

Г.С.Джобалаева, Р.А.Кенесбаева,
И.Ж.Ербаева

Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания.

ТЕХНИК

Учебное пособие



ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАНИЕ

Г.С. Джобалаева, Р.А.Кенесбаева, И.Ж.Ераева

**Эксплуатация линейных сооружений
электросвязи и
проводного вещания.**

ТЕХНИК



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

Д42

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»

Д42 Специальность «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания» квалификация «Техник» /Г. С. Джобалаева, Р. А. Кенесбаева, И. Ж. Ераева – Нур-Султан: некоммерческое акционерное общество «Talar», 2020 г. – 300 с.

ISBN978-601-350-087-4

Данное учебное пособие составлено в соответствии с обновленным типовым учебным планом и программой по специальности 1307000 «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания» квалификация «130705 3Техник».

В первой части учебного пособия рассмотрены принципы работы выпрямляющих устройств, трансформаторов, стабилизаторов с электронными приборами с использованием источников электропитания. Анализируется многоканальное распределение при создании линий связи, диагностике и регулировке медных и оптических оболочек, выполнении монтажных работ на электропитании связи, выполнении планово-предупредительных и восстановительных работ в аварийных ситуациях. В каждом разделе пособия приводятся контрольные вопросы, практические работы, иллюстрированные таблицами, рисунками.

Пособие предназначено для организации теоретических и практических занятий для обучающихся организаций технического и профессионального образования, а также преподавателей специальных дисциплин и мастеров производственного обучения.

УДК 621.39 (075.32)

ББК 32.88 я722

ISBN 978-601-350-087-4

© НАО «Talar», 2020

Переведено ТОО “BBP Company”

СОДЕРЖАНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ	5
РАЗДЕЛ 1. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ПРИБОРАМИ, ТРАНСФОРМАТОРАМИ, СТАБИЛИЗАТОРАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ	7
1.1 Электроника и чертежная техника	9
1.1.1 Основные законы электрического поля	9
1.2 Электронные схемы и усилители	22
1.2.1 Полупроводниковые диоды и транзисторы	22
1.2.2 Виды и принципы работы усилителей	29
1.3 Основные принципы построения устройств электропитания	36
1.3.1 Назначение и работа преобразователей напряжения, генераторов, устройств бесперебойного электропитания	36
1.3.2 Принцип работы выпрямителя напряжения, схемы преобразования	39
1.4 Обслуживание устройств электропитания	43
1.4.1 Системы электропитания предприятий связи	43
1.4.2 Организация бесперебойного электропитания	49
РАЗДЕЛ 2. РЕГУЛИРОВКА И НАСТРОЙКА БЛОКОВ ОБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ	61
2.1 Обслуживание кабелей при избыточном давлении воздуха	63
2.1.1 Работа газоанализатора	69
2.1.2 Устройство и работа компрессорно-сигнального устройства	74
2.1.3 Определение места повреждения кабеля избыточным давлением	76
2.1.4 Техника безопасности, соблюдаемая при обслуживании кабелей под избыточным давлением воздуха	80
2.2 Замена узлов оборудования	80
2.2.1 Работа основных узлов оборудования связи	80
2.2.2 Работы по монтажу и демонтажу узлов оборудования	85
2.2.3 Техника безопасности при проведении работ по наладке блоков и узлов оборудования	97
2.3 Обслуживание оборудования электропитания	99
2.3.1 Устройство связанного электропитания и обслуживание узлов электропитания	99
2.3.2 Эксплуатация и техническое обслуживание оборудования связи	106
2.3.3 Техника безопасности при проведении работ по электропитанию	109
РАЗДЕЛ 3. ДИАГНОСТИКА И РЕГУЛИРОВКА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА ДЛЯ МЕДНОГО И ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ	119
3.1 Работы по тестированию измерительного оборудования для медного кабеля	120
3.1.1 Методы и устройства испытаний линий связи	120
3.1.2 Испытание измерительных приборов	125

3.1.3 Работы по регулировке параметров и переключению контрольно – измерительных приборов	131
3.2 Комплекс измерения медного кабеля	141
3.2.1 Набор тестовых измерений	141
3.2.2 Диагностика типа неисправности медного кабеля	150
3.2.3 Техника безопасности при проведении измерений медного кабеля	158
3.3 Работы по тестированию оборудования оптического кабелеизмерения	165
3.3.1 Неисправности оптического кабеля и периферийного устройства	165
3.3.2 Диагностика и ремонт сбоев в волоконной оптике	171
РАЗДЕЛ 4. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО МОНТАЖУ СВЯЗАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ	188
4.1 Функциональная схема электроснабжения	190
4.1.1 Система электроснабжения для предприятий связи	190
4.1.2 Основное оборудование электроснабжения и их работа	201
4.1.3 Выпрямители	210
4.2 Структурные, функциональные и принципиальные схемы аппаратуры станции	225
4.2.1 Аппаратура станций проводного вещания в соответствии с правилами технической эксплуатации	225
4.2.2 Отыскание и устранение повреждений в каналах связи	230
РАЗДЕЛ 5. ВЫПОЛНЕНИЕ ПЛАНОВО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ, АВАРИЙНО - ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	256
5.1 Классификация типов повреждений оптических кабелей	258
5.1.1 Планово-профилактические работы на линиях кабелей связи	258
5.2 Технология выполнения профилактических работ	260
5.3 Анализ результатов измерений электрических и оптических параметров конструкции сетевого кабеля	261
5.4 Технология проведения аварийно - восстановительных работ	262
5.5 Технические требования к элементам ВОКВ	269
5.6 Методика контроля затухания ростков оптического волокна при монтаже стационарной кабельной вставки	280
5.7 Преддипломная практика и дипломная работа	282
ГЛОССАРИЙ	295
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	299

ПРЕДИСЛОВИЕ

Появление телеграфа послужило толчком к появлению телефона. С 1837 года многие изобретатели пытались передать человеческую речь на расстояние с помощью электричества. В 1876 году американский изобретатель А. Г. Белл запатентовал устройство для проводной телефонной речи. Для улучшения качества связи необходимо было строительство специальных двухпроводных телефонных линий, построенных в 1898 г. профессором П. Д. Войнаровским. Вклад в совершенствование телефона внес русский физик П. М. Голубицкий, который в 1886 г. разработал новую схему телефонной связи, согласно которой микрофоны телефонных аппаратов получали питание от одной (центральной) батареи, расположенной на телефонной станции.

В конце прошлого века земля соединяла города и континенты проводами и кабелями. Однако проводная связь не могла удовлетворить быстро растущие потребности промышленности, транспорта и особенно судоходства. Первая демонстрация устройства А. С. Попова для приема электромагнитных волн состоялась 7 мая 1895 г., а в марте 1896 г. А. С. Попов электросигналами дал текст из двух слов на расстояние 250 м без проводов.

В 1922 году в Москве была построена первая в мире радиовещательная станция мощностью 12 кВт. В 1935 году запущена ультракоротковолновая радиосеть протяженностью 150 км. Чтобы покрыть это расстояние, были построены две промежуточные «релейные» станции, которые принимали ослабленные радиоволны через 50 и 100 км, «заменяя» их новыми и отправляя дальше. В 1947 году появилось предупреждение о системе, разработанной компанией «Белл» с ИКМ. В 1962 году была введена в эксплуатацию первая коммерческая система передачи ИКМ-24. В 1960 году в Америке был создан первый в мире лазер. Это советские ученые В. А. Фабрикант, Н. Г. Басов и А. М. Прохоров стали возможны после работ американского ученого Ч. Таунса, получившего Нобелевскую премию. В 1970 году в американской фирме «Corning Glass Company» было получено очень чистое стекло. Это позволило создавать и внедрять оптические кабели связи повсюду. В последующие годы связь развивалась путем цифровизации всех видов информации.

Основой казахстанских телекоммуникаций является единая сеть телекоммуникаций, объединяющая все электрические сети связи, расположенные на территории Казахстана [2].

Современное развитие сети связи Казахстана в рамках ее модернизации определяется как переходом к современным средствам связи, так и сменой поколений средств электросвязи, характерных для развития мировой сети связи. Основной целью отрасли связи всегда была передача и распространение информации. В результате процесса интеграции связи и информационных технологий отрасль стала способна оказывать прямые

информационные услуги, создавая современную информационно-телекоммуникационную инфраструктуру общества-инфокоммуникацию.

Количественный рост инфокоммуникаций на рубеже веков настолько интенсивен, что переход от индустриального общества к принципиально новому уровню социально-экономического развития определяется жесткими требованиями современной научно-технической революции и рыночной экономики. Речь идет о формировании информационного общества и информационной экономики, которые получили определенное развитие в развитых странах.

В данном учебном пособии рассматриваются основные вопросы проектирования направляющих линий электросвязи, регулируемых действующей нормативно-технической документацией. Даются практические рекомендации по выбору транспортных технологий, указаны требования к видам оптических волокон, применяемых в трансконтинентальных, региональных, городских сетях связи, а также в сетях доступа и др. Описана методика инженерного расчета параметров линейного тракта, в том числе спектрального распределения каналов. При кабельной кталовке, грунте, прокладке кабелей связи предусматриваются технологические особенности прокладки направляющих систем электросвязи, а также монтажные работы и замеры, проводимые при строительстве. Изложены основные положения по технической эксплуатации, аварийно-восстановительным работам и обеспечению надежности работы направляющих систем электросвязи. Общие принципы проектирования строительства и эксплуатации кабельных линий с металлическими жилами, а также принципы построения конструктивных кабельных систем, их проектирование, строительство и эксплуатация.

Современные учебно-методические комплексы состоят из традиционных и инновационных учебных материалов, прокладывающих путь для обучения общеобразовательным и общим дисциплинам и профессиональным модулям. Каждый комплекс включает в себя учебники и учебные пособия, средства обучения и контроля, необходимые для овладения общими и профессиональными компетенциями, в том числе с учетом требований работодателя.

РАЗДЕЛ 1. ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ С ЭЛЕКТРОННЫМИ ПРИБОРАМИ, ТРАНСФОРМАТОРАМИ, СТАБИЛИЗАТОРАМИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ



Введение

Источники питания являются неотъемлемой частью радиотехники, электроники и телекоммуникаций. Несмотря на свою специализацию, специалист в этой области должен не только выбирать, но и проектировать такие устройства радиотехники, электроники и телекоммуникаций (РЭТ), как источники стабилизации электроэнергии и их функциональные звенья (стабилизаторы напряжения и тока, преобразователи напряжения и частоты и др.). Изучение различных устройств, служащих для обеспечения функционирования функциональных звеньев системы, решающих задачи, и составляющих содержание данного раздела. Этот раздел основан на законах электрического поля, достижениях электроники, моделях электротехнических изделий и устройств, а также методах анализа электрических и электронных схем. Основные понятия и определения устройств и систем электропитания и требования к ним.

Цели обучения:

- ✓ Решение стандартных и простых однотипных практических задач;
- ✓ Умение пользоваться инструментом и оборудованием;
- ✓ Проверка и подготовка к работе средств и предметов труда;
- ✓ Управление механизмами, электронным оборудованием, транспортными средствами;
- ✓ Навыками монтажа, регулировки и наладки оборудования;
- ✓ Выявление причин неисправностей приборов и оборудования;
- ✓ Проведение профилактических осмотров приборов и оборудования;
- ✓ Устранение неполадок;
- ✓ Корректировка деятельности с учетом полученных результатов.

По окончании данного модуля обучающиеся осваивают:

- ✓ Физические принципы работы современных полупроводниковых, оптоэлектронных приборов и интегральных систем;
- ✓ основные характеристики и параметры электронных приборов и микросхем;
- ✓ принцип построения схем и анализ работы преобразователей напряжения, стабилизаторов, устройств бесперебойного электропитания, токораспределительных сетей и устройств, химических источников электроэнергии и выпрямительных устройств, применяемых на предприятиях связи;
- ✓ предприятия связи основные источники электроэнергии, устройства электропитания, применение трансформаторов в схемах электропитания.
- ✓ выполнение расчетов диодов, параметров биполярных и полевых транзисторов;
- ✓ определение параметров модулей полупроводниковых приборов;
- ✓ правила составления структур и схем электронных усилителей;
- ✓ принцип схемотехники электронных приборов;

- ✓ определение коэффициента полезного действия устройств электропитания;
- ✓ владение навыками технического обслуживания устройств электропитания предприятий связи;
- ✓ владение навыками расчета установки электропитания.

Предварительные требования:

Перед изучением данного модуля обучающемуся рекомендуется успешно завершить обучение по базовым модулям и профессиональным модулям квалификации «130705 3- Техник» в соответствии с Типовым учебным планом специальности «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

1.1 Электроника и чертежная техника

1.1.1 Основные законы электрического поля

Электродинамика – это наука о закономерностях и свойствах природы особого вида материи – электромагнитного поля, изучающая взаимодействие между электрически заряженными телами или частицами.

Существует четыре типа фундаментальных взаимодействий, открытых (известных) в науке: гравитационное, электромагнитное, сильное (ядерное) и слабое (вызывающее изменение элементарных частиц). Среди них самыми разнообразными и распространенными являются электромагнитные силы – силы изгиба, трения, силы наших мышц и другие [1].

Электростатика относится к разделу электродинамики, который изучает электрически заряженные тела в покое. Электрический заряд (количество электричества) q – величина, определяющая свойства тела или электромагнитное взаимодействие частиц и интенсивность такого взаимодействия. Существует два вида электрического заряда, условно называемых *положительным* и *отрицательным*. Тела с одноименным зарядом отталкиваются друг от друга, а тела с каждым одноименным зарядом-притягиваются. Носителями электрических зарядов являются *элементарные частицы и античастицы*.

Например, протон и антипротон, электрон и позитрон. Масса античастиц равна массе соответствующих частиц и имеет отрицательный электрический заряд. Частицы подвергаются аннигиляции (взаимному удалению) в сочетании с античастицами. При этом по формуле Эйнштейна масса преобразуется в энергию $E=mc^2$, где E -энергия, m -масса частицы, c -скорость света (подробнее об этом вы узнаете из курса 11 класса). Существуют частицы, которые не несут никакого электрического заряда, такие как нейтрон, нейтрино. Но *без частицы не может быть электрического заряда*. Электрический заряд дискретен: существует наименьший элементарный электрический заряд, который разделяет все электрические заряды тела на целые части. В нормальных условиях тело

находится в электрическом нейтральном состоянии, так как число электронов в атоме любого вещества равно числу протонов в ядре, а сумма зарядов тела равна нулю.

Электризацией называют способность тел в результате этого процесса обладать электрическим зарядом и участвовать в электромагнитных взаимодействиях. Электризацией тела называют перераспределение электрических зарядов в теле, т. е. электризация зарядов *не происходит*, а лишь расщепляется и перераспределяется между телами.

Электрификация подразделяется на следующие виды:

- Электрификация под действием электропроводности.
- Трение электрификация.
- Электризация через воздействие.

При электризации тела выполняется закон сохранения электрического заряда: в замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной. Система называется замкнутой, если заряженные частицы не выходят из нее наружу и не проникают в нее извне.

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const} \quad (1.1)$$

Заряженные по закону сохранения заряда, состоящие из одного положительного и одного отрицательного зарядов, частицы возникают и теряются только в двойственности, например, протон и антипротон, электрон и позитрон [1].

Закон Кулона-основной закон электростатики

Если расстояние между телами в несколько раз превышает их размеры, то ни форма, ни размеры заряженных тел не оказывают существенного влияния на их взаимодействие. В этом случае эти тела можно рассматривать как точечные тела.

Закон взаимодействия между успокоенными точечными зарядами (рис. 1.1) экспериментально определен Шарлем Кулоном в 1785 г. и носит его имя.

Закон Кулона: сила взаимодействия двух неподвижных заряженных точечных тел в пустоте F (сила кулона) прямо пропорциональна произведению модулей зарядов q_1 и q_2 и обратно пропорциональна квадрату их взаимных расстояний r .

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \quad (1.2)$$

Где k —коэффициент пропорциональности, численное значение которого равно силе взаимодействия единичных зарядов на расстоянии, равном единичной длине.

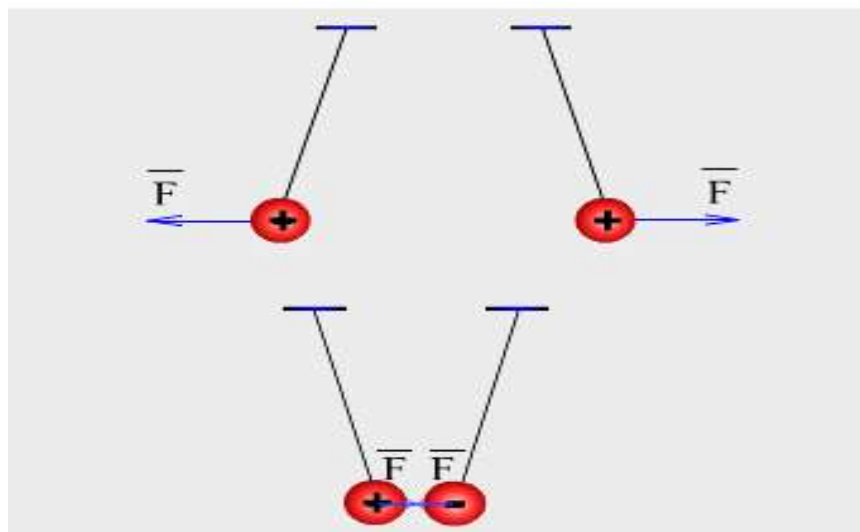


Рис.1.1.Точечные заряды

к запись в следующем виде коэффициента, принятого

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}, \quad (1.3)$$

где ϵ_0 - электрическая постоянная, по системе СИ равна:

$$\epsilon_0 = \frac{1}{4\pi k} = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2 / (\text{Н} \cdot \text{м}^2).$$

Коэффициент k выражается следующим образом по записи в единице СИ:

$$k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$$

Наименьший заряд, существующий в природе, - это заряд элементарных частиц. В единице СИ модуль этого заряда равен:

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

Напряженность электрического поля

Великий английский ученый Майкл Фарадей утверждает, что электрические заряды не оказывают прямого воздействия друг на друга. Каждый из них создает электрическое поле в окружающей среде. Поле одного заряда влияет на другой заряд, и наоборот. По мере удаления от заряда поле уменьшается[2].

Другой ученый – Джеймс Клерк Максвелл – теоретически доказал, что электромагнитное взаимодействие распространяется в пространстве с конечными скоростями. Распределение электромагнитного воздействия Максвелла равно скорости света в пустоте, т. е. 300000 км/ч.

Основным свойством электромагнитного поля является его воздействие какой-либо силой на заряды света. Электрическое поле неподвижных зарядов называется электростатическим. Он образуется только от электрических зарядов и не изменяется во времени. Электрическое поле существует в окружающем пространстве с этими зарядами и находится в непрерывном контакте с ним.

Напряженность электрического поля-это векторная величина, характеризующая электрическое поле в данной точке \vec{E} , и она равна отношению силы \vec{F} , действующей на точечный заряд, находящийся в данной точке поля, к величине заряда q :

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}. \quad (1.4)$$

Направление вектора \vec{E} направлено на силу, действующую на положительный заряд, и обратное направлению силы, действующей на отрицательный заряд.

Напряженность - это силовая характеристика электрического поля. Сила, действующая со стороны электрического поля, равна:

$$\vec{F} = q \cdot \vec{E} \quad (1.5)$$

Если электрическое поле имеет одинаковую напряженность во всех точках, оно называется однородным.

Под линиями напряженности или силовыми линиями электрического поля он говорит линии, совпадающие (совпадающие) с направлением вектора напряженности косвенного поля в каждой точке линий.

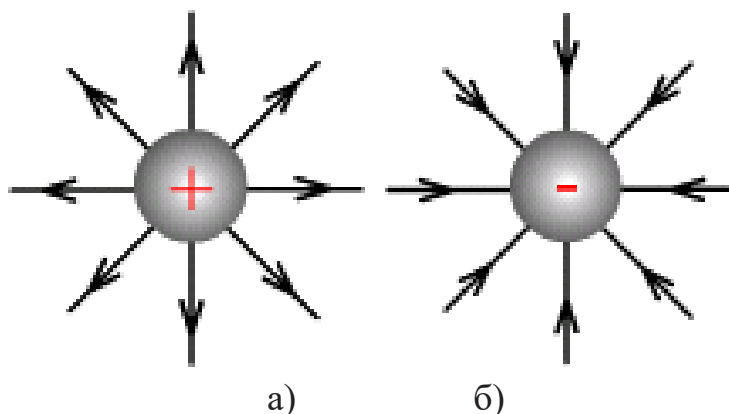


Рис.1.2.Силовые линии электрического поля, заряженного положительно (а) и отрицательно (б)

Силовые линии электрического поля не замкнуты, они начинаются с положительных зарядов и заканчиваются отрицательными зарядами (рис.1.2 А, б). Силовые линии непрерывны и не пересекаются. Они начинаются или заканчиваются заряженными телами, а затем рассеиваются по сторонам.

Поэтому плотность силовых линий выше в районе заряженного тела, т. е. там, где напряженность поля выше.

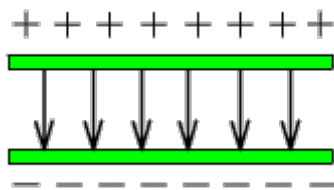


Рис.1.3.Силовые линии однородного электрического поля

Силовые линии однородного электрического поля параллельны и их плотность постоянна (рис. 1.3).

$$E = k \frac{q}{r^2}. \quad (1.6)$$

Принцип суперпозиции полей: в данной точке пространства различные заряженные частицы создают (создают) электрическое поле, напряженность которого равна E_1 , E_2 , E_3 и др., то в этой точке напряженность поля равна:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3 + \dots (1.7)$$

Электрическое поле может существовать не только в пустоте, но и в телах. Условно такие тела делят на проводники и диэлектрики (изоляторы).

Под проводниками понимаются тела с заряженными частицами, которые способны перемещаться под действием электрического поля. Это называется свободный заряд заряды частиц.

В металлическом проводнике электроны являются носителями свободных зарядов. Нейтральные атомы металла взаимодействуют друг с другом. В результате этого взаимодействия атомы теряют связь со своими атомами во внутреннем слое и становятся полностью общими для проводника. Таким образом, проводник можно рассматривать в виде положительно заряженных ионов, окруженных отрицательно заряженным газом, состоящим из общих общих электронов[1].

Под электростатической индукцией понимается явление перестановки зарядов в проводнике, введенном в электростатическое поле. При вводе незаряженной пластины (проводника) в однородное поле в ничтожно малое время происходит перестановка зарядов. В результате этого процесса напряженность поля внутри выходной пластины становится равной нулю, и движение зарядов прекращается. Следовательно, внутри проводника нет электростатического поля. Чувствительные устройства размещаются в металлическом корпусе или сетке, где на них не воздействует никакое внешнее поле-на этом основана электростатическая защита.

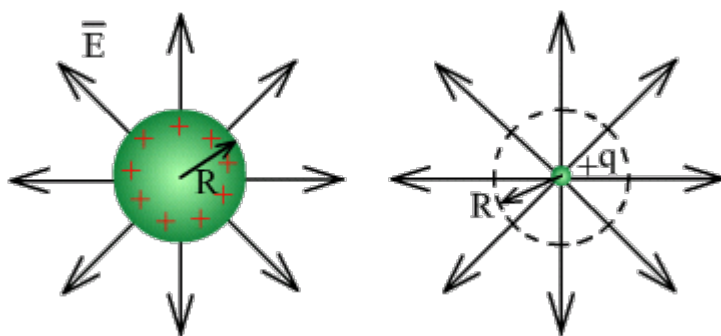


Рис.1.4. Шаровое поле

При равновесии зарядов внутри проводника только напряженность поля не равна нулю. Кроме того, поскольку все статические заряды проводника направлены на его поверхность, заряды равны нулю. Силовые линии или напряженность электрического поля перпендикулярны поверхности проводника.

Шаровое поле (рис.1.4). Радиус заряженного проводника R равномерно распределен заряд q на поверхности шара. Силовые линии электрического поля направлены вдоль продолжения радиусов шара. Напряженность электрического поля внутри проводящего шара равна нулю [2].

Под диэлектриками (или изоляторами) понимаются тела, не проводящие электрический ток.

В нейтральных атомах, где нет свободного электрического заряда изолятора или диэлектрика, электроны и ядра связаны друг с другом и не могут перемещаться по всему телу под действием электрического поля.

Проводники и диэлектрики ведут себя по-разному в электростатическом поле. Диэлектрик может иметь электрическое поле внутри; в этом случае диэлектрик оказывает определенное влияние на поле.

Диэлектрики делятся на два типа: неполярные и полярные.

В молекулах и атомах неполярных диэлектриков центры распределения положительных и отрицательных зарядов совпадают. Например, в атоме водорода положительный заряд-протон-находится в центре, отрицательный заряд-электрон-вращается вокруг ядра с очень высокой скоростью, поэтому средний по времени центр распространения отрицательного заряда приходится на середину, т. е. совпадает с положительно заряженным ядром (рис. 1.5).

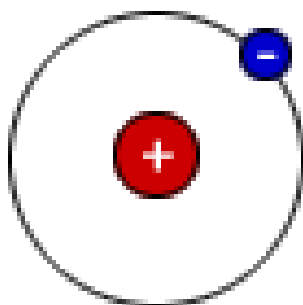


Рис.1.5. Положительно заряженное ядро

Неполярные диэлектрики - инертные газы, водород, азот, углерод и другие.



Рис. 1.6. Электрический диполь

В молекулах полярных диэлектриков *центры положительных и отрицательных зарядов не совпадают*. Например, при образовании NaCl поваренной соли атом хлора с семью валентными электронами зацепляется за одно валентный электрон атома натрия. Слабо связан со своим ядром. Каждый из Нейтраль-ных атомов превращается в систему, символы которой состоят из двух противоположных ионов. На больших расстояниях молекулу можно рассматривать как совокупность двух точечных зарядов, равных по модулям и противоположных по зарядам на расстоянии L друг от друга. Целостную нейтральную систему таких зарядов называют *электрическим диполем* (рис.1.6) [3].

Основной характеристикой электрического диполя является векторная физическая величина, называемая *дипольным (электрическим) моментом* \vec{P} . Модуль этого момента равен произведению модуля заряда q на расстояние L :

$$P = qL \quad (1.8)$$

Направление дипольного момента совпадает с осью диполя, обращенной от отрицательного заряда к положительному.

Полярные диэлектрики включают спирт, воду и другие вещества.

При перемещении диэлектрика во внутреннее электрическое поле происходит процесс поляризации. Поляризацией называют смещение положительных и отрицательных связанных зарядов диэлектрика в противоположных направлениях.

Поляризация полярного диэлектрика. При введении во внутреннее электрическое поле на каждый диполь полярного диэлектрика начинают воздействовать две силы, одинаковые по модулю и противоположные по направлению. Они создают момент силы, при котором поле вращается по оси, направленной вдоль силовых линий. При этом положительный край диполя врезается в направление электрического поля, а отрицательный – в обратную сторону. Жесткому направлению дипольных молекул препятствует их тепловое движение. Поэтому под действием поля наблюдается ориентация электрических диполей. На поверхности диэлектрика возникает связанный заряд. Внутри диэлектрика положительный и отрицательный заряд диполей

уравновешивают друг друга, и средний связанный заряд по-прежнему равен нулю.

Поляризация неполярных диэлектриков. В неполярном диэлектрике, расположенном во внутреннем электрическом поле, происходит смещение положительных и отрицательных зарядов относительно друг друга. Распределение центров положительных и отрицательных зарядов не совпадает (не совпадает). Такие деформированные молекулы можно рассматривать как электрические диполи, ось которых направлена вдоль поля. На поверхности диэлектрика начинают существовать связанные заряды, как при поляризации полярного диэлектрика.

Внутри диэлектрика положительный и отрицательный заряд диполей уравновешивают друг друга, и средний связанный заряд по-прежнему равен нулю.

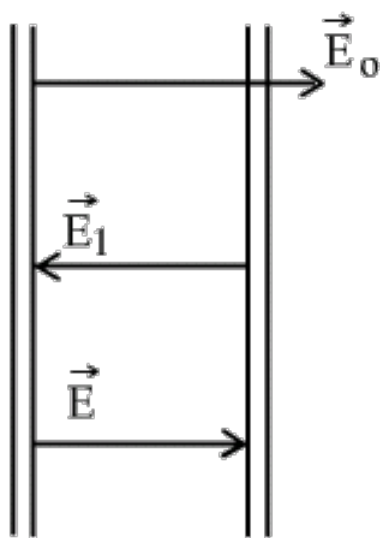


Рис. 1.7. Связанный заряд на поверхности диэлектрика

Связанный заряд на поверхности диэлектрика, направленный обратно к напряженности внутреннего поля E_0 , создает собственное электрическое поле E_1 (рис. 1.7). Поэтому суммарное поле внутри диэлектрика замедляется. Степень замедления зависит от свойства диэлектрика. Диэлектрическая проницаемость (переход) среды - это физическая величина, которая указывает, во сколько раз модуль напряжения электрического поля E_1 в однородном диэлектрике меньше модуля напряженности поля E_0 в пустоте (вакууме):

$$\epsilon = \frac{E_0}{E_1} \quad (1.9)$$

Когда Заряд q перемещается, на него действует сила, действующая со стороны поля. Соответственно, заряженное тело в электрическом поле будет иметь энергию [2].

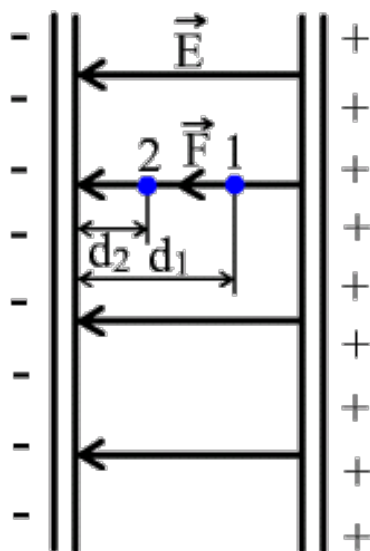


Рис. 1.8. Большие металлические пластины с противоположным зарядом

Большие металлические пластины с противоположным зарядом создают однородное поле напряженности E (рис. 1.8). Это поле воздействует на заряд с постоянной силой $F=qE$. Тогда работа поля при перемещении положительного заряда из точки 1 на расстоянии d_1 от отрицательно заряженной пластины в точку 2 на расстоянии $d_2 < d_1$ от этой пластины определяется по формуле:

$$A = qE(d_1 - d_2) = -(qEd_2 - qEd_1) \quad (1.10)$$

Работа силы Кулона не зависит от формы траектории. Точки 1 и 2 лежат вдоль одной силовой линии. Работа любого электростатического поля при перемещении заряда по замкнутой траектории все время равна нулю. Поля, обладающие таким свойством, называются потенциальными.

Сила Кулона является потенциальной. Работа сил потенциала равна изменению потенциальной энергии, полученной отрицательным знаком:

$$A = -(W_{P_2} - W_{P_1}) \quad (1.11)$$

В однородном электростатическом поле потенциальная энергия заряда равна:

$$W_P = qEd \quad (1.12)$$

Нулевой уровень потенциальной энергии получается каждый раз. Дело в том, что физический смысл имеет не сама потенциальная энергия, а разность потенциалов, определяемая работой, которую создает поле при перемещении заряда из исходного места в конечное.

Силовые линии электрического поля указывают направление убывания потенциальной энергии. Если поле работает положительно, то потенциальная энергия заряженной частицы в поле уменьшается, и одновременно с ней, по закону сохранения энергии, возрастает ее кинетическая энергия, увеличивается ускорение частицы (электроны в электрической лампе движутся поступательно). Напротив, при отрицательной работе потенциальная энергия увеличивается, а кинетическая энергия уменьшается, т. е. частица тормозится [1].

Сходство с гравитационным полем. Работа, выполняемая гравитационным полем при перемещении массы, уменьшает потенциальную энергию. При смещении положительного заряда $+q$ работа, выполняемая электрическим полем, уменьшает потенциальную энергию.

Потенциал φ -скалярная величина, энергетически характеризующая электростатическое поле. Он равен отношению потенциальной энергии заряда поля к этому заряду:

$$\varphi = \frac{W_p}{q} \quad (1.13)$$

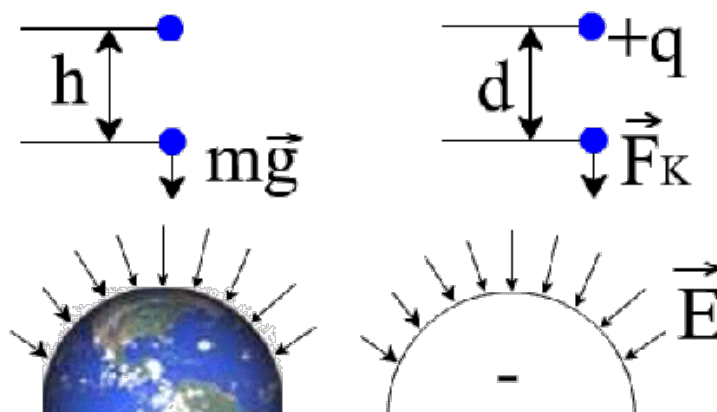


Рис.1.9.Сходство с гравитационным полем

Потенциал определяет потенциальную энергию заряда q в данной точке поля.

Не сам потенциал в точке, имеющей практическое значение, а изменение потенциала, т. е. величина, независимая от выбора начала отсчета потенциала - разность потенциалов.

Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками равна отношению работы электростатического поля к заряду при перемещении заряда из начальной точки в конечную:

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A}{q} \quad (1.14)$$

Если электрическое поле 1 Дж работает, когда заряд 1 Кл перемещается из одной точки в другую, то *разность потенциалов* между

этими двумя точками вместе равна. Эта единица называется вольт (B); $1B = 1Дж/1Кл$.

Связь между напряженностью однородного поля и разностью потенциалов записывается следующим образом:

$$E = \frac{U}{\Delta d} \quad (1.15)$$

Потенциал Δd , чем меньше изменяется расстояние, тем меньше напряжение электростатического поля; если потенциал даже не изменяется, то напряженность поля равна нулю.

В системе СИ за единицу напряженности электрического поля – отношение одного вольта к метру (1 В/м)-принимается напряженность однородного электрического поля с разностью потенциалов двух точек, расположенных на расстоянии 1 м друг от друга по линии напряженности 1 В [3].

Эквипотенциалом в электростатическом поле называется положение геометрических точек с равными потенциалами. Эквипотенциальные поверхности описывают распределение поля в пространстве, как силовые линии. В каждой точке эквипотенциальной поверхности вектор напряжения перпендикулярен этой поверхности и направлен в сторону убывания потенциала. Эквипотенциальные поверхности никогда не пересекаются.

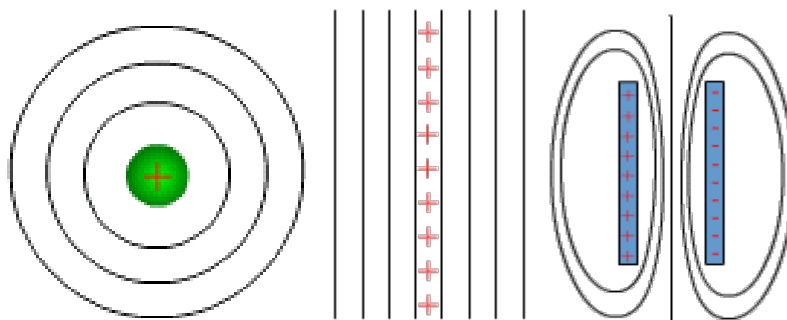


Рис.1.10.Силовые линии Эквипотенциал поверхности

Эквипотенциальные поверхности под эквипотенциальными поверхностями в электростатическом поле понимается положение геометрических точек с равными потенциалами. Эквипотенциальные поверхности описывают распределение поля в пространстве, как силовые линии. В каждой точке эквипотенциальной поверхности вектор напряжения перпендикулярен этой поверхности и направлен в сторону убывания потенциала. Эквипотенциальные поверхности ни в коем случае не пересекаются (рис. 1.10). В электростатическом поле поверхность любого проводника является эквипотенциальной. Поскольку напряженность поля внутри проводника равна нулю, потенциалы во всех точках внутри проводника одинаковы. При перемещении заряда по эквипотенциальной поверхности работа поля равна нулю.

При зарядке двух проводников каким-либо способом один из них заряжается положительно по величине q , а другой заряжается точно так же отрицательно. Между проводниками возникает электрическое поле и возникает разность потенциалов (напряжение). Если электрическое поле достаточно сильное (напряжение высокое), то происходит сбой диэлектрика: диэлектрик превращается в проводник, где между проводниками возникает искра, и они начинают разряжаться (терять заряды). В природе это явление можно проследить по Громовой связи. По мере замедления быстрого роста напряжения между проводниками их заряды увеличиваются, что позволяет удерживать больше заряда.

Электрическая емкость - это величина, характеризующая способность двух проводников удерживать электрический заряд [4].

Под электрической емкостью двух проводников понимается отношение заряда одного из этих двух проводников к разности их потенциалов:

$$C = \frac{q}{U} \quad (1.16)$$

Под электрической емкостью персонализированного проводника понимается отношение заряда этого проводника q к его потенциалу φ , если предположить, что потенциал проводника равен нулю на бесконечном расстоянии:

$$C = \frac{q}{\varphi} \quad (1.17)$$

Электрическая емкость проводника обусловлена его формой, линейными размерами и электрическими свойствами окружающей среды.

Электрическая емкость шара или проводящей сферы радиусом R равна:

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R \quad (1.18)$$

где ϵ_0 - электрическая постоянная.

Электрическая емкость двух проводников вместе равна в системе СИ, если на них посылается заряд $+1$ Кл и -1 Кл, разность потенциалов между ними равна 1 В. Эту единицу называют фарад (1 Ф); $1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл/В}$.

Конденсатором называют систему, состоящую из двух проводников каждого одноименного заряда, равных по модулю, разделенных тонким слоем диэлектриков.

При этом расположение конденсаторов относительно друг друга с формой проводников, называемых обмотками, должно быть таким, чтобы создаваемое ими электрическое поле было направлено на ограниченную площадь пространства. Конденсаторы различают плоские, сферические и цилиндрические [3].

Электрическая емкость конденсатора рассчитывается из электрической емкости двух проводников, как в приведенной формуле:

$$C = \frac{q}{\varphi_1 - \varphi_2} \quad (1.19)$$

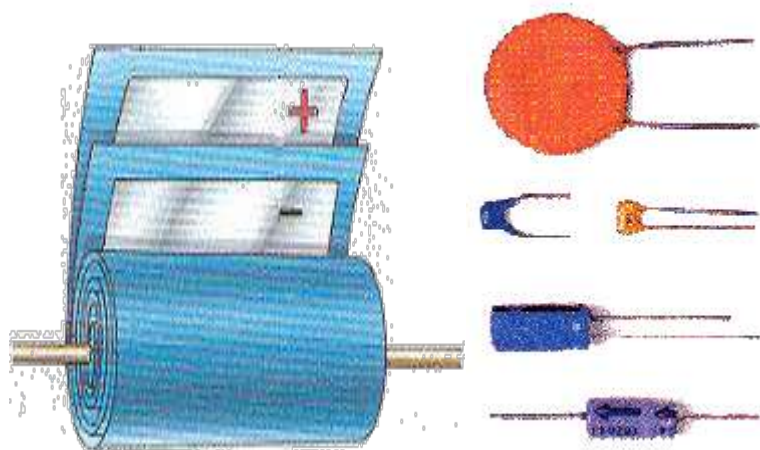


Рис.1.11. Типы конденсаторов

Плоский конденсатор состоит из двух одинаковых параллельных пластин, расположенных на небольшом расстоянии друг от друга. Электрическая емкость плоского конденсатора равна:

$$C = \frac{\epsilon_0 \epsilon S}{d} \quad (1.20)$$

где S – площадь каждой пластины, d – расстояние между пластинами.

Энергия заряженного конденсатора определяется по формуле:

$$W_p = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} \quad (1.21)$$

где q – заряд обмотки конденсатора, U – разность потенциалов между обмотками.

Под энергией заряженного конденсатора понимается энергия, создаваемая им электрическим полем.

Энергия электрического поля выражается через основную характеристику поля – напряженность:

$$W_p = \frac{\epsilon \epsilon_0 E^2}{2} \quad (1.22)$$

где ϵ_0 – электрическая постоянная.

Соединяет конденсатор с батареей, чтобы получить необходимую емкость при заданном напряжении.

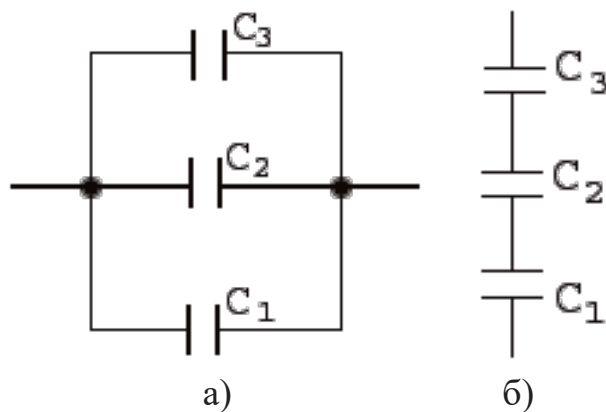


Рис. 1.12. Параллельное соединение конденсаторов (а), (б)

При параллельном соединении конденсаторов емкостью C_1, C_2, C_3 (рис. 1.12, а) электрическая емкость батареи рассчитывается по формуле:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (1.23)$$

при этом разность потенциалов между обмотками конденсаторов одинакова.

При последовательном соединении конденсаторов (рис. 1.12 (б)) емкость аккумулятора определяется по формуле:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \quad (1.24)$$

при этом заряд конденсаторов равен. При этом суммарная емкость будет меньше наименьшей емкости любого конденсатора, входящего в батарею [4].

1.2 Электронные схемы и усилители

1.2.1 Полупроводниковые диоды и транзисторы

Полупроводниковый диод—это полупроводниковый прибор с двумя выводами и принцип действия которого основан на использовании свойств *p-n* перехода (но есть и диоды, не использующие *p-n* перехода). Например, в выпрямительном диоде используется свойство непревзойденной полюсной проводимости. Диоды предназначены для преобразования низкочастотного переменного тока в постоянный. Основной характеристикой выпрямительного диода является его вольт-амперная характеристика. На рис.1.13 приведено обозначение диода (1) или теоретическое и фактическое ВАС диода (2). В преобразователях и импульсных диодах используется нелинейность ВАС перехода *p-n*. В стабилитронах используется вихревое пробивание, при котором напряжение остается постоянным при изменении тока, протекающего на заданном фоне. Используется на туннельных и обратных диодах—туннельный эффект; на варикапе—барьерная емкость; на

фотодиоде – зависимость тока от излучения; на светодиоде – лучевая рекомбинация, на диоде Шоттки – барьер Шоттки, обладает односторонней проводимостью и быстродействием. Полупроводниковые диоды обозначают следующим образом [5].

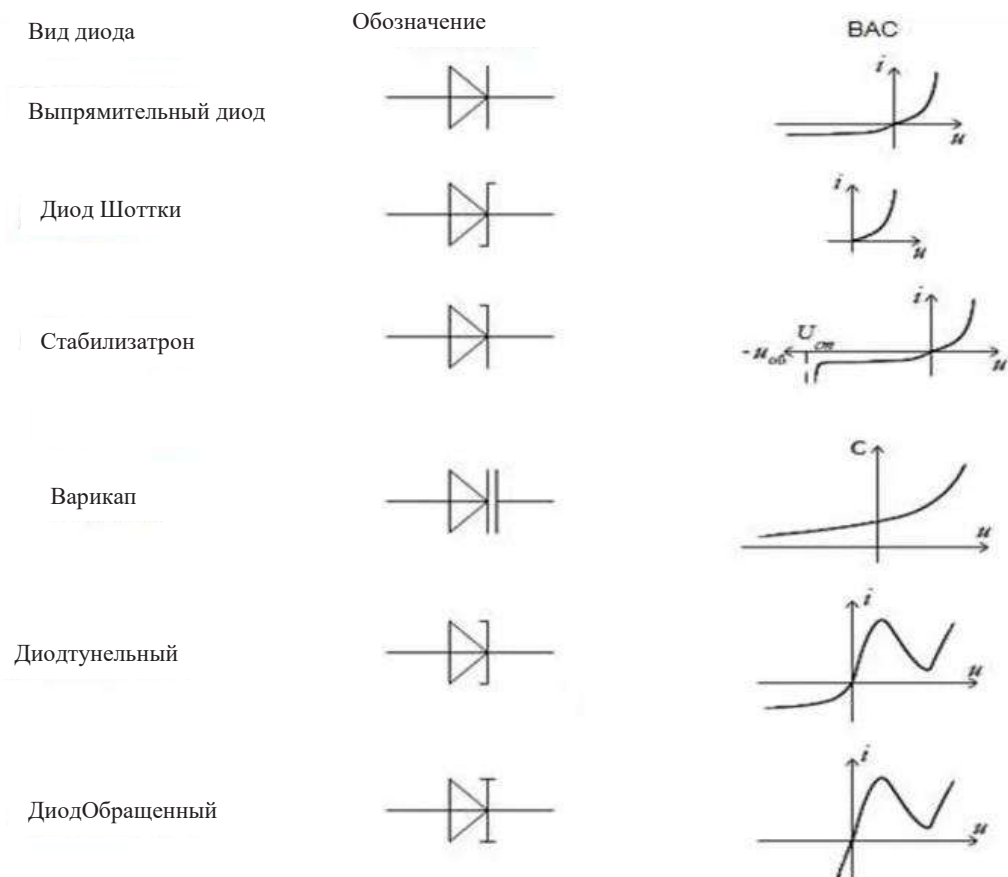


Рис. 1.13. Обозначение и вольт амперная характеристика полупроводниковых приборов

Биполярные транзисторы представляют собой полупроводниковый триод с переходом $p-n$, с двумя выводами, усилительные свойства которых обусловлены явлением нагнетания и извлечения зарядов. Они способны усиливать электричество и предназначены для изменения электрических колебаний. Причина, по которой его называют биполярным, заключается в том, что носители заряда выполняют функции как электронов, так и электронов. Они состоят из трех слоев, состоящих из трех электродов и двух p - n переходов (см. рис.1.14). Площадь между p_1 - p меньше, чем между p - p_2 . Структура транзистора не симметрична. Кабаты для впрыска в базу перенасыщенных носителей малой площади называются излучателями (Э).

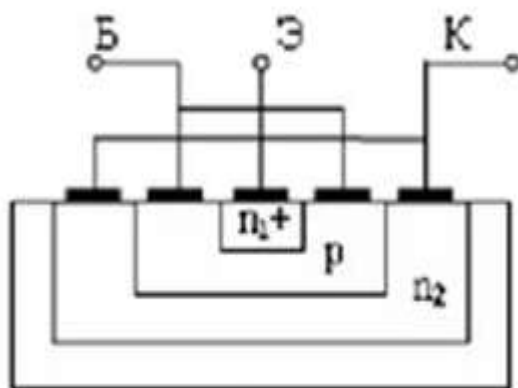


Рис.1.14.Переход биполярного транзистора- *p-n*

Площадь большая, предназначена для извлечения носителей из базы, и слой, который собирает эти носители, называется коллектором (К). Движение носителей от эмиттера к коллектору, управляемый средний кабат, называется базой (Б).

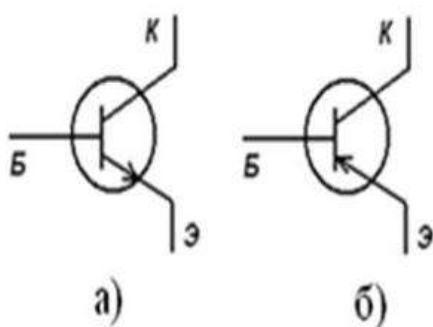


Рис.1.15.Условное обозначение биполярного транзита

Осуществляется связь двух *p-n* переходов, называемых базовыми арочными эмиттерными (ЭП) и коллекторными (КП) переходами. Взаимодействие переходов осуществляется через очень малую толщину основания между переходами (там же микрометр). Транзисторы с базой называются дрейфующими, базы - дрейфующими. В зависимости от порядка расположения типов полупроводниковых слоев различают транзисторы *n-p-n* (см. рис.1.15, а) и *p-n-p* (см. рис. 1.15, б) типа. В микросхемах в основном используются *n-p-n* транзисторы, а *p-n-p* типа используются вместе с *n-p-n* типом, и эта пара называется комплементарной.

В микросхемах в основном используются *n-p-n* транзисторы, а *p-n-p* типа используются вместе с *n-p-n* типом, и эта пара называется комплементарной.

В зависимости от напряжения сдвига переходов различают три различных режима включения – активный, токораспределительный и насыщающий.

Если в прямом направлении включен эмиттерный переход, а в обратном-коллекторный переход, то такой режим называется режимом

пассивного или усилительного действия. В инверсном активном режиме ЭП смещается в обратном направлении, а КП – в прямом. В режиме остановки тока оба перехода смещаются в обратном направлении. В режиме насыщения оба перехода смещены в прямом направлении, т. е. открыты [6].

Принцип работы транзистора в активном режиме как показано на рис.1.16, в нормальном активном режиме ЭП смещается в прямом направлении, а КП, в обратном. В результате снижения потенциального барьера электроны проникают из области эмиттера через эмиттерный переход в область базы (инжекция электронов), а из области базы - в область коллектора. Концентрация электронов в базе увеличивается. Коллекторный переход смещается в обратном направлении, поэтому усиливается выход электронов из базы в коллектор, а доля электронов на границе с коллектором в базе уменьшается. В результате появления градиента доли электронов в базе электроны переходят из ЭП в КП.

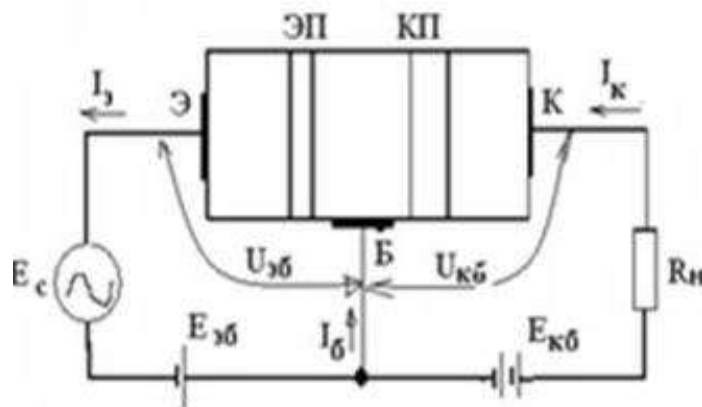


Рис.1.16.Принцип работы транзистора в режиме активных

Только около 1% электронов взаимодействуют с дефектами. Оставшиеся 99% электронов достигают коллектора и, попадая в детализированное поле коллекторного перехода, притягиваются к нему (выход электронов). Из-за нейтралитета базы из нее по выходу во внешнюю цепь уходит часть электронов, взаимодействующих с дефектами, и генерирует ток базы.

Общая кратность передачи тока эмиттера в цепь коллектора $\alpha = I_{КП} / I_Э$, где $I_{КП}$ -электронная составляющая тока коллектора, $I_Э$ – ток эмиттера. Для реальных структур $\alpha = 0,9 + 0,99$.

Сопротивление эмиттерного перехода невелико (сотни ом), а сопротивление коллекторного перехода составляет сотни кило. Предположим, что сопротивление нагрузки, приложенное к коллекторной цепи, $R_ж = 1кОМ$, что не влияет на режим работы транзистора, но можно получить большее напряжение, чем сопротивление.

Включение источника переменного сигнала в эмиттерную цепь изменяет количество вторичных носителей заряда, инжестируемых в базе, и приводит к тому, что ток эмиттера и коллектора изменяется одинаково с E_c частота нагрузки $R_ж$ распределяется усиленным напряжением, равным

частоте входного сигнала, но напряжение выходного сигнала в один момент намного больше, чем входного сигнала. Таким образом, осуществляется усиление сигнала [6].

Схемы подключения транзисторов. В зависимости от того, какой из выходов транзистора является общим между источником сигнала на входе и выходной цепью транзистора, существует три основные схемы подключения транзистора к электрической цепи: общая база (об, см. рис. 1.17, а), общий эмиттер (ОЭ, см. рис. 1.17, б), общий коллектор (см. рис. 1.17, в).

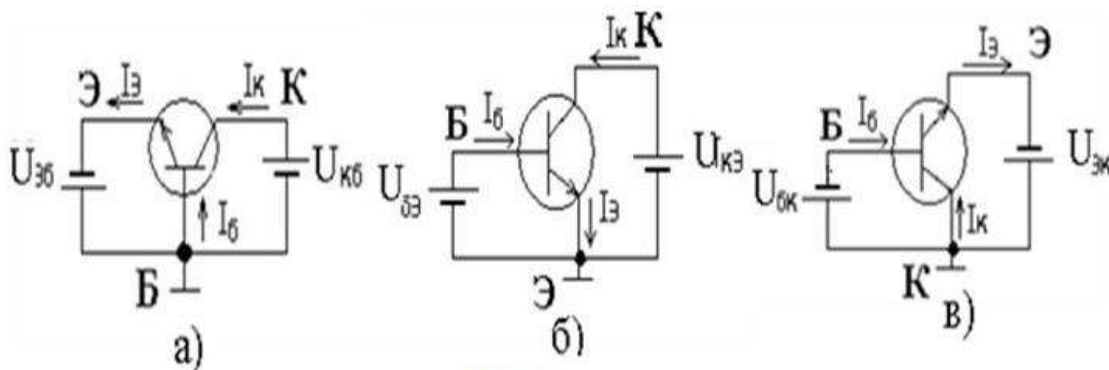


Рис.1.17. Схема подключения биполярных транзисторов

Статистические характеристики транзистора с общим эмиттером. Входная характеристика транзистора, подключенного по схеме ОЭ, при заданном напряжении $U_{\text{кэ}}$ вход $I_{\text{б}}$ зависит от напряжения $U_{\text{бэ}}$ тока: $I_{\text{б}} = f(U_{\text{бэ}})$ (см. рис. 1.18, а). При $U_{\text{бэ}} = 0$ теплового тока в цепи коллектора не будет $I_{\text{кэ}}$ и зависимость $I_{\text{б}} = f(U_{\text{бэ}})$ в соответствии с ВАС перехода $p-n$, включенного в прямом направлении.

При $U_{\text{кэ}} > 0$, в цепи коллектора появляется ток $I_{\text{к0}}$, направленный против тока $I_{\text{б}}$.

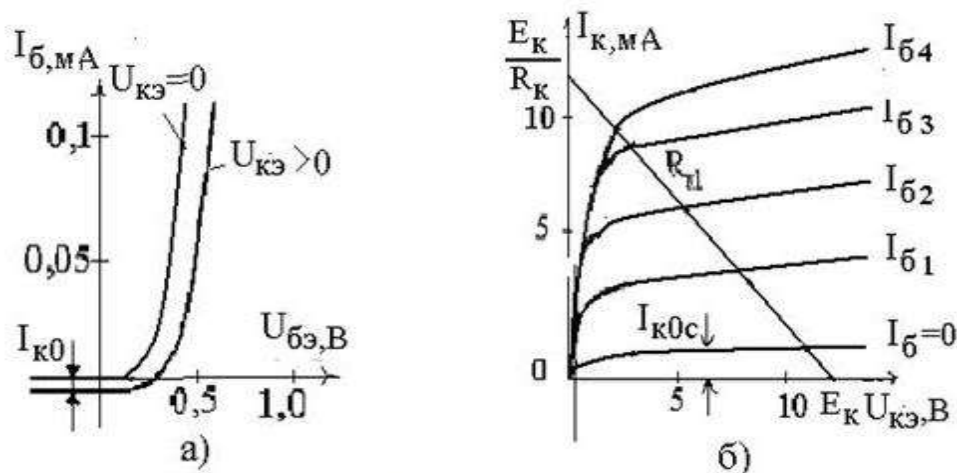


Рис.1.18.Статистические характеристики транзистора с общим эмиттером

Для компенсации этого тока в базовом токе необходимо подать напряжение $U_{бэ}$ и получить ток $I_{бэ} = I_{кэ}$. Это приводит к смещению входной характеристики вправо и вниз.

Выходная характеристика - зависимость $I_{кэ} = f(U_{кэ})$ от заданного тока $I_{бэ}$ (см. рис.1.18).

а) $I_{бэ} = -I_{к0}$, кривая соответствует обратной ветви перехода $p-n$.

б) $I_{бэ} = 0$ кривая при этом соответствует отключенному базовому режиму.

Через Транзистор течет ток коллектора $I_{к0б}$ – продольной (скважной). $I_{к0б} > I_{к0}$, так как течет только ток $I_{к0}$, но и ток $I_{эп}$.

Схема ОЭ универсальна, усиливает ток, напряжение и мощность. Недостатками схемы ОЭ являются высокая температура, плохая характеристическая линейность и низкая рабочая частота [7].

Распределение доли электронов в базе на низких частотах плавно уменьшается от эмиттера к коллектору. На высокой частоте к коллектору проходят носители заряда (диффузии) не только в обратном направлении, то есть к эмиттеру. Кратность подачи тока также уменьшается. Кратность передачи тока а называется предельной частотой ω_0 - усиления на частоте, уменьшающейся в $\sqrt{2}$ раза (3дБ) по сравнению с α_0 на более низкой частоте (см. рис.1.19).

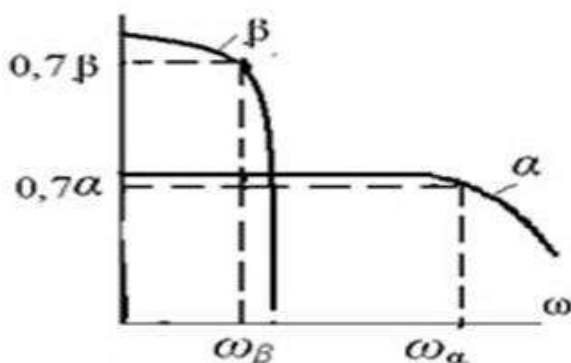


Рис.1.19.Предельная частота усиления

В дрейфовом транзисторе перенос неосновных носителей заряда в базе происходит в основном за счет дрейфа в электрическом поле. Поле же создается из-за неравномерной начальной концентрации примесей в базе, экспоненциально уменьшающейся от эмиттера к коллектору. Например, в $p-n$ -транзисторе из-за градиента концентрации акцепторной примеси дырки диффундируют от эмиттерного перехода к коллекторному. Создается избыток положительных зарядов у КП за счет дырок, а у ЭП создается некомпенсированный заряд из отрицательных ионов. В базе создается электрическое поле E , ускоряющее движение электронов от эмиттера к коллектору со скоростью в 2...5 раз большей, чем диффузия. Граничная частота усиления транзистора увеличивается в 2...5 раз [8].

Полевой транзистор - это униполярный полупроводниковый прибор, работающий на основе модуляции электрического поля полупроводниковым

сопротивлением. Транзисторы делятся на управляемые p - n переходные и с изолированным затвором. Управляемые p - n переходные полевые транзисторы.

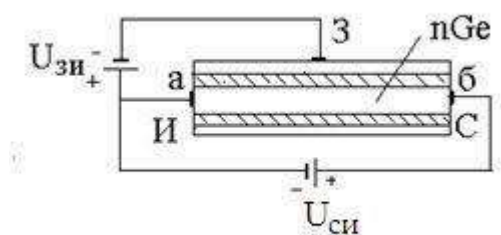


Рис.1.20. Полевой транзистор плоской конфигурации

Униитрон – полевой транзистор плоской конфигурации (см. рисунок 1.20), цилиндрический называется текнетроном. Истоком (И) называется электрод, от которого начинают движение (истекают) основные носители заряда в канале. Электрод, к которому движутся (стекают) носители заряда, называется стоком (С). Управляющее напряжение прикладывается к третьему электроду – затвору (З). Проводящий канал изолирован от затвора p - n переходами, смещенными в обратном направлении. По каналу между электродами стока и истока протекает ток основных носителей.

Допустим $U_{зи} < 0$:

а) если $U_{си} < 0$, образуется равномерный p - n переход, чем больше напряжение $|U_{зи}|$, тем шире переход и уже проводящий канал;

б) если напряжение $U_{си}$ не равно нулю, то ширина канала неравномерна из-за падения напряжения на сопротивлении канала от тока стока I_c . В точке а напряжение равно $U_a = U_{зи}$, в точке б $U_b = U_{зи} + U_{си}$. Сечение канала сужается от истока к стоку. Принцип работы транзистора с управляющим p - n переходом основан на изменении сопротивления канала за счет изменения под действием обратного напряжения ширины области p - n перехода, обедненной носителями заряда. При увеличении $U_{зи}$ увеличивается p - n переход в сторону канала, поперечное сечение канала уменьшается, уменьшается ток стока. При большом напряжении затвора $U_{зи}$ канал смыкается, ток стремится к нулю. Это напряжение $U_{зи}$ между затвором и истоком называется напряжением затвора отсечки $U_{зо}$.

Основными характеристиками транзистора являются стокозатворная $I_c = f(U_{зи})$ при $U_{си} = const$ и стоковые или выходные характеристики $I_c = f(U_{си})$ при $U_{зи} = const$. На выходных характеристиках можно выделить две области: область I крутого изменения тока (линейный омический участок характеристики) и область II (нелинейный пологий, рабочий участок), соответствующую режиму насыщения. При увеличении $U_{си}$ ток стока увеличивается по закону Ома.

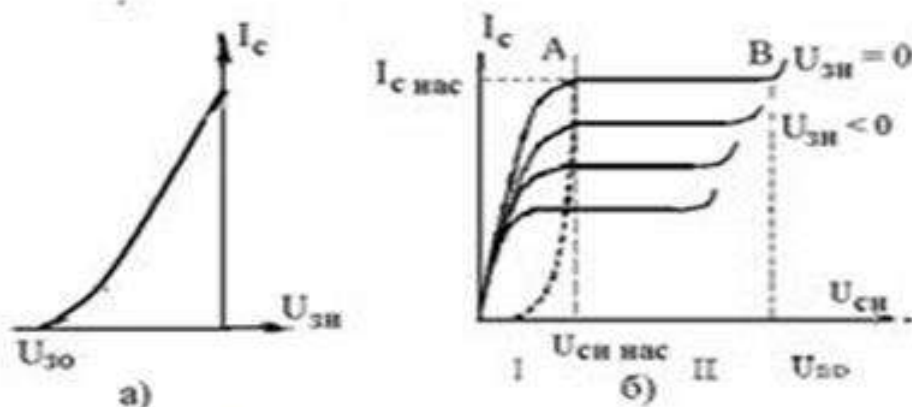


Рис. 1.21. Основные характеристики транзистора

С некоторого момента ($U_{ci} = U_{cнас}$) наступает насыщение (в точке А). Наступает своеобразное динамическое равновесие: увеличение тока стока вызывает увеличение падения напряжения на $p-n$ переходе и сужение канала, которое уменьшает ток стока. Сужение идет в сторону стока. Сечение при этом минимально. Последующее увеличение U_{ci} не уменьшает сечение, а увеличивает длину узкого участка сечения, называемого «коридор» или «горловина». Поэтому ток стока постоянный. В точке В напряжение стока достигает напряжения пробоя перехода. При дальнейшем увеличении U_{ci} увеличивается ток стока, и прибор может выйти из строя. При увеличении $U_{зи}$ (следовательно, при меньших первоначальных сечениях) процессы аналогичны, но сужение канала наступает раньше, это приводит к более раннему выходу на участок насыщения. Ток стока ограничен на более низком уровне[8].

1.2.2 Виды и принципы работы усилителей

Схема дифференциального усилителя (ДУ). Дифференциальный усилитель (см. рисунок 1.22) усиливает разность входных сигналов, который называется дифференциальным сигналом. Строится на биполярных или полевых транзисторах.

ДУ представляет собой параллельно-балансный каскад – два УПТ с общей эмиттерной нагрузкой R_z , т.е. сбалансированный мост. Плечи моста: $R_{к1} = R_{к2}$ и транзисторы VT_1 и VT_2 , которые должны быть идентичны.

В одну диагональ включено питание, в другую – нагрузка R_n . Питание каскада осуществляется от двух источников $E_k = E_z$, т.е. суммарное напряжение питания $E_{пит} = E_k + E_z$. С помощью E_z уменьшается потенциал эмиттеров VT_1 и VT_2 относительно общей точки, при этом отпадает необходимость согласования потенциалов.

Каскад получает энергию от двух источников $E_k = E_z$, т. е.

$$E_{num} = E_k + E_z \quad (1.25)$$

С помощью E_3 потенциал эмиттеров относительно общей точки уменьшается VT_1 и VT_2 , при этом необходимость в согласовании потенциалов становится ненужной.

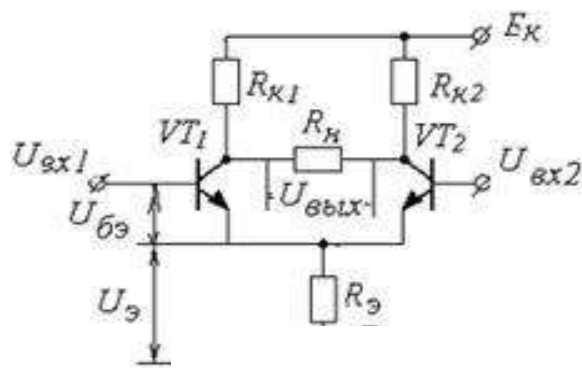


РИСУНОК 3.1

Рис. 1.22. Дифференциальный усилитель

На дискретных транзисторах трудно получить абсолютную симметрию, поэтому ПК конструируется в интегральных микросхемах.

Рассмотрим режимы работы ДУ:

а) Тыныштык режимі ДК екі кірісі де жермен қысқа тұйықталған, яғни

а) Режим покоя ДУ (источники входных сигналов закорочены на землю), следовательно

$$U_{вх1} = U_{вх2} = 0 \quad (1.26)$$

Минус напряжения базы-излучателя равен $U_{бз1} = U_{бз2} = -U_3$. В свою очередь напряжение на эмиттере $U_3 = -E_3 + (I_{з1} + I_{з2})R_3 < 0$.

В свою очередь, тогда можно сделать вывод, что $U_{бз1} = U_{бз2} > 0$.

Оба транзистора работают в активном режиме. Текут токи покоя $I_{к1} = I_{к2} > 0$, которые создают на $R_{к1}$ и $R_{к2}$ одинаковое падение напряжения, следовательно, $U_{к1} = U_{к2}$, $U_{вых}$ снимается с R_n $U_{вых} = U_{к1} - U_{к2} = 0$

Токи эмиттера $I_{к1} = I_{к2}$; $I_k = I_{к1} + I_{к2}$.

б) режим с входными сигналами. Сигнал можно подавать тремя способами:

1) входной сигнал подан между базами (см. Рис. 1.23)

$$\text{Тогда } U_{вх1} = \frac{e_c}{2}, \quad U_{вх2} = -\frac{e_c}{2}.$$

Приращения токов коллектора $0 < \Delta I_{к1} = -\Delta I_{к2}$, приращения напряжений

$$0 > \Delta U_{к1} = -\Delta U_{к2}; \quad U_{вых} = U_{к1} + \Delta U_{к1} - U_{к2} + \Delta U_{к2} = 2\Delta U_k.$$

Изменение тока коллектора вызывает изменение тока эмиттера $0 < \Delta I_{\Sigma 1} = -\Delta I_{\Sigma 2}$, общий ток эмиттера $I_{\Sigma} = I_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 2}$, следовательно, $I_{\Sigma} = I_{\Sigma 1} + \Delta I_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 2} - \Delta I_{\Sigma 2} = I_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 2} = \text{const}$ — ток эмиттера постоянный, $U_{\Sigma} = \text{const}$, $\Delta U_{\Sigma} = 0$;

Эмиттер не имеет нараста напряжения, U_{Σ} также стабилен. То есть по постоянной составляющей происходит стабилизация напряжения, по переменной составляющей обратной связи нет[9].

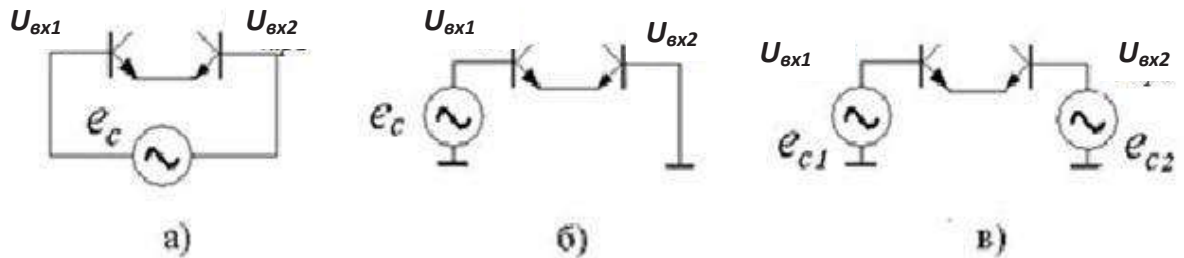


Рис.1.23.Режим входного сигнала. Три схемы передачи сигнала

2) сигнал подается на один из входов ДУ, а другой вход заземляется (см.рис.2.2). Входы называются дифференциальными:

$$U_{\Sigma 1} = e_c > 0, \quad U_{\Sigma 2} = 0,$$

Ток базы увеличивается $\Delta I_{\Sigma 1} > 0$. Это увеличивает как ток коллектора $\Delta I_{\Sigma 1} > 0$, так и ток эмиттера $\Delta U_{\Sigma 1} < 0$.

Напряжение в коллекторе уменьшается $\Delta U_{K1} > 0$. Напряжение в коллекторе снижается. Сумма эмиттерных токов $I_{\Sigma 1} + I_{\Sigma 2} = \text{const}$ постоянна.

$$\text{Следовательно, } U_{\Sigma \Sigma} = U_{K1} - U_{K2} = \Delta U_{K2} - \Delta U_{K1} = 2\Delta U_K;$$

Используются следующие разновидности схем ДУ:

а) на входах ДУ ставятся составные транзисторы (пара Дарлингтона), у которых гораздо выше входное сопротивление и коэффициент передачи тока равен произведению коэффициентов передачи тока обоих транзисторов;

б) на входах ДУ ставятся эмиттерные повторители, у которых входное сопротивление сотни килоомов;

в) ДУ с полевыми транзисторами на входах;

г) ДУ с динамической нагрузкой.

Выходные каскады усилителей. Выходные каскады—это усилители мощности. Они используются для получения максимальной мощности в нагрузке при наибольшем возможном КПД и наименьшем нелинейном изменении.

В микроэлектронике класс а используется редко из-за низкого КПД. Наиболее распространенные двухконтурные усилители класса В и АВ [10].

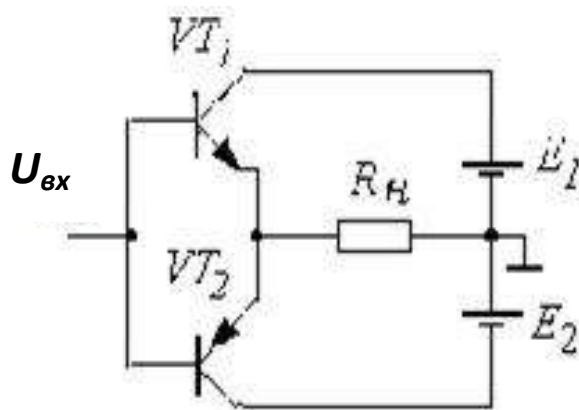


Рис.1.24.Схема опоры простого двухтактного усилителя

Простая двухчленная схема. Рассмотрим опорную схему простого двухтактного усилителя на комплементарных транзисторах класса *B* (см. рис.1.24).Транзисторы VT_1 – *n-p-n*, VT_2 – *p-n-p*–типа.

$R_{\text{нагрузка}}$ подключена к эмиттерному контуру, т. е. транзистор подключен по схеме общего коллектора, из чего этот эмиттерный ретранслятор дает большее усиление по мощности, обеспечиваемой высоким коэффициентом усиления тока. В режиме покоя оба транзистора закрыты, так как $U_{\text{эб}} = 0$ (класс *B*).

При подаче на вход положительного напряжения переменного тока VT_1 –открывается, VT_2 –закрывается. Ток $+E_1 - KЭ_1 - R_{\text{жс}} - -E_1$ течет.

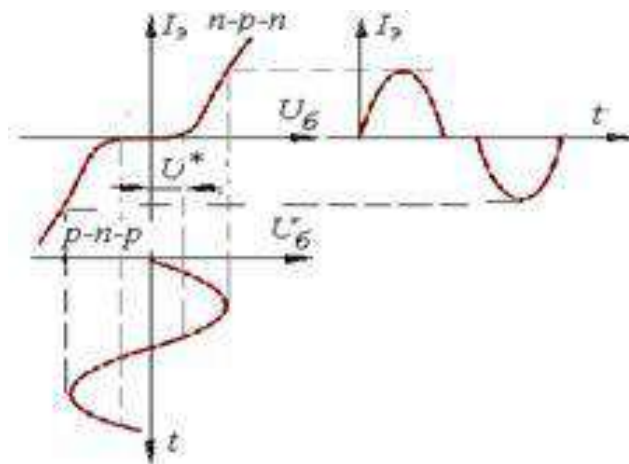


Рис.1.25. Описание схемы опоры усилителя

При подаче отрицательного полупериода переменного напряжения VT_1 – замыкается. VT_2 – открывается. Ток $+E_2 - R_{\text{жс}} - ЭК_2 - -E_2$ течет. Итак, схема работает в двух тактах: в первом такте открывается VT_1 , во втором- VT_2 , т. е. на выходе усилителя появляется двухполярный сигнал. Коэффициент усиления по мощности $Kp = I_3 / I_6 = \beta + 1$.

Но недостатком схемы является высокий коэффициент ее нелинейных изменений. На рис. 1.25 приведена характеристика интегрированной поставки $I_3 = f(U_6)$.

Положительная и отрицательная полуволновая длительность на выходе меньше половины периода сигнала (половина синусоиды не усиливается). Выходной ток I_o носит импульсный характер, т. е. имеет большое количество высших гармоник в своем спектре. Это особенно очевидно, когда $U_{вых}$ очень мал.

Индивидуальный первичный усилитель мощности смещения. Для устранения нелинейных изменений в схеме сдвига уровня напряжения в базу транзисторов вводят отдельный сдвиг (см. рис.1.26). Падение напряжения U^* , возникающее на диодах VD_1 и VD_2 , смещает рабочую точку транзистора VT_1 от начала координат влево, а VT_2 – вправо. Характер доставки будет прямой. От этого уменьшаются нелинейные изменения. Эти диоды всегда открыты, потому что общее напряжение источников питания всегда больше, чем входной сигнал.

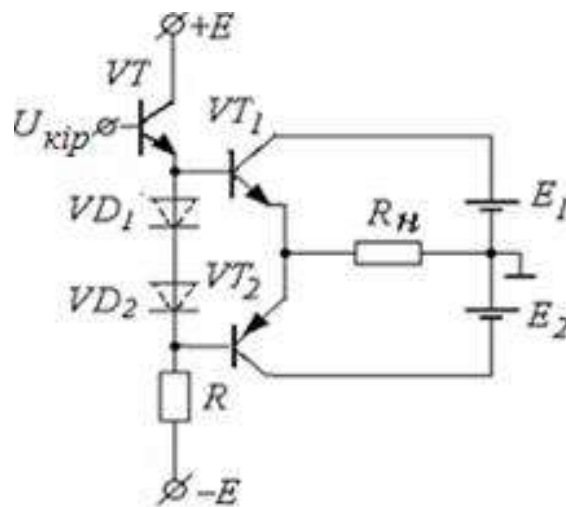


Рис.1.26. Усилитель мощности

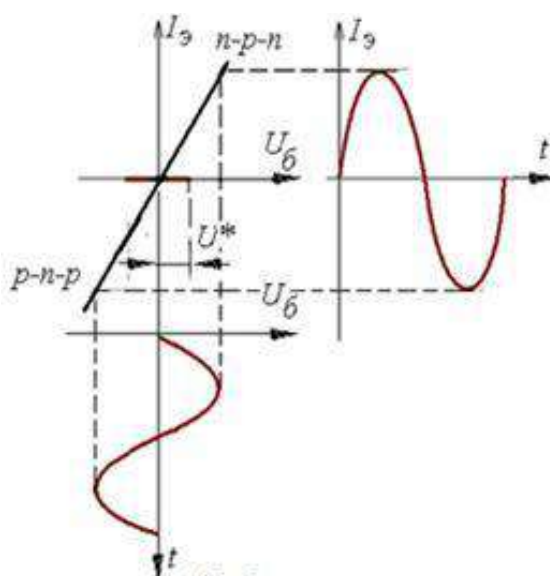


Рис.1.27. Описание усилителя мощности

Базы обоих транзисторов можно считать усеченными по переменному току, и на одну из баз необходимо подать входное напряжение. Так как сигнал подается на два транзистора по одной базе, то они работают поочередно. Вместо R_2 чаще всего устанавливают диоды. На каждый диод поступает напряжение $U^* = 0,7 \text{ В}$, которое создает сдвиг, обеспечивающий режим класса АВ [8].

Операционный усилитель - это универсальный усилитель постоянного тока с дифференциальным входом и одноконтактным выходом.

Идеальный ОУ имеет следующие параметры:

- коэффициент усиления по напряжению $K_U \rightarrow \infty$;
- входное сопротивление $R_{вх} \rightarrow \infty$;
- выходное сопротивление $R_{вых} \rightarrow 0$.

Такие характеристики позволяют применять глубокую обратную связь (ОС), и свойства ОУ определяются только параметрами элементов цепи ОС. Используя различные ОС, можно осуществлять различные математические операции. Поэтому усилители были названы операционными. Условное обозначение ОК.

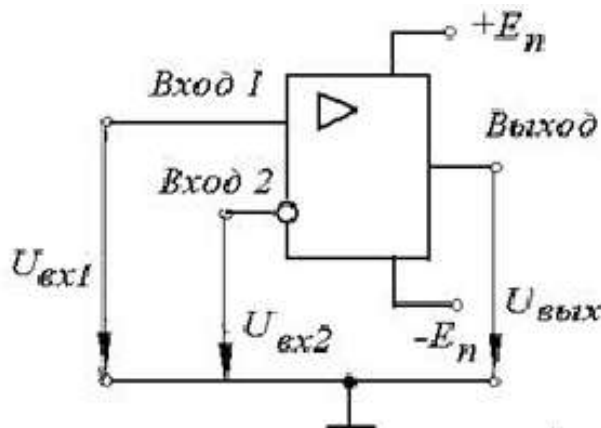


Рис.1.28. Операционный усилитель

Здесь: *вход 1* – неинвертирующий вход, т.е. выходной сигнал совпадает по фазе с входным;

вход 2 – инвертирующий вход, т.е. выходной сигнал в противофазе с входным;

выход – одноконтный;

$+E_n$ и $-E_n$ – выводы двух источников питания E_n или двуполярного источника.

Реальные ОУ имеют очень большие значения, они необходимы для подключения внешних цепей с частотной коррекцией, формирующих требуемые амплитудно - частотные характеристики усилителя. Характеристики реального ОУ отличаются от характеристик идеального ОУ.

Основные параметры реальных ОУ:

- а) коэффициент усиления дифференциального сигнала:

$$\text{до } K_{\text{диф}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХДИФ}}} = \frac{U_{\text{ВЫХ}}}{U_{\text{ВХ1}} - U_{\text{ВХ2}}} 10^5 ;$$

$$K_{\text{сф}} = \frac{U_{\text{сф}}}{U_{\text{схсф}}} = 10^{-3} + 10^{-5}$$

б) коэффициент усиления синфазного сигнала ;

в) коэффициент ослабления синфазного сигнала ОУ в

$$K_{\text{осс}} = 20 \lg \frac{K_{\text{диф}}}{K_{\text{сф}}} = (80 + 100) \text{ дБ}$$

децибелах ;

г) входное сопротивление $R_{\text{вх}}$ обычно порядка 400 кОм (может достигать от десятков кОм до десятков МОм);

д) выходное сопротивление $R_{\text{вых}} = 20, 2000 \text{ Ом}$;

е) амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) – $K = F(f)$ – зависимость коэффициента усиления от частоты (линеаризованная характеристика в логарифмическом масштабе – диаграмма Боде) приведена на рисунке 1.29,а.

АЧХОУ равна сумме отдельных АЧХ каждого каскада. Изменение частоты в 10 раз приводит к уменьшению коэффициента усиления по напряжению в 10 раз. (т. е. минус 20 дБ).

Двухкаскадный ОУ имеет два излома АЧХ (каждый каскад вносит один излом);

ж) фазочастотная характеристика (ФЧХ) – зависимость фазы сигнала от частоты $\varphi = F(f)$ (см. рисунок 1.,б). Каждый каскад на высоких частотах вносит фазовый сдвиг, равный минус $\frac{\pi}{2}$

ФЧХ запаздывает на $n \cdot \frac{\pi}{2}$, где n – число каскадов ОУ.

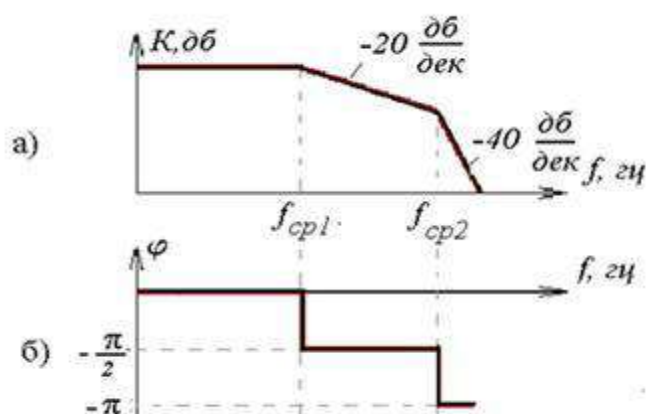


Рис.1.29. Частотно-зависимый график ОУ

Требуется коррекция АЧХ и ФЧХ для стабилизации работы ОУ;

и) f_r - частота единичного усиления, т.е. частота, при которой коэффициент усиления равен единице;

к) амплитудная характеристика или характеристика передачи сигнала – зависимость выходного напряжения от входного $U_{вых} = f(U_{вх})$ 2. $U_{вых, макс} = E_n - 1B$;

л) если при $U_{вх} = 0$ также и $U_{вых} = 0$, имеет место баланс ОУ.

В реальных ОУ внутри схемы может иметь место разбаланс, из-за

которого появляется $U_{вых, сдв} \neq 0$ при $U_{вх} = 0$ (см. рис. 2.13);

м) $U_{вх, смещ. нуля}$ или начальное смещение - это постоянное напряжение, подаваемое на один из входов, чтобы выходное напряжение стало равным нулю. Оно примерно равно $1...3 мВ$;

н) разность входных токов $I_{вх, сдв} = I_{б1} - I_{б2} - 5...50 нА$;

п) диапазон допустимых синфазных напряжений – это максимальное одинаковое напряжение на обоих входах, чтобы ОУ не вошел в насыщение или отсечку – $3...13 В$ [10].

1.3 Основные принципы построения устройств электропитания

1.3.1 Назначение и работа преобразователей напряжения, генераторов, устройств бесперебойного электропитания

Стабилизатором напряжения (тока) называют устройство, обеспечивающее автоматическое поддержание его значения на одном уровне с заданной точностью.

Напряжение или ток нагрузочного устройства могут сильно изменяться под вредным воздействием различных факторов, таких как изменение температуры окружающей среды, колебания частоты тока и т.д. Современная электроаппаратура может нормально функционировать при нестабильности напряжения питания до $0,1\div3\%$, а для нормальной работы некоторых устройств требуется еще меньшая нестабильность. Поэтому требования к стабилизаторам очень высокие.

По способу стабилизации стабилизаторы делятся на параметрические и компенсационные.

На рис. 1.30 приведена схема параметрического стабилизатора напряжения.

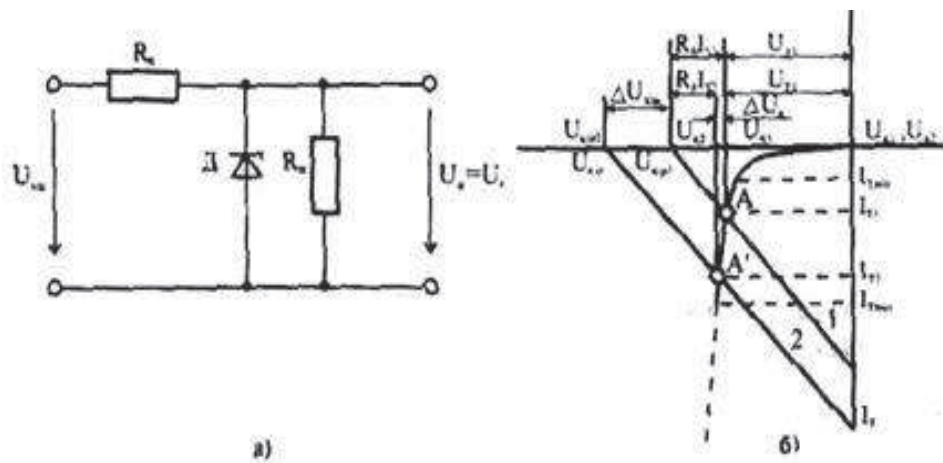


Рис.1.30. Схема параметрического стабилизатора напряжения (а), выполненная на полупроводниковом стабилитроне, и схема, объясняющая принцип его работы (б)

В параметрическом стабилизаторе стабилитрон подключается параллельно $R_{\text{ж}}$ к нагрузочному резистору. Для создания необходимого режима работы балластный резистор, соединенный со стабилитроном, соединяют с R_6 . Отображение Вольт-амперной характеристики, как на рисунке, позволяет решить уравнение электрического состояния стабилизатора: $U_{\text{вх}} = U_{m1} + R_6 \cdot I_{m2}$. При увеличении напряжения $U_{\text{вх}}$ (случай 1) на $\Delta U_{\text{вх}}$, например, вследствие увеличения напряжения источника тока, вольт-амперная характеристика резистора R_6 перемещается параллельно с собой в положение 2. Как показано на рисунке, напряжение U_{m2} и напряжение U_{m1} очень близки друг к другу, то есть на самом деле напряжение $R_{\text{ж}}$ на стабилитроне и нагрузочном резисторе остается неизменным. Напряжение на нагрузочном резисторе остается неизменным даже в случае снижения входного напряжения и изменения тока нагрузки.

Для нормальной работы параметрического стабилизатора сопротивление резистора R_6 должно быть таким, чтобы его вольт-амперная характеристика пересекала вольт-амперную характеристику стабилитрона в точке А, значение которой соответствует нормальному току стабилитрона, отражаемому в паспортных данных стабилитрона.

Основным параметром, характеризующим качество работы всех стабилизаторов, является коэффициент стабилизации. Выходные величины стабилизаторов изменяются под действием дестабилизирующих факторов, в основном входного напряжения стабилизатора $U_{\text{вх}}$ и тока нагрузки $I_{\text{ж}}$. Учитывая это, коэффициент стабилизации показывает, во сколько раз рост относительности напряжения на выходе стабилизатора меньше, чем рост относительности напряжения на его входе:

$$K_{\text{с}} = \frac{\Delta U_{\text{вх}} / U_{\text{вх}}}{\Delta U_{\text{вых}} / U_{\text{вых}}} \quad (1.27)$$

где $\Delta U_{вх}$ и $\Delta U_{вых}$ - стабилизационные оси входных и выходных напряжений, а $U_{вх}$ и $U_{вых}$ - нормальные значения входных и выходных напряжений.

Коэффициент тока для стабилизатора тока

$$K_i = \frac{\Delta U_{нп} / U_{нп}}{\Delta I_k / I_k} \quad (1.28)$$

где ΔI_k и I_k - соответственно прирост и нормальное значение нагрузочного тока.

Кроме того, стабилизатор характеризовался такими параметрами, как внутреннее сопротивление $R_{ин}$ и коэффициент полезного действия η_r . Значение внутреннего сопротивления стабилизатора позволяет определить как падение напряжения на стабилизаторе, так и напряжение на нагрузочном устройстве при изменении нагрузочного тока.

Основным энергетическим показателем стабилизатора является коэффициент полезного действия, который отражает потери мощности в нем,

$$\eta_r = P_n / (P_n + P_{ж}) \quad (1.29)$$

где P_n - полезная мощность в нагрузочном устройстве; $P_{ж}$ - потерянная мощность.

