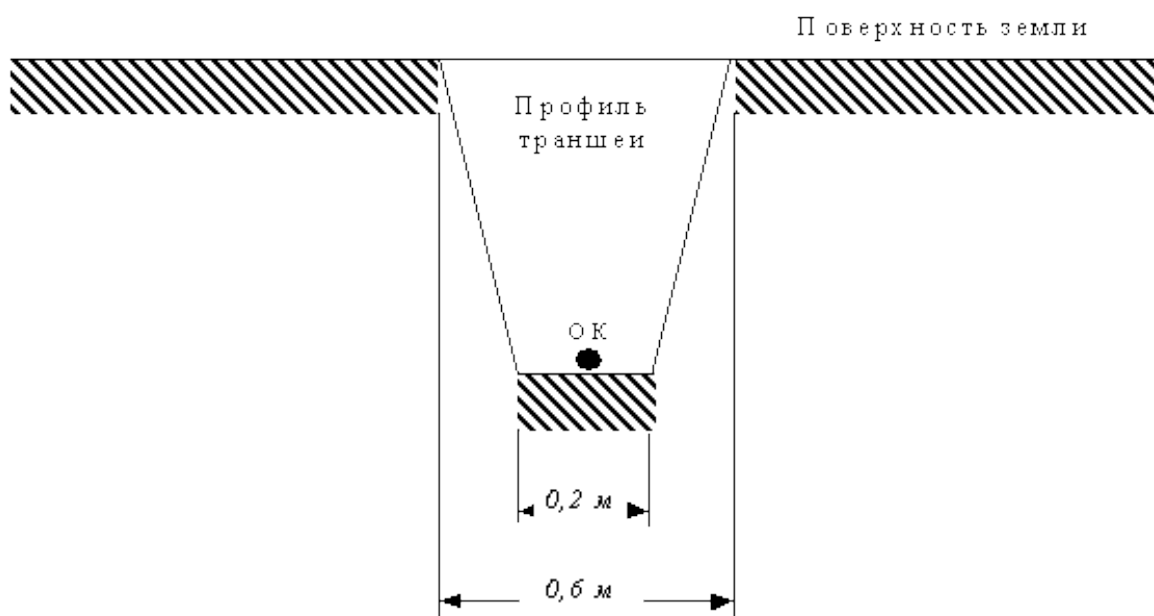


Рисунок 6.13 – Профиль траншеи.

Способы и средства выполнения земляных работ определяются в зависимости от плотности, связности, влажности и состава грунта, а также в

зависимости от его состояния (талый или мерзлый). Рытье котлованов (траншей) в талых грунтах выполняется в основном вручную, штыковыми и совковыми лопатами. В непесчаных грунтах естественной влажности рытье котлованов на глубину заложения ОК (0,9 – 1,2 м) обычно производится без крепления стенок.

В песчаных грунтах естественной влажности котлованы (траншеи) глубиной до 1 метра могут разрабатываться с небольшими откосами стен (с крутизной откосов 1:0,25) без крепления стен. Крутизна откосов определяется как отношение глубины разработки к проекции откоса на горизонтальную плоскость.

При глубине свыше 1 метра котлованы (траншеи) в песчаных грунтах естественной влажности должны разрабатываться с крутизна откосов 1:0,5 без крепления, либо с вертикальными стенками, укрепленными распорками по всей высоте. Крепление стен котлована (траншеи) в грунтах естественной влажности выполняется досками толщиной 40 – 50 мм, устанавливаемыми горизонтальными рядами вплотную к стенке.

Доски прижимаются к вертикальным стенкам котлована (траншеи) с помощью стоек и горизонтальных распорок. Для крепления котлованов могут быть использованы также заранее заготовленные инвентарные щиты. В малопрочных водонасыщенных грунтах при интенсивном притоке грунтовых вод применяется шпунтовое крепление (ограждение) стен котлованов или траншей [50,51].

Рытье котлованов и траншей для вскрытия кабеля и кабельных муфт в твердых породах и мерзлых грунтах производится лопатами с предварительным рыхлением грунта мотобетоноломами или электромолотками, получающими питание от передвижных бензоэлектрических агрегатов.

Рыхление грунта и выемка его из котлована (траншеи) производится послойно. В непосредственной близости от кабеля разработка грунта производится лопатами. Применение в непосредственной близости от ОК отбойных молотков и бетоноломов может быть оправдано только необходимостью срочного вскрытия ОК для подключения ОКВ.

Для откачки воды из колодцев, котлованов и траншей используются переносные (или перевозимые на специальных прицепах) насосы.

6.1.2 Способы проверки герметичности кабеля

Перед прокладкой линий связи, а также после окончания монтажа необходимо проверить у всех кабелей:

- герметичность наружной оболочки;
- величину сопротивления изоляции токоведущих жил и ее соответствие стандартным значениям;
- целостность экрана и отсутствие обрывов в жилах;

- наличие или отсутствие коротких замыканий между токоведущими жилами, жилами и металлической оболочкой или экраном;
- величину сопротивления изоляции защитного шланга у кабелей с алюминиевой или стальной защитной оболочкой и ее соответствие значениям, установленным для каждой конкретной марки.

Герметичность наружной оболочки.

Контрольным испытаниям на герметичность подвергаются строительные длины кабелей связи перед укладкой в траншеи, затяжки в каналы кабельной канализации и пр., после проведения этих операций, а также по окончании установки соединительных и ответвительных муфт. Тестирование проводится с помощью компрессорных установок, баллонов со сжатым воздухом, оснащенных редукторами или специальных ультразвуковых течеискателей. Целостность оболочки и герметичность установки муфт определяется согласно показаниям манометров.

В кабелях, имеющих металлическую оболочку, подача воздуха и подключение манометра осуществляется через припаянные к оболочке клапана. Контроль герметичности в кабелях с полиэтиленовой оболочкой проводится с использованием специальных втулок со встроенными вентилями. Этот вид проверки не применяется для кабелей, в конструкции которых предусмотрено заполнение пустот между токоведущими жилами гидрофобными материалами. Целостность оболочки в кабелях этой группы проверяется multifunctional приборами, например, ИРК-ПРО, посредством которых можно измерить сопротивление изоляции оболочки по отношению к «земле». Результат измерений сопротивления для неповрежденной оболочки, пересчитанный с учетом коэффициентов на длину линии один км и эталонную температуру воздуха 200С, должен превышать значение величиной 5 МОм. Проверка герметичности также производится после восстановления оболочки после ремонта, если в результате проведения каких-либо работ рабочие повредили кабель связи.

Установка кабеля под постоянное избыточное воздушное давление.

Кабели, прокладываемые в трубопроводах телефонной канализации, часто выходят из строя в результате проникновения внутрь кабеля влаги через образовавшиеся трещины, надломы и проколы оболочки. Следствием не герметичности оболочки является понижение сопротивление изоляции кабеля или выход его из строя.

Во избежание проникновения влаги и для систематического контроля за герметичностью оболочки кабели устанавливают под постоянное избыточное воздушное давление, которое создается нагнетанием в них осушенного воздуха. При этом оболочка кабеля испытывает постоянное усилие, стремящееся её растянуть, поэтому при определении величины постоянного избыточного давления учитывают прочность оболочки.

Все магистральные и межстанционные кабели емкостью от 100 пар и более устанавливают под постоянное избыточное воздушное давление.

Кабели, полученные со склада, должны находиться под избыточным давлением не менее $4,9 \cdot 10^4$ Па.

Для осушки нагнетаемого в кабель воздуха используют различные осушители, гранулированы кальций или силикагель, причем силикагель поглощает влагу быстрее, чем другие осушители.

Постоянное избыточное воздушное давление в кабеле может поддерживаться автоматической подкачкой воздуха по мере снижения давления из-за допустимой или аварийной утечки. Допустимый расход воздуха равен 0,04 литра в минуту. Если расход больше, то кабель находится в аварийном состоянии [18].

Для содержания кабелей ГТС под постоянным избыточным воздушным давлением применяют стационарные и передвижные компрессорные установки:

Компрессорно-сигнальные КСУ-М-30 и КСУ-60

Контрольно-дозировочную КДВ-10

Автоматически контрольно-осушительную АКОУ

Компрессорную переносную КМ-77

Полевую нагнетательно-осушительную ПНОУ-3

Установка для содержания кабеля под давлением УСКД предназначена для автоматической подачи воздуха в кабель связи, поддержания в них постоянного избыточного давления и контроля герметичности (Рис.6.14). Установка позволяет следить за величиной давления и расходом газа, получать сигнал о нарушении герметичности и определять район повреждения кабеля.

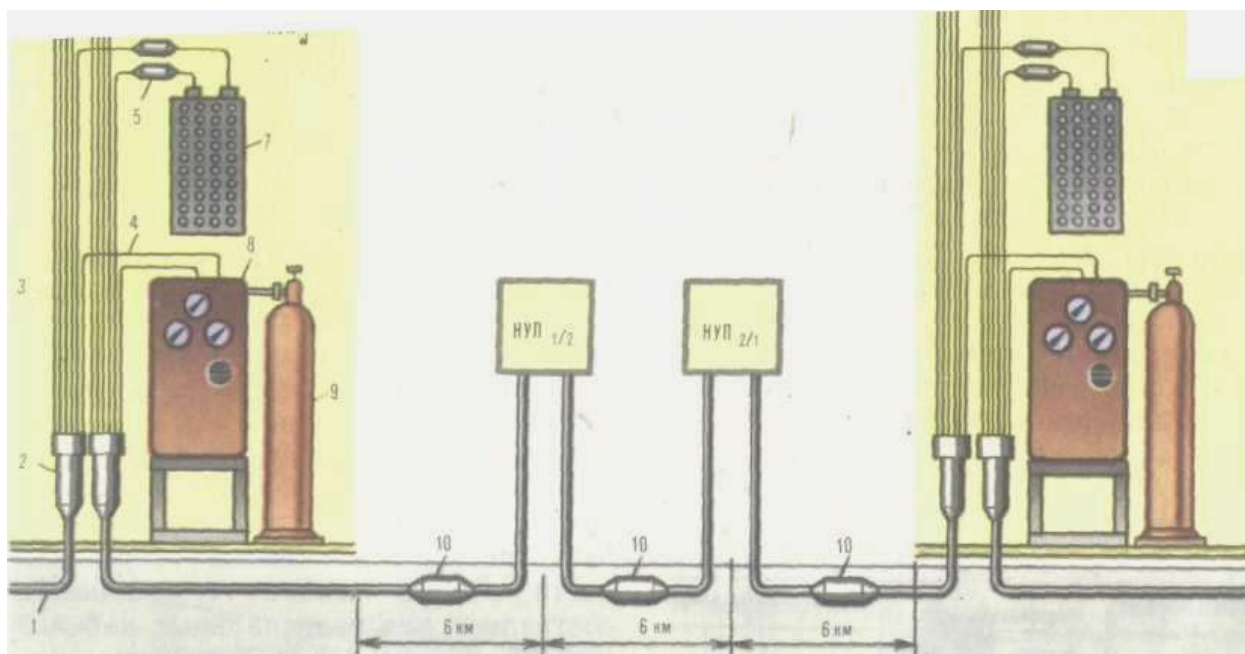


Рисунок 6.14 – Схема содержания кабелей под избыточным газовым давлением:

- 1 — кабель;
- 2 — разветвительная муфта;
- 3 — распределительные кабели;
- 4 — газопровод;
- 5 — муфта ГМС;
- 6 — муфта ОГКМ;
- 7 — бокс;
- 8 — АКОУ;
- 9 — баллон;
- 10 — муфта соединительная.

Установка АУСКИД-1М (Рис.6.15) предназначена для осушки и подачи воздуха под избыточным давлением из источника сжатого воздуха в кабели связи, автоматического поддержания в них постоянного избыточного давления сухого воздуха (консервации кабелей связи), контроля герметичности кабелей связи, а также приближенного определения места повреждения оболочки кабеля. Источником сжатого воздуха является баллон 40-150 для воздуха [52,53].



Рисунок 6.15 – Общий вид установки АУСКИД-1М

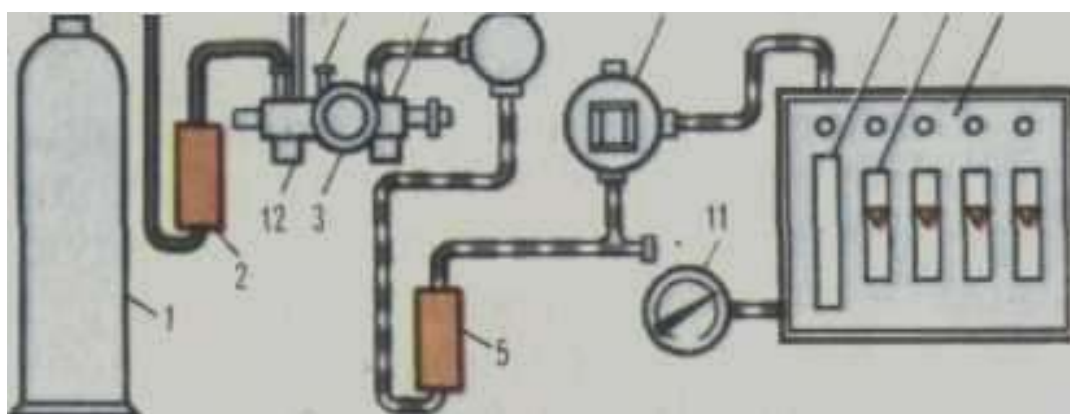


Рисунок 6.16 – Структурная схема УСКД:

- 1 — баллон;
- 2, 5 — осушительные камеры;
- 3 — редуктор высокого давления;
- 4 — редуктор низкого давления;
- 6 — сигнализатор;
- 7 — индикатор влажности;
- 8 — блок ротаметров;
- 9 — ротаметры;
- 10, 11 — манометры;
- 12, 13, 14 — предохранительные клапаны;
- 15 — штуцер

Кабели, в которых отсутствовало избыточное давление, подвергают также электрическим измерениям на сопротивление изоляции и испытаниям на обрыв и сообщение жил между собой, и оболочкой (Рис 6.17).

