

**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОВОДНЫХ ЛИНИЙ
ЛОКАТОРОМ-РЕФЛЕКТОМЕТРОМ «БОР»-1»**

**Руководство к практическим занятиям и лабораторным
по курсам "Инженерно-техническая защита информации"
"Технические средства защиты информации"**

Доцент каф.РЗИ

Бацула А.П.

2007 г.

1. НАЗНАЧЕНИЕ

Локатор-рефлектометр двухпроводных линий "БОР-1" (далее в тексте прибор) предназначен для обнаружения:

а) контактных включений в линию сосредоточенных активных и реактивных нагрузок, подключенных как параллельно, так и последовательно, - устройств съема информации с линии;

б) мест подключения к контролируемой линии несанкционированных отводов из отрезков любых двухпроводных линий:

в) санкционированных отводов-расширителей;

г) позволяет обнаруживать неисправности токоведущих жил линии типа "обрыв", "короткое замыкание", места соединения разнородных двухпроводных линий.

Основное назначение прибора - выявление отклонений, перечисленных в п.п.

а) - г), в распределительных телефонных сетях, выполненных однопарным телефонным проводом, на дистанции от розетки телефонного аппарата до места соединения провода с многожильным кабелем.

Прибор позволяет: обнаруживать наличие отклонений в состоянии линии, перечисленных в п.п. а) - г), их количество и расстояние до каждой из них от места подключений прибора

Далее в тексте ТО для обозначения неисправностей и отклонений в состоянии линии, перечисленных в п.п. а) - г) используется единая аббревиатура ОИС (отклонение от идеализированного состояния).

Максимальная дистанция обнаружения составляет 400 м.

Рабочие условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от + 5°С до 40°С,
- относительная влажность воздуха не более 95% при температуре + 30° С;
- атмосферное давление от $61,3 \cdot 10^3$ Па до $106,6 \cdot 10^3$ Па (от 460 мм.рт.ст. до 800 мм рт.ст.);

Напряжение питающей сети (220 ± 22) В частотой (50 ± 0.5) Гц,

1.1. Максимальная дальность действия прибора составляет 400 м.

1.2. Выявление ОИС на дистанции от 0 до 400 м обеспечивается работой на трех диапазонах измерения:

диапазон 1	от 0 до 40 м;
диапазон 2	от 40 до 200 м;
диапазон 3	от 200 до 400 м.

1.3. Погрешность измерения до ОИС:

диапазон 1	± 2 м;
диапазон 2	± 3 м;
диапазон 3	± 4 м.

1.4. Минимальное сопротивление последовательно включенного обнаруживаемого объекта 150 Ом.

1.5. Минимальная емкость параллельно включенного объекта:

диапазон 1	25 пФ
диапазон 2	50 пФ
диапазон 3	80 пФ

1.6. Разрешающая способность по дальности (нормируется для диапазона 1) - 8 м.

2. ОСНОВЫ РЕФЛЕКТОМЕТРИИ

1. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Прежде чем приступить к описанию способов подключения и защиты, необходимо ввести основные термины встречающиеся в работе:

ТА - Телефонный аппарат.

ТС - Технические средства.

ТЛ – Телефонная линия.

ШЛЕЙФ - Под шлейфом понимается двухпроводная линия, соединяющая конкретный телефонный аппарат с узловым центром АТС.

ПОСЛЕДНЯЯ «МИЛЯ» - двухпроводная линия между ТА и устройствами аналого-цифровых преобразователей. Информация в последней «миле» передаётся в аналоговой форме.

ИСХОДЯЩАЯ СВЯЗЬ - Связь от конкретного телефонного аппарата с набором номера и подключением к сети.

ВХОДЯЩАЯ СВЯЗЬ - Получение вызова с АТС на телефонный аппарат и установление связи после поднятие трубки.

РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНАЯ КОРОБКА - Шкаф с выведенными колодками для подключения телефонных пар, размещаемых обычно вблизи пользователей (абонентов) АТС.

ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ - Подключение дополнительного телефонного аппарата параллельно основному, не нарушающее при этом проводной шлейф АТС-ТА.

ОГРАНИЧЕНИЕ ДОСТУПА К ЛИНИИ - Применение устройств защиты, не позволяющих без знания кода или специальной методики, а также без наличия электронного ключа, набрать номер и установить связь.