К основным достоинствам параметрического стабилизатора можно отнести простоту конструкции и высокую надежность. К недостаткам можно отнести малый коэффициент полезного действия, большое внутреннее сопротивление стабилизатора, а также узость интервала стабилизируемого напряжения и нерегулируемость.

Благодаря отрицательной обратной связи в компенсационных стабилизаторах напряжения и тока стабильность напряжения и тока в нагрузочном устройстве обеспечивается с большой точностью. Компенсационные стабилизаторы напряжения имеют гораздо больший коэффициент стабилизации по сравнению с параметрическими стабилизаторами и меньшее выходное сопротивление [11].

В настоящее время компенсационные стабилизаторы изготавливаются на основе полупроводниковых дискретных элементов и в виде интегрального элемента. Принцип их работы основан на том, что изменение напряжения на нагрузке (под действием изменения $U_{вх}$ или $I_{жс}$) подается на регулирующий элемент (РЭ), препятствующий изменению напряжения $U_{жс}$, специально введенного в схему. Регулирующий элемент (транзистор) может быть подключен параллельно или последовательно к нагрузке. В связи с этим компенсационные стабилизаторы делятся на параллельные (рис.1.31) и последовательные.

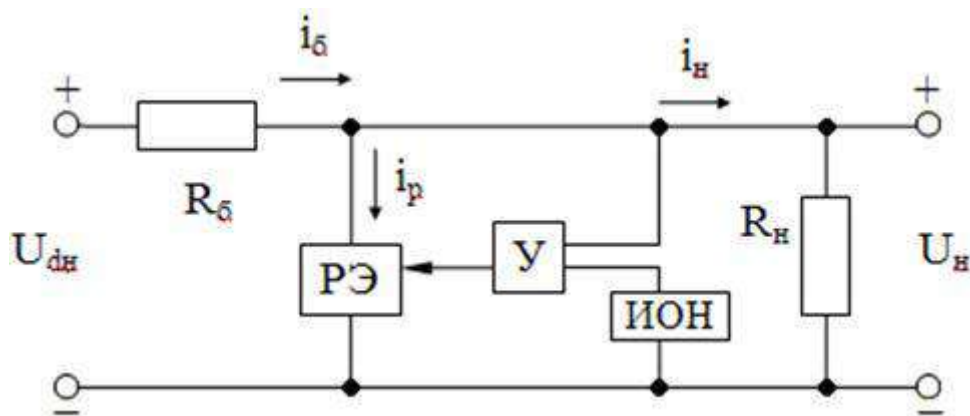


Рис.1.31. Структурная схема параллельного компенсационного стабилизатора напряжения

Оба типа схем стабилизаторов состоят из регуляторного элемента РЭ, постоянного тока от усилителя У и источника опорного напряжения. ИОН сравнивает напряжение на нагрузке с опорным напряжением, а усилитель усиливает разность сравниваемых напряжений и передает усиленный сигнал непосредственно на регулирующий элемент.

Принципы работы компенсационных стабилизаторов основаны на изменении сопротивления регуляторного элемента, стабилизация напряжения на нагрузке в схеме на рис.1.31 достигается изменением напряжения в резисторе $R_б$ путем изменения тока в параметрическом стабилизаторе. Если считать, что напряжение на входе стабилизатора не изменяется, то постоянству напряжения на нагрузке соответствует постоянство напряжения на резисторе $R_б$ изменению тока нагрузки от нуля до $I_{жтах}$ соответствует изменение тока регулирующего элемента от $I_{жтах}$ до нуля.

Энергетические характеристики последовательного стабилизатора, включая КПД, намного выше, чем у параллельного стабилизатора, особенно когда ток нагрузки имеет широкий диапазон изменений. По этой причине стабилизаторы цепи широко используются в промышленности. К преимуществам параллельных балластов можно отнести их устойчивость к чрезмерному току, в том числе коротким замыканиям в выходной цепи. Последовательные регуляторы требуют установки дополнительного устройства для защиты элемента управления в случае перегрузки по току [10].

1.3.2 Принцип работы выпрямителя напряжения, схемы преобразования

В качестве источника питания различных электронных устройств и электроприводов используется постоянный ток. Но на электростанциях вводится только переменный ток, а с электрическими узлами обычно распределяется переменный ток. Поэтому для питания данных установок возникает необходимость преобразования переменного тока в постоянный.

То, что преобразует переменный ток в постоянный, называется выпрямителем устройства. Обычно в состав выпрямительного устройства входят трансформатор для согласования его номинального напряжения с напряжением сети, сам выпрямитель, фильтр, уменьшающий (сглаживающий) наклон выпрямленного тока, и стабилизатор выпрямленного напряжения (рис. 1.32).

Выпрямители, величина выпрямленного напряжения которых не регулируется, называются неуправляемыми, а выпрямители, напряжение которых регулируется, - управляемыми выпрямителями. Обычно неуправляемые выпрямители комплектуются из полупроводниковых диодов, а управляемые выпрямители - из тиристоров. Преобразование полупроводниковых диодов в постоянный ток, другими словами получение постоянного тока из переменного тока, основано на том, что они пропускают ток из-за очень малого сопротивления при подаче напряжения в прямом направлении и не пропускают ток из-за очень большого сопротивления при подаче напряжения в обратном направлении.

В зависимости от количества фаз выпрямляемого переменного тока выпрямители называют однофазными или трехфазными. Однофазные выпрямители делятся на однопериодные и двухпериодные, а трехфазные выпрямители - на нейтрально-точечные и мостовые. Теперь рассмотрим работу этих выпрямителей.

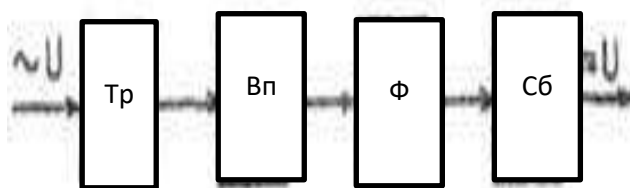


Рис.1.32. Функциональная схема выпрямительного устройства: Тр—трансформатор; Вп—выпрямитель; Ф—фильтр; Сб—стабилизатор.

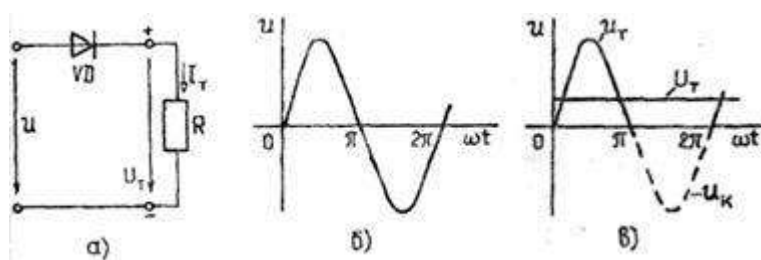


Рис.1.33. Электрическая схема однофазного однополупериодного выпрямителя (а) и графики выпрямляемых (б) и выпрямленных (в) напряжений.

Однофазный полупроводниковый выпрямитель состоит из одного диода, включенного последовательно с нагрузкой (рис.1.33, а). В правой половине напряжения, приложенного к выпрямителю (рис.1.33, б, в диапазоне $0 \dots \pi$), анод диода имеет положительный потенциал, а катод - отрицательный потенциал. Следовательно, напряжение подается прямо на

диод. Из-за низкого сопротивления диода при подаче напряжения в прямом направлении через нагрузку течет ток в правой половине периода (в этом случае предполагается, что имеется только активное сопротивление нагрузки). В отрицательном полупериоде напряжения (в диапазоне $\pi \dots 2\pi$) анод диода имеет отрицательный потенциал, а катод - положительный потенциал, т.е. напряжение передается в противоположном направлении. Из-за высокого сопротивления диода в обратном направлении напряжения ток не течет с нагрузкой в течение отрицательного полупериода. Затем процесс повторяется. Следовательно, график напряжения на нагрузке состоит только из положительных полуволн синусоиды (рис.1.33, в) [12].

То, что выпрямленное напряжение является бейсинусоидальным, видно на графике. Таким образом, постоянные и гармонические составляющие выпрямленного напряжения в целом можно найти, классифицировав его в ряд Фурье:

$$u_T = U_0 + \sum_{n=1}^{\infty} U_n \sin(n\omega t + \varphi_n), \quad (1.30)$$

где n — порядковое число гармонических составляющих.

Среднее значение выпрямленного напряжения (его также можно получить как постоянную составляющую)

$$U_T = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} U_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{U_m}{\pi} = 0,45 U_m. \quad (1.31)$$

Токи диода и нагрузки равны между собой:

$$I_d = I_T = \frac{U_T}{R} \quad (1.32)$$

Известно, что одним из главных параметров диодов является максимальное значение обратного напряжения. Максимальное значение обратного напряжения в рассматриваемой цепи

$$U_{Tm} = U_m = \sqrt{2} U_T. \quad (1.33)$$

Левосторонность выпрямленного напряжения оценивается коэффициентом левосторонности. Под коэффициентом левосторонности понимается отношение амплитуды (часто первой гармоники) самой большой переменной выпрямленного напряжения к ее среднему значению:

$$p = \frac{U_{Tm}}{U_T}, \quad (1.34)$$

где U_{Tm} - амплитуда переменной составляющей выпрямленного напряжения.

Из классификации ряда Фурье для коэффициента левосторонности в общем виде получено выражение:

$$p = \frac{2}{k^2 - 1} \quad (1.35)$$

где k - отношение частоты переменной составляющей выпрямленного напряжения к частоте сетевого напряжения ($k \geq 2$).

В рассматриваемом выпрямителе коэффициент левосторонности $p = \pi$ [11].

Однофазный двухпериодный выпрямитель (его еще называют мостовым выпрямителем) состоит из четырех диодов, образующих плечи мостовой цепи (рис.1.34, а). На одну диагональ мостовой цепи подается выпрямляемое напряжение, а на вторую диагональ подключается нагрузка.

Аноды диодов VD1 и VD4 имеют положительный потенциал, а аноды диодов VD2 и VD3 имеют отрицательный потенциал в правой половине скорректированного напряжения (рис.1.34, б, интервал $0 \dots \pi$ графика). Следовательно, диоды VD1 и VD4 открыты, а диоды VD2 и VD3 закрыты. Ток течет в направлении $A \rightarrow D \rightarrow VD1 \rightarrow E \rightarrow R \rightarrow G \rightarrow VD4 \rightarrow F \rightarrow N$. В отрицательном периоде полураспада (диапазон $\pi \dots 2\pi$) аноды диодов VD1 и VD4 имеют отрицательный потенциал, а аноды диодов VD2 и VD3 имеют положительный потенциал. Следовательно, ток течет в направлении $N \rightarrow F \rightarrow VD2 \rightarrow E \rightarrow R \rightarrow G \rightarrow VD3 \rightarrow D \rightarrow$. Затем процесс повторяется. Таким образом, как в положительном, так и в отрицательном полупериодах выпрямленного напряжения ток течет в одном направлении ($E \rightarrow R \rightarrow G$), т.е. постоянный ток течет с нагрузкой. Точка всегда имеет положительный потенциал, а точка G - отрицательный [12].

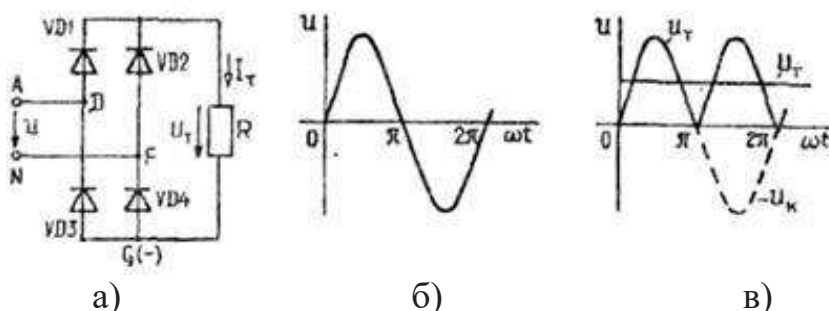


Рис.1.34. Электрическая схема однофазного двухпериодического выпрямителя (а) и графики выпрямляемых (б) и выпрямленных (в) напряжений.

Среднее значение выпрямленного напряжения

$$U_T = \frac{1}{\pi} \int_0^\pi U_m \sin \omega t d(\omega t) = \frac{2 U_m}{\pi} = 0,90 U \quad (1.36)$$

Поскольку в однофазном двухпериодном выпрямителе диоды работают только в течение полупериода, их ток в два раза меньше тока нагрузки:

$$I_d = \frac{I_T}{2} = \frac{U_T}{2R} \quad (1.37)$$

Максимальное значение обратного напряжения (рис. 1.34, в)

$$U_{\text{обр}} = U_m = \sqrt{2} U \quad (1.38)$$

Коэффициент левостороннего $p = \pi/2$.

На рис.1.35 приведена схема выпрямителя, на котором выведена общая точка трансформатора. Он включает в себя трехфазный трансформатор, обмотки которого соединены звездочкой, три диода, подключенных к каждой фазе трансформатора, и нагрузочный резистор.

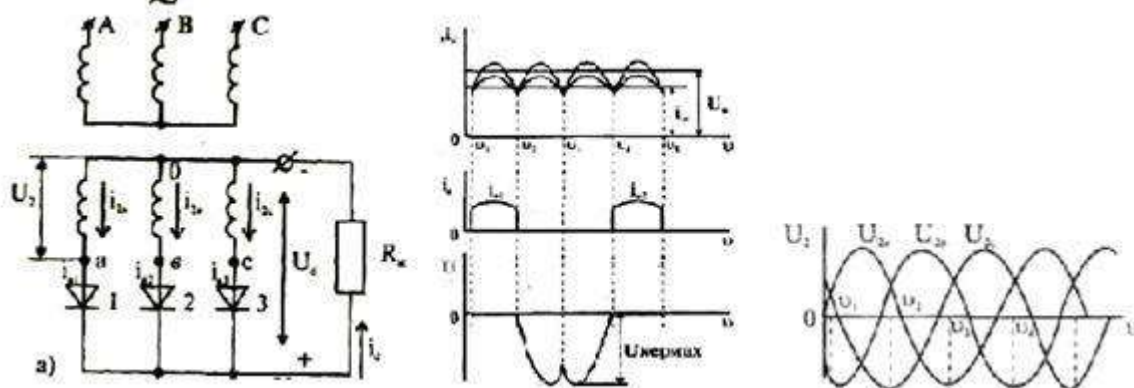


Рис. 1.35. Схема выпрямителя с выводом общей точки трансформатора и временные диаграммы напряжений и токов.

Порядок работы выпрямителя целесообразно рассматривать с помощью диаграмм, представленных на рис. 1.35. Как видно из рисунка, при длительности периодической трети, когда потенциал головки одной из фазных обмоток (например, а) остается положительным по сравнению с двумя другими (в и с), по левой обмотке работает диод (1-й). Таким образом, между v_2-v_3 работает 2 вентиля, между v_3-v_4 работает 3 вентиля, а между v_4-v_5 снова работает 1 вентиль и т. д. Интервал пропускания каждого вентиля $\psi=2\pi/3$. Открытый вентиль прибавляет напряжение соответствующей фазы к нагрузке. В результате к нагрузке было подано однополярное люпиновое напряжение U_d . Выпрямленный ток на нагрузочном резисторе состоит из суммы токов каждого диода: $i_{\text{ж}}=i_a+i_b+i_c$ [12].

1.4 Обслуживание устройств электропитания

1.4.1 Системы электропитания предприятий связи

Новая система электроснабжения рационально выполненного производственного предприятия обеспечивает следующие требования: экономичность, надежность электроснабжения, безопасность и надежность реализации, качество электроэнергии, гибкость системы (возможность дальнейшего развития), максимальное приближение источника питания к электроустановкам потребителя, а также короткие сроки выполнения строительно-монтажных работ.

При этом по возможности должны применяться решения, в которых электроэнергия и цветные металлы менее затратны. Важные требования к электроснабжению:

а) циклически повторяющиеся электроприемники с быстро меняющейся ударной нагрузкой;

б) электроприемники, питание которых не должно отключаться на всех режимах системы электроснабжения;

в) электрические устройства, расположенные в зонах грязной среды.

При строительстве системы электроснабжения необходимо учитывать категории приемников электрической энергии. Прочность электроснабжения потребителей обеспечивается необходимым уровнем резерва. Резервирование необходимо для продолжения послеаварийного режима основного производства. Питание потребителей третьей категории не требует резервирования.

С требованиями к схемам электроснабжения его параметры зависят от уровня надежности и мощности потребителя.

При снабжении электроэнергией электроприемников второго уровня рекомендуется обеспечивать их двумя взаимно резервируемыми независимыми источниками питания. Ко второй категории относятся технологические установки, при которых невозможно продолжить работу основного производства при аварийном режиме [14].

Обеспечивать электроэнергией в необходимом количестве в соответствии с «Нормами качества в системах электроснабжения общего назначения». Снижение качества электроэнергии приводит к дополнительным расходам энергии, а также к снижению пропускной способности электрических сетей, к уменьшению срока службы электрических машин, конденсаторных устройств, электроустановок и т.д.

Трансформаторные и распределительные подстанции необходимо максимально приблизить к электрическим устройствам потребителей электроэнергии, в результате чего путем глубокого встраивания уменьшим количество ступеней трансформации, высокое напряжение питающих и распределительных узлов: сможем внедрить магистральные токопроводы.

По величине расчетной (максимальной) мощности предприятие можно разделить на: от мини-единицы до сотни кВт, малые (мелкие) - до 3-5 МВт, средние - 5-75 МВт, крупные - 75-500 МВт, очень крупные (гиганты) - около 1000 МВт [13].

Схемы электроснабжения производственных предприятий должны быть составлены с учетом следующих основных принципов:

- ✓ источники питания должны быть максимально приближены к потребителям электроэнергии; иметь возможность широкого внедрения глубокого ввода и разделения на 2-3 и более глубоко встроенных подстанций;

- ✓ число степеней притяжения и трансформации электроэнергии в каждом напряжении должно быть как можно меньше;

- ✓ электрические соединения и схемы электроснабжения подстанции

- ✓ уровень электроснабжения и резервирования должен обеспечивать прочность;

✓ распределение электроэнергии рекомендуется производить по магистральной схеме питания. Радиальные схемы применяются в связи с обоснованием:

✓ схема электроснабжения должна выполняться на блочном принципе с учетом технологической схемы производства. Питание электроприемников на параллельных технологических линиях осуществляется от различных шин подстанции, взаимные технологические агрегаты должны получать питание от шин одной секции;

✓ все элементы электрических сетей должны быть нагружены, так как это будет способствовать снижению потерь. Резервирование предусматривается в самой схеме электроснабжения, которая распределяет отключенные нагрузки между действующими элементами схемы. При этом используется перегрузочная способность электроустановок, и в отдельных случаях отключаются не ответственные потребители. Наличие нерабочих элементов в узле должно быть обосновано;

✓ для упрощения работы отдельных элементов электроснабжения на узле: линии, секции, токопроводов, трансформаторов, т.е. I_k и РК необходимо применять глубокую секцию ЛЭП предприятия. Широкое применение АВР на всех стадиях напряжения позволяет применять схему глубокого секционирования при нагрузке любой категории. В некоторых случаях допускается параллельная работа по согласованию с энергоснабжающими коллективами, например, при питании ударной быстрой переменной нагрузки, если при самопроизвольном включении электродвигателей АВР не обеспечивает необходимого быстрого включения;

✓ вопросы электроснабжения должны решаться совместно со строительными и технологическими вопросами при составлении генерального плана объекта.

Вопросы рационального электроснабжения предприятия должны рассматриваться совместно с общей энергетикой в данном районе. Решение электроснабжения должно учитывать предстоящий план электрификации района, так как позволит обеспечить электроснабжение всей отрасли. Рациональное решение на территории одного и того же предприятия не всегда будет эффективным и дешевым в электрификации этого района в целом.

Основным источником питания (ИП) большинства предприятий являются электростанции (а также шины напряжения генераторов), собственные и районные подстанции энергосистемы. Выбор независимого ИП производится энергоснабжающим коллективом, где технические условия подключения отражают его характеристику [14].

В энергосистеме предусмотрено питание потребителей от шин напряжением 110-220 кВ на районной подстанции, что позволяет устранить гальваническое ослабление узлов генератора и различное влияние повреждений на работу генератора у различных потребителей в сети. На строящихся электростанциях распределительные устройства 6, 10 и 35 кВ для потребителей не предусмотрены, вся мощность передается ближайшим

районным подстанциям напряжением 110 и 220 кВ. Неэффективным является и строительство собственной ТЭЦ на предприятии. Такие решения экономически выгодны для энергокомпаний, но снижают прочность электроснабжения потребителей.

Составителю проекта электроснабжения следует обратить особое внимание на следующие факторы, определяющие неразъемное питание электроприемников при аварийном отключении одного из независимых ИП:

- ✓ величина оставшегося стабилизированного напряжения ИП после аварийного режима должна быть не менее 0,9 номинального напряжения;

- ✓ кратковременное падение напряжения может произойти с ИП, оставшимся после аварийного отключения одного ИП и действия релейной защиты и автоматики. Если величина потери напряжения и его продолжительность приводят к отключению остальных электроприемников ИП, то она не считается независимой от ИП. Величина остаточного напряжения в резервном ИП должна быть не ниже 0,7 номинального напряжения.

Строительство собственных электростанций будет эффективным в следующих случаях:

- ✓ при значительной потребности предприятия в парах и горячей воде;

- ✓ отработанное топливо (газ и др.) на предприятии и его доступность для электростанции;

- ✓ при значительном расстоянии или недостаточной мощности энергосистемы;

- ✓ если имеются электроприемники особой группы, питание которых не должно быть отключено, а собственные ИП должны резервировать электроснабжение.

Электростанция, применяемая в качестве собственного ИП, должна иметь электрическую связь с электрическим узлом ближайшей энергосистемы. Связь производится непосредственно с генераторным напряжением или при повышенном напряжении через контактные трансформаторы.

Может выступать в качестве места приема электроэнергии на производственных предприятиях:

- ✓ узловые распределительные подстанции напряжением 110 кВ и выше для распределения электрической энергии между глубоко вводимыми подстанциями на крупных предприятиях;

- ✓ головные понижающие подстанции напряжением 35 кВ и выше (одна или несколько);

- ✓ питание глубинных встраиваемых подстанций напряжением 35 кВ и выше осуществляется от подстанции энергосистемы;

- ✓ центральные распределительные подстанции или распределительные подстанции если напряжение распределительных узлов и питания предприятия одинаковое;

✓ трансформаторные подстанции предприятий с малой электрической нагрузкой напряжением 6-20 кВ.

На крупных энергопринимающих предприятиях с электрической нагрузкой 100-150 МВт и более в качестве приемников электрической энергии могут применяться узловые распределительные подстанции напряжением 110-500 кВ. КТП, как правило, находятся в ведении энергоснабжающего коллектива, поэтому они располагаются вне площадки производственного предприятия, но в непосредственной близости от него. Если КТП предназначены для питания нескольких глубоко встроенных подстанций одного предприятия, то они могут располагаться на территории предприятия и обслуживаться работниками производственного предприятия [11].

Для проектирования электроснабжения на производственных предприятиях проводятся технико-экономические обоснования (ТЭО) и обоснования строительства зон. Определяется стоимость региона и основные технико-экономические показатели.

При наличии ТЭО в один этап должен вестись технический рабочий проект. Проектирование в два этапа - технический проект и рабочие чертежи - допускается производить на крупных и сложных производственных комплексах; при применении новой технологии; в сложных условиях строительства.

При проектировании следует предусматривать применение типовых проектов, учитываемых при установке, а также внедрение новых рациональных решений и внедрение новой электротехнической установки. Чертежи и технические данные, составляемые в технических рабочих проектах, не должны отсутствовать в типовых и многоэтажных отдельных проектах.

Пояснительные записки должны быть краткими и конкретными. Там приводятся только итоги расчетов. Расчеты производятся в качестве приложения к архивному экземпляру проекта при необходимости доказательства принятого им решения. Расчеты необходимо выполнять в соответствии с типовыми таблицами и нормами. Описания элементов на чертежах, а также каталожные характеристики заводских изделий, положения норм, статьи и т.д. не приводятся, а лишь в необходимых случаях составляется указание на место получения [12].

Для составления технического проекта электроснабжения необходимы технические условия и разрешение на подключение предприятия к сети энергоснабжающего коллектива. Технические условия должны содержать следующую техническую документацию:

а) схематический план, связанный с передачей электрической сети и источника питания, способного питать предприятие, и установкой проектируемого предприятия. Должны быть указаны расчетная нагрузка и мощность этих потребителей и возможности ее увеличения в 8-10 лет;

б) электрические схемы электросетей района, отражающие электроснабжение предприятия;

в) рекомендуемые длины энергосистемы для питания предприятия;

г) однолинейные принципиальные схемы;

д) пределы отклонения и рабочее напряжение в шине;

е) значение срока, образующего трехфазный ток КЗ в начальный срок на проектируемых станциях или шинах приемника для максимального и минимального режимов на два срока;

ж) ток КЗ после 0,2 с;

з) установленный ток КЗ;

и) требования и демонстрация энергосистем по следующим вопросам: компенсация реактивной мощности, релейная защита, автоматика, телемеханизация и диспетчеризация, количество электроэнергии, ремонт трансформаторов, масловодство и др.

Спроектировать подсистему электроснабжения промзон с исходными значениями можно будет следующим образом:

1) генеральный план, установленные всеми учреждениями, трассы высоковольтных линий, поверхность Земли, абсолютные отметки автодорог, железных дорог;

2) характеристика и состав электрических нагрузок, расход электроэнергии;

3) требования к надежности электроснабжения каждого агрегата, зоны, цеха. Электроприемники первого уровня;

4) климатические и геологические данные: уровень грунтовых вод, температура грунта зоны прокладки подземных коммуникаций; электрическое сопротивление, состав, температура различных участков завода, характер подземных вод; сейсмика и т. д.;

5) метеорологические условия: скорость и направление ветра, влажность воздуха, количество дней с годовыми осадками; максимальная минимальная и средняя температура воздуха; скользкость; загрязнение воздуха химически активными газами и парами, пылью и т.д.; естественная яркость;

6) сведения электроосвещения силовой электроустановки (паспорт) и объектов завода;

7) план цехов (чертежи) по устройству установок);

8) сведения по производственной характеристике; пожаро-и взрывоопасным условиям; температуре, влажности, шандрированию, загрязнению подземных вод и воздуха;

9) сведения по нагрузке (субабоненты) внешних потребителей, подключенных к заводскому узлу (если таковые имеются).

Для составления рабочих чертежей электроснабжения необходимо его технический проект и протокол подтверждения; экспертное заключение по техническому проекту; корректировка или подтверждение исходных значений. В составе технического проекта электроснабжения должны быть:

а) принципиальная схема распределения электроэнергии внутри завода, а для крупных предприятий-схема внешнего электроснабжения, отражающая связь их УРП и ГПП с ИП, локальными электростанциями и подстанциями энергосистемы;

б) схемы замещения РСК (АВР, АПВ) с указанием позиции для определения селективности. Для средних и малых предприятий приводится общая схема электроснабжения с указанием расположения РЗиА;

в) Генеральный план предприятия, включающий: все здания системы электроснабжения; трассу воздушных и основных кабельных линий и токопроводы; расчетную нагрузку основных зданий и сооружений до и выше 1 кВ; ведомость заявлений на установки и материалы по вспомогательной деятельности: цеха подстанции и узла, трансформаторно-масляного хозяйства и т.д., а также установки и материалы для отдельных элементов по требованию энергосистемы;

К пояснительной записке должны быть приложены копии вышеуказанных первичных документов о техническом состоянии.

В рабочих чертежах проекта электроснабжения приводятся:

а) прецизионная принципиальная схема электроснабжения напряжением выше 1 кВ;

б) межцеховая схема узла до 1 кВ;

в) трассы основной сети 6-10 кВ и выше, приемные подстанции, местные электростанции, РП напряжением 6-10 кВ и выше, а также РП (по необходимости) - ТП 6-10/0,4-0,69 схема ситуационного плана расположения предприятия с указанием кВ.

В пояснениях к рабочим чертежам приводятся:

а) начальные значения;

б) обоснованная мощность, расчетная нагрузка, годовые затраты электроэнергии, точные данные по выбору мощности и количества ТП (результат расчетов и выбора) ;

в) точность расчетов, принятых в техническом проекте по результатам экспертизы и в результате изменения исходных значений и расчетов.

1.4.2 Организация бесперебойного электропитания

Электроснабжение-обеспечение потребителей электроэнергией. Под электрической установкой понимается совокупность машин, аппаратов, проводов и вспомогательных агрегатов, предназначенных для производства, преобразования, преобразования, распределения электрической энергии и преобразующих ее в другой вид энергии.

Потребитель электрической энергии-это группа электроприемников или электроприемников, расположенных в определенной зоне и Объединенных технологическим процессом. Приемник электрической энергии-аппарат, предназначенный для преобразования электрической энергии в другой вид энергии.

В таблице 1 представлен список потребителей питания. Группы А,В,С расположены по мере снижения спроса на надежность.

Таблица 1.1Список потребителей питания

Список потребителей	Потребители электроэнергии	Допустимость обрыва электроснабжения
А	Вычислительные системы информации Телекоммуникационные системы АТС Сигнализация системы противопожарной защиты Система видеонаблюдения Система диспетчерского управления	Не допускается
В	Вентиляторы противопожарные Противопожарные лифты Камера охлаждения Сигнальные лучи	Қосымша қорек көзіне разрешение в прошлом
С	Другие технологические и инженерные системы, не вошедшие в группы А и В	Разрешение при ремонте неисправности

Схемы электроснабжения групп А,В,С определяются степенью надежности электроснабжения указанных групп. Электроснабжение группы А требует 1-й категории надежности и ее электроснабжение должно быть обеспечено тремя независимыми источниками питания, соединяющими между собой источники питания. Кроме того, при переходе на дополнительный источник питания должны быть приняты дополнительные меры против кратковременных перерывов электроснабжения. Электропитание группы В выполняется от двух источников питания, но при переходе на дополнительный источник питания нет необходимости принимать меры по предотвращению обрывов. Электропитание группы С желательно обеспечить 2 независимыми источниками питания, но можно и одним источником. В качестве третьего независимого источника питания могут использоваться локальные электростанции, электростанции энергосистем (шины генераторного напряжения), специальные агрегаты-источники бесперебойного питания, аккумуляторные батареи. В рассматриваемых ниже группах дизель-генераторное устройство (ДГУ) и источники бесперебойного питания (ИБП) являются третьими источниками питания. Все потребители расположены в одном здании, группа а определяется уровнем надежности по количеству независимых источников питания. Это связано с тем, что при подключении группы а к внешним независимым источникам питания 2 (кроме ДГУ и ИБП) электроснабжение группы С зависит от того же источника питания 2, а электропитание группы В-от независимого источника питания 3.

При выборе дополнительных источников питания в качестве объекта энергосистемы и возможности уменьшения или даже исчезновения

источника временного напряжения в электрической части энергосистемы автоматики. Использование ДГУ позволяет отслеживать эти моменты.

Определяет технические условия и значения подключения к электрической сети энергосистемы, установленной и одновременной мощности потребителя и надежности электроснабжения. Электроснабжение выполняется по проектам установки автономных источников [11].

Электроснабжение характеризуется качеством и надежностью. Качество электроснабжения неразрывно связано со свойствами электроприемников, что повышает надежность работы электроснабжения. Качество электроснабжения в первую очередь касается качества электроэнергии. Характеризуется искажением и нарушением формы питающего напряжения. Эти ошибки происходят от энергосистем-например, вызываемых коммутацией районов электросети, молниеносным импульсом, повышенным коммутационным напряжением, при работе дополнительного устройства автоматического переключения и при переключении потребителей на другие источники питания. Сами электроприемники могут привести к искажениям в электросети. Такими свойствами обладают электроприемники с быстрыми переменными и нелинейными нагрузочными характеристиками: различные преобразователи, промышленные потребители, электрический транспорт и др. Такие свойства электроприемников относятся к электромагнитной совместимости-возможности функционирования технических средств с заданным качеством в заданных электромагнитных условиях и другие технические приемы могут не вызывать недопустимых электромагнитных помех.

Качество электроэнергии влияет на эффективность и работоспособность электроприемника. Кондуктивные заграждения, применяемые в инфокоммуникационных системах, замораживаются как воздействие на установку. При этом степень помех не превышает норм, установленных по стандарту, а установка работает исправно и в инфокоммуникационных системах отсутствуют сбои (остановка, снижение эффективности).

Система общеобязательного электроснабжения-совокупность электроустановок и электроустановок, предназначенных для обеспечения электроэнергией различных потребителей. Система общеобязательного электроснабжения однофазного и трехфазного переменного тока частотой 50 Гц в точках, нормы качества и показатели электрической энергии в электрической сети стандартны [14].

Нормы энергосистемы – показатели качества электрической энергии, устанавливаемые по заданному стандарту, степень и ограничение электромагнитного соответствия кондуктивным электромагнитным помех в системах общеобязательного общеобязательного электроснабжения. Соблюдение этих норм обеспечивается соблюдением электрических сетей потребителя электрической энергии системой общеобязательного электроснабжения, и не возникает сбоев в работе установки.

Данные нормы применяются при проектировании систем электроснабжения, необходимых для выбора технических мер обеспечения ЭС.

Качество электрической энергии в электрических сетях, находящихся в собственности потребителей электрической энергии, отрасль закреплена стандартными и другими нормативными документами. При отсутствии отраслевых стандартов к потребителям электрической энергии применяется всеобщий стандарт.

К основным показателям качества электроэнергии относятся следующие параметры.

Колебания напряжения характеризуются показателем отклонения установленного напряжения. Определено его допустимое и предельно допустимое по норме напряжение. Они будут зависеть от номинального напряжения от электрической сети 5 или 10%.

Предельно допустимые значения изменения напряжения комплексно функционально зависят от повторяемости частоты. Для инфокоммуникационных систем распределение напряжения важно, так как именно они влияют на установку. Размер фликкера является переменной величиной, независимой от распределения напряжения. Отклонения напряжения и допустимые пороговые значения изменения напряжения, напряжения в точке подключения к электрической сети, равны 0.38 кВ от номинального напряжения на 10% [10].

Значение коэффициента износа бейсинусоидальной кривой предельно допустимого напряжения по норме и в точках общего присоединения к электрическим сетям номинальным напряжением 0.38 кВ не должно превышать 8%, а 6..Для сетей 20кВ-не более -5%.

Эти показатели рассчитываются по методу состава симметрии. Бейсимметрические коэффициенты предельно допустимых обратных и нулевых напряжений в точках соприкосновения с электросетями составляют 2 и 4% соответственно.

Колебания частоты напряжения переменного тока в электрических сетях, предельно допустимые значения которых характеризуются показателем 0,2 и 0,4 Гц.

Падение напряжения-характеризуется продолжительностью падения напряжения. Его предельно допустимое значение равно 30 секундам в электрической сети 20 кВ.

Импульс напряжения, характеризуется показателями импульса напряжения.

Значение импульса напряжения для грозовых импульсов, возникающих в сетях на кабеле 0.38 кВ энергоснабжающей организации, не превышает 10 и 6 кВ. Предельно допустимые значения изменения напряжения комплексно функционально зависят от повторяемости частоты.Для инфокоммуникационных систем распределение напряжения важно, так как именно они влияют на установку. Размер фликкера является переменной

величиной, независимой от распределения напряжения. Отклонения напряжения и допустимые пороговые значения изменения напряжения, напряжения в точке подключения к электрической сети, равны 0.38 кВ от номинального напряжения 10% [14].

Особенности электрического обеспечения средств информатизации и телекоммуникаций.

Потребители группы А имеют следующие особенности – их электроснабжение по сравнению с другими электроприемниками, время включения дополнительного источника питания должно выполняться без кратковременного перерыва питания. Такое электропитание называется непрерывным, также иногда можно встретить термин "без разрыва синусоиды".

В самой группе А электропотребление электроприемников неодинаково. В отличие от схемотехники бинарных источников питания (блоков питания), электроприемники группы А имеют несколько особенностей. Некоторые части электроприемников, выполненные по схеме «трансформатор – выпрямитель – фильтр – стабилизатор» без преобразователя частоты, снабжены блоком питания. Эта схема соответствует ситуации отсутствия преобразователя энергии на первом конце трансформатора. Вторая часть трансформатора имеет импульсный блок питания. В нем для снижения массогабаритного показателя используется преобразование частоты на стороне первичного напряжения трансформатора. Это определяет характеристики тока, используемого нагрузкой. В настоящее время эти блоки питания широко используются.

Под системой бесперебойного электроснабжения понимается электрическое устройство, обеспечивающее приемник энергией, накопленной в аккумуляторе источника бесперебойного электропитания при отклонении внешних источников электропитания.

Электроприемники группы В отличаются в составе системы электроснабжения следующим образом – возможность получения питания от автономных источников – дизель-электростанций (ДЭС) при условии, что питание не обеспечивается от основных источников электроэнергии. По сравнению с ИБП, ДЭС отключается в обычном режиме, и потребители группы В питаются от основных источников наряду с потребителями группы С. ДЭС создается на базе дизель – генераторных установок (ДГУ). В общем случае в состав ДЭС может входить несколько ДГУ различной мощности [10].

Под системой гарантированного электроснабжения подразумевается электроустановка, которая при отклонениях основных источников питания создает дополнительное электроснабжение потребителей от ДЭС.

По определению, система общего электроснабжения (СОЭ) является системой учреждений электроснабжения и предназначена для электроснабжения различных потребителей.

Здесь термин "общее электроснабжение" интерпретируется как система потребителей для электроснабжения электроприемников группы В и С и системы бесперебойного электроснабжения.

В нормальном режиме СОЭ обеспечивает электричеством все электроприемники через внешние источники питания. А в другом режиме у него может быть два состояния:

При наличии двух независимых дополнительных источников электроснабжения питание производится от работающего источника. Если система лишена обоих источников питания, то потребители группы С питаются, а потребители групп А и В принимают питание от СКЭ.

Если в системе имеется только один источник внешнего электроснабжения, любые поломки, отключающие внешнее электроснабжение, обеспечат потребителей группы С и заменят питание групп А и В на СКЭ.

Естественно, электроснабжение электроприемников информационных и телекоммуникационных систем осуществляется их питающей системой – СБП. Однако емкость аккумуляторов ИБП не ограничена, и для увеличения времени автономного электроснабжения в составе СКЭ используется ДГУ. Основным источником электроснабжения является СОЭ [14].

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа №1

Расчет и определение основных параметров двухчастотных периодических тиристор

Обучающийся в процессе выполнения работы привыкает к самостоятельной инженерной работе. При выполнении практического занятия необходимо выполнить следующие основные условия:

1. заданный вариант задания должен соответствовать номеру в списке группы, при превышении количества вариантов над последним номером в списке номер варианта выбирается по последнему номеру (номер варианта выбирается из таблицы 1);

2. заданный номер варианта и схема преобразования и расчетные формулы приведены в таблице 1.2.

Задание 1

Напряжение переменного тока на входе, угол включения тиристора α и мощность нагрузки должны определяться при:

- 1) напряжение постоянного тока на выходе, В;
- 2) ток нагрузки;
- 3) обратное напряжение на тиристоре;
- 4) напряжение на входе преобразователя;
- 5) вычерчивание кривой выходного напряжения.

Таблица 1.1 – Варианты

№	Схемы преобразования тиристора	Напряжение постоянного тока на входе, В	Угол включения тиристора α , 0°	Мощность нагрузки, кВт
1	Схема двухпериодного однофазного мостового	220	15	4,0
2	Схема 1 двухпериодного полууправляемого мостового	220	30	6,0
3	Схема 2 двухпериодного полууправляемого мостового	380	60	2,8
4	Схема нулевого двухпериодного мостового	220	15	2,6
5	Схема двухпериодного однофазного мостового	36	15	0,4
6	Схема 1 двухпериодного полууправляемого мостового	24	30	0,3
7	Схема 2 двухпериодного полууправляемого мостового	127	60	2,0
8	Схема нулевого двухсоставного периодического мостового	12	75	0,54
9	Схема двухпериодного однофазного мостового	220	15	3,4
10	Схема 1 двухпериодного полууправляемого мостового	220	30	2,2

Таблица 1.2–Схемы

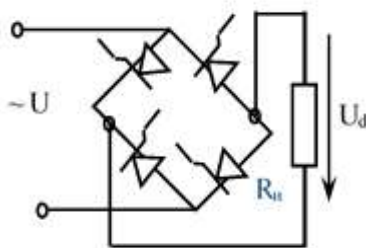
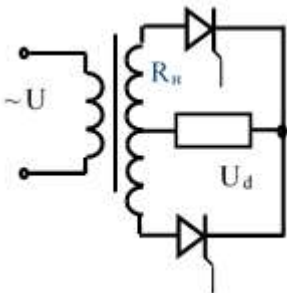
Наименование схемы	Схема	Выпрямленное напряжение на нагрузке	Обратное напряжение на тиристоре
Схема двухполупериодного выпрямителя		$U_d = 0,9U \cos \alpha$	$U_{обр} = 1,57 U_d$
Схема выпрямителя с выводом от средней точки вторичной обмотки трансформатора		$U_d = 0,9U \cos \alpha$	$U_{обр} = 3,14 U_d$

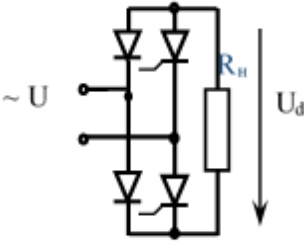
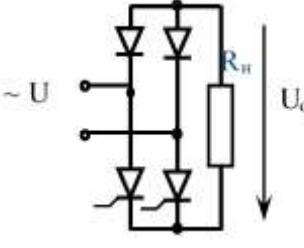
Схема 1 полууправляемого двухфазного периодического мостового выпрямителя		$U_d = 0,9U(1 + \cos\alpha)$	$U_{обр} = 1,57 U_d$
Схема 2 полууправляемого двухфазного периодического мостового выпрямителя		$U_d = 0,9U(1 + \cos\alpha)$	$U_{обр} = 1,57 U_d$

Таблица 1.3 – Значения $\cos \alpha$

α , градус	15	30	45	60	75	90
$\cos \alpha$	0,96	0,866	0,707	0,5	0,26	0,00
6						

Практическая работа №2

Расчет и определение основных параметров трехфазного тиристора

При выполнении практического занятия необходимо выполнить следующие основные условия:

1. заданный вариант задания должен соответствовать номеру в списке группы, при превышении количества вариантов над последним номером в списке номер варианта выбирается по последнему номеру (номер варианта выбирается из таблицы 1);
2. заданный номер варианта и схема преобразования и расчетные формулы приведены в таблице 3.

Задание 2

Напряжение переменного тока на входе, угол включения тиристора α и мощность нагрузки должны определяться при:

- 1) напряжение постоянного тока на выходе, В;
- 2) ток нагрузки;
- 3) обратное напряжение на тиристоре;
- 4) напряжение на входе преобразователя;
- 5) вычерчивание кривой выходного напряжения.

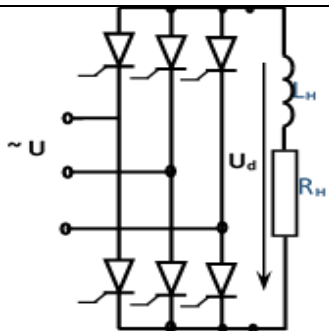
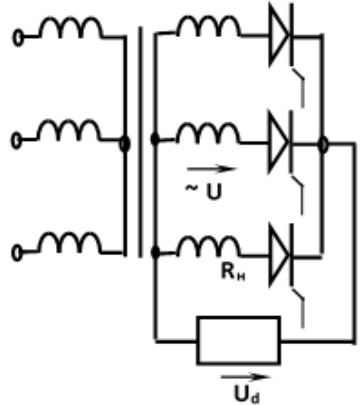
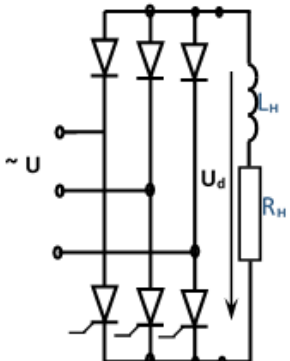
Таблица 1.1 – Варианты

№	Схема преобразования тиристора	Напряжение постоянного тока на входе, В	Угол включения тиристора $\alpha, ^\circ\text{C}$	Мощность нагрузки, кВт
1	Схема трехфазного мостового	220	15	4,0
2	Частично управляемого трехфазного мостового	220	30	6,0
3	Нулевого трехфазного	380	60	2,8
4	Схема трехфазного мостового	220	15	2,6
5	Частично управляемого трехфазного	36	15	0.4
6	Нулевого трехфазного	24	30	0,3
7	Схема трехфазного мостового	127	60	2,0
8	Частично управляемого трехфазного мостового	36	75	0,54
9	Нулевого трехфазного	220	15	3,4
10	Схема трехфазного мостового	220	30	2,2

Таблица 1.2–Значения $\cos \alpha$

α ,градус	15	30	45	60	75	90
$\cos \alpha$	0,966	0,866	0,707	0,5	0,26	0,00

Таблица 1.3-Схемы

Наименование схемы	Схема	Выпрямленное напряжение на нагрузке	Обратное напряжение на тиристоре
Схема трехфазного мостового		$U_d = 2,34U \cos \alpha$	$U_{обр} = 1,045 U_d$
Нулевая трехфазная схема		$U_d = 1,17U \cos \alpha$	$U_{обр} = 2,09 U_d$
Схема полууправляемого трехфазного мостового		$U_d = 1,17U(1 + \cos \alpha)$	$U_{обр} = 1,045 U_d$

Практическая работа №5

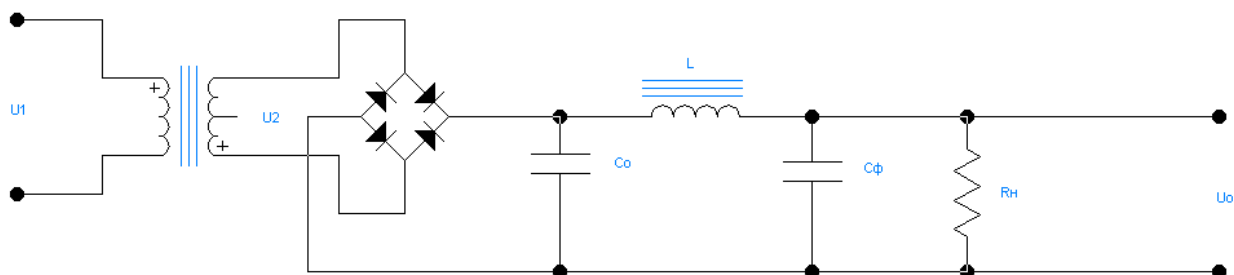
Расчет основных параметров выпрямительных диодов

Цель работы: Основные параметры выпрямительных диодов.

Задание1: расчет и ознакомление с электрической схемой двухпериодных мостовых выпрямителей на полупроводниковых диодах при равном $I_0 = 100 \text{ мА}$ и выпрямленном напряжении $U_0 = 400 \text{ В}$;

Например:

1.Схема подключения выпрямителя приведена на рисунке ниже и необходимые параметры следующие:



1. $U_{\phi} = 0,1 U_0 = 0,1 \cdot 400 = 40 \text{ В}$
2. $U_0' = U_0 + U_{\phi} = 400 + 40 = 440 \text{ В}$
3. $U_{обр} = 1,5 \cdot 440 = 660 \text{ В}$
4. $I_{\max} = 3,5 I_0 = 3,5 \cdot 100 = 350 \text{ мА}$
5. Выбираем диод типа Д205 и его параметры следующие $U_{обр} = 400 \text{ В}$; $I_0 = 400 \text{ мА}$ (при $I_{\max} = 1,256 \text{ А}$; $U_{пр} = 1 \text{ В}$)
6. $R_{пр} = 2 \cdot \frac{U_{пр}}{I_0} = \frac{2 \cdot 1}{0,4} = 5, \text{ Ом}$
7. $R_{тр} = \frac{830 U_0'}{I_0 \sqrt[4]{U_0' I_0}} = \frac{830 \cdot 440}{100 \sqrt[4]{440 \cdot 100}} = \frac{83 \cdot 4,4}{\sqrt[4]{4,4}} = 250$
8. $U_2 = 0,75 U_0' + \frac{I_0 (2R_{опр} + R_{тр})}{530} = 0,75 \cdot 440 + \frac{100 \cdot 260}{530} = 380$
9. $I_2 = 1,41 I_0 + \frac{16,6 U_0'}{(2R_{опр} + R_{тр})} = 1,41 \cdot 100 + \frac{16,6 \cdot 440}{260} = 171$
10. $I_1 = \frac{1,2 U_2 I_2}{U_1} = \frac{1,2 \cdot 380 \cdot 171}{220} = 352, \text{ мА}$
11. $C_0 = \frac{30 I_0}{U_0'} = \frac{30 \cdot 100}{440} = 6,8 \text{ мкФ}$
принимаем $C_0 = C_{\phi} = 10 \text{ мкФ}$.
12. $p_0 = \frac{300 I_0}{U_0' C_0} = \frac{300 \cdot 100}{440 \cdot 10} = 6,8\%$
13. $L_{\phi} = L_{\phi}' = \frac{0,8 p_0}{C_{\phi} \sqrt{p}} = \frac{0,8 \cdot 6,8}{10 \sqrt{0,01}} = 5,5 \text{ гн}$

Таблица 1.1- Заданные выпрямители

Типы выпрямителей	$U_{обр \max}, \text{ В}$	$I_0, \text{ А}$	$U_{пр}, \text{ В}$	$I_{обр}, \text{ мА}$
ВГ - 2 ¹	150-300	2-5	0,5	1
ВГ - 2	100-150	10	0,6	1
ВГ-10	50-150	10	0,4	1
ВГ-30	50-150	30	0,5	1
ВГ-50	50-100	50	0,5	1
ВГВ-200	50	200	0,8	1
ВГВ-500	50	500	1,0	1,5
ВК-10 ²	50-200	10	0,9	1
ВК-50	50-150	50	1,1	1

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Какие законы можно отнести к основным законам электрического поля?
2. Закон Кулона - основной закон электростатики
3. Напряженность электрического поля
4. Что такое диэлектрики?
5. Полупроводниковый диод
6. Типы транзисторов
7. Схемы подключения транзисторов.
8. Какие существуют типы усилителей?
9. Назови основные показатели усилителей
10. Что такое дифференциальный усилитель?
11. Какова структура операционного усилителя?
12. Усилитель мощности и его характеристика
13. Стабилизаторы
14. Типы стабилизаторов
15. Схема параметрического стабилизатора напряжения, выполненная на полупроводниковом стабилитроне
16. Что такое выпрямитель?
17. Электроснабжение.

КРАТКОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итоги данного раздела, мы остановимся на основных видах преобразований в источниках электропитания. Модульное обучение основано на фундаментальных законах электромагнетизма, достижениях электроники и микроэлектроники, моделировании электротехнических и радиотехнических изделий, методе анализа электронных систем. Показана классификация преобразователей электрической энергии в источниках электропитания преобразования электрической энергии. Определения и основные понятия систем и устройств электропитания, а также требования к ним. При изучении урока основное внимание следует уделять физическим процессам, протекающим в рассматриваемых устройствах и системах. В конце раздела приведены практические работы и вопросы для самоконтроля обучающегося.

Список рекомендуемой литературы и дополнительных источников

1. Воробьев А.Ю. Электроснабжение компьютерных и телекоммуникационных систем. - М. 2003, Инженерная энциклопедия.
2. Нұрманов М.Ш., Құрманов А.Т., Жанғозин Ә.Ж., Электроника және микросхемотехника негіздері. – Астана, Фолиант, 2008ж.
3. Березин О.К., Костиков В.Г., Шахнов В.А. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры.- М. Три Л2 , 2000.-400с.

РАЗДЕЛ 2 РЕГУЛИРОВКА И НАСТРОЙКА БЛОКОВ ОБОРУДОВАНИЯ И СЕТЕЙ



ВВЕДЕНИЕ

Современное развитие взаимосвязанных сетей связи в Казахстане в рамках ее преобразования определяется переходом к современным средствам связи, а также заменой звеньев электрических средств связи, характерных для развития мировой сети связи. Основной задачей коммуникационной отрасли всегда является передача и распределение информации. В данном разделе рассматриваются развитие, создание и системы передачи связи. Рассмотрим основные требования и параметры цепей, предъявляемых к линиям связи.

Цели обучения:

- ✓ разъяснение принципов работы основных узлов оборудования;
- ✓ оптический распределительный шкаф, сплитерные муфты, блок удаленного абонентского доступа, устройство и назначение компрессорно-сигнального устройства, Принцип работы, анализ порядка составления функциональных схем оборудования;
- ✓ обучение конструктивным схемам узлов оборудования;
- ✓ уметь определять место повреждения кабеля;
- ✓ вычерчивание функциональных схем узлов.

По окончании данного модуля обучающиеся осваивают:

- ✓ Знает принцип работы основных узлов оборудования связи.
- ✓ Проводит работы по монтажу узлов оборудования.
- ✓ Проводит тестирование блоков систем оборудования связи.
- ✓ Соблюдает технику безопасности при проведении работ по наладке блоков и узлов оборудования.
- ✓ Соблюдает технику безопасности при обслуживании кабелей под избыточным давлением воздуха.
- ✓ При избыточном давлении определяют место повреждения кабеля.
- ✓ Понимает структуру электропитания.
- ✓ Соблюдает технику безопасности при проведении работ по электропитанию.

Предварительные требования:

Перед изучением данного модуля обучающемуся рекомендуется успешно завершить обучение по базовым модулям и профессиональным модулям квалификации 130703 «Техник» в соответствии с Типовым учебным планом специальности «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания»

2.1 Обслуживание кабелей при избыточном давлении воздуха.

Наиболее эффективным средством повышения надежности кабелей, кабельных линий при постоянном избыточном давлении газа является систематический контроль состояния оболочки кабеля, определение места ее повреждения и защита кабеля от влаги. Для поддержания под давлением междугородного кабеля кабельная линия разделяется на герметичные секции. Длина секции плотности КМ-8/6, КМ-4 и МКТС-4 - 18 км для коаксиальных кабелей, симметричные МКС-4х4 и 7х4-20 км. Герметичность концов секций обеспечивается газонепроницаемой, устанавливаемой на усилительных пунктах перед подключением к конечным устройствам.

В симметричных кабелях используются газонепроницаемые муфты с эпоксидным компаундом внутри, а в коаксиальных кабелях-специальные газонепроницаемые муфты заводского изготовления. Постоянное избыточное давление в кабеле может поддерживаться двумя способами: автоматической перекачкой по мере утечки газа или периодической перекачкой газа. В настоящее время первый способ является наиболее распространенным. Для этого используется кабельный монтаж под избыточным давлением (КМИД). Устройство междугородного кабеля с длиной секции плотности 18 км при постоянном давлении с использованием установок КМИД показано на рисунке. В качестве источника сжатого газа используются баллоны высокого давления или компрессорные установки [15].

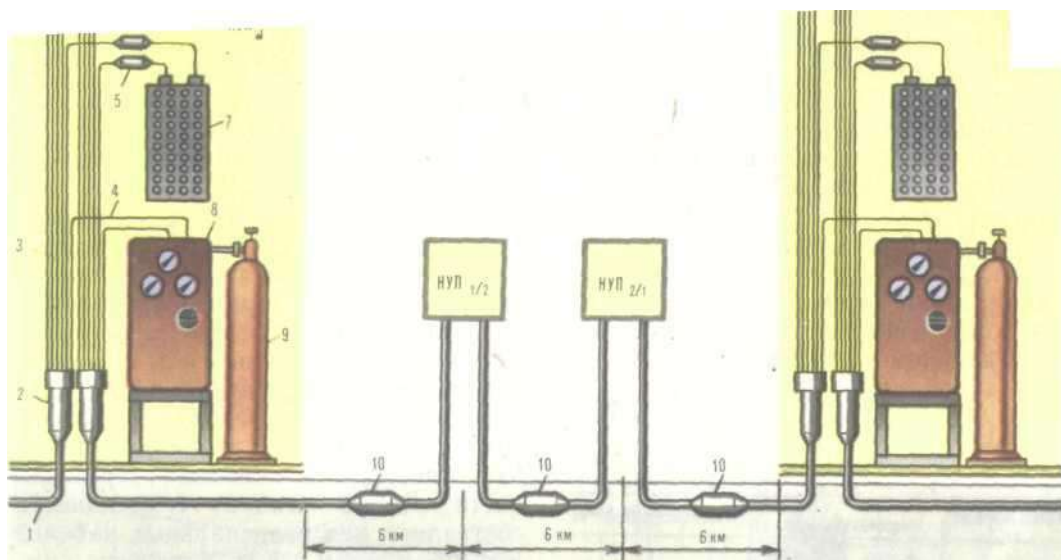


Рис. 2.1. Схема содержания кабелей под избыточным газовым давлением: 1 — кабель; 2 — разветвительная муфта; 3 — распределительные кабели; 4 — газопровод; 5 — муфта ГМС; 6 — муфта ОГКМ; 7 — бокс; 8 — АКОУ; 9 — баллон; 10 — муфта соединительная

Емкость баллонов 40 л, давление газа 14 700 кПа (150 кгс/см²). Давление компрессора 294—786 кПа (3—8 кгс/см²). Допускаются следующие величины давления в различных кабелях: КМ-8/6—44(0,45); КМ-

4—64(0,66); МКС-7Х4-62(0,65); МКС-4Х4—72 (0,73); МКС-1Х4—108(1,1) кПа (кгс/ см²).

Эффективность содержания кабеля под избыточным давлением в значительной степени зависит от количества газа, помещающегося в кабеле (на единицу длины), а также от скорости распространения газа. При разгерметизации кабельной линии, т. е. появлении отверстия, струя выходящего через него газа предохраняет кабель от проникновения влаги. Чем больше отверстие, тем быстрее будет снижаться давление в районе повреждения, и поэтому чем больше запас газа (в кабеле) и чем быстрее он будет распространяться от источников подкачки до района повреждения, тем продолжительнее будет защитное действие избыточного давления. Количество и скорость распространения газа в кабеле зависит от его типа и конструкции, особенно от плотности сердечника. Свободный объем газа в 1 км кабеля составляет: КМБ-8/6—860; КМБ-4—450; МКС-7Х7— 150; МКС-1Х4—35 л. Пользуясь этими данными, можно определить, сколько необходимо газа для накачки кабельной линии любой длины до заданного избыточного давления. Для осуществления непрерывного контроля за герметичностью оболочки кабеля, а также определения района повреждения используются методы учета расхода газа и манометрический.

Метод учета расхода газа основан на учете расхода газа, подаваемого в кабель с обоих концов участка для компенсации утечки, вызванной повреждением оболочки. Учитывая, что при установившемся режиме распределения давления в кабеле объем газа, подаваемого с обоих концов участка для компенсации утечки, обратно пропорционален расстоянию до места утечки, по расходу газа за единицу времени определяют район повреждения. При этом методе отпадает необходимость в специальных сигнальных жилах. Метод позволяет определить район повреждения, если на участке имеется только одно место утечки.

Манометрический метод основан на f одновременном измерении манометрами давления в нескольких точках участка, расположенных на одинаковом расстоянии друг от друга. По результатам измерений строят график распределения давления, характеризующийся двумя наклонными кривыми, расходящимися от места утечки газа. Пересечение этих кривых соответствует району утечки газа (рис. 2.1). Для определения места нарушения герметичности кабеля (после установления района повреждения) наиболее эффективным является метод использования индикаторных газов, способных перемещаться в почве (или другом газе) в сторону меньших концентраций. Распространяясь по кабелю, индикаторный газ выходит сквозь поврежденную оболочку в грунт и через некоторое время достигает поверхности земли, где его можно обнаружить с помощью индикаторных приборов. В качестве индикаторного газа для определения места повреждения обычно используется фреон-22 (дифторхлорметан). Кабелеискателем уточняется и обозначается вешками трасса кабеля 1,5—2 м над кабелем пробивают шурфы диаметром 2—3 см и глубиной 25-30 см. Предварительно

обследуют галоидным течеискателем поврежденный участок для установления причины естественного «фона», создаваемого галоидосодержащими примесями почвы, поврежденный участок предварительно проверяют галоидным проточником[16].

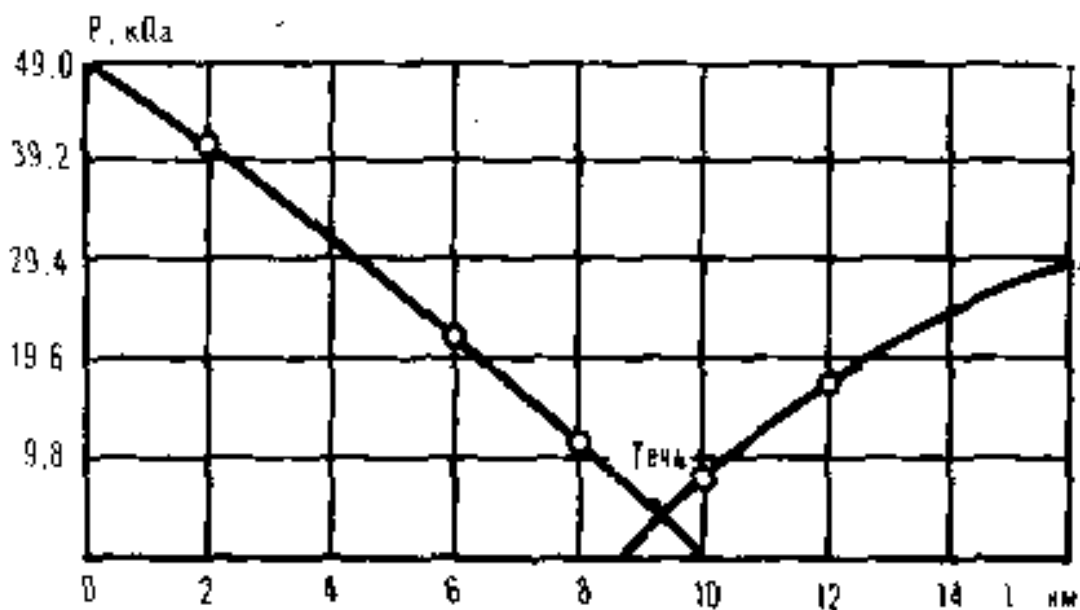


Рис.2.2. Манометрический метод определения района повреждения кабеля

В ближайшую к границе района повреждения муфту впаивают вентиль и снижают в этом месте избыточное давление (открывают вентиль на 20—30 мин). В течение 5-10 мин в кабель вводят фреон-22 под давлением 50—60 кПа. Для обеспечения движения индикаторного газа по кабелю вдоль поврежденного участка после фреона-22 в кабель сухой воздух под давлением 50-60 кПа. Через 12—15 ч после введения фреона приступают к обследованию трассы, для чего в шурфах выносным щупом течеискателя берут пробы воздуха. Максимум газа наблюдается непосредственно над местом повреждения кабеля. При неблагоприятных условиях прохождения фреона в грунте место повреждения кабеля может быть обнаружено через 5—7 суток. В качестве источников сжатого газа для испытания герметичности кабеля и содержания его под постоянным избыточным давлением используются компрессорные установки, баллоны высокого давления и установки для ручной накачки кабеля. Компрессорные установки предназначены для нагнетания газа в кабель и наполнения им баллонов высокого давления. Последние изготавливаются на рабочее давление 10, 15, 20 МПа и состоят из опорного башмака, цилиндрического корпуса, в горловине которого имеется внутренняя резьба для опорного вентиля. На горловине укреплено кольцо с резьбой, на которое навинчивается предохранительный колпак.

Галоидный течеискатель ГТИ-3 предназначен для обнаружения мест утечки галоидосодержащих газов (рис. 2.3). Он состоит из измерительного блока и выносного щупа. Вентиляционное устройство, расположенное совместно с датчиком в выносном щупе, непрерывно втягивает воздух в междуэлектродное пространство датчика, представляющего собой диод с платиновыми электродами. Ток датчика при наличии примеси фреона резко возрастает, сопротивление падает, что регистрируется стрелочным прибором. Кроме того, уменьшение сопротивления изменяет частоту колебаний звукового генератора (чем больше ионный ток, тем выше частота), что позволяет использовать также звуковой индикатор. Определение места повреждения оболочки кабеля и ее негерметичности производится в два этапа: сначала с помощью установок содержания кабеля под давлением определяется район повреждения кабеля, а затем путем подачи индикаторного газа точно находится место негерметичности оболочки.



Рис. 2.3. Галоидный течеискатель ГТИ 250

Сто повреждения оболочек и ее негерметичности определяется подачей в кабель индикаторного газа. Распространяясь по кабелю, газ выходит сквозь поврежденную оболочку на поверхность земли, где и обнаруживается индикаторными приборами. Для указанной цели используются углекислый газ, радон, радиоактивный газ и фреон. Наибольшее применение получил газ фреон. Он инертен к металлам, нетоксичен и не воспламеняется.

Установка для содержания кабеля под давлением УСКД предназначена для автоматической подачи воздуха в кабели связи, поддержания в них постоянного избыточного давления и контроля герметичности. Установка позволяет следить за величиной давления и расходом газа, получать сигнал о нарушении герметичности и определять район повреждения кабеля. Габаритные размеры УСКД 480 X X200X540 мм; масса 37 кг. Общий вид установки приведен на рис. 2.4, а структурная схема — на рис.2.5[15].

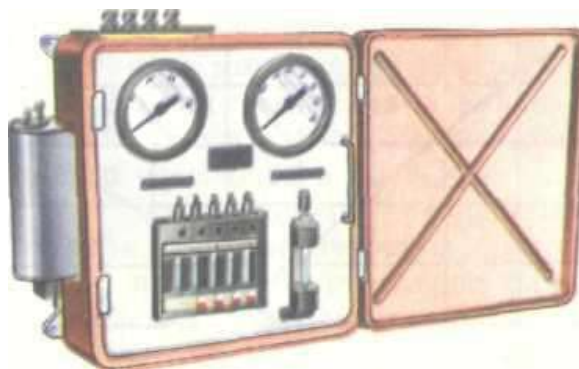


Рис.2.4. Общий вид установки УСКД

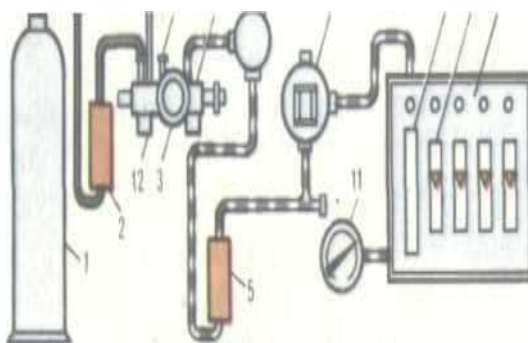


Рис. 2.5. Структурная схема УСКД: 1 — баллон; 2, 5 — осушительные камеры; 3 — редуктор высокого давления; 4 — редуктор низкого давления; 6 — сигнализатор; 7 — индикатор влажности; 8 — блок ротаметров; 9 — ротаметры; 10, 11 — манометры; 12, 13, 14 — предохранительные клапаны; 15 —штуцер

Газ из баллона высокого давления 1 через осушительную камеру высокого давления 2 подается в редуктор 3 с обратным клапаном (при питании установки от компрессора газ подается через штуцер /5), а затем в редуктор низкого давления 4, на выходе из которого образуется стабильное давление 49 кПа ($0,5 \text{ кгс/см}^2$), поддерживаемое автоматически. Далее газ проходит через осушительную камеру низкого давления 5, пневматический сигнализатор 6, индикатор влажности 7 и блок ротаметров 8, где с помощью ротаметров 9 контролируется расход газа в каждом кабеле. Электроконтактный манометр 10 контролирует давление в баллоне, а манометр 11 — давление газа, подаваемого в кабель. Безопасность работы установки обеспечивается тремя предохранительными клапанами - 12,13,14. Обратный клапан редуктор отключения баллона высокого давления от установки пр снижении давления.

Пневматический сигнализатор 6 оборудован группой электрических контактов, при замыкании которых подаются сигналы в цепь телесигнализации. Район нарушения герметичности определяется по расходу газа с помощью воздушного контактного прибора ВКП-1, входящего в

комплект установки УСКД. Для содержания городских телефонных кабелей под избыточным давлением предназначена компрессорно-сигнальная установка (КСУ). Последняя устанавливается на АТС и позволяет содержать под давлением до 30 кабелей и следить за герметичностью оболочки каждого кабеля. В качестве источника питания используется переменный ток напряжением 220 В или постоянный ток напряжением 60 В. Кабели подаются под избыточное давление порядка 50 кПа [17].

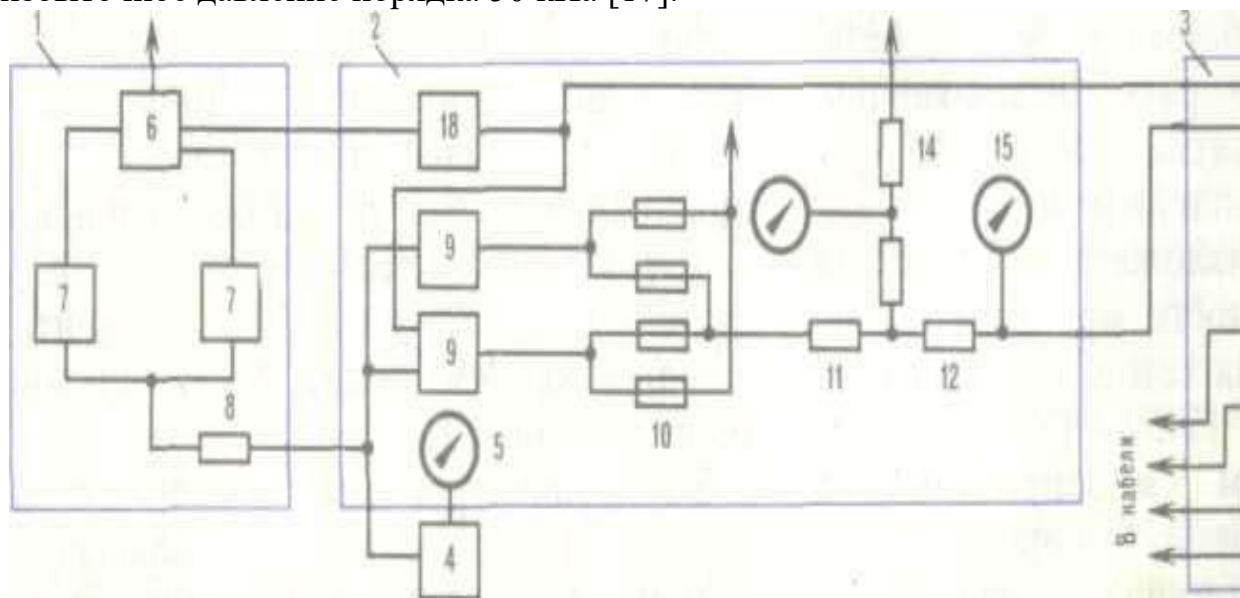


Рис.2.6. Структурная схема КСУ: 1 - компрессорная группа; 2 - блок осушки; 3 - распределительный статив; 4 - ресивер; 5, 15 - манометры; 6 - электродвигатель; 7 - компрессоры; 8 - обратный канал; 9 - осушитель; 10 - кларометр; 11 - индикатор влажности; 12 - редуктор; 13 - коллектор; 14 - ротаметр; 16 - сигнальный ротаметр; 17 - обводной вентиль; 18 - автоматики.

Структурная схема КСУ приведена на рис. 2.6. Установка состоит из компрессорной группы 1, блока осушки и автоматики 2 и распределительного статива 3. При понижении давления в кабеле и ресивере 4 до предельно допустимой величины срабатывает электроконтактный манометр 5, регулирующий давление в ресивере, с помощью устройств автоматики 18 включается электродвигатель 6 и запускаются компрессоры 7. В случае повышения давления в ресивере до верхнего предела компрессоры останавливаются. Контроль за величиной давления на выходе осуществляется манометром 15. С помощью ротаметра 14 по расходу газа можно определять район повреждения оболочки кабеля. Установка имеет общую звуковую и оптическую сигнализацию о появлении аварийной утечки. Герметичность концов кабелей обеспечивается газонепроницаемыми муфтами, которые устанавливаются в шахтах перед перчаткой, где линейный кабель распаивается на 100X2, а на другом конце — в шкафных колодках а кабелях 100X2, включаемых в боксы [16].

2.1.1 Работа газоанализатора

Газоанализаторы - это устройства, измеряющие объем газа и состав смеси, подлежащие измерению в составе газовых смесей. Газоанализатор необходим в каждой отрасли промышленности, при определении содержания газа, во многих научных исследованиях для контроля допустимого объема газа на технологических процессах, в местах проведения огнетушащих, взрывных работ, для контроля количества газа в закрытых помещениях, наносящего вред здоровью хищников, для изучения состава окружающей атмосферы. Газоанализаторы состоят из датчика, с помощью которого измеряемая составляющая преобразуется в электрическую сигнализацию.

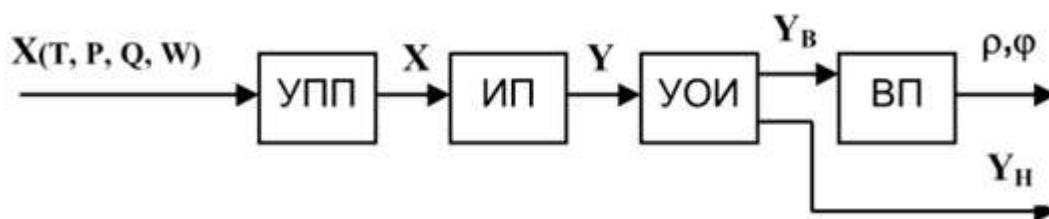


Рис.2.7. Структурная схема газоаналитического устройства

Структурная схема любого газоаналитического устройства (рис. 1) состоит из следующих частей:

- устройство пробоподготовки УПП;
- измерительный преобразователь желчи ИП;
- устройство обработки информации УОИ;
- восточное приборостроение ВП.

УПП служит для сбора, транспортировки, очистки, осушения, нагнетания анализируемой смеси через камеры измерения желчи, а также стабилизации ее температуры, давления P , расхода Q , потребления мощности W и других параметров (при необходимости). ИП осуществляет преобразование параметров, характеризующих состояние газа, в электрический, пневматический, (или иного вида) информационный сигнал. ИП обрабатывает аналоговый или цифровой сигнал, поступающий от ИПУОИ. ВП отображает информацию, поступающую из УОИ, в удобной для использования форме.

Особенности устройства пробоподготовки

Выборка, взятая для анализа, имеет очень большой разброс параметров, таких как пыль, давление, температура, влажность, содержание неизмеримых компонентов, наличие вредных и химически активных веществ.

Вместе с ним, используемые в газоанализаторах ИП, представляют собой очищенную, собранную анализируемую модель с красивыми, стабильными физическими параметрами (температура, давление, поток и т.д.). Кроме того, между объектом и ИП должна быть включена УПП.

Общие требования к УПП:

- эффективная и надежная очистка от механических примесей и аэрозолей;
- уменьшение содержания влаги до необходимых значений (осушение);
- стабилизация давления, температуры, расхода и других параметров;
- отсутствие или уменьшение информационной сорбции и десорбции (анализируемый компонент);
- высокая производительность, минимальное время задержки автомобиля;
- высокая параметрическая надежность.

Одним из основных и трудных требований УПП является обеспечение репрезентативности пробы, подаваемой на ИП, т. е. гарантированное сохранение ее состава в первую очередь в отношении определяемого компонента (или компонентов).

Часто одной из задач УПП является преобразование одного вещества (например, флуоресцентные газоанализаторы NO_2 - NO , NO - NO_2 в хемилюминесцентных газоанализаторах и т. д.), а также отделение одного или групп компонентов от остальной смеси. Поэтому в состав УПП входят катализаторы и узлы селективных фильтров.

Основные характеристики измерительных преобразователей газоанализаторов характеризуются следующими технико-экономическими показателями.

Коэффициент преобразования

Коэффициент преобразования ИП определяется соотношением (чувствительность)

$$K = \Delta Y / \Delta X \quad (1)$$

где ΔY - изменение выходного сигнала; ΔX - изменение входного сигнала.

Необходимость анализа газовых смесей в широком диапазоне определяемых компонентов требует обеспечения максимального значения K и его устойчивости и независимости от внешних разрушающих факторов (температура, давление, поток, влажность и др.). В настоящее время стабильность коэффициентов преобразования в лучшем ИП доведена до значений не менее 0,2-0,5% диапазона преобразования в сутки.

Избирательность

Избирательность ИП - это свойство передачи сигнала на выходе. С увеличением необходимой точности измерений газоаналитического оборудования и усложнением анализируемых смесей требования к селективности ИП резко возрастают, так как низкая селективность в условиях эксплуатации может привести к значительным дополнительным ошибкам и нередко поставить под сомнение результаты измерений.

Надежность

Надежность - свойство ИП выполнять заданные функции, сохраняя показатели работы в заданных пределах за требуемый промежуток времени.

Шумостойкость

Шумостойкость-способность ИП сохранять свои характеристики при воздействии различных разрушающих факторов (изменение давления, температуры, влажности и сопротивления питанию и др.). В настоящее время условия эксплуатации ИП характеризуются широким спектром изменений температуры, давления, влажности, питательных напряжений и др.[18].

Виды газоанализаторов:



Рис.2.8. Газоанализатор типа ПГА - 300



Рис.2.9. Газоанализатор типа ФСТ-04

По функциональному направлению автоматический и полуавтоматический газоанализатор классифицируют на две большие группы: производственные и лабораторные.

По режиму работы подразделяются на: непрерывный и циклический (за определенный промежуток времени).

По принципу действия газоанализатора: механический, тепловой, магнитный, электрохимический, оптический.

Термический газоанализатор не зависит от точности давления контролируемой газовой смеси, не требует прерывистого измерения большого количества проб газа. Классификация: термокондуктометрические, термохимические газоанализаторы.

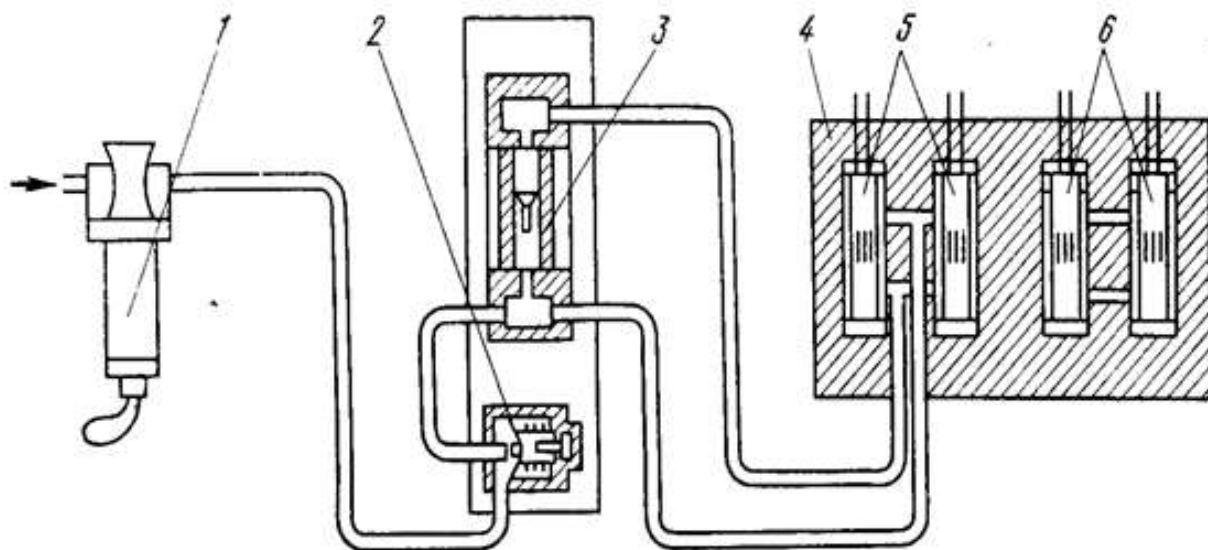


Рис.2.10. Схема измерительного преобразователя газовой смеси термокондуктометрического газоанализатора
1-фильтр; 2-отвертка; 3-регулировка расхода газа; 4-измерительный блок; 5-рабочая камера; 6-камера сравнения

Принцип действия *термокондуктометрического газоанализатора* основан на разности теплопроводности нескольких газовых компонентов. В термокондуктометрическом газоанализаторе контролируемая газовая смесь проходит через фильтр, в котором очищается масло, влага, пыль. Затем с помощью отвертки давление уменьшается, уменьшенная газовая смесь подается в газоизмерительный блок с регулируемым расходом ротаметрового газа. Измерительный блок имеет рабочие и камеры сравнения. Рабочая камера является проточной, а камера сравнения-проточной. Ведь камера сравнения заполнена сухим воздухом. Сравнивается с эталоном теплопроводности известного состава смеси[16].

Термохимический газоанализатор предназначен для анализа газовой смеси, содержащей метан, эфир, водород, пары спирта, бензин и другие горючие или взрывчатые компоненты.

Магнитный газоанализатор используется для определения концентрации кислорода в различных газовых смесях.

Электрохимический газоанализатор основан на использовании электрохимической реакции, протекающей в электролите под действием компонента контролируемой газовой смеси. Порог чувствительности контролируемого компонента и разница в высоком выборе составляют $1 \cdot 10^{-6}\%$.

Классификация: кулонометрические и полярографические газоанализаторы.

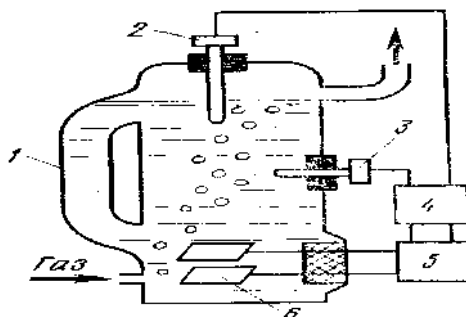


Рис.2.11. Схема измерительного преобразователя кулонометрического газоанализатора

1 – ячейка; 2 –измерительный электрод; 3 –электрод сравнения; 4 – измерительное устройство; 5 –источник постоянного тока; 6 –платиновый электрод двух одинаковых генераторов

В электролизе контролируемого вещества на основе *кулонометрического газоанализатора* зависит от прямой пропорциональности между количеством электричества или силой тока, проходящей через систему. Принцип действия газоанализаторов применяется для определения содержания воздуха в производственном помещении или соединения малых концентраций серы в контролируемой газовой смеси.

Полярографический газоанализатор основан на электролизе электролиза в составе электрохимически активного вещества, которое непрерывно продувается электролитом, количество контролируемого газового вещества прямо пропорционально давлению [18].

Оптический газоанализатор основан на использовании зависимости изменения оптических свойств определяемого компонента от концентрации контролируемой газовой смеси. Широко используются инфракрасные, ультрафиолетовые, фотокolorиметрические оптические газоанализаторы.

Ифракционный газоанализатор основан на изменении степени поглощения инфракрасного излучения контролируемым газом.

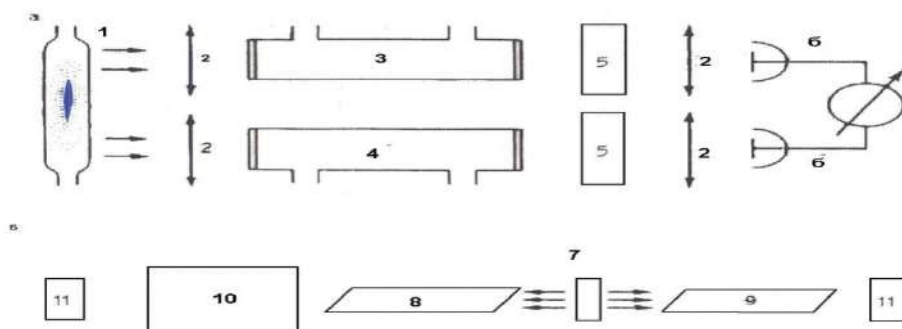


Рис.2.12. Схема измерительного преобразователя ультрафиолетового газоанализатора

1 – источник отражения; 2 – оптическая система регулирования отражения; 3 – контролирующая среда с газовой смесью; 4 – сравнивающая среда с газовой смесью; 5 – приемник отражения; 6 – блок обработки и регулирования сигнала

Ультрафиолетовый газоанализатор используется для измерения содержания хлора, паров ртути, бензола и других газов. Основан на измерении поглощения ультрафиолетового излучения контролируемым газом.

Фотоколориметрический газоанализатор используется для определения микроконцентрации различных газов, к которым присоединяется специальный реагент с цветной реакцией. Действие прибора основано на сопоставлении величины светового потока с эталонной величиной светового потока, результатом отражения которого является окрашивание прибора.

Требования, предъявляемые к специальным приборам при их выборе: точность и чувствительность измерений.

2.1.2 Устройство и работа компрессорно-сигнального устройства

Компрессорно-сигнальные установки предназначены для получения осушенных газовых смесей, используемых для управления различного назначения под избыточным давлением газа с целью поддержания кабелей связи и предотвращения разрушения связи, вызванного попаданием влаги внутрь кабеля. Сушильный блок выполнен на основе мембранного газораспределительного аппарата. Компрессорно-сигнальная установка установки обслуживает от 30 до 200 кабелей связи и используется в крупных узлах связи. Экономичный, надежный, очень простой в обслуживании, мембраны заслуженно получили признание наших клиентов. Компрессорно-сигнальное устройство было разработано и внедрено в производство в 1998 году, при этом были внесены существенные изменения в конструкцию и внешний вид установок, в частности, улучшена система резервирования, охлаждения компрессоров, применены новые полимерные мембраны [17].

Установки обеспечивают:

а) поддержание определенного количества кабелей различной емкости под избыточным давлением воздуха (в зависимости от типа установки), в том числе определенного количества кабелей с поврежденной оболочкой (а также в зависимости от типа установки);

б) контроль давления воздуха в ресивере и на выходе установки, расхода воздуха, подаваемого на кабели;

б) контроль влажности воздуха, подаваемого в кабели по изменению цвета индикаторного силикагеля на индикаторе влажности;

в) автоматическая замена сушильных камер и регенерация силикагеля без его снятия;

г) подача сигналов при нарушении герметичности оболочек кабелей и нарушении работы установки (потеря переменного или постоянного тока, перегрузка электродвигателя компрессора и включение сушильной камеры в регенерацию).

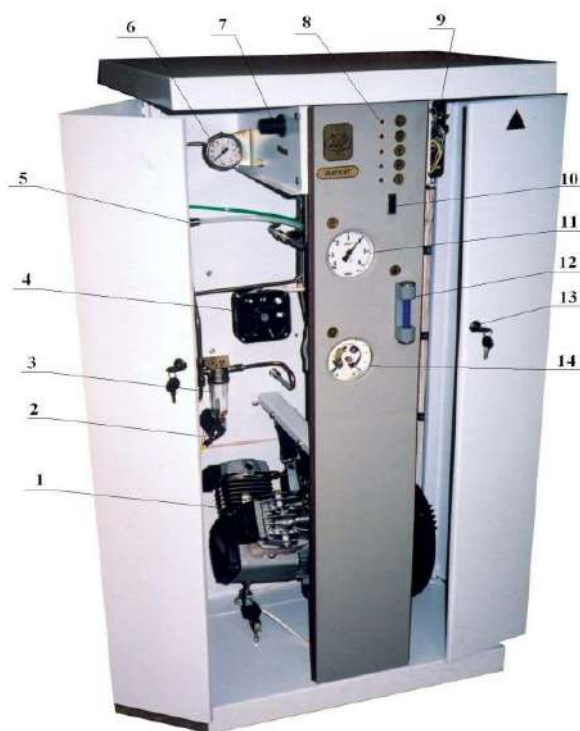


Рис.2.13. Устройство компрессорно-сигнального устройства

1 - электрический компрессор с резиновыми амортизаторами; 2- электромагнитный клапан отвод конденсата; 3-воздушный фильтр; 4- вентилятор; 5-запорный клапан подсохшей газовой смеси; 6-манометр на выходе компрессора; 7-регулируемый редуктор (давление в кабеле); 8-панель дисплея для режимов работы; 9-электрическая панель; 10-выключатель питания; 11-манометр на приемниках; 12-индикатор влажности силикагеля; 13-блокировочный замок; 14 - электроконтактный манометр воздуха на кабеле

Таблица 2.1. Основные технические характеристики устройства

Описание	Показатели
Количество обслуживаемых кабелей, шт.	30 или 60
Количество распределительных статов, шт.	1 или 2
Производительность, / мин, не менее	35
Диапазон рабочего давления на выходе, МПа (кгс / см ²)	0,05±0,002 (0,5±0,02)
Абсолютная влажность воздуха на выходе, г / м ³	0,3
Эффективность в температурном диапазоне, °С	+ 10...+35
Температура воздуха +20 °С и влажности воздуха	80
Время регенерации силикагеля, ч	15
Электропитание:	220/380 50 60 10 0,5
- напряжение от трехфазной сети переменного тока, В	4000
- частота, Гц	660х440х1664 860х360х380 1100х210х1800
- постоянное напряжение, В	200 75 90

2.1.3 Определение места повреждения кабеля избыточным давлением

Чтобы защитить внутреннюю часть оболочек кабеля от влаги, он удерживается под избыточным давлением. В случае повреждения оболочки кабеля выдерживание под избыточным давлением также способствует поиску места повреждения. Для поддержания кабеля связи под избыточным давлением кабель разделяет линию связи на замкнутые сектора (18, 20, 24, 40 км). На край кабеля в замкнутом секторе, перед входом в усилитель, надевается газонепроницаемая муфта. Для поддержания избыточного давления в пределах одной величины за все время положение отходящего от него газа заполняется автоматически или в определенный срок. Сжатый газ извлекается из баллона газозадержателя высокого давления или компрессорных установок. Давление в них 0,45...1,1 кгс / см². Для определения места прокола оболочки кабеля используется указательный газ (дифторхлорметан фреон22), перемещающийся к месту уменьшения концентрации газа. Устройство удержания контактного кабеля при избыточном давлении состоит из баллона высокого давления, осушительной

камеры высокого давления, редуктора обратного клапана, осушительной камеры низкого давления, пневматического сигнализатора, индикатора влажности, блоков ротометра и манометра [19].