Состав испытаний кабеля, цистерн НУП, арматуры на кабельных площадках

Тип кабеля, изделия	Состав испытаний
Все типы кабелей	Внешний осмотр: комплектность, исправность цистерн НУП, конструкций арматуры, барабанов, обшивки, болтов, втулок, верхних витков и концов кабеля. Состояние защитных покровов на концах кабеля и цистерн НУП, наличие заводских паспортов
Симметричные ВЧ и НЧ кабели в металлической оболочке, поступившие под избыточным давлением То же, при поступлении кабеля без избыточного давления	<div data-bbox="707 949 1362 1066" style="background-color: #4a7ebb; color: white; padding: 5px;">Проверка герметичности оболочки</div> <div data-bbox="707 1066 1362 1247">Измерение электрического сопротивления изоляции жил; проверка целости жил и экранов; проверка герметичности оболочки</div>

Рисунок 6.17 – Электрические измерения

При монтаже и обслуживании кабеля находящегося под постоянным избыточным воздушным давлением, нужно обязательно соблюдать технику безопасности!

6.2 Виды работ с приборами и приспособлениями

Специализированные приборы и инструменты позволяют обеспечить качественный монтаж и последующую эксплуатацию линий связи, соблюдение установленных стандартов и норм. Арсенал инструментов монтажников включает в себя ручные приспособления и измерительные приборы, необходимые при строительстве и эксплуатации кабельных линий.

Приборы должны обеспечивать высокую точность измерений, безотказность в работе и энергоэкономичность. От ручных инструментов требуются надежность и большой эксплуатационный ресурс. Для

измерительных и поисковых работ используются приборы, которые отличаются по своему назначению и конструкции:

- трассо-дефектоискатели, которые позволяют определить местоположение, повреждения и глубину прокладки кабельных линий на местности;
- маркероискатели, которые предназначены для поиска маркеров над ключевыми точками линий, а также записи и считывания с них информации;
- приборы для поиска и тестирования телефонных пар: индуктивные щупы, телефонные пробники, монтерские тестовые трубки, искатели кабельных пар и специальные тестовые наборы;
- приборы для кабельных сетей: измерители параметров линий, генераторы сигналов, измерители переходного затухания, приборы для тестирования кроссов;
- анализаторы каналов тональной частоты, определяющие частоту и уровень сигнала, уровень шумов, коэффициент потерь вызовов и т. д.;
- приборы для кабельных линий: измерители, рефлектометры и портативные мосты;
- приборы для компьютерных сетей: сетевые и кабельные тестеры, тональные генераторы и специальные тестовые наборы;
- электроизмерительные приборы: мегаомметры, мультиметры, тестеры электропроводки, тестеры и индикаторы напряжения, инфракрасные термометры [14].

Набор ручных инструментов монтажника включает кусачки, отвертки, ножовки, гаечные ключи, наборы для спайки, монтажа кабелей, а также другие различные инструменты и готовые комплекты. В качестве специального инструмента для монтажа кабелей и их окончаний используются горелки, кримперы, степлеры, паяльники, горелки, фены и т. д. К средствам защиты и малой механизации относятся монтерские когти, перчатки, удерживающие системы и фонари. Для защиты от ветра и атмосферных осадков при ведении работ по монтажу используются палатки.

Измерения в ВОСП можно разделить на две группы:

1. Измерения в процессе строительства, которые в свою очередь можно разделить на:
 - входной контроль;
 - оценку качества строительных работ с целью доведения параметров до установленных нормативов;
 - приемно-сдаточные испытания.
2. Измерения в процессе эксплуатации, которые также можно разделить на:
 - профилактические измерения;
 - аварийные измерения;
 - входной контроль;
 - контрольные измерения после аварийно-восстановительных работ;
 - непрерывный мониторинг с помощью встроенного в ВОСП контрольно-измерительного оборудования.

Входной контроль производится перед проведением строительных и ремонтных работ, связанных с заменой кабеля и прочих компонентов ВОСП. В ходе этих измерений контролируется качество строительных длин кабеля и других компонентов. При входном контроле измеряют вносимое затухание и по известной строительной длине по нему рассчитывают коэффициент затухания, измеряют потери в контрольных сварках различных строительных длин между собой и для паспортизации регистрируют рефлектограммы всех ОВ строительной длины.

Оценка качества строительных работ включает двухсторонние измерения вносимого затухания всех ОВ на смонтированных участках, потерь во всех неразъемных соединениях.

Приемно-сдаточные испытания, профилактические и контрольные измерения после аварийно-восстановительных работ включают двухсторонние измерения вносимого затухания всех ОВ кабельного участка, потерь в стыках, коэффициентов затухания на разных участках, а также паспортизацию кабельного участка по результатам измерений затухания и рефлектограммам всех ОВ.

Аварийные измерения проводятся для определения характера повреждения и расстояния до него.

У ОВ и ОК существует множество параметров, которые можно разделить по группам. Это характеристики:

- оптические;
- геометрические;
- механические;
- климатические и эксплуатационные.

К оптическим характеристикам относятся:

- затухание, коэффициент затухания, потери в стыках;
- дисперсия, полоса пропускания, длина волны нулевой дисперсии;
- числовая апертура, диаграмма направленности;
- профиль показателя преломления;
- диаметр модового поля (для одномодовых ОВ);
- критическая длина волны (для одномодовых ОВ).

К геометрическим характеристикам относятся:

- длина ОВ или ОК, расстояние до места повреждения или неоднородности;
- диаметры сердцевины, оболочки, защитного покрытия ОВ, размеры элементов конструкции ОК.

К механическим характеристикам относятся:

- допустимые растягивающие и раздавливающие усилия для ОВ и ОК;
- допустимое число закручиваний и допустимый радиус изгиба ОВ и ОК;
- устойчивость к ударам и вибрациям;
- допустимое осесимметричное сжатие (для подводных ОК).

К климатическим и эксплуатационным характеристикам относятся:

- стойкость к повышенным и пониженным температурам,
- пожароустойчивость;

- стойкость к воздействию влаги и агрессивным средам;
- радиационная стойкость;
- герметичность.

Большая часть этих характеристик измеряется при разработке конструкции ОВ и ОК, при заводских испытаниях. Основное внимание уделяется измерениям в процессе строительства и эксплуатации ВОСП.

Наборы предназначены для проведения электромонтажных работ под напряжением до 1000 вольт (Рис.6.18).



Рисунок 6.18 – Набор для проведения электромонтажных работ

Рабочие части инструментов изготовлены из высококачественной стали, а эргономичные рукоятки обеспечивают безопасное использование и комфорт. Наборы включают в себя сумки с отделениями для удобства хранения и транспортировки инструментов.

Коммутатор является вспомогательным удаленно управляемым устройством, предназначенным для поддержки монтера связи при эксплуатации линейно-кабельных сооружений связи. Используется при устранении линейно-кабельных повреждений в условиях отсутствия персонала кросса и позволяет выполнять весь комплекс работ одному специалисту.

При использовании прибора отпадает необходимость в челночных перемещениях монтера между АТС и местом повреждения, и сокращается расстояние перемещения монтера в 5–7 раз.

При помощи LineCom-3 монтер может управлять коммутатором по телефону при помощи двузначных кодов. Подключив коммутатор, монтер уходит на поиск повреждения, в процессе которого может дозвониться с

мобильного телефона до коммутатора и, набирая тональным способом двузначные коды, переводить коммутатор в необходимые режимы работы. При установлении связи с коммутатором встроенный голосовой автоинформатор проговаривает, в каком режиме находится, и напоминает, какие коды доступны в данный момент. Коммутатор можно одновременно подсоединить к трем линиям, с которыми будут производиться работы [58,60].



Рисунок 6.19 – Устройство LineCom-3

ИРК-ПРО 7.4 является измерительным мостом. Это самый простой прибор в линейке ИРК-ПРО для мостового поиска повреждений и плановых измерений с управлением, вынесенным на переднюю панель. Прибор предназначен для определения расстояния до участка с пониженным сопротивлением изоляции кабеля, определения места обрыва или перепутывания жил кабеля, измерения сопротивления изоляции, шлейфа, омической асимметрии, электрической емкости всех типов кабелей связи. Прибор может работать при наличии напряжения на кабеле и в условиях помех. Встроенная память позволяет хранить характеристики 30 кабелей и 1000 плановых измерений.

Измерительный мост приборов ИРК-ПРО позволяет проводить:

- измерение сопротивления изоляции;
- измерение электрической емкости и расстояния до места разбитости пар;

- измерение сопротивления шлейфа и омической асимметрии;
- измерение расстояния до повреждения изоляции;
- измерение расстояния до места обрыва кабеля;
- определение длины кабеля;
- измерение напряжения на кабеле.



Рисунок 6.20 – Устройство ИРК-ПРО 7.4

6.2.1 Определения типа повреждения кабеля и выбора метода его поиска

Используемые приборы и методы.

- Трубка телефонная. Применяется для прозвонки и определения характера повреждения.
- Прибор кабельный. Имеется в виду приборы класса ПКП, ИРК-ПРО или любые другие способные измерить сопротивление изоляции до 30 000 МОм, электрическую ёмкость жил кабеля и имеющие мостовые схемы сравнения сопротивлений и емкостей.
- Измеритель неоднородности линий или рефлектометр (практически это одно и то же). Может быть выполнен в составе прибора из предыдущего пункта, например ИРК-ПРО-"Альфа". Используется импульсный метод измерения кабеля.
- Измеритель переходного затухания. Например: ИПЗ-(вся серия), "Дельта-ПРО" и подобные. Тоже могут быть выполнены в составе кабельного прибора.
- Поисковый комплект (трассоискатель, кабелеискатель). Используется для поиска непосредственно по трассе кабеля. Должен использовать

индукционный и контактный метод поиска. Состоит минимум из двух блоков: генератор и поисковый блок.

1. Определитесь с тем, что вы будете искать

Ещё до того как подойти к оконечному устройству кабеля надо составить для себя чёткое представление, где кабель начинается, где должен заканчиваться, и нет ли на этом кабеле других оконечных устройств - параллелей. В практике эксплуатации возможны малоизвестные врезки и неправильно скрученные муфты.

Для кабелей находящихся в эксплуатации важным, хотя и косвенным доказательством отсутствия малоизвестных "химий" является одинаковость включения кроссировок на обоих оконечных устройствах. То есть если на входе кабеля включены 0, 3, 5, 8 пары, то они же (0, 3, 5, 8) должны быть использованы на выходе. Впрочем, полезно при этом проверять присутствие питания на этих парах, а то монтажники не всегда откидывают те провода, которые не используются.

2. Работа с телефонной трубкой.

Способы найти нужную пару на боксе.

Правильный: вам о том, какая на боксе пара повреждена должен сообщить техучёт (кросс). Первый способ хорошо работает на магистралях и при образцовой паспортизации.

Как его разновидность, это отслеживание нужной пары начиная от станции. Например, зная, каким номером пары идёт искомый номер в магистрали, находим в его в распределительном шкафу и определяем, какой парой он ушёл в распределение или передачу.

Второй связан с кроссом. Работник кросса включается в повреждённую пару своим аппаратом, а вам приходится искать это включение трубкой на боксе поочерёдно подключаясь трубкой к каждой паре, пока вам не ответит этот работник кросса.

Третий заключается в том, что вы набираете номер требуемого абонента (можно мобильником) и отвёрткой или другим проводником закорачиваете поочерёдно все пары бокса. При замыкании нужной пары в трубке прервётся сигнал вызова.

Второй и третий способы плохи тем, что вызывают сработку сигнализации на соседних парах.

Определение типа повреждения.

Для измерений нужно определить обрывные жилы, жилы с наиболее низкой изоляцией и жилы с высокой изоляцией (чистые). Последовательность действий при определении повреждений для эксплуатации несколько разнятся от этой же работы в строительных организациях из-за использования парной ёмкости при включения кабельной линии. Строители работают с чистым кабелем, а эксплуатации, для того, чтобы снять питание с кабеля в 100 пар требуется пол дня, а потом ещё пол дня придётся всё это включать. Ко всему прибавьте, что больше 100 абонентов на день окажутся без Интернета и проводного телефона.

Для эксплуатации.

Отключив входящую и исходящую кроссировку с исследуемой пары, убеждаемся, что повреждение именно в искомом кабеле.

