

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО СВЯЗИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»

Кафедра линий связи и измерений в технике связи

И.Н. АЛЕХИН

## СПЕЦИАЛЬНЫЙ КУРС ПО РАБОЧЕЙ СПЕЦИАЛЬНОСТИ

Методические указания  
по выполнению лабораторных работ

Самара  
2017

Рекомендовано к изданию методическим советом ПГУТИ, протокол № 3 от 26.09.2017 г.

Рецензент:  
доцент, кафедра систем связи ФГБОУ ВО ПГУТИ,  
к.т.н., Трошин А.В.

**Алехин И.Н.**  
Д **Специальный курс по рабочей специальности** методические указания по выполнению лабораторных работ/ И.Н. Алехин. – Самара: ПГУТИ, 2017. – 42 с.

В учебно-методической разработке приводится систематизированный материал, посвященный современным способам монтажа электрических кабелей связи в области инфокоммуникационных технологий. Состав основного оборудования используемого для приемки монтажных работ и измерений кабельных сооружений связи, последовательность приемки и освоения вводимых линий связи в соответствии с действующими нормативами.

Методические указания предназначены для студентов 4 курса, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и системы связи и предназначены для проведения лабораторных занятий.

## Содержание лабораторных работ

Лабораторная работа № 1. Изучение конструкции НЧ кабелей, применяемых на местных сетях связи .....	4
Лабораторная работа № 2. Электрические кабели магистральных и зональных сетей .....	9
Лабораторная работа № 3. Проверка исправности кабеля ТПП на сообщение, обрыв и парность .....	15
Лабораторная работа № 4. Изучение конструкций кабелей «витых» пар...	18
Лабораторная работа № 5. Исследование кабельных цепей на соответствие их электрическим нормам.....	21
Лабораторная работа № 6. Определение характера и места Повреждения кабельных цепей.....	28
Лабораторная работа № 7. Изучение конструкции и маркировки оптических кабелей .....	34
Лабораторная работа № 8. Подготовка оптического волокна к сращиванию.....	39

## Лабораторная работа № 1

### Наименование работы: Изучение конструкции НЧ кабелей, применяемых на местных сетях связи

**Цель работы:** Изучить образцы кабелей, используемых на городской и сельской сетях. Научиться по конструкции определять марку кабеля.

#### Литература

1. Чернышев Е.И. «Линейные сооружения связи». Учебное пособие для СПО. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 192 с.
2. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский ; ред. В. А. Андреев. - [17-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 1 : Теория передачи и влияния. - 422 с.
3. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учебник для вузов : в 2 т. / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов, В. Б. Попов ; редактор В. А. Андреев. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 2 : Проектирование, строительство и техническая эксплуатация. - 424 с.

#### Контрольные вопросы

1. Укажите диаметры и материал проводов кабелей ГТС?
2. Где прокладываются однопарные и многопарные кабели ГТС?
3. Какие существуют системы построения ГТС?
4. Какие кабели используются на участках абонентской и соединительной линии. Их модификации?
5. Какие кабели имеют гидрофобное заполнение, на каком участке абонентской линии они применяются?
6. Какие кабели применяются для сельского радиовещания?
7. С какой целью применяются газонепроницаемые муфты, где устанавливаются?
8. Какие системы передачи работают по кабелям ТПП и КСПП?

#### Общий порядок выполнения работы

1. Изучить конструкцию образцов кабелей и проводов ГТС, СТС и ПВ.
2. Определить марку каждого кабеля и провода и заполнить таблицу 1.

Таблица 1. Характеристика образцов кабелей связи

№ п/п	Марка кабеля	Емкость кабеля	Тип изоляции	Тип скрутки	Материал оболочки	Защитное покрытие	Область применения
1							
2							
3							

3. Определить емкость кабеля.
4. Определить тип изоляции жил.
5. Определить тип скрутки жил.
6. Определить материал влагозащитной оболочки.
7. Определить конструкцию защитного покрытия.
8. Определить область применения данного кабеля или провода.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Кабели ГТС

Для устройства сетей ГТС используют кабели двух назначений: абонентские, позволяющие организовать связь между АТС и абонентами и соединительные, связывающие АТС между собой и с МТС.

Кабели с полиэтиленовой изоляцией изготавливаются в полиэтиленовой (ТПП) и поливинилхлоридной (ТПВ) оболочках. Жилы кабелей медные с диаметрами: 0,32; 0,4; 0,5; 0,64 и 0,7 мм. Скрутка жил парная или звездная (четверочная). Основные цвета изоляции: белый и красный. Скрутка сердечника может быть повивная или пучковая. Кабель комплектуется из пучков емкостью 10, 50 и 100 пар или 5, 25 и 50 четверок. Применяются: унифицированный пучок 100x2 (по емкости БКТ) и элементарный пучок 10x2 (по емкости КРТ). Поверх кабельного сердечника накладывается поясная изоляция из полиэтиленовых лент и кабельной бумаги, поверх лент накладывается экран из алюминиевых лент с перекрытием и с экранной проволокой диаметром 0,5 мм. Поверх экрана располагается оболочка из полиэтилена или поливинилхлорида. Кабель марки ТПП емкостью 10, 20, 30, 50 и 100 пар прокладывается на распределительном участке, по стенам зданий, в трубах КТК. На магистральном участке используют кабели емкостью от 100 пар до 1200 пар. Прокладываются в трубах КТК, коллекторах, тоннелях, метро. Кабели малой емкости (до 100x2) изготавливаются с гидрофобным заполнением, предохраняющим жилы от проникновения влаги. Такие кабели не требуют постановки под воздушное давление. Низкочастотные кабели типа ТЗ предназначены для устройства кабельных вводов и вставок, для СЛ между АТС и МТС.

### Кабели сельской связи

Для межстанционной связи используются высокочастотные одночетверочные кабели типа КСПП-1x4 (рис. 1).

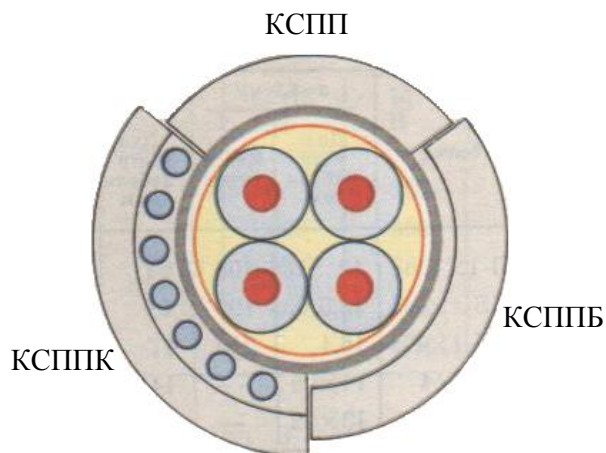


Рис. 1. Разрез кабеля типа КСПП-1x4

Кабель КСПП-1х4 имеет медные жилы диаметром 0,9 и 1,2 мм, изолированные полиэтиленом. Поверх скрутки жил накладывается поясная изоляция из полиэтилена и алюминиевый экран. Снаружи располагают защитную полиэтиленовую оболочку.

Изготавливаются также другие варианты этого кабеля: КСППБ – бронированный стальными лентами (для прокладки в грунт), КСППК – бронированный круглыми стальными проволоками (для прокладки через реки), КСППт – со встроенным несущим тросом (для подвески на опорах ВЛС). Для влагостойкости применяют кабели КСПЗП.

Однопарные кабели ПРППМ, ПРППА имеют медные жилы диаметром 0,8; 0,9 и 1,2 мм или алюминиевые жилы диаметром 1,6 мм.

### Провода ГТС

Провода и шнуры применяются на ГТС для выполнения кроссировок и оборудования абонентских пунктов. Для абонентской проводки используются однопарные провода марок ТРП-1х2 и ТРВ-1х2 с медными жилами диаметром 0,5 мм с полиэтиленовой и поливинилхлоридной изоляцией.

Кроссировка в шкафах осуществляется проводом ЛТР-П – линейный телефонный с резиновой изоляцией, двухжильный, в общей полиэтиленовой оплетке, с диаметром медных жил 0,6 мм. Допускается использование провода ПКСВ – провод кроссировочный стационарный с поливинилхлоридной изоляцией. ПКСВ может содержать 2-4 жилы с диаметром 0,5 мм.

Телефонный стационарный кабель марки ТСВ имеет медные жилы диаметром 0,5 мм в сплошной поливинилхлоридной изоляции. Сердечник образуется из жил парной или троечной скрутки, количество пар – 10, 20, 30, количество троек – 5, 10 и 20. Оболочка кабеля выполняется из поливинилхлорида. Она накладывается поверх экрана из алюминиевой фольги. Кабели ТСВ применяются для монтажа оборудования АТС, а также для зарядки защитных полос и рамок соединительных линий в кроссе.

### Системы построения ГТС

Существует 3 системы построения АЛ ГТС: шкафовая, бесшкафовая и комбинированная. При шкафовой системе АЛ разбивают на три участка: магистральный, распределительный и абонентский (рис. 2).

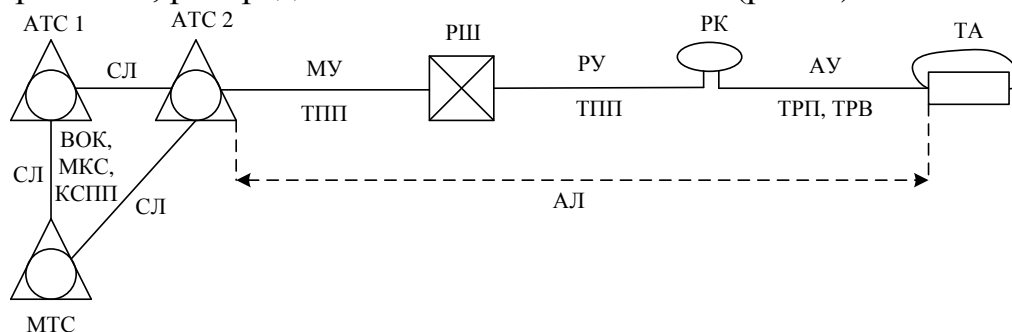


Рис. 2. Шкафовая система построения ГТС

Магистральным участком АЛ называется участок от АТС до распределительного шкафа. Содержание под давлением считается обязательным для межстанционных и магистральных кабелей. Распределительным участком АЛ называется участок от распределительного шкафа (РШ) до распределительной коробки (РК) или кабельного ящика (ЯКГ). Абонентский участок или абонентская проводка – участок АЛ от РК до телефонной розетки, в которую включен телефонный аппарат (ТА). Примерами бесшкафной системы построения АЛ являются: системы непосредственного включения АЛ в оконечные устройства, установленные в помещении АТС и система прямого питания. Комбинированная система построения АЛ – это шкафная система построения АЛ с элементами прямого питания.



## Лабораторная работа № 2

### *Наименование работы: Электрические кабели магистральных и зональных сетей*

**Цель работы:** Изучить образцы кабелей, используемых на междугородной и зональных сетях. Научиться по конструкции определять марку кабеля.