Виды повреждений кабельной линии. Изоляция силовой кабельной линии, питающие производственные или коммунальные объекты должны удовлетворять требованиям нормативных материалов. Кабельная сеть, не удовлетворяющая этим условиям, относится к категории «поврежденных». Такая сеть должна быть отключена от сети. По обе стороны от него вывешивается плакат «Не включать - работают люди». Определение места повреждения кабельной линии производится прежним методом измерений. Если кабельная линия удовлетворяет требованиям после ремонта, ее включают в эксплуатацию.

К причинам, препятствующим повреждению кабельной сети, могут относиться:

- ✓ канавки и болота при рытье на кабельной трассе;
- ✓ неисправности в ремонте муфты (не сваренная шейка муфты, трещина изоляции при разрыве, плохая сварка и исправление соединительных зажимов, не заправленная маслом муфта и др.);
- ✓ заводские дефекты (повреждение защитного покрытия кабеля и его оболочки, совпадение бумажной ленты изоляции с щетиной кабеля, заломы, поперечные отверстия в ленте, отслаивание провода токоведущей щетины и др.);
- ✓ коррозия оболочки кабеля в грунте, вызванная действием вихревого тока электрифицированного транспорта или воздействием различных химических реагентов;
- ✓ разрыв в токоведущей щетине кабельной линии при осадке или сдвиге грунта на трассе линии, при своевременном загорании щетины;
- ✓ электрический износ изоляции или ее ожог;
- ✓ ажыр розлив или отсоединение компаунда (в виде желтого порошка или мелкокристалла) от его нагара в муфте и фильтре;
- ✓ дефекты прокладки (большие обрывы на повороте трассы, троса, болота и т.д.).

Основными видами повреждений кабеля являются механические повреждения, возникающие при производстве земляных работ и дефекты прокладки кабеля, ремонта муфты и эксплуатации кабельной линии. Своевременное обнаружение дефектов кабельной изоляции и муфты является периодической задачей профилактического осмотра кабельной сети. Закрепление дефектов в кабеле повышает уровень изоляции узла, а также надежность электроснабжения потребителей. Правильная организация профилактического осмотра экономична в ремонте повреждений кабельной линии, удобна для пользователя [17].

Повреждения кабельной сети характеризуются по-разному и могут быть разделены на следующие виды:

- ✓ повреждение изоляции, препятствующей заземлению одного провода;
- ✓ повреждение изоляции, препятствующей замыканию двух или трех проводов, двух или трех проводов в одном или разных местах;
- ✓ разрыв одной или трех жил как заземленных и неразрывных, с заземлением или без него.

Плавающие выемки изоляции могут быть: выемка одной щетины на земле, выемка одной, двух или трех щетин с взаимным заземлением и без заземления.

Определение характера повреждения. Определение места повреждения кабеля (МПК) начинается с определения характера повреждения, выбора подходящего метода определения места повреждения и необходимости предварительного «сжигания» - уменьшения переходного сопротивления на месте повреждения до значения.

Переходя к измерению в кабельной линии, на соединительном аппарате необходимо убедиться в плакате «не включать - работают люди»; на противоположной стороне измеряемого кабеля должен быть вывешен плакат «стоп - высокое напряжение», таким образом, в процессе измерения на кабеле подается высокое напряжение. После этого указателем следует проверить отсутствие напряжения на кабеле и на всех трех щетках разделить его заземлением. После снятия заземления на кабеле можно работать с измерительными приборами. Характер повреждения кабельной линии до 1000 В М4100/1 – М4100/5, Ф4102/1-1М, Ф4102/2, ТТ-1 и др. с помощью инструментов можно определить.

Сопротивление изоляции каждого токоведущего пучка кабеля измеряется по отношению к земле и другим пучкам. Заземление размещают на одном конце кабеля для полного обнаружения тока. Для кабельных линий с напряжением выше 1000 В характер повреждения определяется при заземлении каждого провода и без заземления - при следующем испытании с корректировкой напряжения с испытательного устройства. Напряжение увеличивается до проверки. Для определения характера сложного повреждения (двойной обрыв кабельной щетины, повреждение щетины в разных местах) применяются измерители неоднородности кабельной линии Р5-1а, Р5-5, Р5-9, Р5-10, Р5-12.

Методы определения места повреждения. Высокий темп развития электрических узлов предъявляет жесткие требования к способу и аппарату для определения места повреждения кабельной линии [16].

К способу МПК кабельной линии предъявляют следующие требования:

1) погрешность МПК при размещении кабельной линии под усовершенствованным покрытием не должна превышать 3 м, согласованной со сложностью рытья;

2) Определение места повреждения не должно превышать нескольких часов для ускорения ввода сети во время использования;

3) Высокая надежность применяемых аппаратов и безопасность производства работ.

Метод МПК, реализуемый силовыми кабельными линиями, в соответствии с назначением делится на две группы:

1) расстояние, позволяет определить расстояние от места измерения до места повреждения;

2) топографическое, позволяет указать место поражения непосредственно на трассе (топографическое).

Запрещается определять дистанционным методом даже расстояние до места повреждения с высокой точностью, гарантировать точное место для рытья на трассе без проверки топографическим методом, а также даже точный имеющийся план не указывает на изменение глубины траншеи, неизвестные уклоны сверху и т.д.

Дистанционный метод обеспечивает ускоренное направленное определение места поражения, куда должен быть направлен Измеритель и топографическим методом обозначить место для копания. Среди топографических методов размещен много индукционный и акустический методы, а среди дистанционных - импульсный, колебательный разрядный и петельный методы. Как правило, в месте повреждения предварительной изоляции проводят обжиг [17].

Для применения импульсных и индукционных методов МПК необходимо уменьшить переходное сопротивление в месте повреждения до единицы, а то и до доли Ом. Чтобы охватить такое препятствие, достаточно полностью заглубить канал в месте повреждения. Между щетиной и оболочкой кабеля (или между двумя щетинами) необходимо соорудить металлический проводящий мост, который постепенно заполняет разрядный канал, за счет повышенной щетины и металлической детали оболочки. При последних десяти амперах ступени обжигающей установки происходит плавление. Акустический метод требует создания акустического разряда в месте повреждения. Кабель должен иметь сквозное отверстие в оболочке кабеля для прослушивания электрического разряда над землей в месте повреждения и переходное сопротивление, достаточное для образования искры разряда.

При использовании запорного метода переходное сопротивление должно составлять 0-5 кОм, а напряжение на аккумуляторе кабельного сопротивления опорного должно составлять 24-140 В.

Метод колебательного разряда применяется при переходном сопротивлении при наличии нескольких МОм и колебательного процесса в кабеле. Напряжение проема составляет от 8 кВ до проверяющего. Измеритель решает, каким методом проводить процесс обжига, чтобы получить быстрый и точный результат при измерении кабеля в сети [19].

2.1.4 Техника безопасности, соблюдаемая при обслуживании кабелей под избыточным давлением воздуха

Эксплуатация оборудования, обеспечивающего наличие кабеля под избыточным давлением воздуха, должна соответствовать требованиям действующего устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (с изменениями по состоянию на 16.07.2012 г.).

Требования к установке и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением (далее - требования) применяются к проектированию, установке, изготовлению, реконструкции, наладке, монтажу, ремонту, техническому диагностированию и эксплуатации емкостей, цистерн, бочек, баллонов, барокамер (далее-сосуды), работающих под избыточным давлением.

Работы на этом оборудовании разрешается производить по распоряжению после отключения кабеля и подготовки рабочего места. Работы проводятся только специалистами, имеющими право на проведение этих работ.

Снятие панелей с блока сушки и автоматики и начало работы допускается через 15 минут после снятия напряжения с оборудования. При работе необходимо использовать диэлектрический коврик.

Металлические части компрессорной установки и баллонов со сжатым воздухом должны быть надежно заземлены на видимую шину контура заземления [15].

2.2 Замена узлов оборудования

2.2.1 Работа основных узлов оборудования связи

Для образования путей передачи информации на любой из узлов сети необходимо осуществлять соединения между каналами (или группами каналов) различных магистралей, оканчивающихся на одном и том же узле. Кроме соединения отдельных каналов и магистралей в узлах связи осуществляется ввод/вывод отдельных информационных потоков из транспортной сети к потребителям (рис. 2.14).



Рис. 2.14. Схема взаимодействия абонентов через телекоммуникационную сети

Телекоммуникационные узлы представляют собой организационно-техническое объединение средств и комплексов связи (канального, коммутационного, абонентского и др. оборудования), характеризуемого определенными структурными свойствами и предназначенного для ввода, вывода информации, каналообразования, коммутации каналов связи (сообщений, пакетов) в соответствии с потребностью пользователей (абонентов) сети.

В узлах осуществляется формирование путей передачи информации между конечными пунктами сети. С этой целью на узле предусматривается возможность непосредственного (для сетей с коммутацией каналов) или косвенного, через промежуточную буферную память (для сетей коммутации сообщений или пакетов), соединения между каналами линий связи, инцидентных (смежных) данному узлу.

Каналы связи от смежных узлов кроссируются непосредственно в кроссе или коммутируются в коммутационном поле узла. Управляющее устройство может воздействовать на коммутационное поле и кросс и хранит, в общем случае, как информацию о свободных, занятых и поврежденных каналах связи, инцидентных данному узлу, так и информацию, используемую при поиске пути установления соединения в коммутационном поле узла. Коммутационное поле по командам УУ обеспечивает оперативное установление соединения между коммутируемыми каналами [16].

Абонентский КРОСС (коммутационно-распределительное оборудование средств связи), обеспечивает возможность подключения конечных устройств пользователей, терминалов телефонной сети и других абонентских устройств через абонентские линии к коммутационной системе узла.



Рис. 2.15. Упрощенная структурная схема узла связи

Посредством коммутационной системы, содержащей коммутационное поле, устройство управления и КРОСС каналообразующей аппаратуры, абонентские сигналы коммутируются на входы каналов систем электросвязи различных родов связи (например, волоконно-оптической системы передачи или радиорелейная станция) и т.д. Далее групповые сигналы с выхода каналообразующей аппаратуры передаются соответствующим линиям связи к другим узлам связи.

Применение систем передачи, относящихся к различным родам связи, использовании основных и обходных направлений связи и альтернативной маршрутизации сообщений (соединений при организации составных каналов) обеспечивает высокую живучесть сети связи [8].

Для передачи различных видов информации на базе каналов первичной сети ВСС, разворачиваются соответствующие вторичные сети по видам передаваемой информации:

- ✓ телефонная сеть,
- ✓ сеть передачи телеметрической информации,
- ✓ сеть передачи сигналов телевидения,
- ✓ сеть телеграфной связи,
- ✓ сеть передачи данных, и др.

Для оказания услуг связи потребители и абоненты осуществляют доступ к узлу связи транспортной сети через сети абонентского доступа (САД). При этом наблюдаются следующие тенденции развития систем абонентского доступа

- ✓ использование существующих медных телефонных линий для предоставления широкополосного доступа средствами модемов xDSL (Digital Subscriber Line) в его различных разновидностях (HDSL, ADSL, VDSL), со скоростями 64 кбит/с – 50 Мбит/с на расстояниях от десятков и сотен метров до нескольких километров;

- ✓ использование технологий: «волокну в дом», «волокну в распределительный шкаф», «волокну в офис» и т. д., обозначаемых FTTx (Fiber To The Home,...), например, пассивной оптической сети PON (Passive Optical Network), основанных на сети волоконно-оптических линий, для организации доступа к любым видам услуг;

- ✓ использование технологий широкополосных радио технологий WiMAX, UMTS, LTE и др. для фиксированного и мобильного доступа с разделением радиочастотных ресурсов по спектру частот, по времени, кодовым разделением, пакетной передачей.

Организационно-техническое устройство узла связи - совокупность аппаратных, станций, средств и комплексов связи, электрически связанных между собой и объединенных в элементы, обеспечивающие целостность узла связи. В качестве примера на рисунке 2.15 представлен вариант организационно-технического построения полевого узла связи.

Связь с узлами связи, кроме узла связи пункта управления, обеспечивается по линиям прямой связи и соединительным линиям связи.

Линии прямой связи-сети, непосредственно развертываемые между узлами связи пунктов управления с использованием радио -, радиорелейных, тропосферных, спутниковых и проводных (кабельных) средств связи [16].

Соединительные линии связи-сети, размещаемые между узлами связи пунктов управления и опорными (вспомогательными) узлами связи, узлами связи территориальной системы связи и узлами связи Единой электросвязи.

Для обеспечения связи между элементами узлов связи, дистанционного управления средствами связи и предоставления различных видов связи должностным лицам на узлах связи развертываются соединительные линии связи, сети дистанционного управления и абонентские линии связи.

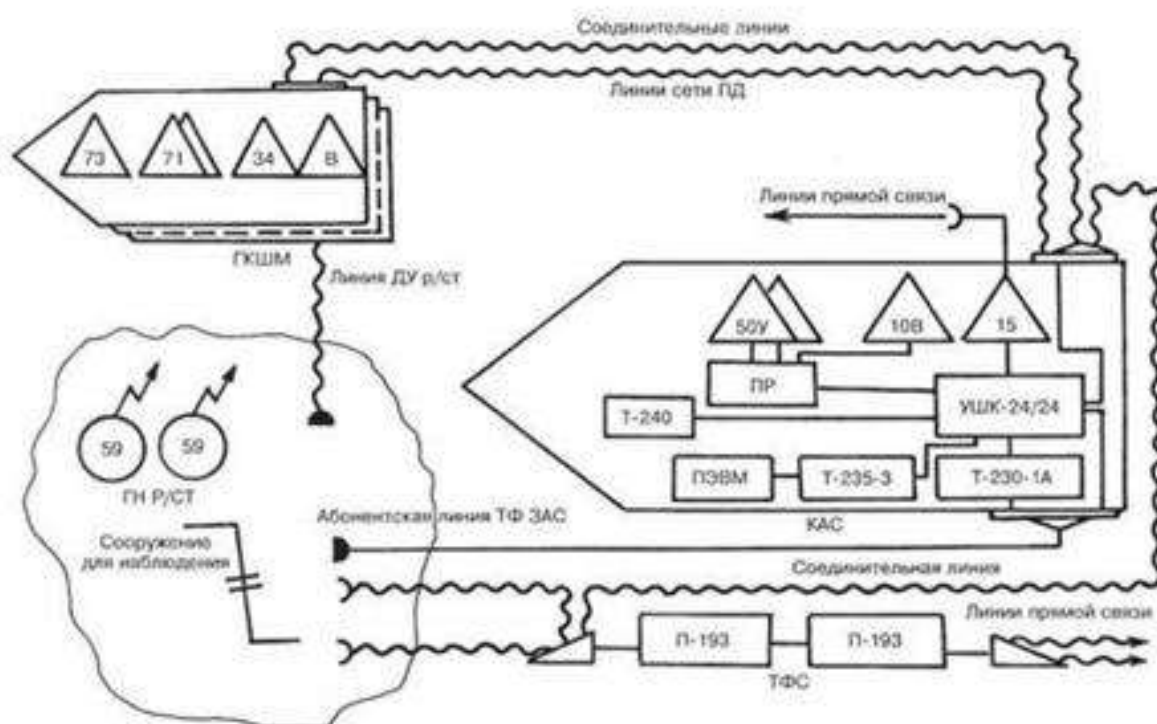


Рис. 2.16. Устройство технической организации узла связи пункта управления

Соединительные линии связи — линии связи, предназначенные для соединения элементов узлов связи (аппаратных, станций связи) между собой.

Линии дистанционного управления — линии связи, предназначенные для управления средствами связи, находящимися на удалении.

Абонентские линии связи — линии связи, предназначенные для соединения конечных средств связи абонента с элементами узла связи (аппаратными, станциями связи).

✓ Узлы связи частей и подразделений должны отвечать следующим требованиям:

✓ быть в постоянной готовности к немедленной передаче (приему) всех видов информации (обеспечению переговоров) в заданные сроки с требуемой достоверностью и безопасностью;

- ✓ обеспечивать максимальные удобства пользования средствами связи и автоматизации управления;
- ✓ обладать высокой живучестью и разведзащищенностью;
- ✓ иметь возможность широкого маневра средствами, каналами и видами связи;
- ✓ удовлетворять требованиям электромагнитной совместимости всех радиоэлектронных средств, развертываемых в районе узла связи;
- ✓ обладать высокой мобильностью и обеспечивать устойчивую связь в движении.

Своевременное прохождение сообщений с требуемой достоверностью и безопасностью в заданные сроки (обеспечение переговоров) означает, что время прохождения документальных сообщений и обеспечения переговоров не превышает нормативный срок.

Контрольные сроки обработки документальных сообщений и предоставления телефонных переговоров, продолжительность их проведения определяются «Правилами обеспечения телефонных переговоров в узлах связи ВС РК» и «Положениями о категориях срочности и паролях».

Обеспечение своевременности прохождения сообщений на УС достигается: постоянной готовностью каналов связи к передаче(приему) сообщений; увеличением количества каналов и связей, повышением эффективности их использования; сокращением времени обработки сообщений в экспедиции; использованием факсимильной связи, передачи данных и вынесенных телеграфных аппаратов на УС; организацией эффективного контроля за прохождением сообщений; сокращением объемов сообщений путем их формализации; четкой организацией боевого дежурства и оперативно-технической службы; строгим соблюдением очередности передачи и доставки принятых сообщений.

Обеспечение требуемой пропускной способности узлов связи. Под пропускной способностью узла связи понимается возможность УС обеспечивать обмен заданным количеством сообщений (криптограмм, телеграмм, радиogramм и кодограмм, телефонных переговоров) за единицу времени.

Основными мероприятиями по достижению требуемой пропускной способности узлов связи являются: создание на направлениях связи рабочих и резервных каналов различной физической природы с возможностью обеспечения обходных направлений; применение многоканальных средств связи; широкое использование аппаратуры засекречивания; повышение скорости передачи в каналах связи; применение аппаратуры передачи данных; обеспечение высокой оперативности составления, распределения и коммутации каналов; организация постоянного контроля за прохождением сообщений и подготовка высококвалифицированного личного состава УС [17].

2.2.2 Работы по монтажу и демонтажу узлов оборудования

Отдельные строительные длины, участки, пролеты проложенных кабелей объединяются и соединяются в единую линию и конечные устройства. Место соединения кабеля называется муфтой. Подключение кабеля к конечным устройствам называется зарядкой.

Монтаж-ответственная работа в строительстве кабельных сооружений. Высокое качество монтажа обеспечивает надежность кабельной линии.

К кабельным сваркам предъявляются следующие требования:

- ✓ омическое сопротивление не должно увеличиваться;
- ✓ сопротивление изоляции не должно уменьшаться;
- ✓ пары должны быть сохранены, не допускается разрыв пар и их запутывание;
- ✓ должна быть обеспечена надежная механическая прочность соединения;
- ✓ непрерывность экрана (если она есть) должна быть восстановлена;
- ✓ герметизация оболочки должна быть прочной и герметичной;
- ✓ место сварки не должно быть слишком густым по сравнению с диаметром кабеля.

При соединении кабелей:

Соединение проводников между собой в последовательности, расположенной на соответствующих петлях кабеля.

Соединение контрольных групп одного конца кабеля с контрольными группами другого.

Соединение между собой стержней с одноцветной изоляцией.

Качество кабеля контролируется до и после монтажа. Последняя установленная линия подвергается электрическим контрольным измерениям.

Концы кабеля вставляются в колодец и закрепляются на консолях таким образом, чтобы конец одного кабеля закрывал конец другого на необходимую длину, которая определяется емкостью кабеля и диаметром жил.

В месте снятия кабельных оболочек делают кольцевые надрезы. После выполнения резки оболочки кабель марки ТГ малой емкости слегка изгибается в 2-3 раза, после чего свинцовая оболочка ломается по срезу и легко вытягивается из кабеля. Оболочку кабеля емкостью 300 пар и более получают одним или двумя продольными разрезами.

После снятия свинцовой пленки с краев кабеля жилы на кромке свинцовой пленки обвязываются миткалевой лентой или нитью, что предохраняет изоляцию жил кабеля от повреждения края оболочки, после чего снимается ленточная изоляция.

При разделении полиэтиленовых оболочек не допускается затягивание оболочки. Для его удаления достаточно одного-двух продольных разрезов.

Удаление пластиковой пленки значительно облегчается, если ее предварительно разогреть. Ремни аккуратно скручивают в обмотки изоляцию, экранные ленты и экранную проволоку и привязывают их к краю оболочки.

Муфту или ее части следует надавить на подготовленные концы. Затем пары каждого рулона разделяют на две части, гладко загибают и прикрепляют к оболочке [19].

В токопроводящих кабелях каждый пучок загибается и крепится к оболочке.

Соединение жил кабеля

Кабельные линии (жилы) соединяются по цвету попарно и присоединяются к кипе, контрольные пары каждой кипы объединяются с контрольными парами другой кипы.

Поврежденные пары добавляются в последнюю очередь.

Соединение стержней начинается с нижней части верхнего мата. После объединения пар нижнего бруса объединяются нижние пары следующего бруса и т.д. затем объединяются пары Центрального бруса, а затем и верхней половины в порядке после Центра.

Соединение пар стержней с бумажной изоляцией осуществляется следующим образом. Раньше в обе жилки вставляли бумажные или пластиковые рукава. Проводники соединяются путем скручивания, удерживая два-три витка бумажной изоляции. Затем утеплитель удаляют с каждого корня и скручивают в длину на 12-15 мм, при этом в начале скручивание слабое, в конце плотное. После того, как стержни скручиваются до нужной длины, лишние стержни откусываются, а скручивание плотно изгибается к стержням. Бумажные рукава перемещаются на место скручивания, после чего пара завязывается ниткой с двух сторон.

Далее соединение происходит в том же порядке, только по всей длине муфты необходимо провести скручивание и расположить бумажные рукава в виде пластин.

Провода кабелей ГТС (городской телефонной сети) с полиэтиленовой изоляцией соединяются аналогичным образом с помощью полиэтиленовых гильз.

Жилы кабелей с полиэтиленовой изоляцией могут быть скручены с помощью устройства ПСЖ-4 или соединены отдельными или многопаровыми соединениями зажимного типа. Удаление изоляции от стержней, связанных с этими методами, не требуется.

После окончания соединения всех жил, изолированных бумагой (Т-кабелями), росток просушивают горячим воздухом от сварочной лампы или газовой горелки (с использованием металлической обшивки). Пластиковую изоляцию нельзя сушить, так как она не термостойкая и не гигроскопична. Затем ремни восстанавливают изоляцию. Росток обматывают двумя-тремя слоями бумажной или миткалевой ленты (Т-кабели) или пластиковой ленты (ПТ-кабели). Кроме того, необходимо восстановить электрическую

целостность экрана. Для этого саженец обматывают сохранившимися экранными лентами, соединенными с «замком». Экранный шнур соединяется скручиванием на длине 15-20 мм [17].

Монтаж сердечника симметричного кабеля

До разделки концов кабеля проверяется герметичность и сопротивление изоляции шланговых изолирующих покровов срачиваемых отрезков кабеля. Далее производится электрическая проверка сердечника кабеля; концы срачиваемых кабелей укладывают на монтажные козлы, закрепляют и разделяют по заданным размерам. Около обреза джута (наружного шланга) бронь зачищают до блеска и залуживают на одну треть окружности захватом обеих лент. На залуженные места накладывают бандаж из медной проволоки, концы которой не обрезают, так как они используются для перепайки брони срачиваемых кабелей, а в кабелях - без изолирующих покровов и с оболочкой (муфтой). Бандаж припаивается к броне. По отметкам среза оболочки делают круговые надрезы и от них к концам кабеля — по два продольных надреза с расстоянием между ними 5—6 мм. Надрезанную полоску свинцовой оболочки снимают плоскогубцами (рис. 2.17), оболочку раздвигают и удаляют. Разделка концов кабеля перед монтажом показана на рис. 2.18. До начала монтажа цилиндрическую муфту надвигают на один из концов кабеля. Четверки и пары разбивают по повивам. Сращивание жил начинают с центрального повива. Технология сращивания и изоляция сrostка показаны на рис. 2.19. В многочетверочных кабелях места скрутки смежных четверок сдвигают друг с другом относительно друг друга так, чтобы они распределялись равномерно по всей длине сrostка. Пропайка скрутки жил производится в стаканчиковом оловянно-свинцовым припоем типа ПОС.

После просушки над пламенем паяльной лампы (особенно кабелей с бумажной изоляцией жил) сrostок обматывают двумя слоями кабельной бумаги, между которыми укладывается паспорт на смонтированную муфту (рис. 2.20) [20].

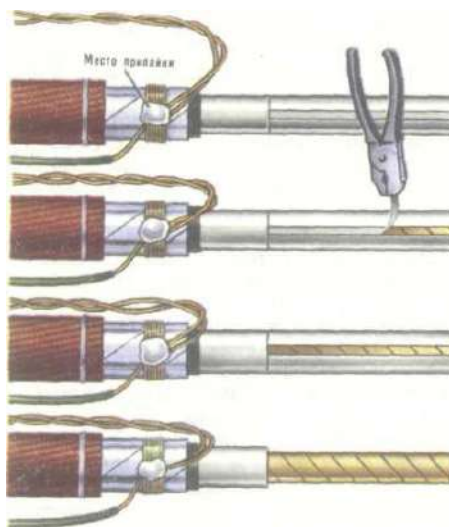


Рис. 2.17. Удаление свинцовой оболочки

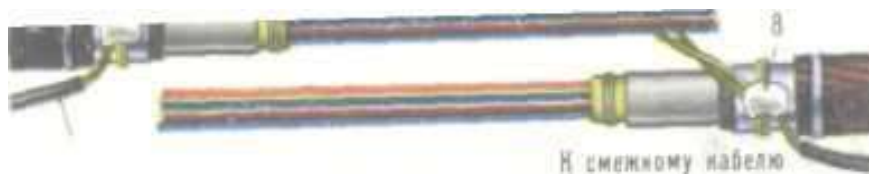


Рис. 2.18. Разделка концов кабеля перед монтажом муфты:

1 — джут; 2 — проволочный бандаж; 3 — броня; 4 — оболочка; 5 - бандаж из ниток; 6 — жилы; 7 - провода для перепайки брони и оболочки; 8 - пропайка бандажа



Рис.2.19.Сращивание жил междугороднего кабеля

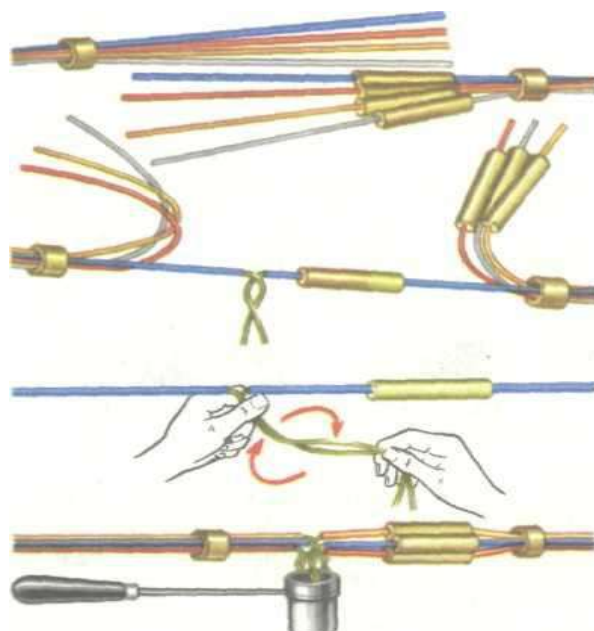


Рис. 2.20. Сросток перед запайкой свинцовой муфты

Сращивание жил кабелей ГТС производится либо скруткой, либо соединителями сжимаемого типа. Горячая пайка жил, как правило, применяется. На рис. 2.21 показано сращивание жил способом скрутки, известно много разновидностей соединителей сжимаемого типа, но наибольшее использование находит многопарный соединитель. На рис 2.22 показан соединитель на 20 жил кабеля. Контактное сращивание жил обеспечивается сжатием соединителя с помощью пресс-техники. При этом изоляция жил прорезается на остриях контактов и происходит надежное электрическое соединение одновременно всех жил. Достоинством таких соединителей являются хорошее и стабильное контактное сопротивление и надежная изоляция жил. Многопарные соединители особенно эффективны при монтаже крупных кабелей связи (свыше 500X2).

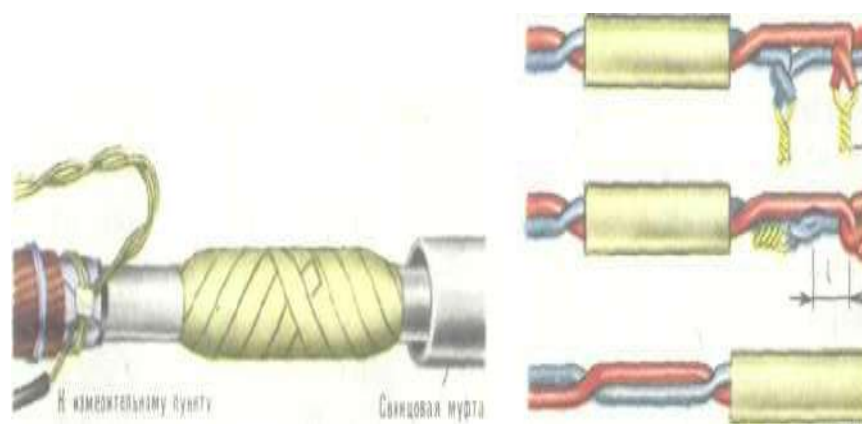


Рис.2.21.Сращивание жил кабеля ГТС

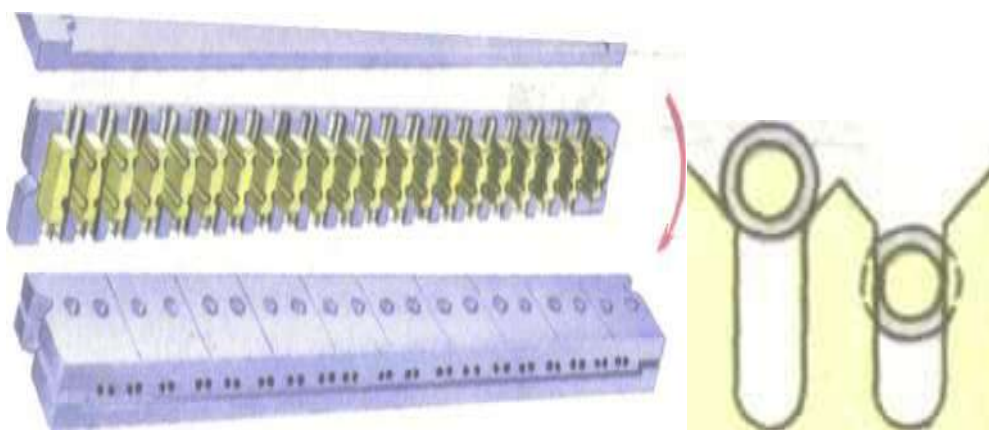


Рис. 2.22. Десятипарный соединитель для кабелей ГТС

Особенности монтажа кабелей с алюминиевыми жилами состоят в сварке концов скрученных жил на пламени паяльной лампы или газовой горелки с применением специального флюса, к примеру флюса Ф-54А при рабочей температуре плавления 200°C. Соединение алюминиевых жил с медными осуществляют с помощью медно-алюминиевой вставки, представляющей собой отрезок алюминиевой проволоки, покрытой на одном конце слоем меди[21].

Монтаж коаксиальных кабелей

Особенности монтажа коаксиальных кабелей сводятся к способам соединения коаксиальных пар, которые, в отличие от симметричных, требуют особого ухода при прокладке и монтаже, что исключает попадание металлических опилок на ростки, прогиб, сжатие и другие деформации, приводящие к нарушению электрических характеристик. Соединение пар производится косвенно, т. е. между первой и первой, второй и второй и т.д. Для удобства монтажа симметричные четыре и пара загибаются в сторону и между коаксиальными парами устанавливаются промежуточные диски. Вырезание коаксиальных пар производится по образцу (рис.2.23).

При помощи разогретой специальной вилки из каждой пары получается по три-четыре полиэтиленовых шайбы. Вместо них

устанавливаются термостатные фторопластовые шайбы, предохраняющие коаксиальные пары от деформации при последующих монтажных процессах (сварка, сжатие).

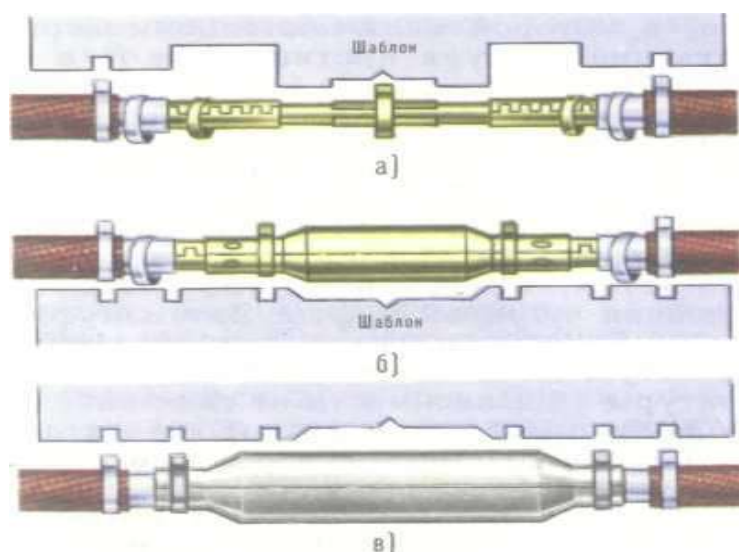


Рис. 2.23. Монтаж коаксиальной пары типа 2,6/9,5: а) соединение внутреннего проводника; б) соединение внешнего проводника; в) восстановление экрана; в) ростки

Соединение внутреннего проводника осуществляется с помощью медной втулки с отверстием, а внешнего проводника и экрана — с помощью медных и стальных разрезных муфт, шейки которых сжаты кольцами. Росток изолируют полиэтиленовой гильзой. Затем симметричные квадраты объединяются. После симметричного четырехслойного ремонта саженцы обматывают тремя-четырьмя слоями кабельной бумаги или стеклянной ленты, между которыми укладывают паспорт. Сварка свинцовой муфты, установка и заливка чугуновой муфты производятся так же, как и на симметричных кабелях. Для установки небольших коаксиальных пар типа 1,2/4,6 используются специальные инструменты и детали, в основном аналогичные парам типа 2,6/9,5. Особенность установки пар типа 1,2/4,6 заключается в том, что после распила коаксиальных пар каждая из них имеет латунную опорную втулку (рис.2.24), которая фиксирует концы экранных лент и создает опору для медных и стальных резервных муфт при их сжатии в процессе соединения наружной проводящей и экранной лент [22].



Рис. 2.24. Резка малогабаритного коаксиального кабеля типа 1,2 / 4,6 (показана одна коаксиальная и одна симметричная пара):

1-оболочка; 2-изоляция коаксиальной пары; 3-экран; 4-опорная втулка;
5-Внешний проводник; 6-полиэтиленовая изоляция; 7-внутренний проводник;

Кроме того, для создания опоры под внешние проводники в местах разрезов пластиковые трубки перемещаются во внутренние проводники до сжатия изоляции цилиндра. Установка коаксиальных пар комбинированного кабеля осуществляется инструментами и деталями, применяемыми для кабелей КМБ-4 и МКТСБ-4. Для удобства резки и соединения коаксиальных пар 2,6/9,5 используется промежуточный конус с продольным отверстием, через который подвешивают небольшие коаксиальные пары. После разборки пар 2,6/9,5 и удаления конуса пары 1,2/4,6 и одного проводника извлекают из внутреннего промежутка в промежутке между парами 2,6/9,5 и временно изгибают. Сначала соединяются пары 2,6/9,5, затем пары 1,2/4,6 и в самом конце симметричные элементы. Для монтажа используется свинцовая муфта с усеченными конусами.

Особенности монтажа оптических кабелей

Установка оптических кабелей является наиболее важной операцией, определяющей качество и диапазон связи по оптическим кабельным линиям. Соединение волокон и монтаж кабелей осуществляются как в процессе производства, так и при прокладке и эксплуатации кабельных линий. Монтаж оптических кабелей подразделяется на стационарные (стационарные) и временные (съемные). Постоянный монтаж производится на стационарных кабельных линиях, прокладываемых в течение длительного времени, а временный монтаж-на мобильных линиях, где строительная длина кабелей должна быть многократно соединена и отсоединена. Разъем оптического волокна, как правило, представляет собой приспособление для фиксации и фиксации соединяемых волокон, а также для механической защиты расщелины. Основные требования, предъявляемые к разъему-простота конструкции, низкие переходные издержки, устойчивость к внешним механическим и климатическим воздействиям, надежность. Помимо разъемных выключателей, существуют требования к стабильности параметров при многократной стыковке [23].

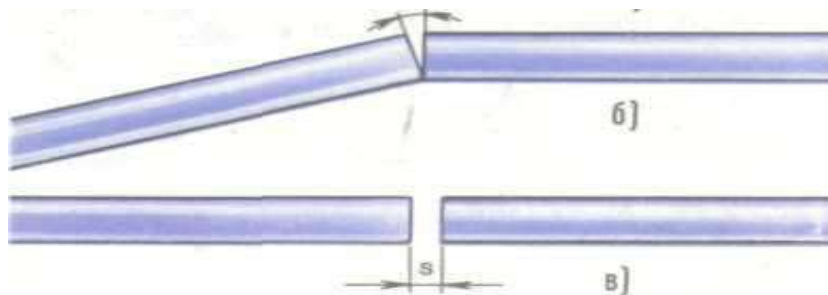


Рис. 2.25. Смещение комбинированных волокон:
а) радиальный сдвиг; б) угловой; в) осевой

Основной задачей объединения одиночных оптических волокон является обеспечение их строгого выравнивания, соответствия геометрии концов, перпендикулярности поверхностей последних к оптическим осям волокон и высокой ровности концов. Важным требованием является высокая стабильность состояния оптической связи и небольшие потери при росте. На рис.2.25 приведены основные возможные дефекты смещения оптических волокон (радиальное, угловое и осевое смещение). Самые жесткие требования предъявляются радиальным смещением B и угловым смещением θ . Наличие зазора s между концами волокон мало влияет на величину потерь.

Объединение оптических волокон

Наиболее распространенные способы соединения оптических волокон:

- ✓ применение соединительных трубок;
- ✓ разъемы;
- ✓ механические ростки;

Электросварка и применение металлических наконечников.

Для стационарной установки оптических кабелей метод электродуговой сварки установлен прочно, а разъемные разъемы предназначены для многократного использования

Рассмотрим некоторые характерные способы соединения оптических волокон.

Применение соединительных трубок (рис.2.26) является одним из наиболее распространенных способов постоянного связывания волокон. Он состоит из использования прецизионных гильз или трубок, изготовленных точно по наружному диаметру оптического волокна, придающих ему необходимое положение и фиксирующих его. Трубки в основном стеклянные. Концы трубок облегчают ввод оптического волокна. Коннектор состоит из полый стеклянной втулки 1 с отверстием для переливания иммерсионной жидкости 2, служащей одновременно для согласования показателей преломления соединяемых волокон 3 и 4. Росток распадается примерно на 0,3–0,4 дБ.

Предварительно подготовленные концы оптических волокон вставляются в разъем и штырь разъема (рис.2.27). При выполнении операции соединения концы оптических волокон неразрывно связаны между собой. Снаружи имеется герметичный корпус заглушки.

Наиболее характерная конструкция *механического ростка* представлена на рис. 2.28. В ростках соединительные волокна 1, 2 вводятся в пластиковую трубку 3 и свободное пространство заполняется иммерсионной жидкостью. Имеет фиксирующий и иммерсионный эффект (снижение потерь на отражение от концов). Снаружи росток плотно закрыт и механически защищен полумуфтами 4, 5.

Электросварка осуществляется с помощью электрической дуги или лазера путем нагрева концов комбинированных оптических волокон.

Процесс объединения оптических волокон состоит из следующих операций (рис. 2.29, а):

- ✓ коррекция соответствия расположения концов оптических волокон, расположенных на расстоянии нескольких миллиметров друг от друга;
- ✓ предварительное наплавление концов оптических волокон электрической дугой;
- ✓ плотное прижатие концов оптических волокон друг к другу в непрерывном дуговом разряде;
- ✓ заключительный этап объединения.

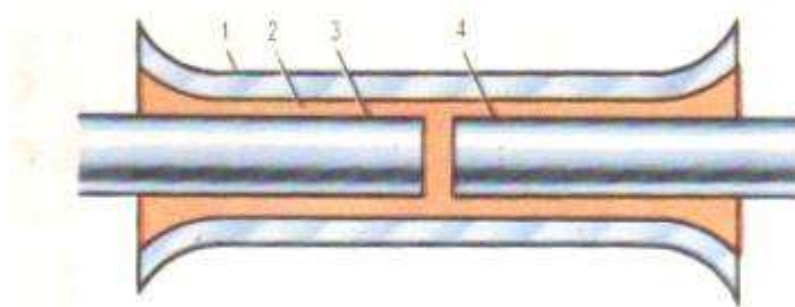


Рис. 2.26. Монтаж с помощью соединительных трубок: 1 - стеклянная трубка; 2 – иммерсионная жидкость; 3 и 4- соединительные волокна;

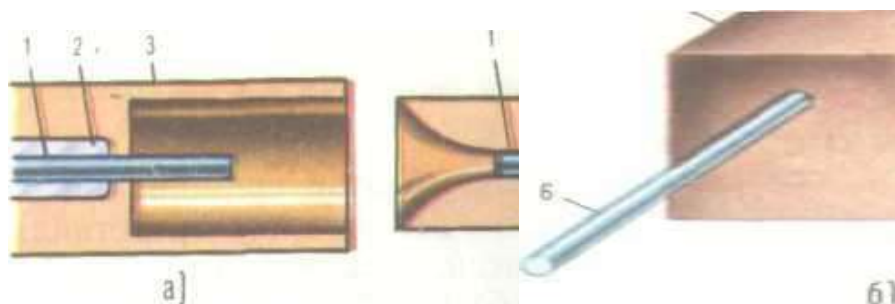


Рис. 2.27. Разъемное соединение: а) гнездо; б) штифт 1-волокно; 2-волокнутое покрытие; 3-корпус разъема;

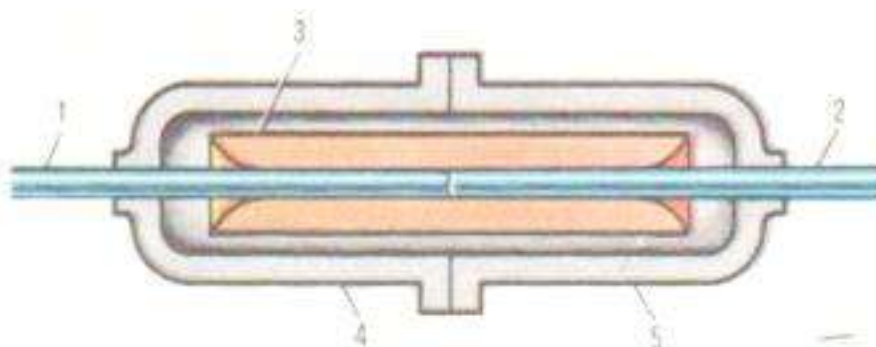


Рис. 2.28. Механический росток: 1 и 2 волокна; 3-пластиковая трубка; 4, 5 - полумуфта

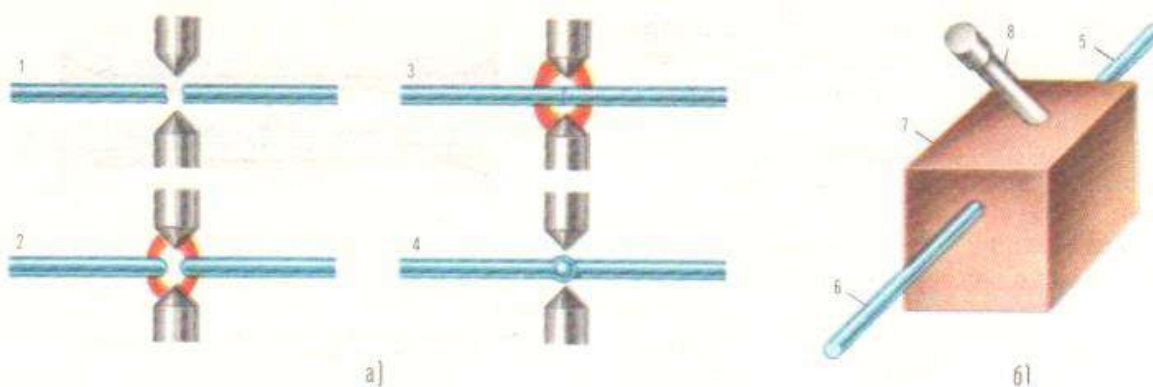


Рис. 2.29. Электродуговая сварка волокон:

а) процесс соединения; б) сварочный прибор;

1, 2, 3, 4 — этапы соединения; 5 и 6 — волокна; 7-прибор; 8-микроскоп;

Устройство для сварки-это легко транспортируемое устройство (рис.2.29, б) с габаритными размерами 20х30х15см снаружи размещается микроскоп для точности и визуального контроля процесса сварки [21].

Такой способ сварки волокон позволяет получить контакт с потерями около 0,1 - 0,3 дБ и разрывом не менее 70% всего волокна. Он легко реализуется в полевых условиях, так как не требует предварительной обработки поверхности перед распылением. На конце каждого оптического волокна устанавливают металлический наконечник (рис. 2.30, а).

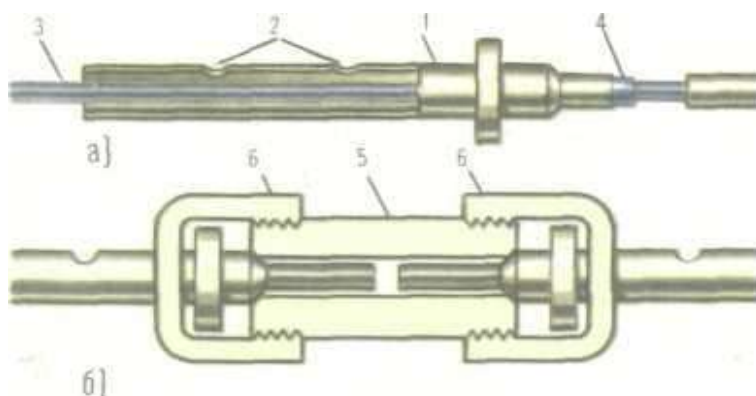


Рис. 2.30. Соединение с помощью металлических наконечников:

а) наконечник; б) соединение волокна;

1-наконечник; 2-отверстие для заливки эпоксидной смолы; 3-стекловолокно; 4-капилляр; 5-втулка; 6-шайбы;

Для этого защитное покрытие снимают на расстоянии 44 мм от кончика оптического волокна. Затем 1 конец надевают так, чтобы стекловолокно 3 выступало примерно на 15-20 мм. На выступающий конец оптического волокна надевается капилляр (стеклянная трубка с отверстием) длиной 4 мм. Вводится так, чтобы кончик капилляра выходил на 1-2 мм. На стекловолокно и капилляр наносится 2 слоя эпоксидной смолы. Эпоксидная смола также заливается в отверстия наконечника. Затем кончик оптического волокна шлифуется на стеклянной пластине с использованием абразивного порошка и

полируется в полировальном круге. Соединение оптических волокон производится втулкой 5 и режущими шайбами 6 (рис.2.30, б). Рукава и шайбы имеют разрезы, плотно связанные с оптическими волокнами.

Способы монтажа оптических кабелей

При монтаже оптического кабеля необходимо обеспечить высокую влагостойкость, надежные механические характеристики разрыва и измельчения и пригодность деталей кабеля для длительного пребывания на земле.

В настоящее время разработаны различные способы монтажа оптических кабелей. Давайте рассмотрим их.

Монтаж каркаса. Для монтажа оптического кабеля используется металлический каркас с числом продольных стержней, равным числу соединяемых волокон (рис.2.31, а). Оптические волокна объединяются одним из вышеперечисленных способов. Побеги волокна располагают на эбонитовых пластинах и закрепляют так, чтобы они не оказывали продольного влияния на разрыв кабелей (рис.2.31, б). Поверх каркаса наносят несколько слоев полиэтиленовой ленты, а сзади надевают термоусадочную муфту с клеевым слоем (рис.2.31, в). Преимуществом муфты является плотное сжатие шишек куста.

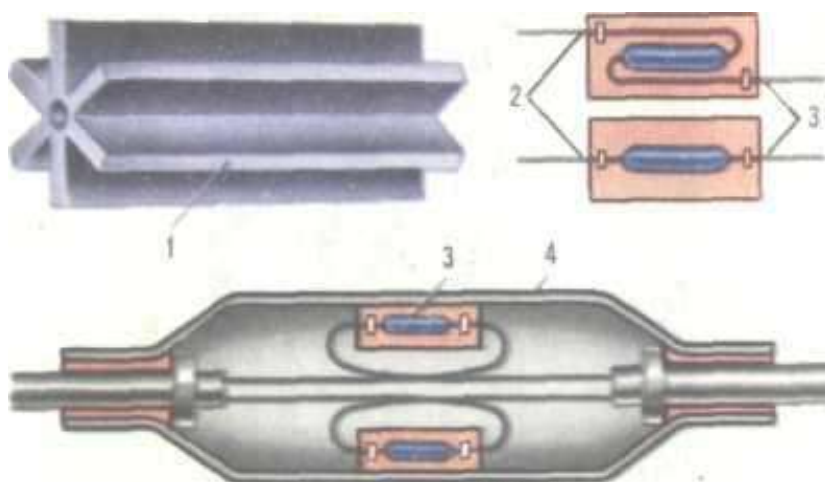


Рис. 2.31. Монтаж каркаса: а) каркас на шесть ростков; б) крепление соединяемых волокон; в) кабельная муфта;
1-каркас; 2-волокна; 3-ростки; 4 - защитная оболочка;

Монтаж плоских оптических кабелей. Монтаж кабелей, выполненных в виде многоволоконных плоских лент с общим пластиковым покрытием, осуществляется следующим образом. Волокна на конце ленты открываются на расстоянии 1 см и лента помещается в матрицу, как показано на рис. 2.32, а. Концы волокон вставляются в область с точными канавками, а в матрицу заливается пластиковый материал. Волокна, заполненные пластиком, хранятся в матрице до застывания, а затем разрываются путем их сгибания и растяжения. Замороженный пластик прикрепляет волокна к концу ленты.

Концы двух лент вставляют в шаблон (рис.2.32, б), а для скрепления лент между собой в зазор между концами заливают эпоксидный компаунд с соответствующим коэффициентом преломления. Форма съемная и изготовлена из латуни. По результатам испытаний потери в таких разъемах не превышают 0,2 дБ.

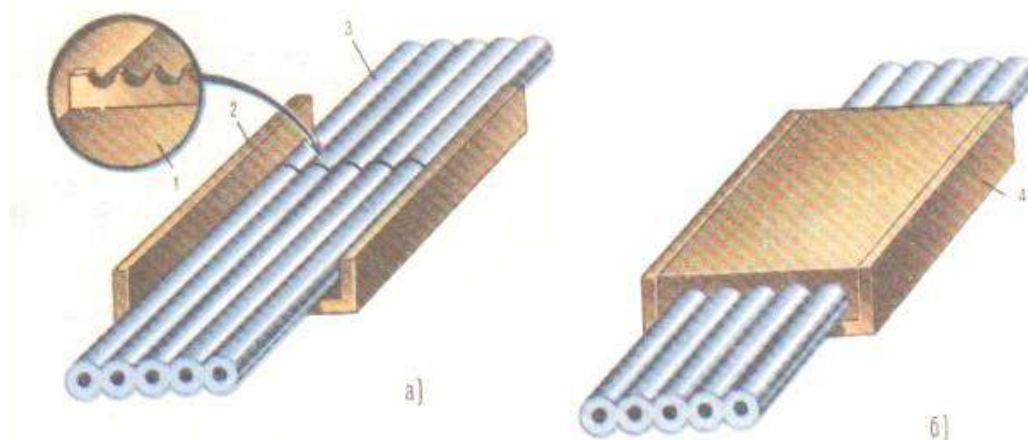


Рис. 2.32. Монтаж плоских кабелей

а) процесс монтажа; б) муфта;

1-точные канавки; 2-узор; 3-лента с волокнами; 4-росток

Использование фигурного переключателя. Соединитель, предназначенный для многоволоконных кабелей и не требующий проведения работ по выравниванию, полировке и склеиванию волокон, показан на рис.2.33.

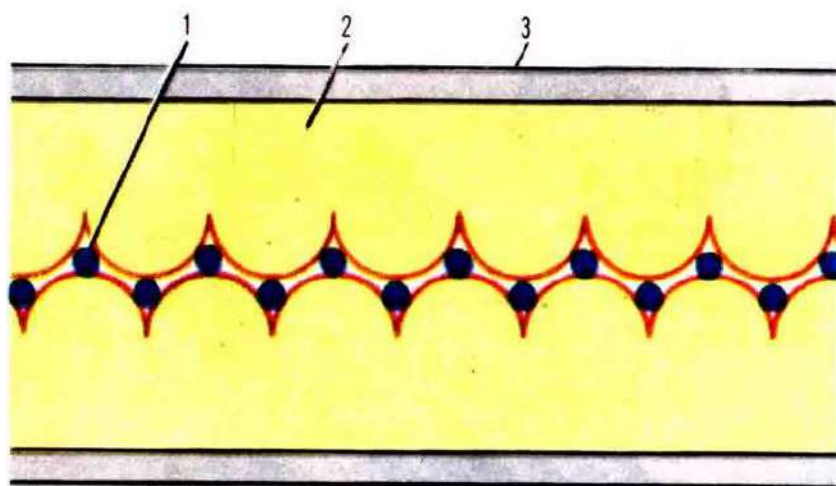


Рис. 2.33. Фигурный переключатель:

1-волокно; 2-эластичный пластик; 3-каркас;

Каждое стекловолокно 1 надежно удерживается в пространстве, образованном тремя цилиндрическими поверхностями 2 из эластичного пластика. Эти поверхности создают центральное направленное давление на волокно в треугольном сверлильном патроне, которое удерживает сверло.

После того, как две половинки разъема установлены, они склеиваются, и каждое волокно правильно расположено между тремя цилиндрическими поверхностями. Снаружи расположены 3 скелета. Потери в переключателе не превышают 0,3 дБ, переходные потери превышают 70 дБ. Снаружи сеянцы изолируют термоусадочной муфтой, предварительно обмотанной пластиковыми лентами [22].

2.2.3 Техника безопасности при проведении работ по наладке блоков и узлов оборудования

1. Монтажные работы.

К сварочным работам допускаются лица не моложе 18 лет. Особое внимание должно быть уделено выполнению требований по безопасной эксплуатации паяльных ламп и газовых горелок. Масса для заливки чугунных муфт должна нагреваться на сковороде без открытого огня, при этом следует использовать ведро с краном и крышкой. Температура массы должна контролироваться термометром.

Хранить клей следует в закрытой таре: необходимо не допускать попадания клея на кожу или дыхательную систему.

Руководитель работ приказывает приступить к работе только после личной проверки отсутствия напряжения на кабеле. При резке кабеля зазор должен быть заземлен на металлический штырь, забитый в землю на глубину 0,5 м.

В кабельных сетях с сближением переменного тока с электрифицированной железной дорогой:

а) выполнять работы только по заранее выданному наряду, в котором указываются основные меры по безопасности;

б) проверка наличия и исправности защитных средств, изделий и инструментов;

в) выполнять работу бригадой в составе не менее двух человек, один из которых назначается ответственным за выполнение правил техники безопасности;

г) проведение всех работ по строительству и ремонту с применением перчаток, резиновых сапог, ковриков и инструментов с изолирующими ручками;

д) отсутствие напряжения на кабельных линиях и оболочках следует контролировать с помощью указателя напряжения с неоновой лампой или вольтметра.

Работы включают:

- ✓ ручная прокладка кабеля от канализации;
- ✓ перекладка кабелей в колодцы;
- ✓ демонтаж муфт;
- ✓ герметизация каналов кабельной канализации;
- ✓ герметизация крышек люков кабельной канализации;

- ✓ погрузка и выгрузка строительного мусора вручную;
- ✓ демонтаж кабеля в коллекторе.

2. Условия проведения работ

Самостоятельно осуществлять допуск к линейным кабельным сооружениям своих представителей, а также представителей собственников при условии уведомления Заказчика. Получение от собственников линейных кабельных сооружений разрешения на проведение работ по демонтажу кабельных линий связи заказчика, оформление ордера, нарядов-допусков на производство работ.

По окончании проведения работ по демонтажу кабельных линий связи исполнитель осуществляет вывоз лома на утилизацию или от имени собственника (заказчика) лома для сдачи в специализированную организацию на переработку и перечисляет денежные средства, полученные от специализированной организации за сданный лом, на расчетный счет заказчика [21].

3. Требования к безопасности проводимых работ

3.1. Исполнитель обязан:

- ✓ обеспечение выполнения работ необходимым количеством квалифицированных работников;
- ✓ обеспечение соблюдения правил противопожарной безопасности при выполнении работ, мероприятий по технике безопасности, экологической безопасности и охране окружающей среды;
- ✓ сообщать уполномоченному представителю заказчика обо всех дефектах, выявленных при проведении работ.

4. Требования к качеству выполняемых работ.

4.1. Качество выполняемых работ должно соответствовать техническим нормам, установленным в отношении такого вида работ в Республике Казахстан.

5. Требования к сроку и (или) объему предоставления

5.1. Исполнитель гарантирует весь срок исполнения договора:

- ✓ качественное выполнение работ;
- ✓ освобождение заказчика от всех документированных требований, исков со стороны третьих лиц, судебных исков и т.д., которые могут возникнуть в связи с выполнением работ вследствие неисполнения или ненадлежащего исполнения исполнителем своих обязательств. ;
- ✓ сохранность других кабельных линий в кабельной канализации, при возникновении аварийных ситуаций по вине исполнителя производит восстановительные работы за свой счет.

6. Ответственность исполнителя работ

6.1. Ответственность за аварии, инциденты, пожары, несчастные случаи любого класса, которые могут произойти по вине работников организации, несет исполнитель.

6.2. Устранить за свой счет все дефекты, возникшие по вине Исполнителя, выявленные при производстве работ и в период гарантийного срока.

6.3. Своевременное оформление исполнительной документации в соответствии с действующими нормативными требованиями.

6.4. Несет ответственность за любые повреждения оборудования и материалов вследствие ненадлежащего обращения работников исполнителя или привлеченных им организаций во время выполнения работ в размере причиненного ущерба.

6.5. В установленном порядке исполнитель несет материальную и иную ответственность за ущерб, причиненный третьей стороне, который является следствием действий исполнителя или субподрядчика.

6.6. Исполнитель несет ответственность перед Заказчиком за надлежащее выполнение работ привлеченными субподрядчиками, координацию их деятельности.

7. Требования к исполнителю работ

7.1. Участник должен иметь все необходимые разрешительные документы (сертификаты, лицензии и т.д.) на деятельность, связанную с выполнением работ по запросу предложений.

7.2. Наличие документов, подтверждающих членство в саморегулируемой организации, и выдача разрешения на работы по строительству, реконструкции, капитальному ремонту, влияющие на безопасность объектов капитального строительства.

7.3. Участник должен иметь достаточное количество собственных кадров, обладающих всеми видами ресурсов, компетенциями, опытом, профессиональными знаниями и соответствующей квалификацией, необходимыми для выполнения договора.

7.4. За последние 3 (три) года желательно наличие опыта выполнения работ на аналогичном объекте, указанном в предмете запроса предложений, а именно по строительству, прокладке и демонтажу кабельных линий связи.

7.5. В случае уведомления Заказчика участник должен иметь возможность самостоятельно осуществлять направление в ЛКС своих представителей, а также представителей собственников ЛКС. Получение разрешения от владельцев ЛКС на проведение работ по демонтажу кабельных линий связи заказчика, оформление ордера, нарядов-допусков на производство работ [20].

2.3 Обслуживание оборудования электропитания

2.3.1 Устройство электропитания и обслуживание узлов электропитания

Одним из основных элементов любого предприятия (объекта) связи, определяющих его производительность, является электроустановка.

Электроустановка (ЭУ) - это весь комплекс энергетических объектов, обеспечивающий не только электроснабжение оборудования, но и работу систем: освещения; кондиционирования и вентиляции; теплоснабжения как в нормальных, так и в аварийных условиях внешнего электроснабжения и других систем, связанных с жизнью предприятия. Оснащение современных инфокоммуникационных систем требует бесперебойной подачи электроэнергии постоянным и переменным током для ее эксплуатации. Для обеспечения бесперебойного снабжения электроэнергией требуемого качества оборудования, вводятся в ЕС блоки питания, называемые устройствами бесперебойного снабжения постоянного и переменного тока. Например, осветительное оборудование требует гарантированной поставки электроэнергии, то есть допускает кратковременные перерывы в электроснабжении, связанные с переходом от одного источника электроэнергии к другому [23].

Электроустановка должна отвечать следующим основным техническим требованиям:

- ✓ обеспечение электроэнергией оборудования связи, соответствующего требованиям оборудования, установленного на данном предприятии;

- ✓ обеспечение необходимых параметров надежности электроснабжения, обеспечивающих необходимую надежность инфокоммуникационных систем;

- ✓ обеспечение максимальной степени автоматизации установки, вплоть до полной автоматизации;

- ✓ имеет высокие значения коэффициента эффективности и мощности;

- ✓ построен с максимальным использованием типового унифицированного оборудования и экономичен в строительстве и эксплуатации.

Степень автоматизации электроустановки должна обеспечивать управление ее работой посредством телемеханики и дистанционной сигнализации.

Оборудование электроустановки должно обеспечивать следующие функции:

- ✓ получение электрической энергии переменного тока промышленной частоты от источников электрических сетей энергетической системы;

- ✓ автоматическое управление качеством электрической энергии, исходящей из электрических сетей электрической системы;

- ✓ избыточность источников электрических сетей энергетической системы с применением собственных стационарных или передвижных источников электрической энергии;

- ✓ преобразование электрической энергии переменного тока в соответствии с типом тока, количеством фаз и уровнем напряжения для питания оборудования и оборудования объекта связи;
- ✓ обеспечение необходимой надежности электроснабжения потребителей электроэнергии объекта связи;
- ✓ обеспечение бесперебойного электроснабжения оборудования связи;
- ✓ локальная и дистанционная сигнализация режимов работы электроустановок (контроль);
- ✓ управление режимами работы электроустановки.

В зависимости от конкретных условий некоторые перечисленные функции электроустановки объекта связи могут отсутствовать.

Электроустановка предприятия связи включает в себя следующие основные виды оборудования:

- ✓ воздушные и кабельные электрические сети 10; 6 и 0,4 кВ ;
- ✓ трансформаторные подстанции;
- ✓ устройства для переключения точек распределения и источников напряжения, в том числе устройства для автоматического ввода резервного источника переменного напряжения;
- ✓ устройства для компенсации реактивной мощности (конденсаторные установки);
- ✓ устройства избыточной защиты, возникающие в электрической сети; собственные стационарные и передвижные дизельные электростанции; установки электроснабжения;
- ✓ электрооборудование для систем жизнеобеспечения (вентиляция, кондиционирование, отопление, водоснабжение, канализация сточных вод технологических помещений) и освещение технологических помещений;
- ✓ устройства защитного заземления;
- ✓ оборудование для автоматического управления качеством электрической энергии, исходящей из электрических сетей электрической системы;
- ✓ устройства контроля.

В зависимости от конкретных условий объекта связи отдельные виды оборудования могут не являться частью его электроустановки.

УЭПС (Устройства электропитания связи) УЭПС-2-60/60-А-4., УЭПС-2-48/80-44, УЭПС-2-48/120-86., в дальнейшем именуемые УЭПС, предназначены для электропитания аппаратуры связи, оборудования сотовой связи и других потребителей постоянным током номинального напряжения 60, 48 В.

Условное обозначение устройства УЭПС

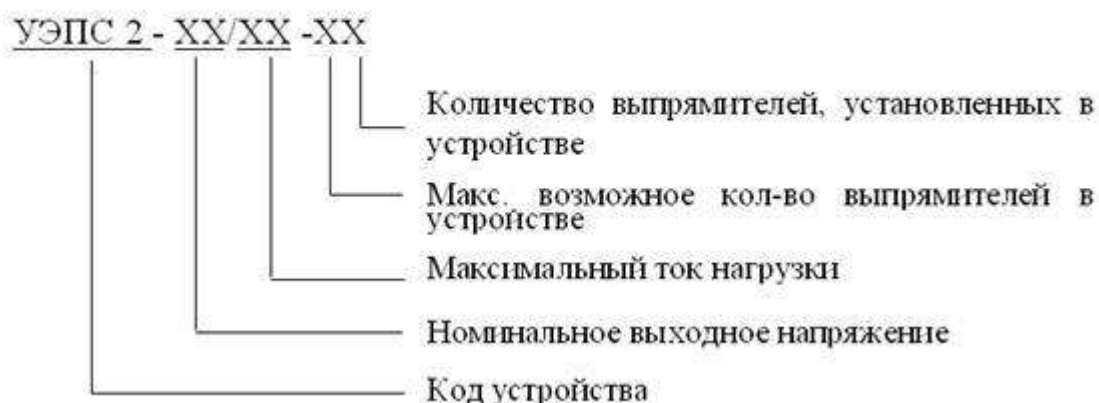


Рис. 2.34. Условное обозначение устройства УЭПС

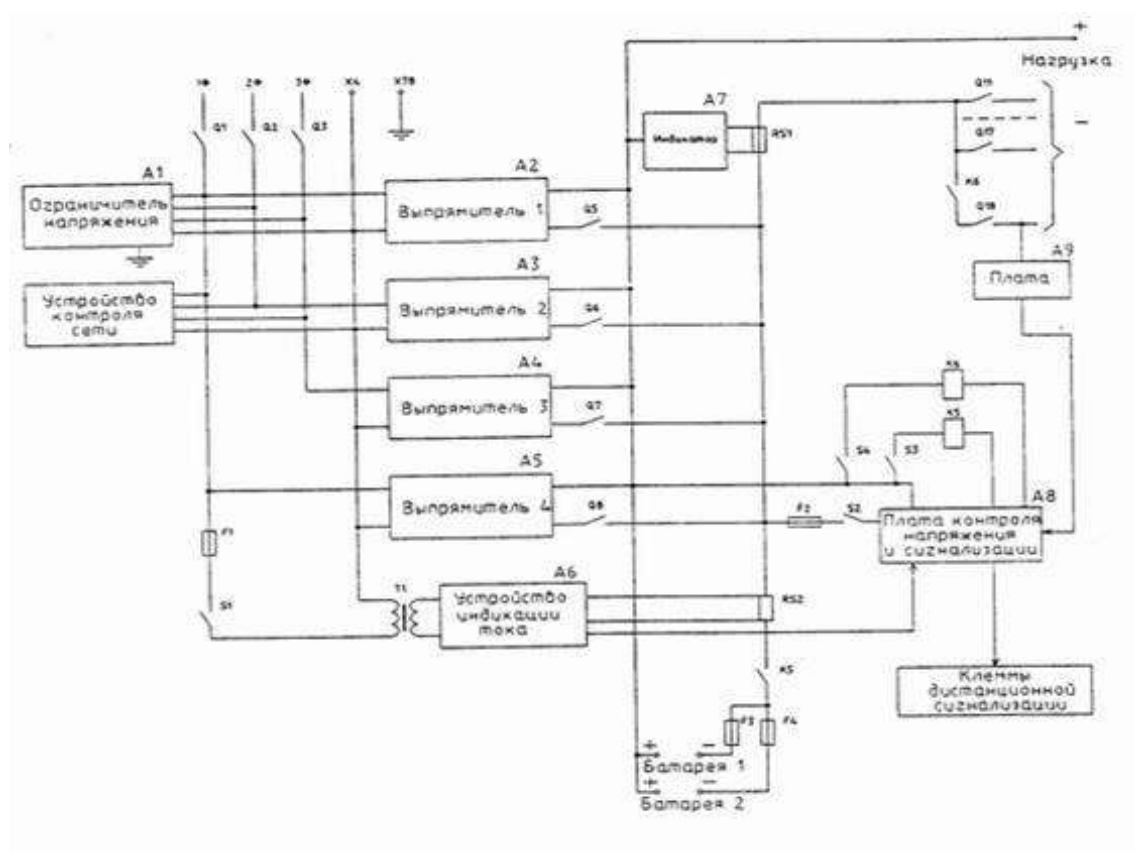


Рис. 2.35. Структурная схема УЭПС

В состав УЭПС при полной комплектации входят:

- ✓ ограничитель напряжения A1;
- ✓ устройство контроля наличия напряжения сети;
- ✓ четыре выпрямителя A2...A5;
- ✓ устройство индикации тока A6;
- ✓ индикатор A7;
- ✓ плата контроля напряжения и сигнализации A8;
- ✓ два батарейных предохранителя P3, P4;

✓ до 10-ми автоматических выключателей или предохранителей в цепи нагрузки;

✓ В1М-рейка с клеммами дистанционной сигнализации.

Ограничитель напряжения А1 предназначен для сглаживания выбросов напряжения на входе УЭПС.

Устройство контроля наличия напряжения сети представляет 3 однофазных реле переменного тока. Контакты этих реле используются для местной и дистанционной сигнализации. Вместо вышеуказанных реле в УЭПС может быть установлено реле напряжения трехфазное, которое обеспечивает местную и дистанционную сигнализацию о повышении сетевого напряжения до 115 %, понижении до 80 % и перекосе фаз.

Выпрямители А2...А5 предназначены для электропитания нагрузки и заряда аккумуляторной батареи [24].

Устройство индикации А6 (УИТ) предназначено для контроля тока аккумуляторной батареи и перевода выпрямителей в режим заряда аккумуляторной батареи с последующим переводом в режим содержания. При использовании герметичных аккумуляторных батарей УИТ может не использоваться. Если УИТ не устанавливается в УЭПС, то не устанавливаются элементы, обеспечивающие его работу: трансформатор Т1, предохранитель F1, тумблер S1 и шунт RS2.

Для контроля напряжения и тока нагрузки в УЭПС установлен индикатор А7, который обеспечивает измерение тока и напряжения с точностью 1 %. Для точного измерения параметров УЭПС необходимо пользоваться поверенными измерительными приборами.

Плата контроля напряжения и сигнализации А8 предназначена для контроля напряжения аккумуляторной батареи и сигнализации. Плата обеспечивает:

✓ подачу напряжения для перевода выпрямителей в режим заряда;
✓ отключение контакторов К5, К6 при разряде аккумуляторной батареи и включение их при включении выпрямителей;

✓ местную и дистанционную сигнализацию об аварии одного или двух и более выпрямителей, начале разряда и разряде аккумуляторной батареи, срабатывании автоматических выключателей или предохранителей в цепях нагрузки и аккумуляторной батареи.

Конструкция УЭПС позволяет установить два ввода для подключения 2-х групп аккумуляторных батарей с защитными предохранителями F3 и F4. При использовании одной батареи предохранитель F4 и автоматический выключатель Q10 не устанавливаются.

Аккумуляторная батарея используется в качестве резервного источника питания при пропадании напряжения сети и в качестве фильтра.

Автоматические выключатели или предохранители токораспределительной части УЭПС предназначены для защиты и распределения нагрузки.

Плата А9 с диодами V1...V10 и резисторами R1...R10 обеспечивает сбор информации об аварийном выключении нагрузочных автоматических выключателей или предохранителей.

Системы бесперебойного электропитания постоянного тока (СБЭП)

Рассмотрим на примере СБЭП-48/80-3Б, изготовитель ООО АТС-КОНВЕРС.

Модульные системы бесперебойного электропитания (СБЭП) предназначены для электропитания оборудования средств связи и телекоммуникаций постоянным напряжением 48 В при работе от трехфазной или однофазной сети переменного тока 220/380 В частотой 50 Гц, а также двигатель-генераторных установок.

В нормальном режиме они обеспечивают электропитание потребителей, а также заряд и содержание до четырех групп аккумуляторных батарей. При отключении или недопустимом отклонении сетевого напряжения электропитание потребителей производится в автономном режиме от аккумуляторов

Сетевое напряжение подается на вход трехфазного стабилизатора переменного напряжения, состоящего из трехфазного стабилизатора, установленного на задней раме.

Каждый из однофазных стабилизаторов имеет возможность ручного переключения на встроенную обводную цепь и обеспечивает защиту от промышленных и атмосферных импульсных помех и перенапряжений сети до 4 кВ, фильтрацию высокочастотных шумов, стабилизацию напряжения на выходе при существенных колебаниях входного напряжения, автоматическую защиту подключенных к их выходам модулей-выпрямителей путем отключения при недопустимых отклонениях сетевого напряжения.

Использование стабилизаторов также позволяет сузить диапазон переменного напряжения на входе выпрямителей, что снижает токовые нагрузки на их входные цепи (особенно при низком напряжении сети переменного тока), уменьшает тепловыделение выпрямителей и повышает надежность их работы.

Переменное напряжение с выхода трехфазного стабилизатора поступает на встроенную в шкаф СБЭП распределительную панель переменного тока РП5.1-2, имеющую в своем составе клеммные блоки для подсоединения подводящих проводников и автоматические выключатели QF1 – QF3, распределяющие переменное напряжение по модулям-выпрямителям ВМ-1300/48, расположенным в основном модуле МО48-3-2. Выход каждого однофазного стабилизатора переменного напряжения, подключаемый через индивидуальный автоматический выключатель, обеспечивает электропитание модуля-выпрямителя. В случае неисправности однофазного стабилизатора, от сети переменного тока отключаются только один выпрямитель до тех пор, пока не будет выполнено ручное переключение выхода неисправного стабилизатора на встроенную обводную цепь.

Выходы модулей-выпрямителей соединены параллельно для обеспечения требуемого выходного тока СБЭП и организации резерва на случай выхода из строя одного из модулей. [22].

Напряжение с выходов модулей-выпрямителей ВМ-1300/48 поступает на автоматические выключатели нагрузок F1 – F8, обеспечивающие распределение токов и защиту потребителей. Автоматические выключатели аккумуляторных батарей FB1, FB2 обеспечивают коммутацию до трех батарей, их защиту от внутренних КЗ, а также, при наличии двух внешних батарей, селективное отключение батарей при проведении профилактических работ с сохранением бесперебойности энергоснабжения нагрузок. Подключение встроенной батареи, а при наличии внешних – и внешних, к общей выходной шине постоянного тока производится с помощью автоматически управляемого контактора Q1.

При нахождении напряжения сети в пределах рабочего диапазона модули - выпрямители питают нагрузку и одновременно поддерживают батареи в заряженном состоянии. При недопустимых отклонениях параметров напряжения сети выходы стабилизаторов автоматически отключаются, и электропитание входных цепей модулей-выпрямителей прекращается. Необходимую нагрузке энергию поставляют аккумуляторные батареи в течение времени резервирования. Контактор Q1 автоматически отключает батареи от выходной шины постоянного тока, если в процессе разряда напряжение батарей снизится до заданного граничного значения. Это предотвращает глубокий разряд батарей и их повреждение.

При восстановлении параметров сетевого напряжения стабилизаторы автоматически включаются в работу, что приводит к запуску модулей-выпрямителей, возобновляющих электропитание нагрузки и батарей от сети переменного тока.

Работа системы регулируется модулем контроля и управления МКУ1. В модуле задаются уставки выходного напряжения постоянного тока, пороговые значения параметров аварийной сигнализации, условия действия контактора Q1, параметры температурной компенсации заряда батарей, параметры диагностики батарей и ускоренного заряда, и т.д.

Любой сбой в работе СБЭП индицируется светодиодом на панели МКУ1, текстовым сообщением на дисплее модуля, а также транслируется на “сухие” контакты реле платы интерфейса аварийной сигнализации и датчиков ВМ0468. В случае отказа МКУ1 выполнение основных функций СБЭП, таких как электропитание нагрузки и заряд батарей, будет продолжаться. При этом модули-выпрямители будут поддерживать свои параметры в безопасных пределах, заданных по умолчанию.

В состав СБЭП также входят датчик измерения температуры батарей ДТБ1, с помощью которого обеспечивается температурная компенсация напряжения заряда батарей, и датчик измерения симметрии батарей ДСБ1, позволяющие контролировать симметрию 12 В сегментов батарей и выявлять их неисправность на ранней стадии.

Сигналы с датчиков, с платы контроля состояния автоматических выключателей F1 – F8, автоматических выключателей FB1, FB2 обрабатываются платой интерфейса аварийной сигнализации и датчиков. Также через интерфейсную панель обеспечивается взаимодействие основного модуля с коммутационной панелью и подключаемыми к ней корректирующими модулями [21].

2.3.2 Эксплуатация и техническое обслуживание оборудования связи.

Использование средств связи включает применение и техническую эксплуатацию средств связи.

Применение средств связи предусматривает:

- ✓ подготовка к работе в заданном режиме;
- ✓ установление контакта; передача информации;
- ✓ контроль состояния связи и режима работы аппаратуры и оборудования; оперативное переключение;
- ✓ технической документации в связи с проведением.

Техническая эксплуатация включает в себя:

- ✓ ввод в техническую эксплуатацию средств связи;
- ✓ техническое обслуживание, ремонт, планирование эксплуатации и учет средств связи; хранение;
- ✓ контроль технического состояния;
- ✓ статистический учет и анализ отказов;
- ✓ материально-техническое обеспечение;
- ✓ рекламационная работа и техническое обслуживание;
- ✓ категорирование и списание.

Основные условия, обеспечивающие качественную эксплуатацию средств связи:

- ✓ соблюдение всеми должностными лицами, использующими средства связи, в повседневной деятельности своих подразделений требований настоящих указаний и планов-графиков выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту средств связи;
- ✓ своевременное планирование, четкая организация и качественное выполнение мероприятий по технической эксплуатации;
- ✓ утверждению средств связи подразделения ГПС и ответственным лицам;
- ✓ Воспитание у личного состава ГПС чувства ответственности за поддержание в постоянной готовности к использованию вверенных ему средств связи;
- ✓ твердое знание личным составом принципов работы средств связи, правил их эксплуатации и мер безопасности;

✓ осуществление постоянного контроля со стороны должностных лиц за техническим состоянием средств связи, организацией технической эксплуатации и своевременным устранением выявленных недостатков.

Средства связи должны содержаться в исправном состоянии, постоянной готовности к работе и использоваться только по прямому назначению с соблюдением установленных правил эксплуатации.

Разборка или снятие отдельных узлов и блоков из набора инструментов не допускается [22].

Ответственность за организацию технической эксплуатации средств связи и обеспечение их постоянной готовности к работе несут начальники служб связи гарнизонов.

Лица, виновные в использовании средств связи не по прямому назначению, разборке, потере и выводе из строя аппаратуры, несут ответственность в соответствии с действующими нормативными актами.

Средства связи считаются действительными, если они укомплектованы и обеспечивают работу во всех предусмотренных режимах, а параметры аппаратуры и оборудования соответствуют установленным нормам, указанным в формулярах (паспортах) на аппаратуру.

Ввод в эксплуатацию средств и систем связи. Порядок приема, передачи и утверждения средств связи.

Для приемки в эксплуатацию средств связи, поступающих в подразделение, начальником создается постоянно действующая комиссия. Комиссия формируется из представителей служб и подразделений связи, которым предоставляются эти средства.

В течение 20 суток с момента поступления средств связи комиссия обязана проверить комплектность средств связи, произвести измерение входных и выходных параметров на соответствие без вскрытия опломбированных узлов аппаратуры.

Результаты работы комиссии оформляются актом. Одновременно с актом приемки утверждается распределение средств связи по подразделениям.

Некомплектные и неисправные средства связи не подлежат передаче в подразделения.

Средства связи, не требующие выполнения монтажных работ, считаются введенными в эксплуатацию с момента их передачи подразделениям, а средства, требующие проведения монтажных и наладочных работ, считаются введенными в эксплуатацию с момента утверждения акта о приемке и вводе в эксплуатацию [23].

Средства связи, введенные в эксплуатацию, закрепляются за ответственными лицами под роспись в журнале.

Лица, за которыми закреплены средства связи, несут полную ответственность за их сохранность, комплектность, техническое состояние и готовность к действию.

Ввод в эксплуатацию стационарных узлов, сооружений, объектов связи включает в себя:

- ✓ приемка узлов, объектов и сооружений связи по окончании их строительства, монтажа и наладки;

- ✓ закрепление узлов, объектов и сооружений связи, их отдельных элементов (участков), аппаратуры и оборудования за подразделениями и ответственными лицами.

Приемка в эксплуатацию построенных и смонтированных стационарных узлов, объектов и сооружений связи осуществляется государственными приемочными комиссиями. В состав комиссии входят представители заказчика, проектных, строительных и монтажных организаций.

До представления узла, объекта и сооружения связи в Государственную приемочную комиссию рабочая комиссия, назначенная начальником, производит приемку их составных частей. В состав рабочей комиссии входят представители заказчика (председатель комиссии), проектных, строительных и монтажных организаций.

Рабочая комиссия составляет акты о приемке составных частей, после чего они представляются в Государственную комиссию.

Датой приемки в эксплуатацию отдельных сооружений связи (аппаратуры и оборудования) стационарного объекта считается дата подписания Акта о приемке рабочей комиссией. Акт приемки представляется в Государственную комиссию.

После приемки стационарного объекта государственной комиссией приказом по ОГПС аппаратура и оборудование закрепляются за подразделениями и ответственными лицами. С этого момента личный состав несет полную ответственность за принятый объект, аппаратуру и оборудование.

Самостоятельное использование средств связи допускается личному составу подразделений, имеющим специальную подготовку, знание материальной части, правил эксплуатации и мер безопасности, а также практические навыки работы со средствами связи и их обслуживания.

Проверка знаний, практических навыков личного состава подразделений и определение возможности допуска к самостоятельному использованию средств связи проводятся ежегодно квалификационной комиссией местного гарнизона, в состав которой входит представитель Службы связи.

Результаты проверки оформляются актом, который утверждается начальником или начальником местного гарнизона.

Проверка знаний личным составом правил эксплуатации и мер безопасности проводится один раз в год или по решению начальника при нарушении правил эксплуатации и мер безопасности [20].

2.3.3 Техника безопасности при проведении работ по электропитанию.

Воздействие электрического тока на организм человека может быть тепловым (ожог), механическим (разрыв тканей), химическим (электролиз). Среди электрических травм электрические удары наиболее опасны, так как ток воздействует на мозговые центры, которые контролируют работу сердца и легких.

Большинство фабрик и помещений являются особо опасными в отношении поражения электрическим током.

Электротехнический персонал, обслуживающий электроустановки, должен четко представлять технологические особенности предприятия, знать и выполнять правила безопасности, местные инструкции и другие директивные материалы, оперативные схемы, а также должен пройти обучение и проверку знаний, получить допуск к работе с электрооборудованием. Персонал должен не реже одного раза в год проходить проверку знаний, а в случае несчастного случая-внеплановую проверку.

По условиям электробезопасности электроустановки подразделяются на напряжением до 1000 В и выше.

Применительно к мерам безопасности работы в электроустановках подразделяются на выполняемые работы:

- ✓ снятие напряжения;
- ✓ не снимать напряжение вблизи токоведущего;
- ✓ не снимать напряжение вдали от токоведущих частей, к которым поступает напряжение;

Организация технических мероприятий, которые должны быть выполнены для безопасной работы в электроустановках.

К организационным мерам относятся:

- ✓ оформление работ нарядом-допуском, распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- ✓ допуск к работе;
- ✓ наблюдение во время работы;
- ✓ оформление перерыва в работе по окончании работы, перевода на другое рабочее место.

К техническим мероприятиям относятся:

- ✓ проведение необходимых отключений и принятие мер для предотвращения самопроизвольного включения коммутационной аппаратуры или самопроизвольной подачи напряжения на рабочее место;
- ✓ на приводах ручного и дистанционного управления коммутационной аппаратурой вывешиваются предупреждающие и запрещающие плакаты;
- ✓ на токоведущих частях, подлежащих заземлению, проверяется отсутствие напряжения;

- ✓ заземление замыкания;
- ✓ вывешиваются предупреждающие и инструктивные плакаты, устанавливаются ограждения.

В каждом помещении распределительного пункта, на специальных щитах должны быть средства защиты: резиновые перчатки и коврики, резиновые сапоги, предупреждающие и запрещающие плакаты, штанги и т.д. Все электроинструменты, используемые дежурным и ремонтным персоналом, а также средства индивидуальной защиты должны пройти соответствующие испытания в строго установленные правилами сроки [24].

На фабриках используется электромеханическое оборудование, электродвигатели, трансформаторы, измерительные приборы, электросварочные агрегаты, светильники, кабели, провода и др.

Для защиты от поражения электрическим током отдельно или в сочетании друг с другом применяются следующие технические приемы и средства: защитное заземление, защитное отключение, изоляция токоведущих частей, ограждающие устройства, знаки безопасности, средства защиты и предохранительные устройства.

Защитное заземление-электрическое соединение с землей с эквивалентом металлических токонепроницаемых частей, которые могут находиться под напряжением. Он защищает человека от поражения током в случае попадания на корпус напряжения в результате случайного подключения к токоведущим частям. В помещениях с повышенной опасностью и повышенной опасностью заземление металлических частей оборудования является обязательным.

Заземление состоит из двух частей: заземления и заземляющего проводника. Заземление выполняется из стальных труб, которые забиваются вертикально на 2-3 м земли.

В сетях трехфазного тока с замкнутой нейтралью применяется обнуление. Задача обнуления та же, что и защитное заземление, но решается не снижением напряжения, а автоматическим отключением его от сети.

Обнуление осуществляется путем построения нулевого защитного проводника вместе с фазными проводами. Представляет собой нулевой защитный проводник, соединяющий стыкованные части с замкнутой заземленной нейтральной точкой обмотки источника тока или его эквивалентом.

В качестве нулевого защитного проводника используются металлоконструкции зданий, крановые пути, стальные трубы и трубы.

Защитное заземление-в нем необходима быстродействующая защита, обеспечивающая автоматическое отключение электроустановки при возникновении опасности поражения током. Применяется, когда защитное заземление и обнуление не обеспечивают полной безопасности работы.

Для снижения риска поражения электрическим током ручные инструменты и переносные светильники питаются от источников напряжения 36 В.

Для защиты человека от поражения электрическим током применяют различные виды изоляции:

- ✓ электрическая изоляция токоведущих частей электроустановки;
- ✓ обеспечение его нормальной работы и защиты от поражения электрическим током;
- ✓ изоляция от работы, которая должна обеспечивать его нормальную работу и защиту от поражения электрическим током, а также быть дополнительно усиленной.

Для предотвращения электротравмы используются ограждающие устройства, знаки безопасности, вспомогательные и изолирующие средства (перчатки, резиновые сапоги, коврики и др.) [23].