ИМИТАЦИЯ СИГНАЛОВ АТС - Специально разработанное устройство подключения, обеспечивающее подачу ложных сигналов владельцу линии (например, «отбой станции», «нет дома» и пр.)

РЕЗОНАНСНАЯ НАСТРОЙКА - Настройка устройства защиты на работу с конкретным ТА с определёнными параметрами. В случае подключения другого ТА происходит рассогласование (непопадание в резонанс), что вызывает срабатывание защитного устройства.

ВЕРОЯТНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛИНИИ - Выраженная в числовом отношении относительная величина, характеризующая возможность подключения к линии и использования её в коммерческих целях тем или иным способом.

2. Способы подключения к линии

Для того, чтобы рассмотреть все возможные места подключения к телефонной линии, представим себе упрощенную схему связи (рис1).

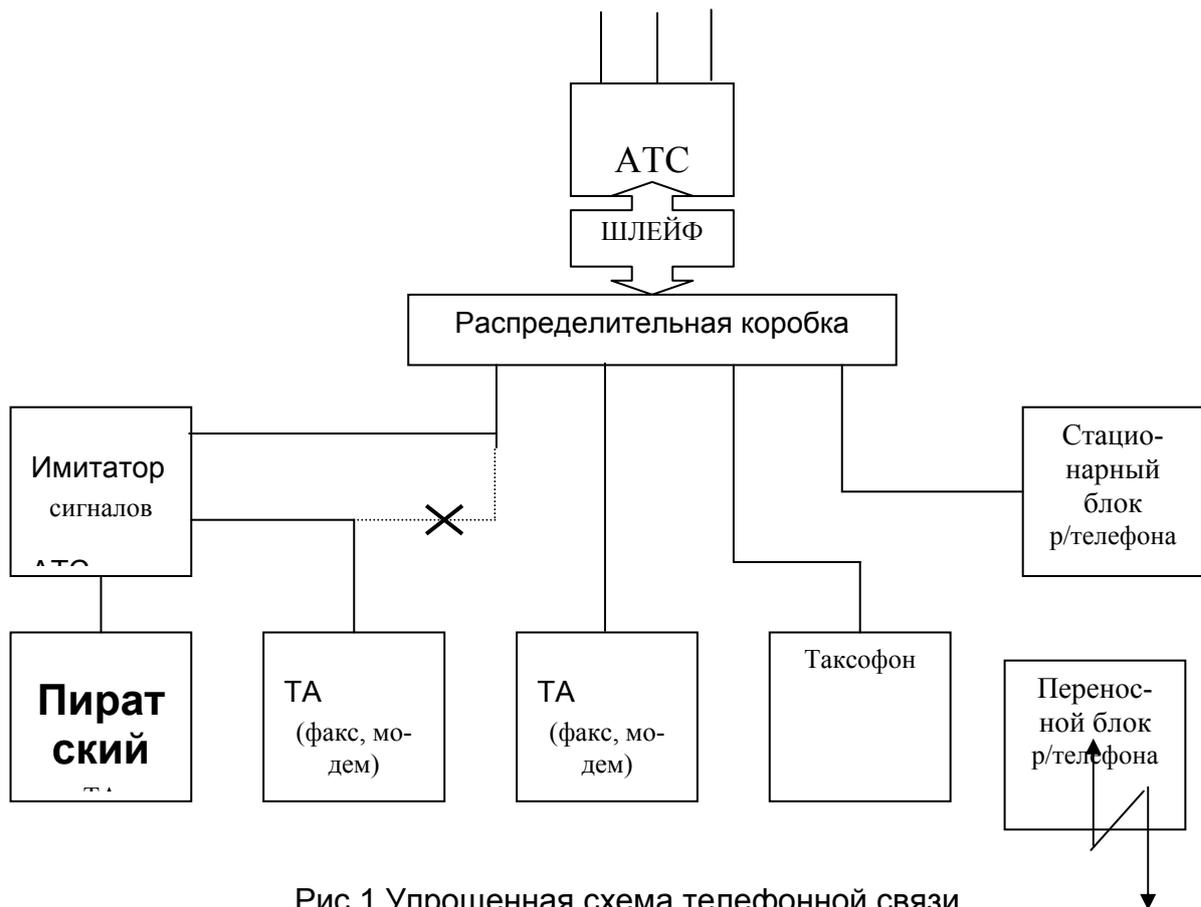


Рис.1 Упрощенная схема телефонной связи

На схеме показана распределительная коробка, к которой подключены четыре пары:

- Радиотелефон;
- Таксофон;
- Обычный ТА;
- Встроенное устройство имитации сигналов АТС.