#### **Литература**

1. Чернышев Е.И. «Линейные сооружения связи». Учебное пособие для СПО. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 192 с.
2. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский ; ред. В. А. Андреев. - [17-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 1 : Теория передачи и влияния. - 422 с.
3. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учебник для вузов : в 2 т. / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов, В. Б. Попов ; редактор В. А. Андреев. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 2 : Проектирование, строительство и техническая эксплуатация. - 424 с.

#### **Контрольные вопросы**

1. Какова изоляция жил кабелей типа МК и МКС?
2. Разновидности и область применения кабелей МКС?
3. Где прокладывается кабель типа МКСБ и МКСК?
4. Какие кабели применяются для организации зональной связи, разновидности?
5. Что накладывается поверх алюминиевых и стальных оболочек, и с какой целью?
6. Какую изоляцию имеют токопроводящие жилы коаксиальных кабелей?
7. Отличие кабеля КМА-4 от КМЭ-4?
8. Область применения кабелей типа ВКПА-1, КМ-4, КМ-8/6, МКТ-4, разновидности?
9. Сколько коаксиальных пар в кабеле типа КМ-8/6. Их назначение?
10. Назначение симметричных четверок и пар в коаксиальных кабелях?
11. Назначение кабеля типа РК?
12. Системы передачи, работающие по симметричным и коаксиальным кабелям связи?

#### **Общий порядок выполнения работы**

1. Изучить конструкцию образцов симметричных и коаксиальных кабелей связи.
2. Определить марку каждого кабеля и заполнить таблицу 1.

Таблица 1. Характеристика образцов кабелей связи

№ п/п	Марка кабеля	Емкость кабеля	Тип изоляции	Тип скрутки	Материал оболочки	Защитное покрытие	Область применения
1							
2							
3							
4							
5							

3. Определить емкость кабеля.
4. Определить тип изоляции жил.
5. Определить тип скрутки жил.
6. Определить материал влагозащитной оболочки.
7. Определить конструкцию защитного покрытия.
8. Определить область применения данного кабеля.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Междугородные симметричные кабели

Высокочастотные симметричные кабели типов МКС, МКСА, МКСС применяются на междугородных кабельных магистралях. По виду изоляции они подразделяются на кордельно-бумажные (МК), кордельно-стирофлексные (МКС) и полиэтиленовые (МКП). Наружные оболочки изготавливаются из свинца, алюминия и стали. Чаще всего применяются кабели с кордельно-стирофлексной изоляцией МКС (рис. 1).

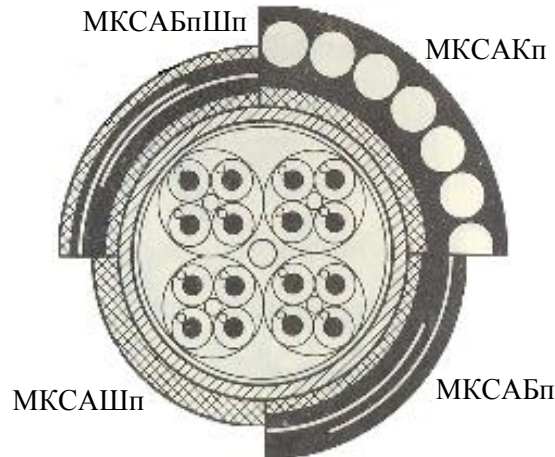


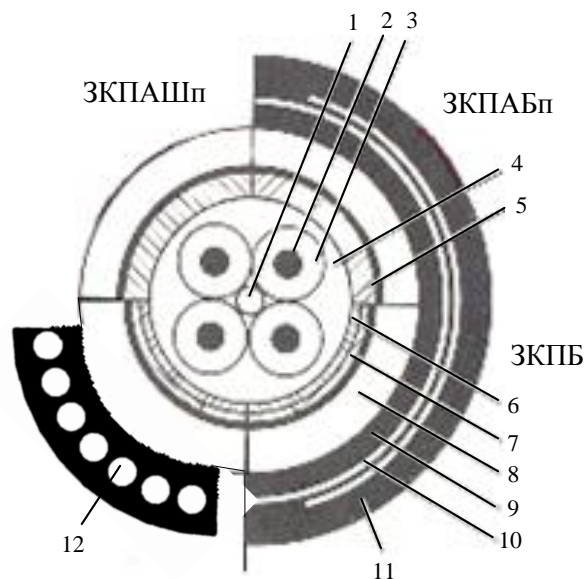
Рис. 1. Разрез кабеля типа МКСА-4х4

Кабели типа МКС изготавливаются следующих конструкций: 1х4, 4х4 и 7х4. Медные жилы, диаметром 1,2 мм, изолируются разноцветным полистирольным корделем и полистирольной лентой с перекрытием 25-30%. Четыре жилы скручены в звездную четверку, в центре которой стиролфлексный кордель. Каждая четверка обмотана по спирали цветной хлопчатобумажной или синтетической ниткой. Жилы каждой четверки имеют следующие цвета: первая – красный, вторая – зеленый, третья – желтый, четвертая – синий.

### Зоновые кабели

Кабели зоновой связи ЗК используются для связи областного центра с районными, имеют четыре медные жилы диаметром 1,2 мм, изолированные сплошным слоем полиэтилена разного цвета. Жилы скручены в четверку вокруг сердечника – корделя из полиэтилена с шагом скрутки 130-150 мм. Поверх четверки заполнение из полиэтилена с бутилкаучуком. Поверх заполнения наложен экран из двух медных или алюминиевых лент. Экран покрыт слоем битумного состава, поверх которого наложена полиэтиленовая или поливинилхлоридная оболочка. В кабелях типа ЗКПАШп (рис. 2) поверх полиэтиленового заполнения наложены алюминиевая оболочка, битумный состав, полиэтиленовый шланг. В бронированных кабе-

лях поверх оболочки наложены защитные покровы. Кабели выпускаются емкостью 1x4 марок ЗКП, ЗКВ, ЗКПАШп, ЗКПБ, ЗКПК.

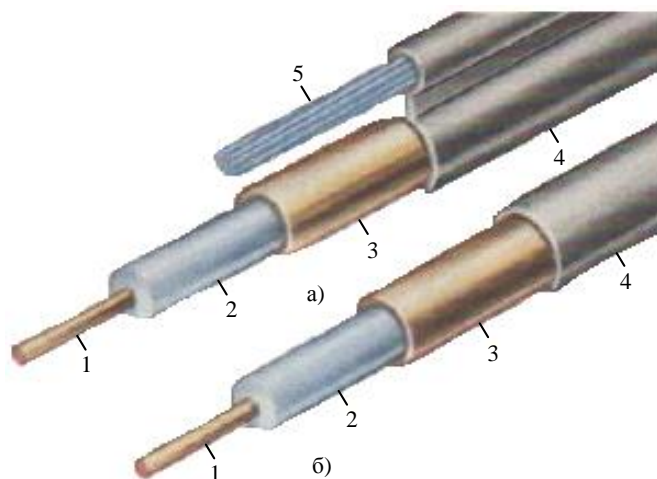


- 1 – центральный кордель из п/э; 2 – медная жила; 3 – п/э изоляция;  
 4 – заполнение; 5 – алюминиевая оболочка; 6 – экранирующие ленты;  
 7 – битумный состав; 8 – п/э оболочка; 9 - «подушка» бронепокрова;  
 10 – стальные бронеленты; 11 – наружный покров (джут);  
 12 – бронепроволока

Рис. 2. Разрез кабеля типа ЗКП-1x4

### Однокоаксиальный кабель

Однокоаксиальный кабель ВКПА-1-2,1/9,7 (рис. 3) предназначен для организации зонной связи. Конструктивно кабель выполняется в двух вариантах: подземный (ВКПАШп) и подвесной самонесущий с встроенным тросом (ВКПАШпт).



- 1 – внутренний проводник; 2 – изоляция; 3 – внешний проводник;  
 4 – оболочка; 5 – стальной трос

Рис. 3. Однокоаксиальный кабель ВКПА-1: а) подвесной; б) подземный

Внутренний проводник выполнен из медной проволоки диаметром 2,1 мм, изоляция – пористый полиэтилен, внешний проводник – из медной или алюминиевой трубки диаметром 9,7 мм. Защитные оболочки выполнены из полиэтилена или алюминия.

В конструкцию подвесного кабеля в общую полиэтиленовую оболочку вмонтирован стальной трос из 49 оцинкованных стальных проволок диаметром 0,34 мм. Имеется также бронированный вариант конструкции кабеля с круглопроволочной броней (ВКПАКШп) – для прокладки через реки.

### Стандартизированный коаксиальный кабель

Стандартизированный коаксиальный кабель КМ-4-2,6/9,4 (рис. 4) предназначен для организации многоканальной связи и телевидения на большие расстояния между оконечными пунктами и крупными узлами связи.

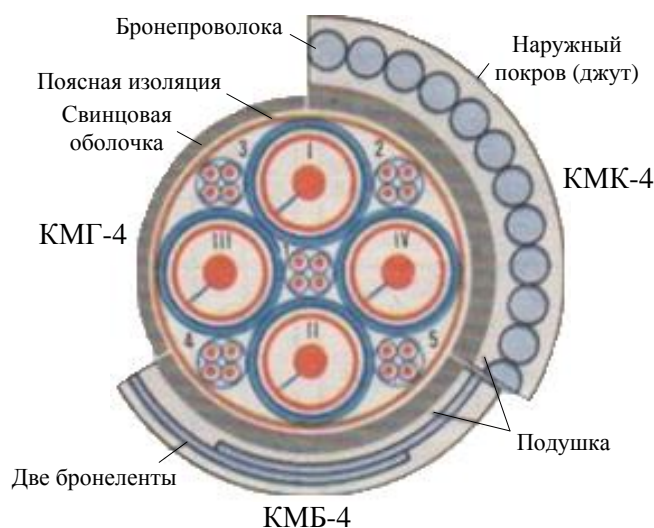


Рис. 4. Разрез кабеля типа КМ-4

По первой и второй коаксиальной паре работает система передачи К-1920 (предусмотрены для многоканальной телефонной связи), по 3 и 4 система передачи К-3600 (предусмотрены для телевидения) в диапазоне частот 0,3 – 8,5 МГц и 0,8 – 18 МГц.

В кабелях КМА-4 применяются алюминиевая оболочка толщиной 1,5 мм, а в КМЭ-4 – комбинированная двойная оболочка, состоящая из алюминиевой оболочки толщиной 1 мм и свинцовой толщиной 1,3 мм, наложенной непосредственно поверх алюминиевой оболочки. Эти кабели имеют повышенные экранирующие свойства и предназначены для прокладки в районах высокой грозодеятельности и на участках сближения с ЛЭП и эл.ж.д.