Если на паре после отключения есть напряжение (трубка щелкает на цепи земля-жила) - это сообщение, нарушение изоляции в другой паре кабеля. Определив, что в жиле кабеля сообщение, найдите, с какой жилой она сообщается. Для этого подключив трубку в цепь "земля - повреждённая жила" поочерёдно закорачивайте остальные пары кабеля. В момент закорачивания сообщаемой парой в трубке будет слышен громкий щелчок и если щёлкают несколько пар выбирайте самую громкую. Отключите питание с найденной пары. Сообщение должно пропасть или уменьшится. Определите, измерив изоляцию между общающимися жилами с какой жилой этой пары происходит сообщение.

Земля трубкой определяется в эксплуатации с использованием питающей жилы другого номера. Если на отключенной паре трубка щёлкает на цепи питание-жила, то это называют "землёй". Но измерителю полезно знать, что это тоже может быть сообщением, только сообщение не с питающей жилой соседней пары, а с плюсовой (питающая жила это минус).

Обрыв определяется по отсутствию ответа станции с пары на выходном конце кабеля. Иногда бывает полезно поискать обрывную жилу на других парах бокса, особенно если кабель недавно был в ремонте.

Для определения прослушки (разнопарки или пониженного переходного затухания) то же применяют монтерскую трубку, хотя определяются ей только переходное не более 40 дБ.

Трубку подключают в исследуемую пару, при этом можно даже не отключать питание, а только набрав одну цифру номера. Далее поочерёдно коротят отвёрткой соседние пары. Если пара плохо защищена, то в трубке будут слышны щелчки от короткого, и та пара, которую коротят то же подвержена влиянию. Для более точного измерения применяют приборы соответствующего класса [38,40].

Для строительства.

Строителям проще в том, что они имеют дело с незанятым (чистым) кабелем. Без всяких отключений все его повреждения можно определить простой прозвонкой. Так, для определения обрывов можно заземлить все жилы на одном конце кабеля и убедиться в присутствии заземления на другом конце. Сообщение и землю определяют с одного конца той же трубкой или измерением изоляции.

При прозвонке следует более внимательно отнестись к правильности сборки кабеля и в случае обнаружения ошибок в расшивке плинтов, недостаточно перепайки жил в плинтах, следует проверять переходное затухание между парами плинта.

Важным параметром при приёмке кабеля в эксплуатацию является изоляция экрана (доказывает целостность оболочки). Телефонной трубкой можно

определить все повреждения изоляции и при некотором понимании процессов даже разбитость пар (разнопарку).

6.2.2 Техника безопасности при работе с приборами и приспособлениями

При электромонтажных работах не обойтись без использования электрического инструмента — болгарки, дрели, шуруповерта, штробореза. Монтаж электропроводки опасен не только тем, что вы имеете дело с электрическим током, но и тем, что вы пользуетесь устройствами, которые могут травмировать при несоблюдении определенных правил.

К самостоятельной работе с переносными приборами допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование, вводный инструктаж, первичный инструктаж, обучение и стажировку на рабочем месте, проверку знаний требований охраны труда, имеющие группу по электробезопасности не ниже III и соответствующую квалификацию согласно тарифно-квалификационного справочника.

Работы, связанные с измерениями переносными приборами, проводит бригада, не менее двух человек, один из которых назначается старшим. Старший должен иметь квалификационную группу по электробезопасности не ниже IV, члены бригады - не ниже.

Инструкцию по безопасному использованию электрических инструментов и приспособлений выглядит следующим образом:

Весь электроинструмент должен соответствовать требованиям Государственных стандартов и ТУ по части соблюдения правил электробезопасности. Понятие электрический инструмент относится к механизмам, работающим от сетевого напряжения или аккумуляторных батарей. Перед началом работ, согласно правилам техники безопасности, необходимо по паспортным данным определить класс инструмента.

Класс в свою очередь определяется по способу защиты от поражения электротоком и регламентируются ГОСТом. Также необходимо проверить надежность крепления всех деталей и наличие комплектующих. Осмотреть и убедиться в исправности соединительного шнура (кабеля), электрической штепсельной вилки, защитного кожуха, целостности изоляции.

Вилка питающего кабеля должна соответствовать стандартным сетевым розеткам. Категорически запрещено вносить какие-либо изменения в конструкции вилки питающего кабеля или розетки сети. При осмотре стоит убедиться в исправности выключателя и проверить электроинструмент при работе на холостом ходу (без нагрузки). Запрещено пользоваться устройствами, имеющим видимые дефекты, и не прошедшие испытания или с просроченным сроком проверки. Правила техники безопасности запрещают пользоваться неисправным электроинструментом.

Немедленно стоит прекратить работу, если возник круговой огонь на коллекторе, появился запах горящей изоляции, возник нехарактерный шум или вибрация, нечеткое срабатывание выключателя, подтекание смазки работающего электрического инструмента. В случае исчезновения напряжения или возникновения неисправности все действия должны быть прекращены, а инструмент немедленно отсоединен от сети.

Техника безопасности при работе с электроинструментом категорически запрещает его использование, если видны повреждения питающего кабеля или вилки подключения, работа выключателя не соответствует указанному положению, есть сколы или трещины на кожухе аппарата.

При использовании электрического инструмента соединительные провода и кабели, по возможности, должны быть подвешены, а не находятся на земле, полу или подмостях. Стоит следить за тем, чтобы соединительные провода или кабели не соприкасались с влажными или маслянистыми предметами, поверхностями.

Питающий кабель электроинструмента нужно защитить от случайного механического повреждения. Необходимо следить за тем, чтобы кабель не натягивался, не перекручивался, не подвергался перетиранию.

Стоит отметить, что на питающий кабель нельзя ставить посторонние грузы или допускать пересечение с другими тросами или шлангами газосварочных аппаратов.

На производстве или предприятиях электрический инструмент должен быть учтен, и проходить постоянную проверку и испытания в определенные сроки. Сроки проверки электроинструмента установлены ГОСТом, техническими условиями и нормами испытания электрооборудования [24].

После проверки и испытаний на весь инструмент ставится штамп с номером, датой следующего испытания и подписью лица, проводившего проверку, а также наименованием лаборатории, проводящей испытания. Для поддержания электроинструмента в рабочем состоянии, проведения необходимых периодических испытаний, осмотров и проверок, руководитель предприятия или организации назначает ответственного работника. Этот работник должен иметь группу по технике безопасности не ниже 3. Все ремонтные работы должны производить только подготовленный и допущенный к таким мероприятиям персонал. Всем работникам, пользующимся ручным электроинструментом, стоит помнить, что нельзя передавать его, хотя бы на незначительное время, другим работникам, не имеющим права работы с ним. Ни в коем случае нельзя разбирать или производить какой-либо ремонт электроинструмента во время производства работ. До полной остановки вращающихся частей нельзя касаться, убирать стружку или опилки либо браться за питающий провод. Прежде чем устанавливать рабочую часть в патрон или регулировать электроинструмент его требуется отключить от электросети [25].

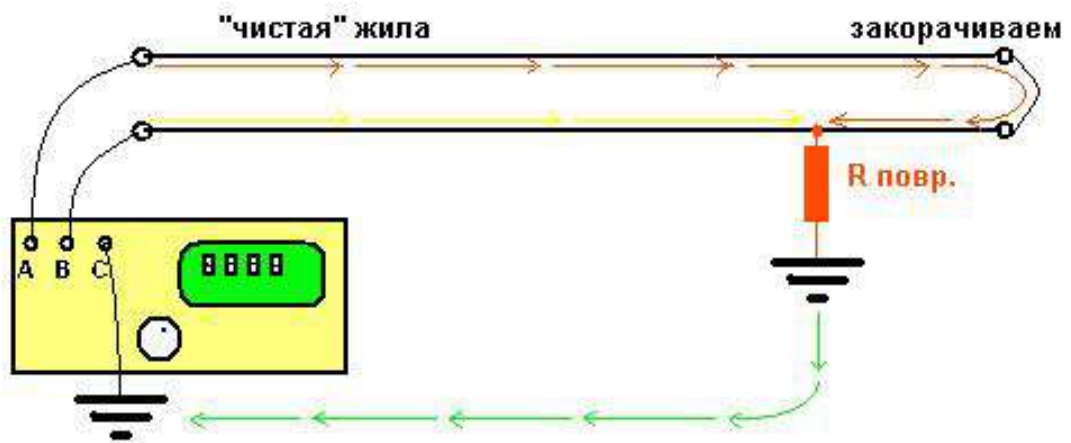
Работая ручными электрическими инструментами на стройке необходимо учесть ряд факторов:

- возможность поражения электротоком;
- необходимость ограждения рабочего места, в случае работ на высоте, из-за возможности падения;
- рассеянность внимания из-за сильного шума и вибрации;
- достаточность освещенности места производства работ.

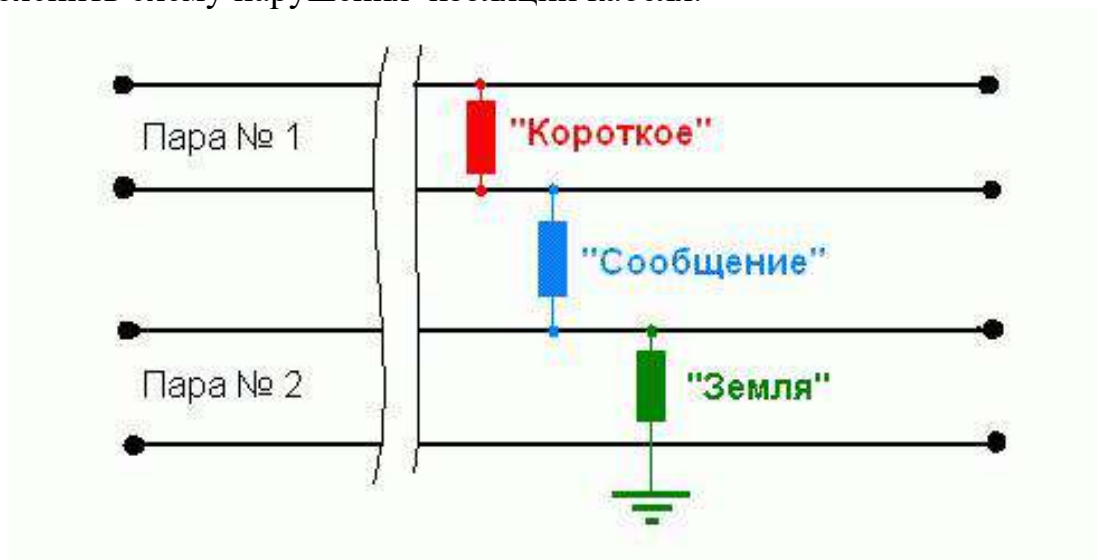
По окончании использования электроинструмента, его следует очистить от пыли, грязи, и сдать под роспись ответственному лицу.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Выполнить работу по прозвонке кабеля.
2. Выполнить работу по устранению обрыва.
3. Выполнить работу по устранению повреждения оболочки кабеля.
4. Проверить герметичность оболочки кабеля.
5. Определить повреждения с помощью трубки монтера.
6. Произвести работы по монтажу и демонтажу кабеля.
7. Пояснить схему по обнаружению повреждения изоляции кабеля.



8. Пояснить схему нарушения изоляции кабеля.



ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

1. Приведите классификацию измерений в процессе строительства.
3. Приведите классификацию измерений в процессе эксплуатации.
4. Какие существуют оптические характеристики ОВ и ОК?
5. Какие существуют геометрические характеристики ОВ и ОК?
6. Какие существуют механические характеристики ОВ и ОК?
7. Какие существуют климатические и эксплуатационные характеристики ОВ и ОК?
8. Когда производится входной контроль?
9. Какие параметры измеряются при входном контроле?
10. Какие измерения проводятся при оценке качества строительных работ?
11. Какие измерения проводятся при приёмно-сдаточных испытаниях?
12. Назовите оборудование оконечных пунктов (ОП) линейного оптического тракта, не использующего аппаратуру спектрального уплотнения.
13. Изобразите схему оптического линейного тракта ЦСП со спектральным уплотнением.
14. Какое оборудование входит в состав регенерационного пункта?
15. Назначение регенерационного пункта.
16. Назначение мультиплексора.
17. Как определяется ширина спектра излучения для одномодовых одночастотных лазеров?
18. Как определяется ширина спектра излучения для светоизлучающих диодов и многомодовых лазеров?
19. Перечислите параметры передающего устройства.
20. Перечислите параметры современных оптических рефлектометров.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

В результате изучения модуля обучающиеся осваивают: различать виды повреждений, выполнять работы по прозвонке кабеля, выполнять работы по устранению обрыва и сообщения а также понимать назначение и принцип действия простейших измерительных приборов, применяемых при эксплуатации кабелей.