Необходимо уточнить, что анализ возможных подключений проводится исключительно в последней «миле» телефонных коммуникаций, т.е. на участках шлейфа, в которых информация передаётся в аналоговой форме.

Из схемы видно, что можно выделить пять основных зон пиратского подключения:

- телефонный аппарат (таксофон);
- линия от телефонного аппарата, включая распределительную коробку;
- кабельная зона(шлейф АТС);

- зона АТС (машинный зал);
- зона радиоканала радиотелефона.

В этих зонах подключение с целью несанкционированного использования линии наиболее вероятно.

Цель данной работы рассмотреть способы технической реализации систем контроля именно линий от телефонного аппарата до разделительной коробки.

3. СПОСОБЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ САМОВОЛЬНОМУ ИСПОЛЬЗОВАНИЮ ТЕЛЕФОНА

Все способы противодействия можно разбить на две основные группы:
организационные;
технические;

3.1. Под *организационными* способами понимается комплекс мер по регламентированию и контролю за использованием телефонной линии. Они проводятся работниками линейных узлов связи, а индивидуальными абонентами АТС. Особенно большой эффект от организационных мер получают предприятия и организации, на балансе которых имеется достаточно много городских телефонных линий. В организациях, имеющих свои службы безопасности, обязанности по контролю за линиями и аппаратами связи разумнее всего возложить именно на них.

Тогда рекомендуемые меры защиты могут быть следующими:

- проверка и контроль линии;
- ограничения доступа к ТА, имеющим выход в город (межгород);
- контроль оплаты за телефонные услуги;

3.2 Под *техническими* способами противодействия понимается применение специальных устройств защиты, ограничивающих возможности нелегальных абонентов по доступу к линиям связи.

По воздействию на телефонные линии технические способы подразделяются на:

- пассивные;
- активные;

3.2.1 *Пассивные* устройства защиты предназначены для регистрации факта подключения и самовольного использования линии. Они не вмешиваются в процесс связи, а только помогают владельцу линии оперативно реагировать на начальный процесс возникновения самовольного использования линии.

Способы получения информации о подключении:

- отсутствие напряжения в телефонной линии;
- падение напряжения в линии в 3-4 раза при положенной трубке основного ТА;
- наличие импульсов набора номера при положенной трубке ТА;
- наличие частотных посылок DTMF кода при не использовании основного ТА;
- не прохождение вызова с АТС на основной ТА;

Активные устройства защиты предусматривают вмешательство в процесс установления и проведения связи с целью предотвратить реальные финансовые затраты в случаях самовольного подключения. Все типы аппаратуры, реализующие

активную защиту линий, могут устанавливаться как на выходных клеммах АТС, так и на входе оконечных устройств, то есть у абонента. Место установки блоков защиты определяется необходимостью решения тех или иных задач противодействия.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ ССИ

Актуальность защиты телефонных переговоров от прослушивания поставила перед разработчиками задачу создания эффективных средств обнаружения устройств съема информации (ССИ) с телефонных линий.

Имеющиеся на рынке ССИ, использующие телефонные коммуникации, можно разделить на три класса:

- ССИ для съема информации, как из помещений, так и с телефонных коммуникаций с питанием от телефонной линии;
- ССИ с бесконтактным способом подключения к линии;
- ССИ, использующие телефонные коммуникации как линии передачи снимаемой информации, при этом не потребляющие энергию из линии.

Средства съема информации контактного включения в свою очередь разделяются по способу включения в линию на ССИ **параллельного** и **последовательного** типа. Последний тип следует понимать как включение в разрыв линии, что приводит к её физическому нарушению.

Основными параметрами ССИ, подключаемых к ТЛ и на которые ориентируются разработчики технических средств (ТС) контроля, являются следующие. Для ССИ с параллельным включением важным является величина входной емкости, диапазон которой может составлять 50-1000 пф, и входное сопротивление, величина которого составляет десятки килоом.

Для ССИ с последовательным включением основным является входное сопротивление, которое составляет от сотни, до нескольких сотен Ом. Для устройств с согласующим трансформатором преобладающим признаком является индуктивность обмотки, включенной в линию.