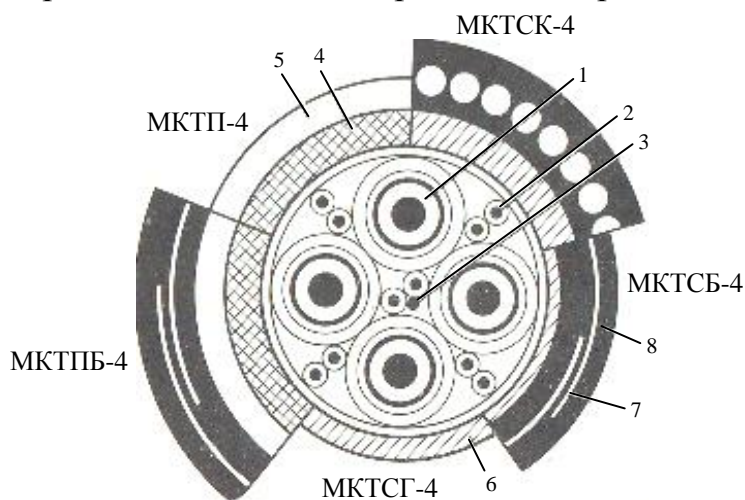
### Комбинированный коаксиальный кабель

Комбинированный коаксиальный кабель КМ-8/6-2,6/9,4-1,2/4,6 имеет дробный индекс и содержит восемь больших коаксиальных пар 2,6/9,4 и шесть малогабаритных коаксиальных пар 1,2/4,6, восемь симметричных служебных пар, одну симметричную служебную четверку, расположенную по центру и шесть одиночных жил. Оболочки изготавливаются из свинца и алюминия. Строительные длины комбинированных коаксиальных кабелей 490 м.

Комбинированные коаксиальные кабели позволяют организовать мощные пучки телефонных каналов и телевизионную передачу на большие расстояния. Имеют большие экранирующие свойства и предназначены для прокладки в районах высокой грозодеятельностью.

### Малогабаритный коаксиальный кабель

Малогабаритный коаксиальный кабель МКТ-4-1,2/4,6 (рис. 5) предназначен для строительства кабельных магистралей ограниченной протяженности, организуются распределительные каналы между промежуточными пунктами, расположенными по трассе магистрали.



- 1 – коаксиальная пара; 2 – симметричная пара;  
3 – контрольная (сигнальная) жила; 4 – п/э оболочка; 5 – ПВХ оболочка;  
6 – свинцовая оболочка; 7 – бронеленты; 8 – джут

Рис. 5. Разрез кабеля типа МКТ-4

Достоинством этих кабелей является простота конструкции, дешевизна и технологичность их изготовления. Наибольшее применение получил четырехкоаксиальный кабель с трубчато-полиэтиленовой изоляцией МКТС-4 (в свинцовой) и МКТА-4 (в алюминиевой оболочке). Также применяются кабели типа МКТСБ (в свинцовой оболочке), МКТАШп (в алюминиевой оболочке и в полиэтиленовом шланге). Строительная длина кабеля МКТС-4 – 500 м. Наибольшее применение получили кабели среднего типа (2,6/9,4) и малогабаритного типа (1,2/4,6).

**Лабораторная работа № 3**  
**Наименование работы: Проверка исправности кабеля ТПП на**  
**сообщение, обрыв и парность**

**Цель работы:** Изучать проверку исправности кабеля ТПП на сообщение, обрыв и парность.

**Литература**

1. Чернышев Е.И. «Линейные сооружения связи». Учебное пособие для СПО. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 192 с.
2. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский ; ред. В. А. Андреев. - [17-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 1 : Теория передачи и влияния. - 422 с.
3. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учебник для вузов : в 2 т. / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов, В. Б. Попов ; редактор В. А. Андреев. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 2 : Проектирование, строительство и техническая эксплуатация. - 424 с.

**Контрольные вопросы**

1. Чем контролируется герметичность оболочки кабеля?
2. Для чего на кабеле монтируются газонепроницаемые муфты, где они ставятся?
3. Под какое давление должен ставиться кабель ТПП, в течении какого времени?
4. Нормы сопротивления изоляции у кабеля ТПП и ТГ?
5. Этапы разделки кабеля?
6. Как проводится проверка исправности кабеля на «обрыв», с помощью какого прибора?
7. Как проводится проверка исправности кабеля на «сообщение»?
8. Как проводится проверка исправности кабеля на «парность»?

**Общий порядок выполнения работы**

1. В соответствии с техническими требованиями произвести разделку кабеля ТПП-10х2, ТПП-100х2.
2. Произвести проверку кабеля на исправность.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Проверка кабеля на исправность

Нормальная работа связи зависит от сопротивления изоляции кабеля.

Постоянство сопротивления изоляции каждой жилы, зависит от герметичности оболочки кабеля на всей его длине, включая смонтированные муфты. Герметичность оболочки кабеля контролируют избыточным воздушным давлением. При этом в случае повреждения оболочки, избыточное давление предотвращает проникновение влаги внутрь кабеля.

Проверке на герметичность подвергают:

- кабель, находящийся на барабане;
- концы кабеля после затягивания их в КТК или после прокладки в траншею.

Для установки кабеля под постоянное избыточное воздушное давление необходимо предварительно смонтировать на кабеле газонепроницаемые муфты. Они обеспечивают герметизацию того участка кабеля, который нужно установить под избыточное воздушное давление. На магистральных кабелях устанавливают одну газонепроницаемую муфту в шахте станции и по одной муфте на каждом ответвлении этого кабеля перед распределительным шкафом. Для получения избыточного давления в кабель вводят газ.

До выполнения монтажных работ, кабель ТПП проверяется на герметичность воздушным давлением 0,3-0,6 атм. в течение 24 часов. При этом допустимая величина утечки составляет 0,05 атм.

После проверки герметичности оболочки кабеля производят электрическую проверку на целостность жил, изоляции и экрана, а также соответствие сопротивления изоляции жил норме. Для кабеля ТПП – сопротивление изоляции должно быть не менее 5000 МОм·км, для ТГ – не менее 2000 МОм·км.

Для испытания жил с концов кабеля удаляется оболочка. Длина участка оболочки зависит от емкости кабеля и составляет 150-350 мм. Жилы скручивают по пучками по 10 пар, обматывают голой медной проволокой и соединяют между собой и с экраном. С концов жил удаляют изоляцию на длине 20-25 мм. Жилы кабеля на обрыв проверяют с помощью микротелефонной трубки (поочередно касаясь всех жил каждого повива). В случае, если испытываемая жила не оборвана, в телефоне будет отчетливо слышен щелчок. Если испытываемая жила оборвана, щелчок не возникает и в трубке щелчок не слышен. Проверяются все жилы кабеля. Проверка жил на обрыв, сообщение и парность выполняется по схемам, указанным на рис. 1-3.



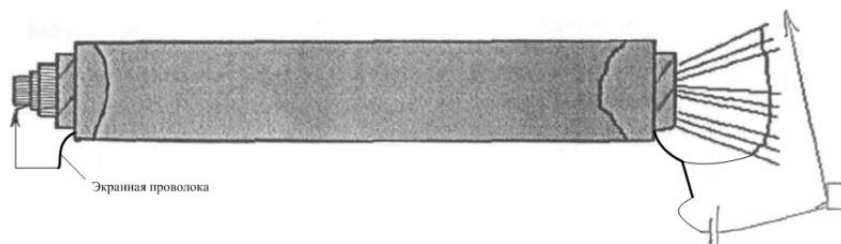


Рис. 1. Схема проверки жил кабеля на «обрыв»

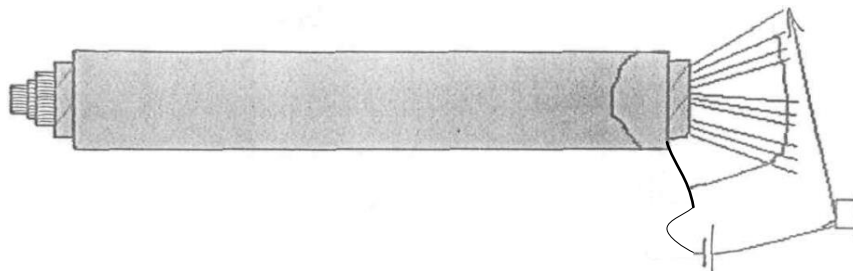


Рис. 2. Схема проверки жил кабеля на «сообщение»

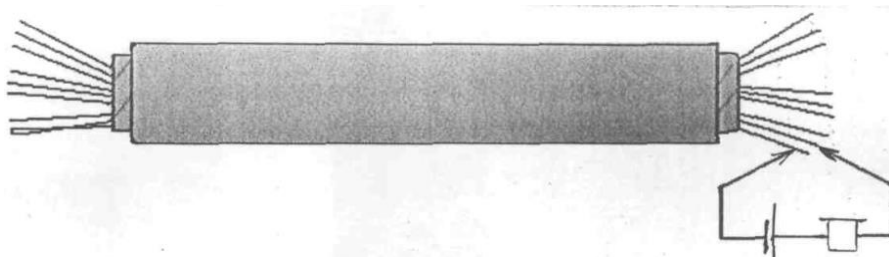


Рис. 3. Схема проверки жил кабеля на «парность»

## Лабораторная работа № 4

### Наименование работы: Изучение конструкций кабелей «витых» пар

**Цель работы:** Изучить образцы кабелей, используемых на локальных сетях.

#### Литература

1. Чернышев Е.И. «Линейные сооружения связи». Учебное пособие для СПО. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 192 с.
2. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский ; ред. В. А. Андреев. - [17-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 1 : Теория передачи и влияния. - 422 с.
3. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учебник для вузов : в 2 т. / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов, В. Б. Попов ; редактор В. А. Андреев. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 2 : Проектирование, строительство и техническая эксплуатация. - 424 с.

#### Контрольные вопросы

1. Что используется в качестве направляющей среды передачи для локальных сетей?
2. В каком году и кем была изобретена витая пара?
3. Как подразделяются кабели на основе витых пар в зависимости от области применения?
4. Виды скруток витых пар?
5. Укажите основные материалы проводников кабелей локальных сетей?
6. Укажите материал и цвет оболочек?
7. Для чего применяется экранирование, какие экраны бывают?
8. Достоинства и недостатки кабелей UTP и STP?

#### Общий порядок выполнения работы

1. Изучить виды скруток витых пар.
2. Изучить конструкции кабелей локальных сетей.
3. Изучить структуры сердечников кабелей.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Витая пара (TP – twisted pair) – кабель, в котором изолированная пара проводников скручена с небольшим числом витков на единицу длины. Скручивание осуществляется для уменьшения внешних наводок (наводок от внешних источников) и перекрестных наводок (наводок от одного проводника другому проводнику из одной и той же пары). Витая пара была изобретена Александром Беллом в 1981 году.

Современные достижения сделали возможной передачу данных по кабелю на витой паре со скоростью 1 Гбит/с (по 250 Мбит/с в каждой из 4 пар). По сравнению с волоконно-оптическими и коаксиальными кабелями, использование витой пары обладает рядом существенных преимуществ. Такой кабель более тонкий, более гибкий и его проще устанавливать. Он также недорог. И вследствие этого, витая пара является идеальным средством передачи данных для офисов или рабочих групп, где нет электромагнитных помех. Однако, витая пара обладает следующими недостатками: сильное воздействие внешних электромагнитных наводок, возможность утечки информации и сильное затухание сигналов.

Кабели на основе витых пар с медными проводниками широко применяются в структурированных кабельных системах (СКС) для передачи электрических сигналов. Такие кабели содержат одну или несколько скрученных с различными шагами витых пар проводов и по действующей классификации относятся к симметричным. Также помимо витых пар, кабель может иметь несколько дополнительных защитных, экранирующих элементов, которые образуют сердечник. На сердечник накладывается защитная оболочка в виде шланга, предохраняющая витые пары от внешних воздействий и сохраняющая структуру сердечника во время прокладки и эксплуатации.