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа №1

Расчет параметров первичной и вторичной передачи симметричных кабелей

Цель работы: изучить маркировку и основные элементы магистральных кабелей. Знать устройство симметричных кабелей связи, определять их типы, вычислять электрические характеристики и зависимость от их конструкции.

Теоретическое введение

Кабельные линии связи автоматики и телемеханики создаются на станциях для:

- передача управляющих сигналов средствами управления;
- для наблюдения за их состоянием;
- для подачи энергии на огни светофоров;

Кабели прокладываются на земле, под водой, в зданиях. Кабели делятся на следующие виды: по областям применения, типу изоляции, способам проведения, конструкции, типу оболочки.

Чтобы ознакомиться с составом кабелей, их разделили на две группы: кабели с сильным током и кабели связи.

Кабели с сильным током, так называемые силовые, используются для передачи и передачи электрической энергии. Поэтому его основным показателем является передаваемая мощность. Его следует давать с максимальным коэффициентом полезного действия.

Кабели связи используются для передачи сигналов очень малой мощности. Их необходимо передавать от передатчика к приемнику с минимальным затуханием и минимальным выветриванием формы передаваемых сигналов.

Кабели автоматики и телемеханики, называемые сигнальными кабелями, являются промежуточной группой между кабелями связи и

кабелями с сильным током. Они используются для передачи относительно низкочастотных и малообъемных электрических сигналов.

Основным элементом магистрального симметричного кабеля является жилы, т. е. проводники из алюминия и меди. Каждый из них изолирован с помощью кабельной бумаги, полиэтилена и упакован в коаксиальные пары, тальковые пары.

Все жилы образуют сердечник кабеля. Она покрывается поясной изоляцией. Он предохраняет стержень от отделения при пленочном покрытии. Над поясной изоляцией накладывается герметичная оболочка из металла и пластмассы. Применяется для защиты кабеля от влаги. Кожухи изготавливаются из алюминия, пластмассы, стали, свинца и упаковываются в виде трубок на жилу кабеля. Свинец-методом горячего прессования в виде трубки без шва.

Алюминиевые и стальные покрытия на основе электрокоррозии покрываются шлангом из пластичной массы, предварительно произведенной битумом. Для защиты жилы кабеля от присутствия внешнего поля над изоляцией устанавливается экран, обычно из алюминиевой ленты.

Если кабель должен быть защищен от механических повреждений, поверх оболочки накладываются бронепленки из защитной проволоки или стальной ленты. На основе нанесения брони делают подушку из битумного джута, чтобы не испортить упаковку. Сверху флакон закрывает наружную оболочку из джута. Он защищает броню от коррозии. Стержень кабеля или специальные группы из жил образуют экран. Он предохраняет цепи от внешних и взаимных электромагнитных воздействий. Его обычно делают из металлической фольги или металлизированной бумаги.

Рассмотрим подробнее элементы состава кабелей. Токопроводящая жила-элемент жилы кабеля-используется для обеспечения прохождения электрического тока при передаче контактных сигналов. Используются медные и алюминиевые жилы цилиндрической формы. Они требуют изоляции.

Наиболее распространенные изолированные типы симметричных кабелей связи:

- ✓ воздушно-бумажная, и кабельная, и воздушно-бумажная;
- ✓ лента в виде трубочки-бумажки-трубочки;
- ✓ из бумажно-пористой-бумажно-пористой массы. Она укладывается на талию в виде ровного слоя;
- ✓ кордель-состоит из Карделя и рулона бумажной ленты в виде винтовой спирали из бумаги. Кордель-это волокно из жгута и пластмасс, изготовленное из бумажных лент;
- ✓ кардельный-кардельный ленточный дым или обмотка, намотанная на пластмассовую проволоку в виде спирали;
- ✓ балонно-кардельный должен иметь изолятор-балон, установленный в виде тутового соединения без особой герметичности, с

параллельным соединением тутового соединения, с известным интервалом в каждом месте;

✓ цельный-он состоит из мягкой бумаги с целым кольцевым слоем пластика.

Начался мой окшаклау ленты упаковывают.такая обмотка образует пару цепей, работающих на каждом проводе.Они будут иметь одинаковый показатель. К нему относятся внешние и внутренние барьеры.

Наиболее распространенными видами обмоток изоляции являются:

✓ пара, 2 изолированные линии. Он создал цепочку, в которой они оба работают вместе;

✓ Состоит из 4 пар или звездочек, 4 жил;ок;

✓ 2 пары, две пары, которые работают вместе, упаковывают сеть соответственно друг в друга.При намотке сети направление ее намотки делает четвертичные линии противоположными друг другу;

✓ 2-я звездочка, в которой 4 пары, обернутые друг с другом, имеют форму 8.

По передаче симметричные контактные провода подразделяются на: высокочастотные удлиненные контактные-МК, низкочастотные удлиненные контактные-ТЗ, местные контактные провода-Т. Если на эти группы ставится экран, то на марку провода ставится буква Э.

Кроме того, в марках коммуникационных проводов указывается количество пар упаковки, диаметр квадрата и волокна. Устройство кабелей связи с кордной и полистирольной изоляцией и защитным слоем::

а) свинцовым слоем брони (МКСБ)

б) алюминиевый слой без брони (МКСАШП)

в) алюминевым слоем (МКСАБС).

Составляющие конструкцию кабелей связи: передающие сигналы проводящие провода, отделяющие их друг от друга (изолирующие) вещества, соединяющие их и удерживающие без пропускания влаги оболочки, защитные оболочки от внешних силовых воздействий. Кабели имеют разные марки (марки) в зависимости от габаритных размеров проводящих проводов, их количества, способов их наращивания, способов их соединения, типа оболочек для их обмотки и предотвращения попадания влаги, где они применяются и при каких условиях прокладываются (поверхностные, либо подземные, водные, горные и др.).

Под электрическими характеристиками кабелей связи часто подразумевают характеристики их цепей. Характеристики цепей, образованных проводами для передачи сигналов из одного места в другое, определяются их первичными и вторичными параметрами. Первичные параметры сопротивление- R , индуктивность- L , емкость- C , и выделительная (изолирующая) проводимость- G . Вторичные параметры затухание- α , фаза протекания тока- β , характеристическое или волновое сопротивление-НДС (ZT) и скорость распространения сигнала- v .

Эти характеристики зависят от конструкции кабелей, размеров деталей, из которых они состоят, и частот сигналов, передаваемых этими кабельными цепями.

Формула расчета активного (активного) сопротивления:

$$R = 2 \cdot R_0 \cdot \chi \cdot \left[1 + F(x) + \frac{P \cdot G(x) \left(\frac{d}{a}\right)^2}{1 - H(x) \left(\frac{d}{a}\right)^2} \right], \text{Ом/км} \quad (1.1)$$

$\chi=1,02$ коэффициент оседания

$P=5$ звездная скрутка

R_0 -сопротивление постоянного тока

$R_0 = \rho \cdot 4000 / \pi d^2$

$\rho=0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм/м}$

χ и коэффициенты в зависимости от способов построения и нарастания цепей в кабеле:

$$d = r \cdot 2$$

Коэффициенты в таблице, где $f(x)$, $G(x)$, $H(x)$ изменяются в зависимости от частоты сопротивления; d и a -размеры толщины и расстояния проводов в цепи, r -радиус провода.

$$a = 1,41 \alpha_1$$

$$\alpha_1 = d + 2 \cdot \delta + 3 \cdot \Delta$$

$$\delta = 0,8 \text{ мм}$$

$$\Delta = 0,045 \text{ мм}$$

Индуктивность рассчитывается по формуле:

$$L = \chi \cdot \left[4 \cdot L_n \frac{a - r}{r} + \mu Q(x) \right] \cdot 10^{-4}, \text{Гн/км} \quad (1.2)$$

$Q(x)$ - коэффициент, передаваемый таблицей в зависимости от частоты сигнала; μ - магнитная проницаемость, $\mu=1$

Емкость рассчитывается по формуле:

$$C = \frac{\chi \varepsilon \cdot 10^{-6}}{36 L_n \frac{a}{r} \cdot \psi}, \quad \text{ф/км} \quad (1.3)$$

ε -электрическая проницаемость $\varepsilon=1,3$

ψ -поправочный коэффициент, характеризующий близость металлических проводников:

$$\psi = (d_3 + d_1 + d)^2 - a^2 / (d_3 + d_1 + d)^2 + a^2$$

$$d_3 = 2,41 \cdot d_1$$

$$d_1 = d + 2\delta + 3\Delta$$

Проницаемость выделяющих веществ:

$$G = G_0 + G_f = 1/R_{из} + \omega C_t \text{tg} b, \text{См/км} \quad (1.4)$$

$$G = \omega C_t \text{tg} b$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} b &= 7 \\ \omega &= 2\pi f \\ f &= 100 \text{ кГц} \end{aligned}$$

Формулы расчета вторичных параметров в общем виде;

$$\alpha = 8,686 \cdot \left[\frac{R}{2} \cdot \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \cdot \sqrt{\frac{L}{C}} \right], \text{ Дб/км}$$

$$\beta = \omega \cdot \sqrt{LC}, \text{ рад/км}$$

$$Z_B = Z_T = \sqrt{\frac{L}{C}}, \text{ Ом}$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

В зависимости от различных частот сигнала формулы расчета параметров могут быть сокращены и упрощены.

Таблица 1.1

Нұсқа	r	F(x)	G(x)	H(x)	Q(x)
1	0,2	0,005	0,015	0,053	0,997
2	0,3	0,078	0,172	0,169	0,961
3	0,4	0,318	0,405	0,348	0,845
4	0,5	0,492	0,499	0,416	0,766
5	0,6	0,678	0,584	0,460	0,688
6	0,7	0,863	0,755	0,530	0,556
7	0,8	1,043	0,843	0,554	0,507
8	0,9	1,219	0,932	0,575	0,465
9	1	1,568	1,020	0,593	0,430
10	1,2	1,743	1,109	0,608	0,400
11	1,4	2,094	1,287	0,634	0,351
12	1,5	2,446	1,464	0,655	0,313
13	1,6	2,622	1,552	0,664	0,296
14	1,8	2,799	1,641	0,670	0,282
15	2	2,968	1,759	0,686	0,275

Практическая работа №2

Расчет параметров первичной и вторичной передачи коаксиальных кабелей

Цель работы: знать устройство коаксиальных кабелей связи, определять их типы и марки, знать электрические характеристики и размеры кабелей.

Теоретическое введение

Конструкция коаксиальных кабелей состоит из проводящих проводов, передающих сигнал, отделяющих их материалов и экранов, материалов, соединяющих их с числом нескольких таких проводов, оболочки для

предотвращения попадания влаги и защитной оболочки, предохраняющей от внешних воздействий.

Под электрическими характеристиками кабелей коаксиальной связи понимаются электрические характеристики их проводочных цепей. Коаксиальные кабели связи в основном предназначены для высокочастотных сигналов. Поэтому его электрические параметры в основном зависят от коэффициента, по которому определяется текучесть тока (K_z).

$$K_z = k = \sqrt{\omega \mu \sigma}$$

Форматы расчета параметров кабельных цепей коаксиальной связи при частотах сигналов свыше 60 кГц следующие.

$$R = \frac{\sqrt{2k}}{4\pi\sigma} \cdot \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_c} \right), \text{ Ом/км} \quad (2.1)$$

где σ - проводимость;

r_i, r_c - радиусы внутренних и наружных проводящих проводов.

$$k = \sqrt{\omega \mu \sigma}$$

Для медной проволоки $k = 0,0105d\sqrt{f}$

$$R = 4.18 \sqrt{f} \cdot \left(\frac{1}{r_i + r_c} \right) 10^{-2}, \text{ Ом/км} \quad (2.2)$$

$$f = 10^6 \text{ Гц}$$

Формула индуктивного расчета для медного проводника:

$$L = \left[2 \ln \frac{r_c}{r_i} + \frac{66.6}{\sqrt{f}} \left(\frac{1}{r_i} + \frac{1}{r_c} \right) \right] 10^{-4}, \text{ Гн/км} \quad (2.3)$$

Формула расчета емкости:

$$C = \frac{\varepsilon_r \cdot 10^{-6}}{18 \ln \frac{r_c}{r_i}}, \text{ Ф/км} \quad (2.4)$$

$$\varepsilon_r = 1.13$$

Проводимость демонтажа (изоляции):

$$G = \omega C \operatorname{tg} \delta, \text{ См/км} \quad (2.5)$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$f = 10^6 \text{ Гц}$$

$$\operatorname{tg} \delta = 0,8 \cdot 10^{-4}$$

Коэффициент ослабления:

$$\alpha = \left[\frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}} + \frac{G}{2} \sqrt{\frac{L}{C}} \right] 8,69, \text{ Дб/км} \quad (2.6)$$

Фазовый коэффициент:

$$\beta = \omega\sqrt{LC}, \text{ рад/км} \quad (2.7)$$

Волновые сопротивления:

$$Z_B = \sqrt{\frac{L}{C}}, \text{ Ом} \quad (2.8)$$

Скорость сигнала:

$$v = \frac{1}{\sqrt{LC}}, \text{ км/с} \quad (2.9)$$

При соотношении диаметров от внешней и внутренней проводящих проводов затухание коаксиальной цепи минимально.

Таблица 2.1

Вариант	r_c	r_i
1	4,7	1,3
2	4,8	1,3
3	4,6	1,25
4	4,5	1,25
5	4,5	1,22
6	4,4	1,2
7	4,8	1,3
8	4,7	1,25
9	4,8	1,3
10	4,7	1,25

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Кабели с избыточным давлением газа
2. Галоидный искатель потока
3. Структурная схема установки для удержания напорного кабеля
4. Компрессорно-сигнальная установка
5. Что такое газоанализаторы?
6. Работа газоанализаторов
7. Из каких частей состоит газоаналитическое устройство?
8. Основные характеристики измерительных преобразователей газоанализаторов
9. Виды газоанализаторов
10. Устройство Компрессорно-сигнального устройства
11. Виды повреждений кабельной линии
12. Причины, вызывающие повреждение кабельной линии
13. Методы определения места повреждения

14. Работа основных узлов оборудования связи
15. Что такое соединительные линии связи?
16. Наиболее распространенные способы соединения оптических волокон
17. Функции, выполняемые оборудованием электроустановки

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ

В заключении данного раздела приведена регулировка и настройка блоков и узлов оборудования связи. Полностью предусмотрены работы по обслуживанию кабелей, работа газоанализатора, выявление и устранение повреждений кабеля, работа основных узлов покрытия связи, монтаж и демонтаж узлов.

Список рекомендуемой литературы и дополнительных источников

1. Ксенофонов, С.Н. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач: Учебное пособие для вузов/ С.Н. Ксенофонов, Э.Л.Портнов.-М.: РиС, 2014. - 268с.
2. Семенов А.Б. Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов. - М.,2008
3. Кабели СКС на сетях электросвязи. Теория, конструирование, применение. /под ред. В.Е. Власовидр. - М.,2009

РАЗДЕЛ 3 ДИАГНОСТИКА И РЕГУЛИРОВКА КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА ДЛЯ МЕДНОГО И ОПТИЧЕСКОГО КАБЕЛЯ



ВВЕДЕНИЕ

Кабель используется для передачи электроэнергии и сигналов на расстояние. В данном разделе рассматривается классификация кабелей, маркировка, кабельные проводники, изоляция. Анализируются классификация и структура сельских, междугородных кабелей, волоконно-оптических кафельей. Основным направлением развития телекоммуникационных систем является применение волоконно-оптических систем передачи.

Цели обучения:

- ✓ Определяет место (точку) повреждения кабеля.
- ✓ Соблюдает технику безопасности при проведении замеров медного кабеля.
- ✓ Выполняет тестирование измерительных приборов.
- ✓ Обнаруживает и диагностирует неисправность кабеля и периферийного устройства.
- ✓ Осуществляет проверку прохождения оптического сигнала.
- ✓ Определяет тип измерительного прибора для данного измерения.

По окончании данного модуля обучающиеся осваивают:

- ✓ основные понятия о электрических параметрах и нормах при измерении кабеля;
- ✓ назначение и принцип работы измерительных приборов, виды контрольно-измерительной аппаратуры;
- ✓ виды повреждений в кабельных сетях;
- ✓ методы устранения повреждений;
- ✓ проведение комплексных измерений медного кабеля;
- ✓ выполнение тестирования измерительного оборудования оптического кабеля.

Предварительные требования:

Перед изучением данного модуля обучающемуся рекомендуется успешно завершить обучение по базовым модулям и профессиональным модулям квалификации 130703 «Техник» в соответствии с Типовым учебным планом специальности «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

3.1 Работы по тестированию измерительного оборудования для медного кабеля

3.1.1 Методы и устройства испытаний линий связи

Тестирование сетей связи предполагает использование соответствующих методов и средств. Два основных подхода – постоянное и переменное тестирование. В свою очередь, тестирование переменным током проводится двумя способами – измерение падающих волн или измерение отраженных волн (метод рефлектометрии) [25].

Измерения постоянного тока и измерения падающих волн используются для определения начальных и вторичных параметров линии. Оба метода могут быть использованы как путем прямого измерения волн, так и с помощью метода сравнения, частным случаем которого является мостовой метод. Основным преимуществом метода сравнения является его высокая точность в широком диапазоне измеренных значений.

Помимо вышесказанного, существуют и другие классификации методов тестирования. Таким образом, весь их набор может быть представлен в виде больших групп, одна из которых требует обязательного закрытия существующей системы связи при измерении, а другая может быть выполнена в рабочей системе. Вкратце: метод закрытия контакта и метод закрытия контакта.

Современная концепция тестирования сетей связи основана на модели взаимодействия открытых систем OSI, в соответствии с которой все измерительные приборы для проверки сетей связи делятся на две категории:

- ✓ анализаторы физического уровня (первый уровень OSI);
- ✓ анализаторы высокого уровня (от второго до седьмого).

Анализаторы физического уровня включают мультиметры, кабельные тестеры, рефлектометры для металлических и оптических кабелей, осциллографы, измерители сигналов и спектральные анализаторы. Другая группа анализаторов второго-седьмого уровня модели OSI измеряет параметры циклов и пакетов, проверяет целостность данных, сеансы связи, преобразование данных и приложение. Это могут быть карманные тестеры, анализаторы протоколов в виде универсальных устройств со специальными модулями для решения различных задач или пакеты программ для использования в тестовых комплексах и управления сетевыми узлами.

Тестирование кабельных линий связи осуществляется только с помощью анализаторов физического уровня. В дальнейшем мы рассмотрим их более подробно.

За последние несколько десятилетий рынок анализаторов физического уровня претерпел революционные изменения для тестирования симметричных линий. Причиной стало появление технологий xDSL и структурированных кабельных систем. Устройства этой группы позволяют оценить такие параметры контактной сети, как длина, сопротивление, затухание, коэффициент отражения, переходное разложение между витыми парами медных кабелей и др.

В «аналоговую эпоху» устройства предназначены для решения проблем традиционных телефонных сетей, ориентируясь на диапазон звуковых частот. Современные устройства для тестирования симметричных сетей работают в диапазоне частот до нескольких сотен мегагерц. В дополнение к группе низкочастотных устройств появились два новых инструмента. Одна из них направлена на тестирование абонентских сетей с поддержкой xDSL, другая-на тестирование [22].

Цены на широкополосные устройства намного выше, поэтому недорогие низкочастотные устройства с рынка не исчезли. Кроме того, благодаря ряду эволюций сфера их применения значительно расширилась. Например, внедрение новых методов тестирования абонентских линий улучшило качество диагностики, а автоматизация процесса измерений облегчила работу персонала. В результате низкочастотные устройства нового поколения обеспечивают диагностику и локализацию большей части дефектов кабельных линий связи и также используются для тестирования абонентских линий при размещении xDSL. Другим примером является группа простых устройств с набором вспомогательных функций для первого тестирования scs.

Следующий материал по диагностике кабельных линий связи будет посвящен детальному рассмотрению приборов и методов тестирования симметричных линий на их основе. Некоторые устройства только оговариваются, параметры других подробно описываются.

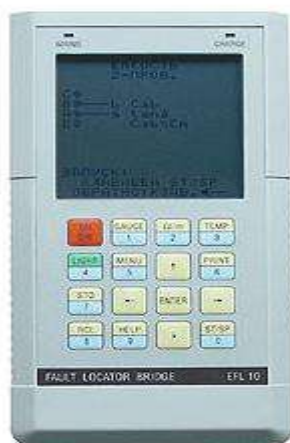


Рис. 3.1. Мультиметр

Мультиметры служат для измерения параметров сети постоянным и переменным током (напряжение аккумуляторной батареи станции, сопротивление шлейфа абонентской линии и др.).

Мосты постоянного и переменного тока дополняют мультиметры, что позволяет более точно оценить исходные параметры сети связи [23].

Измерители уровня сигнала представляют собой большую группу устройств, используемых при регулировании, эксплуатации и устранении неисправностей в системах передачи по металлическим кабелям. С их помощью можно измерить затухание линии, переходный износ, гармонические помехи и шум.

Уровнемеры работают в селективном или широкополосном режиме. Селективные уровнемеры позволяют оценивать уровень сигнала или шума только в определенном узком (100 Гц, 1 кГц, 3,1 кГц и т. д.) диапазоне частот. Благодаря этому свойству селективные измерители могут оценивать очень низкие уровни сигналов и помех. Широкополосные уровнемеры обычно используются для измерения широкополосных помех (например,

тепловой шум регенераторов и усилителей). В принципе, они подходят для измерения уровня частотных сигналов, если они значительно превышают уровень широкополосного сопротивления. Важным преимуществом селективных счетчиков перед широкополосными счетчиками является то, что они позволяют проверять систему связи, в которой они работают.



Рис. 3.2. Измеритель уровня сигнала

Верификаторы коэффициентов битовой ошибки BER являются основным инструментом оценки числовой сети связи как при первоначальной настройке, так и при работе. В последнем случае необходимо приостановить работу системы связи. Принцип работы устройства основан на использовании псевдослучайной схемы. Алгоритмы работы тестеров BER ITU-T-G. 821, G. 826, V. 53 и М. Основан на рекомендациях 2100. Тестеры ошибок позволяют оценить битовые и блочные ошибки, а также ошибки во вторых интервалах, включая ошибки EFS, ошибки ES и долю интервалов с множеством ошибок SES.



Рис. 3.3. Тестер интерфейсных сигналов E1

Результаты проверки ошибок обычно представляются в виде числовых значений или гистограмм. Некоторые анализаторы протоколов высокого уровня имеют функции проверки ошибок. В отличие от уровнемеров, тестеры ошибок требуют обязательного закрытия системы связи [23].

Рефлектометры во временной области, TDR, позволяют оценить характерные точки контактной линии, в том числе неоднородность, повреждения и т. д.

Из-за сложного характера повреждения витых пар индивидуальное тестирование во временной или частотной области не позволяет полностью определить причину повреждения и его местоположение.

Особенность рефлектометра заключается в том, что измерения могут проводиться только с одной стороны. Однако такое соединение не всегда позволяет точно определить причину отражения (особенно при наличии нескольких дефектов). Например, рефлектометр не может различить отражение из-за наличия пупочной катушки из-за разрыва витой пары. Для узких испытательных импульсов рефлектометр с низким выходным сопротивлением, близким к 100 Ом, не может достоверно определять отражения от поврежденных участков с сопротивлением 1000 Ом и более.

Кроме того, тестирование в частотной области имеет довольно большой набор функций, включая измерение исходных параметров – сопротивления, утечки и емкости, а также параметров передачи, эффекта, шума, асимметрии и т. д.

Поэтому разработчики средств измерений все больше задумываются о необходимости объединения в одном устройстве функций тестирования в области времени и частоты. Сегодня такие сложные приборы уже существуют и позволяют добиться высокой точности диагностики при минимизации временных затрат [24].



Рис. 3.4. Рефлектометр

Осциллографы и анализаторы спектра обычно используются для определения сложных повреждений, когда необходимо точно определить форму сигнала или его частотный состав. Например, большой коэффициент погрешности *ber* может быть обусловлен многими причинами: неисправной выходной стадией передатчика, слишком большим значением мощности шума или вибрации из-за включения электродвигателя или переходным эффектом от распределительных систем, работающих по одному и тому же кабелю. Осциллограф позволяет полностью определить параметры сигнала, его форму, частоту, время роста и спада.

Логические анализаторы используются для записи сигналов синхронизации. Они аналогичны осциллографам с дополнительными функциями тестирования цифровых сигналов, которые управляют

несколькими тактовыми сигналами одновременно и автоматически запускаются в определенном состоянии контролируемых сигналов.

Для определения места неисправности кабельной системы (обрыва, короткого замыкания, неправильно установленного разъема и т.д.) используется метод «кабельного радара» или Time Domain Reflectometry (TDR). Суть этого метода заключается в том, что сканер выдает на кабель короткий электрический импульс и измеряет время задержки до прихода отраженного сигнала. Полярность отраженного импульса определяет характер повреждения кабеля (короткое замыкание или разрыв). Правильно установленный и подключенный кабель не имеет отраженного импульса вообще.

Точность измерения расстояния зависит от скорости распространения электромагнитных волн в кабеле. В разных кабелях он будет отличаться. Скорость распространения электромагнитных волн в кабеле (NVP-nominal velocity of propagation) обычно задается в процентах от скорости света в вакууме. Современные сканеры имеют таблицу данных NVP для всех основных типов кабелей и позволяют пользователю самостоятельно устанавливать эти параметры после предварительной калибровки.

Самыми популярными производителями компактных кабельных сканеров являются MicrotestInc., WaveTekCorp., Scope Communication Inc [23].

3.1.2 Испытание измерительных приборов

Тестеры кабельных систем-это простые и недорогие устройства для диагностики кабеля. Они позволяют определить непрерывность кабеля, однако, в отличие от кабельных сканеров, не отвечают на вопрос, где произошел сбой.

Существуют все классы средств тестирования кабельных систем, появление которых стало возможным благодаря наличию четких стандартов на характеристики компонентов (TIA/EIA568), а также на процедуры и критерии тестирования кабельных сетей КНС (TSB-67).

Для удобства кабельные сети делятся на категории в соответствии с их параметрами. Большинство работающих кабельных сетей относятся к категории 3 и предназначены для телефонии и передачи данных в диапазоне частот до 16 МГц (например, 10baset Ethernet). Однако наиболее распространены кабельные сети категории 100, гарантирующие передачу сигнала на частоте до 5 МГц. Комитеты по стандартизации в целях повышения надежности передачи завершили работу по составлению перечня наиболее жестких требований к параметрам кабельных линий 5 категории (улучшенная категория 5 или 5е), 6 категории (200-250МГц), 7 категории (до 600МГц).

Большинство моделей выпускаемых тестеров предназначены для управления кабельными сетями категорий 3, 5 и 5е (улучшенная категория

5). Появились первые тестеры для проводов категории 6 (например, Datacom Lancat System 6 или OmnisScanner от компании Microtest). Однако основной парк тестеров scs сегодня ориентирован на анализ характеристик линий в диапазоне частот до 100-155 МГц. За исключением анализируемого диапазона частот, другие параметры этих тестеров мало отличаются друг от друга, так как тестирование проводится одними и теми же методами. Основные отличия заключаются в характеристиках встроенных рефлектометров для проводных сетей (максимальный диапазон, точность, разрешение, форма представления результата), пользовательском интерфейсе и удобстве работы, а также в наборе вспомогательных и сервисных функций.

Среди вспомогательных функций могут быть полезны следующие:

- ✓ двухстороннее измерение;
- ✓ испытания волоконно-оптических кабелей;
- ✓ карта жил кабеля (схема подключения) ;
- ✓ определение импульсного сопротивления;
- ✓ Отслеживание трафика LAN;
- ✓ разработка программ тестирования;
- ✓ организация разговорного пути между основным и удаленным

модулем;

✓ встроенный тональный генератор для отслеживания и идентификации и т. д.

Приведенная ниже информация позволит ознакомиться с измеряемыми параметрами кабельной сети и упростит выбор устройства для определенных нужд.

Основные электрические параметры, связанные с работой кабельной сети:

- ✓ целостность цепи (соединение);
- ✓ характеристический импеданс (characteristic impedance) и обратные потери (возвратная потеря);
- ✓ затухание (attenuation);
- ✓ переходное затухание (crosstalk);
- ✓ задержка распространения сигнала (Propagation Delay) и длина линии (длина кабеля);
- ✓ сопротивление цепи постоянного тока (loop resistance);
- ✓ емкость сети (capacitance);
- ✓ электрическая симметрия (баланс);
- ✓ наличие шумов (electrical noise, electromagnetic interference).

Если рассматривать эти характеристики подробнее.

1) целостность цепи

Основная задача этого теста-выявить ошибки в установке разъемов или кроссовок (замыкание, разрывы, запутанные стержни). Поскольку такие ошибки на самом деле преобладают, существует множество недорогих устройств, единственной функцией которых является только контроль целостности цепи. Однако полнофункциональные scs-тестеры обычно

предоставляют полную информацию о характере ошибки, вплоть до схемы подключения, в которой установщик может точно определить неисправность [25].



Рис. 3.5. Тесты

2) характеристический импеданс (волновое сопротивление)

Поскольку передача данных осуществляется на высоких частотах, то важную роль играет сопротивление сети, то есть ее сопротивление переменному току заданной частоты. Роль играет не только значение сопротивления, но и стабильность по всей линии (кабель и разъемы) для всего диапазона рассматриваемых частот. Этот сигнал, отраженный от точек с аномальным сопротивлением, соответствует основному сигналу и искажает его.

Для кабеля витой пары импеданс обычно составляет 100 Ом или 120 Ом. Для линий 5 разряда сопротивление нормализуется для диапазона частот 1-100 МГц и должно составлять 100 Ом 15%.

Основные причины неоднородности импеданса:

- ✓ нарушение шага скручивания в местах разделения кабеля рядом с соединителями (максимальное расстояние, на которое могут развиваться стержни при разделении-13 мм);
- ✓ дефекты кабеля (высокое сопротивление проводников, низкое сопротивление изоляции, нарушение шага скручивания);
- ✓ неправильная прокладка кабеля (применение скоб и хомутов для крепления, малый радиус изгиба, заломы из-за неправильной обмотки);
- ✓ некачественное сжатие разъемов или использование некачественных разъемов.

Подобные проблемы возникают в проверенных сетях при подключении к его розеткам некачественных (не соответствующих требованиям данной категории) коммутационных проводов, адаптеров или сетевых разветвителей.

При неоднородности импеданса оценка введенного эффекта выражается таким параметром, как обратные потери (отношение амплитуды подаваемого сигнала к амплитуде, выраженной в дБ). Если дефект вызывает значительную неоднородность сопротивления на линии, то обратные потери минимальны, так как большая часть энергии сигнала проявляется в неоднородности. Таким образом, в случае обрыва или замыкания кабеля обратные потери составляют 0.

Все полнофункциональные scs-тестеры имеют рефлектометр для проводных сетей, который отображает результат в цифровом или графическом виде, с помощью которого можно легко локализовать место с аномальным сопротивлением. Некоторые рефлектометры позволяют рассчитать обратные потери для данной части сети, что позволяет определить влияние неоднородности в ней на получаемую характеристику линии.

3) Затухание (Attenuation)

При распределении сигнала по сети его ослабление оценивается затуханием (отношение мощности сигнала, поступающего на нагрузку в конце линии, указанной в дБ, к мощности сигнала, подаваемого в сеть). С увеличением частоты затухание сильно увеличивается, поэтому его необходимо измерять для всего диапазона используемых частот. Для кабеля 5 категории затухание на частоте 100 МГц не должно превышать 23.6 Дб на 100 м, а для кабеля 3 категории, применяемого по стандарту IEEE 802.3 10BASE-T, допустимая величина затухания на отрезке длиной 100 м не должна превышать 11,5 Дб при частоте переменного тока 10 МГц.

4) Переходное затухание

Этот параметр характеризует степень пересечения сигнала между парами одного кабеля (отношение амплитуды передаваемого сигнала к амплитуде сигнала в дБ). Существует несколько разновидностей этой характеристики, каждая из которых позволяет оценить различные свойства кабеля.

При определении переходного затухания на близком конце линии (Near End Cross Talk, NEXT; Power sum NEXT, PS-NEXT) сигнализация и измерение проводятся с одной стороны линии для всех частот данного диапазона. В первом случае сигнал для измерения в одной паре передается поочередно всем другим парам. Именно это измерение используется для испытаний кабельных линий 5 категории. Во втором случае тестирование проводится по строгим правилам: сигнал подается сразу на все остальные пары и измеряется общее затухание [25].

Очевидно, что переходный износ на ближайшем конце линии должен быть измерен с обеих его сторон, поскольку чем сильнее влияние дефектов на этот параметр, тем ближе они расположены к месту измерения. В новых стандартах необходимо одновременно измерять затухание на разных концах линии.

Работа сети надежна только тогда, когда переходное затухание велико, а линейное меньше, поэтому оценка качества сети очень удобна на основе смешанного параметра безопасности на дальнем конце сети (crosstalk Ratio Attenuation to crosstalk Ratio, ACR; Power Sum ACR, PS – ACR), выраженного как отношение величин линейного затухания и переходного затухания на Ближнем конце линии. Фактически, этот параметр показывает, насколько амплитуда принятого полезного сигнала выше амплитуды шума для заданной частоты сигнала.

Однако, если передача осуществляется одновременно через несколько пар (например, 100Base-T4 и 100vg-AnyLAN), то в таких сетях важен уровень переходного разложения на дальнем конце сети (Far-End CrossTalk, FEXT). Поскольку суперпозиция полезного сигнала, передаваемого по заданной паре, поступает на приемник и на него поступает сигнал, полученный от другой пары, оценка качества сети осуществляется на основе соотношения величин полезного сигнала на дальнем конце сети (Equal-Level far-End Cross Talk, ELFEXT; Power Sum ELFEXT, PS-ELFEXT).

Удовлетворительное значение переходного износа косвенно свидетельствует о симметрии сети, а, следовательно, об отсутствии электромагнитного излучения витой пары и восприятии электромагнитных и радиопомех.

5) задержка распространения сигнала и длина линии

Для надежной работы на высоких скоростях необходимо, чтобы задержка распространения сигнала не превышала заданную и была одинаковой для всех пар кабельной сети. Измерение длины кабеля осуществляется по принципу рефлектометрии.

Следует отметить, что некоторые системы передачи (например, 100BASE-T4 и 100vg-AnyLAN) очень чувствительны не только к абсолютной задержке распространения сигнала, но и к его разности для разных пар одной кабельной сети (propagation delay skew). Искажение такой задержки и, как следствие, необходимость ее измерения появились после того, как некоторые

производители начали выпускать кабели с различной пароизоляцией (так называемые «2+2» и «3+1»).

б) Уровень шума в Сети

Иногда электромагнитные и радиопомехи делают невозможной стабильную передачу сигнала в сети. Большинство тестеров Scs позволяют измерять уровень шума для последующего анализа и устранения их причин.

Наиболее распространенным шумом являются импульсные помехи от мощного электрооборудования, расположенного вдоль дороги (двигатели, оборудование управления, лампы дневного света и т. д.) или от проводов питания к ним. Для решения такой проблемы достаточно сдвинуть кабель на несколько метров. Радиовещательное оборудование, расположенное рядом, мешает работе. В этом случае устранение помех требует экранирования кабеля или установки его в металлические каналы.

Как видно из вышесказанного, параметры кабельных сетей довольно многочисленны и имеют различное значение для тех или иных приложений. Однако разнообразие приборов для их измерения не менее важно. Самый простой способ не ошибиться с выбором-опираться на потребности вашей организации и ее планы на ближайшее будущее.

Не все рассмотренные параметры охватываются стандартами scs. Например, TSB-67 требует контроля четырех параметров для кабельных систем 5-й категории: правильное включение линии, длина линии, отключение сигнала, переходное отключение на ближайшем конце линии. Кроме того, характеристики некоторых высокоскоростных распределительных систем предъявляют и другие жесткие требования к параметрам кабельной сети. Некоторые из них включены в новые стандарты, остальные будут добавлены в ближайшее время.

Если компания занимается монтажом, то для быстрой локализации монтажных ошибок лучше приобрести прибор с развитыми сервисными функциями, возможностью сохранения результатов для последующей передачи на компьютер и формирования протоколов приемочных испытаний. Кроме того, желательно, чтобы приобретенное устройство обеспечивало возможность обновления включенной в него программы в соответствии с требованиями новых стандартов. Затраты на покупку прибора такого уровня могут быть высокими, но окупятся достаточно быстро.

Если устройство приобретено для обслуживания существующих scs, то в целях экономии можно ограничиться дешевым устройством для проверки сетей scs в соответствии с требованиями конкретных приложений (10BASET, 100BASETX, ATM 155 и др.), которое организация использует в настоящее время или использует в обозримом будущем [24].

3.1.3 Работы по регулировке параметров и переключению контрольно – измерительных приборов

Неисправности контрольно-измерительных приборов происходят от разнообразных

причин и для каждого вида приборов имеют свои характерные особенности. В электронных приборах наряду с механическими деталями нередко выходят из строя электрические элементы схемы: конденсаторы, сопротивления, трансформаторы, электродвигатели, электронные лампы.

Неисправности механизмов могут возникать как при нормальной эксплуатации приборов вследствие износа осей, подшипников, шарниров, зубчатых передач, остаточной деформации пружин, ослабления магнитов и др., так и в результате частых перегрузок приборов, систематической вибрации или других условий ненормальной эксплуатации. Электрические перегрузки приводят к пробоям изоляции, обрывам в измерительных цепях, коротким замыканиям в рамках, добавочных сопротивлениях и трансформаторах. Вследствие резких изменений измеряемой величины подвижная система сильно колеблется и стрелка ударяется об опоры. Это вызывает ее смещение относительно оси и нарушение уравновешенности. Значительное повышение токов, проходящих по токоподводящим спиральям, приводит к их нагреву и нарушению упругих свойств.

При длительном хранении приборов на складах, особенно в условиях переменной

температуры и сырости, возможна коррозия металлических деталей и осей измерительных механизмов, в результате чего увеличивается трение в осях и вариация показаний.

При плохом уплотнении корпусов внутрь механизма проникает пыль, способствующая ускоренному износу подвижных деталей. Ферромагнитная пыль тягивается магнитным полем в зазоры магнитопроводов и мешает нормальному движению рамок и успокоителей.

Приборы могут быть повреждены также и вследствие небрежного обращения с ними со стороны обслуживающего персонала.

Неисправности приборов обнаруживают при внешнем осмотре, проверке электрических деталей, с помощью переносных приборов, проверкой по показаниям.

Внешним осмотром выявляют видимые повреждения корпусов, защитных стекол, зажимов, уплотнений, замков и отсчетных приспособлений (шкал и указателей). Стрелочные приборы предварительно проверяют без снятия корпусов на наличие трения в подвижной части. Для этого прибор устанавливают под разными углами к вертикали и горизонтали и определяют смещение стрелки. Несвободное, толчками, перемещение стрелки указывает на наличие трения. Поворачивая корректор прибора

и слегка постукивая по корпусу, можно приблизительно оценить степень затирания в подвижной части прибора.

Если у пружинных манометров и стрелочных тахометров при постукивании по

корпусу стрелка смещается от начальной отметки шкалы, то это свидетельствует о нарушении регулировки механизма.

Электрические приборы проверяют на исправность состояния и соответствия параметров входных и выходных электрических цепей.

Если при внешнем осмотре прибора обнаруживают явные повреждения или есть основание предполагать, что имеются внутренние повреждения, то необходимо снять корпус и осмотреть внутренние части схемы и измерительного механизма. При этом осмотре следует обращать внимание на состояние внешних поверхностей деталей, проверить надежность закрепления винтов и гаек, прочность паяк и правильность взаимного расположения отсчетных приспособлений. Внешняя поверхность деталей прибора должна быть совершенно чистой, без признаков коррозии, пыли и влаги. Места

пайки проводов электрической схемы должны быть прочными и покрытыми защитным лаком. Неплотности в зубчатых передачах и шарнирных соединениях должны быть минимальными, но обеспечивать свободное движение деталей[26].

Шкалы отсчетных приспособлений должны быть чистыми, с четкими знаками, а стрелки указателей закрашены соответствующей краской. Концы стрелок должны быть правильно расположены по направлению штрихов шкалы.

Многие неисправности в электрических цепях приборов можно обнаружить с помощью обычного переносного омметра. Если при предварительной проверке схемы электронного прибора омметром обнаружены значительные отклонения параметров цепей питания от нормальных значений, то такой прибор нельзя подключать к электросети, пока не будут выявлены причины этих отклонений. По поведению стрелки омметра при пробовании цепей с трансформаторами и конденсаторами можно приблизительно судить о состоянии этих элементов. Так, например, стрелка омметра, подключаемого к многовитковым обмоткам исправного трансформатора, не сразу устанавливается, а движется с некоторым замедлением благодаря постепенному нарастанию тока, свойственному всякой индуктивности. Движение стрелки омметра, подключенного к исправному конденсатору, имеет другой характер. Она сначала делает резкий бросок, а затем плавно возвращается к отметке шкалы, показывающей

очень большое сопротивление. Если поменять между собой концы омметра, то возникший на конденсаторе заряд вызовет толчок стрелки в противоположную сторону шкалы. Всякое другое поведение стрелки омметра свидетельствует о неисправности конденсатора. Этот способ годится только для конденсаторов со значением емкости не менее $0,25 \text{ мкФ}$, имеющих достаточно большое значение зарядного тока.

Проверяя входные цепи чувствительных электроизмерительных приборов магнитоэлектрической системы (милливольтметров, микроамперметров) с помощью омметра, следует соблюдать осторожность, чтобы не повредить подвижную часть этих приборов. Омметр содержит в себе сухую батарею напряжением 1,5 или 4,5 в. Подключая такое напряжение к чувствительному прибору, можно вызвать очень резкий

толчок его подвижной системы и погнуть стрелку указателя об ограничители, установленные на краю шкалы. Для предупреждения таких случаев последовательно с омметром нужно включать большое добавочное сопротивление, ограничивающее величину тока через рамку прибора.

В электронных приборах причиной неисправности могут служить дефектные электронные лампы. К дефектам ламп относятся: обрыв нити накала, замыкание электродов, обрыв соединений между электродами и выводами на цоколе, потеря

эмиссии катода и появление газа в баллоне лампы. С помощью омметра можно проверить только обрыв нити накала и междуэлектродные замыкания. Все остальные неисправности в электронной лампе можно обнаружить только на специальных ламповых испытателях. При отсутствии таких испытателей необходимо иметь запасной комплект заведомо исправных электронных ламп: дефектную лампу отыскивают, поочередно заменяя лампы электронного усилителя прибора.

Весьма удобны для работ по проверке электрических цепей и схем приборов универсальные комбинированные электроизмерительные приборы, которые называют авометрами или тестерами (рис. 3.6). Они представляют собой сочетание амперметровольтметра и омметра и дают возможность измерять в широких пределах постоянный и переменный ток, напряжение и электрическое сопротивление [27].

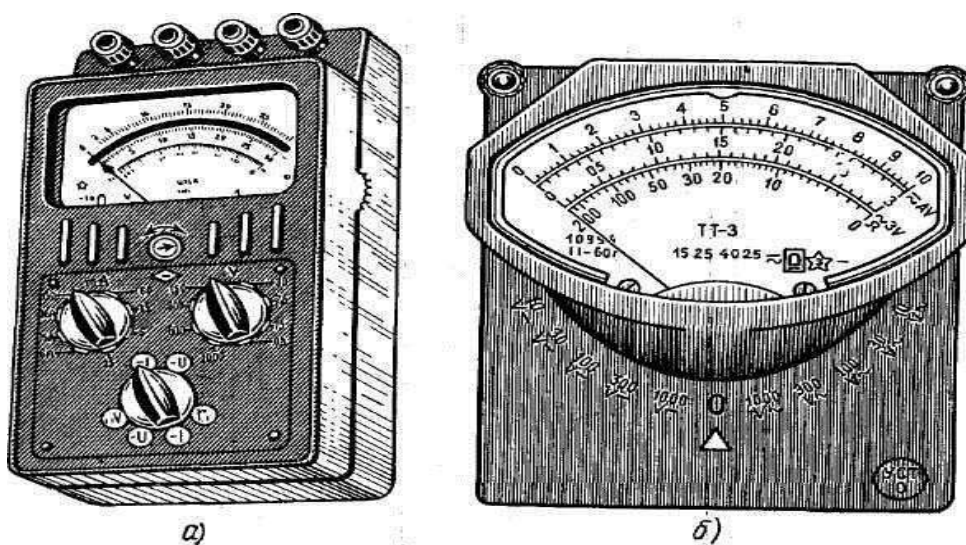


Рис. 3.6. Комбинированные электроизмерительные приборы: а-Ts56, б-TT-3I

В качестве измерительного механизма используется высокочувствительная магнитоэлектрическая система. Пределы измерения прибора расширяют за счет различных комбинаций встроенных шунтов и добавочных сопротивлений. Полупроводниковые выпрямители позволяют использовать прибор для измерения переменного тока и напряжения, а сухие батареи служат источником вспомогательного напряжения для работы прибора в качестве омметра.

Комбинированный прибор ТТ-3 имеет 24 предела измерения (рис. 3.7). Шкала прибору многорядная. Для постоянного тока имеются 5 пределов измерения (0,1; 0,3; 30; 300; 3000 ма), для постоянного и переменного напряжения — 7 пределов (1; 3; 10; 30; 100; 300; 1000 в) и для сопротивления — 5 пределов (2 ком; 20 ком; 0,2 Мом; 2 Мом; 20 Мом). Пределы измерения устанавливают переключателем.

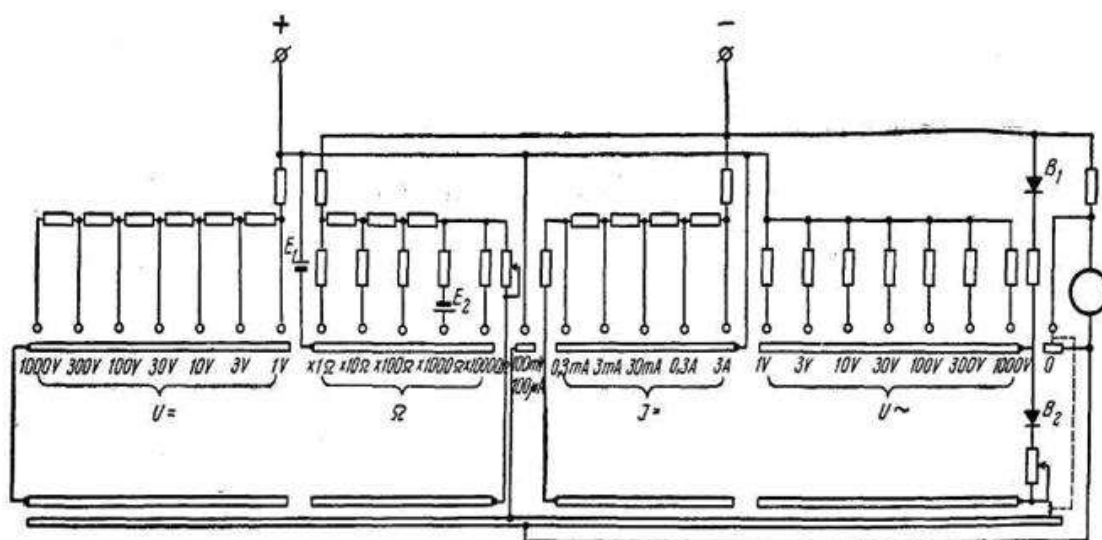


Рис. 3.7 Схема прибора ТТ-3

При измерениях комбинированными приборами следует соблюдать определенную осторожность, чтобы не подвергать прибор недопустимым перегрузкам. Перед включением прибора нужно убедиться в правильности выбора рода работы (постоянный или переменный ток, вольтметр, амперметр или омметр). Начинать измерение лучше с максимального предела для определения приблизительного значения измеряемой величины, а затем устанавливать предел измерения, обеспечивающий требуемую точность отсчета показаний.

Особенно опасно подключать прибор для измерения напряжения, если его переключатели установлены в положение, соответствующее измерению тока.

При использовании прибора в качестве омметра необходимо предварительно проверить установку нулевого положения. Для этого замыкают входные концы и регулировочным реостатом устанавливают стрелку прибора на нулевую отметку по шкале сопротивлений.

Для испытания изоляции электрических цепей применяют мегомметры. Мегомметр (см. рис. 3.8) состоит из магнитоэлектрического логометра и индуктора с ручным приводом. Индуктор служит для создания высокого напряжения постоянного тока. Рукоятка связана через повышающую зубчатую передачу с якорем индуктора. При вращении рукоятки якорь вращается с большой скоростью и в нем индуцируется электрический ток высокого напряжения. Индуктор включается последовательно с логометром в измеряемую цепь. В зависимости от величины сопротивления изоляции стрелка логометра отклоняется и указывает на шкале значение этого сопротивления. Например, в мегомметре типа М1101 имеется два предела измерений: до 100 ком и до 100 Мом, которые образуются при переключении прибора на параллельную или последовательную схему [25].

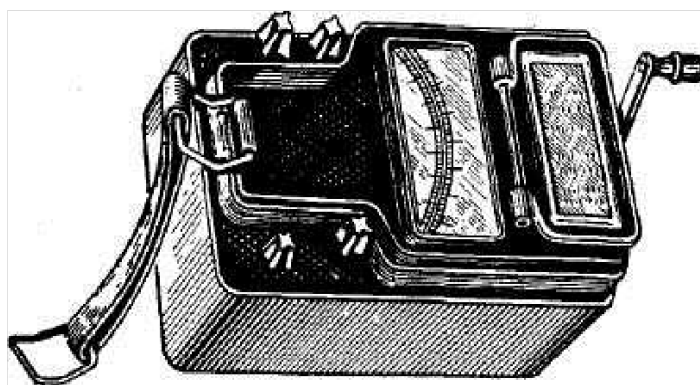
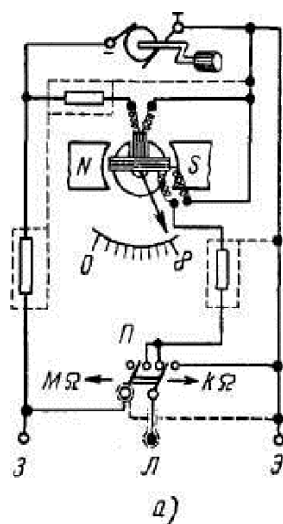


Рис. 3.8. Мегомметр с ручным приводом:

а — принципиальная схема, б — общий вид; Л — линия, З — земля, Э — экран, Л — переключатель

Для проверки электрических цепей КИП и автоматики применяют мегомметры с напряжением 500 и 1000 в, а для испытания высоковольтных цепей — мегомметры на 2500 в. Находящиеся в эксплуатации контрольно-измерительные приборы отбраковывают для ремонта в процессе периодических проверок на месте установки. В случае явного нарушения правильности работы прибора его передают на ремонт, не дожидаясь периодической проверки. В зависимости от характера неисправности требуется различный объем ремонта прибора. При текущем ремонте устраняют мелкие неполадки без разборки измерительного механизма. Средний ремонт включает разборку механизма, заточку и шлифовку осей, замену подшипников и подпятников. При капитальном ремонте изготавливают или исправляют отдельные детали, наматывают рамки, катушки, реохорды, трансформаторы.

Сборка и наладка приборов

Сборку приборов после ремонта и замены неисправных деталей выполняют в порядке, обратном разборке.

Сначала собирают измерительный механизм и другие самостоятельные узлы, восстанавливают электрический монтаж, а затем собирают весь прибор, включая защитный корпус.

В процессе сборки каждый узел проверяют, устанавливают минимальные зазоры между подвижными деталями, осями и подпятниками. При сборке электроизмерительных стрелочных приборов необходимо соблюдать особенную осторожность. Излишний нажим на подвижную часть при установке подпятников может привести к повреждению керна, после чего требуется повторная разборка механизма и замена керна. [23].

Электрические детали проверяют перед сборкой на соответствие заданным параметрам, чтобы облегчить последующую наладку прибора в целом.

Указатели стрелочных приборов должны быть установлены таким образом, чтобы копье стрелки имело направление строго вдоль штрихов шкалы, а у ножевидных стрелок плоскость ножа располагают перпендикулярно шкале.

Восстановление и замена неисправных узлов и деталей составляют основное содержание ремонта приборов, однако в ряде случаев после сборки требуются еще наладочные и регулировочные операции для обеспечения правильного взаимодействия отдельных элементов. В частности, для самопишущих приборов необходима наладка механизма записи, лентопротяжного устройства, а также установка пределов перемещения подвижной системы по отношению к масштабной сетке диаграммы.

В самопишущих механизмах точечной записи с падающей дужкой каждый цикл печати складывается из нескольких процессов. Между двумя последовательными падениями дужки происходит подъем дужки, передвижение диаграммы, переключение точки измерения и перестановка красящей ленты. .

Основная задача регулировки состоит в достижении правильного распределения времени на каждое из этих действий в пределах полного времени цикла. Наибольшее время должно быть выделено между переключением точки измерения и падением дужки. Это необходимо потому, что после переключения точки измерения стрелка совершает колебательное движение при переходе на новое показание. Если дужка упадет до полного затухания колебаний стрелки, то на диаграмме будут зафиксированы случайные положения стрелки, не соответствующие действительному значению измеряемой величины.

Для проверки правильности регулировки самопишущего многоточечного прибора с падающей дужкой нужно подключить к прибору источник измеряемой величины с постоянным значением.

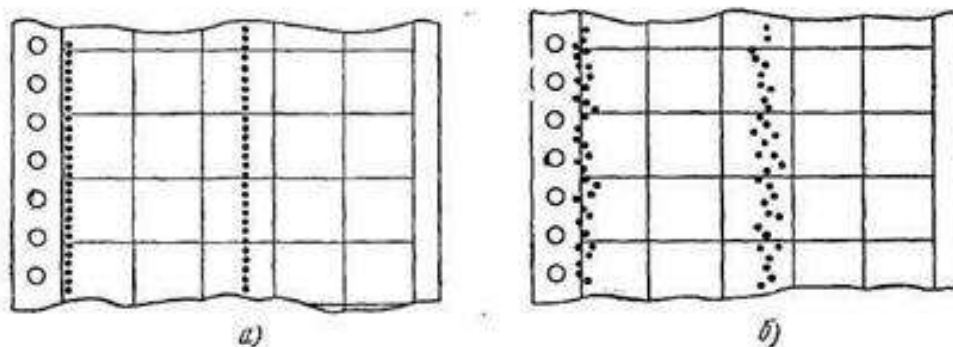


Рис. 3.9. Точечная запись при постоянных значениях измеряемой величины
а-нормальная запись, б-рассеянная запись

Например, для шеститочечного прибора измеряемую величину можно подключить параллельно на точки 1; 3; 5, а точки 2; 4 и 6 на выходных зажимах замкнуть накоротко, что соответствует нулевому значению измеряемой величины. При таком включении прибор должен записывать показания в виде двух параллельных линий, соответствующих установленному значению измеряемой величины и ее нулевому значению [24].

На рисунке показан характерный вид точечной записи при правильной и неправильной работе самопишущего прибора.

Лентопротяжные механизмы самопишущих приборов обычно имеют приемную кассету, на которую наматывается ленточная диаграмма. При постоянной линейной скорости продвижения диаграммы угловая скорость приемной кассеты непрерывно изменяется в связи с увеличением диаметра намотанного на кассете рулона диаграммы. Поэтому привод приемной кассеты осуществляется через фрикционное сцепление. Нормальное натяжение диаграммы регулируют усилением или ослаблением трения во фрикционном сцеплении. Если трение велико, то диаграмма чрезмерно натягивается и перфорация на ее краях начинает рваться. При слабом трении кассета не обеспечивает нормальной перемотки и диаграмма провисает.

При регулировке кинематических схем самопишущих приборов можно изменять взаимное расположение зубчатых шестерен, храповых колес, раздвижных рычагов и других деталей, однако недопустимо изменять размеры отдельных элементов путем подпиливания или подгибания, что может сделать невозможной полноценную регулировку механизма прибора.

В самопишущих приборах с электронными усилителями, кроме наладки механической части бывает необходимой проверка и наладка электрической схемы прибора. Сложные электрические схемы следует налаживать, начиная с поочередной проверки отдельных узлов.

Так, например, в электрической части автоматического потенциометра можно выделить следующие узлы: измерительная схема, электронный усилитель и реверсивный электродвигатель.

Измерительную схему проверяют при отключенном питании прибора. К входным зажимам вместо термопары подключают источник регулируемого напряжения постоянного тока, а на выход вместо усилителя включают чувствительный магнитоэлектрический гальванометр с двусторонней шкалой (с нулем посередине). Источником напряжения устанавливают некоторое значение напряжения в пределах измерения данного типа потенциометра. При этом стрелка гальванометра должна отклониться. Затем, вращая от руки выходной вал реверсивного двигателя, перемещают в ту и другую сторону скользящий контакт реохорда. Стрелка гальванометра должна приближаться к нулевой отметке, если направление перемещения контакта совпадает с направлением, при котором схема уравнивается. При дальнейшем перемещении контакта реохорда стрелка отклоняется в противоположную сторону от нулевой отметки. Плавное, без толчков, движение стрелки характеризует также наличие надежного контакта в цепи реохорда.

Измерительную схему автоматического моста можно проверить таким же способом, но вместо источника регулируемого напряжения к зажимам термометра сопротивления подключают постоянное сопротивление. Значение этого сопротивления должно приблизительно соответствовать градуировочному значению сопротивления термометра в пределах средней части шкалы данного моста. Если мостовая схема питается от переменного тока, то необходимо отсоединить один из питающих проводов и подключить к схеме сухую батарею с напряжением около 1,5 в. [26].

При неправильной работе измерительной схемы место повреждения отыскивают детальной проверкой всех элементов электрической цепи.

Электронный усилитель также проверяют по частям. При наличии в усилителе вибропреобразовательного каскада необходимо проверить правильность регулировки вибропреобразователя.

Для получения симметричной формы кривой напряжения на вторичной обмотке входного трансформатора вибропреобразователь должен обеспечивать одинаковую длительность замыкания среднего контакта с обоими крайними контактами. Длительность замыкания контактов зависит от расстояния между подвижными и неподвижными контактами. Схема для проверки и регулировки зазоров между контактами вибропреобразователя показана на рис. 3.10. Сухой элемент с напряжением 1,4 в попеременно подключается через контакты вибропреобразователя к двум одинаковым миллиамперметрам со шкалой 3 ма. Регулировка контактов контролируется по показаниям этих миллиамперметров. Одинаковые показания миллиамперметров около 1,5 ма свидетельствуют о симметричной работе контактов.

На усилителе должен быть установлен четко исправный комплект электронных ламп.

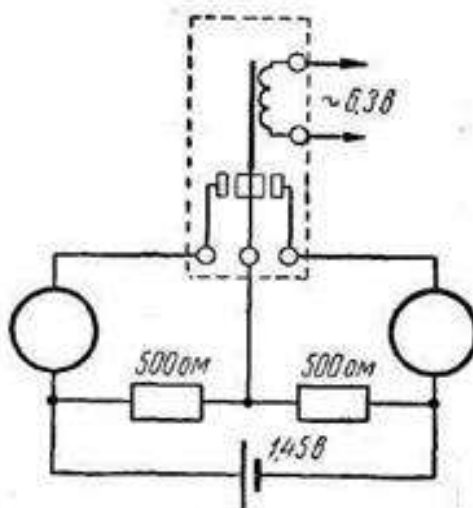


Рис. 3.10. Схема для регулировки зазоров между контактами вибропреобразователя

Проверка этих деталей и электрических цепей усилителя при отключенном напряжении питания занимает много времени, учитывая значительное количество различных элементов и связей между ними. Поэтому на практике электронные усилители часто проверяются при включении напряжения питания. Такую работу может выполнить только опытный инструменталист, хорошо знающий устройство и принцип работы каждого элемента схемы устройства, а также знакомый с правилами безопасности при работе.

Усилитель тестируется поочередно каждым каскадом и проверяется в определенном порядке. Инструкции, прилагаемые к электронным устройствам, обычно содержат информацию о нормальных значениях напряжения в определенных точках электрической цепи усилителя.

С помощью авометра необходимо проверить соответствие фактических параметров усилителя данным, указанным в инструкции. Сначала измеряются напряжения на обмотках трансформатора, выпрямителя, затем измеряются напряжения на ламповых анодах каждого каскада. После установления неисправности любой детали необходимо тщательно проверить схему соединения этой детали, чтобы выявить случайные замыкания, обрывы проводов, некачественную сварку, повреждения конденсаторов и помех. Если внешних повреждений не обнаружено, то измеряются значения входных помех и конденсаторов на данном участке и сравниваются с данными, указанными на схеме.

В процессе настройки электронных усилителей не рекомендуется изменять взаимное расположение монтажных проводов и деталей, подключенных к сеточным и анодным цепям схемы. От этого может произойти пробуждение самого усилителя и нарушится правильная работа устройства. Поэтому при замене проводников и деталей необходимо сохранить их исходное положение на схеме. Сетчатые и анодные провода

должны быть расположены далеко друг от друга. Если сетчатые провода заключены в металлическую оболочку на экране, то его необходимо подключить к корпусу устройства с электричеством[25].

Весьма полезным прибором при наладочных работах с электронными усилителями является электронный (катодный) осциллограф (рис. 3.1), позволяющий получить на экране изображение переменных напряжений, различных по частоте, форме и амплитуде. Электронный осциллограф позволяет наблюдать быстроменяющиеся электрические процессы.

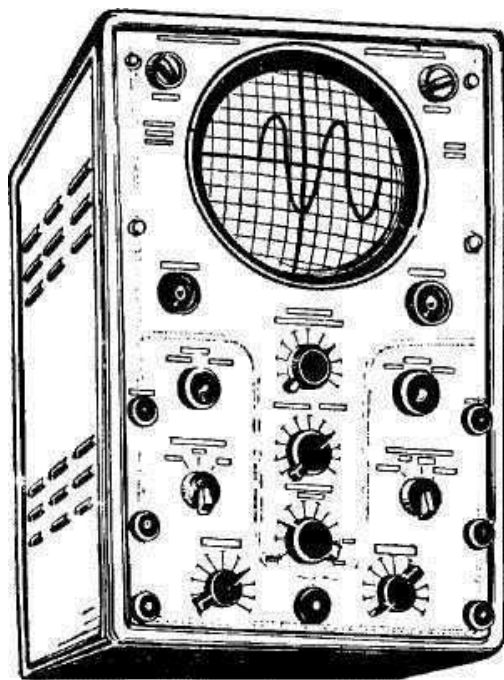


Рис. 3.11. Электронный осциллограф

Подключая осциллограф к различным точкам усилителя, можно быстро обнаружить неисправный каскад усилителя. У исправно работающего усилителя амплитуда переменного напряжения на выходе каждого каскада возрастает или уменьшается при соответствующем изменении сигнала на входе усилителя. Нарушение этой зависимости свидетельствует о неисправности данного каскада усилителя.

Катодный осциллограф имеет большое входное сопротивление и его подключение к схеме электронного усилителя практически не изменяет параметров этой схемы. Для еще большего увеличения входного сопротивления последовательно с осциллографом включают добавочное сопротивление 0,5—1 Мом. При проверке схем с помощью осциллографа один из его входных зажимов обычно соединяют с корпусом усилителя, а другой зажим — с той точкой схемы, где требуется наблюдать амплитуду и форму кривой переменного напряжения. Для удобства подсоединения проводников к различным точкам схемы используют специальные пружинные зажимы. Реверсивные конденсаторные электродвигатели, применяемые в автоматических приборах, могут иметь механические и

электрические повреждения. Вначале следует проверить с помощью омметра электрическую цепь обмоток электродвигателя и убедиться в отсутствии замыканий обмоток на корпус. При этом внешняя цепь должна быть отсоединена. Затем восстанавливают соединение обмотки, питаемой от сети через конденсатор, а на другую управляющую обмотку подают переменное напряжение 50—60 В через понижающий трансформатор также от сети переменного тока.

Исправный электродвигатель должен вращаться в ту и другую сторону при перемене концов, подключенных к управляющей обмотке. Механические неисправности обнаруживаются при провертывании вала электродвигателя вручную.

После проверки отдельных элементов восстанавливают все электрические цепи прибора и налаживают правильное взаимодействие узлов кинематической схемы прибора. Так, например, для автоматических вторичных самопишущих приборов с дисковой диаграммой необходимо отрегулировать правильное взаимное расположение показывающей стрелки и рычага с пером для записи.[26].

Взаимное расположение всех элементов кинематической схемы прибора должно быть отрегулировано таким образом, чтобы их рабочий угол поворота или линейного перемещения обеспечивал прохождение стрелки указателя и пишущего устройства между крайними отметками шкалы прибора.

Во вторичных приборах с электронными усилителями необходимо проверить и отрегулировать порог чувствительности усилителя. При недостаточном коэффициенте усиления электронного усилителя возрастает вариация показаний прибора, а при излишней чувствительности возникают автоколебания механизма уравнивания измерительной схемы.

Возникновение незатухающих автоколебаний при излишней чувствительности усилителя связано с тем, что при уравнивании измерительной схемы может происходить переходкомпенсирующего элемента (реохорда или дифференциального трансформатора) через положение равновесия. В результате на вход усилителя поступает сигнал небаланса различного направления, не связанный с действительным изменением измеряемой величины. Это заставляет электродвигатель совершать непрерывные реверсы и перемещать механизм компенсации и стрелку прибора в пределах некоторой зоны с обеих сторон от положения, соответствующего балансу схемы.

3.2 Комплекс измерения медного кабеля

3.2.1 Набор тестовых измерений

Все имеющиеся в продаже тестеры измеряют характеристики кабеля в соответствии с отраслевыми стандартами категорий 5е и 6, и основной набор

этих измерений называется «автотестом». Следует отметить, что тестеры, способные измерять параметры кабельных систем шестой категории, имеют уровень точности III (уровень III). Эти тестеры проверяют подавляющее большинство новых scs.

Для той же небольшой группы потребителей, которые внедряют 7 категорий для работы в диапазоне частот 600 МГц, в ближайшее время придут тестеры точности IV уровня.

Интересно, что некоторые модели выполняют автотест несколько быстрее, чем другие, что особенно важно, когда приходится измерять параметры сотен или тысяч кабельных сегментов. Многие доступные в настоящее время устройства позволяют измерять медные кабели с помощью встроенных модулей и проверять волоконно-оптические системы.

Возможность использования одного тестера для тестирования оптических и медных кабелей не только удобна при тестировании больших scs, но и позволяет экономить на измерительном оборудовании.

Практически все современные тестеры могут аккумулировать измеренные данные во внутренней памяти или на картах памяти Compact Flash различной емкости, а затем передавать их на персональный компьютер для дальнейшей обработки и печати. Многие тестеры для подключения к ПК имеют современные интерфейсы USB, за исключением стандартных последовательных интерфейсов, таких как RS 232.

Ряд современных кабельных тестеров оснащен встроенной рацией (talket), что позволяет устанавливать связь между двумя установками через тестер, а также современные кабельные тестеры оснащены встроенной рацией (talket), что позволяет устанавливать связь между двумя установками через тестер[25].

Эта функция легко реализована в тестерах с основным и выносным блоком, каждый из которых оснащен разъемами для подключения телефонной гарнитуры. Удаленные установки в некоторых случаях сильно отличаются по конструкции: в одних есть только набор светодиодов для отображения режимов работы, в других предусмотрены функции основного тестера.

Кроме того, адаптеры для тестирования кабельных каналов поставляются с тестером. Также стоит отметить, что в последнее время появились универсальные сетевые тестеры, способные измерять не только параметры scs, но и сетевые протоколы - Ethernet , TCP / IP, ftp и др.

Теперь давайте рассмотрим несколько современных кабельных тестеров, которые стали популярными на рынке.

AgilentFrameScope350

Agilent FrameScope 350, одна из корпораций Hewlett Packard, особенности возможности измерения времени отклика основных сетевых ресурсов, таких как веб-серверы, файловые и почтовые серверы, серверы печати, DNS и DHCP.



Рис.3.12. Тестер Agilent FrameScope 350

FrameScope 350 позволяет протестировать кабельную и сетевую инфраструктуру.

Устройство позволяет получать данные о загруженности 10/100 каналов Ethernet, количестве пакетов передачи, конфликтах и ошибках, а также быстро определять неправильно назначенные маски подсети, неправильно настроенные серверы и повторяющиеся IP-адреса.

FrameScope 350 быстро находит все IP-и IPX-устройства и отображает их как в отображаемой сети, так и в нескольких подсетях. При этом цветной сенсорный экран и удобный интерфейс значительно упрощают работу с устройством.

Измерение параметров кабельных линий выполняет модуль DualRemote 350. Framescope 350 для основного блока и удаленная установка DualRemote 350 могут соединять наушники с микрофоном для переговоров во время тестирования. Оптические линии mm (SM) тестируются с помощью мультимодальных и одномодовых адаптеров Fiber SmartProbe [26].

Все данные, полученные во время тестирования, хранятся на карте памяти CompactFlash. Внутренняя память устройства позволяет хранить до 1000 тестов кабеля, карта памяти Compact Flash объемом 32 MB - до 9 900 тестов.

Система 6GreenLee Textron LANCat

Tester LANCat System 6 (доступный GreenLee Textron) состоит из двух модулей, обеспечивающих измерение параметров кабельных систем на частоте 250mhz.

Тестер LANCat предназначен для измерения проходных преград исследуемой магистрали. Дополнительно (Propagation Delay) также измеряется фазовый переход и задержка тяги.

LANCat PS ACR также позволяет определить активный диапазон частот путем определения нулевой точки. Время автоматического тестирования сети (Autotest) - 20 секунд. Дисплей Dualview обеспечивает

полное графическое отображение результатов измерений на основном и удаленном устройстве.

Программное обеспечение Report Manager Software (RMS) позволяет отправлять отчеты с результатами тестирования с устройства на компьютер. RMS автоматически устанавливает последовательное соединение с компьютером и имеет простой, интуитивно понятный интерфейс для сбора, сортировки и печати отчетов с результатами тестирования.

Съемные модули Performance Module для подключения к проверяемому кабелю уменьшают погрешности измерений, что позволяет получать высокоточные результаты испытаний. Модули легко подключаются к блокам типа 110, гнездам BIX, all Lan (Mini C), а также коаксиальным и волоконно-оптическим кабелям. Пользователь может настроить тестер, чтобы обеспечить максимальную точность измерения.

Кроме того, кабельный тестер LANcat позволяет дополнительно подключить систему анализа оптической сети FIBERcat test and Talk. Это позволяет одновременно измерять длину линии и оптические потери в обоих направлениях для двух длин волн – 850 –1300 Нм. Результат тестирования определяется как «действительный/недействительный». Система также позволяет организовать голосовую связь по многомодовому волоконно-оптическому кабелю.

Встроенная в тестер система LinkTalk предоставляет пользователям возможность голосовой связи по проверяемому кабелю. Для этого устройство оснащается встроенными микрофонами, индивидуальными наушниками, регуляторами громкости и сигналом вызова CallAlert. Миниатюрные гнезда в устройстве позволяют подключать к нему любые стандартные гарнитуры [26].



Рис.3.13. Анализатор цифрового кабеля Fluke DSP 4x00

Цифровой кабельный анализатор Fluke DSP 4x00 может отслеживать сетевой трафик 10BASE T и 100BASE TX.

NEXT, ELFEXT: инструмент способен измерять следующие параметры Power sum NEXT, PowerSUM ELFEXT, ослабление, ACR, продвижение Delay, возврат Loss и Delay Skew. Время измерения для всех параметров канала составляет 10 секунд.

Результаты измерений хранятся как во внутренней памяти устройства (около 300 отчетов с графиками), так и на картах ОМС 16 МБ и 32 МБ.

Fluke DSP - 4x00 проверяет производительность установленных кабельных каналов против всех основных сетевых стандартов, включая Gigabit Ethernet. Он также способен быстро обнаруживать разрывы, короткое замыкание, однородность и отклонения импеданса в испытуемом канале.

Кроме того, Fluke DSP-4x00 использует дополнительный интерфейсный адаптер DSPLIA013, который отслеживает трафик LAN 10BASE T и 100BASE TX (обнаружение нагрузки и столкновения), определяет, имеет ли витая пара импульсный шум, и определяет, какой стандартный порт концентратора он подключен к стойкам.

ИдеалLantek6/7

Компания Ideal предлагает на рынке инструменты нового поколения для измерения и сертификации кабельных систем:

Lantek 6-полнофункциональный тестер для кабельных систем категорий 3, 5, 5е, 6 / ISO C, D, E, Диапазон рабочих частот -350 МГц;

LANTEK 7-первый полнофункциональный тестер 7 на рынке с рабочим диапазоном частот до 750 МГц.

Эти устройства позволяют определять правильность соединений, длину кабеля, сопротивление постоянного тока, параметры для сетей третьей и седьмой категорий (NEXT, ELFEXT, ACR / Power Sum ACR и т. д.) и протоколы Ethernet , ATM 10/100/1000 Mbps. 155. Поддерживаемые типы кабелей- UTP // STP / FTP, IBM STP Type 1, 2, 6, Coax. Результаты обрабатываются с помощью программы LantekReporter [27].



Рис.3.14. Тестеры кабеля IdealTantek 6/7

Кабельные тестеры Ideal Lantek 6/7-это полнофункциональные тестеры для кабельных систем третьей шестой категории с рабочим диапазоном 350 МГц и 750 МГц.

Благодаря дополнительному модулю FIBERTEK тестируются следующие характеристики оптического волокна: TIA 558A, TIA 568b.3, затухание, длина, задержка сигнала, настройки в соответствии со стандартами ISO 11801, IEEE 1000BASE LX, 1000BASE SX, ATM 155, ATM 622.

На основании данных, полученных с помощью TRACETEK, можно определить неоднородность оптического волокна только в пределах 0,3 дБ. Для тестирования сетей Gigabit Ethernet предусмотрена установка лазера vcsel с длиной волны 850 нм.

В комплект поставки тестера LANTEK 7 входят: модуль тестера, модуль генератора, по Lantek Reporter, кабель RS 232, USB-кабель, адаптер питания от сети переменного тока 220 В, переговорное устройство, универсальный канальный (channel) адаптер для седьмой категории, универсальный соединительный ремешок для седьмой категории, переходный ремешок из категории 7 в категорию 6, сумка для переноски. Кроме того, может поставляться жесткий транспортный чехол, адаптер RCMSIA, карта памяти compact flash 32 Мб, адаптер USB flash.

FlukeOMNIScannerLT

Omniscanner завершает линейку продуктов, разработанных LT Микротест (известный производитель кабельных тестеров теперь является подразделением Fluke Networks). Это одно из самых дешевых устройств для сертификации кабелей категории 6.

OMNIScanner lt обладает сертификационными способностями для кабельных систем 3, 5, 5e и 6 категорий, а также оптическими одномодовыми и многомодовыми линиями при использовании с соответствующими адаптерами.

Устройство оснащено аккумуляторной батареей и встроенной флэш-памятью, обновляется в поле и может хранить до 1000 автотестов. С помощью персонального компьютера вы можете создать или изменить расширенную библиотеку кабелей или внести изменения в настройки сканера.

Устройство также способно обнаруживать неисправности в проводах, обрывы, короткие замыкания, пересекающиеся/разделенные пары; оно представляет результаты в формате схемы и включает в себя проверку непрерывности экрана, если таковые имеются.

OMNIScanner lt позволяет быстро тестировать результаты , полностью тестировать соответствие TIA/ SO/IEC и выбирать параметры. К испытаниям универсальных кабельных систем относятся:

- TIA (категории 3, 5, 5e и 6 для сетей и каналов);
- измерение оптических линий;
- ISO 11801 (класс C, D, E, F);

IEEE 10Base T, 100Base TX, 1000Base T, ATM155.

Параметр проверяется всеми шестью парами соединений с обеих сторон с помощью удаленного устройства NEXT.

OmniRemote(chastotnyydiapazon:1-300МГц).

Возвратные потери измеряются с помощью OMNIRemote во всех четырех парах на обоих концах (частотный диапазон: 1-300 МГц, динамический диапазон: 0-35 дБ). Отключение определяет omniremote как активный инжектор сигнала для всех четырех пар (диапазон частот: 1-300 МГц, динамический диапазон: >80 дБ).

ELFEXT является двусторонним с OMNIRemote, и отчеты представлены во всех 24 парах комбинаций (частотный диапазон: 1-300 МГц, динамический диапазон: > 100 дБ).

Соотношение шумов и шумов (ACR) рассчитывается из критериев NEXT и ослабления в соответствии с четырьмя парами.

WavetekLT8600

LT 8600-это прибор для полной проверки кабельных линий в диапазоне частот до 300 МГц категории 3, 5, 5е, 6 / ISOC, D, E, выпускаемый немецким концерном Wavetek, специализирующимся на производстве различного радиоизмерительного оборудования.

Устройство определяет правильные соединения, длину кабеля, сопротивление постоянного тока, ближнее / дальнее пересечение (NEXT, ELFEXT, PowerSum), ослабление линий, потерю отдачи, импеданс, задержку распространения сети и емкость сети.

Поддерживаются следующие типы проверенного кабеля: витая пара UTP / SFTP / FTP категории 3 / 5е / 6, IBM STP Type 1, 2, 6, коаксиальный кабель. Кроме того, тестирование может осуществляться с учетом требований сетевых протоколов 10/100/1000 Mbit / s Ethernet, ATM 155. Встроенный OTDR позволяет находить паузы в сети на расстоянии до 330 м, а домофон помогает с настройками. Устройство имеет память для хранения 1500 результатов испытаний.

С помощью стандартного интерфейса RS232 можно подключить тестирование к компьютеру. Результаты обрабатываются на персональном компьютере с помощью программы LT RECORD Manager, которая позволяет анализировать и распечатывать результаты.

Модуль FIBERKIT обеспечивает проверку волоконно-оптических кабельных маршрутов. Он включает в себя источник оптического излучения и измеритель оптической мощности. Источники излучения могут быть рассчитаны на две работы: многомодовые и одномодовые оптические волокна.

Какой тестер вы должны выбрать [27].

Компании, занимающиеся установкой и установкой SCS, лучше сделать выбор в пользу сканера с широкими сервисными функциями, который используется как для сертификационного тестирования, так и для быстрой локализации ошибок установки. Такие устройства способны

сохранять результаты для последующей передачи на ПК и составления детальных протоколов измерений.

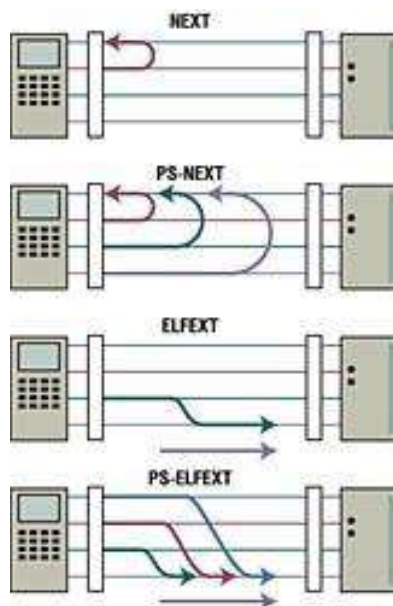


Рис.3.15. Схема измерения основных параметров кабельных линий

Если нужно работать не только с медью, но и с волоконно-оптическими кабельными сетями, необходимо убедиться, что выбранное устройство имеет в комплекте оптические измерительные модули.

Кроме того, желательно, чтобы приобретенное устройство позволяло обновлять включенное в него программное обеспечение в соответствии с требованиями новых стандартов. Однако цена такого оборудования достаточно высока, поэтому его часто арендуют на срок замера у производителя или крупной компании.

Если устройство необходимо для обслуживания существующих SCS, то для экономии средств можно ограничиться недорогим устройством для проверки кабельных линий, которое в настоящее время используется в компании. Кроме того, многие недорогие тестеры оснащены простыми инструментами для отслеживания сетевого трафика.

Однако при модернизации структурированной кабельной системы (СКС) в этом случае может потребоваться замена измерительных приборов.

Итак, перед покупкой любого SCS-теста необходимо всесторонне оценить его возможности - сегодня в продаже есть изделия с любым набором функций и любого размера.

Что нужно знать о измеренных параметрах

Основные электрические параметры, от которых зависит производительность кабельной сети:

- ✓ непрерывность цепи (связь);
- ✓ характеристическое сопротивление (Characteristic Impedance) и обратные потери (возвратная потеря);
- ✓ выключение (Attenuation);
- ✓ переходный распад (Crosstalk);

- ✓ задержка передачи сигнала (Propagation Delay) и длина линии (длина кабеля);
- ✓ сопротивление сети постоянного тока (Loop Resistance);
- ✓ емкость сети (Capacitance);
- ✓ электрическая симметрия (баланс);
- ✓ наличие шумов сети (Electrical Noise, Electromagnetic Interference).

Целостность цепи

Основная задача тестера в этом режиме-выявить ошибки в монтаже: короткое замыкание, разрывы и скрученные провода. Так как ошибки такого типа встречаются довольно часто, то существует огромное количество недорогих устройств, которые имеют только функцию контроля непрерывности своей цепи.

Характерное препятствие

Потери медной линии также могут быть вызваны сопротивлением сопротивления. Оценка влияния прерываний помех выражается возвратом параметра (отношением амплитуды передаваемого сигнала к амплитуде отраженного сигнала в дБ).

Основные причины импеданса характера:

- ✓ нарушение шага скручивания в местах среза кабеля вблизи разъемов;
- ✓ дефекты кабеля;
- ✓ неправильная прокладка кабеля;
- ✓ плохая установка разъемов.

Все полнофункциональные SCS-тестеры имеют встроенный рефлектометр, с помощью которого можно легко локализовать место с аномальным сопротивлением.

Реального ослабления

Оценивается ослабление сигнала при его распространении по линии (отношение мощности сигнала, заданного нагрузкой в конце линии, заданной дБ, к мощности сигнала, переданного сети). Ослабление резко возрастает с увеличением частоты, поэтому оно должно быть измерено во всем диапазоне частот.

Перекрестное ослабление

Этот параметр описывает количество пересечений между витыми парами одного кабеля (отношение амплитуды приложенного сигнала к амплитуде наведенного сигнала в дБ).

При определении пересечения на ближайшем конце линии (Near End Cross Talk, NEXT; Power sum NEXT, PS NEXT) сигнал используется и измеряется на одной стороне линии для всех частот заданного диапазона.

В первом случае сигнал для проведения измерений в одной паре подается поочередно всем другим парам. Во втором случае тестирование проводится по строгим правилам: сигнал немедленно передается всем парам [27].

Также очень удобно проводить оценку качества сети на основе смешанных параметров-безопасности на дальнем конце сети (Attenuation to Crosstalk Ratio, ACR; Power sum ACR, PSACR), что выражается в соотношении величин линейного затухания и переходного затухания на Ближнем конце сети. Фактически, этот параметр показывает, насколько амплитуда полученного полезного сигнала выше амплитуды шума для заданной частоты сигнала.

Следует учитывать, что передача данных осуществляется одновременно во всех парах (например, 1000Base T), необходимо измерить уровень переходного разложения на дальнем конце линии (Far EndCrossTalk, FEXT).

В этом случае суперпозиция полезного сигнала, передаваемого на заданную пару, и так как сигнал, полученный на нее от других пар, поступает на приемник, оценка качества сети осуществляется на основе соотношения значений полезного сигнала на дальнем конце сети (т. е. с учетом его затухания) и на основе полученного сигнала.

Соответствующие характеристики представляют собой укороченную перекрестную линию на самом конце линии (Far end Cross Talk , ELFEXT; Power Sum ELFEXT, PS ELFEXT).

Задержка распространения

Для надежной работы высокоскоростных протоколов задержка распространения сигнала не должна превышать заданную и должна быть одинаковой для всех пар кабельной сети. Следует отметить, что некоторые системы передачи (например, 1000Base T) очень чувствительны не только к абсолютной задержке распространения сигнала, но и к его разности для разных пар одной кабельной сети (Propagation Delay Skew).

Линейный шум

В некоторых случаях электромагнитные помехи могут сделать невозможной стабильную передачу данных в сети. Большинство тестеров Scs позволяют измерять уровень шума для последующего анализа и устранения их причин.

Как вы можете видеть, кабельные сети имеют много размеров, и они имеют разные значения для определенных приложений или категорий [25].

3.2.2 Диагностика типа неисправности медного кабеля

Наиболее распространенные причины неполадок в кабеле витой пары:

Ошибки при монтаже-в правильных соединениях необходимо поддерживать в каждой паре пары проводов и частоту скручивания; всегда необходимо максимально поддерживать «первичный скручивание» в каждой паре проводов.

Разъемы, не соответствующие требованиям к качеству передачи данных: неправильная установка тестера; дефекты или повреждения

установленного кабеля; некачественные коммутационные кабели (коммутационные провода).

При обсуждении работы сетей коммутационным кабелям всегда уделяется большое внимание. Сертификация часто проводится с использованием модели стационарной сети (постоянная ссылка), поскольку сами коммутационные кабели, используемые в рабочих сетях, еще не установлены или недоступны.

До начала тестирования необходимо проверить:

Правильно ли выбран стандарт теста? - Сертификационное тестирование выполняется как автоматический тест или «автотест». Стандарт тестирования, выбранный для автотеста, определяет модель подключения (фиксированная линия или канал), измеряемые параметры тестирования, диапазон частот тестирования и критерии «прошел/не прошел» для каждого теста.

Правильно ли выбрана модель подключения?

Используется ли правильный адаптер для тестирования с разъемом, соответствующим характеристикам разъема телекоммуникационной розетки или коммутационной панели?

Выполняется ли установка эталонного значения за последние 30 дней?

Для облегчения запоминания рекомендуется регулярно устанавливать эталонное значение в течение определенного периода времени (например, каждое утро понедельника).

Используется ли последняя версия программного обеспечения тестера?

Правильно ли установлен NVP для проверенного кабеля? - Тестер NVP имеет большое значение при составлении отчетов о длине или расстоянии до неисправности.

Работает ли тестер в подходящем температурном диапазоне и откалиброван ли он? - Помните, что Fluke Networks CableAnalyzer-это очень точное устройство, используемое для измерения сопротивления шума в кабелях. Калибровка этих инструментов осуществляется перед поставкой на заводе, и эта калибровка должна проверяться каждые 12 месяцев в авторизованном сервисном центре. Если тестер хранится в помещении с более низкой или более высокой температурой, чем в рабочем помещении (например, оставленном на ночь в транспортном средстве), вам следует подождать, пока устройство достигнет постоянной рабочей температуры, прежде чем устанавливать эталонное значение или проводить какие-либо измерения. Это может занять 10-15 минут и более в зависимости от разницы температур.

Модели соединения

Для получения понятных результатов крайне важно выбрать правильные автотест и модель соединения. Качество Постоянной линии определяется таким образом, что после добавления коммутационных кабелей высокого качества к линии, требования к производительности канала автоматически удовлетворяются. Коммутационными кабелями высокого

качества называются коммутационные кабели, которым присвоен тот же класс или категория, что и линии. Также это относится к случаям, когда эти кабели имеют более высокий уровень производительности. Именно по этой причине рекомендуется проводить сертификацию новых кабельных систем с использованием модели Постоянной линии и стандартов тестирования. Во время использования постоянной линии возможна многократная замена коммутационных кабелей и кабелей оборудования [24].

Для использования модели тестирования Постоянной линии необходимо, чтобы кабели, используемые для подключения средств тестирования к линии, были полностью прозрачными для измерений. Фактически это означает, что средства тестирования для полевой сертификации должны быть более сложными, поскольку они должны вычестить значения от эффекта использования контрольного шнура из каждого измеряемого при тестировании параметра. Однако модель Постоянной линии включает в оконечные разъемы – сопряженное соединение 8-контактных модульных штекеров (RJ45) на адаптерах для тестирования и разъемов (гнезд) линии. В зависимости от используемой комбинации разъема и розетки результаты тестирования могут значительно различаться в области основных параметров, таких как Перекрестные наводки на ближнем конце (NEXT) и возвратные потери (Return Loss). Для правильной оценки качества разъемов на концах кабеля (в ТО и на коммутационной панели) и заделки пар проводов в них, разъем на конце адаптера для тестирования Постоянной линии, который используется при тестировании, будет определен как эталонный тестовый разъем. Этот разъем используется для тестирования по всем параметрам, зависящим от частоты, с очень небольшими допусками. Следовательно используется всего несколько типов таких разъемов, которые незначительно отличаются друг от друга, и их использование обеспечивает получение высокоточных результатов тестирования СКС.