Представляют интерес также энергетические характеристики ССИ, а именно потребляемый ток и падение напряжения в линии. Потребляемый ток характеризует ССИ с параллельным включением и не превышает 2,5 - 3,0 мА. Падение напряжения в линии характеризует ССИ с последовательным включением.

Особенностями ССИ, использующих ТЛ как канал передачи, сообщения являются отсутствие потребляемой энергии из ТЛ, наличие внешнего источника питания, встроенный или выносной микрофон и универсальность. При поднятии трубки ССИ автоматически переходит в режим прослушивания телефонных переговоров. Важнейшим фактором, приводящим к увеличению времени жизни, является отсутствие излучения в эфир при передаче сообщения. В зависимости от варианта различаются типом передаваемого сигнала - открытый или кодированный. Подключение к линии - параллельное. Выходное сопротивление (а для линии - входное) невысокое - несколько килоом.

Для контроля линий связи необходимо представлять систему построения линии.

Ввод линии в здание осуществляется магистральным многопарным телефонным кабелем до внутреннего распределительного щита.

Далее от щита до каждого абонента производится разводка двухпроводным телефонным проводом марки ТРП или ТРВ.

Данная схема характерна для жилых и административных зданий незначительных размеров.

При значительных размерах административных зданий внутренняя разводка

делается набором магистральных кабелей до специальных распределительных колодок, от которых на небольшие расстояния (до 20 м) разводка также производится проводом ТРП или ТРВ.

В свете выше сказанного основной задачей является выделение телефонных линий, представляющих наибольший интерес для потенциальных конкурентов. Дальнейшим мероприятием должно стать составление технического паспорта на каждую выделенную линию.

Под техническим паспортом понимается определение общей длины пары от телефонной розетки до наружного магистрального кабеля. На длине в масштабе или в виде таблицы указываются все санкционированные соединения: распределительные коробки, щиты, параллельные отводы, блокираторы и технические параметры с указанием дальности от розетки до соединений. Лишь после такой подготовки линия готова к контролю техническими средствами.

Рассмотрим основные параметры ТЛ, поскольку проектирование технических средств контроля осуществляется не только с учетом параметров ССИ, но и параметров линии.

В статическом режиме любая двухпроводная линия характеризуется волновым сопротивлением, которое определяется первичными погонными параметрами: последовательным сопротивлением и индуктивностью, параллельными емкостью и проводимостью. Волновое сопротивление уменьшается с ростом частоты и стремится к значению 100 - 110 Ом для магистрального кабеля и 220 - 320 Ом для проводов марки ТРП и ТРВ.

В динамическом режиме ТЛ характеризуется напряжением высокого уровня - положенная телефонная трубка и низкого уровня - поднятая трубка. Известно, что в отечественных сетях высокий уровень напряжения составляет 48 - 72 В, низкий уровень - 5.5-18 В. Для импортных мини-АТС высокий уровень 25 - 36 В в зависимости от модели, низкий уровень - 12 В.

Имеющиеся на рынке средства контроля ТЛ условно можно разбить по принципу действия на следующие группы:

- устройства контроля напряжения линии;
- устройства контроля окружающей радиосреды;
- устройства контроля сигналов на телефонной линии;
- устройства анализа несимметрии линии;
- устройства анализа нелинейности параметров линии;
- устройства анализа неоднородностей ТЛ - рефлектометры.

Применительно к проводным линиям связи понятие обнаружение несанкционированно подключенного объекта означает указание дальности от места подключения технического средства контроля до объекта, а не простая фиксация его наличия.

Только рефлектометры позволяют решать задачу обнаружения ССИ на линии в классическом понимании - обнаружить, значить указать месторасположение объекта!

Так, приборы контроля напряжения линии требуют только "чистой" линии, т.е., что до начала эксплуатации на данной линии отсутствовали ССИ. Если применять данный класс приборов на "произвольной" линии, то вероятность обнаружения составит 50%.

Вторая группа контроля - обычные индикаторы поля и панорамные приемники -

спектроанализаторы. Поскольку в них отсутствует система пеленгации, то данный класс устройств является сигнализаторами, после которых требуются другие методы доразведки.

Рассмотрим последний метод контроля ТЛ - измерение неоднородностей в линии. Это есть ни что иное, как **классическая рефлектометрия**.