В зависимости от области применения и конструкции кабельные изделия подразделяются на:

- горизонтальный кабель;
- многопарный кабель;
- кабель для шнуров;
- провод для перемычек.

Горизонтальный кабель используется на участке от коммутационного оборудования в кроссовой этажа до информационных розеток рабочих мест. Свое название получил из-за того, что укладывается в большинстве случаев в горизонтальном положении с минимальным количеством вертикальных участков. Наиболее распространенные конструкции содержат четыре витых пары. Известно, что часть сетевого оборудования использует для обмена информацией только две витые пары. Такой кабель имеет меньшую стоимость, однако ограничивает функциональные возможности, в частности, не позволяет передавать сигналы приложений типа Gigabit

Ethernet. Из-за характерной формы оболочки двухпарные кабели называют овальными. Для уменьшения взаимного влияния пар друг на друга (обеспечения максимального переходного затухания) в кабелях с парной скруткой используют различные и некратные шаги скрутки проводников.

В качестве материала изоляции проводников в кабелях категории 3 используется ПВХ, в кабелях категории 5 используются другие материалы, например, полиэтилен или полипропилен, в некоторых случаях тефлон. Применяются как сплошные, так и вспененные материалы.

Для изготовления внешней оболочки наряду с обычным ПВХ часто применяется материал типа компаунда, который не содержит галогенов и не распространяет горения, а также так называемые малодымные полимеры. Внешняя оболочка окрашивается обычно в серый цвет различных оттенков, но встречаются и другие цвета (синий, белый, красный, фиолетовый). Оранжевая окраска означает, что оболочка изготовлена из негорючего материала. Конструкции для внешней прокладки, снабжаются полиэтиленовой оболочкой, т.к. этот материал обладает более высокой влагостойкостью по сравнению с ПВХ. На внешнюю оболочку наносятся маркирующие надписи, где указывается тип кабеля, диаметр и тип проводников, характеристики оболочки, фирма – изготовитель и фирменное обозначение кабеля, наименование стандарта и сертифицирующей лаборатории, а также метровые метки длины.

В зависимости от наличия или отсутствия дополнительных экранирующих покрытий отдельных витых пар и/или сердечников в целом горизонтальные кабели из витых пар подразделяются на экранированные и неэкранированные. Среди экранированных конструкций следует выделить кабели с общим внешним экраном, с экранами для каждой пары и с одновременным экранированием отдельных пар и сердечника в целом. Экранирование применяют для повышения переходного затухания на ближнем и дальнем концах и в целях повышения помехозащищенности. Некоторые типы экранов обеспечивают еще и дополнительную механическую прочность. Наибольшее распространение для экранирования отдельных пар получили алюминиевые тонкие полимерные пленки. Внешние экраны, окружающие кабельный сердечник, изготавливаются из такой же пленки или выполняются в виде оплетки из оцинкованной медной проволоки. Кабели с пленочным экраном часто обозначаются с использованием буквы F (Foiled – «фольгированный»), а также экрана в виде оплетки отмечается буквой S (Sc – screen, т.е. «экран»). Конструкции с четверочной скруткой обозначаются аббревиатурой STQ (от англ. Star quad).

Неэкранированные кабели в сравнении с экранированными обладают:

- меньшей стоимостью;
- меньшей трудоемкостью монтажа и эксплуатации;
- лучшими массогабаритными показателями;
- меньшим радиусом изгиба.

## Лабораторная работа № 5

### *Наименование работы: Исследование кабельных цепей на соответствие их электрическим нормам*

**Цель работы:** Ознакомиться с прибором ПКП-5 и ИРК-ПРО, ознакомиться с измерениями электрических характеристик низкочастотных симметричных кабелей ( $R_{из}$ ,  $R_{шл}$ ,  $R_a$ ,  $C_p$ ).

#### **Литература**

1. Чернышев Е.И. «Линейные сооружения связи». Учебное пособие для СПО. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 192 с.
2. Андреев В.А. и др. Методические указания по лабораторно-практическим работам по измерениям на кабельных линиях постоянным током. Самара ПГАТИ, СРТТЦ, 2004.
3. Андреев В.А. и др. Измерения на кабельных линиях связи. Учебное пособие. – Самара ПГАТИ. СРТТЦ, 2003.
4. Инструкция по эксплуатации. Прибор кабельный переносной ПКП-5.
5. Кабельный прибор ИРК-ПРО 7.4. Техническое описание и руководство по эксплуатации. Связьприбор. Тверь.
6. ОСТ 45.36-97. Линии кабельные, воздушные и смешанные городских телефонных сетей.

#### **Контрольные вопросы**

1. Назначение прибора ПКП-4, ПКП-5 и ИРК-ПРО, их отличительные особенности?
2. Что такое  $R_{шл}$  и  $R_{асим.}$ , как рассчитать?
3. Что определяет  $R_{из.}$ , нормы?
4. Какие методы используются для измерения  $C_{раб}$ ?
5. Как проводят измерения кабелей связи постоянным и переменным током?
6. Что происходит с емкостью и  $R_{шл}$  при уменьшении изоляции?
7. Чему равен шлейф и асимметрия при обрыве?
8. Можно ли измерить емкость и  $R_{шл}$  при плохой изоляции и почему?

#### **Общий порядок выполнения работы**

1. Установить прибор ПКП-5, рядом установить макет кабельной линии.
2. Измерение электрического сопротивления изоляции  $R_{из}$ .
  - а) Подсоедините измеряемую жилу к клемме 1 и 2, к клемме 3 подсоедините заземление или оболочку кабеля. На противоположном конце линии измеряемую жилу изолируйте (рисунок 1).
  - б) Нажмите кнопку «калибровка». И ручкой «калибровка»  $R_{из}$  установите стрелку в положение 1 по шкале МΩ.
  - в) Установите переключателем «род работы» схему измерения  $R_{из}$ .

- г) Установите ручку «переключение линий» в положение 1-2; 1-3; 2-3.  
 д) Нажмите кнопку «чувствительность». Установите стрелку в положение 1.  
 е) Установите ручкой «установка» стрелку прибора на отметку «∞» по шкале МΩ.  
 ж) Установите ручку «диапазон измерений» в положение 1; 10; 100; 1000.  
 з) Нажмите кнопку «измерение». И по шкале МΩ проведите отсчет величины  $\alpha$ .  
 и) Если стрелка прибора установится в нерабочей части шкалы (левее отметки 10), то ручку переключателя «диапазоны измерений». Установите последовательно в положение  $R_{из} \times 1$ ;  $\times 10$ ;  $\times 100$ ;  $\times 1000$ .  
 к) Определите значение сопротивления по формуле  $R_{из} = n \cdot \alpha$ , МОм.  
 где  $n$  – коэффициент, отсчитанный на переключателе «диапазон измерений» (1; 10; 100; 1000);  
 $\alpha$  – отсчет по шкале МΩ, МОм.

Схема измерения  $R_{из}$  представлена на рис. 1.

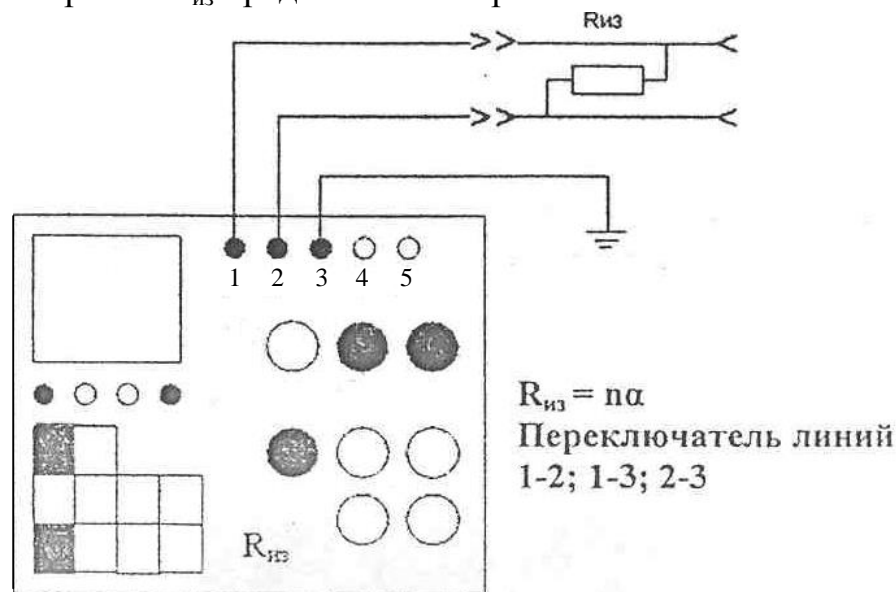


Рис. 1. Измерение  $R_{из}$ .

3. Измерение электрического сопротивления шлейфа цепи  $R_{шл}$ .  
 Шлейф – это сопротивление двух жил соединенных последовательно.  
 а) Подсоедините к клеммам 1 и 2 измеряемые жилы. На противоположном конце линии измеряемые жилы закоротите (рисунок 2).  
 б) Установите переключателем «род работы» схему измерения  $R_{шл}$ .  
 в) Установите ручку «переключение линий» в положение 1-2.  
 г) Установите ручку «диапазон измерений» в положение (1; 10; 100; 1000).  
 д) Установите ручку переключателя «чувствительность» в положение 1.

- е) Установите ручкой «установка» стрелку прибора на отметку «∞» по шкале МΩ.
- ж) Нажмите кнопку «измерение» и сбалансируйте мост при помощи ручек магазина сопротивлений. По мере уравнивания мостовой схемы ручку переключателя «чувствительность» последовательно переведите в положение 2,3,4.
- з) Определите значение  $R_{\text{шл}}$  по формуле  $R_{\text{шл}} = n \cdot R_m$ , МОм.  
 где  $n$  – коэффициент, отсчитанный на переключателе «диапазон измерений» (1; 10; 100; 1000);  
 $R_m$  – показание магазина сопротивлений, Ом.  
 Схема измерения  $R_{\text{шл}}$  представлена на рис. 2.