При изучении модуля обучающиеся учатся находить и устранять повреждения оболочки кабеля, проверять герметичность кабеля, выполнять работы по монтажу и демонтажу кабеля.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иволгин В.Б., Коханенко А.П. Волоконно-оптические линии связи: эффективность ввода оптического излучения в волокно: Учебно-методическое пособие. Томск: ТГУ, 2002.
2. Мельничук В.П., Тарасенко М.И., Транспортная связь М.: Транспорт 1999.
3. М.М. Бутусов, С.М. Верник и др. Волоконно-оптические системы передачи. Москва: Радио и Связь, 1992.
4. И.И. Гроднев, С.М. Верник. Линии связи. Москва: Радио и Связь, 1988.
5. И.И. Гроднев. Волоконно-оптические линии связи. Москва: Радио и Связь, 1990.
6. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть II. Под редакцией Староверова А.Н. Издание 3.
7. Охрана труда на предприятиях связи. Под редакцией Н.И. Баклашова. Москва: Радио и Связь, 1985.
8. <https://www.vionet.ru/stati/Povrezhdeniya-izolyatsii-linii-svyazi/>
9. <http://electricalschool.info/main/ekspluat/1561-kak-vypolnjaetsja-proverka-izoljicii.html>

РАЗДЕЛ 7. ОБНАРУЖЕНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ

Цели обучения

После прохождения данного модуля студенты смогут:

1. Определять виды неисправности.
2. Настраивать измерительные приборы.
3. Работать с измерительными приборами.

Предварительные требования

Перед началом работы с данным модулем студенты должны изучить модули «Выполнение монтажа оптического кабеля и оконечных устройств», «Построение линейных сооружений связи», «Основы электротехники и радиоэлектроники», «Применение информационных технологий в современных цифровых устройствах, и микропроцессорных системах».

ВВЕДЕНИЕ

Данный модуль описывает навыки и знания необходимые для выполнения работ по определению вида неисправности оптического кабеля, их обнаружений, методов отыскания и устранения.

При изучении модуля обучающиеся осваивают следующие знания: виды неисправности, виды измерительных приборов, тестовые проверки.

7.1 Виды неисправности оптического кабеля

В оптической части различных подсистем кабельных сооружений в процессе ввода в действие и во время текущей эксплуатации могут возникнуть следующие неисправности:

- повреждение или обрыв кабеля;
- увеличение затухания в разъемах;
- повреждение коммутационных шнуров;
- неправильное подключение коммутационных и оконечных шнуров.

Повреждения кабеля возникают в результате таких механических, термических и химических воздействий, которые выходят за рамки технических условия (ТУ) на конкретное изделие. Механические повреждения появляются в тех ситуациях, когда кабель подвергается недопустимо большим тянущим, срезающим или раздавливающим усилиям, а также из-за нападения грызунов.

Первой задачей обслуживающего персонала является локализация места повреждения. Его проще всего обнаружить оптическим рефлектометром или локатором. Достаточно часто на практике встречаются ситуации, когда кабельный тракт состоит из нескольких стационарных линий, которые соединены между собой шнурами на оптических кроссах. В этом случае анализ рефлектограммы может быть затруднен из-за большого количества отражений и массового появления так называемых фантомов. Тогда рекомендуется проверить рефлектометром каждую стационарную линию в отдельности. Данный прием по локализации места повреждения оказывается полезным также в тех случаях, когда в распоряжении обслуживающего персонала нет полномасштабного рефлектометра и измерения выполняются посредством автоматического измерителя или обычного оптического тестера.

К близкому обрыву или повреждению волокна относятся те неисправности на начальном участке световода (на расстоянии не более 15 м от конца), которые приводят к заметному увеличению затухания сигнала, однако не могут быть обнаружены рефлектометром в связи с наличием мертвой зоны, возникающей из-за конечной длительности зондирующего импульса. В отличие от загрязнения, его характерным отличительным признаком достаточно часто является очень большое (10 дБ и выше) превышение норм по величине допустимого затухания в проверяемой линии. Легче и быстрее всего близкий обрыв выявляется с помощью визуализатора дефекта или же посредством тестирования рефлектометром в режиме максимального разрешения с использованием нормализующей катушки.

При обнаружении близкого обрыва рекомендуется заново установить вилку оптического разъема с использованием технологического запаса длины волокна. Волоконно-оптические кабели служат в основном для организации магистральных подсистем СКС (Структурированная кабельная система (Structured Cabling System, SCS)). Стационарные линии магистральных подсистем отличаются достаточно большой длиной.

В тех ситуациях, когда протяженность кабеля превышает 300 м, что характерно в первую очередь для подсистемы внешних магистралей, замена поврежденного кабеля новым обычно не производится, и ремонт выполняется с помощью промежуточных муфт. Когда рядом с точкой повреждения имеется запас кабеля, то устанавливается одна муфта. Во всех остальных случаях на место поврежденного участка укладывается кабельная вставка, и монтируются две промежуточные муфты [44,48].

Сращивание световодов в муфтах осуществляется сваркой или механическими сплайсами. Потенциально данная операция может быть выполнена также с помощью обычных разъемов, причем в зависимости от местных условий и конструкции муфты выбирается схема соединения interconnect или cross-connect.

Тип муфты (обычная коробка, герметичная конструкция и т. д.) выбирается в зависимости от конкретных условий в месте ее установки.

Проблемы в волоконно-оптических линиях могут возникать по целому ряду причин. Очень частая проблема — неполное вхождение штекера в разъем. Такой штекер сложно заметить на заполненной патч-панели. Кроме того, причина может крыться в качестве самого разъема — плохая геометрия поверхности, не соответствующая параметрам, определенным в стандартах IEC PAS 61755-3, в том числе плохая полировка, неправильная высота волокна, радиус изгиба или смещение верхней части.

Еще более частая причина — плохое оконечное соединение: воздушные зазоры и высокие вносимые потери или царапины, дефекты и загрязнения на поверхности разъема. Известно, что основной причиной неполадок в волоконно-оптических линиях остаются загрязнения. Пыль, отпечатки пальцев и другие маслянистые вещества вызывают чрезмерные потери, а иногда и полностью повреждают поверхность разъемов.

Нельзя исключать и неправильное сращивание световодов, отклонение от сносности и неверную полярность. Плохая укладка кабеля может создавать напряжение на разъеме, вызывая его смещение. Штекер может быть неправильно вставлен и соединен с ответной частью. Иногда причинами неисправностей становятся сломанные защелки на разъемах или переходниках. В самом кабеле волокно, возможно, подвергалось микро или макроизгибам или было в каком-то месте повреждено.

Причиной вносимых потерь и плохих характеристик может быть и общее устройство кабельной системы. Даже если все разъемы высокого качества, не загрязнены и правильно терминированы, но на один канал приходится слишком много соединений, то потери могут превышать значения, указанные в спецификации, для конкретного варианта применения.

То же самое касается многомодового волокна в случае нарушения ограничений на расстояние, что приводит к высоким межмодовым искажениям.

Классификация видов повреждений оптического кабеля.

Виды повреждений ОК классифицируют как:

- одиночный обрыв ОК;
- обрыв ОК в нескольких местах;
- повреждение ОК с обрывом всех или части ОВ и с сохранением целостности защитных покровов;
- повышенное затухание ОВ;
- работоспособности ОВ при сохранении целостности металлических бронепокровов;
- повреждение наружной полиэтиленовой оболочки ОК с сохранением работоспособности ОВ при нарушении целостности бронепокровов.

Классификация причин повреждений ОК.

Основными причинами повреждений подземных ОК являются:

- механические повреждения ОК при выполнении строительно-монтажных работ сторонними организациями в пределах охранных зон кабельной линии, а также в результате актов вандализма (как правило, это локальные, визуально наблюдаемые повреждения);
- механические повреждения ОК от перемещения грунтов (обвалы, пучения, оползни, селевые потоки и т.д.). Как правило, это в пределах одной-двух строительных длин оптического кабеля;
- повреждения ОВ за счет старения или попадания в сердечник кабеля влаги; повреждения кабелей от грозových воздействий (при наличии металлических элементов в конструкции оптического кабеля);
- повреждения ОК от воздействия грызунов, пожаров и т.д.

Перечисленные виды повреждений ОК требуют организации коротких (от 50 м) и протяженных (до 7 км) оптических кабельных вставок [46,47].

В свое время было проведено статистическое исследование причин повреждения волоконно-оптических кабелей, результаты которого в виде круговой диаграммы приведены на рисунке 7.1.

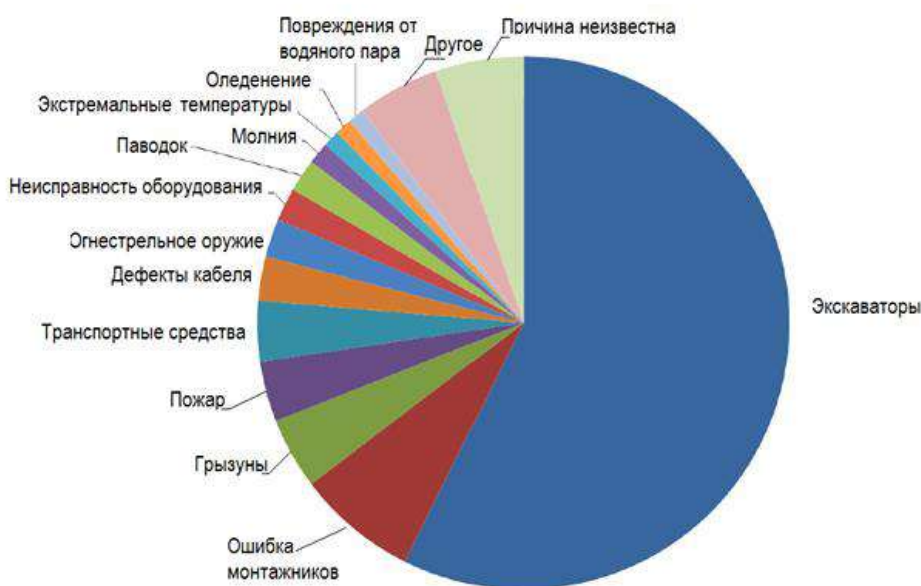


Рисунок 7.1 – Статистика причин повреждений и простоев в работе ВОЛС

7.1.1 Определение нужного измерительного прибора и его настройка

Виды и средства измерений для ВОЛС В процессе строительства и технической эксплуатации ВОЛС проводится комплекс измерений для определения состояния кабелей, линейных сооружений, качества функционирования аппаратуры линейного тракта, предупреждения повреждений, а также накопления статистических данных с целью разработки мер повышения надежности связи.

Параметры и характеристики ОК и аппаратуры ВОЛС, измеряемые в условиях их производства, оформляются в виде паспортных данных, которые должны соответствовать действующим нормам ГОСТ и ТУ. Проверка на указанное соответствие выполняется при входном контроле. На этапе строительства ВОЛС в целях контроля качества строительства и связи измеряют затухание ОВ на строительных длинах и смонтированных участках регенерации; затухание, вносимое соединениями ОВ; уровни мощности оптического излучения на выходных, передающих и входных приемных оптоэлектронных модулях; коэффициент ошибок, при необходимости устанавливают места повреждений.

При наличии в ОК металлических проводников производят измерения и испытания в соответствии с ТУ на кабель параметров электрических цепей, в частности, измерение электрического сопротивления изоляции металлических элементов и наружной оболочки; испытание (изоляции между жилами, жилами и остальными металлическими элементами, металлической оболочкой и броней, броней и водой и т. п.) на постоянном или переменном токе повышенным напряжением.

Измерительную аппаратуру чаще всего размещают в специально приспособленных автомашинах, что позволяет ускорять процесс монтажа и строительства. В процессе эксплуатации измерения выполняются для определения технического состояния линейных сооружений и аппаратуры, предупреждения и устранения повреждений. Их разделяют на профилактические, контрольные и аварийные.

Профилактические измерения проводятся по утвержденному плану. Состав, объем, и периодичность измерений устанавливаются в зависимости от местных условий, состояния кабеля и т. д.

Контрольные измерения и испытания осуществляют после ремонта для определения качества ремонтно-восстановительных работ.

Аварийные измерения проводятся для определения места и параметра повреждения кабеля.

Согласно состав измерений и испытаний для ВОЛС на этапах строительства и эксплуатации приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Состав основных измерений и испытаний на этапах строительства и эксплуатации ВОЛС

Измеряемый параметр	Этап	
	строительства	эксплуатации
Коэффициент затухания	+	-
Затухание:		
строительных длин	+	-
оптических сростков	+	-
участка регенерации	+	-
Коэффициент ошибок:		
одиночного участка регенерации	+	+
линейного тракта	+	+
Энергетический потенциал	+	-
Чувствительность фотоприемного устройства регенератора	+	+
Уровни оптической мощности:		
на выходе линейного регенератора	+	+
на входе линейного регенератора	+	+
Расстояние до места повреждения	+	+
Герметичность	+	+

Для пассивных компонентов ВОЛС (ответвителей, аттенуаторов фильтров, разъемов) приходится контролировать спектральные характеристики и затухание отражения. Результаты измерений и испытаний, проводимых на этапах строительства и эксплуатации ОК и линейных трактов ВОЛС, проверяют на соответствие нормам параметров и характеристик, указанных в ГОСТ и ТУ [46,47].

Замер сопротивления изоляции токопроводящих жил.

Измерение величины сопротивления изоляции токопроводящих жил в кабелях связи до прокладки позволяет определить наличие в нем скрытых повреждений, причиной которых стала неправильная транспортировка. Контрольные замеры после прокладки дают возможность выявить возможные нарушения целостности изоляции после окончания монтажных работ. Конкретные значения сопротивлений изоляции регламентируются нормативно-техническими документами, в том числе ГОСТ 15125-92. Измерения проводятся цифровыми или стрелочными мегомметрами, а также при помощи ранее описанных приборов типа ИРК-ПРО. Анализ результатов измерений выполняется с учетом влажности воздуха, температуры в момент замера и длины кабельной линии.