Поскольку волновое сопротивление двухпроводной линии есть величина постоянная по всей ее длине и не зависящая ни от напряжения, ни от тока в линии, то любое подключение к линии в любом месте вызывает только в этом месте отклонение волнового сопротивления от номинального.

На сегодня рефлектометры являются самыми точными и объективными устройствами обнаружения изменений параметров ТЛ - двухпроводной линии.

Подключение ССИ в магистральный кабель практически невозможно. Остаются два участка: от телефонной розетки до наружного (уличного) распределительного щита и на самой АТС.

Рассмотрим возможность подключения ССИ на АТС.

Максимальная удаленность наружного распределительного щита от абонента составляет 500 м. Дальше идет подземный телефонный кабель, подключение к которому невозможно. На подземном кабеле можно обнаружить только его нарушение - обрыв или короткое замыкание. На самой АТС обнаруживать нечего.

Таким образом, из профессиональной деятельности вытекает, что самой необходимой дальностью работы локатора по ТЛ является дальность не более 500 м.

По своей сути локатор **“Бор”** есть результат адаптации метода импульсной рефлектометрии неоднородностей: имеет необходимую и достаточную дальность и чувствительность, не требует снятия напряжения с ТЛ, устойчив к воздействию высоковольтного (до 150 В) вызывного сигнала АТС.

На сегодня не уязвимым с точки зрения обнаружения остается один класс ССИ - средства съема информации с бесконтактным включением в линию - индуктивные съемники и съемники типа “ухо”. Это вызвано тем, что данные приборы не вносят изменений в динамические параметры линии, а вносимая ими неоднородность настолько незначительна, что рефлектометр может обнаружить ее только при зондировании сверхкоротким импульсом, но при этом резко ограничивается дальность его действия.

Так, при длительности зондирующего импульса 500 пс максимальная дальность обнаружения с вероятностью 90% составит не более 20 - 25 м. Для сравнения можно привести следующие данные.

Минимальная длительность импульса серийных рефлектометров: Р5-11 - пикосекундный диапазон, работает только по коаксиальным линиям с $Z_B = 50 \text{ Ом}$; Р5-12 - 5 нс, работает только по коаксиальным кабелям с $Z_B = 50 \text{ Ом}$; Р5-13 - 50 нс, работает в кабелях связи до 10 км; Р5-14 - 50 нс, работает по коаксиальным парам до 10.5 км; **“Бор”** - 30 нс, работает и по коаксиальным линиям, и по линиям связи до 500 м.

ТЕЛЕФОННЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ПРОВОДА

Однопарные телефонные провода изготавливают с жилой из медной проволоки марки ММ диаметром 0,4 и 0,5 мм или алюминиевой проволоки марки АМ или АПТ диаметром 0,7 мм. Токопроводящую жилу проводов ТРВ и АТРВ изолируют ПВХ пластикатором, а ТРП и АТРП – ПЭ толщиной 0,7 мм. Две жилы укладывают парал-

лельно и отделяют друг от друга плоским разделительным основанием из того же материала размером 0,9*2,0 мм. Конструктивные размеры, диаметр токопроводящей жилы, электрическое сопротивление жилы и сопротивление изоляции при 20°C проводов ТРВ, АТРВ, ТРП, и АТРП приведены в табл.1. Провод поставляют длиной не менее 400 м.

Допустимое растягивающее усилие проводов ТРП и ТРВ диаметром 0,4 мм – 48 Н, а 0,5 мм – 73,5 Н; проводов АТРП, АТРВ – 50,1 Н.

Готовые провода испытывают напряжением 2 кВ на АСИ или после пребывания 1ч в воде напряжением 1 кВ частотой 50 Гц в течение 2 мин.

Провода АТРВ и ТРВ предназначены для эксплуатации при температуре окружающей среды от –40 до +65°C, а АТРП и ТРП – от –60 до +65°C.

Принимая во внимание то, что провода выбираются и используются со спецификой данного района, а мы находимся в Сибири, то выберем провода устойчивые к температурным перепадам это АТРП и ТРП.