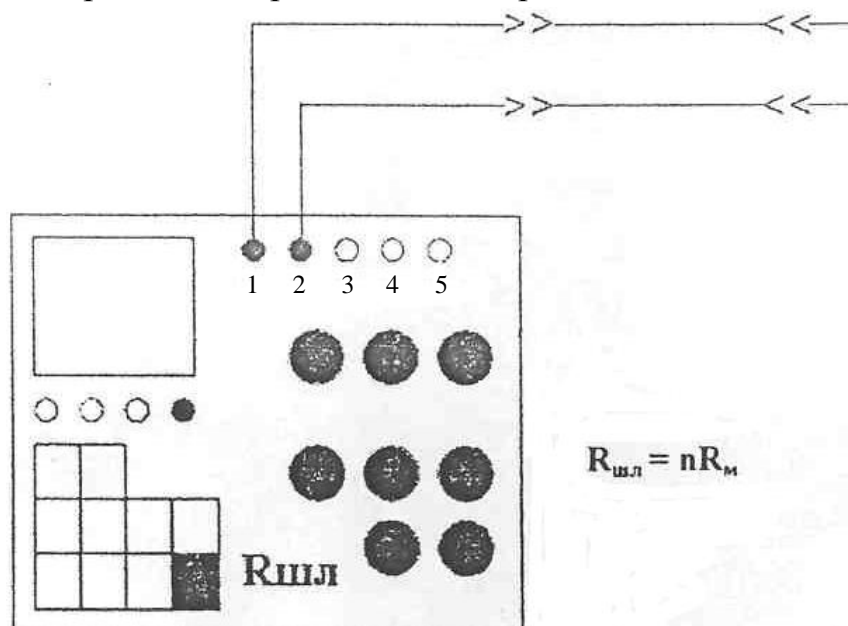


Рис. 2. Измерение  $R_{\text{шл}}$

4. Измерение омической асимметрии жил  $R_a$ .  
 Асимметрия – разность в сопротивлении двух жил пары по постоянному току.
- а) Подсоедините к клеммам 1 и 2 измеряемые жилы, к клемме 3 подсоедините заземление (оболочку кабеля) На противоположном конце линии измеряемую пару закоротите и соедините ее с оболочкой кабеля или дополнительной жилой (рисунок 3).
- б) Установите переключателем «род работы» схему измерения  $R_a$ .
- в) Установите ручку «переключение линий» в положение 1-2 (M1).
- г) Установите ручку «диапазон измерений» в положение (1; 10; 100; 1000).
- д) Установите ручку переключателя «чувствительность» в полож. 1.
- е) Установите ручкой «установка» стрелку прибора на отметку «∞» по шкале МΩ.

ж) Нажмите кнопку «измерение» и уравновесьте прибор при помощи магазина сопротивлений. По мере уравнивания мостовой схемы ручку переключателя «чувствительность» последовательно переведите в положение 2,3,4.

з) Определите значение  $R_a$  по формуле  $R_a = R_m$ , Ом.

Примечание: Если схему уравновесить не удастся, то ручку «переключение линий» установите в положение 2-1 (M2).

Схема измерения  $R_a$  представлена на рис. 3.

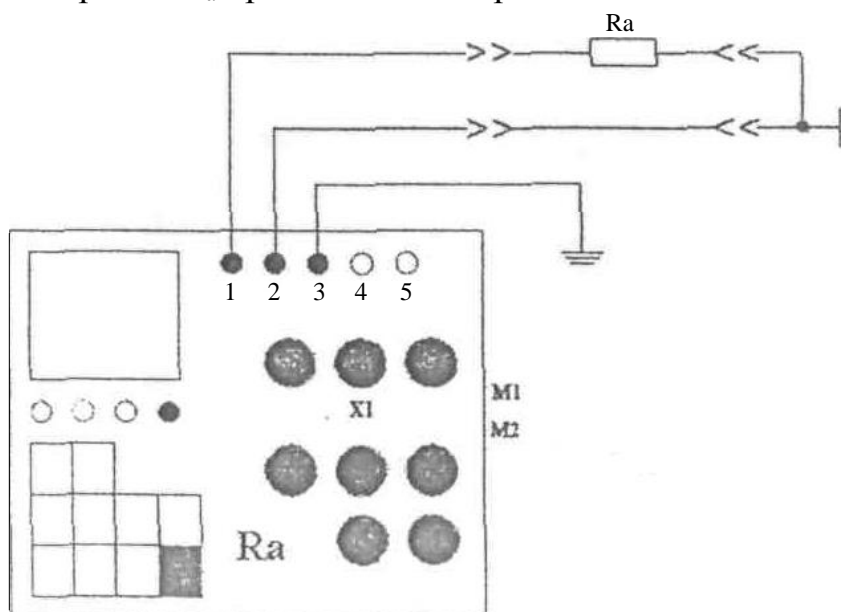


Рис. 3. Измерение  $R_a$

5. Измерение рабочей емкости  $C_p$ .

а) Подсоедините к клеммам 1 и 2 измеряемые жилы, к клемме 3 подсоедините заземление (оболочку кабеля) На противоположном конце линии жилы изолируйте (рисунок 4).

б) Установите переключателем «род работы» схему измерения С.

б) Нажмите кнопку «калибровка». И ручкой «калибровка» С, установите стрелку прибора на отметку 10 по шкале 10 nF.

в) Установите ручку «переключение линий» в положение 1-2, 1-3 или 2-3.

г) Установите ручку «диапазон измерений» в положение 3000.

д) Установите ручку переключателя «чувствительность» в полож. 1.

е) Нажмите кнопку «измерение» и по шкале nF проведите отсчет величины  $\alpha$  (значения емкости).

ж) Если стрелка прибора установится левее отметки 1, переключатель «диапазон измерений» установите в положение, при котором обеспечивается удобный отсчет показаний.

з) Определите значение емкости по формуле  $C = n \cdot \alpha$ , Ом.



где  $n$  – коэффициент, отсчитанный на переключателе «диапазон измерений» (1; 10; 100; 1000);

$\alpha$  – отсчет по шкале nF (10 или 30), нФ.

Схема измерения  $C_p$  представлена на рис. 4.

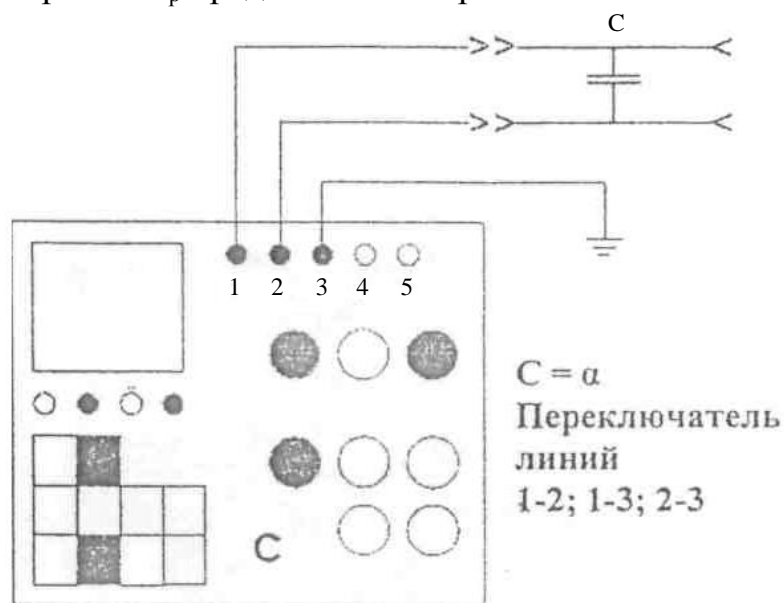


Рис. 4. Измерение  $C_p$

6. Определения расстояния до места повреждения изоляции методом Муррея.

а) Подсоедините поврежденную жилу к клемме 2, исправную – к клемме 1. К клемме 3 подсоедините заземление (оболочку кабеля), либо жилу, по отношению к которой понижена электрическая изоляция поврежденной жилы. На противоположном конце линии поврежденную и исправную жилы закоротите (рисунок 5).

б) Установите переключатель «род работы» в положение М,  $L_0$ .

в) Установите ручку переключателя «чувствительность» в положение 1, нажмите кнопку «измерение» и уравновесьте прибор магазином сопротивлений. По мере уравнивания переключатель «чувствительность» последовательно переведите в положение 2,3,4.

г) Определите расстояние до места понижения электрического сопротивления изоляции по формуле  $L_x = k \cdot L$ , км.

$$k = R_m / 1000.$$

где  $L$  – длина измеряемого участка, км;

$R_m$  – сопротивление, считываемое с магазина сопротивлений

Схема измерения метода Муррея представлена на рис. 5.

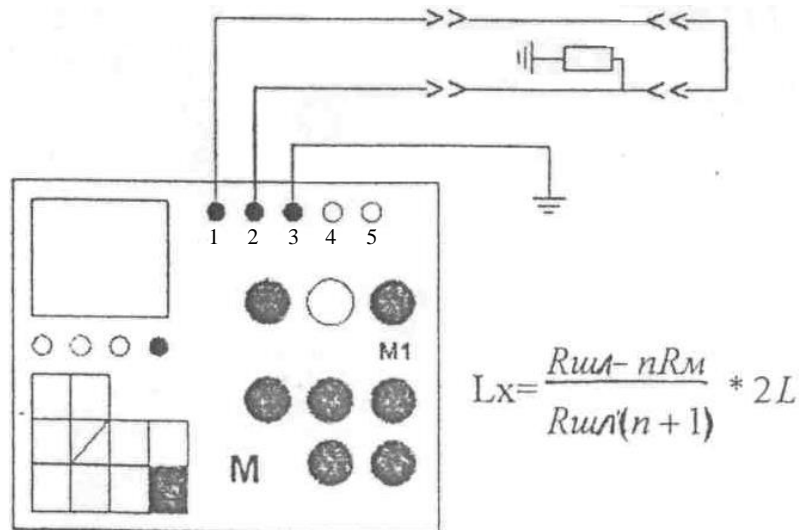


Рис. 5. Определение расстояния до места повреждения

Результаты измерений занести в таблицу 1.

Таблица 1

Прибор		ПКП-5	ИРК-ПРО	Нормы
Параметры				
R <sub>из</sub>	1-2			
	1-3			
	2-3			
C <sub>p</sub>	1-2			
	1-3			
	2-3			
R <sub>шл</sub>				
R <sub>a</sub>				

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Характеристики прибора ИРК-ПРО

Прибор ИРК-ПРО является прибором нового поколения, в котором используется микропроцессорное управление и многострочный алфавитно-цифровой дисплей с подсветкой, которые позволяют определить параметры электрических кабелей связи и расстояния до места повреждения кабелей автоматически. Этот прибор используется так же, как и прибор ПКП-5, для измерения параметров кабеля и определения характера и места повреждения кабеля (таблица 2).

Таблица 2. Технические характеристики прибора ИРК-ПРО

Диапазон переходного сопротивления в месте понижения сопротивления изоляции	0...20 МОм
Диапазон сопротивления шлейфа	0...10 кОм
Диапазон сопротивления изоляции	1 кОм...30000 МОм
Диапазон электрической емкости	1...2000 нФ
Испытательное напряжение	≥350 В
Питание от сети через зарядно-питающее устройство	220 В; 50 Гц
Питание постоянным током	10,5...14,6 В
Потребляемая мощность	не более 1,5 Вт
Погрешность измерения шлейфа от 0 до 3 кОм от 3 до 10 кОм	± (0,001R+0,1 Ом) ± 0,1 кОм
Погрешность измерения омической асимметрии	± (0,002R+ 0,1 Ом)
Погрешность измерения сопротивления изоляции	± (0,1R + 0,1 кОм)
Погрешность измерения емкости	± (0,1C + 0,1 нФ)

## Лабораторная работа № 6

### Наименование работы: *Определение характера и места повреждения кабельных цепей*

**Цель работы:** Ознакомиться с импульсными методами определения характера и места повреждения цепей кабельных линий. Изучить принцип действия и устройства измерителя неоднородности линии P5-10.