Целостность экрана и отсутствие обрывов в жилах (Рис 7.2).

Контрольные испытания по выявлению оборванных жил в кабеле должно выполняться как до монтажа линии, так и после ее прокладки. Такая проверка требует проведения предварительных работ, включающих удаление оболочки и поясной изоляции с обоих концов испытуемого кабеля.

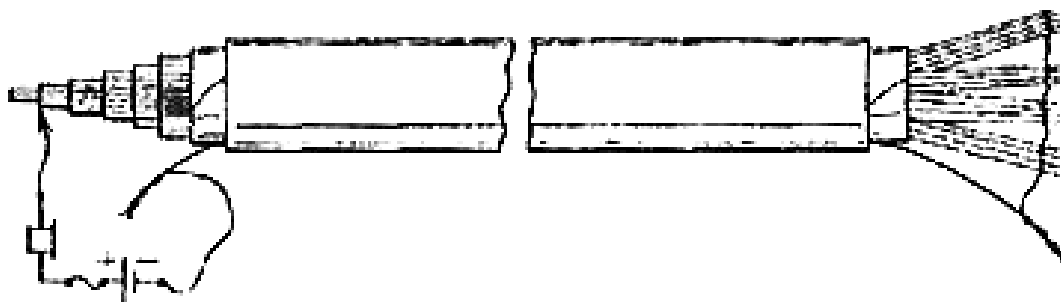


Рисунок 7.2 – Схема проверки целостности экрана и отсутствия обрывов в жилах кабеля

Длина зачищаемого участка, в зависимости от конкретных условий, колеблется от 150 до 400 мм. Следует помнить, что нити или ленты, которые скрепляют элементарные пучки кабеля, а также их повивы разрезать не следует.

После удаления части оболочки и лент поясной изоляции необходимо на любом из концов кабеля со всех жил удалить изоляцию и выполнить соединение оголенных жил между собой посредством медного неизолированного провода. Закороченные между собой жилы соединяются с металлической оболочкой кабеля или его экраном.

Наличие обрыва проводят при помощи микротелефонной трубки и источника питания со стороны с не закороченными жилами. Для этого экран или металлическая оболочка кабеля через независимый источник питания (батарею элементов, аккумулятор) подключается к одному выводу микротелефонной трубки, а свободный вывод последовательно прикладывается к каждой жиле. Отсутствие щелчка в динамике свидетельствует о наличии обрыва в исследуемой жиле.

Наличие коротких замыканий («сообщений») (Рис.7.3).

Исследование кабеля на возможное наличие «сообщений» токоведущих жил между собой или с экраном (металлической оболочкой) проводится со стороны закороченных жил.



Рисунок 7.3 – Схема проверки на наличие коротких замыканий жил кабеля

Как и при определении возможного обрыва один вывод микротелефонной трубки через источник питания подключается к экрану (металлической оболочке). Далее от общего закороченного пучка поочередно отделяют жилу, к которой присоединяют второй конец трубки. Звуковой щелчок в динамике является индикатором того, что эта жила закорочена на соседнюю или металлическую оболочку (экран) кабеля [48,50].

Поврежденные жилы, выявленные в результате проверки на обрыв и короткое замыкание, отделяются от других и маркируются. Результат проверки кабелей связи заносится в журнал с указанием повива, пучка и пары, в которых выявлен дефект, а также типа повреждения.

Замер сопротивления изоляции наружного защитного шланга кабелей с металлической оболочкой.

Эти испытания позволяют обнаружить наличие повреждений защитного шланга. Производятся при помощи мегомметров или специального прибора типа ИРК-ПРО.

Проводимые контрольные измерения позволяют выявить повреждения внутри кабелей связи и определить пути их устранения.

7.1.2 Выполнение работы с рефлектометром, передатчиком , приемником и соблюдение техники безопасности

Наиболее универсальным и информативным методом измерений параметров ОВ, ОК и ВТ является метод обратного рассеяния (МОР). Приборы, основанные на МОР, называются оптическими рефлектометрами (ОР). Впервые идею использования обратного рэлеевского рассеяния в кварцевых ОВ при их зондировании короткими оптическими импульсами для исследования ОВ предложили американские ученые Барноски и Персоник. Для импульсных ОР в зарубежной литературе принята аббревиатура OTDR (Optical Time Domain Reflectometer- оптический рефлектометр во временной области) [49,50].

Метод обратного рассеяния обладает весьма ценными для практики свойствами:

- возможность по одной рефлектограмме определять одновременно целый ряд основных параметров ВТ;
- возможность измерения при одностороннем доступе к ВТ;
- возможность измерения не только общего затухания, но и распределения потерь вдоль ВТ;
- возможность выявления дефектных, например, замкших участков, характеризующихся скачкообразным изменением сигнала обратного рассеяния;
- возможность диагностирования текущего состояния ВТ и прогнозирования аварийных ситуаций путем сравнения только что зарегистрированной и паспортной рефлектограмм ВТ.

Оптические рефлектометры позволяют измерять расстояние до места неоднородности, затухание и коэффициент затухания оптического кабеля,

потери в местах сварки и неразъемных соединителях, затухание отражения от мест сосредоточенной неоднородности и т.н. Принцип измерений оптических рефлектометров во временной области (OTDR) состоит во введении оптического импульса в один конец оптического волокна, чтобы подвергнуть анализу и наблюдению на том же конце волокна оптическую энергию, прошедшую через волокно в направлении, противоположном распространению импульса.

Форма определяемого сигнала уменьшается по экспоненте, что типично для обратного рассеяния, с накладывающимися друг на друга пиками (всплесками на рефлектограмме) из-за отражений от концов оптического волокна или других мест изменения коэффициента отражения. (Рис. 7.2).

Для определения местоположения неоднородностей рефлектометр измеряет только время. Следовательно, чтобы определить расстояние до места их расположения, нужно ввести групповую скорость распространения. Это делается путем введения в прибор коэффициента отражения оптического волокна.

Современные оптические рефлектометры обеспечивают такие функции и возможности, как:

- большой динамический диапазон при малом времени усреднения;
- высокая разрешающая способность и возможность измерений на линиях большой протяженности;
- высокая точность определения места повреждений;
- измерение как в ручном, так и в автоматическом режимах;
- автоматическая установка параметров прибора в зависимости от характеристик оптического волокна для достижения максимальной точности;
- представление результатов измерений в виде графика или таблицы;
- минимальное затухание "мертвой зоны";
- наличие режима измерения затухания отражения от мест сосредоточенной неоднородности на линии;
- наличие режима сравнения двух и более рефлектограмм;
- работа в режиме дистанционного управления и др.

Рефлектометры массой менее 5 кг, предназначенные для использования как при строительстве и эксплуатации ВОЛС, так и в полевых условиях, называют мини рефлектометрами. Необходимо отметить, что тип оптического рефлектометра следует выбирать в зависимости от требуемого динамического диапазона, измеряемого расстояния, решаемых измерительных задач и других конкретных требований.

Порт рефлектометра совмещает функции передатчика и приемника. Источник отправляет в сегмент импульсы определенной мощности и продолжительности, затем отключается, и на том же порту начинает работать фотоприемник.

Последний регистрирует мощность сигналов, отразившихся от различных препятствий в волокне, фиксирует время их поступления и «путешествия» в волокне и выдает результаты в виде графика -

рефлектограммы с обнаруженными в сегменте событиями. Время регистрации событий пересчитывается в расстояние, которое откладывается по горизонтали в метрах или километрах.

Обнаружение повреждения с помощью импульсов тока.

При использовании метода импульсного тока в кабель подается импульс напряжения, чтобы в месте повреждения спровоцировать пробой. Этот пробой приводит к возникновению переходной волны, которая несколько раз проходит между местом повреждения и концом кабеля. При этом в каждой точке отражения она меняет свою полярность, поскольку в обоих случаях речь идет о низкоомных соединениях.

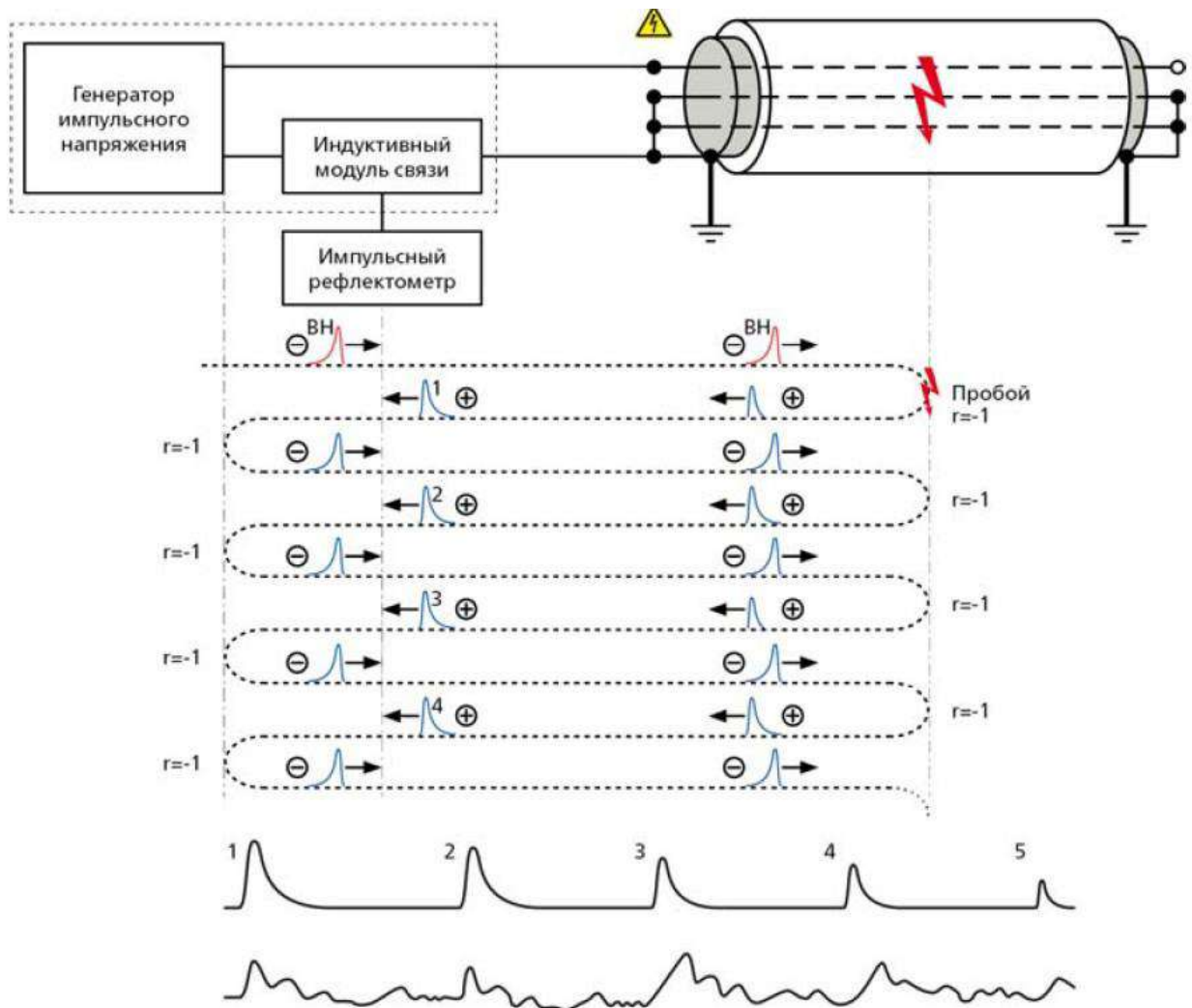


Рисунок 7.2 – Схема обнаружения повреждения с помощью импульсов тока.

На основании интервала времени, с которым повторяется это отражение, можно определить расстояние до места повреждения. Такой метод лучше всего предназначен для работы с длинными кабелями, поскольку распространяющийся по кабелю импульс очень широк (высокая энергия

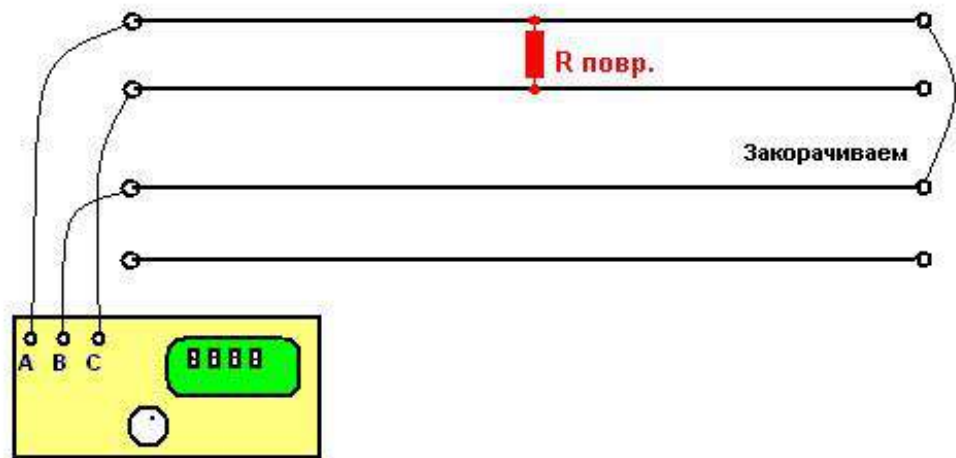
импульса). У коротких кабелей множественные отражения накладываются друг на друга, что не позволяет определить временной интервал.