ТАБЛИЦА 1 - Конструктивные размеры проводов

МАРКА	Диаметр жилы, мм	Наружный размер, мм	Электрическое сопротивление, Ом/км, не более	Сопротивление изоляции 10 ⁶ Ом·км, не менее
ТРП	0,4	2,2x6,4	148,0	500
<u>ТРП</u>	<u>0,5</u>	<u>2,3x6,6</u>	<u>94,0</u>	<u>500</u>
ТРВ	0,4	2,2x6,4	148,0	30
ТРВ	0,5	2,3x6,6	94,0	30
АТРП	0,7	2,5x7,0	85,0	500
АТРВ	0,7	2,5x7,0	85,0	30

2.2. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ РЕФЛЕКТОМЕТРОВ

Рефлектометр выявляет неоднородности линии связи (и, в частности, витой симметричной пары) путем измерения отраженного от них сигнала. Для этого в проверяемую пару кабеля подаются короткие электрические импульсы постоянного тока. Если в кабеле имеется неоднородность, энергия импульса полностью или частично отражается обратно к прибору. Как посылаемый импульс, так и все его отражения выводятся на дисплей. Неоднородность импеданса может возникать вследствие различных причин, каждой из которых соответствует свойственное только ей отражение. Именно благодаря этому обстоятельству удастся по форме и положению отраженного на дисплее импульса определить не только место, но и характер неисправности.

Для определения расстояния до места повреждения кабеля или неоднородности импеданса необходимо просто задать коэффициент распространения (в отечественных приборах — коэффициент укорочения) и пределы измерения. Установка коэффициента распространения требуется для того, чтобы рефлектометр «знал», как быстро распространяется электрический импульс по кабелю определенного типа. После фиксации импульса прибор автоматически выполнит все расчеты и отобразит расстояние до места повреждения кабеля.

Общий принцип работы рефлектометра, предельно прост: с генератора через направленный ответвитель в кабель подается зондирующий импульс, который частично (или полностью) отражается от неоднородностей импеданса вдоль длины кабеля.

Отраженный импульс поступает на вход прибора и через направленный ответвитель попадает в приемный блок, где преобразуется в цифровую форму и выводится или на дисплей в виде характеристики — рефлектограммы, или в цифровом виде на индикатор. Неоднородность импеданса может быть вызвана различными повреждениями кабеля или внешними причинами, например плохим соединением.

Как известно, любая симметричная пара представляет собой двухпроводную электрическую линию, состоящую из цепочки последовательно включенных элементарных участков. Каждый такой участок — это симметричный четырехполюсник из четырех элементов: активного сопротивления R , индуктивности L , емкости C и активной проводимости G .

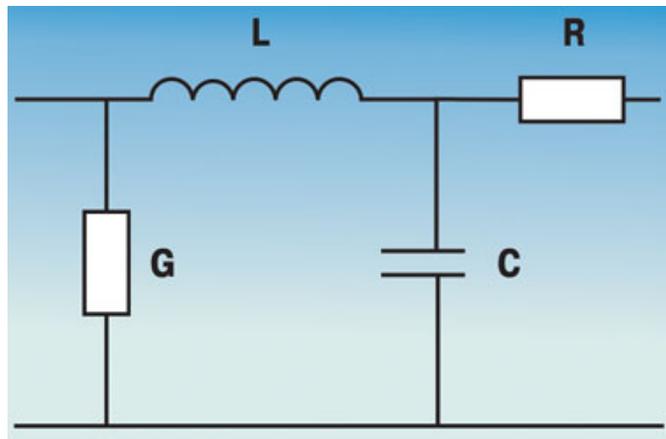


Рис.1. Симметричный четырехполюсник из четырех элементов

При распространении по витой паре гармонического сигнала отношение напряжения и тока в каждой ее точке называют входным сопротивлением витой пары. Если витую пару нагрузить на ее конце на сопротивление, равное

$$Z_c = (R + j\omega L)/(G + j\omega C),$$

где $\omega = 2\pi f$, то входное сопротивление витой пары в любой ее точке будет одинаковым и равным Z_c .

Это типичное для каждой витой пары входное сопротивление называют ее волновым или характеристическим сопротивлением. В такой идеальной линии сигнал достигает ее конца и полностью поглощается сопротивлением Z_c .

Если витая пара нагружена на сопротивление Z_L , отличающееся от Z_c , то в этой ее точке часть энергии зондирующего импульса будет поглощена нагрузкой, а часть, изменив направление, станет распространяться обратно в сторону источника сигнала.