#### Литература

1. Чернышев Е.И. «Линейные сооружения связи». Учебное пособие для СПО. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 192 с.
- 2 Краткое описание импульсного прибора P5-10.
- 3 ОСТ 45.36-97. Линии кабельные, воздушные и смешанные городских телефонных сетей.

#### Контрольные вопросы

1. В чем заключается принцип импульсных измерений?
2. Достоинства и недостатки импульсных измерений?
3. Какие виды повреждений определяются импульсным методом?
4. О чем свидетельствует отсутствие отраженного импульса?
5. В каком случае отраженный импульс будет иметь ту же полярность, что и зондирующий?
6. В каком случае отраженный импульс будет менять полярность на противоположную?
7. Как определяется расстояние до места неоднородности?
8. Как определяется расстояние до места повреждения?

#### Общий порядок выполнения работы

Определить характер и расстояние до места повреждения (рис. 1).

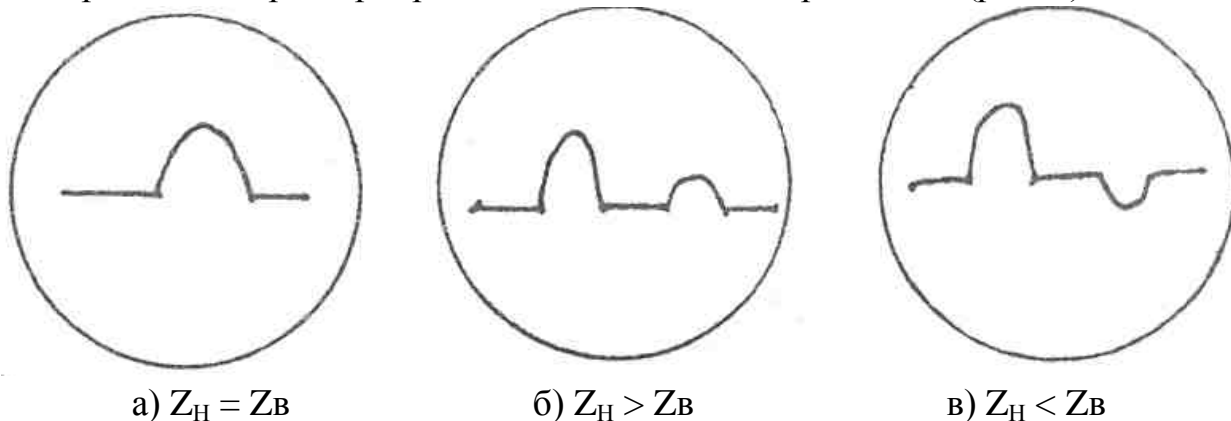


Рис. 1. Характер и расстояние до места повреждения

1. Подготовить прибор Р5-10 к работе. Для этого необходимо:
  - заземлить прибор! Клемма заземления находится на задней панели прибора;
  - установить органы управления в исходное положение:
    - «УСИЛЕНИЕ» - крайнее левое;
    - «РАССТОЯНИЕ» - «0»;
    - «УСТ. ОТСЧЕТА» - крайнее левое;
    - «ФИЛЬТР» - «=».
  - включить тумблер «ПИТАНИЕ», при этом должна загореться сигнальная лампочка, и через 0,5 – 2 мин на экране электронно – лучевой трубки (ЭЛТ) появится линия развертки;
  - ручками «☀», «○», «↑» отрегулировать яркость, фокусировку и положение луча на экране ЭЛТ, положение линии развертки должно быть на середине экрана ЭЛТ.
2. Измерить коэффициент укорочения электромагнитной волны в кабеле исправной цепи, для этого необходимо:
  - установить ручку «УКОРОЧЕНИЕ» в положение «1», ручку «ДИАПАЗОНЫ» - в положение, соответствующее, длине кабельной линии, на которой проводятся измерения, ручку «ЗОНД. ИМП.» - в положение «0,3»;
  - концы соединительного кабеля прибора подключить к цепи исследуемого кабеля;
  - вращением ручки «УСТ. ОТСЧЕТА» совместить передний фронт зондирующего импульса с отсчетной риской на шкале ЭЛТ и одновременно добиться, чтобы вся импульсная характеристика укладывалась на экране прибора. Для получения более четкой импульсной характеристики произведите регулировку ручками «ВЫХ. СОПР.» и «УСИЛЕНИЕ»;
  - размыкая и замыкая на противоположной конце цепь кабеля, отыщите на импульсной характеристике всплеск, соответствующий отражению от конца цепи;
  - установить ручку «РАССТОЯНИЕ», в положение, соответствующее длине кабеля;
  - совместить вращением ручки «УКОРОЧЕНИЕ» передний фронт импульса, отраженного от конца кабеля, с риской на экране ЭЛТ, с которой производилось совмещение зондирующего импульса;
  - произвести отсчет коэффициента укорочения электромагнитной волны в кабеле по шкале «УКОРОЧЕНИЕ».
3. Определить расстояние до места повреждений, для этого необходимо:
  - изучить импульсные характеристики цепей с наиболее типичными повреждениями;

- подключить концы соединительного кабеля к гнездам линии и отыскать на импульсной характеристике всплеск, соответствующий отраженному импульсу от места повреждения (неоднородности);
- установить ручку «ЗОНД. ИМП.» в положение «0,3». Следует учитывать, что чем меньше расстояние до места повреждения, тем меньше может быть выбрана длительность зондирующего импульса, и тем точнее будет определено расстояние до места повреждения, для получения более четкой импульсной характеристики можно ручкой «УСИЛЕНИЕ» произвести увеличение или уменьшение величины изображения;
- совместить ручкой «УСТ. ОТСЧЕТА» передний фронт зондирующего импульса с риской на отсчетной шкале ЭЛТ;
- вращением ручки «РАССТОЯНИЕ» совместить передний фронт отраженного от места повреждения импульса с риской на отсчетной шкале ЭЛТ;
- произвести отсчет расстояния до места повреждения по шкале «РАССТОЯНИЕ» с учетом положения ручки «ДИАПАЗОНЫ М».

Для повышения точности измерения следует проводить измерения с обоих концов кабеля, со станции А и Б. Поочередно, подключаясь к цепям «жила а – земля» и «жила б – земля», следует зарисовать импульсную характеристику (рефлектограмму) определенного повреждения.

- 1) промежуток времени между передачей двух последовательных импульсов должен быть достаточным для того, чтобы импульсы, отраженные от конца исследуемого участка, могли вернуть к началу линии раньше, чем начнется передача следующего импульса, то есть

$$T_{пов} > 2L / V, с \quad (1)$$

где: L – длина исследуемой линии, км;

$T_{пов}$  – период повторения зондирующих импульсов, с;

- 2) частота повторения импульсов должна быть достаточно высокой для того, чтобы избежать амплитудных и фазовых искажений на линии и в приборе в области низких частот;
- 3) при применении коротких импульсов для избежания мелькания изображения на индикаторе частота следования импульсов должна быть не менее 25 Гц.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Принцип работы импульсных приборов

На рис. 2 представлена упрощенная структурная схема импульсного прибора.

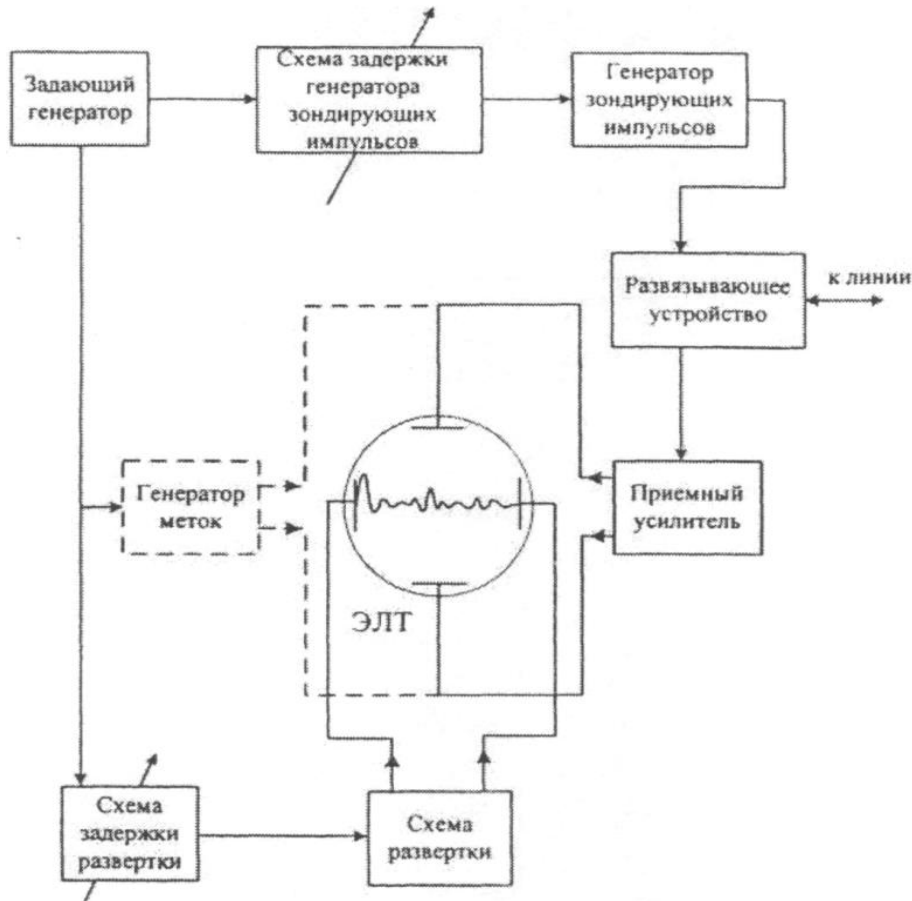


Рис. 2. Принцип действия импульсного прибора Р5-10

Задающий генератор одновременно запускает схемы развертки и задержки генератора зондирующих импульсов. Выходной импульс схемы задержки развертки подается на запуск схемы развертки, создающей линейно – изменяющееся во времени напряжение, необходимое для создания временной развертки на экране электронно – лучевой трубки (ЭЛТ).

Выходной импульс схемы задержки генератора зондирующих импульсов подается на запуск генератора зондирующих импульсов, который формирует и посылает видеоимпульс в исследуемые линии. Посылка этого импульса осуществляется через развязывающее устройство, которое устраняет воздействие сравнительно мощного импульса на входной усилитель. Отраженные от неоднородностей линии, импульсы, пройдя через развязывающее устройство, попадают на входной усилитель, усиливаются им и подаются на вертикальные пластины отклонения ЭЛТ.

Вследствие не идеальности развязывающего устройства на входной усилитель поступает часть энергии зондирующего импульса, поэтому на

экране ЭЛТ, кроме отраженных импульсов, наблюдается и ослабленный зондирующий импульс, от переднего фронта которого и ведется отсчет при определении расстояния до места неоднородности или повреждения. За время прохождения зондирующего импульса по линии электронный луч на экране трубки проходит некоторое расстояние. Это расстояние в определенном масштабе соответствует расстоянию, пройденному импульсом по линии. При этом скорость развертки выбирается во столько раз меньше скорости распространения импульса по цепи, во сколько раз длина экрана меньше удвоенной длины рассматриваемого участка линии. Изменяя скорость развертки, можно регулировать масштаб просматриваемого участка линии, т.е. линию можно просматривать по отдельным участкам.