Однако при использовании с длинными кабелями метод импульсного тока даёт хорошие результаты предварительной локализации дефектов. Для анализа переходного импульса служит индуктивный датчик, регистрирующий ток в кабельной оболочке. Сигналы датчика отображаются с помощью импульсного рефлектометра.

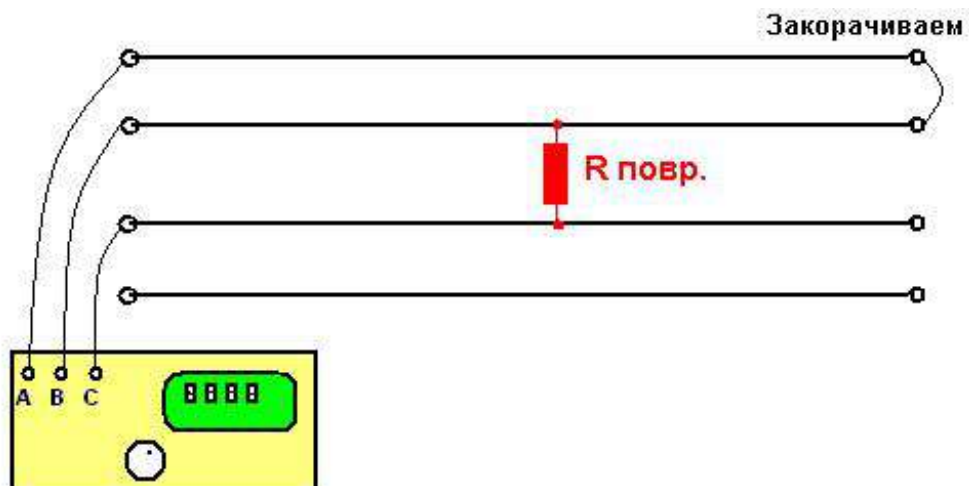
На основании интервала времени между вторым и третьим, или между третьим и четвертым импульсом можно рассчитать расстояние.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Определить виды неисправности оптического кабеля с помощью приборов.
2. Произвести измерения согласно принципиальных схем.
3. Настроить измерительные приборы.
4. Изучить принцип работы с рефлектометром, с передатчиком и приемником.
5. Подготовить презентацию на тему «Обнаружение неисправностей оптического кабеля».
6. Пояснить схему поиска короткого замыкания на линии связи.



7. Пояснить схему использования рефлектометра для нахождения повреждения кабеля.



ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

1. Виды работ по прокладке кабельных линий связи.
2. Подготовка кабельных колодцев.
3. Виды материалов и конструкций, применяемых для крепления кабелей и проводов.
4. Способы крепления и защиты кабелей от механических повреждений.
5. Типы и назначение кабелей связи.
6. Правила прокладки и крепления кабелей.
7. Способы включения телефонных аппаратов.
8. Способы защиты кабелей от ударов молнии и коррозии.
9. Прокладка кабелей по стенам.
10. Проверка герметичности кабеля.
11. Запайка концов кабелей.
12. Установка электродов для защиты кабелей от коррозии.
13. Устройство контрольно-измерительных пунктов.
14. Устройство заземлений.
15. Виды повреждений кабелей и способы их выявления.
16. Методы проверки кабелей на обрыв.
17. Способы прокладки проводов и тросов с применением машин и механизмов.
18. Прокладка кабелей в траншеях.
19. Оборудование кабельных опор.
20. Установка распределительных коробок.

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

В результате изучения модуля обучающиеся осваивают: определять виды неисправности оптического кабеля с помощью приборов, осуществлять измерения согласно принципиальным схемам, различать виды измерительных приборов для оптического кабеля, технику безопасности при измерениях оптического кабеля.

При изучении модуля обучающиеся учатся выполнять работы с рефлектометром, с передатчиком и приемником, определять нужный измерительный прибор и определять виды неисправности оптического кабеля с помощью приборов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богачков И. В., Горлов Н. И. Методы и средства мониторинга и ранней диагностики волоконно-оптических линий передачи. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2013.
2. Богачков И. В., Горлов Н. И. Обнаружение участков с измененной температурой волоконно-оптических линий связи методом бриллюэновской рефлектометрии // Вестник СибГУТИ. 2015.
3. Виноградов В.В., Котов В.К., Нуприк В.Н. Волоконно-оптические линии связи.- М.:ИПК «Желдориздат», 2002.
4. Рекомендации по строительству волоконно-оптических линий передачи с подвеской кабелей на опорах контактной сети и высоковольтной линии автоблокировки или укладкой кабелей в грунт.- М., МПС России, 2001г.
5. <http://podvi.ru/elektrotexnika/izmerenie-elektricheskogo-toka-2.html>
6. <https://electrono.ru/elektricheskaya-cep-i-ee-osnovnye-zakony>

РАЗДЕЛ 8. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАБОТ МОНТАЖНИКА СВЯЗИ-КАБЕЛЬЩИКА

Цели обучения

После прохождения данного модуля студенты смогут:

1. Выполнять работы монтажника связи- кабельщика.
2. Производить монтаж кабелей, муфт и оконечных устройств.
3. Определять виды повреждений кабеля и устранять.

Предварительные требования

Перед изучением данного модуля учащемуся рекомендуется успешно пройти обучение по базовым модулям и профессиональным модулям квалификаций «Монтажник связи-кабельщик» согласно Типового учебного плана по специальности «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

ВВЕДЕНИЕ

Данный модуль описывает навыки и знания необходимые для выполнения работ монтажника связи-кабельщика и получения рабочей квалификации.

При изучении модуля обучающиеся осваивают следующие знания: виды работ по монтажу кабеля и оконечно-кабельных устройств, характер и места повреждения линии связи, эксплуатационные измерения на линиях связи, а также введение и оформление технической документации согласно стандартам.

8.1 Строительство линейных сооружений связи

При разработке проектной документации необходимо руководствоваться законодательствами и нормативными документами Республики Казахстан, постановлениями и решениями Правительства и Министерства информационных технологий и связи, а также иными государственными документами по проектированию и строительству. До начала проектирования необходимо выполнить все инженерные изыскания на весь объект или по очередям (участкам) строительства ВОЛП в соответствии с государственными и ведомственными нормативными актами.

Для обеспечения надлежащего качества проектирования все проекты по строительству ВОЛП, независимо от источников финансирования, форм собственности и принадлежности, подлежат государственной экспертизе.

В случае необходимости представители проектных организаций принимают участие по поручению заказчика в защите разработанной ими проектной документации в экспертных инстанциях. Утверждаются проекты только после получения положительного экспертного заключения. Проектные организации должны осуществлять авторский надзор за строительством ВОЛП с целью обеспечения соответствия строительных, технологических и технических решений, предусмотренных в проектной документации.

Проектирование ВОЛП в целом осуществляется аналогично проектированию линейных сооружений связи с использованием кабелей с металлическими жилами. Вместе с тем, специфика оптической связи определяет некоторые особенности проектирования ВОЛП.

Проект на строительство ВОЛП состоит из следующих основных разделов:

- общая пояснительная записка;
- линейные сооружения;
- станционные сооружения;
- электротехнические сооружения;
- охрана окружающей среды, охрана труда, техника безопасности, противопожарные мероприятия;
- организация строительства;
- сметная документация.

Общая пояснительная записка (ОПЗ).

В ОПЗ перечисляются основные документы, которые являются основанием для разработки проекта. Указывается место проектируемой ВОЛП в магистральной, внутризоновой или местной сети связи, ее мощность, виды передаваемой информации, очередность строительства и состав пусковых комплексов. Дается характеристика трассы проектируемой ВОЛП, размещение промежуточных и конечных пунктов.

Приводятся сведения о рассмотренных вариантах выбора трассы и результаты технико-экономического обоснования принятого варианта. Кратко излагаются принятые проектные решения по отдельным разделам проекта.

Линейные сооружения.

В этом разделе дается подробная характеристика трассы ВОЛП на отдельных ее участках, указываются марки и емкость (число и тип ОВ) ОК, излагается технология его прокладки с освещением методов пересечения с подземными коммуникациями (например, пересечение автодорог, железных дорог закрытым способом – методом прокола, методом горизонтально-направленного бурения). Указывается тип муфт для монтажа ОК, место установки контрольно-измерительных пунктов (КИП) для контроля за состоянием пластмассовой оболочки и место положения кабеля и ряд других технических вопросов по строительству ВОЛП [27,30].

Станционные сооружения.

Здесь указывается какое оборудование запроектировано на проектируемой ВОЛП, дается обоснование и пути повышения пропускной способности. Приводится разработанная схема организации связи, определяется объем оборудования и его размещение. Рассматриваются вопросы организации служебной связи, контроля и управления, сигнализации, сетевой синхронизации проектируемого участка ВОЛП.

Электротехнические сооружения.

В данном разделе рассматриваются вопросы электропитания запроектированного оборудования, приводятся результаты расчета электропитания, показывается возможность использования существующих электропитающих установок на оконечных и промежуточных пунктах ВОЛП. Даются рекомендации по использованию защитного заземления (существующее или проектируемое). Излагаются условия обеспечения электробезопасной, пожаробезопасной работы запроектированного оборудования.

Организация строительства.

В этом разделе проекта определяется объем работ по линейным, станционным, электротехническим сооружениям, а также другим видам работ, определяется продолжительность строительства ВОЛП. Определяется количество механизированных колонн по прокладке ОК, количество бригад по монтажу и измерениям ОК и станционного оборудования, а также другим вспомогательным видам работ.

Имеющийся опыт строительства и эксплуатации ВОЛП показал, что успех гарантируется там, где есть высококвалифицированные кадры-оптики. Особенно это касается монтажа муфт и измерения ОК и линейных трактов, нахождения и устранения повреждений на ВОЛП. В связи с этим необходима весьма основательная специальная подготовка персонала, учитывающая особенность процессов в ОК на всех этапах строительства и эксплуатации.

8.2 Структурные схемы волоконно-оптических сетей

В зависимости от структурной организации сетей различного назначения, будь то: ЛВС или системы сбора и передачи информации, телевизионные или телефонные, предъявляемые к волоконно-оптическим линиям; связи требования не имеют существенных различий. Однако значительные различия предъявляются к оконечным преобразующим устройствам, кроме того, вводятся промежуточные регенераторы. По этой причине рассмотрим наиболее часто встречающиеся на практике структурные организации - топологии сетей.

По топологическим признакам сети делятся на следующие типы: произвольный, типа «дерево» (иерархической структуры), кольцевой (или цепочечной) конфигурации, конфигурации типа «общая шина», «звезда».

Наиболее простой метод построения сети - это непосредственное соединение всех устройств, которые должны взаимодействовать друг с другом посредством линии связи от устройств к устройству (Рис.8.1).

Каждая линия связи может использовать различные передачи и различные интерфейсы, выбор которых зависит от структуры и характеристик соединенных устройств (1, 2, 3, 4, 5 - рис.8.1). Такой способ соединения устройств вполне удовлетворителен для сетей, в которых ограничено число соединений. Основные преимущества данного метода заключается в необходимости соединений каждой с каждым на простом физическом уровне, где не требуется сложной программной реализации, в простоте структуры интерфейсов, не требуется уплотнение информации в каналах связи [21,27].

Недостатками данной структуры являются: высокая стоимость системы передачи данных; большое число используемых каналов (каждый абонент имеет столько каналов связи, со сколькими абонентами он желает соединиться); большая протяженность каналов связи между наиболее удаленными абонентами. Такая сеть относится к многоузловым сетям, обеспечивающим множество вариантов маршрутов.

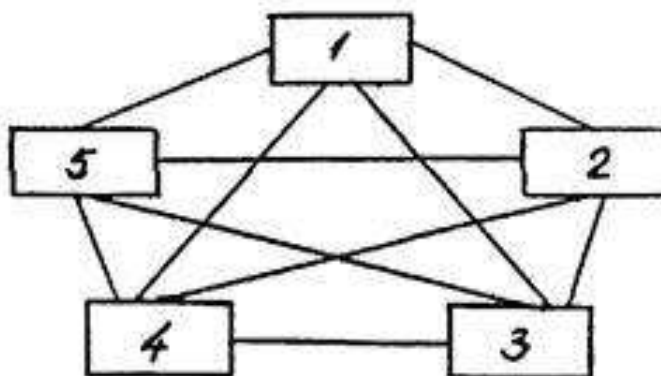


Рисунок 8.1 – Сеть произвольной конфигурации

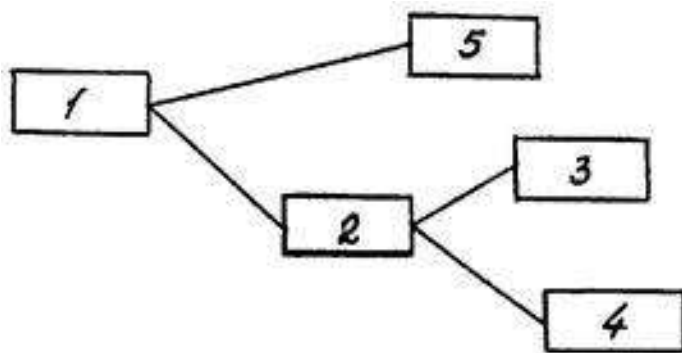


Рисунок 8.2 – Сеть конфигурации «звезда»

Другой распространенный способ соединения сети с наибольшим числом узлов - это иерархическая конфигурация типа «дерево».