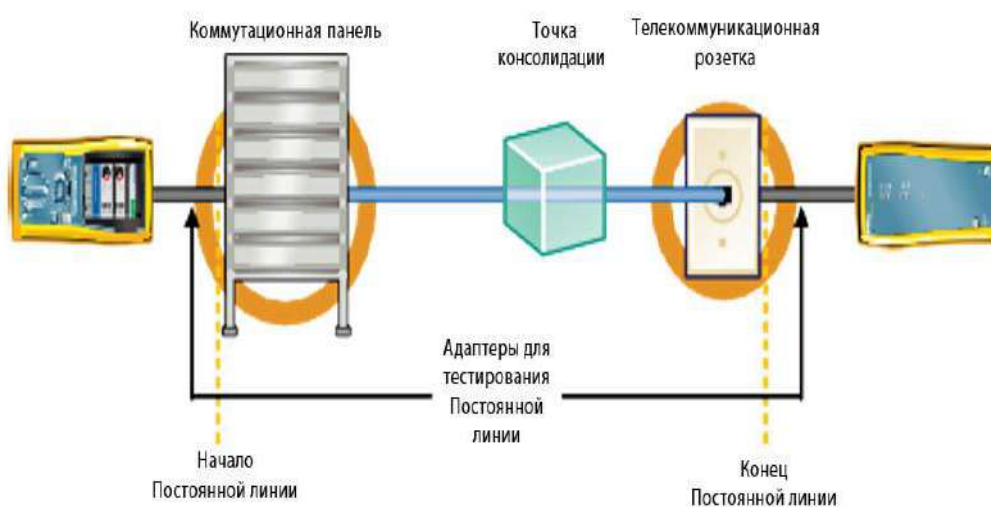


Рис. 1

Рис. 3.16.

Как правило, измерения Канала выполняется при обслуживании или при проверке кабелей для работы приложений. Тестирование Канала после завершения монтажа новой сети выполняется не часто, поскольку в этот момент редко доступны коммутационные кабели, входящие в состав каждой линии. При правильных измерениях Канала эффекты использования сопряженного соединения в адаптерах для тестирования Канала тестера должны быть скомпенсированы.

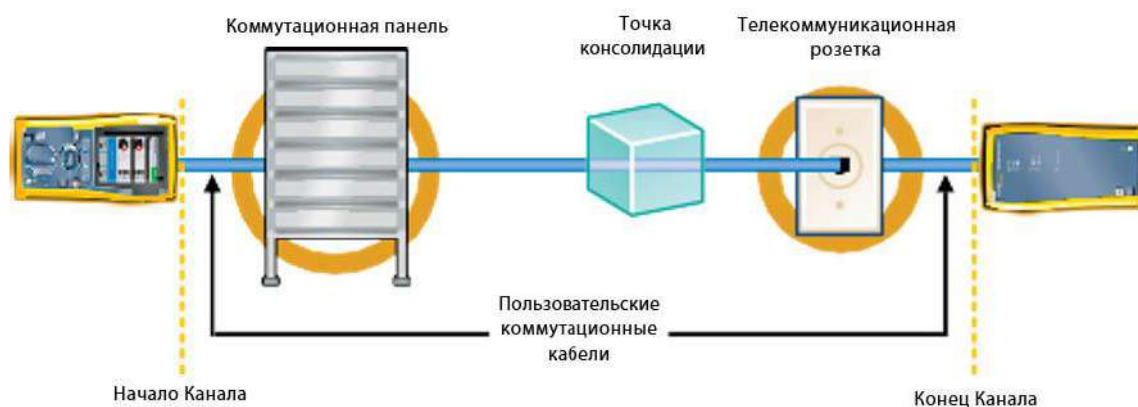


Рис. 3.17.

Причины неисправности кабеля

Для каждого из обязательных требований к кабельной структуре ТИА и ISO приводятся советы по диагностике, которые используются для быстрого выявления причины сбоев в случае их возникновения. В некоторых случаях будут указываться причины успешного завершения тестирования вопреки существующим для завершения тестирования с результатом «Не прошел» [22].

Таблица 4.1. Электрическая схема

Результат тестирования	Возможные причины получения такого результата
Обрыв	Разрывы проводов из-за давления в точках подключения;
	Маршрутизация кабелей в неправильные точки назначения;
	Провода не подготовлены должным образом и не могут быть подключены в IDC-разъеме;
	Поврежденный разъем;
	Порезы или разрывы в кабелях;
	Провода, которые подсоединены к неправильным контактам на разъемах или монтажном блоке;

	Специализированный кабель, предназначенный для использования в определенных условиях (например, только для Ethernet 12/36);
Замыкание	Неправильный разъем для подсоединения;
	Поврежденный разъем;
	Защемление электропроводного материала между контактами на разъеме;
	Повреждения кабеля;
	Область приложения – специализированный кабель (например автоматизация производства);
Выравнивание обратно подключенной пары	Провода, которые подсоединены к неправильным контактам на разъемах или монтажном блоке;
Перекрестная пара	Провода, которые подсоединены к неправильным контактам на разъемах или монтажном блоке;
	Комбинация стандартов для проводов 568А и 568В (перекрестные пары 12 и 36);
	Используются перекрестные кабели (перекрестные пары 12 и 36);
Обрыв	Провода, которые подсоединены к неправильным контактам на разъемах или монтажном блоке;

Таблица 3.2. Длина

Результат тестирования	Возможные причины получения такого результата
Превышение ограничений по длине	Слишком длинный кабель – проверьте наличие запасов кабеля и удалите;
	NVP неправильно настроен
В отчете указана длина меньше фактической.	Промежуточный разрыв кабеля
Одна или несколько пар значительно короче	Повреждение кабеля
	Неправильное соединение

Примечание: В соответствии со стандартной практикой длина кабеля определяется длиной наиболее короткой пары. NVP различается в зависимости от пары, и это означает, что в отчете для каждой пары может быть указана разная длина. Соблюдение этих условий может привести к

тому, что тестирование кабеля с тремя или четырьмя парами по ограничению длины будет тем не менее получен результат «Прошел» (например, канал длиной 101, 99, 103, 102 метров для четырех пар). В этом случае правильной интерпретацией будет «Прошел».

Таблица 3.3. Смещение/задержки

Результат тестирования	Возможные причины получения такого результата
Превышение ограничений	Слишком длинный кабель – Задержка распространения;
	В кабеле используются различные материалы для изоляции на разных парах – Смещение задержки;

Таблица 3.4. Вносимые потери (Затухание)

Результат тестирования	Возможные причины получения такого результата
Превышение ограничений	Слишком длинный кабель;
	Нескрученные коммутационные кабели или кабели низкого качества;
	Соединения с высоким уровнем сопротивления – <i>Для диагностики используйте приемы работы во временной области;</i>
	Неправильная категория кабеля – <i>например, категория 3 в приложении категории 5e;</i>
	Неправильно выбранный тип автотеста для тестируемых кабелей;

Таблица 3.5. NEXT и PSNEXT

Результат тестирования	Возможные причины получения такого результата
Не прошел (общий результат), *сбой (отдельного компонента) или *прошел (отдельный компонент)	Неправильная скрутка в точках подключения;
	Несоответствие характеристик разъема и розетки (Категория 6/Приложения класса E);
	Неправильный адаптер линии связи (Адаптер кат 5 для линии кат 6);
	Коммутационные кабели низкого качества;
	Разъемы низкого качества;
	Кабели низкого качества;
	Расщепленные пары;
	Неправильное использование соединителей;

Незапланированный результат «Прошел»	Излишне высокий уровень сжатия, вызванный пластиковыми стяжками для кабелей;
	Источник слишком сильных шумовых помех рядом с измерениями;
	Узлы или перекручивания не всегда являются причиной сбоя NEXT, особенно при использовании кабелей хорошего качества и при значительной удаленности от концов линии;
	Неправильный выбор автотестов (например, «Неверное» тестирование линии категории 6 на ограничения для линии категории 5);
	«Сбой» при низкой частоте на графике NEXT, но успешный результат в целом. При использовании стандартов ISO/IEC, в так называемом правиле 4dB указывается, что для всех измерений NEXT при значении вносимых потерь меньше <4 дБ результат не может быть отрицательным;

Таблица 3.6. Возвратные потери

Результат тестирования	Возможные причины получения такого результата
Не прошел (общий результат), *сбой (отдельного компонента) или *прошел (отдельный компонент)	Сопротивление коммутационного кабеля не равно 100 Ом;
	Неправильное обращение с коммутационным кабелем может стать причиной изменения сопротивления;
	Практические подходы, применяющиеся при установке (расплетения или перекручивания кабелей – исходные скрутки должны быть сохранены насколько возможно для каждой пары проводов);
	Излишек кабеля, зацепленный в телекоммуникационной розетке;
	Разъем низкого качества;
	Сопротивление кабеля не соответствует общепринятому стандарту;
	Сопротивление кабеля не равно 100 Ом;
	Несоответствие по характеристикам сопротивления в точке соединения коммутационного кабеля и горизонтального кабеля;
	Несоответствие характеристик разъема и розетки;
	Использование кабеля с сопротивлением кабеля на 120 Ом;
	Служебные петли (запас) в телекоммуникационном

	шкафу;
	Выбран неправильный автотест;
	Неисправный адаптер соединения;
Незапланированный результат «Прошел»	Узлы или перекручивания не всегда являются причиной обратных потерь, особенно при использовании кабелей хорошего качества и при значительной удаленности от концов линии;
	Неправильный выбор автотестов (легче добиться соответствия ограничениям RL);
	«Сбой» при низкой частоте на графике RL, но успешный результат в целом. Из-за применения правила «3 дБ», все результаты RL измеряются величине вносимых потерь <3 дБ не могут быть отрицательными;

Таблица 3.7. ACR-F и PSACR-F (ранее использовавшиеся имена: ELFEXT и PSELFEXT)

Результат тестирования	Возможные причины получения такого результата
Не прошел (общий результат), *сбой (отдельного компонента) или *прошел (отдельный компонент)	Общее правило: сначала необходимо выполнить диагностику неисправностей сбоев NEXT. Как правило, при этом устраняются все проблемы ACR-F (ELFEXT);
	Служебные петли с большим количеством сильных скруток;

Таблица 3.8. Сопротивление

Результат тестирования	Возможные причины получения такого результата
Не прошел (общий результат), *сбой (отдельного компонента) или *прошел (отдельный компонент)	Слишком большая длина кабеля;
	Соединение низкого качества из-за окисления контактов;
	Соединение низкого качества из-за неплотно прикрепленных контактов;
	Кабель слишком тонкого диаметра;
	Неправильный тип коммутационного кабеля;

3.2.3 Техника безопасности при проведении измерений медного кабеля

Техника безопасности, прежде чем приступить к работе

1.1. Для всех видов работ по техническому обслуживанию и ремонту на предприятии должна быть разработана и утверждена в установленном порядке технологическая документация (технологические схемы) с указанием определенных требований безопасности, очередности операций, технических и организационных мер по обеспечению безопасности работ, квалификации исполнителей, мер пожарной безопасности. взрывобезопасность, необходимые средства защиты.

1.2. Работы, выполненные при осмотре и профилактическом обслуживании линейно-кабельных сооружений и их элементов, записываются в «Журнале технического осмотра линейно-кабельных сооружений».

1.3. Перед началом работы необходимо получить оформленное разрешение на работу или следующие заказы:

- ✓ работы в подземных наблюдательных сооружениях (кабельные колодцы, коллекторы);
- ✓ работа на кабелях с дистанционной подачей напряжения;
- ✓ работа на опорах при расположении на высоте более 5 м;
- ✓ работы по аварийным и аварийно - восстановительным работам на магистральных кабельных линиях связи, электрифицированных участках железных дорог.

1.4. Перед началом работы старший электромеханик должен сообщить каждому члену бригады о порядке выполнения работы и провести целевой инструктаж о необходимых мерах безопасности в соответствии с постановлением «Об утверждении Порядка обучения охране труда». Краткое содержание брифинга по охране труда на рабочем месте и подписи всех членов бригады и инструктора должны быть зафиксированы в журнале с указанием места и даты брифинга.

1.5. При прокладке кабеля под железнодорожными рельсами работы должны производиться через окно и согласовываться с дорожной службой. Рабочее место должно быть ограждено, а сигнальщики размещены. DU-46 запрещен до записи в «журнале осмотра путей, стрелок, устройств связи и контактной сети» и возвращения рабочего менеджера на рабочее место.

1.6. Электромонтерам разрешается работать в коллекторах и туннелях в соответствии со списками, утвержденными организацией, эксплуатирующей данную конструкцию.

1.7. Перед началом работы, работник должен надеть специальную одежду, подготовить средства индивидуальной защиты; проверить исправность инструментов, приспособлений и средств защиты, необходимых для выполнения этой работы; проверить рабочее место и

отношение к нему на соответствие требованиям техники безопасности; установить необходимые ограждения; вывесить знаки и плакаты.

1.8. Все недостатки и неисправности инструмента, приспособлений и средств защиты, обнаруженные при проверке, должны быть сообщены руководителю работ для принятия мер по их управлению или замене.

1.9 При производстве работ на проезжей части дороги защитные ограждения устанавливаются на расстоянии 2 м от люка колодца против движения транспорта и на расстоянии 10-15 м от этого ограждения - предупреждающие знаки. При плохой видимости должна быть установлена дополнительная световая сигнализация.

1.10. Перед началом работ в устройствах подземной инспекции необходимо проверить наличие в них опасных газов (метан, углекислый газ) с помощью газоанализатора воздуха.

Крышки скважин, расположенных на расстоянии до 15 м от газопроводов, должны иметь отверстия диаметром до 20 мм для проверки наличия газов.

Наличие газа необходимо проверять в скважинах, где проводятся работы, и в смежных скважинах [28].

1.11. Нельзя подходить к нему с открытым огнем до тех пор, пока не будет установлено, что в скважине нет газа.

1.12. Перед началом работ необходимо проветрить скважину, в которой будут проводиться работы, и ближайшие к ней скважины (по одному с обеих сторон). Для этого необходимо открыть с каждой стороны работающей скважины и прилегающие к ней свободные (верхние) каналы. По окончании проветривания каналы в скважине, где проводятся работы, должны быть закрыты. Во время работы люки соседних скважин должны быть открыты. Они должны быть оборудованы специальными сетчатыми крышками.

Требования охраны труда на работе

2.1. Требования охраны труда для обслуживания

2.1.1. Техническое обслуживание - это комплекс организационно-технических мероприятий, поддерживающих в рабочем состоянии линейно-кабельные системы на протяжении всего периода эксплуатации. Техническое обслуживание линейно-кабельных сооружений включает в себя:

- ✓ проведение квартального планового (планового) технического обслуживания в соответствии с графиком. Процесс, включающий наблюдение за состоянием кабеля, скважин кабельного канала, точек доступа, подземных канав, их проверку на наличие воды, опасных газов, прокладочных каналов, охрану кабельных линий связи;

- ✓ устранение неполадок и восстановление производительности.

2.1.2. Перед въездом на линию необходимо внести запись в «Журнал технического осмотра линейно - кабельных сооружений».

2.1.3. При осмотре кабельного маршрута с транспортных средств необходимо соблюдать требования безопасности на автомобильном и железнодорожном транспорте..

2.2. Проверка состояния кабелей и муфт в колодцах кабельных каналов, коллекторах, туннелях и кабельных входных помещениях.

2.2.1. Работы на подземных кабельных сооружениях должны проводиться после получения разрешения и проведения целевого инструктажа бригадой, состоящей не менее чем из трех рабочих, двое из которых являются страховщиками.

2.2.2. Между работающим работником и страховщиком должна быть установлена радио-или телефонная связь. Персонал должен быть обеспечен соответствующей спецодеждой и инструментом, а также газосигнализатором, позволяющим оценить наличие не менее двух опасных газов (высокого содержания метана и двуокиси углерода).

2.2.3. Газодетекторы необходимо проверять раз в 6 месяцев в специализированных лабораториях. Проверка исправности газодетектора заносится в специальный журнал. Запрещается эксплуатация газодетекторов с истекшим сроком поверки.

2.2.4. Перед проведением работ на проезжей части дороги необходимо установить ограждение в соответствии с пунктом 2.9 настоящей Инструкции.

2.2.5. Меры безопасности при выполнении работ вблизи железнодорожных трасс указаны в пункте 3.10 настоящей Инструкции.

2.2.6. Крышку люка необходимо открыть специальным ломом (медным наконечником), крышку замерзшего люка прогреть обожженной известью, горячей водой или горячим песком. Не открывайте обложку руками.

В случае использования инструмента из черного металла его рабочая часть обильно смазывается маслом или другим маслом.

2.2.7. При работе на проезжей части дороги съемную крышку следует прокладывать по направлению движения от скважины.

2.2.8. Если в скважине есть вода, перед выполнением каких-либо работ ее откачивают мотопомпа или вручную ковшами.

2.2.9. Перед началом работ в подземных сооружениях необходимо проверить воздух с помощью газодетектора на наличие опасных газов. При наличии опасных газов запрещается спуск рабочих на подземные сооружения.

2.2.10. Наличие газа должно проверяться как в скважине, в которой проводятся работы, так и в смежных скважинах.

2.2.11. Обнаруженные газы удаляются принудительной вентиляцией.

2.2.12. Категорически запрещается обнаруживать наличие газа по запаху или путем спуска горящих предметов в колодец или камеру.

2.2.13. До установления отсутствия опасных газов в скважине (концентрация опасных газов не превышает допустимого уровня) приближение к ней открытым огнем запрещается. Также необходимо

проводить профилактику с открытым огнем или посторонних людей, которые курят.

2.2.14. Перед началом работ необходимо проветрить скважину, в которой производятся работы, и прилегающие к ней места (по одному с обеих сторон). Вентиляция осуществляется естественным путем или через вентиляторы.

2.2.15. Для обеспечения вентиляции за счет естественной вентиляции (тепла и давления ветра) необходимо открывать свободные (желательно верхние) каналы с каждой стороны работающей скважины и прилегающие к ней.

2.2.16. Люки смежных скважин должны быть открыты на весь период технического обслуживания или ремонтных работ, а крышки внутреннего люка должны быть установлены вертикально для создания максимального давления ветра.

2.2.17. Получение газа путем сжигания категорически запрещается.

2.2.18. При недостаточной эффективности естественной вентиляции необходимо применять искусственную вентиляцию. Питание вентилятора осуществляется от батареи, установленной на расстоянии не менее 1 м от экстренной автомобильной плиты или от края скважины. Принудительный воздух подается на дно скважины по шлангу, подключенному к вентилятору.

Вентиляторы, используемые для проветривания скважин, должны обеспечивать полный обмен воздуха в открытых скважинах в течение 10-15 минут.

2.2.19. Если невозможно полностью удалить газ из подземной конструкции, то спуск в скважину допускается только изолирующим противогазом марки PSh-1 со шлангом, простирающимся до поверхности и закрепленным на расстоянии не менее 2 м от люка. В этом случае руководитель работ должен управлять рабочим в скважине и шлангом.

2.2.20. В подземной конструкции допускается работа в изолирующем противогазе не более 10 минут. Каждый из рабочих, проработавший в скважине 10 минут, должен находиться в воздухе в течение следующих 20 минут.

2.2.21. Независимо от результатов первичной проверки скважины на наличие газа, газодетектор следует поддерживать в включенном состоянии, либо дальнейшая проверка должна проводиться газоанализатором каждый час.

2.2.22. Запрещается проводить операции в скважине, не очищенной от газа, где может возникнуть искра.

2.2.23. Спускаться в колодец по постоянно установленной лестнице. При этом каждое поколение должно носить защитный шлем и ремень безопасности с предохранительной веревкой.

2.2.24. Использование крепежного ремня в качестве средства безопасности запрещается.

2.2.25. Для освещения подземных сооружений следует использовать переносные электрические лампы напряжением не более 12 вольт или ручные электрические лампы во взрывозащищенном исполнении. Корпуса и вторичные обмотки электрических переносных ламп должны быть соединены через понижающие трансформаторы с обязательным заземлением.

Понижающий трансформатор или аккумулятор (в случае, когда переносная электрическая лампа работает от аккумулятора) должен располагаться на Земле на расстоянии не менее 1 м от края скважины.

2.2.26. Бесплатные каналы должны быть открыты в течение всего времени работы. По окончании работы каналы закрываются специальными крышками или соединяются с помощью буксира.

2.2.27. Работы по очистке внутренних крышек люков от загрязнений, очистке замков, их смазке и защите от загрязнений должны проводиться в брезентовых перчатках во избежание механических повреждений.

2.2.28. Протирку оболочек кабелей и муфт, а также проверку герметичности муфт и клапанов путем их покрытия мыльной пеной следует выполнять после проверки отсутствия напряжения (индикатора).

2.2.29. Если на кабеле и муфте имеется напряжение, то работать следует в диэлектрических перчатках, поверх которых надеваются холщовые перчатки.

2.2.30. Кабельные входные помещения должны ежедневно и перед началом работы проверять наличие взрывоопасного газа [26].

Измерение электрических параметров кабельных линий

2.3.1. Измерения допускается проводить электрикам и электромеханикам с группой электробезопасности не менее III (до 1000В).

2.3.2. Перед выполнением работ вы должны быть ознакомлены с требованиями технологических карт данного вида измерений.

2.3.3. При измерении избегать одновременного контакта с токоведущими металлическими деталями и заземленными частями кабелей и кабельных конструкций.

2.3.4. При снятии напряжения следует включать и отключать переносные устройства, требующие обрыва электрических цепей с силой тока.

2.3.5. Включение и отключение измерительных устройств, не требующих разрушения первичной электрической цепи, допускается под напряжением при условии применения проводов с изоляцией в соответствии с напряжением измеряемой цепи и специальных ушек с изолирующими рукоятками. Размер изолирующей руки должен быть не менее 200 мм.

2.3.6. Измерения мегаомметром до 500В во время работы допускается производить обученным по заказу персоналом из числа электротехнического персонала.

В тех случаях, когда измерения мегомметром включены в технологию работ, установление этих размеров в порядке или порядке не требуется.

2.3.7. Измерение сопротивления изоляции мегаомметром следует проводить на отключенных жилах кабеля, на которых снят заряд с предварительного заземления.

2.3.8. При измерении не допускается прикасаться к клеммам мегаомметра и подключенным к нему жилам кабеля.

2.3.9. После завершения измерения удалите остаточный заряд из жил кабеля путем кратковременного заземления.

2.3.10. При измерении изоляции рабочие, находящиеся на разных концах кабеля, должны иметь постоянную телефонную или радиосвязь друг с другом.

2.3.11. Металлические корпуса средств измерений должны быть заземлены.

2.3.12. В этом случае заземление должно производиться до начала работы устройств, а удаление - после окончания работы устройств.

2.3.13. Провода для подключения переносных устройств должны быть с изоляцией, соответствующей напряжению измеряемой цепи.

2.3.14. Высоковольтные испытания кабеля проводятся совместно с бригадой, где производитель работ должен иметь группу IV (до 1000В), члена группы - не менее III (до 1000В), а члена бригады, которому доверен надзор. II (до 1000В).

2.3.15. При испытаниях с повышенным напряжением (как правило, 400В с применением кабельного устройства IRK-PRO и его аналогов) испытательная зона должна быть ограничена. Все связи между ними должны быть разрушены, чтобы избежать появления непроверяемых напряжений на участках.

При испытаниях необходимо строго соблюдать инструкцию по эксплуатации кабельного устройства.

2.3.16. При испытаниях на диэлектрическую прочность рабочие, находящиеся на разных концах, должны иметь прямую телефонную связь друг с другом.

2.3.17. Перед испытанием через разъемные конденсаторы (мощностью 0,1 мкФ и рабочим напряжением 5-6кВ), входящие в каждое ядро пары, выделенной для телефонной связи, необходимо включить телефонную установку на самом конце. Телефонный блок и конденсаторы должны располагаться вне ямы или на деревянной подставке, покрытой резиновым диэлектрическим ковром. Телефонный разговор должен проводиться только при отсутствии испытательного напряжения на кабеле и при поступлении звонка от ответственного руководителя работ. Во время тестирования не допускается содержание телефонной установки и соединительных проводов.

2.3.18. Во время испытаний у ответственного руководителя работ телефон должен быть выключен, подключен по окончании испытаний и с кабеля должен быть снят заряд.

2.3.19. Перед наложением испытательного напряжения на кабель ответственный менеджер по работе должен предупредить членов команды о начале испытания по телефону.

2.3.15. При испытаниях с повышенным напряжением (как правило, 400В с применением кабельного устройства IRK-PRO и его аналогов) испытательная зона должна быть ограничена. Все связи между ними должны быть разрушены, чтобы избежать появления непроверяемых напряжений на участках.

При испытаниях необходимо строго соблюдать инструкцию по эксплуатации кабельного устройства.

2.3.16. При испытаниях на диэлектрическую прочность рабочие, находящиеся на разных концах, должны иметь прямую телефонную связь друг с другом.

2.3.17. Перед испытанием через разъемные конденсаторы (мощностью 0,1 мкФ и рабочим напряжением 5-6кВ), входящие в каждое ядро пары, выделенной для телефонной связи, необходимо включить телефонную установку на самом конце. Телефонный блок и конденсаторы должны располагаться вне ямы или на деревянной подставке, покрытой резиновым диэлектрическим ковром. Телефонный разговор должен проводиться только при отсутствии испытательного напряжения на кабеле и при поступлении звонка от ответственного руководителя работ. Во время тестирования не допускается содержание телефонной установки и соединительных проводов.

2.3.18. Во время испытаний у ответственного руководителя работ телефон должен быть выключен, подключен по окончании испытаний и с кабеля должен быть снят заряд.

2.3.19. Перед наложением испытательного напряжения на кабель ответственный менеджер по работе должен предупредить членов команды о начале испытания по телефону.

Обнаружение и устранение повреждений

2.5.1. Для обнаружения маршрута, кабеля, муфты, определения глубины их образования необходимо применять чертежи кабельных маршрутов и знаки маршрута, а при их отсутствии - кабельный детектор.

2.5.2. Раскопки кабельных маршрутов или раскопки вблизи них осуществляются только с разрешения организации, управляющей маршрутом. На участке установлены сигнальные фонари и предупреждающие плакаты.

2.5.3. При приближении к подземным коммуникационным сетям земляные работы должны проводиться под контролем ответственного за работу лица. Механизированная копка в зоне безопасности запрещена.

2.5.4. При рытье траншей и котлованов вблизи существующих подземных коммуникаций необходимо предварительно бурить. Ямы длиной 1 м выкапывают вдоль оси будущей траншеи.

2.5.5. Рытье траншей и канав в местах расположения кабелей должно быть очень тщательным, а с глубины 0,4 м - только лопатами. Запрещается использование лома и других ударных инструментов.

2.5.6. В зимний период в местах прохождения кабелей на глубине менее 0,4 м земляные работы должны производиться с прогревом грунта. При этом необходимо обеспечить, чтобы от поверхности нагретого слоя до кабелей оставался слой грунта толщиной не менее 0,25 м.

2.5.7. Для обработки почвы в зимний период используют следующее:

- ✓ оттаивание почвы;
- ✓ обогрев грунта рефлекторными печами;
- ✓ оттаивание грунта открытым огнем и горячими сыпучими материалами;
- ✓ механическое рыхление мерзлой почвы.

2.5.8. При прогреве почвы паром следует избегать ожогов.

2.5.9. Если при раскопках обнаружены подземные коммуникации, не обозначенные на чертежах, то работы на соответствующем участке должны быть прекращены до раскрытия характера этих коммуникаций и согласования их работ с владельцами.

2.5.10. При обнаружении повреждений кабеля (поломка, короткое замыкание, низкая изоляция и т.д.) работы могут выполняться бригадами кабельного участка (ремонт и выезд) по заказу.

2.5.11. При оперативных работах в ночное время следует пользоваться переносными электрическими лампами напряжением не более 12 В или электрическими лампами ручной работы. Светильники должны быть взрывозащищенными. Электрические переносные светильники должны быть подключены через понижающие трансформаторы, расположенные на открытом воздухе, в смотровых устройствах или в ямах [25].

3.3 Работы по тестированию оборудования оптического кабелеизмерения

3.3.1 Неисправности оптического кабеля и периферийного устройства

В оптической части различных подсистем СКС в процессе пуска и при текущей эксплуатации могут возникнуть следующие неисправности:

- ✓ повреждение или обрыв кабеля;
- ✓ увеличение износа разъемов;
- ✓ повреждение коммутационных проводов;
- ✓ неправильное соединение коммутационных и концевых проводов.

Повреждение или обрыв кабеля

Повреждение кабеля происходит в результате механического, теплового и химического воздействия на конкретный продукт. Механические повреждения возникают в тех случаях, когда кабель подвергается недопустимо большому натягу, порезу или измельчению, а также нападению грызунов.

Первая задача обслуживающего персонала-изолировать поврежденное место. Его легко определить с помощью оптического рефлектометра или локатора. На практике часто встречаются случаи, когда кабельная линия состоит из нескольких стационарных линий, соединенных между собой проводами на оптических крестах. В этом случае анализ рефлектограммы может быть затруднен из-за большого количества отражений и массового появления так называемых фантомов. Затем рекомендуется проверить каждую стационарную линию отдельно с помощью рефлектометра. Этот метод по изоляции поврежденного участка пригодится и в тех случаях, когда в распоряжении обслуживающего персонала отсутствует полномасштабный рефлектометр, а измерения выполняются с помощью автоматического измерителя или обычного оптического тестера [24].

К близкому разрыву или повреждению волокна относятся дефекты, приводящие к значительному увеличению затухания сигнала на начальном участке световода (на расстоянии не более 15 м от конца), но которые невозможно обнаружить рефлектометром из-за наличия мертвой зоны, возникающей из-за конечной длительности зондирующего импульса. В отличие от загрязнения, его характерной особенностью часто является превышение нормы, которая очень велика (10 дБ и выше) по величине допустимого износа в проверяемой сети. Ближайший разрыв определяется путем тестирования рефлектометром в режиме максимального разрешения с использованием визуализатора неисправности [50] или нормализующей катушки.

При обнаружении близкого разрыва рекомендуется переустановить штекер оптического разъема с использованием технологического запаса длины волокна.

Волоконно-оптические кабели в основном используются для организации магистральных подсистем scs. Стационарные сети магистральных подсистем очень длинные. В случаях, когда длина кабеля превышает 300 м, что характерно прежде всего для внутренней системы наружных сетей, замена поврежденного кабеля на новый обычно не производится, а ремонт осуществляется с помощью промежуточных муфт. При наличии запаса кабеля рядом с точкой повреждения устанавливается одно сцепление. Во всех остальных случаях вместо поврежденного участка прокладывают кабельную установку и устанавливают две промежуточные муфты.

Соединение световодов в муфтах осуществляется сваркой или механическим соединением. Возможно, эту операцию можно выполнить и с

помощью простых разъемов, а в зависимости от местных условий и конструкции муфты выбирается схема подключения interconnect или cross-connect. тип муфты (обычная коробка, герметичная конструкция и т.д.) выбирается в зависимости от конкретных условий в месте ее установки.

Проблемы волоконно-оптических кабельных соединений

Производительность сети во многом зависит от качества соединений кабельных систем. От качества подключенных проводов напрямую зависит способность сетевого порта выполнять свои функции, его общая производительность, а также надежность. Это касается, прежде всего, кабельных соединений на ВОЛС, где характеристики проводов могут существенно ухудшиться, даже при очень незначительных отклонениях при соединении волокон.

Вы можете проверить работу готовых каналов, чтобы определить некоторые проблемы. Установленный в стандартах контроль вводимых затрат не может полностью выявить возможные недостатки и гарантировать целостность существующей волоконно-оптической линии связи. В данной статье описаны некоторые причины, которые могут существенно повлиять на качество установленных кабельных систем и параметров передачи, а также особенности оценки результатов эксплуатационных испытаний [27].

Эксплуатационные испытания

При проверке ВОЛС и соединений в полевых условиях часто оценивают чистоту концов волокон и правильность установки оборудования для тестирования. Кроме того, необходимо учитывать множество факторов, особенно если функционирование сети зависит от инфраструктуры оптического кабеля.

Бизнес, тесно связанный с работой волоконно-оптической сети и качеством ее соединений, требует надежных кабельных компонентов и гарантий окупаемости инвестиций. Возникает вопрос, Как проверить, правильно ли проведена установка, учитывая, что тестирование введенных затрат не позволяет выявить все возможные проблемы, связанные с некорректными характеристиками построенных волоконно-оптических сетей?

Оптические характеристики

Основные параметры при тестировании возможности использования конкретных сетевых приложений ВОЛС включают показатель включенных и возвращенных затрат. Как правило, приемочные испытания установленных каналов основаны на его измерениях.

Эксплуатационные испытания, как правило, ограничиваются контролем понесенных затрат. Это далеко не главный показатель, влияющий на производительность сети. Для обеспечения долгой и надежной работы линии необходимо контролировать потери отражения, геометрию конечной поверхности волокна, его чистоту, отсутствие дефектов поверхности и механическую целостность.

Затраты на отражение

Основываясь на отраслевых стандартах, оценка параметра отражения построенных проводов не является обязательной, но это необходимое требование для волоконно-оптических соединений и разъемов. Важным показателем оптических свойств каналов является показатель потери отражения, так как отраженные сигналы могут влиять на работу датчиков в прямом и обратном направлении. Отражения ухудшают соотношение сигнал/шум и обычно представляются в виде диаграмм «глаз»: при высоких обратных потерях открытие «глаза» (от пика к пику) меньше. Проведение измерений в обоих направлениях и на обеих длинах волн позволяет выявить причины, снижающие оптические характеристики кабельных каналов [26].

Геометрия периферийной поверхности

Общая производительность волоконно-оптических соединений также зависит от механических характеристик совмещения волокон и физического контакта световодов. Важнейшим фактором воспроизводимости и повторяемости соединений является геометрия торцевой поверхности.

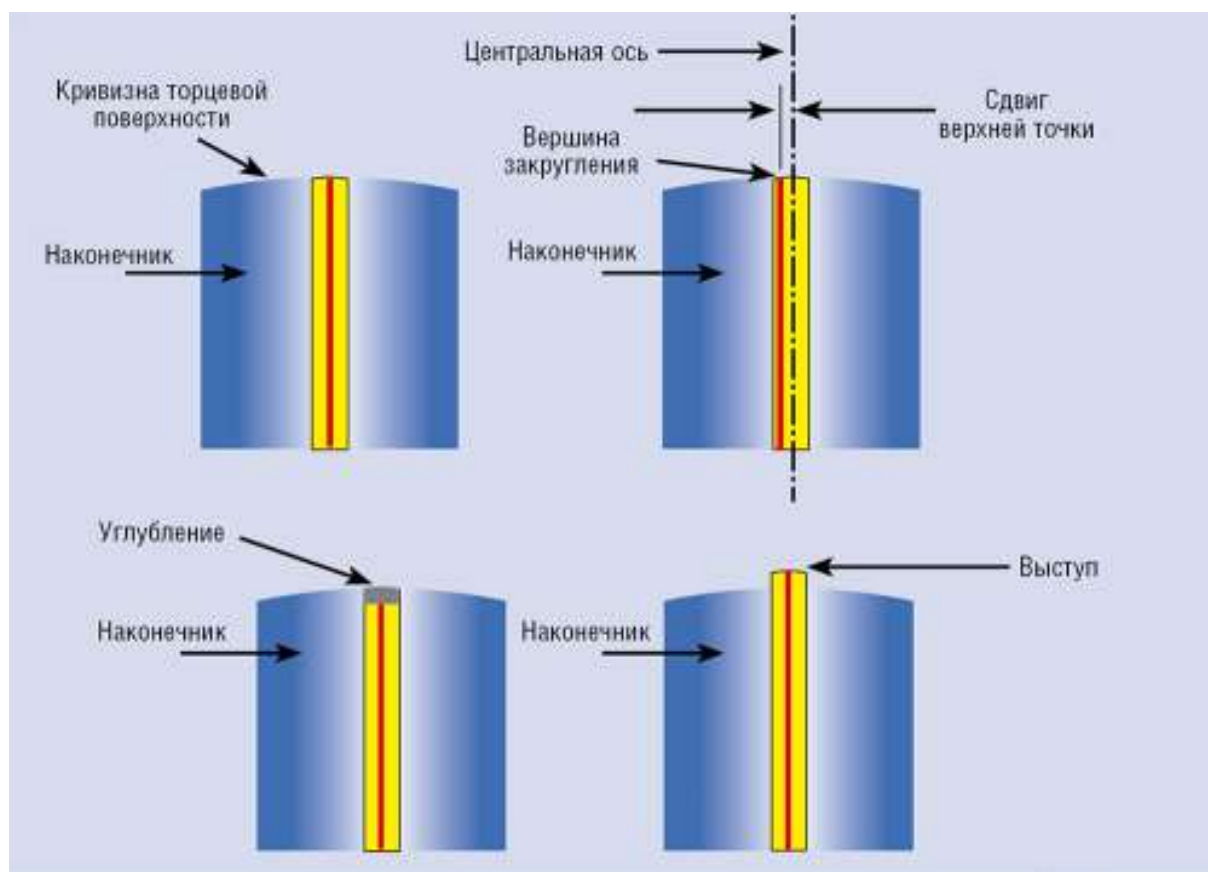


Рис.3.18. Геометрия торцевой поверхности

Ее основные параметры:

- ✓ радиус кривизны, то есть закругленность торцевой поверхности соединителя;
- ✓ смещение вершины (апекса), то есть точность центровки торцевой поверхности наконечника (см. рис. 3.19);

✓ углубление/выступ волокна, то есть высота или глубина, на которую сердцевина выступает или углубляется относительно поверхности соединителя [27].

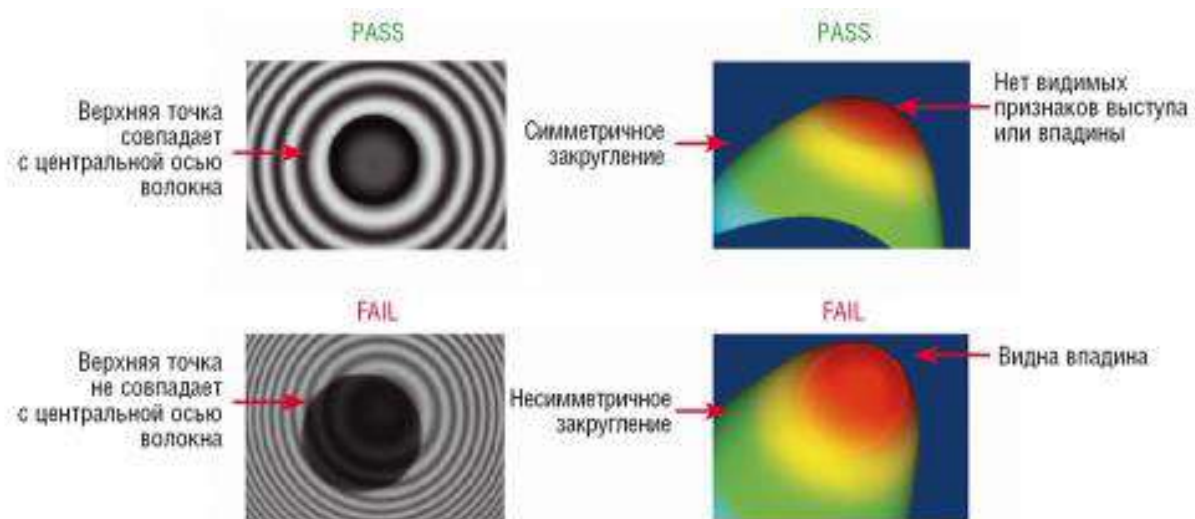


Рис.3.19. Примеры испытаний для контроля верхней точки (APEX) и радиуса кривизны (ROC)

От геометрии торцевой поверхности зависит надежность физического контакта между сердцевинами, поэтому перечисленные параметры необходимо тщательно проконтролировать, чтобы обеспечить полное сопряжение и эксплуатационную совместимость проводки. Иначе доля сопряженных соединений, оптические характеристики которых не отвечают нужным требованиям, будет статистически возрастать. Другими словами, плохой контроль торцевой поверхности создает возрастающий риск того, что после первичной приемки при дальнейшей эксплуатации будут происходить сбои.

Загрязнение, поверхностные и подповерхностные дефекты

Трещины сердцевины оптического волокна и присутствие загрязнений на соединителях, стыковых муфтах или пылезащитных колпачках приводят к сильному разбросу как вносимых потерь, так и потерь на отражение (см. рис. 3.20). Это отдельный класс проблем, который не менее сильно, чем контроль торцевой поверхности, влияет на вероятность приемки кабельной системы с первого раза. Важно отметить, что подобные нарушения подрывают целостность сети: загрязнение и трещины ухудшают оптические характеристики, причем результаты могут сильно варьироваться и быть абсолютно непредсказуемыми.



Рис.3.20. Загрязнение и дефекты торцевой поверхности

Поверхностные дефекты и чистота имеют большое значение, но их не всегда можно обнаружить при проверке вносимых потерь или контроле геометрии торцевой поверхности. Гладкое, но с трещинами волокно может пройти проверку на радиус кривизны, смещение вершины или величину выступа. Чистота перемычек при производстве и монтаже — критически важный параметр с точки зрения обеспечения надежности и достижения нужных оптических характеристик кабельных систем. Для получения требуемых показателей торцевые грани необходимо проверять на соответствие стандартам IEC 61300-3-35 и IEC 62627. При такой проверке выявляются нарушения, которые оказывают отрицательное влияние на оптические характеристики. К примеру, крупные частицы могут препятствовать физическому контакту, а мелкие, меньше 5 мкм в диаметре, — вдавливаясь в поверхность, вызывая появление углублений и осколков.

Несоответствие геометрии торцевой грани стандартам и наличие загрязнений — главные причины нестабильности результатов эксплуатационных испытаний оптических характеристик и, как следствие, потерь времени и сил на поиск неисправностей волоконно-оптической проводки. Иногда монтажники проводят повторные испытания до тех пор, пока не будет получен положительный результат. Однако, если не отвечающие требованиям перемычки не заменить, создается риск неприемлемо высоких вносимых потерь при рабочей эксплуатации канала. Проблема еще и в том, что загрязнение может быть своего рода «вирусом», который передается перемычкам, используемым в качестве контрольных эталонов, а также интерфейсам оборудования. Даже если «зараженную» перемычку заменить, вред уже нанесен.

Хотя обеспечение чистоты перемычки — обязанность производителя, есть определенные процедуры, которых должен придерживаться монтажник, чтобы избежать ухудшения характеристик вследствие загрязнения или

искажения геометрии торцевой плоскости. В частности, перед началом монтажа системы нужно удостовериться, что все противопылевые колпачки находятся на своих местах. [28].

Механическая надежность

Согласно отраслевым стандартам, существует несколько тестов для проверки механической надежности. В частности, проводятся испытания на изгиб, кручение, разрыв, удержание кабеля, ударную прочность, устойчивость к вибрациям, износостойкость, а кроме того, выполняется тест на передачу данных под нагрузкой. Эти испытания позволяют удостовериться в том, что в течение долгого времени и при различных условиях окружающей среды переключатель выдержит типичные для ВОЛС процедуры монтажа и ремонтных работ, а также внутренние напряжения, обусловленные подпружиненным физическим контактом..

По сути, Большинство оптических коммутационных шнуров успешно проходят тест на вносимые потери, но есть еще ряд не менее важных параметров: геометрия торцевой плоскости, возвратные потери, поверхностные дефекты и чистота.

Чтобы добиться гарантированной целостности смонтированной кабельной системы, необходимо уделять большое внимание и этим параметрам. Согласно отраслевым стандартам, контроль вносимых потерь — единственный обязательный эксплуатационный тест, но нужно удостовериться еще и в том, что кабели, компоненты и системы полностью отвечают стандартам. В частности, можно потребовать, чтобы для всех соединений предоставлялись объективные результаты испытаний на вносимые и возвратные потери, проведенных в обоих направлениях и на обеих длинах волн.

Не менее важны качество материалов и эффективность управления технологическим процессом на протяжении всего цикла производства, включая заключительную инспекцию и испытания. Применение наилучших материалов, а также высокоэффективных методов производства и контроля ведет к увеличению стоимости кабельных систем. Меньшая цена может быть привлекательной, но кабельные системы ненадлежащего качества в перспективе могут обойтись гораздо дороже из-за затрат на замену компонентов и устранение неисправностей. Выбирая для своей оптической сети кабельные системы, отвечающие самым жестким современным требованиям, вы предупреждаете появление «слабого звена» [25].

3.3.2 Диагностика и ремонт сбоев в волоконной оптике

Поиск неисправностей в оптических сетях осуществляется с помощью специальных устройств, диапазон которых невелик.

Устройства подкласса предназначены для контроля непрерывности сети, а устройства среднего ценового диапазона позволяют определять уровень оптической мощности в сети. Важную диагностику следует проводить с помощью оптических рефлектометров во временной области

(Optical Time Domain Reflectometer, OTDR). Это очень дорогое оборудование. Если уровень мощности неудовлетворительный или рефлектометр обнаруживает точечную проблему, то в первую очередь необходимо очистить и проверить концы оптических разъемов.

Техника безопасности

При работе с оптикой всегда следует соблюдать меры предосторожности. Длина волны, используемая в оптических сетях, относится к невидимому диапазону. Человеческий глаз воспринимает излучение определенного спектра: от фиолетового (длина волны около 380 нм) до красного (около 750 нм) (см. рис.1). Большинство источников оптических линий оснащены лазерами, некоторые из которых имеют очень высокую мощность. Никогда не смотрите поперечное сечение оптического волокна или последнюю часть вилки оптического оборудования. Если оптический разъем не используется, его следует закрыть специальной крышкой-это защитит глаз от повреждений и одновременно защитит разъем от загрязнений.

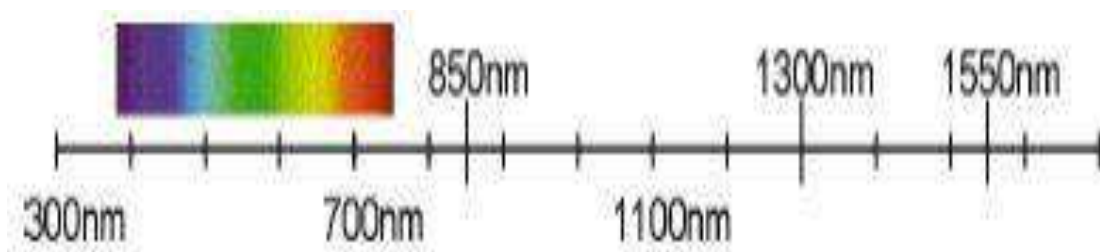


Рис.3.21.

Если необходимо визуально определить порт, то самый безопасный способ-направить конец оптического кабеля на белую бумагу или доставить бумагу к месту оптического подключения. Никогда не смотрите на прямой контакт-всегда есть риск появления невидимого луча от него.

Тестирование непрерывности

Непрерывность оптической линии и полярность парных оптических волокон можно проверить специальными лампами, излучающими белый (или другой) цвет. В последнее время очень популярны светодиодные устройства размером с брелок. Лампы, специально разработанные для использования в компьютерных сетях, оснащены различными адаптерами: SC, ST и другими. Луч света направлен лучше, чем обычные лампы (см. рис.3.22), а цвет в основном красный, очень яркий. Однако они не используют ни лампы накаливания, ни лазеры.



Рис. 3.22. Специальная лампа с цветным излучением

Другим способом проверки непрерывности является использование специального источника видимого света (Visual Fault Locator, VFL) для визуальной локализации дефектов. Он оснащен лазером, работающим в видимом спектральном диапазоне (см. рис. 3.23). Такие источники, как правило, не используют нагревательные элементы, а основаны на лазере. Чаще всего используются лазеры II класса, работающие на длине волны 650 нм и излучающие красный свет [19].

Если в оптическом кабеле повреждено волокно, то определить это место поможет источник VFL-свет проходит через оболочку кабеля. К сожалению, на некоторых типах кабелей, защищенных определенным покрытием, внешний свет не виден.



Рис.3.23. Лазер Visual Fault Locator, работающий в спектральном диапазоне

Проверка погасания или оптические потери

В отношении оптических кабельных систем термины потери или падения часто используются как синонимы, хотя на самом деле потери могут быть следствием точечных дефектов. Суммарная потеря (погасание) мощности в оптической сети определяется специальным устройством, состоящим из двух модулей: источника света и измерителя оптической мощности. Это оборудование часто называют набором для проверки потери оптической мощности (тест оптических потерь, OLTS).

Источник света, подключенный к одному концу линии, подает непрерывный сигнал на заданную длину волны, а фотоприемник, подключенный к другому концу, определяет оптическую мощность измерительного сигнала. Он оснащен светодиодом или лазером, используемым в сетевом оборудовании. Полученный результат измерения сравнивается с бюджетом мощности, необходимым для поддержки конкретного приложения. Это процедура тестирования оптических линий, которая обеспечивает стандарты TIA и ISO. Устройства OLTS относятся к испытательным устройствам первого уровня (Tier 1).

Тестирование рефлектометром Otdr

Оптический рефлектометр во временной области (Optical Time Domain Reflectometer, OTDR) дает диаграмму (рефлектограмму), на которой

показаны все точки отражения и показан эффект обратного рассеяния мощного светового импульса, подаваемого на оптическую линию с одного конца.

Принцип работы рефлектометра аналогичен тому, что используется в тестах TDR в медной среде: он также регистрирует все обратные отражения. Когда луч проходит через места стыка и рассеяния, участки с разорванными или поврежденными волокнами, точки изгиба кабеля или конец оптической линии, часть света возвращается к рефлектометру и отражается. В устройстве того же порта установлены большие усиленные фотоприемники для измерения количества отраженного сигнала. Кроме того, небольшая часть света проявляется кристаллической структурой кварцевого стекла, состоящего из оптических волокон. Это явление называется обратным рассеянием, в результате чего наклонная линия на образовавшейся рефлектограмме позволяет вычислить падение.

Тщательный анализ рефлектограммы позволяет определить точки. На графике, такие как стыковка, разрыв, рассеяние, резкий изгиб и другие события. Подобно тесту TDR, задержка между моментом передачи сигнала и получением отражения может быть перенесена на расстояние до события. Рефлектограмма OTDR очень полезна, так как позволяет проверить, соответствует ли качество монтажа и характеристики компонентов требованиям стандартов кабельных систем, а также требованиям современных и будущих приложений. Рефлектометр позволяет оценить параметры каждого разъема и рассеяния. В соответствии со стандартами TIA и ISO он относится к классу устройств второго уровня тестирования (Tier 2).

Проверка конца волокна

Специальные оптические или видеомикроскопы позволяют визуально проверить состояние кончика волокна и убедиться в отсутствии на нем грязи и царапин, что касается как соединений в кабельных сегментах, так и портов активного оптического оборудования. Как правило, такие микроскопы обеспечивают рост от 200х до 400х. Согласно недавнему исследованию, 80% проблем с волоконной оптикой вызваны загрязнением.

Типы волоконно-оптических кабелей

Многие люди знают, что существуют одномодовые и многомодовые оптические волокна, но на самом деле между ними есть и другие различия. Опишите основные типы волокон.

Некоторые из ранее выпущенных многомодовых кабелей были названы кабелями FDDI. Это поколение оптических кабелей имеет волокна с показателем преломления. При их производстве часто возникали неоднородности, дефекты и внешние примеси, а также изменение показателя преломления в стержне волокна. Такие волокна предназначены для подключения оборудования со светодиодными источниками (режимами), излучающими большое количество лучей. Каждая мода-это отдельный путь пучка в волокне и часто направленный под очень большим углом, а не параллельно его оси. Чем больше угол, тем длиннее путь луча и тем позже он

достигнет конца линии. Самым быстрым будет луч, идущий вдоль оси волокна. В результате реальный импульс, подаваемый на вход, кажется размытым. Если импульсы передаются на слишком высокой частоте, то соседние импульсы на выходе могут объединяться, а принимающее устройство не может их различать и отличать друг от друга. Это явление называется модальной дисперсией (модальной дисперсией) [15].

В следующем поколении кабелей использовались волокна с градиентным показателем преломления. В них состав кварцевого стекла незначительно изменяется от ядра к оболочке, благодаря чему лучи, отклоняющиеся от центральной оси, вновь направляются к ней. Луч, проникающий под углом к волокну, не отражается от оболочки резко и многократно, а движется по гладкой синусоиде, иногда даже не доходя до границы. В этом типе волокон модальная дисперсия намного меньше, и сигналы в них передаются на большее расстояние, чем в волокнах со ступенчатым показателем преломления.

Сейчас производятся многомодовые волокна, оптимизированные для использования с лазерными источниками света. В таких волокнах показатель преломления проверяется еще жестче. К ним можно подключить оптическое оборудование Gigabit Ethernet с помощью лазеров vcsel, тогда сигналы будут двигаться меньше, а модальная дисперсия будет еще ниже. На выходе сигналы расходятся мало, они четко различимы, за счет чего можно добиться высокой скорости передачи.

Первые волокна, оптимизированные для использования с лазерными источниками, появились в середине девяностых годов, поэтому они не могут поддерживать 10-гигабитные приложения. Последующие волокна, выполненные по усовершенствованной технологии, позволяют еще лучше контролировать показатель преломления. Они выпускаются с 1999 года и гарантируют поддержку 10-гигабитных приложений. Важно помнить, что чем больше диаметр ядра, тем больше модов может быть, поэтому многомодовые волокна 62,5 мкм стали уступать место волокнам 50 мкм. В 50-микронном волокне мод меньше и сигнал распознается на большем расстоянии. Через такое волокно данные передаются на высокой скорости.

Одномодовое волокно претерпело аналогичные изменения. В таком волокне диаметр ядра настолько мал, что для заданной длины волны может быть только один мод, и его путь проходит точно по оси волокна. Первоначальная конструкция этих волокон называется ndsf - одномодовое волокно с неразмещенной дисперсией. Он хорошо работает на длине волны 1300/1310 нм, но его нельзя использовать при 1550 нм. Волоконная структура оптимизирована для поддержки длины волны 1550 нм, а новый тип называется DSF-офсетное одномодовое волокно дисперсионное.

Однако после появления оборудования DWDM со спектральным уплотнением каналов было обнаружено, что волокна DSF имеют некоторую нежелательную нелинейность, а затем было создано разнообразие NZ-DSF — одномодовое волокно с ненулевой дисперсией. Теперь разрабатываются и

другие типы волокон, для которых используются конкретные материалы и новые структуры, например, волокно РМ поддерживает поляризованную передачу света.

Прежде чем внедрять новые приложения в ранее действовавшую волоконно-оптическую систему, сначала детально изучите характеристики установленного волокна [27].

Тесты для оптического кабеля

Тестирование оптического волокна включает в себя проверку полярности волокон, измерение длины и падения. Другие параметры оптического волокна не могут быть проверены в полевых условиях, так как для этого требуется специальное оборудование, которое существует только в исследовательских лабораториях.

Полярность волокон может контролироваться с помощью видимого источника света VFL или фонаря, а оборудование для измерения затухания OLTS или рефлектометр OTDR позволяют тестировать оба волокна одновременно в паре.

Длина определяется устройствами OLTS, если есть такая функция, через метки на оболочке кабеля, а также любым рефлектометром и с очень высокой точностью.

Общее затухание в канале может быть измерено как устройствами OLTS, так и рефлектометром OTDR. Показатели последнего позволяют рассчитать бюджет затухания на линии на основе информации о затухании для каждого выявленного события (см. рис. 3.24).



EVENT ID	TIME (s)	LOSS (dB)	STATUS
1	0.00	0.00	START POINT
2	0.10	0.05	SPlice
3	0.20	0.10	BEND
4	0.30	0.15	REFLECTION
5	0.40	0.20	LOSS
6	0.50	0.25	REFLECTION
7	0.60	0.30	LOSS
8	0.70	0.35	LOSS

Рис.3.24.

Интерпретация результатов теста

Полярность волокон. Нарушение полярности нельзя считать неисправностью, так как задачей тестирования является маркировка волокон и сопряжение по принятой в сети схеме. Как правило, проверка полярности является одним из этапов подготовки к проверке на падение. Если источник света и измеритель не подключены к одному и тому же волокну, то измерение становится невозможным [25].

В некоторых сетях на полярность волокон вообще не обращают внимания. Если волокна расположены неправильно, то сетевой специалист переключает переключатели, подключая активное оборудование. Если соединение отсутствует, попробуйте сначала заменить волокна, подключенные к портам TX (передатчик) и RX (приемник). Как видите, проблема полярности решается очень просто и быстро.

Длина. Рефлектометр OTDR показывает полную длину канала, после чего его можно сравнить с характеристиками сетевых приложений, которые планируется запустить. Иногда рефлектометр говорит, что некоторая линия короче, чем ожидалось, и это может быть доказательством обрыва кабеля на шоссе.

Если рефлектометра нет, придется прибегнуть к документации на систему или сертификационным данным, полученным при ее вводе в эксплуатацию. Кроме того, длина каждого оптического сегмента в системе может быть определена с помощью признаков длины на оболочке кабеля. Полученные значения необходимо дополнительно сравнить с характеристиками конкретной сети.

В любом случае, проверьте широкополосный доступ для типа проложенного кабеля. Часто эту информацию нужно искать в маркировке кабеля, а затем перепроверять ее с ограничениями расстояния для этой сетевой технологии и кабеля с широкополосным коэффициентом.

Отрицательный результат теста. Прежде чем искать неисправность, сначала проверьте:

- правильно ли указано в настройках тестера количество адаптеров и рассеивателей в сети (Это устройство относится к тестам, которые рассчитывают расходный бюджет волоконно-оптической сети);

- правильно ли выбран тип волокна;

- перед тестированием модули устройства должны пройти процедуру установки эталонного значения, и эта операция должна быть выполнена при следующей температуре тестирования, после чего категорически запрещается отсоединять контактные провода от портов передачи.

Убедитесь, что вы подключены к волокну, используя источник видимого света VFL. Как правило, это устройство обнаруживает все обрывы и участки со сломанными волокнами (см. рис.3.22).

Очистите все оптические соединения (штекеры и розетки, включая выходной порт на последнем оборудовании) вдоль линии, где обнаружена неисправность. Проверьте состояние концов на каждом кабеле и проводе-на них не должно быть грязи, царапин или сколов. Чтобы избавиться от некоторых видов загрязнений, иногда недостаточно протереть кончик специальной тряпкой, смоченной в чистящем спирте (см. рис.5).

Протестируйте каждый коммутационный провод с набором OLTS. Сначала установите эталонное значение с помощью качественного коммутационного провода, а затем размер другого провода должен дать результат потери, близкий к нулю. При любом отклонении необходимо

определить его причину. Когда проблема появляется, она исчезает, попробуйте согнуть и сдвинуть провод во время тестирования. Если показания изменяются, проверьте, нет ли обрывов, участок надломленным волокном с нарушением, соосности волокон (угловых) или зазора между торцами переключателей. Не перегибайте волокна слишком сильно, чтобы не нарушать требования радиуса изгиба.

В случае отсутствия рефлектометра OTDR следует прибегнуть к методу «разделяй и властвуй» – регулярно проверяйте, проходя все ближе и ближе к дальнему краю сети, пока не найдете неисправную область. Сигнал будет резким изменением результатов измерения затрат, особенно если он не соответствует ожидаемому изменению, скорректированному в соответствии с длиной предыдущего сегмента. В современных сетях затухание самого кабеля является незначительным по сравнению с затуханием в контактных точках, поэтому в качестве ориентира можно использовать предельно допустимое значение потерь (0,75 дБ), установленное стандартами для каждой связи [28].

Кабельные провода имеют много грязных или поврежденных соединений. Проверьте снова после очистки всех концов или используйте рефлектометр, чтобы обнаружить некачественные соединения.

Диаметр сердечника коммутационного провода или отрезка волокна может не совпадать с другими компонентами сети. Если проверить и проверить необходимый тип всех проводов, то с помощью рефлектометра можно определить наличие секций с другим диаметром жилы.

Иногда кабельная система имеет плохо сваренные или механические соединения или чрезмерно изогнутый кабель. Все подобные ошибки легко обнаруживаются рефлектометром.

Проверьте путь кабеля. Не хватает острых углов или деталей, на которые кабель намотан кольцами или резко согнут? Способствуют ли экранные зажимы образованию микрогибов (см. рис. 6)

Убедитесь, что многомодовый разъем не был случайным на одномодовом тракте. Допуски при изготовлении одномодовых переключателей намного жестче, чем у многорежимных: они обеспечивают точное выравнивание, в результате чего потери оптической мощности в таком соединении минимальны. Кроме того, разъемы и провода предназначены для ограниченного подключения/отключения. Кабель или провод, который был подключен и отсоединен несколько раз, начинает подсоединяться к разъему, поэтому невозможно обеспечить правильное взаимное расположение волокон. Подобные проблемы позволяют обнаружить рефлектометр OTDR.

Если неисправность затрагивает единственное устройство, то чаще всего причиной проблемы является порт распределения активного оборудования. Возможно, накопилась грязь внутри или не хватает выходной мощности передатчика. Подключите измеритель мощности из набора OLTS к

порту, а затем сравните полученное значение со значением мощности для соседних портов [23].

Ремонт оптического кабеля и особенности его проведения

Волоконно-оптическая связь является фундаментом современных телекоммуникаций и используется на всех уровнях сети: от локальных внутри зданий до межконтинентальных сетей. Несмотря на использование организацией хорошо разработанных технологий, нельзя полностью исключить риск повреждения волоконно-оптического кабеля при текущей эксплуатации линейных частей таких систем. Аварии случаются даже в условиях наиболее механически прочных конструкций с круглой проволочной броней.

В случае повреждения оператор использует два основных метода для восстановления связи:

- ✓ переход на резервное направление;
- ✓ ремонт волоконно-оптического кабеля.

Первая из них направлена на быстрое восстановление связи, а главная цель второй – полное восстановление нормальной работы сети.

Причины повреждения волоконно-оптического кабеля

Возможны повреждения оптических кабелей:

- ✓ в результате механических воздействий, в основном различными строительными техниками;
- ✓ в результате движений в точке ввода в опорный зажим, рис. 2;
- ✓ при прямом попадании молнии (риск такого повреждения значительно возрастает при наличии металлической брони, а также при прокладке кабелей в скалистых местах и в условиях вечной мерзлоты).

В первом случае из-за больших усилий и резкого характера их воздействия может произойти обрыв оптического кабеля, а в других случаях часть волокон может сохранить целостность и даже обеспечить некоторое, иногда длительное нормальное соединение.

Особенности ремонта волоконно-оптических кабелей

Восстановление оптического кабеля начинается с проверки его целостности и локализации точки его повреждения, для чего проводится оптическая рефлектометрия. Опытный рефлектометр изогнутого типа кривой обратного рассеяния, формируемой прибором, определяет не только расстояние до места повреждения, но и его характер.

На волоконно-оптических линиях связи, за исключением технологического запаса, без которого сварка невозможна, прокладка длинного запаса прямо запрещается. Поэтому восстановление оптического кабеля в большинстве случаев осуществляется установкой вставки. Качественная муфта не только позволяет разместить в ней рассадку волокон, но и обеспечивает полное восстановление защитных покрытий оболочек, а также гарантирует устойчивость к воздействию растяжения до 75% от специфического значения ремонтируемого кабеля с учетом технологии сборки [27].

Контроль качества ремонта

Ремонт оптического кабеля включает в себя окончательное тестирование. В ходе выполнения данной процедуры с обеих сторон методом измерений осуществляется рефлектометрия восстановленной линии, целью которой является определение качества ремонта и, в частности, соответствия нормам износа на рабочих длинах волн (1310 и 1550 нм). Дополнительным оптическим тестером также проверяется общее затухание от разъема до разъема аппаратуры. Результаты проведенных измерений фиксируются протоколом, который хранится в эксплуатационной документации сети.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа №1

Расчет параметров оптических кабелей связи

Цель работы: Знать устройство оптических кабелей связи и места применения каждого из их видов и определять их электрические характеристики.

Теоретическое введение

Физико-механические свойства оптического контактного кабеля во многом зависят от качества используемого в нем стекла. Поэтому к технологии изготовления светопропускаемого стекловолокна относятся с особой тщательностью.

Как и другие кабели связи, оптические кабели связи бывают разных типов.

Параметры проводника излучения: цифровая апертура, предельная длина волны, нормированная частота, затухание в проводнике излучения, волновое сопротивление, скорость сигнала и дисперсия и способность.

Апертура является одним из генераторов светового конуса, входящего в оптическую ось и конец волокна, где удовлетворяет состояние внутреннего полного отражения.

Числовая апертура определяется по формуле:

$$NA = \sin\theta_A = \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.1)$$

Где θ_A — угол передачи луча, при котором Луч полностью отражен.

n_1, n_2 — коэффициенты плотности стержня и стекла за его пределами.

Угол полного отражения от края внутреннего стержня Θ_B

$$\sin\theta_B = n_2/n_1$$

Длина краевой волны:

$$\lambda_0 = \frac{\pi \cdot d}{P_{nm} \cdot n_1} \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.2)$$

А частота:

$$f_0 = \frac{P_{nm} C}{\pi d \sqrt{n_1^2 - n_2^2}}, \text{Гц} \quad (1.3)$$

$c=3 \cdot 10^5$ км/с скорость света

d —диаметр стержня, мкм

Нормированные частоты:

$$V = \frac{2\pi a}{\lambda} \cdot \sqrt{n_1^2 - n_2^2} \quad (1.4)$$

a —радиусный стержень, мкм

λ —длина волны, мкм

Волновое сопротивление Z_B :

$$\frac{Z_0}{n_1} \leq Z_B \leq \frac{Z_0}{n_2}, \text{Ом} \quad (1.5)$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\varepsilon_0}} = 376.7, \text{Ом}$$

Фазовая скорость V_ϕ :

$$\frac{C}{n_1} \leq V_\phi \leq \frac{C}{n_2} \quad (1.6)$$

Дисперсия-увеличение длительности импульса при прохождении по оптическому кабелю.

Дисперсия, Нс/км

Ступенчатый световод

$$\tau = \frac{n_1 \Delta l}{C} = \frac{(NA)^2}{2 \cdot n_1 \cdot C} \cdot l$$

Градиентный световод

$$\tau = \frac{n_1 \Delta^2 l}{2C} = \frac{(NA)^4}{8n_1^3 C} \cdot l$$

$\Delta=(n_1-n_2)/n_1$

$\ell=7$ км длина световодов

Диапазон частот $\Delta F=1/\tau$,

Расход энергии для распределения $\alpha_p=K_p/\lambda^4$, дБ/км

Расход энергии на поглощение $\alpha_n=8,69 \cdot (\pi \cdot n_1 \cdot \text{tg} \sigma / \lambda)$, дБ/км

Собственные затраты $\alpha_c=\alpha_p+\alpha_n$

$\text{tg} \sigma=10^{-11}$

Затухание это важный параметр оптического кабеля. Удельные затраты на волокно, вызванные скручиванием и изгибом оптических волокон при использовании покрытий и защитных оболочек при производстве оптического волокна, связаны с затратами, называемыми α_c , дополнительными затратами и кабельными α_k .

$$A = \alpha_c + \alpha_k$$

$$\alpha_c = \alpha_{\pi} + \alpha_p$$

Потери от распространения сигнала по волокну объясняются тем, что часть мощности, подаваемой на вход волокна, распределяется в зависимости от изменения направления распространения лучей при возмущениях и поглощается их миганием (α_p) в окружающее пространство, другая часть мощности поглощается самими молекулами кварца (α_{π}), и чужеродными примесями ($\alpha_{\text{пр}}$).

Загрязнения могут быть ионами металлов (никель, железо, кобальт и т. д.) и гидроксильными группами (ОН), что приводит к возникновению резонансного затухания. В результате определяются общие затраты.

$$\alpha = \alpha_{\pi} + \alpha_p + \alpha_{\text{пр}} + \alpha_k$$

$$\text{tg} \sigma = 10^{-11}$$

Таблица 1.1

Вариант	n_1	n_2	$a, \text{мкм}$	$\lambda, \text{мкм}$	P_{nm}	$K_p (\text{мкм}^4 \cdot \text{дБ/км})$	$\ell, \text{км}$
1	1,51	1,49	4	0,85	2,445	0,8	7
2	1,51	1,5	5	1,00	2,445	0,8	7
3	1,51	1,49	25	1,30	2,445	0,8	7
4	1,51	1,5	50	1,55	2,445	0,8	7

Практическая работа №2

Расчет взаимовлияния в симметричной цепи воздушных и кабельных линий связи

Воздушные пути.

На симметричных путях, воздушных путях, а также на кабельных путях эффект проводимости, электрическая и магнитная связь между этими цепями показаны последовательностями электромагнитных связей между этими конечными концами N_{12} и конечными F_{12} .

$$N_{12} = K_{12} Z_B + M_{12} / Z_B = (g_{12} + i\omega k_{12}) Z_B + (r_{12} + i\omega m_{12}) / Z_B, 1/\text{KM}$$

$$F_{12} = K_{12} Z_B - M_{12} / Z_B = (g_{12} + i\omega k_{12}) Z_B - (r_{12} + i\omega m_{12}) / Z_B, 1/\text{KM}$$

Где:

K_{12} —электрическая связь, См/км;

M_{12} —магнитная связь, Ом/км;

Z_B —волновое сопротивление симметричной связи, Ом;

g_{12} —активная составляющая электрической связи, См/км;

k_{12} —емкостная связь, Ф/км;

r_{12} —активная составляющая магнитной связи, Ом/км;

m_{12} —индуктивная связь, Гн/км;
 ω —переменная частота ($\omega=2\pi f$).

Следующие формулы указывают тип переменного отключения воздушной линии связи:

$$A_0 = 20Lg \cdot \left| \frac{4\gamma}{N_{12}(1 - e^{-2\gamma\ell})} \right|, \quad \text{дБ}$$

$$A_\ell = 20Lg \cdot \left| \frac{2}{F_{12}\ell} \right| + \alpha\ell, \quad \text{дБ}$$

$$A_3 = 20Lg \cdot \left| \frac{2}{F_{12}\ell} \right|, \quad \text{дБ}$$

Где:

$\gamma=\alpha+i\beta$ —коэффициент распределения

α —коэффициент затухания

β —фазовый коэффициент

На воздушных линиях связи провода располагаются на очень большом расстоянии друг от друга и не имеют изоляции. В этом случае можно не сохранять первичные параметры g и r , так как асимметричные потери выражаются в меньшей степени ($r=0$) и асимметричные потери в диэлектрике ($g=0$) не столь велики. Воздействие рассчитывается реактивной связью:

$$K_{12}=(i\omega k_{12}) \text{ и } M_{12}=(i\omega m_{12}).$$

Параметры первичности в воздушно-дорожном соединении значения k_{12} , m_{12} зависят друг от друга от расположения действующих и действующих цепей. Они рассчитываются следующим образом:

$$k_{12} = 13900 \cdot \frac{\left[Ln \frac{a_{13}a_{24}}{a_{14}a_{23}} \right] \cdot 10^{-12}}{\left[Ln \frac{a}{r} \right]^2}, \quad \Phi/\text{км}$$

$$m_{12} = 200 \cdot \left[Ln \frac{a_{13}a_{24}}{a_{14}a_{23}} \right] \cdot 10^{-6}, \quad \text{Гн/км}$$

a —расстояние между проводами в цепи;

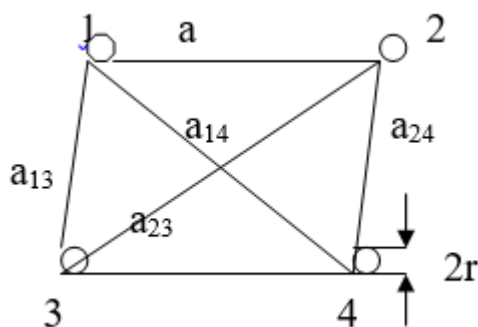
r —радиус проводника;

a_{13} —расстояние между первым проводником действующей цепи и первым проводником затронутой цепи;

a_{24} —расстояние между вторым проводником действующей цепи и вторым проводником затронутой цепи;

a_{23} —расстояние между вторым проводником действующей цепи и первым проводником затронутой цепи;

a_{14} —расстояние между первым проводником действующей цепи и вторым проводником затронутой цепи;



Электрическое и магнитное соединение связано с такой величиной $m_{12}/k_{12} = Z_B^2$. Для проволоочной и биметаллической цепной воздушной линии (диаметр проволоки 4 мм, расстояние между проводниками 20 см) $Z_B \approx 550$ Ом, для стальной алюминиевой цепи (диаметр проволоки 5,4 мм. Расстояние между проводами 20 см) $Z_B \approx 500$ Ом, для стальной цепи (диаметр проводов 4 мм, расстояние 20 см) $Z_B \approx 1100$ Ом.

Активные компоненты связи на воздушном пути не учитываются, что указывает на близкое и отдаленное окончание электромагнитной связи:

$$N_{12} = i\omega(k_{12}Z_B + m_{12}/Z_B), 1/\text{км}$$

$$F_{12} = i\omega(k_{12}Z_B - m_{12}/Z_B), 1/\text{км}$$

В системе передач В-12-2 и В-3-3 расстояние между пунктами усилителя в работе с воздушным путем или в неметаллической цепи составляет 25 км, а в системе передач В-2-2 и В-3-3 расстояние между пунктами усилителя, работающими с воздушным путем со стальной цепью, составляет от 30 до 40 км. Чтобы уменьшить воздействие цепи друг на друга, необходимо уменьшить параметры:

$$L n \frac{a_{13}a_{24}}{a_{14}a_{23}}$$

Защита усилительного пункта воздушной линии отображается следующим образом:

$$A_3^{yy} = 50,4 + 10 \lg N, \text{дБ}$$

N —количество областей усилителя:

Автоматический выключатель ближайшего конца зоны усилителя выглядит следующим образом

$$A_0^{yy} = 50,4 + 10 \lg N + 20 \lg \sqrt{2} \cdot p + 3,47, \text{дБ}$$

P —коэффициент изображения ($p=0,1$ для высокочастотной системы передачи).

Переменное затухание адгезивного конца области усилителя:

$$A_\ell^{yy} = 50,4 + 10 \lg N + \alpha \ell, \text{дБ}$$

ℓ —длина зоны усилителя;

При изменении длины области усилителя среднее значение переменного затухания на близком конце из-за частоты медленно уменьшается и приближается к асимптотическим значениям на больших частотах.

$$A_0^{yy} = 20Lg \left| \frac{2C}{k_{12}} \right|, \quad \text{дБ}$$

C —емкость цепи, Ф/км; k_{12} —подключение емкости, Ф/км.

Для обмоточных кабелей симметричных цепей определяется геометрическим законом суммы воздействий на отдельные составляющие длины кабеля. В этом случае формулы выключения переменной имеют следующий вид:

$$A_0 = 20Lg \left| \frac{4\sqrt{\alpha}}{N_{12} \cdot \sqrt{1 - e^{-4\alpha\ell}}} \right|, \quad \text{дБ}$$

$$A_\ell = 20Lg \left| \frac{2}{F_{12}\sqrt{\ell}} \right| + \alpha\ell, \quad \text{дБ}$$

$$A_3 = 20Lg \left| \frac{2}{F_{12}\sqrt{\ell}} \right|, \quad \text{дБ}$$

где α —коэффициент затухания цепи, дБ/км; ℓ —длина линии, км.

В области низких частот преобладает емкостная связь, другие составляющие взаимовлияния можно не учитывать. В области высоких частот используются эти четыре компонента связи. При этом среднее значение активных и реактивных отношений связи равно

$$(g/\omega k) = 10-15\%, g_{12} = 0.1\omega k_{12}, \omega = 2\pi f$$

$$(r/\omega m) = 20-40\%, r_{12} = 0.2\omega m_{12}$$

Электрическая связь: $K_{12} = g_{12} + i\omega k_{12}$, магнитная связь: $M_{12} = r_{12} + i\omega m_{12}$

В процессе расчета получаются:

$$(m_{12}/k_{12}) \approx Z_B^2 m_{12} = Z_B^2 * k_{12}$$

Итак $k_{12} = k_1 / 4\pi \Phi / \text{сд} \text{или} * 10^{-12} \Phi / \text{сд}$

Где k_1 —емкостная связь между основными цепями четырехполюсника, значение которой в техничных условиях задается на образующей длине кабеля. Расчет нестандартной составляющей определяется произведением коэффициента $k_1(\ell_{\text{нст}}/\ell_{\text{ст}})$ для стандартной составляющей длины, где $\ell_{\text{нст}}$ —нестандартная длина, м, а $\ell_{\text{ст}}$ —стандартная длина, м. Переменное затухание и защита для стандартных составляющих длин определяется по формуле:

$$A_0^{cd} = 20Lg \left| \frac{2}{N_{12}} \right|, \quad \text{дБ}$$

$$A_\ell^{cd} = 20Lg \left| \frac{2}{F_{12}} \right| + \alpha\ell_{cd}, \quad \text{дБ}$$

$$A_3^{cd} = 20Lg \left| \frac{2}{F_{12}} \right|, \quad \text{дБ}$$

В симметричных кабельных цепях переменное затухание и защита уменьшаются с увеличением частоты и длины линии. Поэтому расчет взаимовлияния следует производить в аналоговом режиме только на частотах, а в цифровом — на частотах, являющихся частотами системы передачи.

Воздействие через третью цепь определяется следующим уравнением:

$$A_{\ell}^{3-я} = 2A_0 - 10Lg(2 * (\alpha_1 + \alpha_3)\ell), \text{дБ}$$

где α_1 —километровое отключение основной цепи, дБ/км

α_3 —километровое отключение третьей цепи, дБ/км;

ℓ —длина зоны усиления.

Тампсырма:

Воздушные пути

Определение N_{12} , F_{12} электромагнитных связей первой и второй цепей на воздушных путях с профилем № 3. Диаметр медных проводов 4 мм. На воздушных путях работает распределительная система В-12-2. Ведение расчетов на высоких частотах системы распределения.

Конструктивные параметры: расстояние между проводами в цепи - 20 см, а расстояние между цепями - 50 см, a_{13} -70 см, a_{23} -50 см, a_{14} -90 см, a_{24} -70 см. Верхняя частота системы передачи В-12-2 равна $1,43 * 10^5$ Гц, а волновое сопротивление медных цепей равно 550 Ом.

Симметричные кабели

Расчет электромагнитной связи между четвертичными цепями симметричного кабеля типа МКСАШп 4х4. По кабелю работает система К-60. Проведение расчетов на высоких частотах системы распределения. Для кабеля типа МКС 4х4 емкостная связь между четвертью будет выглядеть следующим образом $k_1 = 10 \text{ нф / сд}$. Известно, что верхняя частота системы передачи К-60 равна 252 кГц, волновое сопротивление $Z_B = 164,6$ Ом.

Изучи условия защиты цепей и тракт путей связи во взаимовлияниях.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Методы испытаний линий связи
2. Виды средств измерений для поверки линий связи
3. Что такое Мультиметр?
4. Измеритель уровня сигнала
5. Что такое Рефлектометр?
6. Осциллографы и анализаторы спектра
7. Основные электрические параметры, связанные с работой кабельной сети
8. Что такое переходное разложение?
9. Задержка распространения сигнала и длина линии
10. Комплекс тестовых измерений
11. Диагностика типа дефекта в медном кабеле
12. Причины неисправности кабеля
13. Неисправности оптического кабеля и периферийного устройства
14. Специальные устройства для поиска неисправностей в оптических сетях
15. Причины повреждения волоконно-оптического кабеля

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ

Если кратко обобщить этот раздел, была проанализирована диагностика и регулировка контрольно-измерительных приборов для медных и волоконных оптических кабелей. В частности, была рассмотрена классификация и маркировка электрических кабелей, изоляция, кабельные проводники. Проведен детальный анализ причин повреждения волоконно-оптического кабеля и применяемых устройств при их обнаружении.

Список рекомендуемой литературы и дополнительных источников

1. Парфенов Ю.А. Кабели электросвязи. Учебное пособие для вузов, М.: Эко-Трендз, 2011. -256с.
2. Верник С.М., Гитин В.Я., Иванов В.С. Оптические кабели связи. Учебное пособие; Радиоисвязь - М., 2012. -144с.
3. Портнов Э.Л. Оптические кабели и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи.: Учебное пособие для вузов.-М. Горячая линия –Телеком 2009г.-464с.

РАЗДЕЛ 4.ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТ ПО МОНТАЖУ СВЯЗАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ



ВВЕДЕНИЕ

Проектирование и разводка кабельных линий выполняется на основе технико-экономических расчетов. Линия предусматривает условия, при которых распределяемый куреновый кабель проходит без попадания на грунтовые участки с различными химическими веществами. Только при строгом соблюдении правил прокладки кабеля он будет надежно работать длительное время. Приводится классификация электрических кабелей связи. Рассмотрим требования к выполнению работ по монтажу связанного оборудования электроснабжения.

Цели обучения:

- ✓ Обучение функциональной схеме электроснабжения.
- ✓ Разъяснение сущности системы электроснабжения для предприятий связи.
- ✓ Составляет функциональную схему защиты.
- ✓ Выявляет и устраняет неисправности в аппаратуре проводных распределительных станций.
- ✓ объяснять структурные схемы, функциональные и принципиальные схемы аппаратуры станций.

По окончании данного модуля обучающиеся осваивают:

- ✓ Правила эксплуатации и правила действия оборудования, систем;
- ✓ Знание норм, требований нормативно-правовых актов в области энергетики;
- ✓ Технические условия, стандарты и допустимые отклонения от стандартов на материалы, процессы;
- ✓ Назначение средств измерений и их показания;
- ✓ Схемы автоматизации и сигнализации;
- ✓ Знание норм, требований в части работы оборудования;
- ✓ Знание технической документации, технических и технологических процессов;
- ✓ Знание правил эксплуатации и ремонта приборов и оборудования.

Предварительные требования:

Перед изучением данного модуля обучающемуся рекомендуется успешно завершить обучение по базовым модулям и профессиональным модулям квалификации 130703 «Техник» в соответствии с Типовым учебным планом специальности «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

4.1 Функциональная схема электроснабжения

4.1.1 Система электроснабжения для предприятий связи

Предприятия электросвязи относятся к потребителям первой категории, и их энергоснабжение должно обеспечиваться от трех независимых источников. Два внешних ввода должны быть от отдельных электростанций, а третий – от собственной дизельной электростанции.

Система электроснабжения – это комплекс сооружений на территории предприятия связи и в производственных помещениях, обеспечивающий функционирование предприятия связи, как в нормальных, так и в аварийных режимах его работы. Структурная схема электроснабжения предприятия связи дана на рис. 4.1 [28].

Схема включает в себя такие устройства:

- ✓ трансформаторные подстанции (ТП1 и ТП2);
- ✓ дизель-генераторная установка (ДГУ);
- ✓ автомат ввода резерва (АВР);
- ✓ шкаф вводный распределительный переменного тока (ШВР);
- ✓ электропитающая установка (ЭПУ);
- ✓ система вентиляции и кондиционирования (СВиК);
- ✓ электросети освещения;
- ✓ система мониторинга и управления (СМиУ).
- ✓

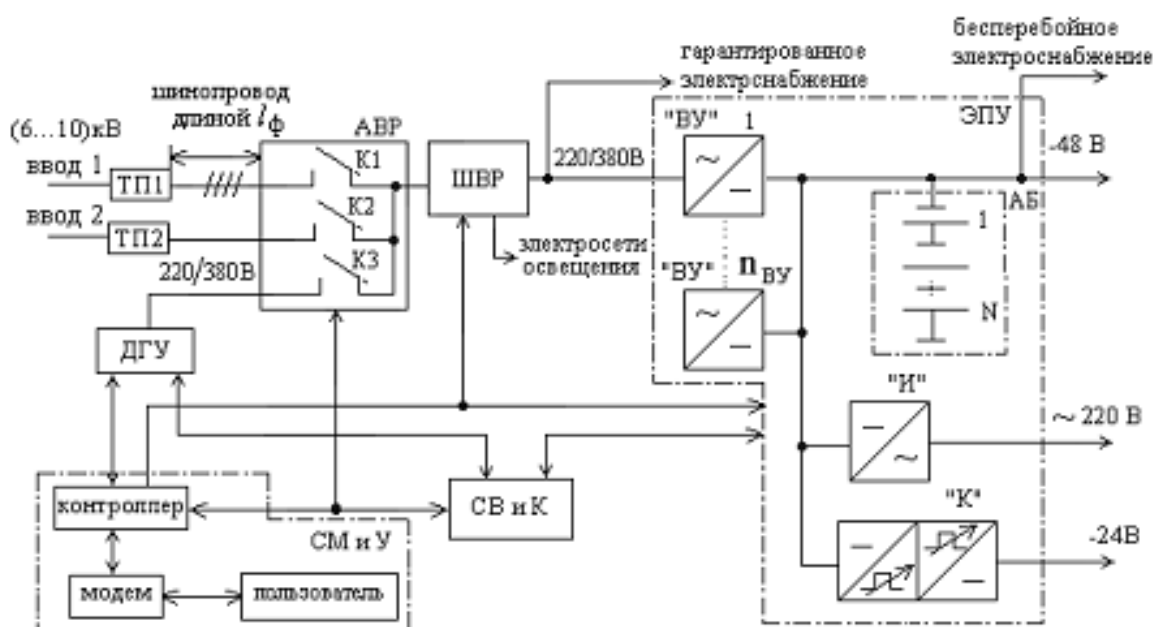


Рис.4.1. Структурная схема электроснабжения предприятия связи

Трансформаторная подстанция обеспечивает понижение напряжения от (6...10) кВ до 220/380 В трехфазного переменного тока промышленной частоты 50 Гц. Вторичные цепи трансформаторов подстанций должны быть

включены по схеме «звезда» с нулевым проводом и иметь систему заземления.

Автомат ввода резерва осуществляет переключение на резервный ввод 2 (фидер) в случае пропадания напряжения на основном вводе 1 (фидере). При пропадании напряжения на обоих фидерах осуществляется подключение дизель-генераторной установки. Ее запуск выполняется автоматически сжатым воздухом или с помощью электрического стартера. Запуск дизеля должен произойти за 1...3 мин. Разрешается запускать его с помощью стартера до трех раз (по 5...6 с). Это обусловлено возможностью выхода из строя стартерных аккумуляторов. Мощность ДГУ лежит в пределах от 8 до 1500 кВт. В системах электроснабжения чаще всего используются две ДГУ, одна основная, другая – резервная.

Шкаф вводный распределительный обеспечивает ввод и распределение энергии по потребителям с помощью различных токоведущих шин, а также защиту потребителей от перегрузок по напряжению и токов короткого замыкания. На передней панели ШВР расположены измерительные приборы для контроля коэффициента мощности ($\cos \varphi$) и полной потребляемой мощности (S), а также автоматы защиты. Иногда в ШВР монтируют и АВР. Система вентиляции и кондиционирования воздуха обеспечивает нормальное функционирование (что также повышает надежность системы) ЭПУ, ДГУ, аккумуляторных батарей. СВиК регулирует температурный режим отдельных устройств. При зарядке аккумуляторной батареи выделяются газы в окружающую среду, поэтому необходимо производить очистку воздуха для обеспечения нормальной жизнедеятельности персонала. СВиК обеспечивает циркуляцию воздуха и его очистку от вредных примесей.

Система мониторинга и управления осуществляет контроль состояния всех основных узлов и передачу информации о них в сервисный центр. Для этого используется контроллер (устройство логического управления) и модем для передачи информации по телефонным каналам.

Электропитающая установка – это комплекс устройств, предназначенных для распределения электрической энергии, регулирования, резервирования, стабилизации и контроля качества питающих напряжений. Она включает в себя основное и резервное выпрямительные устройства (ВУ), инверторы (И) и конверторы (К) напряжения, аккумуляторную батарею (АБ), токораспределительную сеть (ТРС) и систему заземления [29].

Выпрямительное устройство преобразует напряжение переменного тока в напряжение постоянного тока и может состоять из нескольких параллельно включенных выпрямителей для увеличения тока нагрузки. ВУ могут работать в двух режимах: в режиме стабилизации напряжения для питания аппаратуры связи и подзарядки АБ (нормальный режим); в режиме стабилизации тока заряда АБ после их разряда на нагрузку в условиях отсутствия напряжения переменного тока (аварийный режим).

Инвертор напряжения преобразует напряжение постоянного тока в напряжение переменного тока заданной частоты прямоугольной или синусоидальной формы и обеспечивает его стабилизацию.

Конвертор напряжения преобразует постоянное напряжение одного уровня в постоянное напряжение другого уровня. Конвертор напряжения включает в себя инвертор напряжения и выпрямитель. Промежуточным звеном служит высокочастотный трансформатор. Конвертор напряжения может выполнять одну из двух функций в системе электропитания:

- ✓ формировать дополнительные градации (уровни) напряжения;
- ✓ обеспечивать вольтодобавку к аккумуляторной батарее при ее разряде в аварийном режиме работы.