Так как обычно применяется ЭЛТ с диаметром экрана, не превышающим 100 мм, а приходится просматривать линии в несколько десятков километров, то масштаб получается очень мелкий. Одному миллиметру длины экрана соответствует несколько сот миллиметров исследуемой линии. Практически трудно сделать отсчет по экрану с точностью  $\pm 0,5$  мм. Поэтому для повышения точности измерений развертку включают не одновременно с посылкой в линию зондирующего импульса, а спустя некоторое время. Это достигается путем специальной схемы задержки, регулируя время которой, можно по выбору наблюдать на экране ЭЛТ определенный участок линии в увеличенном масштабе.

Для отсчета на экране ЭЛТ времени  $t_x$  между зондирующим и отраженным импульсами в некоторых импульсных приборах используются генераторы меток. Создаваемые генератором меток калиброванные метки высвечиваются на экране в виде узких импульсов через равное расстояние, по которому и ведется отсчет времени. По отсчитанному времени  $t_x$  с помощью формулы (1) ведется расчет расстояния до неоднородностей. Такой способ отсчета расстояния до места неоднородности или повреждения очень неудобен и требует дополнительных затрат времени на проведение расчетов.

В современных импульсных приборах этот недостаток устранен. Учитывая, что время задержки развертки по отношению ко времени посылки зондирующего импульса прямо пропорционально расстоянию, которое прошел зондирующий импульс за это время, ручка, изменяющая время задержки, проградуирована непосредственно в метрах. Это позволяет вести отсчет до места повреждения непосредственно по шкале «РАССТОЯНИЕ» на потенциометре, который меняет время задержки развертки по отношению к зондирующему импульсу.

Для того, чтобы учесть разницу в скорости распространения электромагнитной энергии для различных линий, введена схема задержки для генератора зондирующих импульсов. Потенциометр, регулирующий время задержки зондирующего импульса, проградуирован коэффициентом укорочения длины волны в исследуемых линиях.



Для проведения отсчета расстояния до места повреждения на таком приборе необходимо предварительно установить соответствующей данной линии коэффициент укорочения. По такому принципу устроены применяемые в технике связи импульсные приборы.

Для того, чтобы импульсные приборы использовать на линиях различного типа и разной длины, в них предусмотрена возможность изменения длительности зондирующего импульса и коэффициента усиления входного усилителя в широких пределах.

Для проведения отсчета расстояния до места повреждения на таком приборе необходимо предварительно установить соответствующий данной линии коэффициент укорочения. По такому принципу устроены применяемые в технике связи импульсные приборы.

Для того, чтобы импульсные приборы использовать на линиях различного типа и разной длины, в них предусматривается возможность изменения длительности зондирующего импульса и коэффициента усиления выходного усилителя в широких пределах.

Достоинства импульсных измерений.

- быстрота измерений;
- возможность определения одновременно нескольких повреждений, имеющих на линии.

Недостатки:

- слабая чувствительность к незначительному понижению  $R_{из}$ .

**Лабораторная работа № 7**  
**Наименование работы: Изучение конструкции и маркировки**  
**оптических кабелей**

**Цель работы:** Изучить образцы оптических кабелей (ОК). Научиться по конструкции определять марку ОК.

**Литература**

1. Чернышев Е.И. «Линейные сооружения связи». Учебное пособие для СПО. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 192 с.
2. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учеб. для вузов / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский ; ред. В. А. Андреев. - [17-е изд., перераб. и доп.]. - М. : Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 1 : Теория передачи и влияния. - 422 с.
3. Направляющие системы электросвязи [Текст] : учебник для вузов : в 2 т. / В. А. Андреев, А. В. Бурдин, Л. Н. Кочановский, Э. Л. Портнов, В. Б. Попов ; редактор В. А. Андреев. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2016. – Т. 2 : Проектирование, строительство и техническая эксплуатация. - 424 с.

**Контрольные вопросы**

1. Классификация ОК по назначению?
2. Конструктивные элементы ОК?
3. Назначение силовых элементов, разновидности?
4. Назначение гидрофобных материалов, разновидности?
5. Материалы, используемые при производстве ОК?
6. Конструкция ОВ, материалы?
7. Варианты маркировки ОК?
8. Достоинства и недостатки ОК по сравнению с медножильными кабелями связи?

**Общий порядок выполнения работы**

1. Изучить конструкцию образцов оптических кабелей.
2. Определить марку каждого кабеля и заполнить таблицу 1.

Таблица 1. Характеристика образцов кабелей связи

№ п/п	Конструкция ОК	Емкость кабеля (кол-во ОМ и ОВ)	Материал силового элемента	Наличие за-полняющих элементов	Наличие металлических элементов
1					
2					
3					

3. Определить конструкцию ОК.
4. Определить емкость кабеля (кол-во ОМ и ОВ).
5. Определить материал силового элемента.
6. Определить наличие заполняющих элементов.
7. Определить наличие металлических элементов.
8. Определить область применения данного кабеля.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Классификация оптических кабелей

Классификация ОК представлена на рис. 1.

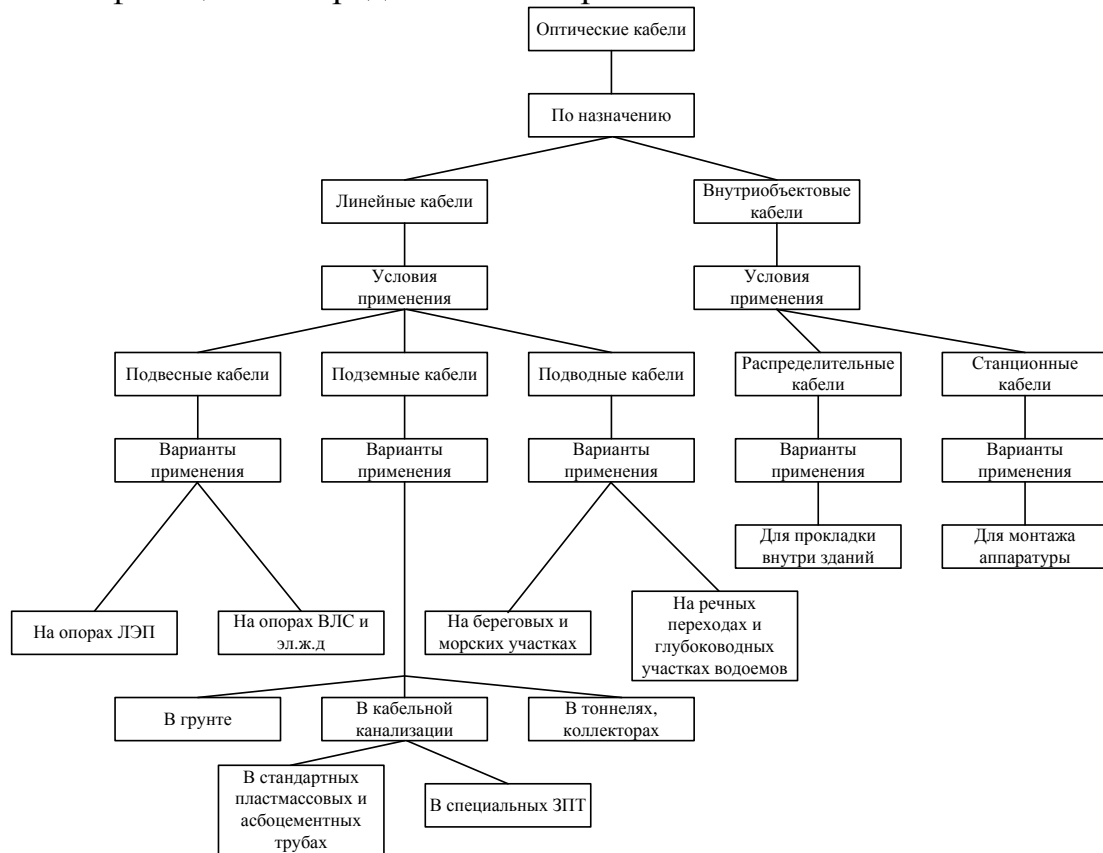


Рис. 1. Классификация оптических кабелей

### Типовые элементы конструкции оптических кабелей

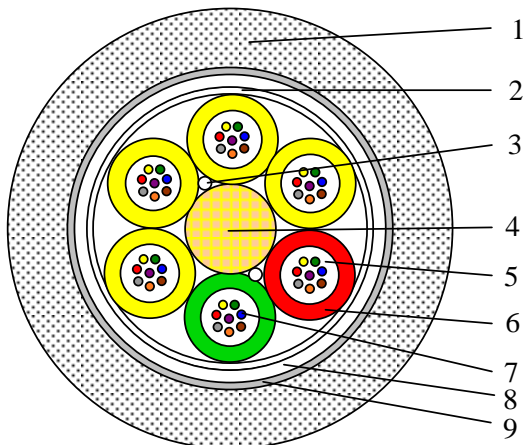
*Оптическое волокно* – основной конструктивный элемент ОК, выполняющий роль направляющей среды передачи. *Кордель* – конструктивный элемент заполнения сердечника ОК. *Оптический модуль* – выполняет функции защитного элемента, уменьшает опасность обрыва ОК и обеспечивает стабильность его работы. Разновидности: трубчатые, профилированные, ленточные. *Силовые элементы* – обеспечивают требуемую механическую прочность ОК. В ходе и после прокладки силовые элементы принимают на себя растягивающие напряжения, защищая от них волокно. Разновидности: кевларовая нить, круглопролочная броня, стальная гофрированная лента. *Гидрофобные материалы* – препятствуют проникновению влаги в ОК, увеличивая срок службы ОК. Разновидности: гидрофобный компаунд (используются в качестве заполнителей ОК), водоблокирующая лента. *Оболочки* – защищают оптический сердечник от внешних воздействий и механических повреждений. *Броня* – повышает механические свойства и улучшает защитные функции ОК.

## Конструкции и характеристики ОК СОКК

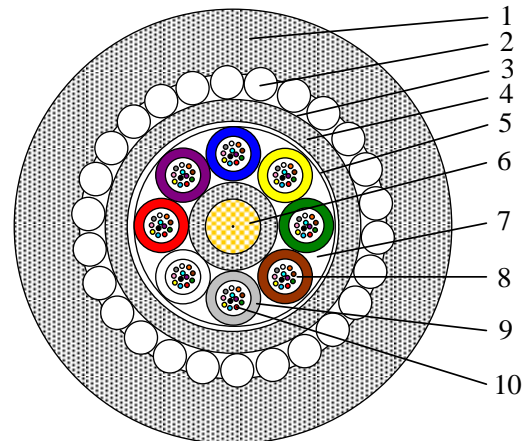
ЗАО СОКК выпускает следующие типы оптических кабелей связи для любых условий прокладки:

ОКЛ – оптический кабель линейный (рис. 2). Предназначен для прокладки в специальных трубах методом задувки, для ввода в здания и сооружения. ОКЛ-Н – с наружной пластмассовой оболочкой из материала, не распространяющего горение. Используется для прокладки внутри помещений, в трубах при повышенных требованиях по пожарной безопасности, прокладывается в местах, где нет механических нагрузок.