Относительной мерой мощности отраженного сигнала является так называемый коэффициент отражения

$$\rho = (Z_L - Z_c)/(Z_L + Z_c).$$

При $Z_L = Z_c$ коэффициент отражения равен 0 , т. е. отражение отсутствует (Рис.2). В этом случае говорят, что линия согласована с нагрузкой идеально.



Рис.2.

При наличии неоднородности или дефекта в произвольной точке линии связи «х», где $Z_x \neq Z_c$, коэффициент отражения $p = (Z_x - Z_c)/(Z_x + Z_c)$ будет всегда отличен от нуля, и, следовательно, часть энергии зондирующего импульса будет отражаться (рис.3). При этом возможны два предельных случая — обрыв витой пары или короткое замыкание ее жил.

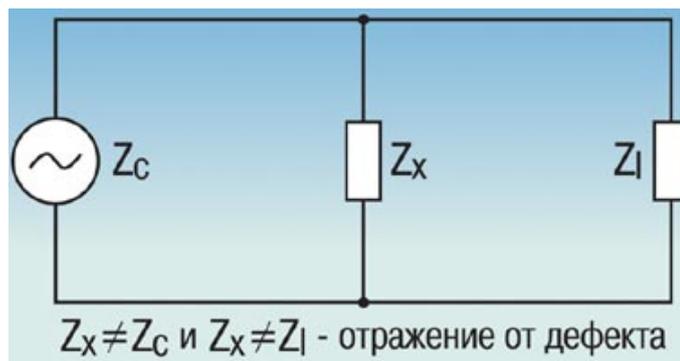


Рис.3.

При обрыве витой пары Z_x имеет бесконечно большое значение, и $p = 1$. В этом случае зондирующий импульс полностью отразится от точки обрыва без изменения его фазы и вернется на вход приемника рефлектометра с той же полярностью (Рис.4).

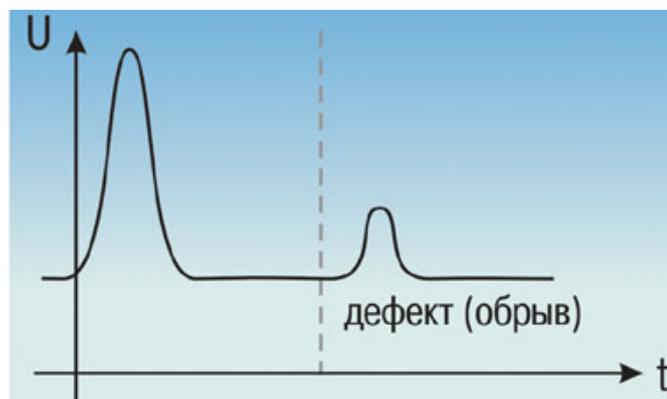


Рис.4.

Если в точке X произошло короткое замыкание витой пары, то $Z_x = 0$.

Тогда

$$\rho = (0 - Z_c)/(0 + Z_c) = -Z_c/Z_c = -1.$$

Зондирующий импульс также полностью отразится от точки короткого замыкания. Однако его фаза претерпит скачок на 180° . Поэтому отраженный импульс вернется на вход приемника рефлектометра с противоположной полярностью (Рис.5).

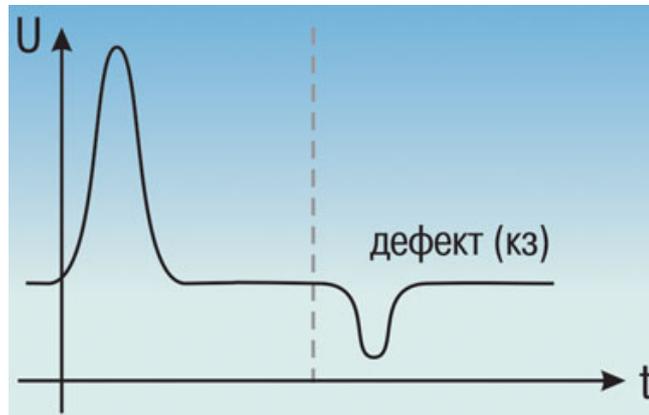


Рис.5

Значение коэффициента отражения, равное нулю, соответствует точному согласованию линии по волновому сопротивлению, т.е. отсутствие отражения.