Аккумуляторная батарея – химический источник постоянного тока, используется в качестве резервного источника энергии в аварийном режиме до момента запуска ДГУ. После аварии происходит восстановление элементов АБ в режиме стабилизации тока от одного из источников переменного тока.

Получение бесперебойного энергоснабжения на стороне постоянного тока может быть обеспечено различными способами.

На предприятиях связи используют пять модификаций системы: буферную систему электропитания; буферную систему электропитания с вольтодобавочным конвертором (ВДК); буферную систему с конвертором; систему с отделенной от нагрузки АБ; безаккумуляторную систему.

В буферной системе питания АБ постоянно подключена к нагрузке (рис. 4.2).

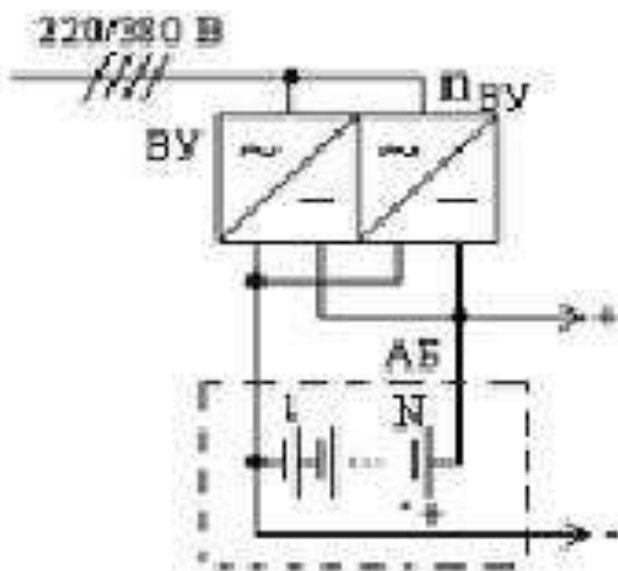


Рис.4.2. Буферная система электроснабжения

Преимуществом буферных систем электропитания является использование сглаживающих свойств АБ, что значительно уменьшает габаритные размеры сглаживающих фильтров, установленных на выходе ВУ. Недостатком данной системы является воздействие импульсной нагрузки на АБ, что снижает срок службы, особенно герметичных аккумуляторов в

нормальном режиме работы. При повышенных требованиях к качественным показателям напряжения питания и к длительной работе от АБ в аварийных режимах используется буферная система питания с вольтодобавочным конвертером (рис. 4.3).

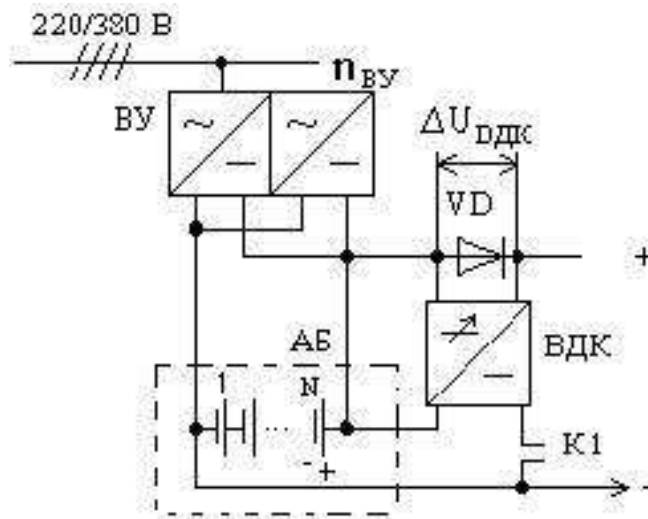


Рис.4.3. Буферная система электропитания ВСК

В нормальном режиме контактор К1 разомкнут, элементы АБ поддерживаются в нормальном состоянии от ВУ. Одновременно обеспечивается питание основного оборудования от выпрямителя. В аварийном режиме замыкается контактор К1 и выход ВДК соединяется последовательно с АБ, вход ВДК при этом подключается к АБ. При разряде аккумуляторной батареи ВДК добавляет недостающую долю напряжения для обеспечения постоянства напряжения на нагрузке. Это иллюстрирует график на рис. 4.4 [30].

Диод VD необходим для обеспечения непрерывного тока при срабатывании контактора К1. Это приводит к потере дополнительной мощности и снижению производительности устройства. Существуют схемы подключения двух контакторов без использования преобразователя напряжения и диода. В этой схеме высокая эффективность, но при этом снижается надежность системы.

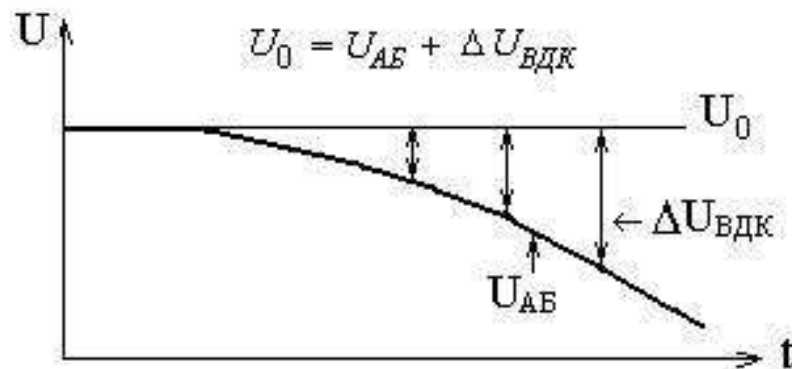


Рис.4.4. Изменение напряжения ВДК от времени

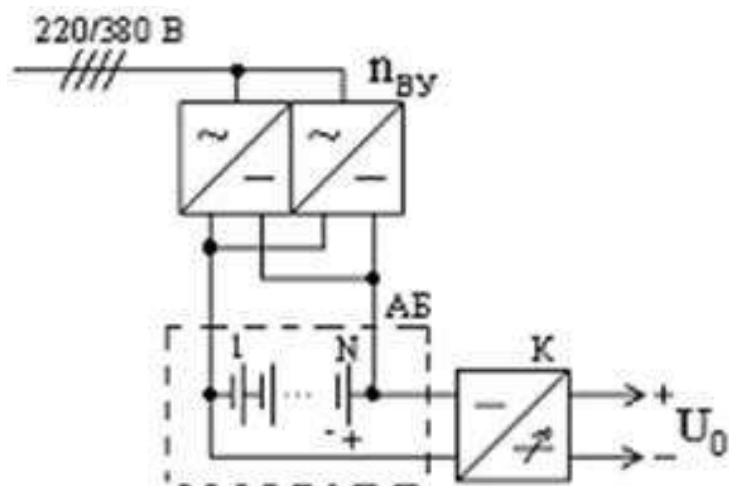


Рис.4.5. Буферная система электропитания с конвектором

Конвертор предназначен для стабилизации выходного напряжения U_0 и компенсации изменения напряжения на аккумуляторной батарее. Однако конвертор должен быть рассчитан на полную мощность нагрузки, что не всегда предпочтительно по сравнению с буферной системой с ВДК.

В системе с отделенной от нагрузки АБ (см. рис. 4.6) в нормальном режиме работы питание аппаратуры обеспечивается за счет ВУ. Аккумуляторная батарея подзаряжается от дополнительного выпрямителя содержания (ВС). Устройство управления (УУК) контролирует напряжение на нагрузке. При его снижении ниже допустимой нормы срабатывает электронный ключ ЭК (тиристорный или транзисторный), а затем – контактор К1. Преимуществом этой системы является отсутствие влияния импульсной нагрузки на работу АБ. К недостаткам можно отнести низкий КПД всей системы из-за дополнительного выпрямителя (ВС).

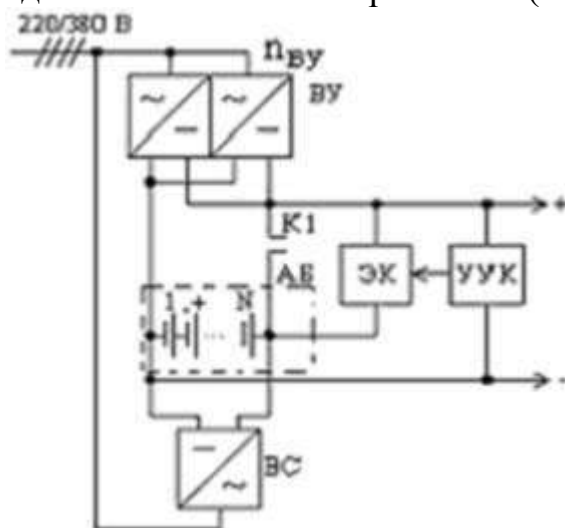


Рис. 4.6. Система электропитания с отделенной от нагрузки АБ с

Безаккумуляторная система электропитания (см. рис. 4.7) требует не менее трех независимых источников энергии, один из которых дизель-генератор. В этой системе всегда работает парное число выпрямителей, при

этом улучшается форма потребляемого тока и они должны быть загружены не более чем на 50 \%. При пропадании напряжения на одном из фидеров замыкается K2 и выпрямители подключаются к другому фидеру. Преимуществом этой системы является простота схемы построения, дешевизна системы. Но по ряду причин (в основном организационных) схема не нашла широкого применения[28].

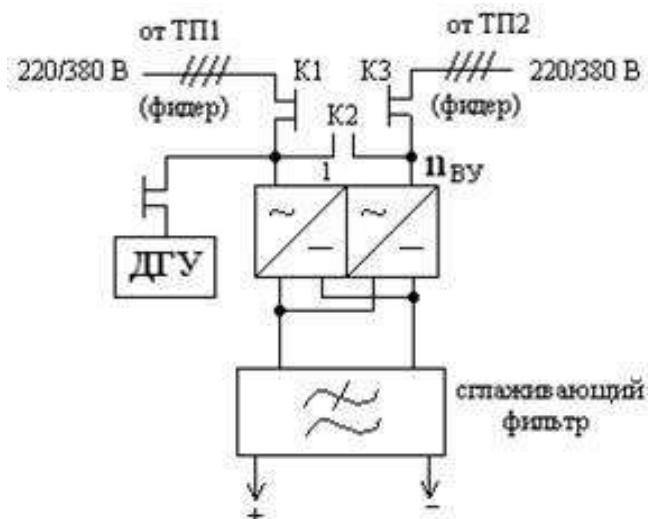


Рис. 4.7. Безаккумуляторная система электропитания

Шкафы вводно-распределительные

Шкафы вводно-распределительные предназначены для ввода и распределения по потребителям электрической энергии трехфазного (однофазного) переменного тока, номинального напряжения 380 В (220 В), а также для защиты вводов сети и нагрузок потребителей от перегрузок и токов короткого замыкания, от перенапряжений, для контроля изоляции и т.п.

Шкафы выпускаются с ручным подключением вводов (ШВРР), с автоматическим переключением вводов (ШВРА) и без автоматического выключателя для включения вводов (ШВРО). Предусмотрена возможность подключения к ШВР одного и более питающих вводов от сети общего назначения, а также дизель-генераторной установки. Номинальный ток шкафов – от 16 до 1000 А.

При необходимости в шкаф устанавливается панель коммутации аварийного освещения, которая обеспечивает автоматическое подключение сети аварийного освещения к аккумуляторной батарее при падении напряжения переменного тока и автоматическое отключение сети аварийного освещения от аккумуляторной батареи при восстановлении напряжения переменного тока. Максимальный ток сети аварийного освещения напряжением аккумуляторной батареи 60, 48 или 24 В составляет 100 А.[29].

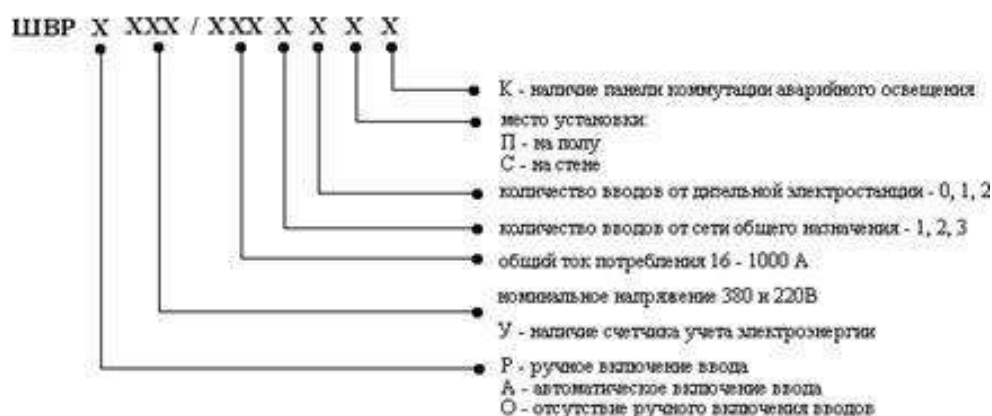


Рис. 4.8. Условные обозначения ШВР

Таблица 4.1.Конструктивные размеры ШВР

Конструктивное исполнение	Высота(Н),мм	Ширина(L),мм	Глубина(В),мм
Настенное	480	280или530	215
	630	280или530	215
	1080	530	215
	1230	530	215
	1380	530	215
Напольное	1650,1950,2250	600	400
	1650,1950,2250	800	400
	1650,1950,2250	600	600
	1650,1950,2250	800	600

Конструктив предусматривает обслуживание передней части шкафа.

Корпус настенных и напольных шкафов выполнен из стали, покрытой порошковой краской.

В шкафу предусматриваются все необходимые приспособления для подключения подводимых кабелей с учетом их сечения и места подвода.

В зависимости от условий эксплуатации и конструктивных требований могут быть использованы специальные шкафы, предназначенные для установки вне помещений, а также (при небольшом наборе автоматических выключателей) пластиковые боксы на 4...36 модулей.

Рассмотрим наиболее характерные примеры использования ШВРА в системах электроснабжения.

На рис. 4.9 представлена схема электроснабжения потребителей с несколькими шкафами ввода.[27].

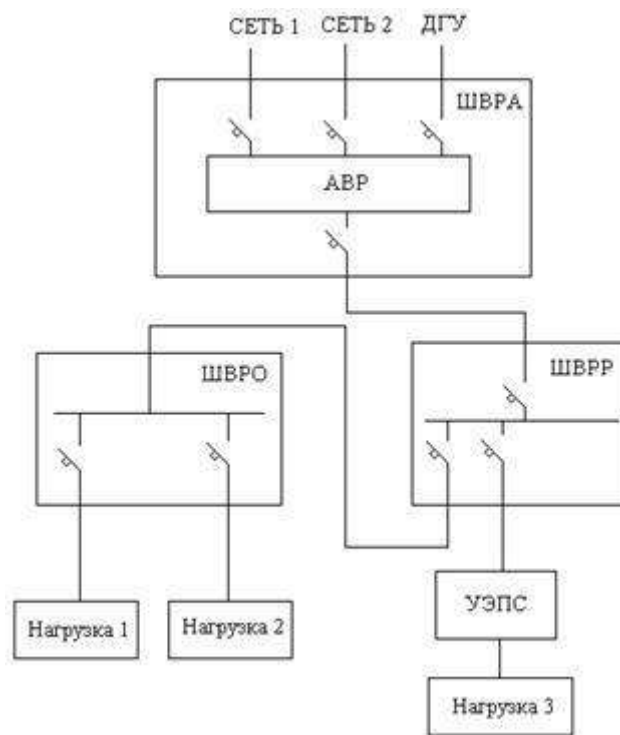


Рис. 4.9. Пример схемы электроснабжения потребителей с несколькими ШВР

Одной из самых распространенных схем ШВРА является схема с двумя вводами от сети (рис. 4.10). Эта схема реализуется в шкафах типа ШВРА 380 / I_n -20П (С), где I_n – номинальный ток вводных автоматов.

На рис. 4.10, а дан вариант питания потребителей от одного ввода сети, когда другой ввод находится в резерве. На рис. 4.10, б показан вариант питания двух групп потребителей, каждой – от своего ввода сети. При пропадании напряжения на одном из вводов обе группы потребителей переключаются на другой ввод с помощью контакторов. Такой же вариант дан на рис. 4.10, в, но переключение в этом случае обеспечивается автоматами с моторными приводами.

Шкаф также обеспечивает:

- ✓ местную световую и дистанционную сигнализацию о включении контактора первого или второго сетевых вводов и о наличии напряжения на вводах;
- ✓ возможность индикации наличия напряжения в каждой фазе сети;
- ✓ возможность индикации наличия тока в каждой фазе сети;
- ✓ стрелочные индикаторы и счетчик учета электроэнергии.

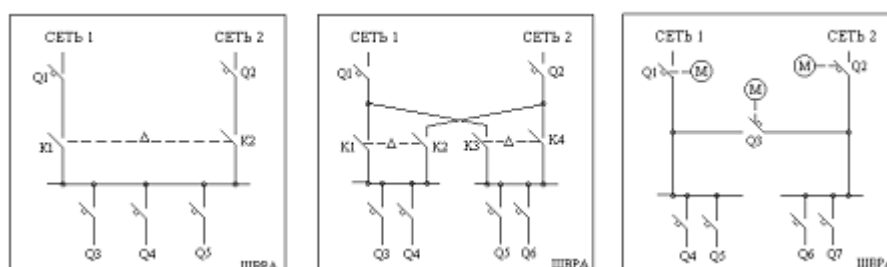


Рис. 4.10. Варианты схемы ШВРА с двумя вводами от сети

Для электроснабжения электроприемников особой группы первой категории предназначаются шкафы типа ШВРА 380/ I_n -21П (С), где I_n – номинальный ток вводных автоматов. Они предусматривают возможность подключения дизельной электростанции к потребителям и имеют два ввода от сети и один ввод от ДГУ. На рис. 4.11 представлены различные варианты схемы ШВРА 380/ I_n -21П (С):

рис. 4.11, а – ДГУ подключается к потребителям вручную. Блокировка рубильников Q4 и Q5 исключает возможность одновременного присутствия напряжения на шинах питания нагрузки;

рис. 4.10, б – автоматическое подключение ДГУ, для чего предусматривается второй АВР;

рис. 4.11, в – вводы внешней сети (СЕТЬ 1 и СЕТЬ 2) подключаются к потребителям через устройство автоматического ввода резерва (АВР) ШВРА и АВР ДГУ. ДГУ подключается к потребителям через собственное устройство АВР[28].

ШВРА 380/ I_n -21П(С) также обеспечивает:

- ✓ местную световую и дистанционную сигнализацию о включении контактора первого или второго сетевых вводов и о наличии напряжения на вводах;

- ✓ возможность индикации наличия напряжения в каждой фазе сети;
- ✓ возможность индикации наличия тока в каждой фазе сети;
- ✓ ручное или автоматическое переключение на ДГУ;
- ✓ стрелочные индикаторы и счетчик учета электроэнергии.

Для надежного электроснабжения необслуживаемых регенерационных пунктов выпускаются шкафы вводно-распределительные типа ШВРА 380/ I_n -21 С и ШВРА 220/ I_n -21 С. Эти шкафы предназначены для эксплуатации в закрытых помещениях с температурой окружающего воздуха от минус 40 до плюс 40 °С и обеспечивают:

- ✓ электропитание технологической нагрузки;
- ✓ освещение наземных и подземных коммуникаций напряжением 36 В;

- ✓ включение термостата – антиконденсационной пластины;
- ✓ сигнализацию местную световую и дистанционную о включении контактора основного или резервного ввода и о наличии напряжения на вводах;

- ✓ возможность индикации наличия напряжения на каждом из вводов сети;

- ✓ учет потребляемой электроэнергии на вводах СЕТЬ 1 и СЕТЬ 2;
- ✓ ручное переключение СЕТЬ – ДГУ.

В системах электроснабжения широко используются четырехжильные силовые кабели, имеющие сечение проводящих жил от 4 до 185 мм² и выполненные на напряжениях до 1 кВ /15. Четвертое ядро-заземление или обнуление.

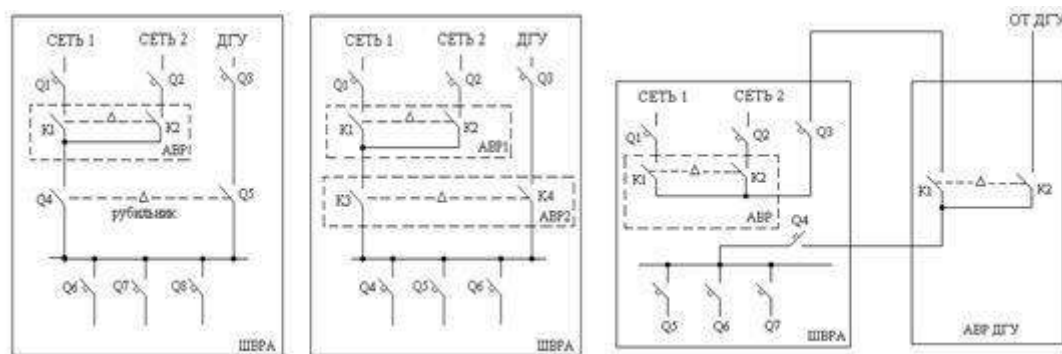


Рис. 4.11. Варианты схемы ШВРА 380/In-21П (С)

На рисунке изображено сечение четырехжильного кабеля с секторными жилами.

Рис. 4.12. Секция четырехжильного кабеля

Буквенные обозначения в маркировке кабелей с медными жилами определяются конструкцией брони, изоляцией и защитными покровами[26].

Б – броня из двух спальных лент с антикоррозионным защитным покровом;

Бн – то же, с негорючим защитным покровом;

Г – отсутствие защитных покровов поверх брони или оболочки;

Л(2Л) – наличие в подушке под броней слоя (двух слоев) из пластмассовых лент;

В(П) – наличие в подушке под броней шланга из поливинилхлорида (полиэтилена);

ШВ (Шп) – защитный покров в виде шланга (оболочки) из поливинилхлорида (полиэтилена);

К – броня из круглых оцинкованных стальных проволок, поверх которых наложен защитный покров;

Н – негорючий покров;

П – броня из оцинкованных плоских проволок, поверх которых наложен защитный покров;

С – свинцовая оболочка;

В – изоляция или оболочка из поливинилхлорида;

Бб – броня из профилированной стальной ленты;

Р – резиновая изоляция.

Например, кабель с резиновой изоляцией 4х70, со свинцовой оболочкой, изготовленный из стальных лент и защитными покровами, четырехжильный, каждая жила имеет сечение 70 мм².

В зависимости от условий эксплуатации, места прокладки, охлаждения, величины протекающего тока предпочтительны определенные типы кабелей. Характеристики некоторых из них с допустимыми токовыми нагрузками приведены в табл. 4.2.

Магистральные шины марки собираются из прямоугольных алюминиевых шин, изолированных друг от друга, вертикально расположенных и зажатых между специальными изоляторами внутри перфорированного корпуса.

Таблица 4.2.1 Допустимые токовые нагрузки медных четырехжильных кабелей на напряжение до 1 кВ

Сечение основной жилы, мм ²	Сопротивление одной жилы постоянному току, Ом/км	Допустимый ток, А	
		Кабели в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле ВБбШВ; ВБбШП; СБВ	Кабели в свинцовой оболочке, прокладываемые на воздухе СБШВ; СБГСБ2Л; СРБГ
4	4,7	35	35
6	3,11	45	45
10	1,84	60	60
16	1,16	80	80
25	0,734	100	100
35	0,529	120	120
50	0,391	145	145
70	0,27	185	185
95	0,195	215	215
120	0,154	350	260
150	0,126	395	300
185	0,100	450	340

Число шин – 3, 4 или 6. Шинопроводы марки ШМА предназначены для четырехпроводных сетей с глухозаземленной нейтралью. Распределительные шинопроводы марок ШРА и ШРМ используются для передачи и распределения электроэнергии с возможностью непосредственного присоединения к ним электроприемников в системах с глухозаземленной нейтралью при напряжении 220/380 В. Характеристики некоторых типовых шинопроводов приведены в табл. 4.3 [29].

Таблица 4.3. Типовые шинопроводы

Тип шинопровода	Номинальный ток, А	Сопротивление на фазу, Ом/км	Тип шинопровода	Номинальный ток, А	Сопротивление на фазу, Ом/км
ШМА73	1600	0,031	ШРАУ	630	0,085
ШМА68Н	2500	0,027	ШРА73	250	0,2
	4000	0,013	ШРМ75	100/250	0,75
ШРА74	400	0,15	ШЗМ16	1600	0,018
	630	0,14			

Аккумуляторные батареи

Аккумулятор – это химический источник тока многократного действия. Он способен накапливать, длительно сохранять и отдавать по мере надобности электрическую энергию, полученную от внешнего источника постоянного тока.

4.1.2 Основное оборудование электроснабжения и их работа

Что касается обеспечения надежности электроснабжения, то энергопотребители предприятий связи делятся на три категории.

К первой категории относятся электроприемники, отключение электроснабжения которых может представлять опасность для жизни человека и утрату важной информации, передаваемой по каналам связи. Особая группа электроприемников отличается от состава электроприемников первой категории тем, что ее бесперебойное питание обеспечивает передачу информации, влияющей на протекание сложных технологических процессов в сфере экономики, обороны и здравоохранения.

Ко второй категории относятся электроприемники, отключение которых может привести к временным потерям при передаче информации, не связанной с вышеизложенным понятием «важная информация».

К третьей категории электроприемников относятся те, которые не входят в первую и вторую категории. К таким электроприемникам предприятий связи относятся установки наружного освещения, электронагревательные приборы и системы горячего водоснабжения, вентиляция вспомогательных помещений.

Конкретный перечень предприятий связи с указанием категорий электроприемников приведен в правилах проектирования. Надежность электроснабжения потребителей первой и второй категорий обеспечивается резервированием с использованием независимых источников.

При нормальных режимах работы электроэнергетической системы потребителям первой категории энергии должна быть подана электроэнергия от двух взаимно избыточных источников независимо друг от друга, а при

отключении питания от одного из них перерыв питания электроприемников допускается только при работе автоматических переключателей[26].

Для электроснабжения потребителей специальной группы первой категории должен быть обеспечен третий независимый источник электроэнергии.

Как правило, источником связи на предприятиях являются их дизельные генераторные комплекты и (или) аккумуляторы, генераторные автобусы в электрической системе или местные электростанции используются не часто.

Третий независимый источник, упомянутый выше для потребителей электроэнергии специальной группы, может использоваться в качестве второго независимого источника для потребителей электроэнергии первой и второй категории. Если невозможно обеспечить бесперебойное электроснабжение оборудования связи за счет уменьшения источников питания, то в электроустановки предприятия связи вводятся устройства бесперебойного электроснабжения постоянного или переменного тока.

В отношении технологического оснащения предприятий связи категория электроснабжения другого устанавливается ведомственными строительными нормами и, в частности, указаниями на проектирование электроустановок предприятий и сооружений телекоммуникаций (ВСН 332). В соответствии с ВСН 332 к электроприемникам специальной группы первой категории относятся технологическое оборудование междугородных телефонных и телеграфных станций, узловых узлов и узлов коммутации, городских телефонных станций вместимостью более 3000 номеров, региональных контактных центров, а также магистральных, сетевых пунктов регенерации и усиления. магистральные тропосферные радиорелейные линии (PPL) и зрительная линия PPL. К первой категории относятся центральные станции усиления радиовещательных центров, городские автоматические телефонные станции до 3000 номеров и передвижные базовые станции. Все остальное технологическое оборудование связи получает питание второй категории.

Что касается другого оборудования предприятий связи, то специальная группа устанавливает аварийное и эвакуационное освещение осветительных приборов, первая категория-светильники ограждающие антенные башни, электрические пожарные насосы, вентиляционные системы, а также домофонные, воров и установки пожарной сигнализации.

Все остальные потребители электроэнергии делятся на вторую и третью категории.

Приведенный выше перечень электроприемников не отражает многообразия технологического оборудования, используемого в сети связи, однако позволяет оценить требования к надежности электроснабжения предприятий связи.

Системы электропитания аппаратуры связи

Одним из основных элементов любого предприятия (объекта) связи, определяющим его работоспособность является электроустановка. Под электроустановкой (ЭУ) подразумевается весь комплекс энергосооружений, обеспечивающий не только электропитание аппаратуры, но и функционирование систем: освещения; кондиционирования и вентиляции воздуха; теплоснабжения и других систем, связанных с жизнедеятельностью предприятия, как в нормальных условиях внешнего электроснабжения, так и в аварийных. Аппаратура современных инфокоммуникационных систем требует для своей работы бесперебойной подачи электрической энергии как постоянного, так и переменного тока. Для обеспечения бесперебойной подачи к аппаратуре электрической энергии требуемого качества в состав ЭУ вводятся устройства бесперебойной подачи (УБП) постоянного и переменного тока, называемые также электропитающими установками. (ЭПУ). Тогда как, например, аппаратура освещения требует гарантированной подачи электрической энергии, т. е. допускает кратковременные перерывы в подаче электроэнергии, связанные с переходом с одного источника электроэнергии на другой[27].

Электроустановка должна отвечать следующим основным техническим требованиям:

- ✓ обеспечивать аппаратуру связи электрической энергией, удовлетворяющей требованиям аппаратуры, установленной на данном предприятии;
- ✓ обеспечивать требуемые параметры надежности подачи электрической энергии, удовлетворяющие желаемой надежности работы инфокоммуникационных систем;
- ✓ обеспечивать максимально возможную степень автоматизации работы установки, вплоть до полной автоматизации;
- ✓ обладать высокими значениями КПД и коэффициента мощности;
- ✓ строиться с максимальным использованием типового унифицированного оборудования и быть экономичной в строительстве и эксплуатации.

Степень автоматизации электроустановки должна обеспечивать контроль и управление её работой с помощью телемеханики и теле-сигнализации.

Оборудование электроустановки должно обеспечивать выполнение следующих функций:

- ✓ прием электрической энергии переменного тока промышленной частоты от источников электрических сетей энергосистемы;
- ✓ непрерывный автоматический контроль качества электрической энергии, поступающей от электрических сетей энергосистемы;
- ✓ резервирование источников электрических сетей энергосистемы при помощи собственных стационарных или передвижных источников электроэнергии;

- ✓ преобразование электроэнергии переменного тока по роду тока, числу фаз и уровню напряжения для обеспечения электропитания аппаратуры связи и оборудования объекта связи;
- ✓ обеспечение требуемой надежности электроснабжения электроприемников объекта связи;
- ✓ обеспечение бесперебойности электропитания аппаратуры связи;
- ✓ местную и дистанционную сигнализацию о режимах работы электроустановки (мониторинг);
- ✓ управление режимами работы электроустановки.

В зависимости от конкретных условий отдельные из приведенных функций электроустановки объекта связи могут отсутствовать.

В состав электроустановки предприятия связи входят следующие основные виды оборудования:

- ✓ воздушные и кабельные линии электропередачи 10; 6 и 0,4 кВ;
- ✓ трансформаторные подстанции;
- ✓ распределительные пункты и устройства переключения источников напряжения, в том числе устройства автоматического ввода резервного источника переменного напряжения (АВР);
- ✓ устройства компенсации реактивной мощности (конденсаторные установки);
- ✓ устройства защиты от перенапряжений, возникающих в линии электропередачи; собственные стационарные и передвижные дизельные электростанции; электропитающие установки;
- ✓ электрооборудование систем жизнеобеспечения (вентиляции, кондиционирования, отопления, водоснабжения, канализации стоков технологических помещений) и освещения технологических помещений;
- ✓ защитные заземляющие устройства;
- ✓ оборудование автоматического контроля качества электрической энергии, поступающей от электрических сетей энергосистемы;
- ✓ устройства управления и мониторинга.

В зависимости от конкретных условий объекта связи отдельные виды оборудования могут не являться частью его электроустановки.

Классификация установок электропитания и технические требования к их Состав оборудования той или иной установки электропитания в первую очередь определяются целями, для достижения которых применяется данная установка. Так, по признаку непрерывности подачи электрической энергии к аппаратуре, связи установки подразделяются на установки бесперебойного (УБП) и гарантированного (УГП) электропитания. В первом случае подача электроэнергии к аппаратуре осуществляется независимо от возможных перерывов в электроснабжении предприятия связи, что обеспечивается использованием в установке аккумуляторной батареи, постоянно подключенной к входным цепям аппаратуры. В случае гарантированного электропитания допускается кратковременный перерыв в подаче

электроэнергии к аппаратуре, обусловленный переходом с одного источника электроснабжения на другой и обратно.

В зависимости от рода выходного тока установки подразделяются на установки постоянного или переменного тока. В настоящее время появились комбинированные установки, которые обеспечивают аппаратуру одновременно электрической энергией как постоянного, так и переменного тока.

Имеются другие признаки, по которым можно классифицировать установки электропитания, но они носят второстепенный характер, поэтому они рассматриваются в тексте по мере необходимости.

В настоящее время действуют «Правила применения оборудования электропитания средств связи», разработанные в целях обеспечения целостности, устойчивости функционирования и безопасности единой сети электросвязи, которые устанавливают требования к оборудованию электропитания средств связи[28].

В соответствии с этими Правилами оборудование электропитания средств связи должно нормально функционировать, если на его входные зажимы подается электроэнергия от источников внешнего электроснабжения (от электрических сетей энергосистемы), параметры которой отвечают требованиям, приведенным ниже.

Номинальное действующее значение напряжения ($U_{\text{ном}}$), В.....	380/220
Номинальная частота, Гц.....	50
Установившееся отклонение напряжения от номинального значения, %, не более.....	± 10 15
Переходное отклонение напряжения, %, не более.....	± 40
Длительность переходного отклонения напряжения, с, не более.....	3
Исчезновение напряжения на время, мс, не более.....	10
Установившееся отклонение частоты от номинального значения, %, не более.....	$\pm 0,8$
Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, %, не более.	10
Коэффициент небаланса напряжения, %, не более.....	5
Импульс напряжения:	
импульсное напряжение, В, не более.....	$1,8U_{\text{ном}}$
длительность импульса (на уровне 0,5 амплитудного значения $U_{\text{ном}}$) мкс, не более.....	1300
Импульс напряжения:	
импульсное напряжение, В, не более.....	2000
длительность импульса (на уровне 0,5 амплитудного значения $U_{\text{ном}}$), мкс, не более.....	50

Все УБП постоянного тока (электропитающие установки) должны обеспечивать на выходе качество электрической энергии, параметры которого, в том числе качественные показатели электроэнергии на выходных

зажимах электропитающих установок постоянного тока на номинальное выходное напряжение 12, 24, 48 и 60 В, приведены ниже.

Номинальное напряжение ($U_{\text{ном}}$), В.....12, 24, 48 или 60

Установившееся отклонение напряжения от номинального значения, В, не более:

$U_{\text{ном}} = 2 \text{ В}$ $\pm 2^3$

$U_{\text{ном}} = 24 \text{ В}$ $\pm 3,6^4$

$U_{\text{ном}} = 48 \text{ В}$ $\pm 7,5^9$

$U_{\text{ном}} = 60 \text{ В}$ ± 12

Установившееся отклонение напряжения в точке подключения аккумуляторной батареи, %, не более..... ± 1

Переходное отклонение напряжения при скачкообразном набросе (сбросе) нагрузки от 5 до 100 % номинального значения, %, не более ± 20

Время переходного процесса, с, не более.....0,1

Действующее значение суммы гармонических составляющих пульсации напряжения, мВ, в диапазоне частот от 25 Гц до 150 кГц не более.....5

0

Действующее значение n-й гармонической пульсации напряжения, мВ, в диапазоне частот, не более:

до 300 Гц.....50

от 300 Гц до 150 кГц.....7

Псофометрическое значение пульсации, мВ, не более.....2

УБП переменного тока должны обеспечивать на выходе качество электрической энергии, параметры которого приведены ниже.

Номинальное напряжение, В.....380/220

Номинальная частота, Гц.....50

Установившееся отклонение напряжения от номинального, %, не более..... ± 3

Переходное отклонение выходного напряжения при сбросе-набросе

нагрузки 5-100-5 % номинального значения, %, не более..... ± 20

Длительность переходного процесса, с, не более.....0,1

Установившиеся отклонения частоты, %, не более..... ± 5

Коэффициент искажения синусоидальности кривой напряжения, %, не более.....10

Коэффициент небаланса трехфазного напряжения при симметричной нагрузке, %, не более..... ± 5

Установка переменного тока должна быть рассчитана на работу с нелинейной нагрузкой, коэффициент амплитуды потребляемого тока которой не менее 2,5, а также на нагрузку индуктивного или емкостного характера, коэффициент мощности которой может изменяться в пределах 0,8.....1,0.

Существует ряд технических требований, общих для установок бесперебойного электропитания переменного и постоянного тока, К ним относятся требования к электромагнитной совместимости, надежности и

безопасности оборудования, а также его устойчивости к воздействию климатических факторов.

Допускаемые величины радиопомех, создаваемых при работе оборудования электропитания на сетевых выводах, не превышают значений, указанных в табл. 4.4[27].

Таблица 4.4. Допустимые величины радиопомех

Допускаемые величины радиопомех			
Класс оборудования	Полоса частот, МГц	Напряжение радиопомех, дБмкВ	
		Квазипиковое значение	Среднее значение
А	От 0,15 до 0,5 От 0,5 до 30 включ.	79 73	66 60
В	От 0,15 до 0,5 включительно Свыше 0,5 до 5,0 включительно Свыше 5,0 до 30 включительно	От 66 до 56 56 60	От 56 до 46 46 50

Допускаемые величины радиопомех			
Класс оборудования	Полоса частот, МГц	Напряжение радиопомех, дБмкВ	
		Квазипиковое значение	Среднее значение
А	От 0,15 до 0,5 включительно Свыше 0,5 до 30 включительно	От 97 до 87 87	От 84 до 74 74
В	От 0,15 до 0,5 включительно Свыше 0,5 до 30 включительно	От 84 до 74 74	От 74 до 64 64

Допускаемые величины радиопомех			
Класс оборудования	Полоса частот, МГц	Расстояние R, м	Напряженность поля радиопомех, дВмкВ/м
А	От 30 до 230 включительно	он	40
	Свыше 230 до 1000 включительно	он	47
В	От 30 до 230 включительно	3	40
	Свыше 230 до 1000 включительно	3	47

Квазипиковое значение напряженности поля радиопомех от оборудования электропитания на расстоянии R не должны превышать значений.

К классу «А» относятся средства связи, эксплуатируемые вне жилых домов и не подключаемые к электрическим сетям жилых домов.

К классу «В» относятся средства связи, эксплуатируемые в жилых домах или подключаемые к электрическим сетям жилых домов.

Оборудование класса «В» допускается применять в условиях, установленных для оборудования класса «А».

Установки электропитания постоянного и переменного тока, оборудование, входящее в их состав, и устройства ввода, защиты и коммутации должны обеспечивать среднее время наработки на отказ не менее 150000 ч. При этом среднее время восстановления оборудования должно быть не более 1 ч. Срок службы установок электропитания и их оборудования — не менее 20 лет.

В части безопасности оборудование электропитания средств связи должно удовлетворять следующим требованиям.

Изоляция электрических цепей относительно корпуса и цепей, электрически не связанных между собой, должна выдерживать в течение 1 мин следующее испытательное напряжение переменного тока с частотой 50 Гц:

для цепей переменного тока с номинальным напряжением 380 В, кВ:	
в нормальных климатических условиях.....	2,0
при повышенной влажности.....	1,5
при пониженном давлении.....	1,0

для цепей переменного тока с напряжением до 220 В, кВ:	
в нормальных климатических условиях.....	1,5
при пониженном давлении.....	0,5

для цепей постоянного тока с напряжением до 100 В, кВ, в нормальных климатических условиях.....	0,5
---	-----

Электрическое сопротивление изоляции цепей, МОм, должно составлять не менее:

в нормальных климатических условиях.....	20
при температуре + 40 °С.....	5
при влажности 95 % и температуре + 30 °С.....	1

Значение сопротивления между корпусом и каждой доступной прикосновению металлической нетоковедущей частью, которая может оказаться под напряжением, не должно превышать 0,10 Ом. Конструкция оборудования электропитания предусматривает наличие болта (винта) заземления [29].

Эквивалентный уровень акустических шумов, создаваемых оборудованием электропитания на расстоянии 1 м, не должен превышать 65 дБ для оборудования, устанавливаемого в одном помещении со средствами

связи, и 80 дБА для оборудования, устанавливаемого в отдельном помещении.

Материалы конструкции не должны оказывать опасного и вредного воздействия на организм человека и окружающую среду во всех заданных режимах работы, предусмотренных условиями эксплуатации. Кроме того, при аварийных ситуациях материалы конструкции не должны выделять в атмосферу токсичных веществ.

Конструкция оборудования должна предусматривать возможность подключения одного из следующих типов систем токоведущих проводников:

- ✓ к входным и выходным выводам переменного тока: однофазные трехпроводные, трехфазные четырехпроводные, трехфазные пятипроводные;
- ✓ к выходным выводам постоянного тока: двухпроводные.

Кроме того, конструкция должна:

- ✓ предусматривать заземляющий вывод или шину для подключения защитных проводников;
- ✓ быть ремонтнопригодной и обеспечивать доступность осмотра и подтяжки мест для крепления контактных соединений и составных частей;
- ✓ предусматривать возможность снятия и замены составных частей и элементов, вышедших из строя, без демонтажа других составных частей;
- ✓ обеспечивать доступность к элементам, подлежащим регулированию и настройке и к контрольно-измерительным приборам для их замены и поверки;
- ✓ обеспечивать возможность одностороннего обслуживания с лицевой панели с тем, чтобы иметь возможность установки оборудования необслуживаемыми сторонами вплотную друг к другу, а также к стенам помещения.

В устройстве электропитания должна быть предусмотрена местная и дистанционная сигнализация с выдачей сигналов о таких, например, режимах и состояниях его работы как:

- ✓ отсутствие внешнего электроснабжения;
- ✓ работа от собственной стационарной электростанции;
- ✓ повреждение собственной стационарной электростанции;
- ✓ повреждение любого модуля устройства электропитания (выпрямителя, инвертора, стабилизатора и т. д.);
- ✓ работа от аккумуляторной батареи;
- ✓ аварийное отключение аккумуляторной батареи в связи с недопустимым понижением напряжения на ней.

В составе оборудования установки рекомендуется предусматривать устройства непрерывного автоматического контроля показателей качества электрической энергии в сети 380/220 В. Используемое для этого оборудование должно обеспечивать:

- ✓ измерение, обработку и регистрацию показателей качества электрической энергии;

✓ хранение зарегистрированной информации в энергонезависимой памяти не менее 45 суток;

✓ возможность просмотра содержащейся в памяти информации на собственном дисплее оборудования, либо на внешнем устройстве.

Оборудование электроустановки должно быть рассчитано на включение в систему телеконтроля линии передачи сети связи. Кроме того, оно может быть рассчитано на включение в другие информационные системы.

Установки питания постоянного и переменного тока, оборудование, входящее в их состав, и устройства ввода, защиты и коммутации должны обеспечивать нормальную работу и сохранение параметров при воздействии климатических факторов, указанных в табл. 4.5.

Таблица 4.5.

Воздействующий фактор	При эксплуатации	При хранении	При транспортировании
Температура окружающего воздуха, °С	от +5 до +40	от +5 до +40	От —50 до +50 ²⁾
Относительная влажность воздуха при температуре, %, при +25 °С	80	80 ¹⁾	до 100
Атмосферное давление, мм рт. ст.	450... 800	450... 800	450... 800 ³⁾

- 1) Допускается кратковременное повышение влажности до 98 % при температуре не более +25 °С без конденсации влаги, но суммарно не более 1 месяца в год.
- 2) Отдельные блоки (устройства), не допускающие снижение температуры в указанных пределах, должны транспортироваться отдельно, при этом должна быть предусмотрена возможность их установки на месте эксплуатации.
- 3) При транспортировании допускается снижение атмосферного давления до 200 мм рт. ст. (соответствует высоте 10000 м) [27].

4.1.3 Выпрямители

Выпрямитель представляет собой прибор, преобразующий переменный электрический ток в постоянный. Как правило, корректировка тока осуществляется вентилем, ток которого проходит только в одном направлении.

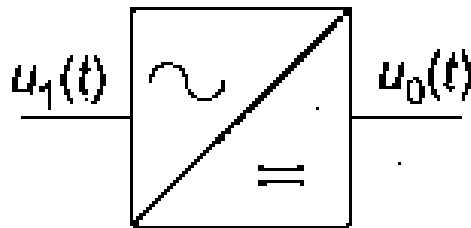


Рис 4.13. Условное обозначение выпрямительного устройства

В зависимости от типа применяемого вентиля различают вакуумный, газоразрядный, полупроводниковый и электроразрядный выпрямители. В зависимости от схемы выпрямления классифицируют однофазный и многофазный выпрямитель с одним и двумя полупериодами, мостовым и нулевым выводом. В электронной технике используются схемы двухпериодного однофазного мостового выпрямителя. Для питания радиоэлектронных приборов электрическим током необходимо преобразовать источник переменного тока в постоянный.

Принцип действия выпрямителя основан на обеспечении включения нагрузки в источник питания таким образом, чтобы ток шел в одном направлении. Под выпрямительным током понимается ток, идущий от положительного зажима к отрицательному зажиму при нагрузке выпрямителя. Выпрямленное напряжение и ток имеют переменную и постоянную комбинацию [9].

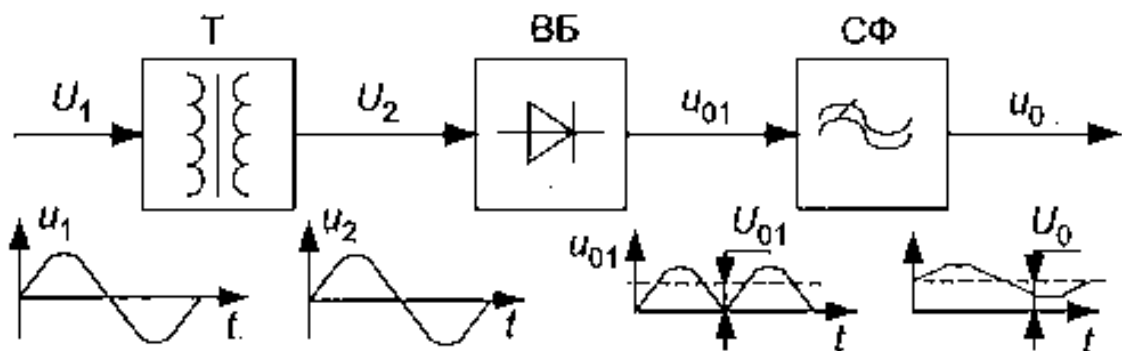


Рис. 4.14. Структурная схема выпрямителя с безтрансформаторным входом

Достоинством выпрямителей, выполненных по традиционной схеме, является их высокая надежность и простота обслуживания. К недостаткам подобных ВУ следует отнести их низкие удельные объемно-массовые показатели (менее 20 Вт/дм³) и относительно низкие энергетические показатели (КПД и коэффициент мощности).

В ВУ, выполненных по схеме с двойным преобразованием энергии (в отечественной литературе подобные ВУ называются выпрямителями с бестрансформаторным входом), отсутствует низкочастотный силовой трансформатор и напряжение источника энергии (сети переменного тока)

подается непосредственно на вентильный блок ВБ1, на выходе которого устанавливается либо сглаживающий фильтр СФ1, либо корректор коэффициента мощности. Далее напряжение постоянного тока высокого уровня подается на регулируемый инвертор РИ, преобразующий это. напряжение постоянного тока в переменное напряжение высокой частоты. Напряжение с выхода РИ подается на ВБ, на выходе которого устанавливается сглаживающий фильтр СФ. Гальваническая развязка источника энергии и выходных зажимов ВУ осуществляется с помощью силового высокочастотного трансформатора, входящего в состав РИ.

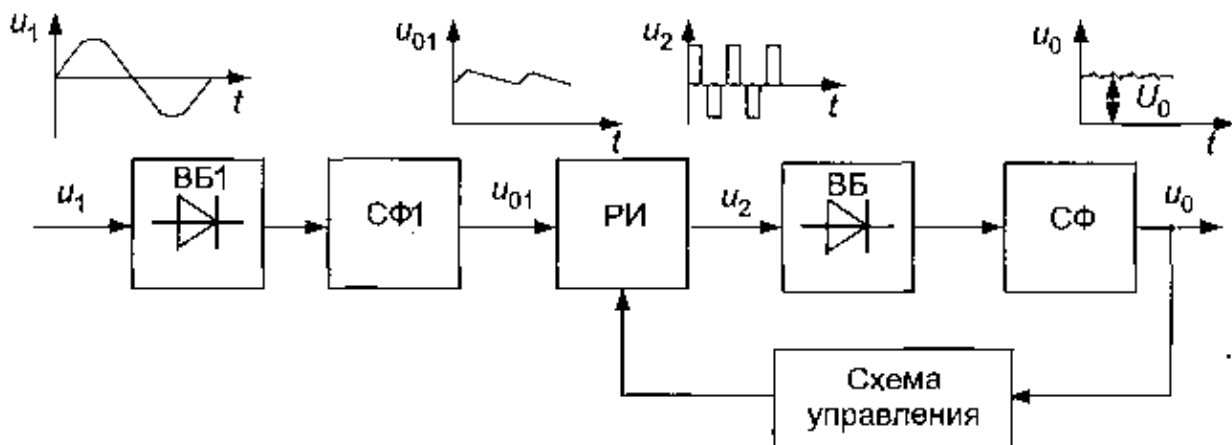


Рис. 4.15. Структурная схема выпрямителя с бестрансформаторным входом

Выпрямители с бестрансформаторным входом ВБВ, в отличие от выпрямителей, выполненных по традиционной схеме (низкочастотных выпрямителей), характеризуются прежде всего более высоким КПД (90...93 %), высокими удельными объемно-массовыми показателями (150...250 Вт/дм³) и низкой инерционностью системы регулирования (стабилизации) выходного напряжения. Благодаря своим преимуществам ВБВ находят все более широкое применение в системах электропитания-аппаратуры телекоммуникаций, вытесняя низкочастотные выпрямители.

Большинство радиоустройств, используемых ежедневно, работают на постоянном токе. Несмотря на то, что внешне они работают с переменным током, большинство из них преобразуют переменное напряжение в электрической системе (220В, 50Гц) в постоянный ток внутри устройства. Для питания электронных приборов требуется высокое качество постоянного напряжения [28].

Принцип работы выпрямителя обеспечивает подключение токоведущей нагрузки в одном направлении к источнику питания. Выпрямительным током называют ток, идущий от положительного зажима к отрицательному зажиму при нагрузке выпрямителя

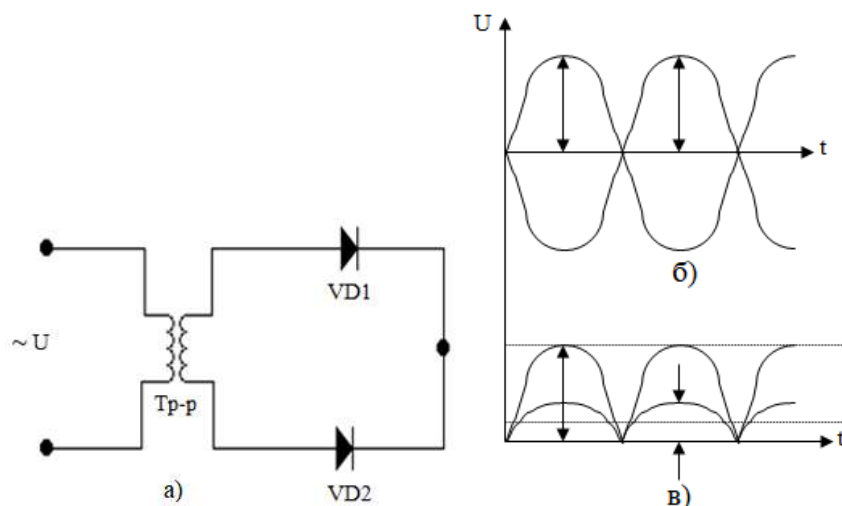


Рис. 4.16. Двухпериодный выпрямитель:

а-принципиальная электрическая схема; б-кривые изменения напряжения на вторичной обмотке трансформатора; в-кривые изменения тока и напряжения нагрузки

На рисунке показано, что переменное напряжение передается от трансформатора к диоду, диод представляет собой устройство, которое корректирует переменный ток в однополярный. Если Диод в основном проводит ток только в одном направлении, то на этом чертеже он проводит правую полуволну. Недостатком двухпериодной схемы является необходимость удвоения обмоток трансформатора, поэтому в производстве широко распространено применение схемы мостового (мостового) выпрямителя.

В общем случае выпрямитель имеет линейные трансформаторы, вентили и сглаживающие фильтры, а также элементы управления, защиты и сигнализации. Трансформатор предназначен в основном для определения напряжения сети и нагрузки, для преобразования числа фаз вторичной обмотки, а также для отключения нагрузки от переменного тока. Применение трансформатора снижает массогабаритные характеристики, КПД и коэффициент мощности выпрямителя, повышает их цену, индуктивность рассеяния, плохо влияет на работу вентилях. Фильтр выпрямителя уменьшает пульсацию выпрямляющего напряжения. При использовании в выпрямителе идеальных компонентов соотношение между постоянной и переменной комбинациями выпрямленного напряжения или тока зависит от количества импульсов выпрямленного тока, проходящих через каждую вторичную обмотку трансформатора в течение одного периода [9].

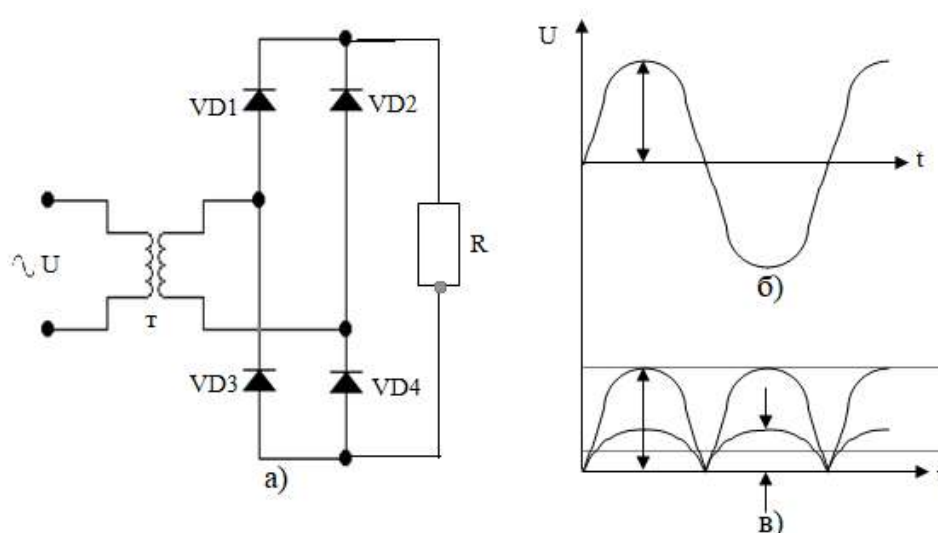


Рис. 4.17. Однофазный мостовой выпрямитель:
а-схема; б – изменение напряжения на вторичной обмотке; в-диаграмма отношения работы к времени

На однофазной схеме выпрямителя при положительном полупериоде входного напряжения диоды VD_1 и VD_4 открываются, и при нагрузке в цепи возникает импульс тока. Отрицательная знаковая волна напряжения вскрывает диоды VD_2 и VD_3 , в этот момент в нагрузке происходит импульс тока. В настоящее время в схеме выпрямителя используется набор из 4 диодов, образующих мостовую схему без отдельных диодов [10].

Трехфазные выпрямители имеют следующие схемы: трехфазная схема с нулевой точкой, трехфазная мостовая схема, трехфазная схема с уравнительным реактором.

Трехфазная схема с нулевой точкой. К сети трехфазного тока подключен Тр-трансформатор, в котором соединены три первичные обмотки звездочкой и треугольником, вторичная обмотка соединена только звездочкой (см. рис.4.18, а).

Переход тока от одного вентиля к другому (коммутационный ток) происходит при напряжении кривой фазы. (Точки а, б, в и г на рис.4.18, б). Выпрямленный ток I_d проходит через непрерывную нагрузку R_d . Напряжение на выходе выпрямителя равно мгновенному значению напряжения на вторичной обмотке в любой момент u_d , где вентиль открыт и выпрямленное напряжение указывает на вращение свободной синусоиды фазного напряжения. На рис. 4.18, г представлена фаза тока а, фаза тока в, и кривая перемещена друг на друга в пределах $2\pi/3$. Каждый заданный вентиль работает по схеме в пределах $1/3T$ один раз в один период. Следовательно, среднее значение тока в три раза меньше тока нагрузки через вентиль через вторичную обмотку однонаправленного трансформатора тока, проходящего через $I_a = 1/3I_d$, проходит ток в одном направлении и, следовательно, полностью компенсирует ток в первой обмотке. Измеренное значение изменяется по частоте, в зависимости от которой происходит пульсация анодного тока и замыкание по воздуху. Однофазное или вынужденное

намагничивание приводит к увеличению трансформатора тока намагничивания в предсердии, а также недопустимо к его насыщению из-за увеличения сечения предсердия[9].

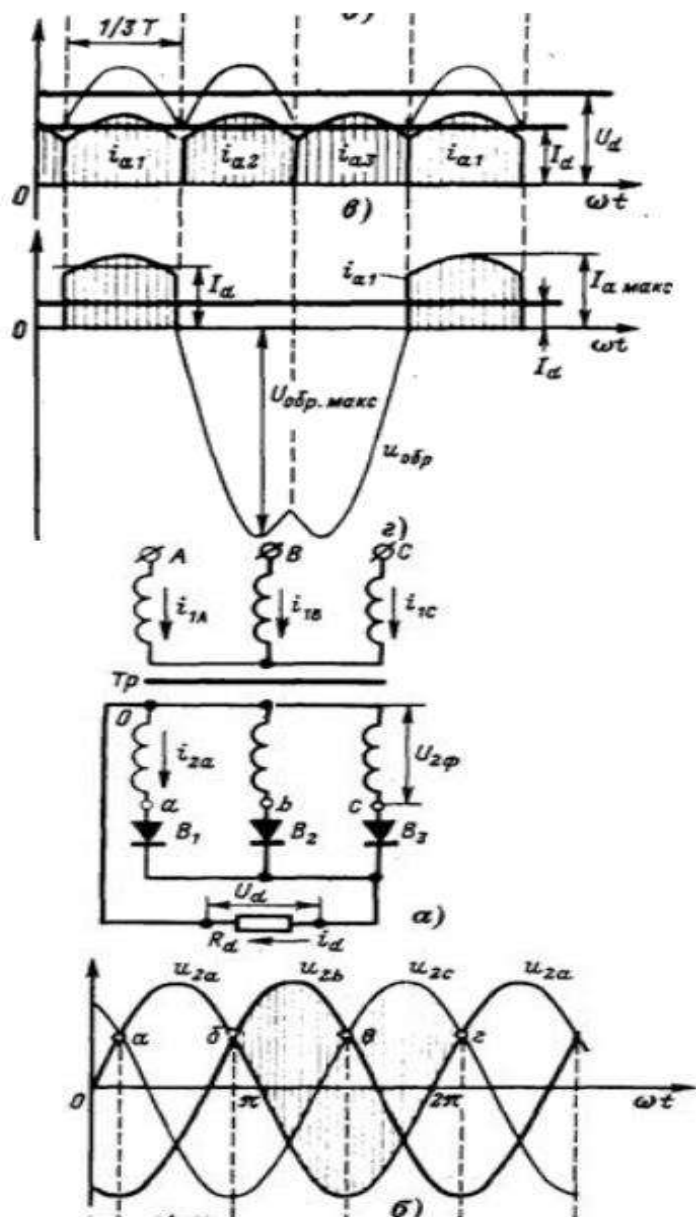


Рис. 4.18. Трехфазный выпрямитель с нулевой точкой
а-схема; б-г-диаграммы токов и напряжений в деталях (элементах).

Трехфазные выпрямители

Трехфазная Мостовая система (Схема Ларионова) состоит из выпрямителя, трансформатора на заданной схеме, соединена звездочкой и треугольником в первой и второй обмотках (см. рис.4.19, а). Они делятся на две группы:

1) катодные или токовые (вентили В1, В3, В5) т. е. электрически связанные катодные вентили и общий вывод для внутренней цепи с

положительным полюсом, а аноды подключаются к вторичному выходу трансформатора;

2) анодные и парные (вентили В2, В4, В6) т. е. вентиляные аноды соединены между собой, а катод присоединен к первой группе анодных [2].

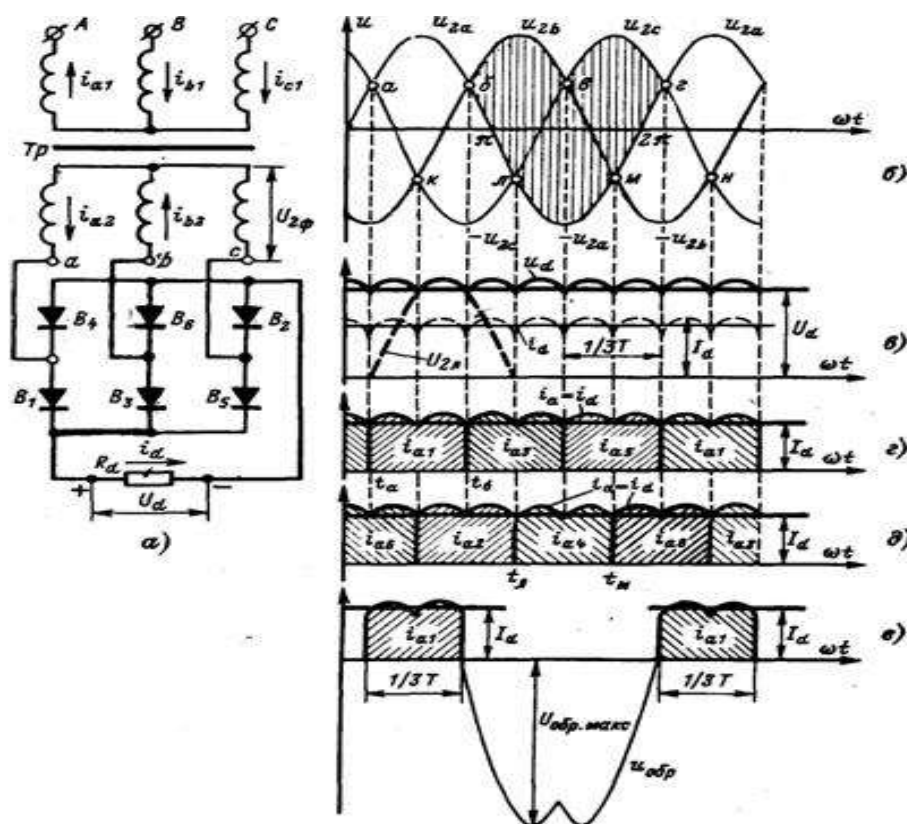


Рис. 4.19. Схема трехфазного мостика выпрямителя
а-соединение деталей; в – е - диаграмма тока и напряжения

Общая точка связь с анодом является отрицательным полюсом. Для внутренней цепи катодная группа на вентиле повторяет рабочий режим, на трехфазной нулевой схеме. Вентиль в этой группе через каждые три периода вентиль работает на максимальном потенциале. В анодной группе на части заданного периода работает тот же вентиль. Катод имеет отрицательный потенциал, в зависимости от общей анодной точки.

Вентиль в катодной группе открывается в момент пересечения синусоидальной правой части. Момент пересечения вентиляной синусоидальной отрицательной части в анодных группах (точка к, л, м и н). Каждый вентиль работает на первом из трех периодов.

В трехфазной мостовой схеме мгновенная коммутация тока проводит ток в двух вентилях при любом значении времени, один катодный, другой анодный, и любой вентиль однофазного работают последовательно с вентилями другой группы (см. рис.4.19, г).

Между рабочими интервалами в вторичной обмотке, расположенной на стержне магнитной системы, одновременно проходит ток, а также в двух первичных обмотках, расположенных на одном и том же стержне. Силы,

намагничивающие токи в каждом стержне, в этом случае уравниваются, и не возникает однонаправленного потока Φ_0 .

К свободному концу второй обмотки одной звездочки присоединяются аноды нечетной группы вентилях В1, В3, В5, а к концу обмотки другой звездочки присоединяется анод четной группы вентилях В2, В4, В6.

R_d подключается к центру реактора выпрямителя TR, который является положительным полюсом выпрямителя нагрузки, соединяясь с общей точкой катодов клапана и нулевыми точками звезды O_1 и O_2 . По фазе опережают друг друга на 60° .

Уравненный реактор сглаживает при небольшом значении напряжения в двух вторичных обмотках и ток намагничивания ушной раковины из закрытой стали при выполнении уравнительного реактора $I_d U = E_d$ Крита не более 1% от номинальной токовой нагрузки $I_d U$. В любой уакте на двух вторичных обмотках звездочки в одном уакте идут токи карама – противоположного направления, намагничивается ушная раковина трансформатора, описывается корректировка трехфазной нулевой схемы [5].

Управляемые тиристорные выпрямители и однофазные тиристорные выпрямители

Тиристор (от греч. thyra-дверь, вход и англ. thyra-препятствие))-полупроводниковый прибор, изготовленный на монокристаллической основе многослойного структурированного полупроводника; прибор типа р-п-р-п с тремя и более электронно-деформационными переходами. Тиристор обладает свойствами электрического вентиля. Обычно три выхода тиристора, два из которых (анод А и катод К) соединяются с периферийными областями монокристалла. Такой управляемый тиристор называется триодным тиристором или тринистором, а неуправляемый тиристор с двумя выходами называется диодным тиристором или динистором. Тиристоры выпускаются от нескольких мА до десятков (силовых тиристоров) кА и напряжением от нескольких В до 10 кВ, а иногда и выше. Возрастание в них прямого тока. 109 а/с, напряжение достигает 109 В/с; КПД составляет 99%. Тиристор отличается высокой надежностью, длительным сроком эксплуатации. В зависимости от принципа работы тиристоры подразделяются на замыкающие (включаемые по схеме электрода управления), быстродействующие, импульсные, симисторы, бинисторы и др. Тиристоры используются в преобразовательной технике, мощных генераторах импульсов, автоматических системах управления и т. д. применяется.

В электроприводе, системах возбуждения машин, химической промышленности, системах управления и регулирования, электрической тяге, передаче электроэнергии постоянным током на большие расстояния и т.д. возникает необходимость корректировки тока [4].

Изменение направления потока энергии требует изменения знака развиваемой выпрямительной мощности, что достигается путем изменения направления тока I_d или напряжения U_d . Но так как под действием сжатия в выпрямителе проводимость тиристора проходит в одном направлении,

выпрямленный ток не может изменить свое направление, поэтому изменение знака мощности можно осуществить только через среднее значение выпрямленного напряжения, которое при увеличении угла управления в управляемом выпрямителе $\alpha > 90^\circ$.

Рассмотрим переход от выпрямленного режима к инверторному. Например, управляемый преобразователь, серая база, собранная на полпериода, включается в качестве нагрузки. Аккумуляторная батарея имеет напряжение E_a , сопротивление R_d и катодный дроссель $L_d = \infty$. Игнорируем обмотку трансформатора под действием анодной индуктивности L_a .

Если переключатель $\alpha_1 < 90^\circ$ расположен выше, среднее значение напряжения $U_{dB} = U_0 \cos \alpha_1 = E_A$ работает с выпрямителем преобразователя. Здесь напряжение играет роль срабатывания ЭДС против E_A , поэтому в узле выпрямленного тока, показанном ниже на рис. 4.20 от оси абсцисс, Тип передачи начинается с переменного тока в узле стоянки, открывается тиристор $U_2 > 0$. При $\alpha_1 = 60^\circ$ напряжение превышает величину U_{dB} , ЭДС противоположна E_a . Если индуктивность $L_d = \infty$, тогда ток $i_d = I_d$ идет по цепи и в следующем интервале, $U_2 < 0$ в расчете ЭДС возникает индукция ЭДС e_L в индуктивности L_d (момент π -для $t_2 T$ и др.) [7].

Аккумуляторная батарея заряжается выпрямленным током, среднее значение определяем по формуле:

$$I_{dB} = \frac{U_{dB} - E_a}{R_d}. \quad (4.1)$$

Если угол растет медленно $\alpha > \alpha$ то напряжение падает, при U_{dB} и I_d токе $\alpha = 90^\circ$ среднее значение выпрямленного напряжения $U_{dB} = 0$ (см. рис. 4.20, г) ток преобразователя потребляет реактивную мощность от узла, постоянный выпрямленный сборочный ток равен 0.

Для перехода в инверторный режим необходимо изменить поле напряжения E_a , а батарейка (переключатель опускается ниже положения рис. 1.6) и одновременно увеличить угол управления до значения α , превышающего 90° .

Отсюда тиристоры открываются Т1 и Т2, и при обратном напряжении U_2 проходит ток и под действием напряжения U_{22} , E_a , через заданную нагрузку от аккумулятора, и вторичная обмотка трансформатора находится на аноде тиристора.

Если $\alpha_3 > 90^\circ$ среднее напряжение преобразователя обратное $U_{dH} = U_{a0} \cos \alpha_3 < 0$, если ЭДС меньше E_a , при прохождении через нагрузку ток идет в прежнем направлении, среднее значение определим по формуле:

$$I_{dH} = \frac{E_a - U_{dH}}{R_d}. \quad (4.2)$$

Аккумуляторная батарея работает с генератором. В узле в переменном токе преобразовательное напряжение играет роль ЭДС. Среднее значение имеет очень большое U_{dU} противоположного напряжения, при большой длине угол направлен к $\alpha 180^\circ$. Угол управления в инверторном режиме суточное название тиристорного преобразователя-опережение угла управления, начиная с момента естественного закрытия вентиля. ($\omega t = \pi$) обозначается буквой β , сумма чисел угла равна α и $\beta\pi(180^\circ)$, где $\beta = \pi - \alpha$.

Среднее напряжение инвертора отражение угла β :

$$U_{dH}(U_{d\beta}) = U_{d0} \cos(\pi - \beta) = -U_{d0} \cos \beta. \quad (4.3)$$

U_{d0} — напряжение инвертора, $\beta=0$, при котором напряжение выпрямителя равно $\alpha=0$.

Следует отметить, что тиристорный преобразователь (ТТ) работает в исправном режиме. При возможном угле $\alpha_{\min}=0$, при инверторном режиме угол β_{\min} всегда должен быть выше 0. После выключения тиристора потребуется определенное время для восстановления закрепленных свойств. В течение этого времени δ , составляет 1/100, продолжительность периода, если $\delta \approx (2-4^\circ)$, анодное напряжение тиристора должно быть противоположным.

Вновь поступающее напряжение равно разности напряжений двух соседних фаз в закрытом тиристоре. По кривой рис. 4.20, можно установить $\omega t - \delta$, при увеличении угла $\alpha > 90^\circ$ напряжение уменьшается в подключенном тиристоре. Для тиристора напряжение Т1 равно разности ординат напряжения U_{a-k} , в момент Т1 после закрытия $u_{21}-u_{22}$ преобразователь $\omega t 2$ при работе равен ординате против $\alpha 2 = 90^\circ$. $u_{\delta a}$ равна ординате под углом $\alpha 3 = 120^\circ - -u_{GB}$. Если уравнение угла $\alpha = 180^\circ$ (или $\beta = 0$), то это напряжение равно нулю и далее восстанавливается, оно является невыводимым.

Если замкнутый тиристор β_{\min} , он не восстановит свое контролирующее свойство во времени. В этот момент он возвращается к работе $\omega t = \pi$ и под действием суммы U_{21} и E_a с напряжением проходит ток. Это явление связано с тем, что на схеме происходит короткое замыкание или выброс инвентора, при котором тиристоры Т₁ и Т₂ будут работать в один момент.

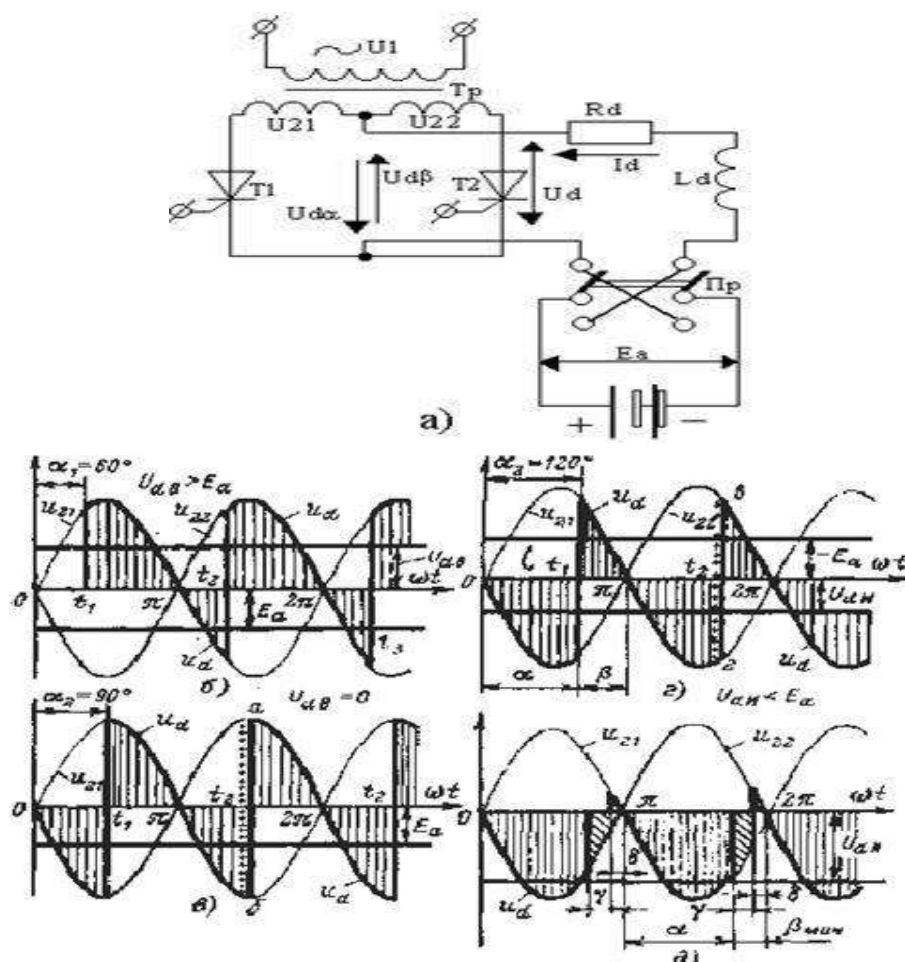


Рис. 4.20. Управляемый выпрямленный преобразователь и работа в инверторном режиме
а – схема; б-д – напряжение кривой под разным углом γ .

Если в анодной цепи тиристоры имеют индуктивность L_a , то следует учитывать процесс коммутации тока. При этом величина угла опережает, β должна преобладать, а γ не должна быть меньше величины угла δ , что влияет на полное восстановление тиристора в замкнутом состоянии. Следовательно, для нормального функционирования тиристорного преобразования в инверторе должно выполняться условие $\beta_{\min} \geq \gamma + \delta$ [5].

Управляемые трехфазные выпрямители

Основные элементы силовых преобразователей диоды, транзисторы и тиристоры, известные в электронике, работают в этих устройствах в ключевом режиме. Этот режим характеризуется наличием или отсутствием тока в полупроводниковых устройствах при подаче соответствующих сигналов (напряжений или токов) на его управляющие электроды.

С момента появления первых тиристоров технология их производства и конструкция всегда совершенствуются, при этом улучшаются их рабочие параметры. Самым большим достижением технологии производства запираемых тиристоров является создание тиристоров с интегральным управляющим блоком (драйвером), при этом мощность, необходимая для управления тиристором, увеличилась в 5 раз по сравнению с первой

моделью. В результате удалось увеличить скорость отключающего тока до 5кА/мкс.

Новые приборы производства IGCT (Integrated Gate-Commutated THYRISTOR - IGCT) способны работать с переключающими частотами от 500 Гц до 2 кГц, что позволяет использовать их в частотно-регуляторном электроприводе большой мощности с широкополосной модуляцией выходного напряжения (КИМ).

Основным производителем IGCT является фирма ABB. Параметры тиристора по напряжению: 4500В, 6000В, по току: 3000А, 4000А.

В развитии производства силовых транзисторов он не уступал, что привело к появлению новых классов приборов – изолированных затворных биполярных транзисторов (Insulated Gate Bipolar Transistor - IGBT).

Преимуществом IGBT является большая рабочая частота (10-20кГц), простота схемы управления и базовая комплектность по сравнению с фиксированным тиристором. Включение и выключение транзистора осуществляется без подачи и подачи положительного напряжения между затвором и истоком.

IGBT-транзисторы возникли в результате разработки технологии силовых транзисторов, в составе которых металлоокислородный полупроводник (MOSFET –Metal – Oxid – Seminductor – Field – Effect – Transistor), который управляется электрическим полем и включает в себя два транзистора в одном полупроводнике, биполярный (силовой каналообразующий) и полевой (управляющий каналообразующий). Соединение двух приборов в одном составе позволило объединить значения полевых и биполярных транзисторов: большое входное сопротивление с большим током нагрузки и меньшее сопротивление при отключении. При этом для транзисторов этого времени с рабочим напряжением 4500В и током 1800а прямое падение напряжения составит 1,0-1,5 В.

В зависимости от количества фаз питающей сети вся схема выпрямителей делится на однофазные, а в зависимости от схем соединения обмоток трансформаторов и вентилях – на мостовые и с нейтральной точкой. Многофазные выпрямители относят к отдельному классу (шесть, двенадцать и многофазные) [6].

По способу регулирования выходного напряжения все выпрямители называются управляемыми и неуправляемыми.

Управляемые выпрямители имеют в своем составе вентили, с помощью которых осуществляется регулирование выходного напряжения на нагрузке. Принцип управления основан на запаздывании момента открытия тиристора (угла α) относительно его естественной точки коммутации (момента синусоиды, проходящей через ноль).

Неуправляемые выпрямители содержат диоды и применяются при отсутствии необходимости регулирования.

Среди силовых устройств наибольшее распространение получили управляемые трехфазные выпрямители (см. рис.4.21).

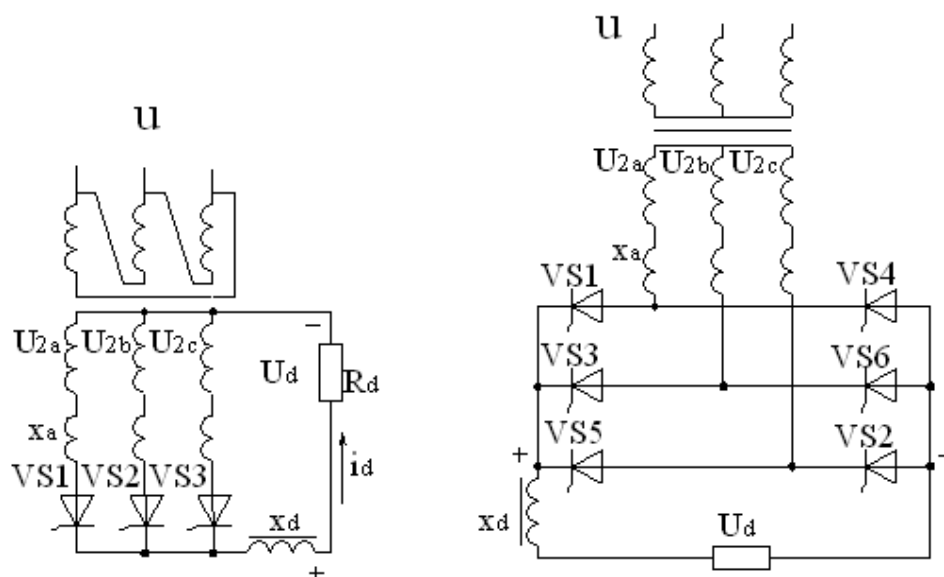


Рис. 4.21. Схемы трехфазных выпрямителей:
а) нулевая схема; б) мостовая схема.

Основными областями, в которых используются эти схемы, являются установки средней и большой мощности.

Зависящие от схемы коррекции:

- а) вид кривой выпрямленного напряжения (гармонический состав);
- б) тип кривой переменного тока, потребляемый от питающей сети;
- в) выходные (или нагрузочные) характеристики $U_d = f(I_d)$;
- г) характеристика регулятора, показывающая зависимость выпрямленного напряжения от угла регулирования $U_a = f(\alpha)$;
- д) коэффициент мощности выпрямителя χ ;
- е) коэффициент полезного действия η ;
- ж) коэффициент волнения, отражающий отношение амплитуды заданного гармонического состава выпрямленного напряжения (тока) к среднему значению выпрямленного напряжения $K_m = U_{nm}/U_d$.

Основные элементы, вентильные элементы и трансформаторы, требующие расчета параметров на корректирующих схемах. При расчете заданными являются выпрямленное напряжение U_d , ток I_d (или мощность P_d) и удельное значение переменного напряжения питающей сети U_1 .

Для выбора типа вентильного элемента необходимо указать максимальное значение тока $I_{в.м}$, идущее по нему в прямом направлении, которое обычно указывается I_d со средним значением выпрямленного тока, средним значения $I_{в.ор}$ и ударного $I_{в.}$, а также максимальные значения напряжения в вентиле, выражаемые U_2 удельным значением напряжения на вторичной обмотке трансформатора (для неуправляемых вентилей – обратный $U_{обр.м}$, для управляемых вентилей – обратный $U_{обр.м}$ и прямой $U_{обр.м}$).

При сравнении различных схем оценка эффективности вентилей на схеме производится через коэффициент использования по k_u и току k_i по

вентильному напряжению. Эти коэффициенты определяются отношением максимальных и удельных значений к средним.

$$k_u = U_{\text{кери,м}} / U_d; \quad k_i = I_{\text{с}} / I_d. \quad (4.4)$$

Параметры трансформаторов в основном определяются его полной расчетной мощностью и коэффициентом трансформации. Расчетную мощность можно представить как половину суммы полной мощности в первой и второй обмотках.

$$S_T = \frac{S_1 + S_2}{2} \quad (4.5)$$

Мощности S_1 и S_2 определяются по действующим значениям токов (I_1 и I_2) в первой и второй обмотках.

$$S_1 = U_1 I_1 \quad S_2 = U_2 I_2 \quad (4.6)$$

При сравнении корректирующих схем оценку эффективности использования трансформатора проводят с коэффициентом расчетной мощности трансформатора, который определяется следующим соотношением:

$$k_{\text{осир}} = \frac{S_T}{P'_{\alpha H}} \quad (4.7)$$

где $P'_{\alpha H}$ - выходная номинальная активная мощность выпрямителя.

$$P'_{\alpha H} = \frac{1}{T} \int_0^T U_{\alpha} i_{\alpha} dt \quad (1.8)$$

где T – период повторения выпрямленного волнения напряжения;

U_{α} и i_{α} – мгновенные значения выпрямленного напряжения и тока.

Для идеального сглаженного выпрямленного напряжения и тока значения $P_{\alpha H}$ и $P'_{\alpha H}$ в активной нагрузке совпадают, во всех остальных случаях $P'_{\alpha H} > P_{\alpha H}$.

Трехфазная схема выпрямителей по параметрам превосходит однофазную и применяется в установках средней, большой мощности. Трехфазные выпрямители равномерно нагружают сеть, а мостовая схема отличается повышенным коэффициентом использования трансформатора (рис.4.21) [5].

Рассмотрим работу мостового трехфазного выпрямителя.

Если в схеме трехфазного выпрямителя с нулевой точкой ток нагрузки возникает под действием фазного напряжения, то в мостовой схеме-под действием сетевого напряжения.

Для протекания тока нагрузки два тиристора анодной группы, один из которых, кроме катодной группы, должны находиться в проводящем состоянии. Из группы катодов только тиристор, анодное напряжение которого положительно полярно относительно нулевой точки трансформатора и имеет наибольшую величину по сравнению с другими вентилями, находится в открытом состоянии. Внутри вентилей анодных групп вентиль отрицательной полярности находится в открытом состоянии, где напряжение его катода является наибольшим за заданное время. Согласно схеме, порядок работы тириستоров следующий– 6.1; 1.2; 2.3; 3.4; 4.5; 5.6 и т.д. (см. рис. 4.22). Интервал прохождения каждого тиристора равен $2\pi/3$, а интервал срабатывания двух тиристоров равен $\pi/3$. за период питания происходит шестикратное переключение тиристоров. При питании от сети 50 Гц частота возбуждения выпрямленного напряжения составляет 300 Гц [6].

В трехфазной мостовой схеме чередуются символы тока в обмотках трансформатора, при этом его значения в положительном и отрицательном полупериодах равны. Это исключает намагничивание трансформатора, и это становится одной из самых важных ценностей данной схемы.

Среднее значение выпрямленного напряжения вычисляется по следующей формуле, когда интервал повторения для угла $\alpha = 0$ равен $\pi / 3$:

$$U_{\alpha} = \frac{3}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3}}^{\frac{2\pi}{3}} \sqrt{6} U_2 \sin \vartheta d\vartheta = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_2 = 2,34 U_2 \quad (4.9)$$

где U_2 – удельное значение фазного напряжения на вторичной обмотке трансформатора. При изменении угла α в интервале от 0 до $\pi/3$ выпрямленный ток при активной, а также активно-индуктивной нагрузке имеет непрерывную характеристику i_{α} . Поэтому среднее значение выпрямленного напряжения можно найти следующим образом.

Регуляторные характеристики трехфазной мостовой схемы приведены на рис. 1.8.

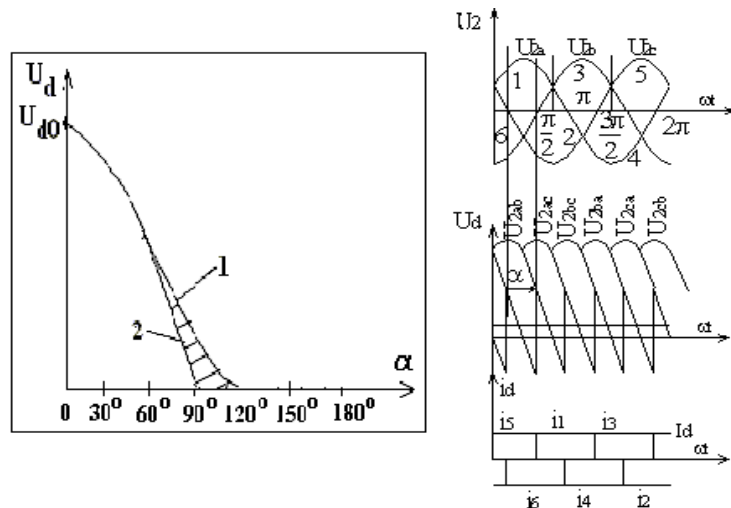


Рис. 4.22. Регуляторная характеристика трехфазного мостового выпрямителя и диаграммы напряжений и токов 1-активная нагрузка, 2- $x_d = \infty$

$$U_{\alpha} = \frac{3}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3} + \alpha}^{\frac{2\pi}{3} + \alpha} \sqrt{6} U_2 \sin \vartheta d\vartheta = \frac{3\sqrt{6}}{\pi} U_2 \cos \alpha = U_{\alpha 0} \cos \alpha \quad (4.10)$$

угол $\alpha = \pi / 3$ соответствует гранично-непрерывному режиму активной нагрузки. Угол $\alpha > \pi/3$ и при активной нагрузке начинается режим прерывистых токов. При этом на кривых выпрямленного напряжения и тока возникают нулевые разрывы. Среднее выпрямленное напряжение для данного режима работы

$$U_{\alpha} = \frac{3}{\pi} \int_{\frac{\pi}{3} + \alpha}^{\frac{2\pi}{3} + \alpha} \sqrt{6} U_2 \sin \vartheta d\vartheta = U_{\alpha 0} [1 + \cos(\pi/3 + \alpha)] \quad (4.11)$$

При активной индуктивной нагрузке и углу управления $\alpha > \pi/3$ из-за большой индуктивности сохраняется режим непрерывного тока в интервале до $\pi/2$ и среднее значение выпрямленного напряжения определяется по формуле (4.10) [7]

4.2 Структурные, функциональные и принципиальные схемы аппаратуры станции

4.2.1 Аппаратура станций проводного вещания в соответствии с правилами технической эксплуатации

Проводное вещание (ПВ) - вид электросвязи, обеспечивающий передачу программ звукового вещания по проводам (линиям проводного вещания).

Технические принципы и методы организации ПВ реализуются на базе узлов проводного вещания (радиотрансляционных узлов).