Сеть «дерево» обычно используется в системах кабельного телевидения, системах сбора и передачи информации с технологических объектов, реже используется при создании ЛВС. Эти системы распределения должны от узла коммутации или источника информации по постоянно ветвящейся структуре с N-ым окончательным устройством и наоборот.

Преимущества данного метода в том, что высокая скорость взаимодействия абонентов, возможность выбора оптимального пути соединения. Недостатки заключаются в сложном программном обеспечении. Обычно этот метод соединения используется при малом числе абонентов.

В сетях конфигурации типа «звезда» (Рис. 8.2) конечные устройства соединены между собой через оптический разветвитель энергии типа «звезда» или подключены к узлу коммутации, который осуществляет необходимое распределение сообщений, или в сетях ЛВС типа EtherNet и ArcNet через активные или пассивные «хабы».

Достоинства: простота логической и программной структуры, простота соединения двух абонентов.

Недостаток: низкая эффективность использования каналов связи, большой расход кабеля.

Очень широкое применение нашла конфигурация сети в виде «общей шины» (Рис. 8.3).

Эта конфигурация использована в ЛВС типа EtherNet. До 100 ПЭВМ может содержаться на одной шине а-а, б-б, которые в сети EtherNet названы сегментом. Межсегментное соединение (4) служит репитером-повторителем и в случае волоконно-оптической связи сегменты могут быть разнесены на расстояния 3 - 5 км, при этом длина шины-сегмента не может быть больше 500 м. Удаленность ПЭВМ от кабеля сегмента 50 м. Сеть EtherNet относится к Novell сетям, поэтому она совместима с другими широко распространенными сетями типа ArcNet, TokenRing и следовательно могут быть объединены в единую сеть предприятия, учреждения, города.

Если в данной сети все абоненты ПЭВМ (рабочие станции), то все компоненты сети и программное обеспечение типовое, общедоступное.

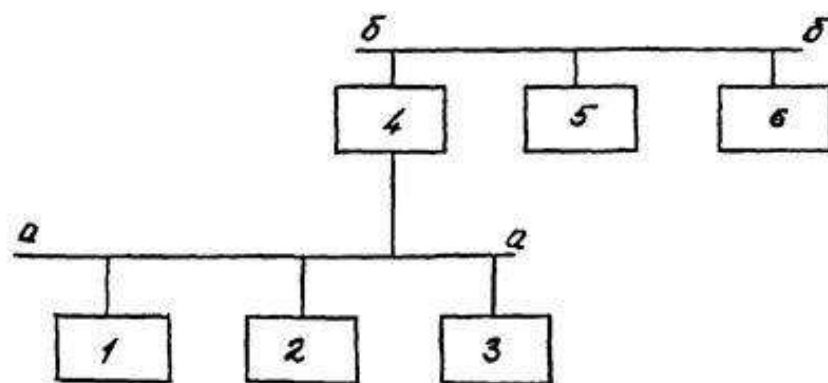


Рисунок 8.3 – Сеть конфигурации «общая шина»

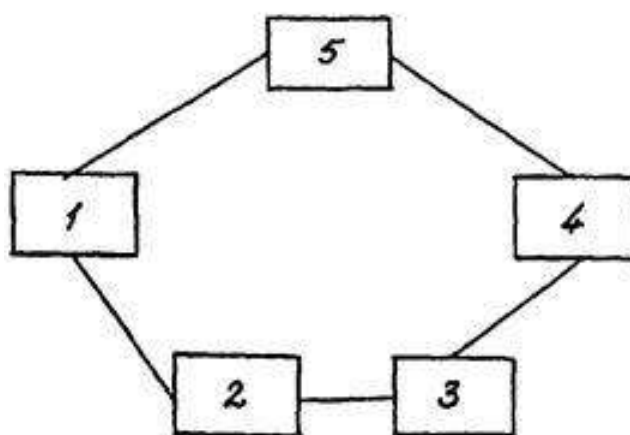


Рисунок 8.4 – Сеть конфигурации «кольцо»

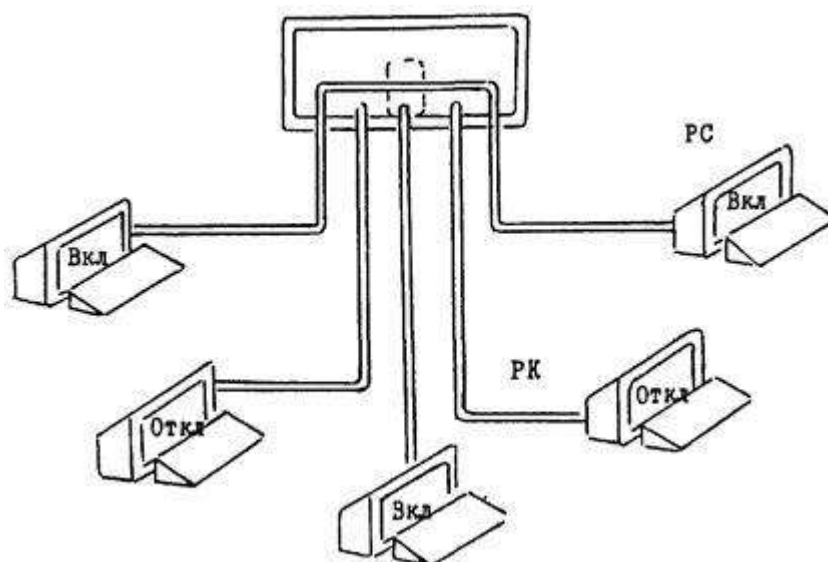


Рисунок 8.5 – Звезда-кольцо

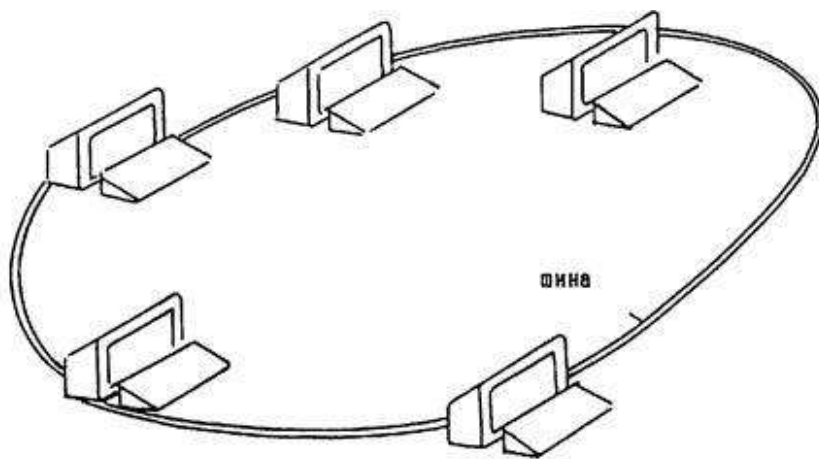


Рисунок 8.6 – Типичное кольцо

Кольцевая структура представляет собой замкнутое кольцо, соединяющее всех абонентов (Рис. 8.6).

Основными достоинствами такой сети является: простота расширения сети через добавление дополнительного числа модулей подключаемых, как в магистраль, так и к промежуточному модулю, простота методов управления; возможность в организации двунаправленной передачи данных; отсутствие необходимости в централизованном управлении, эта конфигурация использована в ЛВС типа Token Ring, которая организована путем присоединения кольца к кольцу, т.е. мультикольцевая сеть Token Ring. В каждом кольце содержится 6 ПЭВМ, число колец в разумном пределе неограничено. Сеть Token Ring в общем случае можно представить так [58,60].

На практике, как правило, используются комбинации из приведенных выше конфигураций сетей.

8.3 Составление и оформление технической документации согласно стандартам

Все эксплуатационные предприятия и их филиалы должны иметь основные нормативные документы по эксплуатации линейно-кабельных сооружений и вести производственную документацию с целью систематического анализа состояния линейно-кабельных сооружений, причин, характера и длительности повреждений и аварий, а также накопления необходимого статистического материала.

Перечень обязательной производственной документации, хранящейся на предприятии (филиале) и в структурных подразделениях определяется перечнем, утвержденным главным инженером предприятия (филиала). Производственная документация по эксплуатации линейно-кабельных сооружений подразделяется на нормативно-справочную, оперативно-техническую, техническую, приемосдаточную и организационную.

В состав нормативно-справочной документации входят: государственные и отраслевые стандарты предприятий, правила, инструкции,

положения, рекомендации, распорядительные документы, нормативно-технические и руководящие указания [49,50].

Оперативно-техническая документация составляется и ведется работниками эксплуатационных предприятий в процессе обслуживания линейно-кабельных сооружений.

В состав оперативно-технической документации входят:

- паспорта (планшеты) кабельных трасс;
- протоколы измерений электрических и оптических параметров кабелей связи;
- протоколы и журналы по измерениям параметров, характеризующие защиту кабелей от коррозии и внешних электромагнитных влияний;
- протоколы и журналы проверки системы содержания кабелей под избыточным воздушным давлением;
- паспорта заземляющих устройств;
- протоколы измерений заземляющих устройств;
- документация по охранно-предупредительной работе;
- акты повреждений и аварий на линейно-кабельных сооружениях;
- статистическая документация по эксплуатации линейно-кабельных сооружений.

В состав технической документации входят: паспорта, формуляры, технические описания на оборудование, механизмы, приборы, паспорта (сертификаты) на кабельные изделия.

На все кабели и кабельные сооружения составляют техническую документацию, в которой отражают необходимые данные для эксплуатации кабельных линий и сетей. При составлении технической документации следует пользоваться только установленными условными обозначениями.

В состав приемосдаточной документации входит документация, предъявляемая строительными организациями при сдаче в эксплуатацию вновь построенных или реконструированных линейно-кабельных сооружений.

К организационной документации относятся:

- положения о службах (отделах) и структурных подразделениях (ЦЛКС, ЛТЦ);
- должностные инструкции работников;
- приказы и распоряжения по предприятию по эксплуатации ЛКС;
- планы и отчеты о их выполнении;
- журналы учета и планы проведения технической учебы;
- документация по охране труда и технике безопасности, другая организационная документация [25].

Конкретные формы документации, порядок их заполнения и хранения определяются соответствующими Инструкциями и приказами по предприятию.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАДАНИЯ

1. Произвести монтаж медных кабелей.
2. Произвести монтаж муфт.
3. Произвести монтаж оконечных устройств.
4. Определить виды повреждений медного кабеля.
5. Устранить повреждения медного кабеля.
6. Произвести тестовые проверки по обнаружению неисправностей.
7. Изобразите механическую характеристику асинхронного двигателя с фазным ротором.
8. В каких случаях в схемах выпрямителей используется параллельное включение диодов?
9. Измерительный трансформатор тока имеет обмотки с числом витков $w_1 = 2$ и $w_2 = 100$. Определить его коэффициент трансформации.
10. Проектирование линейных сооружений на магистральных сетях по выбранной трассе и его технико-экономическое обоснование.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

1. Виды повреждений кабелей и способы их выявления.
2. Методы проверки кабелей на обрыв.
3. Способы прокладки кабелей
4. Способы прокладки проводов и тросов с применением машин и механизмов.
5. Прокладка кабелей в траншеях.
6. Оборудование кабельных опор.
7. Установка распределительных коробок.
8. Установка распределительных боксов.
9. Установка распределительных шкафов.
10. Установка распределительных кабельных ящиков и защитных полос.
11. Кроссировка абонентов в шкафах и кроссах.
12. Ввод кабеля в здание.
13. Схемы кабельных линий связи.
14. Организацию и технологию выполнения работ по прокладке кабелей в земле и кабельной канализации.
15. Правила применения машин и механизмов для прокладки кабелей.
16. Разбивка трассы для прокладки кабелей.
17. Механизированная прокладка междугородных и городских кабелей.
18. Прокладка кабелей через водные преграды.
19. Подвеска кабелей массой свыше 2 кг на канатах.
20. Основные функции монтажника оборудования связи.
21. Измерения на кабельных линиях связи.
22. Виды материалов и конструкций, применяемых для крепления кабелей и проводов.
23. Способы крепления и защиты кабелей от механических повреждений
24. Правила прокладки и крепления кабелей с применением механизированного инструмента.
25. К линейно-кабельным сооружениям относятся...

КРАТКИЕ ВЫВОДЫ

В результате изучения модуля обучающиеся осваивают: определять виды неисправности оптического кабеля с помощью приборов, определять нормы и значений измерения и технику безопасности при измерениях оптического кабеля.