ОКЛК – оптический кабель линейный с круглопроволочной броней (рис. 3). Кабель с одним броневым покровом используется для прокладки в грунт, в кабельной канализации, коллекторах, тоннелях, шахтах, на мостах, с двумя броневыми покровами (до 36 ОВ) – используется для прокладки через болота и водные преграды, в грунтах всех категорий, в том числе скальные и подверженные мерзлотным деформациям.



- 1 – наружная полиэтиленовая оболочка;
  - 2 – скрепляющая обмотка;
  - 3 – водоблокирующие нити;
  - 4 – центральный силовой элемент;
  - 5 – гидрофобный компаунд;
  - 6 – оптический модуль; 7 – оптические волокна;
  - 8 – водоблокирующая лента;
  - 9 – алюмополиэтиленовая лента;
- Рис. 2. Кабель ОКЛ-01-6-48-10/125-0,36/0,22-3,5/18-2,7

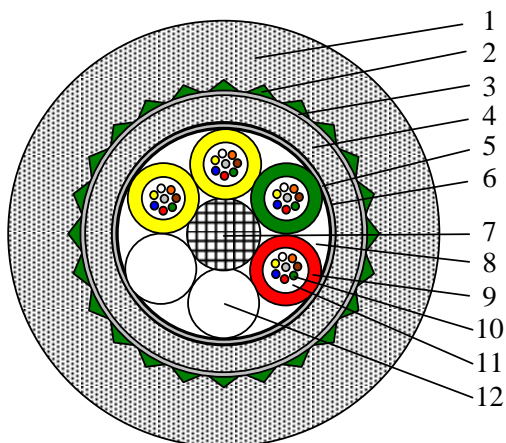


- 1 – наружная полиэтиленовая оболочка; 2 – повив стальных проволок; 3 – гидрофобный компаунд; 4 – внутренняя полиэтиленовая оболочка;
  - 5 – скрепляющая обмотка;
  - 6 – центральный силовой элемент;
  - 7,8 – гидрофобный компаунд;
  - 9 – оптический модуль;
  - 10 – оптические волокна;
- Рис. 3. Кабель ОКЛК-01-8-96-10/125-0,36/0,22-3,5/18-7

ОКЛСТ – оптический кабель линейный со стальной гофрированной лентой (рис. 4). Используется для прокладки в кабельной канализации, в специальных трубах, коллекторах, тоннелях, на мостах, а также в легких

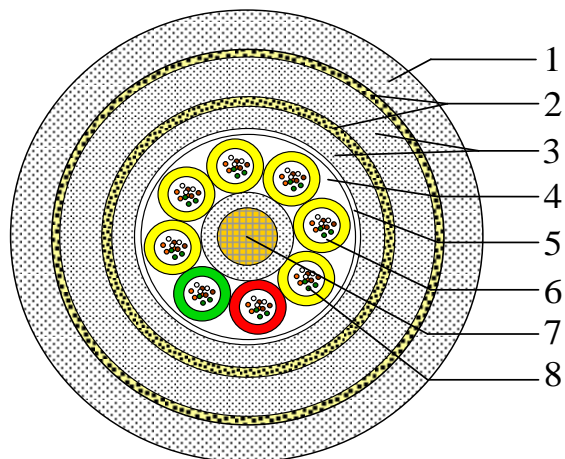
грунтах, где нет механических нагрузок.

ОКЛЖ – оптический кабель линейный с кевларовыми нитями (рис. 5). Используется для подвески по столбам городского энергохозяйства, подвески по опорам контактной сети ж/д, воздушных линий связи, прокладка по экстакадам, подвески на опорах линий электропередачи, больших переходов через реки, ущелья (с большой растягивающей нагрузкой).



- 1 – наружная полиэтиленовая оболочка; 2 – стальная гофрированная лента;
- 3 – водоблокирующая лента;
- 4 – внутренняя полиэтиленовая оболочка; 5 – скрепляющая обмотка; 6 – поясная изоляция;
- 7 – центральный силовой элемент;
- 8,11 – гидрофобный компаунд;
- 9 – оптический модуль;
- 10 – оптические волокна; 12 – кордель заполнения.

Рис. 4. Кабель ОКЛС<sub>т</sub> – 01-6-32-10/125-0,36/0,22-3,5/18-2,7



- 1 – наружная полиэтиленовая оболочка; 2 – кевларовые нити;
- 3 – внутренние полиэтиленовые оболочки; 4 – гидрофобный компаунд; 5 – поясная изоляция;
- 6 – оптический модуль;
- 7 – центральный силовой элемент;
- 8 – оптические волокна.

Рис. 5. Кабель ОКЛЖ-01-8-96-10/125-0,36/0,22-3,5/18-40

## Лабораторная работа № 8

### Наименование работы: Подготовка оптического волокна к сращиванию

**Цель работы:** Ознакомиться с методами сращивания ОВ.

#### Литература

1. Чернышев Е.И. «Линейные сооружения связи». Учебное пособие для СПО. – Волгоград: Издательский Дом «Ин-Фолио», 2010. – 192 с.
2. Направляющие системы электросвязи [Текст]: учеб. для вузов / В.А. Андреев, Э.Л. Портнов, Л.Н. Кочановский; ред. В.А. Андреев. - [17-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия - Телеком, 2016. – Т.1: Теория передачи и влияния. – 422 с.
3. Направляющие системы электросвязи [Текст]: учебник для вузов: в 2 т. / В.А. Андреев, А.В. Бурдин, Л.Н. Кочановский, Э.Л. Портнов, В. Б. Попов; редактор В.А. Андреев. - [7-е изд., перераб. и доп.]. - М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – Т.2: Проектирование, строительство и техническая эксплуатация. – 424 с.

#### Контрольные вопросы

1. Перечислите основные операции подготовки ОВ к сращиванию?
2. Факторы, влияющие на качество сращивания ОВ?
3. Чем снимается буферное защитное покрытие?
4. Как называется защитное покрытие ОВ и какой инструмент применяют для его снятия?
5. Способы сращивания ОВ. Нормы затухания?
6. Какие технологические операции включает в себя процесс сварки?
7. Какие факторы ухудшают качество сварного соединения?
8. Классификация сварочных аппаратов. Способы юстировки?
9. Чем защищают стыки ОВ от внешних воздействий, состав?
10. Назначение механических соединителей. Состав Fibrllok?

#### Общий порядок выполнения работы

1. Подготовка ОВ к сращиванию.
2. Сращивание ОВ.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### Подготовка ОВ к сращиванию

Процесс подготовки ОВ к сращиванию включает в себя операции снятия первичного защитно-упрочняющего покрытия (ПЗУП) волокна и скалывания для получения хорошо обработанной торцевой поверхности волокна, а также обтирку зачищенных концов мягким материалом, пропитанным спиртом.

В ОК, выпускаемых отечественными и зарубежными фирмами, используются ОВ в основном с акриловым защитным покрытием. Защитное покрытие снимается механическим способом при помощи специального инструмента, который получил название *стриппер*. Перед снятием защитного покрытия стриппер и ОВ обязательно протираются спиртом. Последовательность операций снятия защитного покрытия с ОВ при помощи стриппера показана на рис. 1.



а – вставка ОВ в раскрытый стриппер; б – закрытие стриппера;  
в – протягивание ОВ через стриппер

Рис. 1. Последовательность операций по снятию защитного покрытия с ОВ при помощи стриппера

Чистота поверхности ОВ перед сваркой играет очень важное значение. Плохая очистка служит причиной образования пузырей воздуха в месте сварки, и других включений, что увеличивает вносимые потери на стыке. На поверхности ОВ нельзя также допускать наличие трещин, которые могут возникать при снятии покрытия, так как они уменьшают прочность места сварки.

В настоящее время скалыватели выпускаются многими фирмами. Для получения хорошо обработанной торцевой поверхности ОВ проводят операцию скалывания при помощи прецизионных скалывателей. В качестве примера показан общий вид скалывателя модели Fujikura CT-30 на рис. 2.





Рис. 2. Общий вид скалывателя ОВ модели Fujikura CT-30

### Способы сращивания ОВ

В настоящее время для соединения ОВ применяются два способа:

- с помощью сварного соединения (Fusion Splice). Норма на затухание в месте стыка – не более 0,05 дБ. В 50 % от общего количества сварок допускается 0,1 дБ. При затухании 0,15 дБ в единичном случае необходимо вызвать представителя организации эксплуатирующего эту линию и при нем повторить сварку, в течение 3 раз. Сварное соединение обеспечивают юстировку по сердцевине и оболочке.

- с помощью механического соединителя Fibrlok (Mechanical Splice). Норма на затухание в месте стыка 0,1-0,2 дБ. Механические соединители обеспечивают юстировку ОВ по оболочке, разрабатывались как более дешевый и быстрый способ сращивания ОВ (рис. 3).



Рис. 3. Соединитель фирмы «ЗМ» Fibrlok

Соединение ОВ с помощью *сварки* является сегодня наиболее распространенным методом получения неразъемных соединений. Этот метод позволяет получать качественные соединения с низкими показателями вносимых потерь.

После операции скалывания концы ОВ устанавливаются в сварочный аппарат, который автоматически осуществляет юстировку и сварку. При сварном соединении концы ОВ предварительно юстируются друг относительно друга и сплавляются электрической дугой:

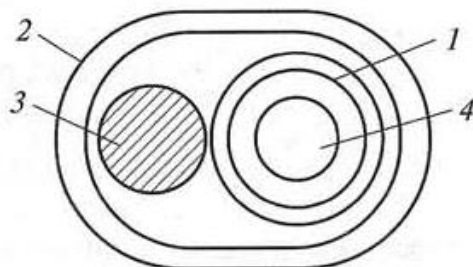
- с помощью дуговых разрядов производится очистка торцов волокна

от загрязнений;

- предварительный нагрев концов волокна до состояния размягчения, что позволяет волокнам сплавляться в месте контакта и последующей подаче дугового разряда между электродами (нагрев волокон в зоне обжига производится до температуры плавления кварца ( $1600^{\circ}\text{C} \dots 2000^{\circ}\text{C}$ )).

Ручная юстировка ОВ является весьма трудоемкой и требует высокой квалификации оператора, к тому же не обеспечивает получения минимальных потерь в соединении.

Стыки ОВ защищают от внешних воздействий с помощью КДЗС (комплекта деталей для защиты сrostка), состоящего из эмисионной жидкости и упрочняющего стержня из нержавеющей стали (рис. 4). Она содержит термоусаживаемую трубку, внутри которой находится несущий металлический стержень диаметром 1,0 мм и трубку из материала высокой текучести – сэвилена.



1 – трубка из сэвилена; 2 – металлический стержень;  
3 – термоусаживаемая трубка; 4 – ОВ

Рис. 4. Конструкция КДЗС

Перед сваркой волокон гильзу надевают на один из сращиваемых концов ОВ. Затем после сварки ее надвигают на место сварки и нагревают. В процессе нагрева и усаживания трубки сэвилен расплавляется и уплотняется вокруг ОВ. Несущий металлический элемент надежно защищает ОВ от изгиба внутри термоусаживаемой трубки.