Узел проводного вещания – комплекс станционного и линейного оборудования, осуществляющего прием, усиление и передачу программ абонентам (слушателям). В состав узла проводного вещания входят станции и распределительные сети проводного вещания.

На станциях ПВ обеспечивается сигнал необходимой мощности для нормальной работы абонентских устройств (АУ). С этой целью на станциях ПВ устанавливают усилители, передатчики ПВ.

По способу питания распределительной сети различают узлы ПВ с централизованным и децентрализованным питанием.

На узлах ПВ с *централизованным питанием* сети (Рис. 4.23) станционное оборудование (усилители, передатчики) сосредоточено территориально в одном месте, на станции ПВ. К преимуществам такого способа питания сети относятся: простота обеспечения бесперебойным электроснабжением станции, возможность резервирования основного станционного оборудования и простота его эксплуатации; к недостаткам относятся: сложность сети, большая протяженность линий, меньшая эксплуатационная надежность сети в целом.

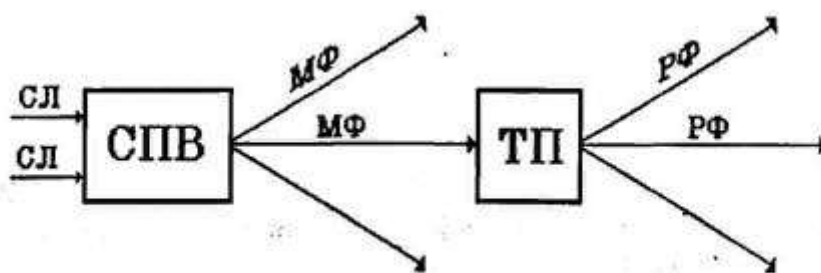


Рис. 4.23. Структурная схема узла ПВ с централизованным источником питания

При *децентрализованном питании* сети ПВ (Рис. 4.24) – станционное оборудование находится на центральной станции проводного вещания (ЦСПВ), опорно-усилительных станциях (ОУС) при трехзвенной распределительной сети или усилительных станциях (УС) при двухзвенной распределительной сети.

Программы звукового вещания от источников программ поступают на ЦСПВ. После предварительного усиления по соединительным линиям (СЛ) кабелей ГТС они распределяются на ОУС. По этим же СЛ с ЦСПВ осуществляется дистанционное управление и контроль за работой оборудования ОУС. На ОУС происходит основное усиление сигналов звукового вещания и распределение их по магистральным фидерам (МФ) на трансформаторные подстанции (ТП). Для повышения надежности ТП подключают через резервные МФ к соседним ОУС. При повреждении оборудования, например ОУС 2, ТП 2 будет получать питание от ОУС 1.

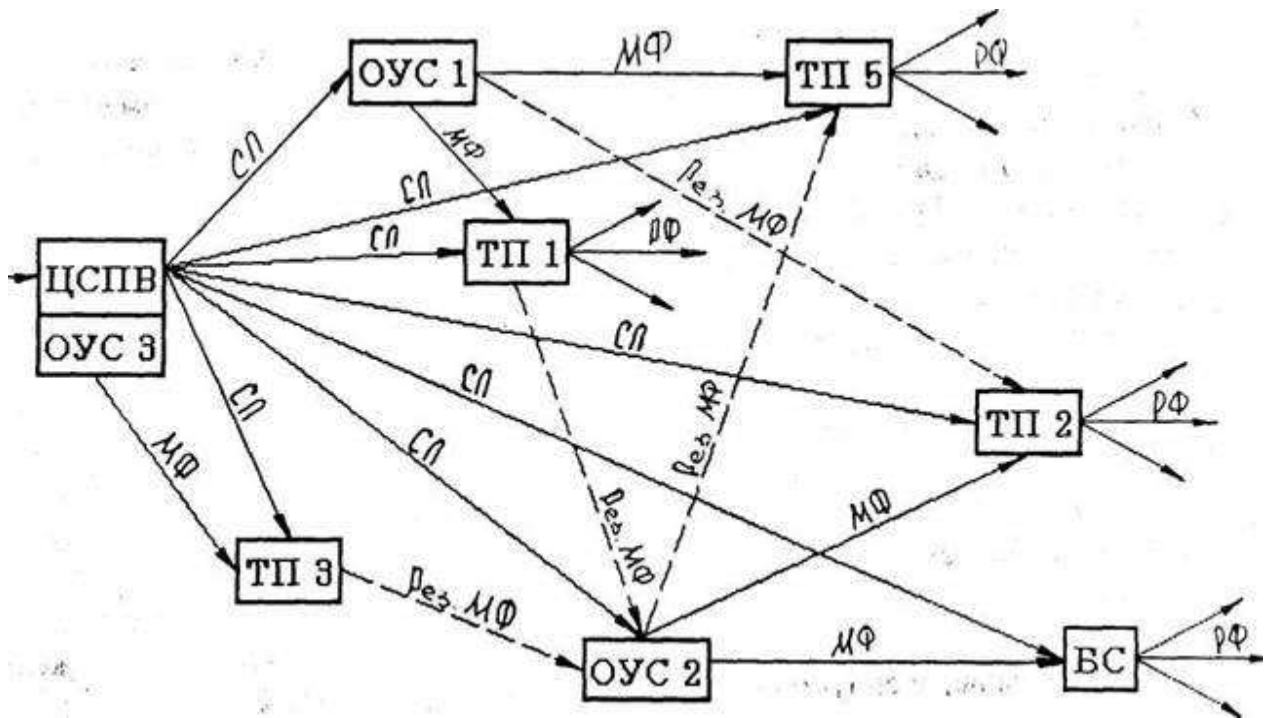


Рис. 4.24. Структурная схема узла ПВ с децентрализованным питанием сети

Центральная станция проводного вещания (ЦСПВ)-организуется на узлах ПВ с децентрализованным питанием распределительной сети в крупных городах. Функции ЦСПВ следующие:

1. получение программ звукового вещания от источников программ;
2. усиление уровней программ до необходимых для подачи на ОУС (УС);
3. выбор и распределение программ на ОУС (УС);
4. дистанционное управление и непрерывный контроль за работой ОУС (УС), ТП;
5. телеизмерения и автоматический контроль каналов ПВ.

Реализовать возложенные функции можно с помощью схемы, приведенной на рис. 4.25. При использовании аппаратуры из комплекса ТУ - ТС на ЦСПВ оборудуют два рабочих места дежурного персонала: рабочее место управления ОУС и рабочее место управления ТП.

Реализовать возложенные функции можно с помощью схемы, приведенной на рисунке 3. При использовании аппаратуры из комплекса ТУ - ТС на ЦСПВ оборудуют два рабочих места дежурного персонала: рабочее место управления ОУС и рабочее место управления ТП [29].

Обязательным оборудованием рабочего места управления ОУС является пульт управления усилительными станциями ПУУС. К ПУУС подключают источники программ, которыми могут быть: соединительные линии от КРА, ЦА, междугородных телефонных станций или

радиоприемных центров; радиоприемники или СЛ спецпрограмм. С помощью пульта осуществляется выбор и коммутация источников программ, контроль прохождения программ, телеуправление ОУС. Сформированные на ПУУС программы вещания поступают на блоки усилителей программ. В качестве усилителей программ применяют линейные трансляционные усилители. С 1982 г. выпускается стойка линейных трансляционных усилителей, имеющая 4 рабочих и 2 резервных транзисторных усилителя мощностью по 100 Вт каждый.

Выходы усилителей подключены к статавам выходной коммутации и контроля (ВКК). Стативы ВКК служат для подачи программ на ОУС, автоматического контроля коэффициента передачи тракта ЦСПВ - ОУС. Команды для телеуправления ОУС, сформированные на ПУУС, подаются на стативы телеуправления и телесигнализации командные ТУС - К. Число стативов ВКК и ТУС - К зависит от числа управляемых ОУС.

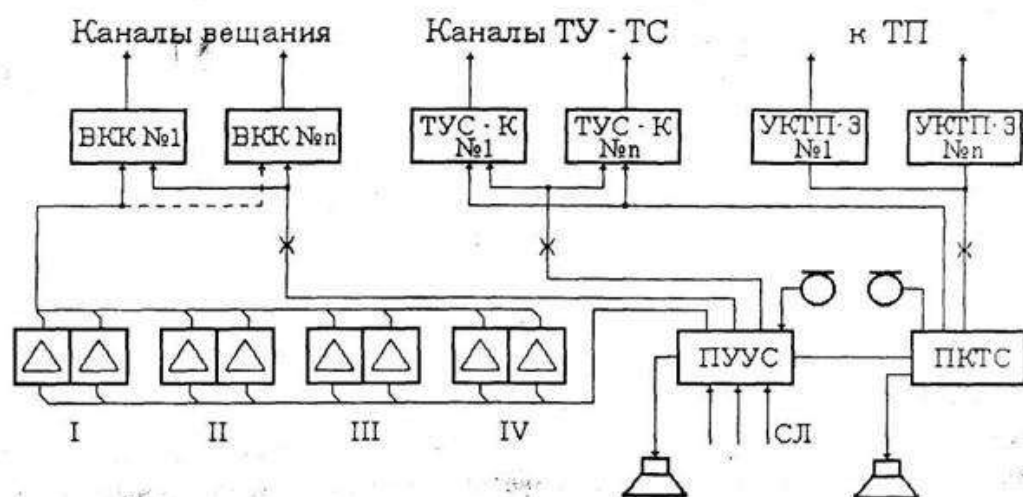


Рис. 4.25.

Рабочее место управления ТП состоит из пульта контроля и телефонной связи ПКТС и стативов управления и контроля трансформаторных подстанций УКТП - 3. Все органы контроля и управления сосредоточены на ПКТС. Дублировать операции контроля и телеуправления ТП можно с помощью пульта УКТП - 3. Для акустического контроля на ЦСПВ имеются громкоговорители[28].

Опорная усилительная станция (ОУС)- оборудуется при трехзвенной распределительной сети. Она предназначена для приема программ вещания, поступающих с ЦСПВ, их усиления и распределения по МФ на ТП. Структурная схема ОУС показана на рисунке 4. Программы звукового вещания подают на ОУС по четырем соединительным линиям, одна из которых резервная. При повреждении СЛ источником программ может служить радиоприемник, например «Ишим». Для усиления и преобразования сигналов звукового вещания на ОУС устанавливают усилители мощности

5,15 кВт, а также передатчики ТПВ мощностью 500 или 250Вт. Число и номинальная мощность усилителей ПВ определяется из условий обеспечения питания всех подключенных к данной ОУС рабочих МФ и-одного из резервных с наибольшей нагрузкой; градаций мощностей усилителей; включения усилителей на отдельные нагрузки; возможности аппаратуры выходной коммутации станции. Число усилителей на ОУС не должно превышать четырех. Передатчики ТПВ устанавливаются по одному на каждую дополнительную программу, резервирование передатчиков не применяется, мощность передатчиков определяется входным сопротивлением линии ПВ, а также градацией мощностей передатчиков. Мощность усилителей и передающих устройств распределяется с помощью стативов выходной коммутации. Телеуправление и телеконтроль аппаратуры ОУС производится по СЛ. В состав оборудования ОУС входит статив телеуправления и телесигнализации исполнительной ТУС — И.

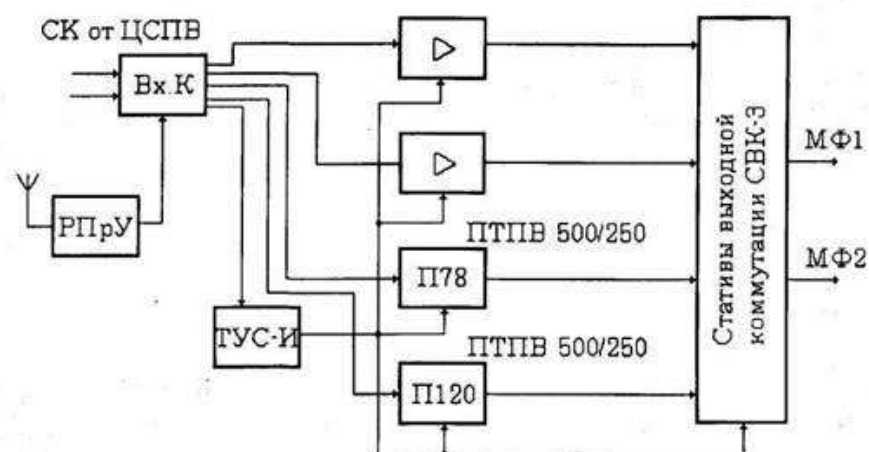


Рис. 4.26. Структурная схема ОУС

Трансформаторная подстанция (ТП)- предназначена для понижения напряжения, поступающего с МФ до 120 или 240 В и подачи сигналов звукового вещания в РФ. Структурная схема ТП приведена на рисунке 4.27. Основным оборудованием ТП являются статив трансформаторной подстанции (СТП) и СТР. К каждому СТП подводится два МФ. Контактные К1 и К2 обеспечивают подключение только одного из подведенных к ТП магистральных фидеров.

С выхода СТП напряжение сигналов звукового вещания поступает на вход СТР. К СТР можно подключить до 10 РФ. В нем имеются элементы защиты РФ.

Упрощенные трансформаторные подстанции с односторонним питанием и групповые приемники ТПВ к станциям узлов ПВ не относятся [26].

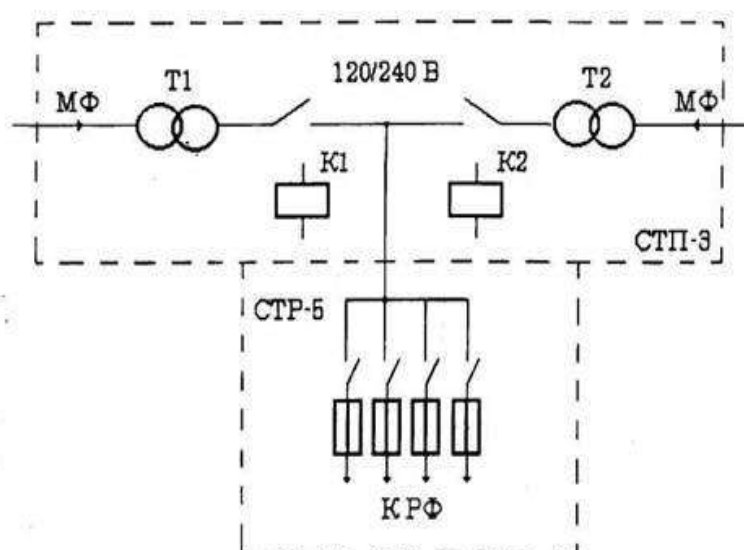


Рис. 4.27. Структурная схема ТП

4.2.2 Отыскание и устранение повреждений в каналах связи

Методика отыскания повреждений (неисправности) в каналах связи. Неисправности в каналах связи бывают нескольких видов. Наиболее часто встречаются повреждения элементов электрических схем аппаратуры связи: сопротивлений, конденсаторов, трансформаторов, катушек индуктивности и т. д. Например, пробой диэлектрика в конденсаторе, сгорание проводящего слоя в сопротивлениях, пробой диода или частичная потеря — уменьшение тока электронной эмиссии в лампе. Эти неисправности устраняются заменой поврежденных деталей.

Часто случаются нарушения режима работы узлов: усилителей, преобразователей и др., заключающиеся в том, что из-за изменения питающих напряжений или напряжения сигнала изменяются электрические характеристики узлов, что приводит к нарушению работы аппаратуры. Этот вид повреждений устраняется после нахождения неисправного узла соответствующей регулировкой.

Расстройка элементов, имеющих определенную частотную зависимость — фильтров, контуров и т. п., приводит к потере или к ухудшению электрических характеристик на определенных частотах. Для обнаружения расстройки следует снять частотную характеристику элемента и, если она не в норме, найти и устранить причину.

Особо сложно обнаруживаются и устраняются нарушения регулировки взаимосвязанных узлов. Например, разбалансировка дифференциальной системы вызывает взаимное влияние приемника и передатчика, т. е. самовозбуждение канала. Разбаланс преобразователей частоты может вызвать появление остатка несущей частоты на выходе преобразователя и повлечь за собой прекращение действия аппаратуры. Нарушение регулировки канала является одной из наиболее трудоемких по отысканию причин неисправности, так как в этом случае поэлементная проверка узлов

может не дать никаких результатов: при самовозбуждении телефонного канала все узлы бывают обычно исправны. Устранение таких повреждений рассматривается ниже.

К неисправности канала относят также повышение уровня шумов, так как этот вид нарушения действия канала может иметь внешние причины — появление селективной помехи от радиостанции или соседнего канала связи по линии электропередачи. Для устранения помехи следует прежде всего выявить ее характер. Высокочастотные каналы связи по линиям электропередачи являются сложным комплексом, включающим в себя аппаратуру обработки и присоединения, высокочастотную аппаратуру связи, коммутирующую аппаратуру и высоковольтную сеть с силовым оборудованием. Любое повреждение в одном из перечисленных элементов может явиться причиной ухудшения работы канала или выхода его из строя. Правильные действия эксплуатационного персонала по отысканию и устранению повреждений позволят значительно сократить время простоя канала и снизить затраты труда.[27].

О неисправности канала связи сообщают обычно абоненты данного канала, т. е. оперативный или эксплуатационный персонал, пользующийся связью. Вначале выясняется характер повреждения в самом общем виде: для телефонных каналов — проверкой работы с телефонного аппарата, для каналов телемеханики — опробованием устройств или опросом дежурного персонала.

Выяснив характер нарушения, необходимо приступить к определению поврежденного элемента канала, рассматривая канал состоящим из наиболее крупных элементов: высокочастотный тракт, аппаратура связи, коммутирующие устройства. Выяснив элемент, в котором находится неисправность, например аппаратура связи, расчленяют его в свою очередь на составные узлы, также сначала на крупные, а затем на более мелкие и т. д., до тех пор, пока не будет обнаружено повреждение.

Нахождение неисправности в высокочастотном тракте.

Признаками неисправности высокочастотного тракта являются; непрохождение вызова абонента и значительное ухудшение (или невозможность ведения) телефонного разговора, появление сильной помехи, нарушающей работу телефонной автоматики, каналов телемеханики и мешающей телефонному разговору, возникновение искажений телефонного разговора, самовозбуждение канала.

Эти признаки свидетельствуют о неисправности высокочастотного тракта только после того, как предварительная проверка аппаратуры связи показала ее исправность.

Причины первой неисправности лежат обычно в увеличении затухания тракта на рабочих частотах, в чем можно убедиться, сняв диаграмму уровней канала по высокой частоте.

Причины, вызвавшие увеличение затухания или помехи в канале связи, могут зависеть от состояния или неисправности высокочастотного кабеля,

фильтра присоединения, конденсатора связи или состояния линии электропередачи и ее аппаратов.

Для проверки кабеля проверяют его затухание. Ламповым вольтметром измеряют напряжение U_1 передатчика на несущей или контрольной частоте на нагрузке 100 ом при отключенном кабеле. Затем измеряют напряжение U_2 на противоположном конце кабеля, нагруженного на сопротивление 100 ом при отключении его от фильтра присоединения.

Затухание исправного кабеля не превышает 0,05— 0,3 неп.

Если затухание кабеля значительно больше паспортного, то кабель неисправен. Отыскание неисправности в кабеле осуществляется измерением величины изоляции жилы на корпус и прозвонкой жилы.

Возможные неисправности кабеля — обрыв жилы, нарушение изоляции и замыкание жилы на экран.

Для проверки затухания фильтра присоединения включается заземляющий нож, у проходного изолятора фильтра отсоединяется шина, идущая от конденсатора связи. Фильтр через конденсатор, равный по емкости конденсатору связи, нагружается на сопротивление R , эквивалентное входному сопротивлению линии электропередачи, обычно 400 ом.

Если затухание фильтра оказывается значительно больше паспортного значения — неисправность лежит в фильтре присоединения. Основные возможные причины неисправности фильтров присоединения: пробит разрядник или конденсатор настройки, межвитковое замыкание в катушке индуктивности фильтра, плохой контакт в соединении деталей. Если повреждение не удастся обнаружить при внешнем осмотре, следует демонтировать фильтр, в особенности в зимнее время, и его ремонт производить в помещении. После обнаружения и устранения повреждения снимается характеристика рабочего затухания и входного сопротивления, а также производятся электрические испытания. Все работы по проверке фильтра присоединения производятся по наряду в соответствии с правилами техники безопасности.

При исправности фильтра присоединения проверяется конденсатор связи. Полная проверка конденсатора связи может быть произведена только при отключении линии электропередачи, однако проверку исправности можно осуществить косвенными способами при включенной линии. При наличии высокочастотного миллиамперметра измеряют ток высокой частоты от передатчика, проходящий через конденсатор связи в линию электропередачи. Измерения тока проводят с обязательным соблюдением «Правил техники безопасности» [29].

Включают заземляющий нож 1, а измерительные концы от миллиамперметра, установленного на подставке возле опоры, подключают: один к шине, соединяющей нижнюю обкладку конденсатора связи 2 и отсоединенной от проходного изолятора, второй — к выводу проходного изолятора фильтра присоединения 3 (рис. 4.28). Измерительные провода

должны иметь надежные электрические и механические контакты с элементами фильтра и шиной.

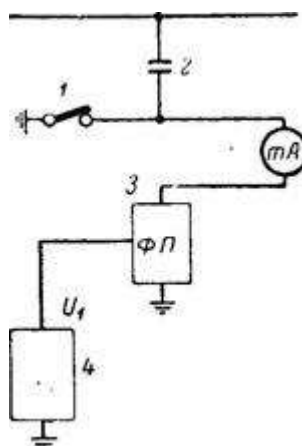


Рис. 4.28. Схема измерения тока через конденсатор связи.

С помощью изолирующей штанги отключают заземляющий нож и, не касаясь руками миллиамперметра, записывают его показания при напряжении U_1 передатчика 4. Если миллиамперметр многопредельный, то переключение пределов измерения производят только при заземленном ноже. Во время указанного измерения прибор показывает сумму токов промышленной частоты и сигнала. Величину тока промышленной частоты можно измерить, отключив высокочастотный кабель от фильтра присоединения или выключив передатчик. При исправном конденсаторе связи и напряжении передатчика $U_1=10-20$ в высокочастотный ток в линии примерно должен быть равен 0,1—0,2 а.

Исправность конденсатора связи свидетельствует, что повреждение находится на линии. Причиной значительного увеличения затухания тракта может явиться неисправность высокочастотного заградителя. Поскольку проверка характеристик заградителя также связана с длительным отключением линии электропередачи и с возможным прекращением подачи электроэнергии потребителям, необходимо твердо убедиться, что неисправность лежит именно в заградителе. С этой целью рекомендуется снять частотную характеристику вносимого затухания тракта на двух-трех рабочих частотах при двух положениях выключателей линии электропередачи:

1) линия отключена с обеих сторон, но не заземлена. В этом случае заградители никакого влияния на затухание тракта не оказывают;

2) при отключенных разъединителях заземляют используемую для связи фазу за заградителями со стороны шин подстанции и снова снимают характеристику затухания.

Если при этом затухание меняется незначительно (0,1—0,5 неп), то заградители исправны. Существенное увеличение затухания 1—2 неп свидетельствует о неисправности заградителя. Для нахождения неисправного заградителя следует отключить заземление на одном из концов

и еще раз снять характеристику затухания. Если затухание останется большим, как во втором случае, то неисправен заградитель на том конце, где осталось заземление, если при снятии заземления затухание станет нормальным, то неисправен заградитель на противоположном конце. Неисправный заградитель должен быть снят и пройти полную проверку.

Наиболее характерные неисправности заградителей: расстройка, вызванная повреждением конденсаторов элемента настройки или нарушением контакта в соединениях, повреждение разрядника и элемента настройки от волны перенапряжения, обрыв или межвитковое замыкание в дополнительной катушке индуктивности элемента настройки, межвитковое замыкание силовой катушки, вызываемое динамическими усилиями при перенапряжениях в линии или загрязнением различными химическими соединениями (обычно в промышленных районах).

Сама линия электропередачи, находящаяся под напряжением и нормально действующая, может вызвать резкое увеличение затухания при наличии инея или гололеда.

В этом случае действие канала связи может быть обеспечено лишь при наличии достаточного запаса по затуханию и помехозащищенности, что предусматривается при проектировании канала. Увеличение чувствительности приемника по высокой частоте можно рекомендовать лишь при разности сигнал-помеха не менее 2 неп. После прекращения гололеда регуляторы чувствительности необходимо вернуть в прежнее положение.

Изменения затухания как в сторону увеличения, так и в сторону уменьшения могут вносить коммутационные переключения на подстанциях, в особенности если линия, по которой проходит тракт, электрически короткая и ее затухание не превышает 0,8 неп. На затухание тракта могут влиять также изменения режима работы ответвлений или Если нарушение канала произошло при оперативных переключениях на линии электропередачи, то неисправность может быть вызвана повреждением заградителей. Необходимо снять частотные характеристики вносимого затухания тракта при различных режимах линии электропередачи и выявить неисправный заградитель.

Нахождение источников помех бывает иногда довольно трудно. При возникновении помехи, нарушающей действие канала, следует прежде всего убедиться, что источником помехи не является высокочастотная аппаратура. Для этого аппаратура на обоих концах канала отключается от кабеля и нагружается на сопротивление 100 ом. Если при разблокировке тракта приема нажатием соответствующих реле автоматики помеха в телефонной трубке не прослушивается (при включенном передатчике), то источником помехи является высокочастотный тракт. В аппаратуре системы ОБП, использующей в качестве несущей частоты второго демодулятора выделенную контрольную частоту, тракт приема работать не будет при отсутствии контрольной частоты с противоположного полуконтакта. Для

вышеуказанной проверки следует подать на вход приемника сигнал от измерительного генератора, по частоте равный контрольной частоте.

Выявив, что помеха возникает в высокочастотном тракте, определяют характер помехи: сплошной тон или свист, прослушиваемый в телефонную трубку, свидетельствует о селективной помехе, вызванной радиостанцией или влиянием соседнего высокочастотного канала. Прерывистый тон или свист характерен для помехи от импульсных устройств телемеханики или от работы радиопередатчика в телеграфном режиме (азбука Морзе).

При возникновении селективной помехи измеряют ее частоту и величину напряжения на выходе кабеля и за фильтром приемника. Если частота помехи от радиопередатчика лежит в рабочей полосе канала, необходимо выяснить в областном управлении связи рабочую частоту и местонахождение мешающей станции и, если частоты совпадают, перестроить канал на другие частоты.

Если частота помехи сдвинута относительно рабочей полосы канала, проверяется избирательность приемного фильтра аппаратуры. Если фильтр исправен, но его избирательность недостаточна, можно попытаться ослабить помеху подключением последовательно с входом приемника запирающего контура (фильтр-пробки), настроенного на несущую частоту мешающего радиопередатчика. Наиболее простым является контур, выполненный по схеме параллельного резонансного контура.

При обнаружении помехи от соседнего или параллельного высокочастотного канала связи по линии электропередачи необходимо, измерив частоту и напряжение помехи, определить, не изменилась ли частота генератора несущей мешающего канала и проверить режим передатчика и исправность линейного фильтра.

В комбинированной аппаратуре при подключении ее к линии помехи могут возникать за счет взаимного влияния каналов связи и телемеханики. При нагрузке на активное сопротивление, когда линейный и приемный фильтры согласованы с нагрузкой, влияние может отсутствовать.

Помехи за счет влияния обнаруживают поочередным отключением параллельных каналов комбинированной аппаратуры. Если при отключении каналов телемеханики помеха в телефонном канале отсутствует, то очевидно, что имеет место взаимное влияние каналов. Для устранения взаимного влияния необходимо определить место его возникновения, проверив прежде всего режимы групповых блоков, через которые проходят одновременно и телефонные сигналы и сигналы телемеханики: модуляторы, демодуляторы, групповые усилители. Если режимы групповых блоков находятся в норме, проверяются фильтры, разделяющие влияющие каналы.

Беспорядочные шорохи и трески или монотонный гул, прослушиваемые в телефонной трубке, являются признаками появления линейных распределенных помех, вызванных неисправностью линии электропередачи или электрооборудования, питающегося от данной линии.

Для того чтобы убедиться, что помеха вызвана неисправным высоковольтным электрооборудованием, необходимо отключить на короткое время линию электропередачи сначала со стороны тупиковой подстанции (для линий с односторонним питанием), а затем со стороны питающей подстанции. Если помеха пропадает лишь после второго отключения, то ее источник может находиться как на линии, так и на питающей подстанции. В этом случае вопрос о нахождении источника помехи решается осмотром оборудования на питающей подстанции и проверкой помех на других каналах связи, проходящих по линиям, питающимся от данной подстанции, при отключенной первой линии.

На линиях с двусторонним питанием поочередное их отключение сразу позволит установить местонахождение источника помехи: если помеха не пропадает при питании линии с одной стороны, то источник помех находится на линии. В случае пропадания помехи при питании линии от одной из подстанций и отключении от другой помеха возникает на отключенной подстанции.

В устранении помех с повышенным уровнем должен быть заинтересован не только персонал связи, но прежде всего персонал эксплуатирующий сети, так как такие помехи свидетельствуют о неисправности электрооборудования, что может привести к серьезной аварии. Если при осмотре оборудования подстанции не удалось обнаружить источник помехи, то необходимо послать линейный персонал на осмотр линии электропередачи. Значительную помощь при отыскании источника помех может оказать транзисторный приемник с ферритовой антенной.

Для удобства измерения к гнездам внешнего телефона, имеющимся в приемнике, нужно подключить вольтметр переменного тока, например, тестер ТТ-1.

При обнаружении источника помех немедленно должны быть приняты меры к исправлению повреждения или замене дефектного оборудования. Обычно источниками повышенных помех являются дефектные изоляторы в гирлянде, неплотные контакты в соединениях проводов, межвитковые замыкания в силовых трансформаторах и трансформаторах напряжения. Кратковременные импульсные помехи при коммутационных или грозовых перенапряжениях не сказываются обычно на телефонном разговоре, но могут привести к ложному действию телефонной автоматики и к нарушению работы каналов телемеханики. Поскольку устранить эти помехи невозможно, принимают меры к ослаблению их действия на приемник аппаратуры правильным выбором чувствительности и установления достаточного запаса по помехоустойчивости.

Искажение телефонного разговора и самовозбуждение канала могут быть вызваны изменением характеристики затухания высокочастотного тракта при коммутационных переключениях. В этих случаях следует снять характеристики остаточного затухания в тех режимах работы линии электропередачи, при которых наблюдаются искажения или генерация

канала. Если характеристики остаточного затухания не в норме, нужно отрегулировать их таким образом, чтобы во всех режимах остаточное затухание не уменьшалось ниже 0,6 неп для любых частот телефонного канала. При этом допускается увеличение остаточного затухания па частоте 800 гц до 1,2—1,5 неп[27].

Неисправности на путях передачи и приема оборудования связи.

Отсутствие сигнала готовности при взятии абонентом телефонной трубки, отказ звонка в одном или обоих направлениях, отсутствие слышимости или плохая речевая способность (звонок проходит), неисправность устройств телемеханики при нормальной работе телефонного канала на смешанном оборудовании - наиболее характерные признаки нарушения работы оборудования высокочастотной связи. В тех случаях, когда звонок не проходит одновременно с неисправностью телефонного канала, а также когда канал движется сам по себе, причиной неисправности может быть высокочастотный тракт, поэтому сначала необходимо проверить оснащение и исправность высокочастотного тракта путем измерения входных уровней сигнала с момента частичной установки напряжения.

При отсутствии готового сигнала, только в присутствии начальства и речевого состояния проверяется наличие микрофонного удара на молекулярных устройствах. Если нет характерного шипения во время обдува, проверьте работоспособность телефона (может быть перебой в проводе), затем абонентский цикл. При подключении вольтметра к постоянному току, отключенному от телефонного коммутатора или проводов абонентского цикла, необходимо указать оборудование, автоматизирующее напряжение 24 - 60В, а при подключении к миллиамперметровому шлейфу через текущий релейный абонент пройти примерно 20-40 м А. Если на проводах абонентской петли нет тока (трубка снимается с рычага) и есть напряжение, нужно подключить телефонную установку непосредственно к абонентским клеммам частичной установки. Появление готового сигнала при взятии телефонной ручки говорит о неисправности абонентского цикла, которую можно легко обнаружить, набрав цикл с помощью омметра. Эта проверка может быть выполнена телефоном с микрофоном и телефоном с последовательным подключением.

Оборудование проверяется при отсутствии и продувке готового сигнала, проверяется на клеммах полуустановки, а также при отсутствии готового сигнала при проверке автоматики с аппаратуры механика или домофона полуустановки. Проверьте расположение абонентского реле. Если ресивер выключен, реле не работает или ресивер втянут во время затяжки якоря (абонентский цикл отключен), то неисправности в цепях питания абонентского реле - разомкнутая цепь или короткий к корпусу.

Отсутствие готовности также может быть вызвано блокировкой автоматики в ложной цепи или от помех, поступающих от сигнала или сети. В первом случае повреждение устраняется путем кратковременного отключения оборудования от сети и выяснения причины сигнала помехи.

На некоторых типах оборудования, например ARS-64, сигнал готовности к абоненту контролируемого полукompлекта поступает с противоположной стороны, т. е. с диспетчерской полуустановки при приходе последней контрольной частоты на входе. В этом случае вред, который может быть в любом элементе канала, определяется путем разборки канала на элементы компонентов и определения их пригодности к работе. Отсутствие сигнала готовности при взятии абонентом телефонной трубки, отказ звонка в одном или обоих направлениях, отсутствие слышимости или плохая речевая способность (звонок проходит), неисправность устройств телемеханики при нормальной работе телефонного канала на смешанном оборудовании - наиболее характерные признаки нарушения работы оборудования высокочастотной связи. В тех случаях, когда звонок не проходит одновременно с неисправностью телефонного канала, а также когда канал движется сам по себе, причиной неисправности может быть высокочастотный тракт, поэтому сначала необходимо проверить оснащение и исправность высокочастотного тракта путем измерения входных уровней сигнала с момента частичной установки напряжения.

При отсутствии готового сигнала, только в присутствии начальства и речевого состояния проверяется наличие микрофонного удара на молекулярных устройствах. Если нет характерного шипения во время обдува, проверьте работоспособность телефона (может быть перебой в проводе), затем абонентский цикл. При подключении вольтметра к постоянному току, отключенному от телефонного коммутатора или проводов абонентского цикла, необходимо указать оборудование, автоматизирующее напряжение 24 - 60В, а при подключении к миллиамперметровому шлейфу через текущий релейный абонент пройти примерно 20-40 мА. Если на проводах абонентской петли нет тока (трубка снимается с рычага) и есть напряжение, нужно подключить телефонную установку непосредственно к абонентским клеммам частичной установки. Появление готового сигнала при взятии телефонной ручки говорит о неисправности абонентского цикла, которую можно легко обнаружить, набрав цикл с помощью омметра. Эта проверка может быть выполнена телефоном с микрофоном и телефоном с последовательным подключением.

Оборудование проверяется при отсутствии и продувке готового сигнала, проверяется на клеммах полуустановки, а также при отсутствии готового сигнала при проверке автоматики с аппаратуры механика или домофона полуустановки. Проверьте расположение абонентского реле. Если ресивер выключен, реле не работает или ресивер втянут во время затяжки якоря (абонентский цикл отключен), то неисправности в цепях питания абонентского реле - разомкнутая цепь или короткий к корпусу.

Отсутствие готовности также может быть вызвано блокировкой автоматики в ложной цепи или от помех, поступающих от сигнала или сети. В первом случае повреждение устраняется путем кратковременного отключения оборудования от сети и выяснения причины сигнала помехи.

На некоторых типах оборудования, например ARS-64, сигнал готовности к абоненту контролируемого полукомплекта поступает с противоположной стороны, т. е. с диспетчерской полуустановки при приходе последней контрольной частоты на входе. В этом случае вред, который может быть в любом элементе канала, определяется путем разборки канала на элементы компонентов и определения их пригодности к работе.

Непроходимости вызова абонента. При снятии микрофонной трубки сигнал готовности имеется, однако после набора номера нет сигнала прохождения вызова и ответа от абонента противоположного полукомплекта. Определение неисправности в этом случае начинается с проверки своего полукомплекта. При снятии микрофонной трубки в линию должна быть послана вызывная частота, а для системы вызова по несущей (контрольной)—несущая частота. Во время работы номеронабирателя вызывная частота должна прерываться (манипулироваться), что проверяется с помощью осциллографа или лампового вольтметра, подключен, подключенных к выходу аппаратуры, отключенной от линии и нагруженной на сопротивление 100 ом.

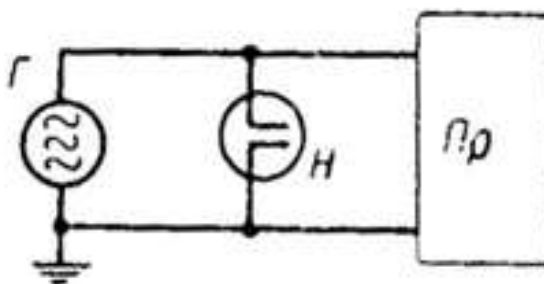


Рис. 4.29. Схема проверки импульсных реле приема

Отсутствие вызывной частоты или ее манипуляции свидетельствуют о загрязнении контактов или нарушении регулировки импульсных реле (обычно абонентского реле). После проверки исправности тракта передачи определяют исправность приемного тракта. Если не удастся связаться с противоположным пунктом по резервному каналу или персонал связи там отсутствует, следует проверить работу своей автоматики при входящем соединении, послав путем ручной манипуляции вызов на аппарат механика или на звонок переговорно-вызывного устройства аппаратуры. Последовательность операций при входящем соединении приводится в описании действия автоматики, имеющемся в заводской документации поста [29].

При неисправности цепей автоматики проверяют приемник вызова путем подачи на вход полукомплекта вызывной частоты от измерительного генератора. Величина напряжения вызывного сигнала должна соответствовать диаграмме уровней. Проверку работы импульсного реле приема можно сделать по схеме рис. 4.29, шунтируя вызывную частоту от измерительного генератора замыкающим контактом номеронабирателя Н.

Если на противоположном конце имеется работник связи, то он должен последовательно выполнить те же операции по проверке автоматики своего полукompлекта, отключив его от линии и нагрузив на сопротивление 100 ом.

В случае исправности передающего вызывного тракта нужно проверить тракт приема от вызывного сигнала противоположного полукompлекта. Для этого нужно установить с ним телефонную связь по каналу Министерства связи или по служебному резервному каналу. Совместная проверка осуществляется согласованно вначале в одну сторону, а затем в другую. При наборе номера на передающем конце проверяется работа реле автоматики на приемном полукompлекте. При отсутствии на противоположном конце обслуживающего персонала связи необходимо убедиться в исправности элементов присоединения на открытой части подстанции и лишь после проверки выехать в пункт установки другого полукompлекта. На контролируемых подстанциях с постоянным дежурством или дежурством на дому дежурный персонал должен иметь инструкцию по выявлению и устранению простейших повреждений: замену перегоревшего предохранителя, пропадание напряжения питания, обрыв шнура микрофонной трубки и т. д. При периодическом непрохождении вызова (частые сбои) и исправном телефонном канале вначале проверяют каналы вызова, а затем работу автоматики. В этих случаях для выявления неустойчиво работающего элемента рекомендуется отключить стабилизатор напряжения и снижать ступенями по 5% напряжение питания на аппаратуре (поочередно на каждой стойке) до тех пор, пока не начнутся сбои автоматики. Установив причину непрохождения вызова вначале в одну, а затем в другую сторону, можно определить неисправный или неустойчиво работающий элемент [19].

Отсутствие слышимости при нормальной работе системы вызова может быть вызвано неисправностями узлов низкой частоты передатчика и приемника. Если слышимость отсутствует в обоих направлениях передачи, то вероятнее всего, что повреждение находится в двухпроводных цепях автоматики от дифференциальной системы до абонентских зажимов. Возможно повреждение контактов реле, включенных в разговорный тракт последовательно. Исправность передатчика аппаратуры наиболее просто можно проверить, подключив к его выходу осциллограф. При продувании микрофона при системе АМ ДБП на экране осциллографа должна быть видна модуляция, а при системе ОБП — боковые частоты. Если модуляция или боковые частоты не возникают, то передатчик неисправен. Для его проверки на абонентские зажимы или вход дифференциальной системы подают сигнал от звукового генератора с частотой 800 гц уровнем 0 неп и проверяют диаграмму напряжений в контрольных точках. Отсутствие сигнала на выходе блока или резкое уменьшение его величины по сравнению с паспортными данными при нормальном значении входного напряжения свидетельствует о неисправности этого блока.

Проверку приемника удобнее всего производить от передатчика противоположного полукомплекта, с которого подается в линию вначале контрольная частота, а затем дополнительно сигнал боковой частоты (800 гц, 0 нп).

На приемной стороне разблокируется тракт приема и с помощью указателя уровня или лампового вольтметра снимается диаграмма уровней соответственно по контрольной частоте и по сигналу. Диаграмма уровней по сигналу снимается только в разговорном тракте. Полученная диаграмма уровней сличается с паспортной и выявляется поврежденный блок.

В некоторых случаях возникают затруднения при измерении малых уровней сигнала, в особенности, когда аппаратура установлена на подстанциях, где имеются большие электромагнитные поля, вызывающие наводки токов промышленной частоты и ее гармоник на измерительные схемы. В таких случаях проверку трактов целесообразно осуществлять поблочно, подавая на вход каждого блока сигнал соответствующей частоты от измерительного генератора и измеряя выходное напряжение в точках, где уровни сигнала достаточно велики. При неисправности блока напряжение на его выходе отсутствует или значительно меньше нормального, указанного в паспорте. Входное напряжение сигнала от генератора следует также устанавливать равными паспортному значению.

Искажения телефонного разговора могут происходить по ряду причин: самовозбуждение канала, расхождение частот, неправильная регулировка ограничителя амплитуды, нарушение режима усилительных каскадов и преобразователей частоты, расстройка фильтров. При возникновении искажения необходимо поочередно выключить одно из направлений передачи. Если в каждом направлении при выключенном противоположном направлении телефонный разговор проходит нормально, искажения вызываются самовозбуждением канала, называемым иногда зуммированием. Самовозбуждение может иметь место из-за малой величины остаточного затухания канала в одном или в обоих направлениях передачи или разбалансировки дифференциальной системы. При неудовлетворительной частотной характеристике остаточного затухания самовозбуждение может происходить на тех частотах, на которых остаточное затухание значительно меньше остаточного затухания на частоте 800 гц. Причинами уменьшения остаточного затухания могут быть неисправности АРУ, нарушения соотношения напряжений сигнала и контрольной частоты из-за изменения положения рукояток регуляторов усиления вследствие вибрации или от случайных прикосновений.

Для устранения самовозбуждения, вызванного уменьшением остаточного затухания канала, следует вначале устранить причину, вызвавшую это изменение, и лишь потом вновь отрегулировать остаточное затухание.

Если при выключении обратного направления передачи искажения остаются, то причиной их может быть расхождение частот генераторов

несущих двух полукомплектов. В тех типах аппаратуры связи, где в качестве несущей второго демодулятора используется выделенная приемником контрольная частота (АРС-64, МК-60), при значительном расхождении частот происходит уменьшение уровня несущей в диагонали второго демодулятора при одновременном увеличении уровня сигнала на его входе. Указанное явление может явиться причиной появления искажений. Обнаружить расхождение частот можно, измерив контрольную частоту после фильтра, выделяющего ее из общего телефонного тракта. В аппаратуре АРС-64 и МК-60 контрольная частота должна равняться 9,0 кгц. При отсутствии генератора с достаточной точностью установки частоты определяется расстройка контрольной частоты относительно средней частоты полосы пропускания фильтра выделения. Допускается расстройка не свыше 0,1%.

Искажения телефонного канала только в одном направлении передачи вызываются обычно нарушением режима какого-либо блока передатчика или приемника этого направления. Для проверки передатчика посредством осциллографа снимают амплитудную модуляционную характеристику. Если амплитудная характеристика в норме и форма модулированного сигнала (или сигнала боковой) правильная, переходят к проверке приемника, проверяя диаграмму уровней и одновременно определяя форму сигнала с помощью осциллографа.

Одной из причин, которая может вызывать искажения сигнала в передатчике, является самовозбуждение или паразитная генерация усилителей. Генерировать могут как отдельные усилительные каскады, так и весь усилитель в целом. Самовозбуждение может охватывать и несколько блоков. При самовозбуждении выходного усилителя на линейных выводах аппаратуры видны колебания, которые не исчезают при отсутствии сигналов на входе передатчика. Однако при самовозбуждении промежуточного усилителя паразитные колебания могут быть не пропущены полосовым фильтром и отсутствовать на выходе передатчика. В этом случае неисправность обнаруживают при снятии амплитудной характеристики передатчика, которая будет нелинейна. Генерирующий усилитель выявляют с помощью осциллографа, подключаемого к различным участкам тракта. Наличие сигнала на выходе усилителя при отсутствии сигнала на входе свидетельствует о самовозбуждении данного каскада.

Методика устранения самовозбуждений в усилителях описана ниже. Искажения в передатчике могут возникнуть и по другим причинам: неправильный выбор напряжения смещения на сетках ламп модуляторного каскада (при модуляции несущая изменяется в одну сторону).

При неправильной регулировке ограничителя амплитуды в мощном усилителе во время телефонного разговора может подавляться контрольная частота, что воспринимается в телефоне на противоположном полукомплекте в виде резкого щелчка. Этот вид неисправности выявляется при снятии амплитудной характеристики передатчика с включенным ограничителем.

Искажения в приемнике могут быть вызваны теми же неисправностями, что и в передатчике. Для обнаружения неисправности на вход приемника (АМ ДБП) подают модулированную частоту от измерительного генератора, равную рабочей частоте приема. Напряжение устанавливают равным чувствительности и снимают диаграмму уровней, одновременно проверяя форму сигнала на экране осциллографа. Если искажения сигнала не удастся обнаружить, увеличивают напряжение сигнала в 10-20 раз и снова проверяют тракт приема с помощью осциллографа и измеряют диаграмму уровней. Если обнаружится ограничение сигнала в каком-либо каскаде, то неисправна система АРУ. Для проверки АРУ нужно отсоединить цепь подачи постоянного смещения на регулируемый элемент и проверить его (термисторы, диоды, лампы с переменной крутизной). При исправности регулируемого элемента нужно снять амплитудную характеристику тракта усиления системы АРУ. Для этого ступенями изменяют входное напряжение сигнала и измеряют постоянное напряжение на выходе усилителя постоянного тока, нагруженного на активное сопротивление, равное сопротивлению регулируемого элемента в исходном состоянии (при отсутствии на нем смещения). Амплитудная характеристика должна быть линейной в пределах измерения уровня сигнала, соответствующего рабочей области АРУ. При неисправности в тракте АРУ характерен загиб амплитудной характеристики.

Проверка исправности делителей АРУ на диодах или лампах с переменной крутизной осуществляется подачей на них постоянного напряжения прямой и обратной полярности от постороннего источника и измерения затухания сигнала между входом и выходом делителя. В зависимости от полярности приложенного напряжения затухание (усиление) должно резко изменяться.

Причиной искажения телефонного разговора может также явиться неисправный телефонный аппарат. Поэтому, как и в случае определения причины непрохождения вызова, следует проверить работу канала с другого, заведомо исправного телефонного аппарата.

Повреждения в усилительных каскадах.

Наиболее частым повреждением в усилительных каскадах является непрохождение сигнала, т. е. отсутствие сигнала на выходе каскада при наличии сигнала на входе.

Для того чтобы исключить ошибку в оценке неисправности данного каскада, необходимо отключить выход усилителя от тракта и нагрузить на активное сопротивление. Величина этого сопротивления должна быть равна входному сопротивлению следующего за данным указателем каскада. На вход усилителя подается сигнал рабочей частоты от измерительного генератора с нормальным (по паспорту) уровнем. При проверке усилителя, рассчитанного на полосу частот, устанавливается средняя частота полосы. В том случае, когда сигнал на выходе отсутствует или слишком мал, данный усилитель неисправен.

Нахождение неисправности начинают с внешнего осмотра, при котором можно выявить некачественные пайки, замыкание выводов элементов между собой и на корпус, обуглившиеся или подгоревшие сопротивления, оплавившиеся диоды и т. п.

Если во время внешнего осмотра повреждение выявить не удалось, производят проверку режима работы ламповых или полупроводниковых узлов. В ламповых каскадах проверяется напряжение накала, смещения на сетке, напряжение на аноде, а для пентодов или тетродов напряжение на экранной сетке. Все указанные напряжения измеряются относительно корпуса (шасси) и сравниваются с паспортными данными. Измеряется также катодный ток ламп. При наличии сопротивления автоматического смещения в катоде РК измеряется падение напряжения на этом сопротивлении U_K и ток определяется по выражению

$$I_K = U_K / R_K \quad (4.12)$$

Если при нормальных напряжениях на всех электродах ток лампы мал или отсутствует, значит, лампа потеряла эмиссию и должна быть заменена. В каскадах, выполненных с применением полупроводниковых триодов, проверяется напряжение на базе, эмиттере и коллекторе относительно шасси. При пробое перехода эмиттер-коллектор напряжения на указанных электродах равны. При соответствии всех напряжений паспортным данным необходимо проверить параметры полупроводникового триода: коэффициент усиления по току в схеме с общим эмиттером и обратный ток коллектора. Указанную проверку осуществляют с помощью испытателя полупроводниковых триодов, например типа ИПТ-1. При отсутствии указанного прибора заменяют триод в усилителе новым, заведомо исправным. В обоих случаях триод выпаивают из схемы. При работе с полупроводниковыми приборами необходимо соблюдать определенные правила: запрещается укорачивать выводы полупроводниковых триодов при их монтаже в электрическую схему. Пайку полупроводниковых приборов производят с осторожностью, избегая их перегрева. Запрещается приближать паяльник близко к корпусу триода. Выводы триода между паяльником и корпусом прибора должны быть зажаты припайке плоскогубцами или пинцетом. Вывод базы полупроводниковых триодов при отключении триода из схемы отпаивается последним. При включении триода в схему вывод базы наоборот, припаивается первым.

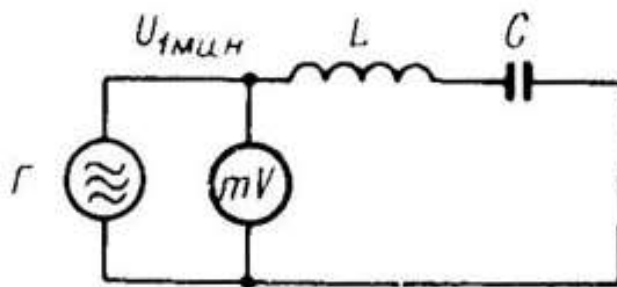


Рис. 4.30. Схема настройки последовательного резонансного контура

Неисправность в избирательных усилителях может возникнуть за счет расстройки колебательных контуров или фильтров, включенных в схемы каскадов, поэтому, если коэффициент усиления такого усилителя значительно уменьшился, следует проверить частоту настройки контуров или снять частотную характеристику рабочего затухания фильтров. Параллельные контуры проверяются по схеме рис. 9. Измеряя частоту генератора, находят минимум напряжения U_2 на сопротивлении R_2 , который должен быть на частоте настройки контура. Величину сопротивления R_2 выбирают равной 10—100 ом, как при проверке заградителей, таким образом, чтобы был удобный отсчет на шкале милливольтметра. Сопротивление R_1 величиной 1 — 10 ком служит для ослабления влияния гармоник. Настройку последовательного контура LC проверяют согласно схеме рис. 28. Изменяя частоту генератора Γ , находят минимум напряжения U_{\min} по ламповому вольтметру, подключенному на выходе генератора, соответствующий резонансной частоте. Если минимум выражен слабо, следует использовать более высокоомный выход генератора [29].

Проверку избирательности резонансных контуров, включенных в анодные цепи электронных ламп или в цепь коллектора полупроводниковых приборов, необходимо производить при включенном усилительном каскаде, так как межэлектродные емкости могут существенно изменить частоту настройки. Избирательность проверяют так же, как приемники вызова.

Причинами ухудшения избирательности усилителей являются: ухудшение добротности катушек индуктивности из-за их плохой пропитки, изменение величины индуктивности катушек с сердечниками из ферромагнитных материалов, изменение со временем емкостей конденсаторов контуров и т. п.

Повреждением является и самовозбуждение усилительных каскадов. Внешним признаком самовозбуждения является появление сигнала на выходе усилителя при отсутствии сигнала на его входе. Самовозбуждение возникает при наличии положительной обратной связи между выходом и входом усилителя. Из-за некачественного монтажа или его нарушения обратная связь может резко возрасти и каскад начнет генерировать паразитные колебания. Причиной самовозбуждения могут быть также слишком большой коэффициент усиления лампы или полупроводникового

триода (обратная связь через межэлектродные емкости), обрыв заземляющего проводника, нарушение экранировки катушек индуктивности. Усилитель может возбуждаться как на рабочих частотах, так и в широкой полосе частот. Самовозбуждение обнаруживается по наличию показания вольтметра (или с помощью осциллографа), подключенного к выходу каскада, при отсутствии сигнала на входе.

Для устранения самовозбуждения необходимо либо уменьшить величину обратной связи, упорядочив монтаж и улучшив экранировку, или снизить усиление каскада. В многокаскадных усилителях на полупроводниковых приборах снижение усиления достигается введением между каскадами последовательных сопротивлений. В схеме с заземленным эмиттером снижение усиления можно осуществить за счет отрицательной обратной связи, включив между коллектором и эмиттером сопротивление величиной 10—100 ком. Особенность усилителей на полупроводниковых триодах заключается в том, что при отсутствии сигнала самовозбуждение может не наблюдаться, возникая лишь при подаче на вход значительного по величине сигнала. Причина этого явления заключается в изменении параметров полупроводниковых триодов в зависимости от величины подаваемого на них сигнала. Убедиться в наличии такого самовозбуждения можно, подав на вход усилителя номинальный по амплитуде сигнал и затем, плавно снижая его величину, наблюдать за характером изменения выходного сигнала. Если каскад самовозбуждается, то уменьшение входного сигнала почти до нуля не вызывает заметного уменьшения выходного напряжения и, наоборот, при медленном увеличении входного сигнала в некоторый момент выходное напряжение увеличивается скачком и далее уже не растет. Устраняется такое самовозбуждение теми же методами, что и в ламповых схемах.

Неисправность каналов телемеханики.

Обнаружение неисправности в каналах телемеханики должно производиться при отключенных устройствах телемеханики, так как при их совместном действии трудно установить, где лежит причина неисправности.

Наиболее просто обнаруживается повреждение, связанное с пропаданием сигнала, контролирующего исправность канала, так как у диспетчера немедленно появляется аварийный сигнал: «пропадание канала связи». Нахождение неисправности в этом случае не представляет затруднений и осуществляется в той же последовательности, как при непрохождении вызова абонента.

Импульсные каналы, использующиеся для работы устройств телеуправления — телесигнализации, проверяются на прохождение импульсов от специального датчика или по схеме рис. 24. Допустимые искажения передаваемых симметричных импульсов на стороне приема указываются в паспорте на устройство телемеханики. Проверяются также величины напряжений сигналов от датчиков на входе и выходе каналов телемеханики.

Проверку частотных каналов телеизмерения производят от звукового генератора, подачей на вход канала сигнала с частотой датчиков ТИ и проверкой воспроизводимого сигнала на выходе приемника.

При неисправности аварийно-предупредительной телесигнализации в аппаратуре типа АРС-64 следует последовательно проверить тракт передачи в АПТС и наличие сигнала на выходе полукомплекта, а затем тракт приема. При этом желательно отключить АПТС в соседних полукомплектах. Обязательным условием правильной работы АПТС в аппаратуре типа АРС-64 является равенство приемных уровней, приходящих от всех контролируемых полукомплектов на выходе приемного фильтра диспетчерского полукомплекта. Этого равенства добиваются регулировкой уровней передачи.

Более подробные сведения о регулировке каналов телемеханики приводятся в заводской документации на соответствующую аппаратуру [28].

Неисправность блока питания. Внешним признаком неисправности является пропадание напряжения сети. При этом не горит сигнальная лампочка или отсутствуют напряжения, питающие узлы аппаратуры, что определяется по прибору полукомплекта. Наиболее часто встречающиеся неисправности в блоке питания: перегорание предохранителей, выход из строя выпрямительных элементов; кенотрона, селеновых или купроксных шайб или полупроводниковых диодов, межвитковые замыкания в обмотках силового трансформатора, пробой или потеря емкости электролитических конденсаторов в сглаживающих фильтрах выпрямителя. В случае перегорания предохранителей необходимо осмотреть блок питания, проверить состояние монтажа и степень нагрева деталей, после чего заменить предохранитель. При вторичном перегорании предохранителя отключается нагрузка от соответствующего выпрямителя, проверяются выпрямительные элементы и измеряется сопротивление между выводными клеммами. При отсутствии короткого замыкания измеряется сопротивление нагрузки и в случае обнаружения короткого замыкания в схеме аппаратуры последнее устраняется. Отыскание короткого замыкания в схеме аппаратуры производится последовательным отключением цепей питания, идущих к отдельным панелям, и наблюдением за показанием омметра, подключенного к выходным зажимам питающего выпрямителя. При отсоединении проводников питания от панели, в которой имеется короткое замыкание, стрелка прибора переместится из нулевого значения и покажет нормальное сопротивление. Если в аппаратуре панели имеются штепсельные разъемы, то неисправную панель находят последовательным отключением разъемов. Пробой выпрямительных элементов блока питания должен вызывать перегорание предохранителей, однако, в случае, когда в блоке питания установлены предохранители, несоответствующие по току или восстановленные, в которых применен некалиброванный провод, происходит сильный нагрев обмотки силового трансформатора, ведущий к пробое изоляции. При пробое полупроводниковых диодов происходит их сильный

нагрев и оплавление, в результате чего может нарушиться контакт между слоями. Пробник или омметр, подключенный к выводам такого диода, покажет обрыв ($R = \infty$), независимо от полярности приложенного напряжения. Диоды, установленные взамен неисправных, необходимо проверить с помощью омметра. Измеряется прямое и обратное сопротивление. При измерении обратного сопротивления не должно быть плавного медленного перемещения стрелки прибора в сторону уменьшения сопротивления. Такие диоды следует отбраковывать. Если в плечах выпрямительного моста применено последовательное соединение диодов, то их необходимо подбирать по равенству обратных сопротивлений. Наиболее частые причины выхода из строя кенотронов — потеря эмиссии и замыкание нити накала на анод. В последнем случае при включении сети в баллоне кенотрона можно наблюдать искрение. При сильном нагреве силового трансформатора (ощущается специфический запах горелой пропитки) аппаратуру отключают от сети. От вторичных обмоток трансформатора отсоединяются нагрузки (вынимаются предохранители) и после того, как трансформатор остынет, снова подают питание на 30—40 мин. Сильный нагрев трансформатора в режиме холостого хода означает, что в его обмотке имеется межвитковое замыкание. Такой трансформатор должен быть перемотан. В случае умеренного нагрева неисправность лежит либо в выпрямителе, либо в питающихся от него блоках и устраняется, как было описано выше при перегорании предохранителя. Обязательно следует проверить предохранители, которые должны соответствовать по рабочим токам максимальной нагрузке выпрямителей. Пробитые электролитические конденсаторы можно определить с помощью омметра, отключив предварительно их положительный вывод от схемы и закоротив его кратковременно на корпус. Сопротивление конденсатора при пробое падает от нескольких десятков килоом до нескольких десятков ом. В процессе длительной работы электролитические конденсаторы могут терять свою емкость, что приводит к увеличению пульсации выпрямленного напряжения[26].

Неисправности в автоматике. Признаками неисправности автоматики являются непрохладение вызовов, осуществление неправильных соединений, отсутствие или неправильная посылка служебных сигналов. Предварительно следует убедиться, что вызывные каналы исправны. Если при внешнем осмотре выявить неисправность не удалось, проверку работы автоматики осуществляют вначале отдельно в каждом полукомплекте. Полуком-плект отключают от кабеля и нагружают на сопротивление 100 ом. К абонентским зажимам вместо соединительной линии подключается телефонный аппарат. Измеряется напряжение питания автоматики как в спокойном состоянии (реле и искатель обесточены), так и при ее работе, например наборе номера при снятой микротелефонной трубке. В последнем случае напряжение не должно колебаться более чем на 10—15%. Если напряжение находится в норме, производится проверка работы отдельных

цепей в последовательности, приведенной в заводской документации на аппаратуру. Исходящее соединение проверяют набором номера при снятой микротелефонной трубке, а входящее соединение создают искусственно путем ручной манипуляции якоря приемного реле. Для удержания якорей реле в притянутом состоянии под основание якоря подкладывается пластинка или заточенная с одного конца спичка.

Если при составлении очередной цепи исполнительное реле не возбуждается, то проверяют напряжение на выводах обмотки этого реле. При отсутствии напряжения выключают питание с аппаратуры, составляют исполнительную цепь искусственно и позванивают ее с помощью омметра, выявляя неисправность, обычно неплотный или загрязненный контакт.

Имеется и другой способ отыскания неисправности в цепях автоматики, при котором реле остаются под напряжением, что облегчает составление исполнительных цепей. Если реле Р1 исполнительной цепи (рис. 4.31) не срабатывает, то с помощью проводника подают минус питания вначале прямо на его обмотку в точке 1, а затем, убедившись в исправности самого реле, последовательно по элементам исполнительной цепи рис. 4.31, пока реле не откажет в действии. Если, например, присоединение проводника к точке 2 вызвало срабатывание реле, а к точке 3 не привело к его срабатыванию, то, очевидно, неисправен контакт $ap11-ap12$.

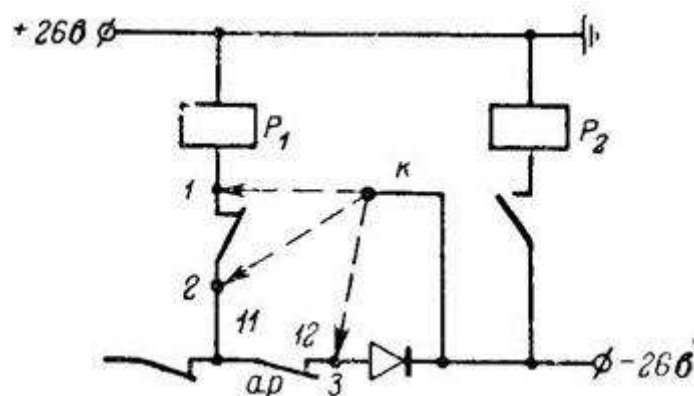


Рис. 4.31. Определение места повреждения в схеме автоматики.

Если при номинальном напряжении на обмотке реле якорь не притягивается, то возможны перекося якоря, обрыв в обмотке или сильное давление контактов. Механическая неисправность выявляется при нажатии на якорь и проверке его хода. В том случае, когда реле, находящееся под током, не срабатывает даже при нажатии пальцем на его якорь, причина неисправности лежит в обрыве обмотки. Прозвонку обмотки осуществляют омметром, отключив предварительно один из проводников, подающих питание в схему реле. Характерным повреждением автоматики является возникновение ложных соединений, что может приводить к кратковременным подрабатываниям реле или к устойчивой ложной работе. В обоих случаях это явление может вызвать сбои. Ложные цепи выявляются наблюдением за работой реле во время посылки и приема вызова. Выявив

неправильно работающее реле, следует произвести проверку всех цепей, по которым на обмотку этого реле может быть подано напряжение. При наличии нескольких параллельных цепей их следует отключить, изолируя соответствующие контакты.

Причинами образования ложных цепей могут быть: замыкания между проводниками в жгутах, между выводами на клеммниках, соседними контактами, пробой разделительных диодов, замыкание контактов на якорь реле, ошибки монтажа и т. п.

Если в работе реле автоматики играют роль временные зависимости, например время задержки на срабатывание или на отпускание, то следует проверить временные параметры реле. Для точного измерения временных параметров необходимы специальные приборы: миллисекундомер или шлейфный осциллограф. При отсутствии указанных приборов время действия реле определяют приближенно[27].

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа №1

Расчет параметров надежности линий связи

Цель работы: изучить и рассчитать параметры непрерывной работы линий связи.

Теоретическое введение

От надежности работы линии связи зависит качество работы системы проводной связи. Исходя из общей теории надежности, разработана методика надежности кабельных систем с удаленной связью и приняты следующие термины и определения.

Надежность-обеспечивает передачу информации, в определенный момент времени, с установленной нормой и качество этой передачи. Выполняет функции канатных дорог.

Обрыв связи/ отказ / – прекращение работы связи, протекающей в заданной связи, только одним или несколькими группами каналов. Т. е. при наличии одного повреждения на линии соприкосновения работа прекращается. Такое повреждение в терминологии называется аварией.

Неявка на исправление/ неуправляемость / – нарушение связи без прекращения, т. е. в таком случае пути связи не могут быть удовлетворены хотя бы одним из предъявляемых условий. Примерами таких неисправностей могут быть электрические повреждения, которые негативно влияют на передачу, повреждение герметичной оболочки и поверхности кабеля.

Среднее время разрыва связи-среднее время разрыва соседней связи, исчисляемое в часах.

Среднее время восстановления связи-среднее время простоя связи, т. е. промежуток времени от простоя связи до восстановления рассчитывается в часах.

Интенсивность разрывов связи-среднее количество перерывов за единицу времени /час/ на 1 км трассы в однополосной и двухкабельной системах.

Параметры разрывов – среднее число 100,1000 и т.д. за единицу времени на всю длину трассы магистрали.

Вероятность прерывистой работы-это вероятность того, что в заданном интервале пути не будет перерывов.

Коэффициент готовности-вероятность того, что линия связи будет отремонтирована за выбранный промежуток времени.

Коэффициент простоя-это вероятность того, что в случае прерывания будет найден способ связи, в котором произошел перерыв в течение определенного периода времени.

Основными показателями качества пути связи, находящегося в эксплуатации, являются: плотность повреждения с разрывом связи m и среднее время восстановления t_b

$$m = \frac{N}{kL} \cdot 100$$

N —количество перерывов, произошедших за заданный промежуток времени на всей магистрали; k -количество перерывов связи за заданный год /несколько лет; N , L -длина трассы магистрали.

$$t_b = \frac{\sum t_{bi}}{N}$$

t_{bi} — i -время восстановления связей при повреждении, час.

Интенсивность разрывов, исходя из плотности повреждения, с разрывом связи, определяется для однокабельной и двухкабельной систем на 1 км трассы и рассчитывается по Формуле: 1 / ч

$$\lambda = \frac{m}{8760 \cdot 100}$$

где, 8760-количество часов в течение года; 100-протяженность трассы с m -образным разрывом, км.

Параметр потока прерываний Λ , 1 / ч, определяется на всю длину:

$$\Lambda = \lambda \cdot L$$

Среднее время, затраченное на ремонт линии связи между этими перерывами, при перерывах на линиях связи, расположенных между ними:

$$T_0 = \frac{\sum_{i=1}^{\infty} \tau_i}{n} = \frac{8760 \cdot 100 - mLt_B}{mL}$$

n –количество перерывов, произошедших за рассматриваемый календарный промежуток времени; τ_i – время, затраченное на восстановительную работу между $i=1$ и $i=n$ перерывами, час.

Коэффициент готовности определяется отношением среднего времени, затраченного на ремонт линии связи / непрерывность / время, затраченное на общее восстановление:

$$K_t = \frac{T_0}{T_0 + t_B}$$

Вероятность работы, при которой перерыв в полученном временном моменте не будет

$$P(t) = e^{-\Lambda t},$$

t –временной интервал, определяющий вероятность выполнения работы без перерыва; Λ –параметры потока перерывов.

Практическая работа №2

Расчет опасных электрических и магнитных воздействий в сетях связи

Цель работы: Расчет опасных электрических воздействий в сетях связи. Расчет опасных магнитных воздействий на линиях связи.

Теоретическое введение

Влияние высоковольтных линий в сетях связи определяется по аналогии взаимодействия между цепями связи посредством электрических и магнитных параметров связи

$$K_{12} = I_2 / U_1 = g + i \cdot \omega \cdot k; M_{12} = -E_2 / I_1 = r + i \cdot \omega \cdot m$$

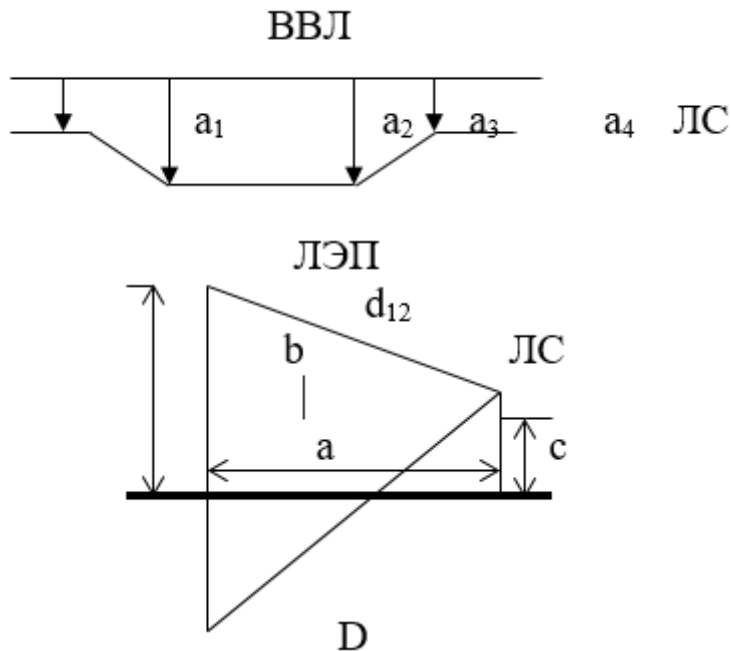
Где I_2 и E_2 – ток и ЭДС соответственно, I_1 и U_1 –ток и напряжение в действующей цепи. Активные составляющие можно не учитывать (g, r).

Опасное электрическое напряжение может возникать при локализации одной Фазы в воздушных путях на воздействие ЛЭП с изолированной нейтралью, при этом в условиях возникновения разноуровневых напряжений на ЛЭП потенциальное электрическое воздействие проводника ЛС по отношению к земле при внешнем воздействии ВВЛ на контактные пути равно потенциальному.

$$U_2 = 0.25 \cdot U_1 \cdot \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} \cdot S_n$$

U_1 –напряжение ЛЭП в нормальном режиме работы. S_n –экранирующий метод контактных соседних проводов. Его среднее значение принимается за 0,7. Обобщая это уравнение, видно, что

электрические эффекты увеличиваются с ростом габаритов дорог (высота проводов b и c) и уменьшаются при распределении путей



d_{12} -Расстояние от провода ЛЭП до провода ЛС, а D_{12} - расстояние от наземного зеркального отражения провода ЛЭП до провода ЛС.

Приведенная формула верна только при параллельном прохождении ЛЭП и ЛС. В истинных случаях обычно происходит косое взаимное расположение каналов ЛЭП и ЛС на сложных канальных путях. В этом случае область приближения определяется несколькими эквивалентными расстояниями и затем включает все эффекты.

При приближении в сложном русле электрический расчет производится по следующей формуле.

$$U_2 = 0.25 \cdot U_1 \sum \frac{bc}{a^2 + b^2 + c^2} \cdot S_n \cdot \frac{\ell_{оп}}{\ell}$$

Где $\ell_{оп}$ -длина вычисляемой территории, ℓ -общая длина сближения.

Несимметричные системы при нормальном и аварийном режимах работы опасных магнитных воздействий (ЛЭП эл.Ж. д) также вызывает симметричные системы (ЛЭП) в аварийном режиме. При этом продольные ЭДС в линиях связи, относящихся к кабельным и воздушным линиям, подвергаются воздействию магнитного поля или определяются по формуле:

$$E_2 = \omega \cdot m \cdot I_1 \cdot \ell_{pi} \cdot S_k \cdot S_T, \omega = 2\pi f$$

I_1 -действующий ток, ℓ_{pi} -длина зоны приближения, S_k -коэффициент экранирования кабельной сети, S_T -коэффициент экранирования тросов и рельсов, m -магнитная связь между ВВЛ и ЛС. Магнитная связь определяется как:

$$m = \left[\ln \frac{2}{1.75ka} + 1 \right] \cdot 10^{-4}$$

$\Gamma_{дек} = \sqrt{\omega \mu_3 \sigma_3}$; μ_3 и σ_3 - магнитная проницаемость и проницаемость земли, а - расстояние между ВВЛ и ЛС.

В случае приближения в сложном русле производится расчет продольной ЭДС через зоны эквивалентности приближения и затем их сумма.

$$E_2 = \omega \cdot I_1 \cdot \sum m \cdot \ell_{pi} \cdot S_k \cdot S_T$$

Из приведенных формул видно, что эффекты увеличиваются при увеличении длины линий. Расчет опасных воздействий обычно производится на частоте 50 Гц, а блокирующих - 800 Гц.

Таблица 2.1

№	k	U _{1B}	ℓ_{pi} км	a, м	b, м	c, м	I ₁ , А	S _k	S _T	f, Гц	f, Гц
1	0,3	1000	20	300	20	8,5	2400	0,6	0,4	50	800
2	0,3	1500	30	250	15	6,5	2200	0,6	0,4	50	800
3	0,3	1000	25	200	10	7,5	2000	0,6	0,4	50	800
4	0,3	1500	20	350	20	8,5	2400	0,6	0,4	50	800

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Электроснабжение предприятия связи и его структурная схема
2. Функция выпрямительного устройства
3. Функции, выполняемые преобразователем напряжения
4. Буферная система электроснабжения
5. Вводно-распределительные шкафы
6. Конструкция четырехжильного кабеля
7. Системы электропитания аппаратуры связи
8. Функции, выполняемые оборудованием электроустановки
9. Что такое выпрямители?
10. Однофазный мостовой выпрямитель.
11. Двухпериодный выпрямитель.
12. Выпрямление трехфазного переменного тока.
13. Трехфазная Мостовая схема коррекции, временная диаграмма работы.
14. Что такое проводное вещание?
15. Узел проводного вещания
16. Функции центральной станции проводного вещания
17. Трансформаторная станция

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ

В заключение предусматривается выполнение работ по монтажу связанного оборудования электропитания. Проанализирована функциональная схема электроснабжения, система электроснабжения для предприятий связи. Полностью рассмотрен вариант выпрямительного

устройства. Даны подробные сведения об аппаратуре станций проводного вещания.

Список рекомендуемой литературы и дополнительных источников

1. Парфенов Ю.А. Кабели электросвязи; Мир-Москва, 2011. -256с.
2. В.А. Андреев, Э.Л.Портнов, Л.Н.Кочановский. Направляющие системы электросвязи. М.:Горячая линия—Телеком, 2009.— 424с:
3. Портнов Э.Л. Оптические кабели и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи.: Учебное пособие для вузов.- М.Горячая линия –Телеком 2009г. -464с.

РАЗДЕЛ 5 ВЫПОЛНЕНИЕ ПЛАНОВО-ПРОФИЛАКТИЧЕСКИХ, АВАРИЙНО - ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ РАБОТ



ВВЕДЕНИЕ

Начнем рассмотрение вопроса об измерениях среды распространения сигнала в телекоммуникациях с измерительных технологий оптических кабелей. Современные технологии высокоскоростного вещания в первую очередь основаны на использовании оптоволоконной среды, обеспечивающей в настоящее время максимально возможную пропускную способность. Для этого оптико-волоконная распределительная среда в настоящее время неуклонно развивается во всем мире, в том числе и в нашей стране. Предполагается, что в ближайшем будущем оптико-волоконные распределительные среды полностью вытеснят электрические кабельные среды. Хотя в ряде развитых государств уже сейчас коммунальное строительство учитывает распространение оптоволоконных кабелей до пользователей, последние будут применяться только в абонентской части. Приводятся способы применения оптического рефлектометра.

Цели обучения:

- ✓ Решение стандартных и простых однотипных практических задач;
- ✓ Умение пользоваться инструментом и оборудованием;
- ✓ Проверка и подготовка к работе средств и предметов труда;
- ✓ Управление механизмами, электронным оборудованием, транспортными средствами;
- ✓ Навыками монтажа, регулировки и наладки оборудования;
- ✓ Выявление причин неисправностей приборов и оборудования;
- ✓ Проведение профилактических осмотров приборов и оборудования;
- ✓ Устранение неисправностей;
- ✓ Готовит материалы для выполнения дипломного проектирования.

По окончании данного модуля обучающиеся осваивают:

- ✓ правила составления и ведения технической документации.;
- ✓ составление паспортов смотровых устройств, составление технических журналов, нарядов обслуживания линейно-абонентских сооружений,
- ✓ составление и оформление технических журналов, паспортов;
- ✓ расчет норм затрат на проведение ремонта;
- ✓ приемка сооружений в эксплуатацию.

Перед изучением данного модуля обучающемуся рекомендуется успешно завершить обучение по базовым модулям и профессиональным модулям квалификации 130703 «Техник» в соответствии с Типовым учебным планом специальности «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания».

5.1 Классификация типов повреждений оптических кабелей

Виды повреждений ОК классифицируются:

- ✓ 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;
- ✓ повреждение наружной полиэтиленовой оболочки ОК с сохранением работоспособности ОВ при сохранении целостности металлических бронепокровов;
- ✓ повреждение наружной полиэтиленовой оболочки ОК с сохранением работоспособности ОВ при нарушении целостности бронепокровов.

5.1.1 Планово-профилактические работы на линиях кабелей связи

Аварийно - восстановительные работы - это локализация очагов разрушения и повышенной опасности в зоне чрезвычайной ситуации (поражения), ликвидация аварий и повреждений на сетях и сетях коммунальных и производственных коммуникаций, создание минимально необходимых условий для жизнеобеспечения населения, а также первоочередные работы по санитарной очистке и обезвреживанию (обеззараживанию) территории.

При проведении планово-профилактических, ремонтных и аварийно-восстановительных работ, кроме простых механизмов и оборудования, применяемых на линиях с медными множительными кабелями, применяется специальное оборудование - сварочные аппараты, оптические рефлектометры, локаторы электронных маркеров, автомобили, специально оборудованные для монтажа и измерения ОК, специализированные монтажные приборы и др.

Для полноценного применения такого оборудования требуется наличие квалифицированного специалиста, который будет постоянно поддерживать соответствующие технологические навыки.

При авариях ВОЛП ГРС невозможно обеспечить время восстановления поврежденного кабеля, 10 часов используется для децентрализованных или смешанных методов обслуживания.

Способ оказания услуг определяется руководством эксплуатационного предприятия.

Волоконно-оптическая линия связи (ВОЛП) может осуществляться с участием Центра технической эксплуатации (ЦТЭ).

Планово-профилактическое обслуживание ВОЛП осуществляется периодически в соответствии с планом, утвержденным главным инженером эксплуатационного предприятия [30].

При организации технической эксплуатации с участием ЦТЭ обслуживание осуществляется в соответствии с планом, утвержденным главным инженером эксплуатационного предприятия.

Результаты работ, выполняемых в процессе технического обслуживания, фиксируются в соответствующей документации [9].

Для выполнения планово-профилактических и аварийно-восстановительных работ на ВОЛП эксплуатационное предприятие должно быть создано с соответствующим запасом ОК, оптических муфт и т.д.

Величина эксплуатационного фонда по каждой ВОЛП определяется проектом на сеть и распределяется между эксплуатирующими предприятиями пропорционально объему соответствующего оборудования.

Эксплуатационный фонд строительных длин ОК должен комплектоваться с учетом фактических строительных длин ОК на обслуживаемом участке с целью обеспечения возможности полной замены любой из строительных длин ОК.

Хранение эксплуатационного фонда производится в соответствии с НТД на каждый вид изделий.

Организация и объем выполнения планово-профилактических работ. Планово - профилактические работы (ППР) являются составной частью технического обслуживания ЛКС ВОЛП, проводимого в соответствии с положениями

Планово-профилактические работы проводятся периодически в соответствии с планом, утвержденным главным инженером эксплуатационного предприятия, и включают в себя мероприятия, целью проведения которых является своевременное выявление и устранение возникающих отклонений оптических и электрических характеристик ЛКС от установленных норм [31].

Планово - профилактические работы на ЛКС ВОЛП включают в себя:

- ✓ измерение параметров передачи незадействованных ОВ на ВОЛП (целесообразно проводить в автоматическом режиме при оснащении эксплуатационного предприятия системой автоматического мониторинга ОК);

- ✓ измерение в ручном режиме характеристик активных ОВ на ВОЛП при наличии WDM мультиплексоров и фильтров (в автоматическом режиме измерения проводится при оснащении эксплуатационных предприятий системами автоматического мониторинга ОК);

- ✓ измерение сопротивления изоляции пластмассовой оболочки ОК, содержащего металлические конструктивные элементы (выполняется по участкам линии, между оптическими муфтами, оборудованными КИП);

- ✓ контроль состояния заземлений на НРП контейнерного типа (установленных непосредственно в грунт) и контроль заземлений вводов ОК с металлическими конструктивными элементами в помещениях обслуживаемых пунктов;

✓ принятие дополнительных мер защиты ОК при изменениях на трассе, влияющих на грозозащищенность ЛКС (установка новых опор линий связи, линий электропередачи и др. вблизи трассы, вырубка леса вблизи трассы и т.д.).

✓ контроль глубины залегания ОК и уточнение картограмм прохождения трассы ВОЛП. Периодичность контроля глубины залегания ОК и выбор проверяемых участков трассы устанавливается эксплуатационным предприятием [20].

5.2 Технология выполнения профилактических работ

Измерение затухания ОК рекомендуется производить не реже одного раза в год по всем незадействованным ОВ с использованием оптического рефлектометра.

Совместно с измерениями по предыдущему пункту рекомендуется для обнаружения локальных дефектов ОВ производить измерения с помощью оптического рефлектометра на малых (≤ 100 нс) длительностях импульса.

На оконечных и регенерационных пунктах, где имеется постоянный эксплуатационный персонал, рекомендуется проводить измерения по специально выделенному волокну (не реже 2 раза в год и по мере необходимости) оптическим рефлектометром. Измерения параметров передачи ОВ проводятся силами эксплуатационного предприятия.

В зависимости от величины электрического сопротивления изоляции пластмассовой оболочки ОК различают следующие состояния внешних покровов ЛКС ВОЛП:

- ✓ норма - $R_{из} \geq 5 \text{ МОм} \times \text{км}$;
- ✓ предупредительное - $0,1 \text{ МОм} \times \text{км} \leq R_{из} < 5 \text{ МОм} \times \text{км}$;
- ✓ аварийное - $R_{из} < 0,1 \text{ МОм} \times \text{км}$.

Периодичность контроля состояния заземляющих устройств на НРП и ОРП - два раза в год - зимой и летом при максимальном промерзании и высыхании грунта (зимой - при наличии предусмотренного проектом специального измерительного заземления);

Сопротивление заземляющих устройств, обеспечивающих защиту ЛКС ВОЛП от ударов молнии, контролируемое один раз в год перед началом грозового сезона, должно быть не более:

- 10 Ом - для грунтов с $\rho_{грунта} \leq 100 \text{ Ом} \times \text{м}$;
- 20 Ом - для грунтов с $100 < \rho_{грунта} \leq 500 \text{ Ом} \times \text{м}$;
- 30 Ом - для грунтов с $500 < \rho_{грунта} \leq 1000 \text{ Ом} \times \text{м}$;
- 50 Ом - для грунтов с $\rho_{грунта} > 1000 \text{ Ом} \times \text{м}$;

Сопротивление измерительного заземляющего устройства не должно быть более 100 Ом в грунтах с удельным сопротивлением до 100 Ом \times м и не должно быть более 200 Ом - в грунтах с удельным сопротивлением более 100 Ом \times м.

Измерения электрических параметров устройств защиты линейно-кабельных сооружений проводятся силами ЛТЦ.

5.3 Анализ результатов измерений электрических и оптических параметров конструкции сетевого кабеля

По результатам профилактических измерений электрических и оптических параметров ЛКС ВОЛП составляется план проведения работ, направленных на устранение выявленных повреждений.

Результаты измерений электрического сопротивления изоляции пластмассовой оболочки кабеля сравниваются с предыдущими и в случае несоответствия минимально допустимому значению $R_{из} = 0,1 \text{ МОм} \times \text{км}$ ($R_{из} < 0,1 \text{ МОм} \times \text{км}$ - аварийное состояние) проводятся работы по отысканию и устранению мест понижения сопротивления изоляции.

Результаты проведенных измерений оптических параметров волокон сравниваются с результатами приемо-сдаточных измерений (путем сравнения рефлектограмм), и в случае обнаружения их отклонения (увеличение затухания строительных длин или мест стыка ОВ более чем на 0,2 дБ, появления локальных дефектов и т.д.) принимается решение по устранению причин их возникновения.

Если причины возникших отклонений текущей рефлектограммы от контрольной неизвестны, или их устранение осуществимо в плановом порядке, то намечается план дополнительных измерений, направленных на их дальнейшее изучение.

Состав измерений и их объем утверждается главным инженером эксплуатационного предприятия.

Эксплуатационные предприятия и их отделения должны иметь основные нормативные документы по эксплуатации ЛКС ВОЛП и вести производственную документацию с целью систематического анализа состояния ЛКС ВОЛП, причин, характера и длительности повреждений и аварий, а также для накопления статистических данных.

Состав обязательной производственной документации, хранящейся на предприятии (отделении) и в структурных подразделениях, определяется перечнем, утвержденным главным инженером предприятия (отделения).

Производственная документация по эксплуатации ЛКС ВОЛП подразделяется на нормативно-справочную, оперативно-техническую, техническую приемо-сдаточную и организационную.

В состав нормативно-справочной документации входят: государственные и отраслевые стандарты, стандарты предприятий, правила, инструкции, положения, рекомендации, распорядительные документы, нормативно-технические документы [12].

Оперативно-техническая документация составляется и ведется работниками эксплуатационных предприятий в процессе обслуживания ЛКС ВОЛП. В состав оперативно-технической документации входят:

- ✓ паспорта (планшеты) кабельных трасс;
- ✓ монтажные схемы ЭКУ с оптическими привязками к муфтам;
- ✓ паспорта на оптические муфты;
- ✓ протоколы измерений электрических и оптических параметров кабелей связи;
- ✓ запись рефлектограмм ОВ ВОЛП в электронном виде;
- ✓ паспорта заземляющих устройств;
- ✓ протоколы измерений заземляющих устройств;
- ✓ документация по охранно-разъяснительной работе;
- ✓ акты повреждений и аварий на ЛКС ВОЛП;
- ✓ статистическая документация по эксплуатации ЛКС ВОЛП.

В состав технической документации входят: паспорта, формуляры и технические описания на оборудование и приборы, паспорта (сертификаты) на кабельные изделия.

В состав приемо-сдаточной документации входит документация, предъявляемая строительными организациями при сдаче в эксплуатацию построенных или реконструированных ЛКС ВОЛП. Порядок и объем подготовки приемо-сдаточной документации определяется действующими указаниями по сдаче объектов в эксплуатацию и требованиями по ее составлению.

К организационным документам относятся: положения о службах, отделах и структурных подразделениях (ЦЛКС, ЛТЦ), должностные инструкции работников, приказы и распоряжения по предприятию об эксплуатации ЛКС, планы и отчеты об их выполнении, журналы учета и планы проведения технической учебы, документация по охране труда и технике безопасности, другая организационная документация.

Конкретные формы документации, порядок их заполнения и хранения определяются соответствующими Инструкциями и приказами по предприятию. Все приборы, используемые при эксплуатации, должны иметь сертификат. Конкретные экземпляры приборов, используемых при измерении, должны иметь действующую маркировку о поверке (калибровке).

Техническое обслуживание приборов (рефлектометров, сварочных аппаратов, оптических тестеров и т.д.) должно проводиться в соответствии с инструкциями по эксплуатации на данные типы приборов специалистами, имеющими необходимую квалификацию, уполномоченными на такое обслуживание приказами (распоряжениями) по эксплуатационному предприятию[13].

5.4 Технология проведения аварийно - восстановительных работ

Начинается с организации работ по восстановлению работоспособности поврежденной кабельной сети. АВР являются особым видом ремонтных работ на линиях передачи, основным требованием к которым является их немедленная организация в объемах, обеспечивающих

восстановление передачи информации в кратчайшие сроки и их проведение вплоть до установления постоянного или временного варианта восстановления даже при неблагоприятных внешних условиях.

В процессе АВР выполняется широкий спектр работ - измерительные, монтажно-кабельные, земляные, охранные (надзор) и т.п.