При изучении модуля обучающиеся учатся пользоваться с рефлектометром, с передатчиком и приемником, различать виды измерительных приборов для кабеля и выполнять работы по настройке приборов.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Портнов Э. Л., Зубилевич А. Л. Электрические кабели связи и их монтаж; Машиностроение - Москва, 2010.
2. Портнов, Э.Л. Оптические кабели связи: Конструкции и характеристики; Горячая линия - Телеком - М., 2008.
3. Рассел Джесси Кабель-канал; VSD - М., 2013.
4. Рассел Джесси Коаксиальный кабель; VSD - М., 2012.
5. Семейкин Андрей Справочник снабженца. Выпуск 64. Кабели. Провода. Шнуры. Заводы-изготовители; Торговый Дом Металлов, ЛТД – М., 2007.
6. ред. Кузнецов, В.Ю.; Крехова, О.В. Кабели, провода, материалы для кабельной индустрии - 2006: Технический справочник; Нефть и Газ; Издание 3-е, перераб. и доп. - М., 2012.
7. <http://podvi.ru/elektrotexnika/izmerenie-elektricheskogo-toka-2.html>
8. <https://elektro-montagnik.ru/>

ГЛОССАРИЙ

Антенный изолятор – изолятор, используемый в конструкциях антенн, предназначенный для изоляции полотна антенны от оттяжек, других проводящей поверхности и различных целей изоляции.

АПЧ (автоматическая подстройка частоты) – данная функция автоматически настраивает приемник на центральную частоту сигнала и удерживает ее.

Антенный переключатель – устройство для переключения антенны или антенной системы между входом приемника и выходом передатчика, часто используется в радиостанциях, работающих в симплексном режиме связи.

Аналого-цифровой преобразователь – устройство для автоматического преобразования аналоговых сигналов (например, напряжение или ток) в эквивалентные им дискретные сигналы, представленные цифровым кодом (например, двоичным или двоично-десятичным).

Антенный переключатель – устройство для переключения антенны или антенной системы между входом приемника и выходом передатчика, часто используется в радиостанциях, работающих в симплексном режиме связи.

Анализатор спектра – прибор для анализа спектра электрических сигналов.

Амплитуда – наибольшее значение напряжения, тока или другой величины, совершающей гармонические колебания.

Антенно-фидерный тракт – линия передачи/приёма совместно с антенной.

Амплитудная модуляция (АМ) – модуляция, при которой незатухающие колебания изменяются по амплитуде в соответствии с модулирующими его колебаниями более низкой частоты.

Бандажная проволока – витки проволоки, скрепляющие элементы кабеля местной связи.

ВЧ – сокращенное обозначение высокочастотный. Может использоваться к любым параметрам, определяющим высокочастотные колебания - к току, напряжению, частоте и их производным - сопротивлению, мощности и периоду.

Выпрямитель – электрическое устройство для преобразования переменного электрического тока в постоянный.

Гармонические колебания – в радиотехнике периодические колебания электрического тока или напряжения по закону синуса или косинуса.

Грозозащита – комплекс мер, принятых радиолюбителем для устранения поражения человека и выхода из строя аппаратуры при попадании в антенну молнии.

Генератор – электротехническое или радиотехническое устройство, создающее электроэнергию. В радиотехнике под генератором понимают

некоторое устройство, обеспечивающее формирование переменных колебаний с заданными параметрами.

Гидрофобный наполнитель – водоотталкивающий компаунд, предназначенный для заполнения свободного объема сердечника кабеля местной связи.

Демонтаж муфты кабеля местной связи – вскрытие муфты кабеля местной связи, сопровождаемое рассоединением всех или некоторых элементов кабеля местной связи.

Дуплексная связь – процесс двухсторонней связи между двумя абонентами с одновременной передачей сообщений в обоих направлениях.

Затухание в кабеле – потери сигнала в кабеле на единицу длины, зависит от типа кабеля и от частоты сигнала. Выражаются в дБ.

Измерительный генератор – прибор для создания электрических колебаний различной заранее определенной формы и частоты при определенных значениях мощности, напряжения или/и тока.

Кабельная воронка – устройство, предназначенное для соединения однопарного кабеля местной связи с проводами воздушной линии местной телефонной сети.

Изолирующая гильза – пластмассовая или бумажная трубка, изолирующая сросток токопроводящих жил кабеля местной связи.

Кабельный чулок – устройство, надеваемое на кабель местной связи, предназначенное для затягивания кабеля в трубопровод кабельной канализации.

Коэффициент затухания (ослабления) – название коэффициента передачи, если устройство ослабляет сигнал.

Компаратор – устройство, предназначенное для сравнения электрической величины с эталонным значением.

Коаксиальный фильтр – электрический фильтр, состоящий из отрезков коаксиальных линий. Применяется для селекции сигнала в дециметровом и сантиметровом диапазонах волн.

Линия связи – совокупность технических устройств и физической среды, обеспечивающих передачу сообщения от передатчика к приемнику.

Лотковая кабельная канализация – подземный, полуподземный или надземный лоток кабельной канализации с перекрытием.

Микросборка - блок радиоэлектронной аппаратуры в микроминиатюрном исполнении, реализующий, как правило, какую-либо определенную функцию.

Опорный изолятор – изолятор, на котором установлена несимметричная вертикальная (штыревая) антенна. Радиолюбители используют как готовые опорные изоляторы от профессиональных КВ-антенн, так и изготавливают их самостоятельно.

Ограничитель – устройство, обеспечивающее постоянство уровня выходного напряжения или тока при значениях, выходящих за пределы порога ограничения.

Пролет кабельной канализации – расстояние между двумя соседними колодцами кабельной канализации.

Подвижная радиосвязь – радиосвязь между стационарной и подвижными радиостанциями либо только между подвижными радиостанциями. К подвижной радиосвязи относятся транковая и сотовая радиосвязь, связь подвижных станций через ретрансляторы, связь любых подвижных радиостанций между собой.

Режим короткого замыкания (К.З.) – режим, при котором нагрузка имеет нулевое сопротивление, то есть, цепь замкнута.

Смеситель – в радиотехнике – узел преобразователя частоты, в котором колебания высокой частоты взаимодействуют (смешиваются) с колебаниями от вспомогательного генератора (гетеродина).

Скращивание линейных проводов – периодическое изменение взаимного расположения линейных проводов.

Сращивание линейных проводов – соединение концов линейных проводов.

Транкинг – метод доступа абонентов к общему выделенному пучку каналов, при котором свободный канал выделяется абоненту на время сеанса связи.

Индикаторный газ – газ, нагнетаемый в негерметичный кабель местной связи и фиксируемый в месте негерметичности оболочки.

Умножитель частоты – электронное устройство, увеличивающее частоту подводимых к нему периодических электрических колебаний в целое число раз.

Чувствительность – изменение на выходе прибора, вызванное единичным изменением на его входе.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы стандартизации, метрологии, сертификации и менеджмента качества. Учебное пособие. – Алматы: Казахстанская ассоциация маркетинга, 2003г.
2. Крылова Г.Д. Основы стандартизации, сертификации метрологии: Учебник для вузов.- 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 1999г.
3. Елкин, В.В. Инженерная графика: Учебник / В.В. Елкин, В.Т. Тозик. - М.: Academia, 2018г.
7. Григорьев С.Г., Гриншкун В.В., Кузнецов А.А. Образовательные электронные издания и ресурсы: Методическое пособие. М.: Дрофа, – 2009г.
8. Киселев Г.М., Бочкова Р.В. Информационные технологии в педагогическом образовании. – М., 2012г.
9. Физика.к.т.н. К.А. Хайдаров –URL <http://bourabai.kz/itogi 2015г>.
(дата обращения (18.07.2020)).
10. О.В.Родина., Волоконно-оптические линии связи Москва 2016г с.91
11. Г.Бойко,В. Эйрих., Волоконно-оптические системы передачи связи Астана 2017г.
12. Кемельбеков Б.Ж. ,Техническая эксплуатация ВОЛС Алматы 2017г. с.146
13. Кемельбеков Б.Ж., Хан В.А., Мышкин В.Ф..Том 1.Волоконно оптические кабели, Издательство НТЛ, Москва 1999г.
14. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В., Оптические волокна для линии связи. – М.: ЛЕСАРпт, 2003. – 288 с.
15. Убайдуллаев Р.Р., Волоконно-оптические сети. – М.: Эко-Трендз, 2-е стереотипное изд. 2002. – 269 с.
16. Андрушко Л.М. и др., Волоконно-оптические линии связи: Учебное пособие для вузов– М.: Радио и связь,2000г.
17. Кемельбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В.А., Современные проблемы волоконно-оптических линии связи. Том 2. Источники излучения и передающие оптоэлектронные модули. – Томск: Издательство НТЛ, 2001г.
18. Кемелбеков Б.Ж., Мышкин В.Ф., Хан В. А., Приемники и приемные модули. Современные проблемы волоконно-оптических линий связи. М.; 2000г.
19. Иволгин В.Б., Коханенко А.П. Волоконно-оптические линии связи: эффективность ввода оптического излучения в волокно: Учебно-методическое пособие. Томск: ТГУ, 2002. 49 с.
- 20.Мельничук В.П., Тарасенко М.И., Транспортная связь М.: Транспорт 1999г. с 391
- 21.М.М. Бутусов, С.М. Верник и др. Волоконно-оптические системы передачи. Москва: Радио и Связь, 1992г.

- 22.И.И. Гроднев, С.М. Верник. Линии связи. Москва: Радио и Связь, 1988г.
- 23.И.И. Гроднев. Волоконно-оптические линии связи. Москва: Радио и Связь, 1990г.
- 24.Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства. Часть II. Под редакцией Староверова А.Н. Издание 3.
- 25.Охрана труда на предприятиях связи. Под редакцией Н.И. Баклашова. Москва: Радио и Связь, 1985г.
- 26.Виноградов В.В.,Кузьмин В. И.,ГончаровЛинии автоматики, телемеханики и связи на ж.д.транспорте М.;Транспорт,1990г.
27. Иволгин В.Б., Коханенко А.П. Волоконно-оптические линии связи: измерение параметров оптических волокон: Учебное пособие. Томск: ТГУ, 2001. 30 с.
28. Иволгин В.Б., Коханенко А.П., Деркач В.К., Четвериков Ю.С. Волоконно-оптические линии связи: методы соединения оптических волокон: Учебное пособие. Томск: ТГУ, 2002. 33 с.
- 29.Виноградов В.В Кустышев С.Е Линии связи Москва: Маршрут 2002г.
30. Портнов.Э.Л., Оптические кабели связи, Москва:Горячая линия телеком 2002г.
31. Астедов Л.А Электротехника Москва.2004г.
32. Гуркин А.Н Электротехника М.Транспорт2004г.
33. Прянишков В.А., Электроника, Корона Принт 2000. 1982г.
34. Бурков.А.Т., Электронная техника и преобразователи, Транспорт Москва, 1999г.
- 35.О. К. Складов. Волоконно-оптические сети и системы связи 2010г.
36. Виноградов В.В., Котов В.К., Нуприк В.Н. Волоконно-оптические линии связи: Учебное пособие 2002г.
37. О.К. Складов - Волоконно оптические сети и системы связи: Учебное пособие. (2-е издание, 2010)
- 38.<https://steklorgopt.ru/vannaya-i-tualet/opticheskoe-volokno-i-optovolonny-internet-cto-eto-i-kak/>
- 39.https://pstu.ru/files/file/Kaf_eagp/8.pdf
40. Фриман Р. Волоконно-оптические системы связи, Техносфера 2003г.
41. Горлов, Н.И. Волоконно-оптические линии передачи. Методы и средства измерения их параметров. Новосибирск: «ВЕДИ», 2005.-350 с.
- 42.Крук Б.И., Попантопуло, В.Н, Шувало, В.В.Телекоммуникационные системы и сети.- Новосибирск: «Наука», 2004.-540 с.
43. Пескова, С.А. Сети и телекоммуникации. - М.: Издательский центр «Академия», 2008.-352 с.
44. Портнов, Э.Л.Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконнооптических линий связи: учеб. пособие для вузов -М.: Горячая Линия - Телеком., 2007.-380 с.

45. Берлин, А.Н. Коммутация в системах и сетях связи. Учебник:– М.: Эко-Трендз, 2006.-350с.
46. Росляков, А.В. Оконечное оборудование сети ISDN: Учебное пособие для вузов – М.: Горячая линия – Телеком, 2008.-200с.
47. Хамадулин, Э. Ф. Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах : Учебное пособие для вузов – М.: Юрайт-Издат, 2009.-300с.
- 48.<http://electricalschool.info/main/ekspluat/1561-kak-vypolnjaetsja-proverka-izoljicii.html>
- 49.<https://elektromontagnik.ru/?address=labs/lab13/&page=page1#hcq=8nNxQ5s>
50. <http://bourabai.kz/physics/transistor.html>
51. <http://window.edu.ru/resource/245/19245/files/metod556.pdf>
52. http://algrebs.narod.ru/MPT_OSS/Lecture1.pdf
53. <https://siblec.ru/telekommunikatsii/vvedenie-v-spetsialnost>
54. https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/9039/pp_pribor.pdf
55. http://libr.aues.kz/facultet/frts/kaf_tks/2/umm/tks_3.htm
56. <http://izmer-ls.ru/me1.html>
57. <https://www.vionet.ru/stati/Povrezhdeniya-izolyatsii-linij-svyazi/>
58. <https://elektro-montagnik.ru/>
59. http://ivatv.narod.ru/vvedenie_v_elektroniku/6_01.htm
60. https://rza.org.ua/rza/read/Obshchie-pravila-vipolneniya-shem_199.html