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 (так называемые локальные, визуально наблюдаемые повреждения);

- ✓ механические повреждения ОК от перемещения грунтов (обвалы, пучения, оползни, селевые потоки и т.д.), как правило, в пределах одной-двух строительных длин оптического кабеля;

- ✓ повреждения ОК за счет старения или попадания в сердечник кабеля влаги;

- ✓ повреждения кабелей от грозовых 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 (до 50 м) и протяженных (до 7 км) оптических кабельных вставок.

К общим требованиям, предъявляемым к организации АВР на линиях передачи, относятся:

- ✓ максимальное использование средств механизации и максимально возможное совмещение во времени разнородных работ и операций;

- ✓ одновременная (по возможности) доставка ремонтных бригад и средств механизации к месту производства работ;

- ✓ обеспечение быстрой концентрации технических средств и персонала в местах возникновения аварий линейных сооружений.

Аварии на ЛКС ВОЛП устраняются специально обученными бригадами с численностью, определяемой действующими нормативами производственного штата.

Непосредственное руководство АВР осуществляет начальник, а при больших объемах разрушений или стихийных бедствиях - главный инженер эксплуатационного предприятия. При необходимости оказания помощи при проведении восстановительных работ на месте аварии службой оперативного управления (СОУ) или руководством эксплуатационного предприятия направляются специалисты по ЛКС ВОЛП ближайшего отделения эксплуатационного предприятия (тому или иному).

При устранении аварий должны использоваться специально оборудованные мобильные лаборатории (ЛИОК), укомплектованные необходимым инвентарем, инструментом, измерительными приборами, оптическими кабельными вставками и средствами механизации.

Эксплуатационная бригада аварийно-восстановительной бригады проводит работы по восстановлению и с привлечением специалистов линейного технического цеха силами производства броневых слоев ОК.

Восстановление ЛКС ВОЛП при аварийных повреждениях ОК обеспечивается:

- ✓ организаций временной схемы восстановления линии передачи ВОЛП с последующим переходом на постоянную схему, в том числе с использованием схемы резервных обходов;
- ✓ организацией постоянной схемы восстановления линии передачи ВОЛП на участке повреждения.

Временная схема восстановления линии передачи ВОЛП организуется во всех случаях, когда по результатам обследования района или места повреждения ОК ожидаемое время организации постоянного варианта восстановления превышает установленный норматив.

Постоянная схема восстановления линии передачи ВОЛП организуется:

- ✓ после реализации временной схемы;
- ✓ в случаях видимого, локального, одиночного повреждения ОК, когда норматив времени восстановления линии передачи ВОЛП может быть обеспечен без предварительной организации временной схемы восстановления ВОЛП [18].

Последовательность и расчетные сроки различных операций и этапов восстановительных работ регламентируются технологической картой, которая разрабатывается в соответствии с алгоритмом устранения аварий и нормативов на виды работ для каждой ВОЛП с учетом типа ОК, условий прохождения трассы и времени года, и утверждается руководством эксплуатационного предприятия. При разработке и утверждении технологических карт необходимо исходить из того, что время на восстановление линии передачи ВОЛП должно быть минимальным и не превышать 10 часов.

Восстановление линий передачи ВОЛП в чрезвычайных ситуациях производится в соответствии с утвержденными нормативными документами [8].

При длительном проведении АВР необходимо организовать сменную работу членов бригад с обеспечением питания и отдыха работников соответствующих смен[8].

Технологическая карта на АВР состоит из разделов, регламентирующих область применения, организацию и технологию работ, технико-экономические показатели (время восстановления связи, время окончательного устранения аварии и трудоемкость устранения аварии), и оговаривает применение материально-технических ресурсов.

Оптические кабельные вставки. Классификация и область применения. По назначению оптические кабельные вставки подразделяются на постоянные (ПОКВ) и временные (ВОКВ).

ПОКВ предназначены для организации постоянной схемы восстановления линии передачи ВОЛП.

Для ПОКВ, как правило, используется ОК той же марки и емкости, что и поврежденный линейный кабель. Длина ПОКВ должна составлять не менее 50 м.

ВОКВ используются для организации временной схемы восстановления ВОЛП. В зависимости от вида повреждения оптического кабеля восстановление его по временной схеме осуществляется с помощью одно- или многоэлементных ВОКВ (классифицируемых по числу отрезков ОК, составляющих ВОКВ).

Одноэлементная ВОКВ (ВОКВО) организуется в случае локального механического повреждения ОК, когда место повреждения можно определить визуальным путем, но монтаж постоянной вставки не может быть выполнен в нормативные сроки.

Многоэлементная ВОКВ (ВОКВМ) организуется, когда:

- ✓ повреждение носит локальный и скрытый характер, т.е. его нельзя определить визуально, и время на определение места повреждения и устранение аварии превышает норму на восстановление ОК по постоянной схеме;

- ✓ повреждение ОК имеет значительную протяженность (от 200 м до 7 км) или имеется несколько повреждений одной или нескольких соседних строительных длин.

ВОКВ бывают одноэлементные и многоэлементные. Одноэлементная ВОКВ (ВОКВО) представляет собой отрезок ОК из эксплуатационного запаса для данной линии, концы которого подготовлены для монтажа с поврежденным линейным кабелем. Это существенно упрощает переход от временной схемы организации связи к постоянной и сокращает время такого перехода. Для ВОКВО может быть также использован специальный малогабаритный ОК длиной около 50 м (что достаточно при устранении локальных повреждений линейного ОК). В случае протяженного участка повреждений линейного ОК может быть также использована одноэлементная ВОКВ протяженностью вплоть до строительной длины линейного ОК.[21].

Соединение ОВ поврежденного ОК и кабеля ВОКВО осуществляется с помощью механических соединителей или же сваркой ОВ (рис.5.2) [9].

Для оперативного перекрытия протяженных участков повреждений линейного ОК наиболее целесообразно использовать многоэлементные ВОКВ [10] конструктивные особенности которых должны обеспечивать развертывание ОК ВОКВМ ручным способом, без необходимости применения специальных механизмов. В настоящем Руководстве рассматриваются два типа многоэлементной ВОКВ: ВОКВМ-1 и ВОКВМ-2, отличающиеся в основном методами соединения отрезков ОК.

ВОКВМ-1(рис.5.3) представляет собой набор из двух-восьми отрезков ОК длиной 800-1000 м каждый.

Подключение ВОКВМ-1 к поврежденному ОК и соединение отрезков кабеля между собой выполняется с помощью механических соединителей или сваркой ОВ. Для сокращения времени монтажа отрезков ОК ВОКВС-1 концы ОВ предварительно подготавливаются для сращивания и защищаются специальными колпачками и внешними кожухами. При использовании многоразовых механических соединителей возможна их предварительная установка на ОВ, с защитой при транспортировке внешними кожухами. ВОКВМ-1 наиболее целесообразно использовать при малом энергетическом запасе на поврежденном регенерационном участке (менее 3 дБ), учитывая, что современные механические соединители обеспечивают потери в соединении около 0,1 - 0,2 дБ.[32].

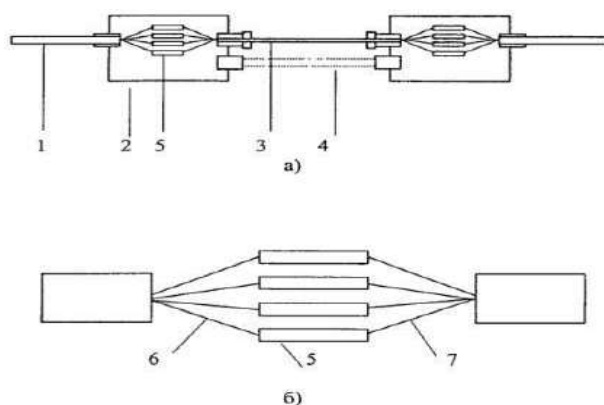


Рис.5.2. Схема одноэлементной ВОКВ и схема ее монтажа с поврежденным линейным ОК, выполняемого с использованием механических соединителей.

а) - центрирующая схема; б) - соединение поврежденных ОК и волокон вставкис помощью механических соединителей

1- линейная ОК; 2-линейная разветвленная муфта; 3 - одноэлементная временная оптическая кабельная вставка; 4 - постоянная оптическая кабельная вставка; 5 - механические соединители; 6 –волокна линейного ОК; 7 - волокнаОК временная оптическая кабельная вставка одноэлементная

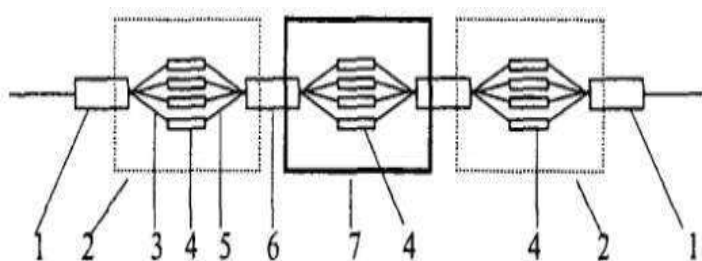


Рис. 5.3.Схема ВОКВМ-1 и схема ее монтажа с поврежденным линейным ОК

1-Линейная ОК; 2 - линейная разветвленная муфта;3 – волокна линейного ОК; 4 - механические соединители; 5 – волокна ОК временная оптическая многоэлементная кабельная вставка-1; 6-ОК временная оптическая кабельная многоэлементная вставка-1; 7 - временная защитная муфта

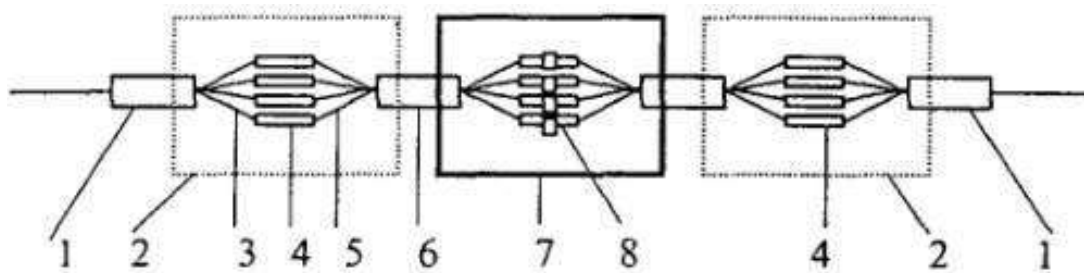


Рис.5.4.Схема ВОКВМ-2 и схема ее монтажа с поврежденным линейным ОК
1-Линейная ОК; 2-линейная разветвленная муфта; 3-линейные волокна ОК;
4-механические разъемы; 5 - волоконная ОК временная оптическая многоэлементная кабельная вставка;6 - ОК временная оптическая кабельная многоэлементная вставка - 2;7-временная защитная муфта;8-оптические разъемные разъемы.

ВОКВМ-2 (рисунки 5.4 и 5.5) состоит из двух концевых отрезков ОК длиной по 30 м и двух-восьми одноэлементных промежуточных отрезков ОК длиной около 800-1000 м каждый

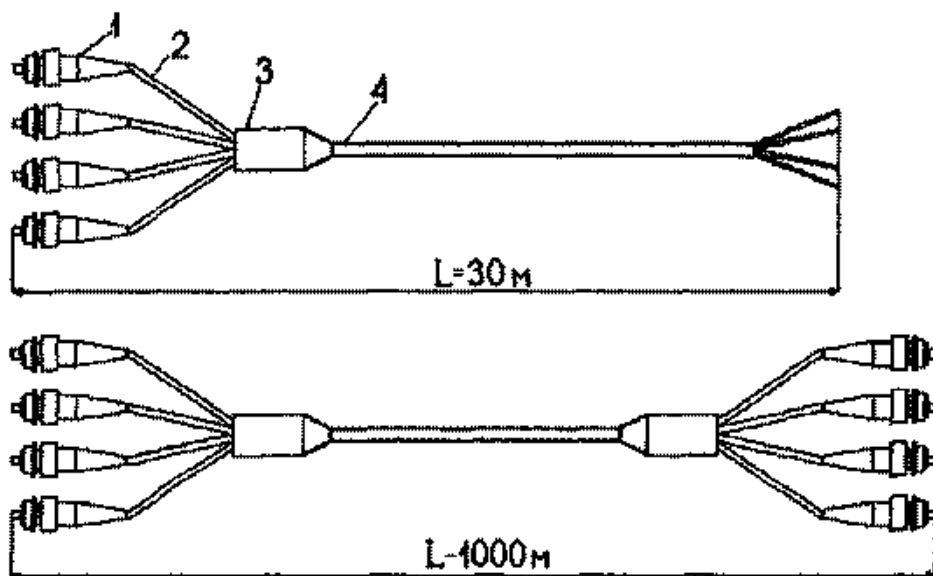


Рис.5.5.Концевой и промежуточный отрезки ВОКВМ-2

1- разъем оптический разъем вилка; 2-оптическое волокно в защитной трубке; 3 –«перчатка» («перчатка» на ОК) в оптическом кабеле; 4- разъем вставки временного оптического кабеля

ОВ отрезков ОК в производственных условиях с одной стороны армируются вилками соединителей оптических разъемных (COP) (рисунок 5.5). Для этого на конец кабеля устанавливается «перчатка», с помощью которой выполняется распределение волокон на отдельные модули с последующей установкой на них вилок COP. С противоположной стороны ОВ концевых отрезков ОК соединяются с волокнами поврежденного ОК с помощью механических соединителей

Наличие концевых отрезков в данной ВОКВМ создает существенное преимущество при осуществлении контроля затухания в процессе монтажа СМ с помощью только оптического тестера (без необходимости применения рефлектометра) Кроме того, концевые отрезки многоэлементной ВОКВМ-2, соединенные между собой с помощью одного СОР, могут эффективно заменить одноэлементную ВОКВ [30].

Промежуточные отрезки ВОКВМ-2 армируются вилками СОР с двух сторон. Взаимное соединение вилок всех отрезков составной ВОКВМ-2 выполняется посредством розеток СОР (рисунок 5.6)[20].

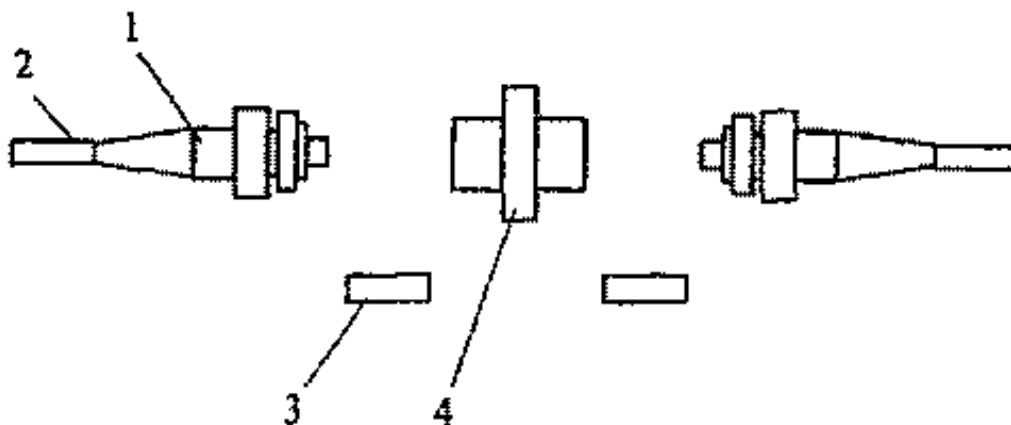


Рис.5.6.Соединение вилок СОР.

1-вилки СОР; 2–волоконные модули; 3- защитные колпачки; 4-розетка СОР

Конструкция ВОКВМ-2 позволяет более оперативно осуществлять восстановление ОК, чем при использовании ВОКВМ-1.

Рекомендуемый диапазон энергетического запаса, выделяемый на эксплуатацию оптического кабеля ВОЛП, составляет от 2 до 6 дБ. Следовательно, суммарное затухание ЭКУ при применении любого типа ВОКВ, смонтированной на поврежденном ОК, должно удовлетворять вышеуказанным значениям.

При локальном повреждении линейного ОК длина кабеля вставки должна составлять не менее 50 м. Данная величина определяется длиной вырезаемой части поврежденною ОК (по 10 м в обе стороны от места обрыва ОК с целью обеспечения гарантии целостности волокон ОК) и длиной откапываемых концов ОК по 15 м, обеспечивающих их извлечение из траншеи и выполнение монтажа ВОКВО в палатках или ЛИОК.(кабельдік).

При наличии нескольких повреждений в пределах строительной длины линейного ОК требуется значительная длина кабеля ВОКВ. Это вызывает существенное увеличение массы ОК и габаритов кабельного барабана и, тем самым, предопределяет только механизированную прокладку кабеля ВОКВ. В этом случае оперативное развертывание одноэлементной ВОКВ возможно лишь при расположении кабельной трассы вдоль автомобильных дорог.

Для оперативного перекрытия протяженных участков поврежденного линейного ОК наиболее целесообразно использовать многоэлементные

ВОКВ, конструктивные особенности которых должны обеспечивать развертывание ОК ВОКВ ручным способом.

При этом должны быть выполнены следующие требования:

- ✓ оптический кабель ВОКВМ должен иметь малые габаритные размеры и массу, удовлетворять необходимым оптическим, механическим и климатическим требованиям, обеспечивать многократную перемотку и т.д.;
- ✓ длина отрезков ОК не должна превышать 1100м;
- ✓ масса барабана с кабелем должна быть не более 60 кг;
- ✓ должна быть обеспечена возможность перемещения барабанов и размоток ОК как со специальных тележек, так и вручную;
- ✓ должна быть обеспечена оперативность монтажа ВОКВМ;
- ✓ должна быть обеспечена необходимая временная защита от внешних механических повреждений, пыли и влаги мест соединений отдельных отрезков ОК ВОКВМ.

Соединение оптических волокон поврежденного ОК с ОВ любых типов ВОКВ должно выполняться с помощью механических соединителей или сваркой ОВ. Защита мест соединений линейного кабеля и кабелей вставки (ПОКВ и ВОКВ) должна осуществляться посредством линейных разветвительных муфт с числом вводов не менее трех. ВОКВ должны комплектоваться необходимым специализированным монтажным инструментом, а также необходимой технической документацией[28].

5.5 Технические требования к элементам ВОКВ

Для ВОКВО и ВОКВМ должен использоваться оптический кабель наружным диаметром не более 7,5 мм, удовлетворяющий следующим требованиям:

- ✓ количество одномодовых ОВ: 4- 12,
- ✓ затухание ОВ: не более 0,35 дБ/км ($\lambda=1,31$ мкм) и не более 0,22 дБ/км ($\lambda= 1,55$ мкм);
- ✓ масса ОК: не более 50 кг/км;
- ✓ усилие поперечного сжатия ОК: 1,0 кН/см;
- ✓ стойкость ОК к осевому закручиванию $\pm 360^\circ$ на длине 1 м: 20 циклов;
- ✓ допустимый радиус стационарного изгиба ОК при монтаже: 150 мм;
- ✓ диапазон рабочих температур ОК: от минус 40 до 50°C;
- ✓ количество допустимых перемоток ОК: не менее 50 при температуре выше минус 10°C и не менее 20 при температуре ниже минус 10°C.

Многоэлементные ВОКВ должны поставляться и храниться на легковесных металлических барабанах, удовлетворяющих следующим требованиям:

- ✓ барабаны должны представлять собой сварную конструкцию из стальных труб диаметром около 20 мм;
- ✓ на один барабан должно помещаться не менее 1100м оптического кабеля;
- ✓ в состав кабельного барабана должна входить подставка-козлы, обеспечивающая намотку и размотку ОК, а также переноску барабана с ОК вручную.
- ✓ масса барабана с подставкой должна быть не более 10 кг.
- ✓ для транспортировки барабана с ОК вдоль трассы вручную должна быть предусмотрена тележка.

Армирование оптических волокон ВОКВМ-2 следует выполнять вилками разъемных оптических соединителей типа FC/SPC или FC/APC, обеспечивающих:

- ✓ затухание стыка 0,2-0,4 дБ,
- ✓ обратное отражение стыка - 40 дБ (FC/SPC) и - 65 дБ (FC/APC).

Для сочленения вилок должны использоваться прецизионные розетки (адаптеры).

В местах подключения временной вставки к линейному ОК должны устанавливаться разветвительные муфты, имеющие как минимум три ввода. Один из них используется для ввода линейного ОК; второй используется для ввода ОК постоянной вставки; третий - для ввода ОК временной вставки. Герметизация вводов линейного ОК и кабеля постоянной вставки обеспечивается, как правило, термоусаживаемыми трубками с подклеивающим слоем или же герметиками.

Основные типы муфт, рекомендуемых из представленных на российском рынке для восстановления поврежденного ОК, приведены в приложении Д.

Защита мест соединений отрезков ОК ВОКВМ должна осуществляться с помощью временных защитных муфт многократного применения (МЗВ), конструкция которых должна обеспечивать оперативный монтаж и демонтаж вводимых и соединяемых в ней элементов и их защиту от пыли и влаги.

Корпус МЗВ должен быть выполнен из легкого ударопрочного материала, крепление оптического кабеля ВОКВ в корпусе МЗВ должно обеспечивать стойкость к растягивающему усилию не менее 400 Н.

ВОКВ должны быть укомплектованы необходимым инструментом и принадлежностями для выполнения их монтажа.

При устранении аварий могут быть использованы технологии, основанные на централизованном, децентрализованном и комбинированном методах обслуживания ВОЛП.

Непосредственное руководство работами при авариях осуществляет начальник ЛТЦ. При задержке устранения аварии сверх установленного срока, а также при больших объемах разрушения или стихийных бедствиях на место аварии выезжает начальник или главный инженер

эксплуатационного предприятия, а также представители эксплуатационного предприятия.

Поврежденный ЭКУ определяется дежурным техперсоналом ОРП на основании данных системы управления ВОЛП. Если в линейном кабеле имеются исправные свободные ОВ, то необходимо переключить на них ЦСП. Для этого на обоих НРП, прилегающих к поврежденному участку, произвести перекоммутацию оптических шнуров на оптическом оконечном устройстве и убедиться в восстановлении нормальной работы ВОЛП, связавшись со сменным персоналом ОРП. После этого необходимо выяснить причины повреждения ОВ линейного кабеля и принять меры по их устранению [32].

Отличие технологии АВР при комбинированном методе обслуживания ВОЛП заключается в том, что создаются так называемые опорные пункты ВОЛП на базе существующих ЛТЦ, количество которых определяется особенностями трасс ВОЛП. Задачей опорных пунктов является обеспечение восстановления ОК по временной схеме в случае задержки прибытия АВБ эксплуатационного предприятия.

Эффективная локализация места повреждения ОК разделяется на несколько этапов:

- ✓ определение поврежденного ЭКУ с использованием системы контроля ВОЛП;
- ✓ определение с НРП (ОРП) зоны повреждения ЭКУ при помощи оптического рефлектометра или САМ-ОК (при измерениях оптическим рефлектометром необходимо строго соблюдать правила техники безопасности и инструкцию по эксплуатации на используемый прибор!);
- ✓ поиск места повреждения на местности при помощи трассопоисковых приборов;
- ✓ визуальное наблюдение места повреждения ОК.

При аварии на ВОЛП сменный персонал ОРП на основании данных системы управления ВОЛП определяет поврежденный ЭКУ и передает эту информацию в УПУ.

Полученное расстояние до места повреждения ОК по 6.8.3.8 специалист АВБ приводит в соответствие с физической длиной кабеля по формуле:

$$L_{\text{физ}} = L_{\text{опт.}} / k \quad (5.1)$$

где $L_{\text{физ.}}$ - физическая длина ОК от ближайшей муфты до места повреждения;

$L_{\text{опт.}}$ - оптическая длина ОК от ближайшей муфты до места повреждения;

k - коэффициент укорочения физической длины ОК по отношению к оптической ОК (берется из технической документации на поврежденный участок).

После определения физической длины ОК от ближайшей муфты до места повреждения специалист АВБ ЛТЦ (эксплуатационного предприятия) по планшетным схемам определяет место повреждения на карте.

В том случае, если точность определения места повреждения на карте по какой-либо причине (большое расстояние до места повреждения, отсутствие в технической документации оптических расстояний до муфт со стороны проведения измерений и т.п.) вызывает сомнения, то измерения повторяют с другого НРП.

Подключив генератор трассопоискового прибора на КИП к бронепокрову ОК, проверяют наличие сигнала генератора в 40 - 50 метрах от КИП. Затем АВБ выезжает в район повреждения и по уровню генератора определяет с поверхности земли место повреждения ОК.

Если место повреждения кабелеискателем не определяется (например, когда внешние покровы ОК не повреждены), то участок предполагаемого повреждения перекрывается ВОКВ:

- а) между соседними муфтами,
- б) на расстоянии примерно 30 м в каждую сторону от предполагаемого места повреждения.

Для поддержки связи с остальной частью АВБ №1 и охраны генератора у КИП остается член АВБ с переносной радиостанцией.

В зависимости от технических возможностей служебная связь может быть телефонной оптической, телефонной электрической, радиотелефонной и комбинированной. Она обеспечивается при помощи средств служебной связи, входящих в комплект оснащения ЛИОК, а также радиостанций, установленных стационарно на автомашинах.

Каналы служебной радиотелефонной связи организуются при помощи радиостанций, либо при помощи альтернативных видов связи (сотовая, транкинговая, спутниковая и т.д.).

Если протяженность канала превышает радиус действия имеющихся радиостанций, может быть применена ретрансляция через оператора промежуточной радиостанции, временно разворачиваемой в определенном месте на трассе кабельной линии, либо через стационарный автоматический ретранслятор.

Применение ретрансляции дает возможность осуществлять непрерывную радиосвязь с движущейся вдоль трассы кабеля бригадой.

При наличии оптических телефонов связь между аварийно-восстановительной бригадой и необслуживаемым регенерационным пунктом осуществляется путем включения «пигтейла» со стороны повреждения через механический соединитель по оптоволокну, номер которого определен технологической картой аварийно-восстановительных работ, и через переходную розетку и «патчкорд».

В целях обеспечения большей надежности работы ВОКВ рекомендуется при наличии возможности заглублять ВОКВ и МЗВ в грунт не менее, чем на 0,25 м.

После обнаружения места повреждения ОК необходимо откопать две траншеи длиной не менее 5 м, начала которых находятся в 10 м от места повреждения * (рисунок 5.7).

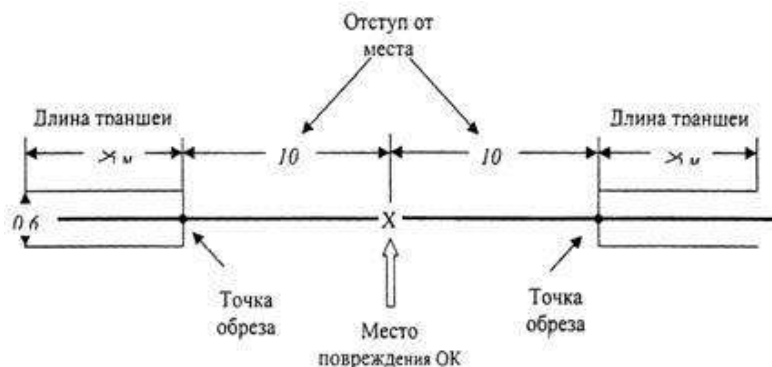


Рис.5.7-Схема траншеи при восстановлении

В начале траншеи “А” со стороны повреждения ОК обрезаются (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 или размещается ЛИОК.

Аналогичные работы проводят со стороны траншеи “Б”.

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 [28].

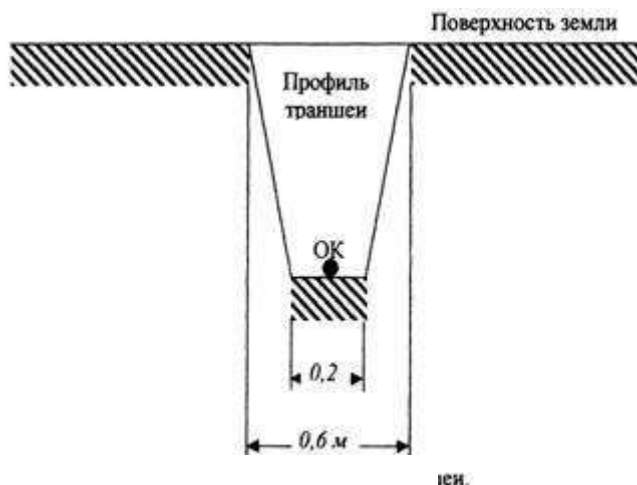


Рис.5.7-Профиль траншеи

В песчаных грунтах естественной влажности котлованы (траншеи) глубиной до 1 м могут разрабатываться с небольшими откосами стен (с крутизной откосов 1:0,25) без крепления стен. При глубине свыше 1 м 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.

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 ВОКВ.

Для откачки воды из колодцев, котлованов и траншей используются переносные (или перевозимые на специальных прицепах) насосы.

После визуального обнаружения локального места повреждения линейного ОК для организации временной связи с помощью одноэлементной ВОКВ выполняются следующие основные мероприятия:

- ✓ откапываются две траншеи длиной не менее 5 м, начало которых находится на расстоянии около 10 м от места повреждения ОК (рисунок.7);
- ✓ отрытый ОК разрезается на расстоянии около 10 м в каждую сторону от места повреждения, очищается от загрязнений и заводится в ЛИОК или палатку;
- ✓ концы линейного ОК вводятся в разветвительные муфты и монтируются согласно инструкции на соответствующую муфту.
- ✓ одновременно с выполнением вышеуказанных работ разматывается одноэлементной ВОКВ длиной 50 м (или конечные отрезки многоэлементной ВОКВ длиной по 30 м каждый);
- ✓ концы ОК вставки освобождаются от защитных кожухов и вводятся в разветвительные муфты (третьи вводы муфт используются для ввода ОК постоянной вставки);

- ✓ посредством вводного устройства, штатно установленного на ОК ВОКВО, выполняется крепление и герметизация кабеля в линейной муфте;
- ✓ производится монтаж линейного ОК и кабеля ВОКВО, а также их волокон с помощью сварки или механических соединителей;
- ✓ после восстановления необходимого числа волокон линейного ОК с помощью ВОКВО измеряется затухание во временных соединениях и общие потери в линейном тракте с помощью рефлектометра;
- ✓ при обеспечении необходимых параметров в соединениях и установлении соответствия измеренного затухания энергетическому потенциалу системы, производится включение оборудования линейного тракта.

Согласно первой схеме необходимо с концов регенерационного участка с помощью рефлектометра определить места повреждения линейного ОК. Для средней длины регенерационного участка (порядка 100 км) ошибка в определении расстояния рефлектометром среднего класса в середине - самом "слабом" месте участка ($L \approx 50$ км) будет составлять:

$$\delta_s = \pm(2\text{м} + 2,0 \times 10^{-5}L) = \pm 3\text{м}$$

Данная величина погрешности должна учитываться при определении мест установки разветвительных муфт.

В установленных местах выполняется откопка ОК и котлованов для разветвительных муфт. Откопанный ОК разрезается, его концы очищаются от загрязнений и вводятся в линейные разветвительные муфты [30].

Начнем рассмотрение вопроса об измерениях среды распространения сигнала в телекоммуникациях с измерительных технологий оптических кабелей. Современные технологии высокоскоростного вещания в первую очередь основаны на использовании оптоволоконной среды, обеспечивающей в настоящее время максимально возможную пропускную способность. Для этого оптико-волоконная распределительная среда в настоящее время неуклонно развивается во всем мире, в том числе и в нашей стране. Предполагается, что в ближайшем будущем оптико-волоконные распределительные среды полностью вытеснят электрические кабельные среды. Хотя в ряде развитых государств уже сейчас коммунальное строительство учитывает привлечение оптоволоконных кабелей к эксплуатационным, последние будут применяться только в абонентской части.

В состав ВОЛП входят: оптический передатчик или генератор сигналов, интерфейс оптического генератора, оптическое волокно или кабель с неоднородностями, припоями, местами соединения различных кабелей, промежуточные станции или ретрансляторы и приемник оптического сигнала. Кроме того, в состав ВОЛП входят приемная система передачи электрического сигнала и объединяющая аппаратура, обеспечивающая преобразование электрического сигнала в оптический сигнал. Важными

точками измерения являются параметры оптоволокна, точки соединения с аппаратурой приема/распределения и регенерации, точки соединения различных кабелей и сварные узлы, а также возможные неравномерности в кабеле, которые обычно приводят к деградации качества связи. Спецификация производственного анализа кабелей включает в себя измерение следующих параметров:

- ✓ интерференция оптического волокна;
- ✓ полоса пропускания и дисперсия;
- ✓ длина волны фильтрации;
- ✓ профиль показателя преломления;
- ✓ цифровая апертура;
- ✓ диаметр модального поля;
- ✓ геометрические и механические характеристики оптоволокна;
- ✓ энергетический потенциал и чувствительность фотоприемного устройства;
- ✓ уровень оптической мощности устройств.

Для анализа оптико-волоконно-распределительной среды используется следующая измерительная техника:

- ✓ оптические измерители мощности;
- ✓ стабилизированные источники сигнала;
- ✓ измерители потерь в оптической линии;
- ✓ переменные оптические аттенюаторы;
- ✓ оптические рефлектометры.

Оптические измерители мощности (Optical Power Meter - OPM) используются для измерения оптической мощности сигнала, а также затухания в кабеле. Эти измерители являются столь же распространенным прибором для инженеров, связанных с оптоволоконными системами, как мультиметр для инженеров-электронщиков [31].

Стабилизированные источники оптического сигнала (Stabilized Light Source - SLS) служат для внесения в оптическую линию сигнала заданной мощности и длины волны. Оптический измеритель мощности принимает этот сигнал и, таким образом, оценивается уровень затухания, вносимого оптическим кабелем. Иногда в качестве стабилизированных источников оптического сигнала используются источники сигнала линейного оборудования. Лучший способ определить полное затухание в оптическом волокне-это подать световой сигнал определенного уровня на один конец волокна, а затем измерить его уровень, когда другой этот сигнал выходит из другого края. Разница между этими двумя уровнями, измеренная децибеллом, называется полным затуханием. Для более точных измерений целесообразно использовать калиброванный источник света или оптический ваттметр. Но при измерении источником света и оптическим ваттметром нельзя определить, является ли затухание сильным по длине волокна или оно установлено в одном «слабом» месте. При работе с оптическим рефлектометром получается график «уровень сигнала, зависящий от

расстояния», который необходим для определения места возникновения дефектов в волокне.

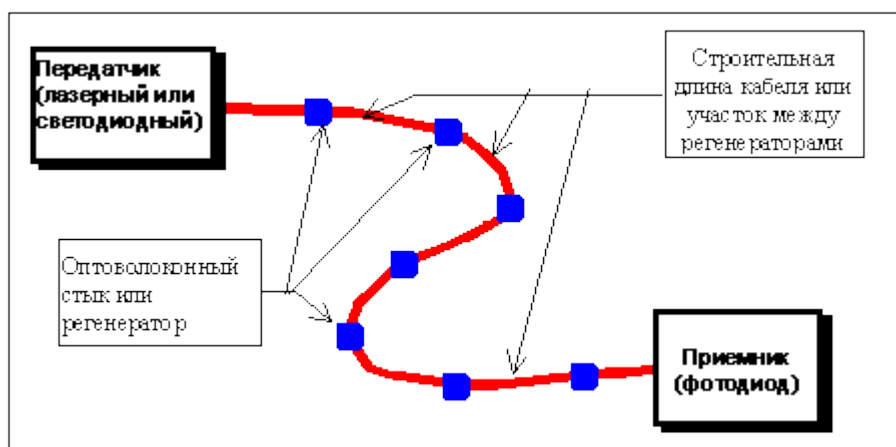


Рис.5.8-Типичная волоконно-оптическая линия связи

Оптический рефлектометр (Optical Time Domain Reflectometer, OTDR) – это электронно-оптический измерительный прибор, используемый для определения характеристик оптических волокон. Он определяет местонахождение дефектов и повреждений, измеряет уровень потерь сигнала в любой точке оптического волокна. Все, что нужно для работы с оптическим рефлектометром, – это доступ к одному концу волокна.

Оптический рефлектометр производит тысячи измерений по всей длине волокна. Точки с результатами измерений находятся друг от друга на расстоянии от 0,5м до 16м. Эти точки выводятся на экран и образуют наклонную линию, идущую слева направо и сверху вниз. При этом по горизонтальной оси графика откладывается расстояние, а по вертикальной – уровень сигнала. Выбрав с помощью подвижных курсоров две любые точки с результатами измерений, можно определить расстояние между ними и разницу между уровнями сигнала в этих точках.

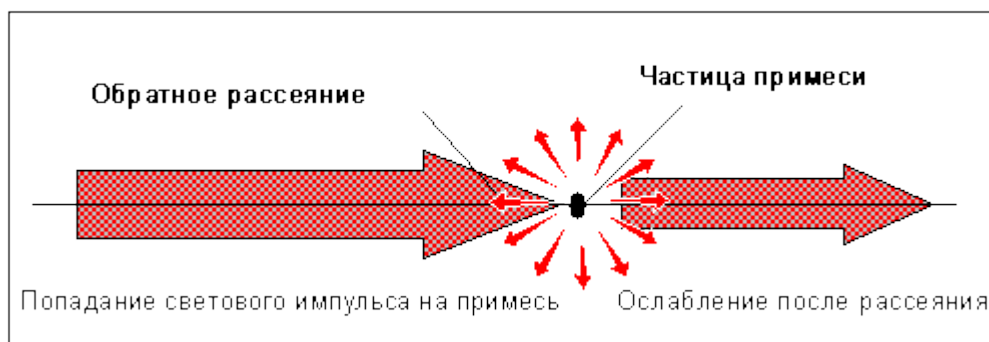


Рис.5.9–Релеевское рассеяние

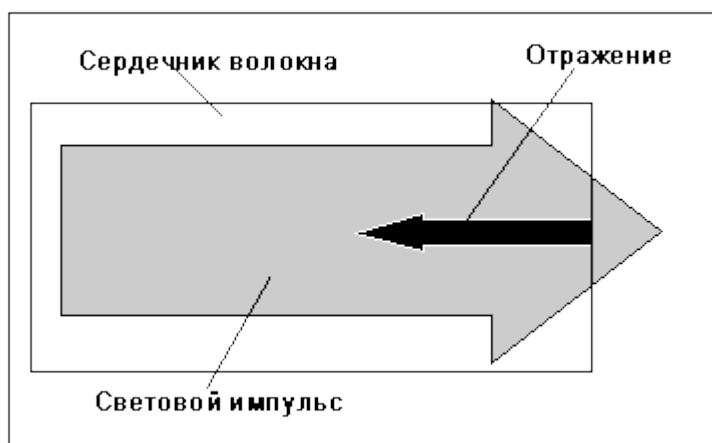


Рис.5.10–Френелевское отражение



Рис.5.11–Вид оптического рефлектометра

Способы применения оптического рефлектометра. Оптический рефлектометр используется для следующих целей:

- ✓ для проверки волокна в сигнале и подтверждения его технических характеристик, для приема волоконной линии и ввода ее в строй, для измерения полных потерь;
- ✓ измерение потерь в механических и сварных соединениях (месте соединения оптического волокна) при монтажных, строительных и ремонтных работах;
- ✓ измерение отражений и оптических потерь в оптических разъемах и механических соединениях;
- ✓ определение места обрыва и дефектов волокон;
- ✓ выявление постепенного или внезапного нарушения качества волокон, сравнивая их характеристики с утвержденными результатами предварительного тестирования.

Для измерения характеристик оптического волокна рассмотрим явления релеевского рассеяния и отражения Френеля. Направляя световой импульс на волокно и измеряя время его распространения, интенсивность отражения от точек внутри волокна, рефлектометр выводит на экран дисплея

рефлектограмму «уровень отраженного сигнала, зависящий от расстояния». Оптический рефлектометр состоит из лазерного источника света, оптического измерителя, разветвителя, дисплея и контроллера. Лазер посылает световые импульсы по команде контроллера. в разных условиях измерения можно выбрать разные длительности импульса. Свет проходит через разветвитель и входит в оптоволокно. Разветвитель имеет три порта: один для источника света, один для проверяемого волокна и еще один для измерителя. Разветвитель-это устройство, которое позволяет свету распространяться только в определенном направлении, то есть от лазерного источника к проверяемому волокну и от проверяемого волокна к измерителю. Свет не может проходить напрямую от источника к измерителю. Таким образом, импульсы направляются от источника света к проверяемому волокну.

Измеритель-это фотоприемник, который измеряет уровень мощности света, поступающего от проверяемого волокна. Он преобразует оптический Луч в электрические сигналы соответствующего уровня-чем больше мощность оптического луча, тем выше уровень электрических сигналов. в состав измерителя входит электрический усилитель для повышения уровня электрического сигнала.

Отражение Френеля в 40000 раз сильнее обратного рассеяния. Такую величину измеритель не может измерить-она приводит к перегрузке и насыщению. Поэтому электрический сигнал «вырубается» при достижении максимального уровня выходной мощности измерителя. Когда проверяющий импульс достигает края волокна, это приводит к тому, что измеритель «ослепляется» до окончания импульса. Этот «слепой» период называется мертвой зоной.

Контроллер-это мозг оптического рефлектометра. Он говорит лазеру, когда отправлять импульс, получает данные об уровнях мощности от измерителя, рассчитывает расстояние до точек рассеяния и отражения в волокне; в нем хранятся отдельные точки измерений, передает информацию на дисплей.

Одной из основных частей блока контроллера является очень точная схема синхронизации, которая говорит лазеру, когда он должен отправить импульс, получает данные об уровнях мощности от измерителя, вычисляет расстояние до точек рассеяния и отражения в волокне, где сохраняются отдельные точки измерения, которые передают информацию на дисплей[31].

5.6 Методика контроля затухания ростков оптического волокна при монтаже стационарной кабельной вставки

Затухание в соединениях измеряется оптическим рефлектометром оптического волокна при монтаже. В качестве основного метода предлагается метод однократного измерения суммарного затухания оптического волокна в двух соединениях на концах кабельной вставки. В качестве альтернативы-методика измерения затухания каждого контакта кабельной вставки отдельно (традиционный метод). Суммарные отключения в двух соединениях ОВ по краям кабельной вставки не должны превышать: 0,2 дБ в 100% подключений, 0,1 дБ в 50% подключений. Суммарное затухание в двух соединениях ОВ по краям кабельной вставки не должно превышать: 0,2 дБ в 100% подключений, 0,1 дБ в 50% подключений [28].

На основании методики однократного измерения суммарного затухания в двух соединениях по концам кабельной вставки измерение производится в следующем порядке:

а) измерение выполняется с одной стороны, от ближайшего края кабельной вставки регенерационного участка.

б) в процессе измерения вставка рассматривается в рефлектограмме как одно приложение, измерение выполняется в соответствии с техническими характеристиками оптического рефлектометра по методике измерения затухания соединения

в) параметры оптического рефлектометра, в том числе длительность

г) параметры оптического рефлектометра, в том числе длительность зондирующего импульса и время усреднения, должны быть выбраны таким образом, чтобы отношение сигнал/помеха SNR в месте отображения вставки на рефлектограмме удовлетворяло условию

$$SNR \geq a_3, \text{дБ.}$$

a_3 значение рассчитывается по формуле:

$$a_3 = -5 \cdot \lg(10^{a/10} - 1) \quad (5.2)$$

где a - значение измеряемой величины.

При этом длина постоянных участков оптического волокна, прилегающих к надстройке, должна быть не менее значений, указанных в таблице 5.1.

Таблица 5.1-Длина постоянных участков оптического волокна

Длительность зондирующего импульса	10нс	100нс	1мкс
Минимальная длина волокна	40м	80м	600м

д) a_c результат измерения суммарного затухания в обоих соединениях оптического волокна по концам кабельной вставки определяется по формуле:

$$a_c = a_p + \delta_1 + \delta_2 \text{ дБ} \quad (5.3)$$

где a_p – суммарное значение затухания в двух соединениях по концам кабельной вставки, определяемое по рефлектограмме, δ_1 и δ_2 – поправки.

е) δ_1 значение поправок определяется по формуле:

$$\delta_1 = (\alpha_B - \alpha_2) \cdot L_B \quad (5.4)$$

где L_B – длина кабельной вставки, км; α_B, α_2 – коэффициенты затухания оптических волокон кабельной вставки и построенная на ней строительная длина, соответственно, дБ/км. Если длина вставки $L_B \leq 400$ м, тогда $\delta_1 = 0$.

ж) Если вставка выполнена по длине одной страницы, то коррекция $\delta_2 = 0$.

Если вставка выполняется на стыке строительных длин, значение поправки определяется формулой δ_2 :

$$\delta_2 = \frac{1}{2}(a_{p2} - a_{p1}), \text{ дБ} \quad (5.6)$$

где a_{p2}, a_{p1} – результаты измерения стыков оптических волокон строительных длин до и после кабельной вставки. Они получаются при измерениях, выполненных с двух сторон до повреждения (ремонт осуществляется с этой вставкой): со стороны длины конструкции, построенной до и после вставки, соответственно с дБ.

Идентификация изнашиваемых соединений кабельной вставки осуществляется оптическим рефлектометром. Для идентификации используются методы сравнения и наложения, а исходные и текущие рефлектограммы сравниваются. Первичная рефлектограмма-характеристика обратного рассеяния, полученная в результате контрольного измерения после установки постоянной вставки.

Текущая рефлектограмма-характеристика обратного рассеяния волокна, полученная в результате периодических измерений. Рефлектограммы снимаются с одной стороны и с ближайшего края кабельной вставки с простого кабельного участка.

В качестве основного метода оценки предлагается метод сравнения, в качестве альтернативного – метод наложения [25].

5.7 Преддипломная практика и дипломная работа

Защита дипломной работы является решающим этапом в подготовке специалиста среднего уровня с техническим образованием по квалификации «130705 3Техник» «Эксплуатация линейных сооружений электросвязи и проводного вещания». Здесь выясняется способность обучающегося решать технические и научные задачи с использованием полученных знаний и дается возможность проявить свои творческие способности.

Цель выполнения дипломной работы:

- систематизация, стабилизация и развитие теоретических знаний, полученных обучающимся;
- углубление знаний обучающегося в решении конкретных задач и вопросов в соответствии с темой дипломной работы;
- обучение самостоятельной работе обучающегося при выполнении дипломной работы;
- оказание научно-технической помощи рабочим местам, занятым в данной сфере.

Пути достижения цели:

- соответствие темы дипломной работы современному уровню развития научной техники;
- конкретность темы и актуальность решаемой проблемы;
- хорошее использование обучающимся достижений науки и техники, в том числе информационных технологий;
- высокий научно-теоретический и технический уровни дипломной работы;
- научное рассмотрение технико-экономических расчетов;
- правильное решение вопросов безопасности жизнедеятельности человека и охраны труда;
- соответствие рассматриваемых в работе вопросов индивидуальным способностям обучающегося.

Тему дипломной работы в начале 7 семестра должен выбрать сам обучающийся, в зависимости от специальности с помощью преподавателей ПЦК, так, чтобы она была применена на практике. Тема должна быть понятной, с учетом особенностей и максимально краткой.

Рассматриваемые в дипломной работе вопросы должны соответствовать современным технологиям. В дипломной работе углубляется научно-исследовательская работа.

Темы дипломных работ закрепляются по согласованию с обучающимися при прохождении ими производственной практики.

Тематика дипломной работы выбирается обучающимся, консультируясь со своим будущим руководителем, и при необходимости меняет некоторые места.

Темы дипломных работ обсуждаются и утверждаются на заседании ПЦК. ПЦК оглашает обучающимся свою тематику и список руководящих преподавателей. Обучающиеся имеют право выбрать другую тему, кроме заявленных тем.

Главным в создании дипломной работы считается ее задание. Задание на дипломную работу составляется обучающимся совместно со своим руководителем.

В задании должны быть указаны сроки проведения завершеного проекта в соответствии с графиком учебного процесса. Исходные данные в задании на выполнение дипломной работы включают:

- основные показатели проектируемого объекта;
- характеристики о целях решаемых задач;
- решаемые проблемы, пути и методы рассмотрения;
- сведения, необходимые для проведения технико-экономического анализа;
- способы охраны труда.

Все поручения рассматриваются на заседании ПЦК, в случае необходимости вносятся изменения и передаются обучающемуся после их подписания председателем ПЦК.

После преддипломной практики в Пцкд защищает отчет о проделанной работе за время практики и дает предложение утвердить или внести изменения в тему, руководителя дипломной работы. Тогда учебный план обучающегося считается полностью выполненным.

После издания приказа Об утверждении темы дипломной работы нельзя менять тему или руководителя. Ответственность за принятие решений и достоверность всех сведений в дипломной работе несет обладатель дипломной работы – обучающийся.

Объем дипломной работы должен быть предоставлен так, чтобы обучающийся смог выполнить ее за два-три месяца. Дипломная работа начинается во время практики. При выполнении дипломной работы обучающийся и руководитель должны встречаться и обсуждать итоги работы не реже одного раза в неделю.

Выполнение дипломной работы состоит из трех этапов.

На первом этапе происходит сбор данных, необходимых для выполнения дипломной работы. В дипломной работе проводится работа по ознакомлению с литературой и научными статьями, а также нормативными и справочными данными по рассматриваемым вопросам. В принципе, эти работы выполняются на практике. Работы, выполненные на данном этапе, считаются первой частью дипломной работы.

На втором этапе разрабатывается основной проект. Все расчеты, доказательства, обработка структурных и алгоритмических схем, технико – экономические доказательства, расчеты труда и техники безопасности и другие вопросы должны быть выполнены на данном этапе. В это время ведущий должен работать в тесном контакте с обучающимся.

На третьем этапе обучающемуся необходимо нарисовать схемы и рисунки в соответствии с нормативами и стандартами, привести в порядок техническую документацию.

В конце дипломная работа с отзывом руководителя и подписями консультантов должна быть указана в ПЦК. Затем проводится подготовка к предварительной защите диплома. Завершенный графическим материалом вид дипломной работы представляется на рецензию. После получения отзыва от рецензента дипломная работа направляется на защиту после подписания заместителем директора по УВР.

Состав дипломной работы:

- аннотация на казахском, русском и английском языках (в объеме 0,5 - 1 страницы) ;
- содержание комментируемого письма;
- введение;
- технологический отдел;
- специальный отдел;
- экономический отдел;
- обработка расчетов и инженерных решений по обеспечению безопасности жизнедеятельности;
- заключение;
- список использованной литературы;
- графический раздел и приложения должны стоять.

Аннотация

В аннотации излагается краткое содержание объема работы, выполненной в дипломной работе /какие вопросы решены/ на государственном и русском языках. В аннотации указываются вид учебной работы, описание изделия (объекта) и его основные характеристики (цель работы, темы и причины ее написания), основные особенности работы (правильный анализ и решение вопроса, рекомендации). В аннотации нет необходимости повторять содержание работы.

Общий объем аннотации не должен превышать (0,5-1) страниц. «АННОТАЦИЯ» пишется заглавными буквами, по центру листа и без нумерации страниц.

Содержание

В содержании учебной работы обязательно должны быть указаны названия и номера разделов, подразделов, а также такие элементы, как пояснительная записка, введение и Заключение, Список использованной литературы, приложения и номера страниц их расположения.

Изложение входит в общий объем данной работы. Слово «СОДЕРЖАНИЕ» пишется с большой буквы в центре строки, без нумерации страниц. Названия тем, включенных в состав содержания, пишутся с первой большой буквы, остальные-со строчной. (Приложение В).

Введение

Введение является первой частью методики обучения. Слово «ВВЕДЕНИЕ» пишется с большой буквы в середине строки в качестве заголовка и страница не нумеруется. Введение в краткой форме должно отражать состояние научно – технических проблем в настоящее время и аргументированность поставленных задач в выполняемой работе. Во введении излагается современное состояние рассматриваемой проблемы, необходимость ее проработки, после чего кратко излагаются работы, решенные (выполненные) в данной дипломной работе.

Техническая часть

На стадиях технического проектирования дипломной работы обрабатываются отдельные, функционально завершенные разделы проекта. В технической части дипломной работы разрабатывается часть проектируемой системы, выполняющая одну определенную задачу. В зависимости от дипломной работы они могут быть разных направлений.

Специальная часть

Рассматривается задание, данное руководителем на производстве во время прохождения практики.

Часть экономического анализа

При задании технико – экономической части основное его направление определяется дипломным руководителем, а возможность и полнота его выполнения определяются консультантом по экономике. Поэтому перед утверждением задания на дипломную работу необходимо договориться с консультантом экономического отдела. В экономическую часть необходимо вставить элементы редактирования бизнес-плана всего проекта или раздела специальности.

Часть о труде и безопасности жизнедеятельности

Задачи части охраны труда, охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности человека также должны быть тесно связаны с проблемами, решаемыми в основной дипломной работе. Производятся расчеты для конкретной проектируемой системы или подсистемы и для безопасности жизни и жизнедеятельности обслуживаемого человека. Анализируются все опасные ситуации на проектируемом объекте, сравниваются пути их защиты и обосновываются принимаемые меры с технико-расчетной точки зрения. Помимо вопросов безопасности жизнедеятельности человека, охраны окружающей среды, здесь также должны рассматриваться вопросы противопожарной защиты, технической эстетики, экономики, инженерной психологии и др. В данном разделе не рекомендуется прописывать только общие правила охраны труда и техники безопасности. Здесь проектируемый объект технически решает один или несколько вопросов об условиях охраны труда, предотвращения загрязнения окружающей среды, безопасности жизнедеятельности человека.

Разработчик дипломного проекта, которому дано задание в данном разделе, консультируется со своим руководителем, анализирует основные опасные и вредные ситуации, определяет основные решаемые вопросы и

затем указывает их консультанту, закрепленному за данным разделом. Консультант проверяет правильность постановки в задании вопросов, которые необходимо решить, уточняет их, при необходимости дополняет, после чего закрепляет данный раздел Задания и подписывает его. По просьбе обучающегося оказывает ему консультацию-помощь. После полного составления дипломной работы проверяет правильность решения вопросов данного раздела и подписывает его.

Заключение

Заключение должно содержать результаты работы в соответствии с заданием. В текстовой части заключения дается технико-экономическая оценка выполненной работы, указываются научные, социальные ценности.

В заключение дипломной работы излагаются результаты проделанной работы, выносимые из них решения, возможности их применения в народном хозяйстве и пути развития этих проблем в будущем.

Слово «ЗАКЛЮЧЕНИЕ» пишется с большой буквы в качестве заголовка в середине строки, а граф на странице не проставляется.

Список литературы

Литература, использованная в дипломной работе, приводится под заголовком «СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ». Список литературы пишется по ссылке в пояснительной записке к дипломной работе. В нем указываются фамилия, имя, отчество автора, название литературы, город происхождения, Название типографии, издающей литературу, год издания и объем страниц.Словосочетание«СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ» пишется с большой буквы в качестве заголовка в середине строки и не помещается на странице.

Элементы структуры списка использованной литературы нумеруются арабскими цифрами и записываются с абзацного отступа. (Приложение Г).

Чертежные работы

Чертежные работы состоят из 5 страниц формата А4. В этих работах приводятся исполнительные, структурные, принципиальные, монтажные схемы, каналные карты путей связи, строительные схемы, материалы математического и программного обеспечения, таблицы и графические диаграммы.

Чертежные работы должны быть написаны дипломным руководителем, рецензентом и преподавателями кафедры, которые проверяют правильность оформления.

Приложение

Материалы, не помещенные в основную часть дипломной работы: объемные таблицы; способы вывода формул; программы представляются в виде дополнительных схем. Каждый из них начинается с отдельной страницы и нумеруется. Основной текст дипломной работы с приложением содержит ссылку на приложение.

Каждое приложение начинается с новой страницы. Если их больше одного, то приложения обозначают прописными буквами русского алфавита, начиная с А, вводя остальные, только буквы Е, З, Й, О, Ч, Ы, Ь не

употребляются. После слова сложения соединяется буква, обозначающая порядок. После слова «Приложение» пишется буква, указывающая на его порядок. Слово «Приложение» начинается в середине строки с заглавной буквы в качестве заголовка, а в остальном пишется со строчной буквы, страницы не проставляется.

Текст каждого приложения при необходимости делится на разделы, подразделы, пункты, подпункты. В приложении разделы, подразделы, пункты, подпункты, схематические работы, таблицы, формулы нумеруются в пределах каждого приложения. Перед номером пишется эта дополнительная буква [32].

ПРАКТИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

Практическая работа №1

Измерение параметров волоконно-оптических линий связи с помощью оптического рефлектометра.

Цель работы: изучение методики импульсных измерений на волоконно-оптических путях связи, знакомство с принципами работы оптических рефлектометров, приобретение навыков построения и чтения оптических рефлектограмм.

Задание 1. Схематично построим рефлектограмму оптико-волоконной системы связи по следующим условиям:

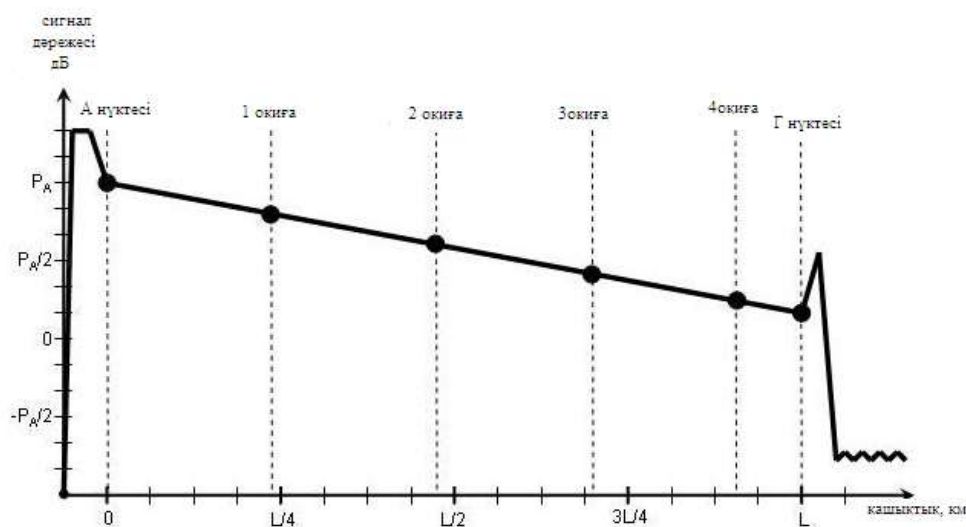


Рис. 1. Рефлектограмма оптико-волоконной системы связи

- Между точками А и В наблюдается изгиб волокна, например, А=35 км;
 - Между точками В и С расположена соединительная муфта. В=12 км;
 - Между точками С и Д имеется нарушенная трещина. С=16 км;
 - Между точками Д и Е наблюдается изгиб волокна. Д=15 км, Е=17 км;
- В конце пути обрыв.

Задание 2. Рассчитаем параметры оптико-волоконного пути связи по данным, полученным с помощью оптического рефлектометра.

Например,

$$\alpha_1=0.22\text{дБ}, \alpha_2=0.14\text{дБ}, \alpha_3=0.23\text{дБ}, \alpha_4=0.19\text{дБ}, \alpha_{\text{ов}}=0.14\text{дБ}, \alpha_{\text{бв}}=0.78\text{дБ};$$

$$l_1=5.3\text{км}, l_2=8.1\text{км}, L=18\text{км}, P_a=28\text{км};$$

Вычислительные уравнения:

$$\alpha_{\text{тол}}=L*\alpha_{\text{ов}}+\alpha_1+\alpha_2+\alpha_3+\alpha_4$$

$$\alpha_{\text{AB}}=l_1*\alpha_{\text{ов}}+\alpha_1$$

$$\alpha_{\text{BC}}=(\alpha_{\text{бв}}-\alpha_2)/\alpha_{\text{ов}}$$

$$\alpha_{\text{AE}}=(\alpha_2*\alpha_{\text{ов}}+\alpha_3+\alpha_4)/l_2$$

Задание 3. Находим длину оптического волокна.

$$L=c*t/n$$

$$L=n_0*L_0/n_1$$

$$dL=L-L_0$$

$$\gamma=dL/L_0$$

Таблица 1.1-Варианты по заданию

Нұсқа	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
А,км	33	30	27	37	36	38	35	29	34	30
В,км	11	8	10	9	15	13	12	6	12	11
С,км	17	15	12	14	18	19	16	11	17	18
Д,км	11	12	8	10	13	12	15	13	9	9
Е,км	11	10	9	15	14	13	17	12	14	10
α_1 ,дБ	0,25	0,23	0,20	0,19	0,26	0,24	0,22	0,18	0,21	0,22
α_2 ,дБ	0,09	0,11	0,12	0,1	0,08	0,15	0,14	0,13	0,09	0,11
α_3 ,дБ	0,17	0,21	0,20	0,19	0,18	0,22	0,23	0,16	0,24	0,17
α_4 ,дБ	0,14	0,27	0,15	0,16	0,20	0,21	0,19	0,22	0,24	0,13
$\alpha_{\text{ов}}$,дБ/км	0,17	0,16	0,19	0,15	0,18	0,19	0,14	0,2	0,13	0,15
$\alpha_{\text{бв}}$,дБ	0,87	0,73	0,98	0,93	1,07	1,33	0,78	1,13	0,69	1,03
l_1 ,км	7	9	6,5	8,3	5	8	5,3	8,5	7,5	7,9
l_2 ,км	8,4	9,1	9	10,2	7,5	11,8	8,1	8,5	7,9	10
L ,км	20	22	20	24	18	26	18	22	20	24
P_A ,км	30	28	32	30	34	32	28	34	34	28
событие 1	М	И	Т	М	И	Т	М	И	Т	М
событие 2	Т	М	И	Т	М	И	Т	М	И	Т
событие 3	И	Т	М	И	Т	М	И	Т	М	И
событие 4	М	И	Т	М	И	Т	М	И	Т	М
t ,нс	24	31	26	19	20	25	28	33	24	29
n	1,47	1,46	1,45	1,47	1,46	1,45	1,47	1,46	1,45	1,47
n_1	1,48	1,44	1,46	1,45	1,47	1,48	1,44	1,45	1,47	1,43
n_0	1,47	1,46	1,45	1,47	1,46	1,45	1,47	1,46	1,45	1,47
L_0 ,км	50	62	71	28	46	53	81	33	48	61

Задание 4. Коэффициент битовой ошибки по заданному значению Q-фактора следует вычислить по формуле (1.1).

$$\text{BER}(Q)=1/2\text{erfc}\left(\frac{Q}{\sqrt{2}}\right)\approx\frac{\exp(-Q^2/2)}{Q\sqrt{2\pi}} \quad (1.1)$$

Задание 5. Необходимо рассчитать заданное значение уровня предварительного сигнала и рассчитать стандартное отклонение значения добротности по формуле (1.2) и коэффициента битовой ошибки по формуле (1.1).

$$Q=\frac{[\mu_1-\mu_0]}{\sigma_1-\sigma_0} \quad (1.2)$$

Задание 6. Требуемое количество передаваемых битов сигнала по заданному значению уровня надежности принимаемого CL сигнала следует вычислять по формуле в статье 2 при отсутствии ошибок в цепи.

Таблица 1.2-Инструкции по уровню надежности сигнала

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Q,дб	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
μ_1	24	33	17	42	31	28	19	21	14	17
μ_0	11	17	3	25	22	17	10	9	5	11
σ_1	0,7	0,5	0,4	0,11	0,15	0,9	0,2	0,5	0,3	0,9
σ_0	0,4	0,9	0,2	0,1	0,09	0,2	0,12	0,8	0,6	0,9
CL, %	75	82	79	89	91	90	88	96	85	99

Практическая работа №2

Джиттер в телекоммуникационной системе: Основные понятия, методы и методы измерения

Цель работы: познакомиться с понятием джиттер, его характеристиками и получить общие сведения о методах и способах измерения джиттера.

Методические указания:

Джиттер (англ. jitter-вибрация) - нежелательные фазовые и/или случайные частотные колебания распространяемого сигнала. Нестабильность данного генератора возникает в результате изменения параметров линии передачи во времени и различных скоростей передачи частотных составляющих одного сигнала.

Интервальная единица (UI)

Под интервальной единицей (UI, unit interval) понимается промежуток времени, обратно пропорциональный частотам данных. Этот термин часто используется при изучении джиттов.

Расстояние между максимальными и минимальными значениями джитов называется амплитудой джитов и рассчитывается с единичным интервалом (Unit Interval, UI). Один пользовательский интерфейс соответствует одному периоду тактовой частоты.

$$1UI = 1 / (1 \text{ фчисло импульсов} * f) \quad (2.1)$$

UI AES3 используется в нескольких спецификациях джитов стандарта (стандарт совместимости Audio Engineering Society для двухканального цифрового интерфейса передачи аудио), в результате чего частота семплирования и соотношение сторон по спецификации для различных данных масштабируются пропорционально.

Например, длина пользовательского интерфейса в секундах для частоты 96 кГц на половину меньше, чем у пользовательского интерфейса на 48 кГц. Требование распределения и приема по джиттерам остается в тех же пропорциях.

Межсимвольная интерференция

На графике 2 показаны варианты сигнала формата AES3 с различными данными в первых трех битах от 1-1-1 до 0-0-0. Данные известны как двухфазная маркировка (bi-phase mark), а также обязательная замена уровня перед каждым последующим битом и в случае «1» двух последовательное сменное частотно-модулированное кодирование уровня (Manchester code, FM code).

Отношение сигнала к каждой отдельной боковой (боковой) полосе, дБ:

$$R_{\text{single sideband}} = 20 \log_{10}(J\omega_i/4) [\text{дБ}] \quad (2.2)$$

Таким будет результат действия синусоидальных компонентов джиттера. С помощью анализа Фурье более сложные сигналы могут быть классифицированы на синусоидальные компоненты, и эта формула может быть использована.

Для удобства уравнение можно преобразовать путем суммирования уровней двух сторонних полос для определения суммы ошибок, для чего получим значения rms уровня J_n в наносекундах и частоту f_i в кГц:

$$R_{\text{double sideband}} = 20 \log_{10}(J_n f_i) - 104 \text{ дБ} \quad (2.3)$$

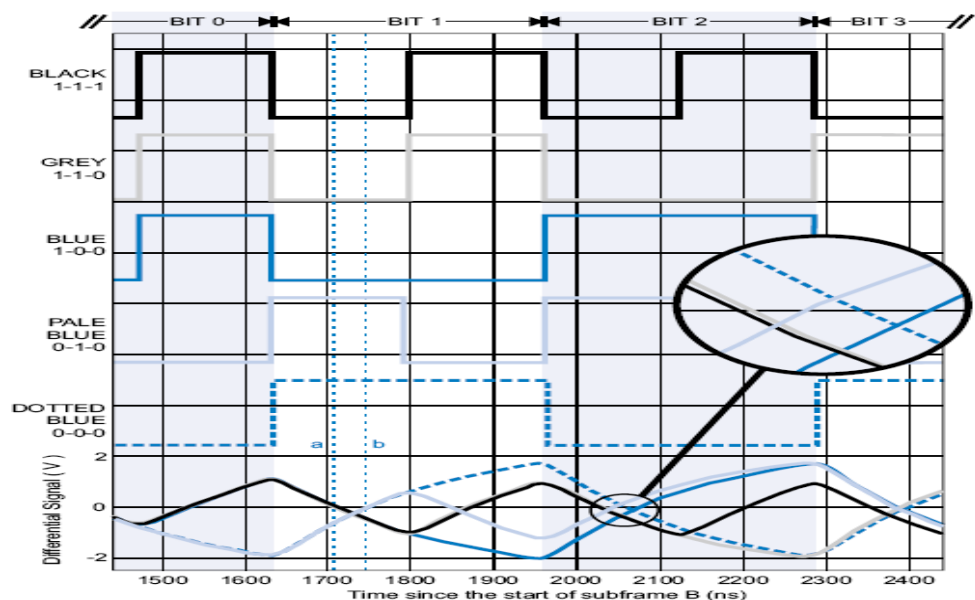


Рис.2.1. Межсимвольные помехи сигнала AES3
 С черным цветом: 1-1-1, с серым цветом: 1-1-0, с синим цветом: 1-0-0
 С синим цветом: 0-1-0 пунктирный с синим: 0-0-0

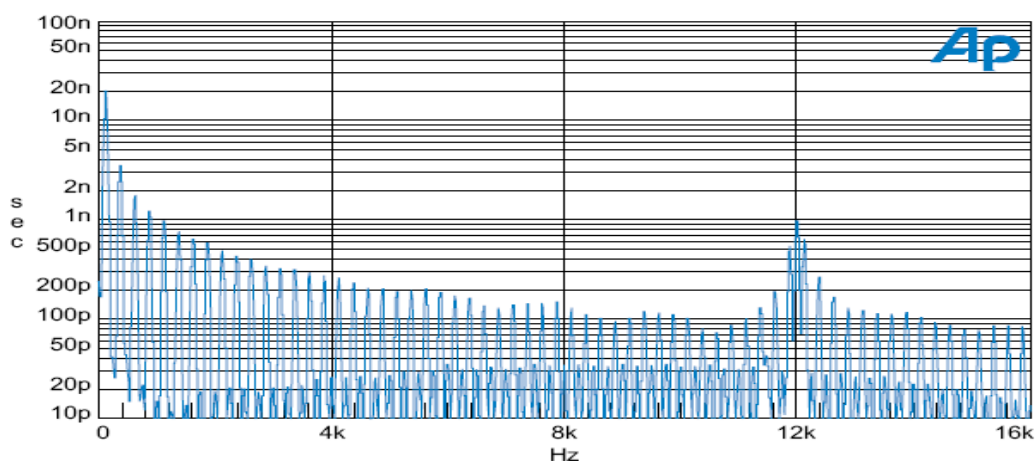
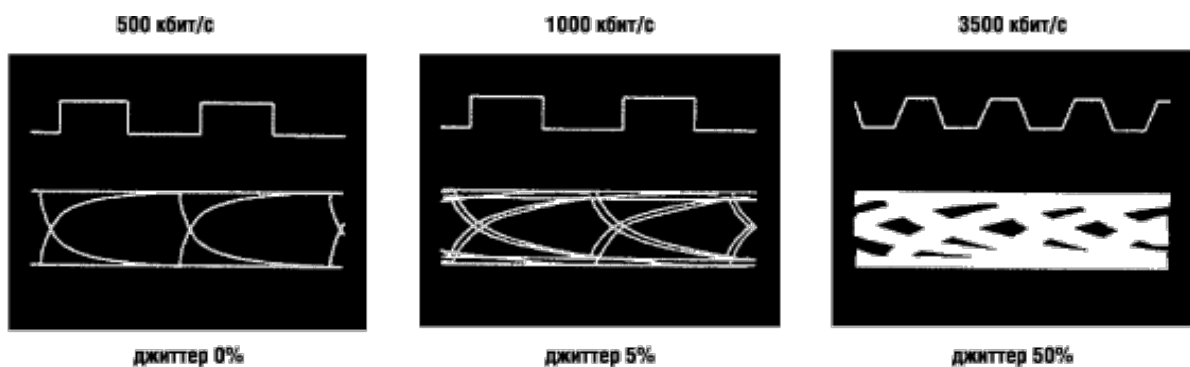


Рис. 2.2.Спектр Джиттер-теста (J-test) после прошедшего моделирования по кабелю.

Представление о значении джиттера можно рассмотреть на рис. 2.3.



Условия измерения: витая пара, длиной 500 м, резисторы по 100 Ом, трансивер SN75LBC176

Рис.2.3. Джиты на разных скоростях обмена в кабеле длиной 500 метров

На рис.2.4 показано уравнение расчета джиттов. Под интервальной единицей понимается промежуток времени, обратно пропорциональный частоте передачи данных. Максимальное смещение во времени или амплитуда джиттов-максимальное значение смещения во времени.

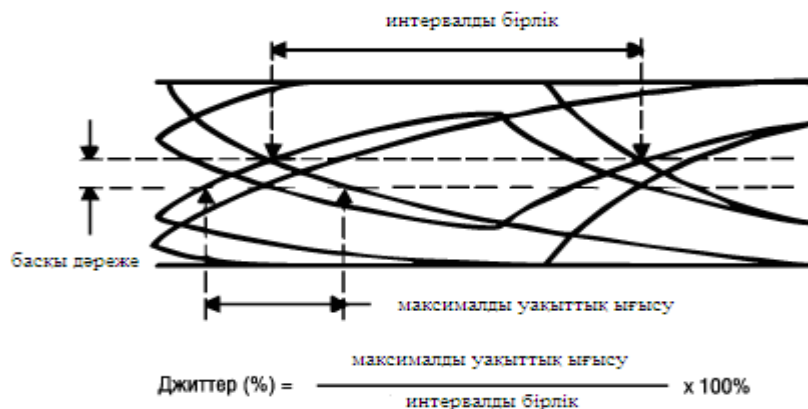


Рис 2.4.Джиттер (Jitter) и его измерение

Задание 1. Необходимо определить единицу интервала UI и сравнить полученные результаты на разных частотах, если известны следующие данные: UI определяется как минимальный номинальный временной интервал в заданной схеме кодирования. Для сигнала стандарта AES3 при передаче данных с заданными частотами по варианту дано следующее условие: 32 бита в субфрейме и 64 бита в фрейме, следовательно, после использования для кодирования двухфазной модуляции на 1 фрейм подается 128 импульсов.

Таблица2.1 – Инструкции для задания 1

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f_{1,кГц}$	36	23	56	42	34	37	67	49	53	31
$f_{1,кГц}$	72	46	112	84	68	74	134	98	106	62

Задание 2. Необходимо построить график межсимвольной интерференции сигнала, если по варианту даны следующие данные:

Таблица 2.2 - Инструкции по межсимвольным блокировкам сигнала AES3

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1сигнал	001	010	000	010	011	001	111	110	101	010
2сигнал	110	100	101	111	000	010	001	010	111	100
3сигнал	101	111	011	100	110	101	011	011	001	101

Задание 3. По рис. 2.2 следует определить отношение сигнала к каждой отдельной стороне (боковой довеске):

$$R_{\text{singlesideband}} = 20 \log_{10}(J\omega_i/4), \text{дБ}$$

Для удобства этого уравнения, используя сумму двух сторонних полос для нахождения общих ошибок и значение частоты f_i в Гц и J_n джиттов в наносекундах, получим следующее уравнение:

$$R_{\text{doublesideband}} = 20 \log_{10}(J_n f_i) - 104, \text{дБ}$$

Таблица 2.3 - Инструкция по спектру теста джиттера (J-test) после прошедшего моделирования по кабелю

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
f, kHz	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Задание 4. Расчет джиттов по варианту, построение его графика и демонстрация его общего представления о величине кабеля длиной 500 метров при различных скоростях обмена (рис. 2.4).

Таблица 2.4 - Джиттер (Jitter) и его инструкция по измерению

№	Максимальное смещение времени, нс	Интервальная единица	Скорость сигнала
1	12	56	500
2	20	64	600
3	31	75	700
4	40	84	800
5	24	55	900
6	11	60	1000
7	23	89	1500
8	36	95	1600
9	15	78	1700
10	30	80	1800

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Классифицировать виды повреждений кабелей.
2. Каковы основные причины повреждения кабелей?
3. Какими способами обеспечивается восстановление при аварийных повреждениях?
4. В каких случаях применяется временная схема организации связи по ВОЛП?
5. В каких случаях применяется постоянная схема организации связи по ВОЛП?
6. От каких факторов зависит скорость роста дефектов?
7. Каковы основные требования к организации аварийно-восстановительных работ?

8. Какова последовательность выполнения земляных работ при ликвидации аварий?

9. Как осуществляется прокладка и монтаж Одноэлементного кабеля во временной оптической кабельной вставке?

10. Как осуществляется прокладка и монтаж Многоэлемента во временной оптической кабельной вставке?

11. Каковы основные критерии выбора длины вставки постоянного оптического кабеля?

12. Каковы основные этапы локализации места повреждения?

13. Какова технология контроля качества оптоволоконного соединения при кабельной вставке?

14. Каков порядок измерения затухания ростков оптического волокна при монтаже?

КРАТКОЕ РЕЗЮМЕ

В итоге в данном разделе были использованы специальные средства при выполнении планово-предупредительных аварийно-восстановительных работ. Планово-профилактические работы на линиях кабелей связи проводятся по плану, утвержденному инженером предприятия в соответствии с правилами. Анализируются результаты измерений параметров кабельной конструкции. Организация технологий проведения работ по восстановлению работоспособности поврежденной кабельной сети.

Список рекомендуемой литературы и дополнительных источников

1. Чернышев Е.И. Линейные сооружения связи: учеб. пособие для ссузов. - Волгоград: Ин-Фолио, 2010. - 192с.

2. Электрические кабели связи и их монтаж: учеб. пособие для вузов/ Э.Л.Портнов, А.Л.Зубилевич. -2-изд.,стереотип..-М.:Горячаялиния-Телеком, 2010. -264с.

3. Ниеталин Ж.Н. и другие “Электр-байланысының бағыттаушы жүйелері” оқу құралы – Алматы, 2005ж.

ГЛОССАРИЙ

Вольт-единица измерения напряжения.

Кулон – единица электрического заряда.

Напряжение (разность потенциалов) – величина, равная отношению электростатической работы поля при перемещении заряда из начальной точки в конечную.

Напряженность электрического поля-векторная величина, характеризующая электрическое поле в данной точке и равная отношению силы, действующей на точечный заряд поля в данной точке, к величине этого заряда.

Неполярные диэлектрики-вещества, в молекулах и атомах которых совпадают (сходятся) центры распределения положительных и отрицательных зарядов.

Поляризация-смещение связанных положительных и отрицательных зарядов диэлектрика от воздействия внешнего электрического поля на противоположную сторону.

Полярные диэлектрики-центры распределения положительных и отрицательных зарядов в молекулах не совпадают (не совпадают).

Потенциал-скалярная величина, энергетически характеризующая электростатическое поле и равная отношению потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду.

Потенциальное поле-поле, работа которого равна нулю при перемещении заряда по замкнутой траектории.

Проводники-это вещество с заряженными частицами, способное перемещаться под действием электрического поля.

1 фарад -единица измерения электрической емкости.

Эквипотенциальная поверхность-место геометрических точек с равными потенциалами в электрическом поле.

Электризация-это процесс, в результате которого в теле образуется электрический заряд.

Электрический диполь-молекула, которую можно рассматривать как совокупность двух точечных зарядов на определенном расстоянии друг от друга с противоположными символами, равными по модулю на больших расстояниях.

Электрический заряд (количество электричества) q -величина, характеризующая свойство тела или частицы вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая интенсивность такого взаимодействия.

Электродинамика-наука о свойствах электромагнитного поля законами природы.

Электромагнитное поле-поле, в котором происходит взаимодействие между электрически заряженными телами или частицами.

Электростатика-раздел электродинамики, посвященный изучению электрически заряженных тел в покое.

Электростатическая индукция-явление перестановки зарядов в проводнике, введенном в электрическое поле.

Электростатическое поле-электрическое поле неподвижных зарядов.

Акцептор (ассептов-принимаящий-принимаящий)-легирующий атом, способный втягивать электрон из валентной зоны внутри полупроводника, что связано с образованием дефекта в валентной зоне.

Аналоговая интегральная схема (аналоговая интегральная схема)-интегральная схема, при которой прием, преобразование, усиление сигналов и передача сигналов осуществляются путем изменения напряжения (тока) без перерыва (паяльника).

Анод (движение вверх-anodos) - электрод электронного или электротехнического прибора (например, гальванического элемента электронной лампы электровакуумного прибора), для которого характерно направление движения электронов во внешней цепи от него наружу. В электронных приборах А. подключается к положительному полюсу источника электрического тока и подает ему большой потенциал.

Бинистор [bini-два и (тир) истор] тиристор с двумя управляющими электродами. р-п-выполнен на основе четырехслойной структуры типа р-п, т. е. имеет переход р-п, расположенный один за другим.

Блок-функционально готовая часть радиоэлектронной аппаратуры, выполняющая какую-либо определенную функцию (например, усиление, преобразование или возбуждение электрических сигналов).

Варикап [varicap, var(alle)-переменный и cap(a city)- емкость] полупроводниковый диод с прямолинейной нелинейной зависимостью барьерной емкости р-п-перехода к заданному обратному напряжению.

Вентиль (ventil - клапан) - электрические приборы с высокой и низкой проводимостью в зависимости от направления электрического тока.

Индикатор (жидкокристаллический) - пассивный информационный показатель, в котором используется явление электрооптического эффекта в жидких кристаллах.

Каскад-усилитель, состоящий из одного транзистора и внешних пассивных элементов.

МДП-транзистор-металл-диэлектрик (ток)- полевой транзистор полупроводниковой структуры.

Оптрон-оптоэлектронный прибор, прием и передача сигналов которого осуществляется как лучевым, так и электронным путем, прибор, в котором внутри одного сосуда размещены осветитель (лучевой диод) и светоприемник (фотодиод), между которыми отсутствует гальваническая связь.

Радиатор-устройство, обеспечивающее охлаждение полупроводниковых приборов (мощных диодов, транзисторов).

Триггер-электронная схема, элемент элементарной памяти, представляющий собой два устойчивых выходных состояния, переводимых из одного состояния в другое под действием внешних пусковых сигналов.

Фотодиод-прибор с полупроводниковым р-п π тк переходом, работа которого основана на внутреннем фотоэффекте.

Акцепторы-это смешанные атомы, которые несут бобины.

Биполярный транзистор-полупроводниковый прибор с двумя выпрямительными электрическими р-п-переходами и тремя (или более) выходами.

Диод-полупроводниковый прибор с одним выпрямляющим электрическим р-п-переходом и двумя выходами.

Динистор - диодный тиристор.

Диод Шоттки - принцип действия диод для выполнения металл-полупроводникового выпрямительного контакта.

Диффузия-процесс сглаживания концентраций носителей по объему кристалла.

Донор-это атомы смеси, которые снабжают кристаллы избыточными электронами.

Дрейф-рассеянное движение электронов в полупроводнике.

ИК-диод-полупроводниковый диод, рассеивающий кванты энергии в инфракрасной области спектра в зоне р-п-перехода.

МДП-транзистор-металл-диэлектрик-полевой транзистор с полупроводниковой структурой.

Оптрон (оптопара) - полупроводниковый прибор, в котором приемник излучения и рассеиватель излучения объединены в один корпус.

Полевой транзистор-полупроводниковый прибор, усилительная способность которого определяется потоком основных носителей, проходящих по проводящему каналу.

Стабилитрон-полупроводниковый прибор, предназначенный для работы в режиме электрических колебаний.

Стабистор-полупроводниковый прибор, напряжение которого при прямом включении незначительно зависит от тока.

Тринистор - триодный тиристор.

Тиристор-полупроводниковый прибор с двумя постоянными состояниями и тремя (или более) р-п-переходами.

Светодиод—это диод, который рассеивает кванты энергии в видимой области спектра.

Фотодиод—полупроводниковый прибор, принцип действия которого предназначен для генерации в полупроводнике под действием свободных носителей заряда.

РЭТ—радиотехника, электроника и телекоммуникации.

АВБ—аварийно-восстановительная бригада

АРП —аварийные работы по восстановлению

ВВОК —вставка временного оптического кабеля

ВОЛП—волоконно-оптическая линия передачи

КИП—контрольно-измерительный пункт

КУ—кабельный участок

ЛКС—линейно-кабельные сооружения

МВЗ—муфта временная защитная

НОРП—необслуживаемый регенерационный пункт

ОВ—оптическое волокно

ОК—оптический кабель

ПП—последний пункт

ПРП—последний регенерационный пункт

ВПОК—вставка постоянного оптического кабеля

ППР—планово-профилактические работы

РВБ—ремонтно-восстановительная бригада

МП —механический переключатель

РОС —разъем оптический съемный

СОУ —служба оперативного управления

УПУ —узловой пункт управления

ЦЛКС —цех линейно-кабельных сооружений

ЦСР —цифровые системы распределения

ЦТЭ—центр технической эксплуатации

ПКУ —простой кабельный участок

САКВОК —система автоматического контроля волоконно-оптических кабелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бокуняев В.М., Бушуев И.Р. «Электропитание устройств связи»: Учебник для вузов, -Москва, Радиоисвязь, 1998г.
2. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А. «Источники электропитания электронных устройств» - Москва: Горячая линия-Телеком, 2001г.
3. Найвелът Г.С., Мазель К.Б., Хусаинов И.И. и др. «Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры»: Справочник; Москва, Радиоисвязь, 1985г.
4. Гоовацкий В.А., Гулякович Г.Н., Конев Ю.И. «Источники вторичного электропитания» -Москва, Радиоисвязь, 1990г.
5. Тюрморязов В.Е. «Источники электропитания железной дороги, автоматики, телемеханики и связи» - Москва: транспорт, 1978г.
6. Гроднев И.И., Курбатов Н.Д. Линейные сооружения связи.—М.: Связь, 1988.
7. Гроднев И.И., Фролов П.А. Коаксиальные кабели связи.—М.: Связь, 1980.
8. Андреев В.А., Бурдин В.А., Попов В.В., Польшников А.И. Строительство и техническая эксплуатация волоконно-оптических линий связи.—М.: Радиоисвязь, 1996.
9. Инструкция по проектированию линейно-кабельных сооружений связи (дополнение по применению установок горизонтально-направленного бурения).
10. Алексеев Е.Б. Основы проектирования и технической эксплуатации цифровых волоконно-оптических систем передачи.—М.: ИПК при МТУСИ, 2004.
11. Алексеев Е.Б. Проектирование и техническая эксплуатация цифровых волоконно-оптических систем передачи.—М.: ИПК при МТУСИ, 2007.— 221с.
12. Листвин А.В., Листвин В.Н., Швырков Д.В. Оптические волокна для линий связи. — М.: ЛЕСАРарт, 2003.
13. Андреев В.А., Бурдин В.А., Бурдин В.А. и др. Технология строительства ВОЛП. - Самара, СРТТЦПАТИ, 2007.
14. Иванов И.А. Перспективные технологии укладки кабелей// Технология и средства связи. 2002. №5.
15. Инструкция по монтажу муфты МТОК-96-01-IV. — ЗАО «Связь-стройдеталь», 2007.
16. Гаскевич Е.Б., Шевцов С.Л., Убайдуллаев Р.Р. Маловолоконные кабельные системы—новая концепция для оптических «последних миль». LIGHTWAVE russian edition №2, 2003г.
17. Андреев В.А., Бурдин В.А., Попов В.В. и др. Монтаж муфтиоконечных устройств волоконно-оптических кабелей.—Самара, СРТТЦПАТИ, 2008.

18. Андреев В.А., Бурдин В.А., Воронков А.А. и др. Аварийно-восстановительные работы на ВОЛП. —Самара, СРТТЦПАТИ, 2008.
19. Власов В.Е., Парфенов Ю.А. Кабели цифровых сетей электросвязи. —М.: Эко-Трендз, 2005.
20. Андреев В.А., Бульхин А.К., Попов Б.В., Попов В.Б. Электромагнитная совместимость кабелей местной связи для цифрового абонентского доступа// Вестник связи. 2006.
21. Андреев В.А., Бурдин В.А., Сподобаев Ю.М. Способ определения трассы и глубины прокладки подводного кабеля. Патент RU№2271021. Оpubл. ВБ.И. №6, 2006.
22. Мардер Н.С. Современные телекоммуникации. — М.: ИРИАС, 2006. —
23. Бурдин В.А., Бурдин А.В., Алехин Н.И. и др. Герметизация портов муфт ОК на основе универсальных комплектов материалов// Инфокоммуникационные технологии. 2007.
24. Смирнов И.Г. Структурированные кабельные системы - проектирование, монтаж и сертификация. —М.: ЭКОН-ИНФОРМ, 2005.
25. Семенов А.Б., Стрижаков С.К., Сунчелей И.Р. Структурированные кабельные системы. — М.: ДМКПресс, 2007.
26. Семенов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС. — М.: ДМКПресс, 2007.
27. Семенов А.Б. Проектирование и расчет структурированных кабельных систем и их компонентов. —М.: ДМКПресс, 2003.
28. Михайлов М.И., Разумов Л.Д., Соколов С.А. Защита кабельных линий связи от опасных и мешающих влияний. —М.: Связь, 1978.
29. Гринберг Г.Б., Дмитриев В.П. Линейные сооружения городской и сельской телефонной связи и радиотрансляционных сетей. —М.: Связь, 1969.
30. Дубровский Е.П., Мижерицкий Г.Ш., Шарле Д.Л. Городские кабельные линии связи. — М.: Связь, 1979.
31. Бакланов И.Г. Технологии измерений в современных телекоммуникациях. — М.: Эко-Тренз, 1997.
32. СТРГП38944979-09-2011. Мәтіндік және графикалық материалдарды тұрғызудың, жазудың, әрлеудің жалпы талаптары