Таким образом, по знаку коэффициента отражения, т.е. по полярности отражённого сигнала относительно зондирующего импульса, можно судить о характере неоднородности: отражённый импульс сохраняет свой знак при увеличенном сопротивлении в месте отражения относительно волнового (в пределе при обрыве) и изменяет свой знак при уменьшенном значении сопротивления в месте отражения (в пределе при коротком замыкании).

Если ёмкость закладки будет равной 100 пФ то коэффициент отражения будет равным $\approx 0,001$. То есть амплитуда зондирующего импульса, будет равна ≈ 10 В.

Локационные методы определяют время пробега специально генерируемого зондирующего импульса.

Распространение волны (импульса) по линиям передач – сложный процесс, зависящий от числа, взаимного расположения, материала и размера проводов и тросов, их удалённости от поверхности земли, от её электропроводности.

Волна перемещалась бы вдоль провода со скоростью света, если бы в проводе не было активных потерь и он располагался бы в вакууме над идеально проводящей поверхностью.

Точность импульсных измерений определяется следующими параметрами:

Частотной характеристикой затухания измеряемой линии, определяющей степень искажения фронта отражённого импульса и уменьшение его амплитуды.

Скорость распространения импульсного сигнала, являющейся одной из главных величин, определяющих точность импульсных измерений. Каждая линия, имеющая определённые первичные параметры (сечение, материал проводов, диэлектрик, расстояния между проводами, между проводами и землёй и др.), обладает собственной скоростью распространения импульсного сигнала:

$$V = \frac{C}{\lambda} ; \lambda = \sqrt{E}; V = \frac{C}{\sqrt{E}}; E = E_0 * E_A; E_0 = \frac{1*10^{-9}}{36*\pi}; E_A \approx 2,4; V \approx 205 \text{ км/с};$$

Локационные методы основаны на измерении времени между моментом посылки в линию зондирующего электрического импульса и моментом прихода к началу линии импульса, отраженного от места неравномерности. За указанное время импульсы прошли путь, равный двойному расстоянию до места повреждения. Искомое расстояние равно:

$$L = \frac{LT}{2};$$

Длительность зондирующего импульса равна:

$$\tau = \frac{2L}{V};$$

Так как точность обнаружения $\pm \Delta L \%$ и за **L** возьмём 2м, то

$$\tau = \frac{2\text{м}}{205\text{км}} = \frac{0,002}{205} = 0,00001\text{сек} = 10\text{мкс}$$

Где:

L – расстояние до неоднородности,

T – время распространения до неоднородности,

V – скорость распространения ЭМВ в линии, которая в свою очередь равна

$V = C/\gamma$;

γ – коэффициент укорочения ЭМВ в кабеле. $\gamma^2 = \epsilon$;

C – скорость света;

ϵ – диэлектрическая проницаемость кабеля.

t-длительность импульса

$$F_{\text{вер}} = \frac{1}{\tau}; \quad F_{\text{вер}} \approx 100 \text{ КГц};$$

Найдём **коэффициент затухания** сигнала в линии:

$$k = \frac{R}{\rho} + g\rho; \text{ Где: } R = 94 \frac{\text{Ом}}{\text{км}} - \text{Соппротивление потерь};$$

$\rho = 100 \text{ Ом}$ – волновое сопротивление; $g = \frac{1}{500 * 10^6}$ -погонное сопротивление;

$$k = \frac{94}{100} + \frac{100}{500 * 10^6} \approx 0,94 \frac{1}{\text{км}} = 0,00094 \frac{1}{\text{м}};$$

$$U_{\text{min}} = U_{\text{H}} * e^{-kL}$$

Где:

U_H - напряжение на конце линии;

U_{min} – выберем равным 0,1 В исходя из того, что **U_{min}** должно быть в два раза больше чем **U_{шумов}** которое равно 0,5 В;

$$U_{\text{H}} = \frac{0,1\text{В}}{e^{-kL}} \approx 0,1\text{В};$$

Как видно затухание волны незначительно и в дальнейших расчётах этот пара-

метр использоваться не будет.

3. ПОДГОТОВКА ПРИБОРА К РАБОТЕ

3.1. Назначение органов управления.

Назначение органов управления:

- **"Сеть"** - тумблер, осуществляющий включение и выключение прибора;
- **"Уровень"** - ручка переменного резистора, осуществляющего регулировку чувствительности прибора путем изменения уровня контрольного сигнала;
- **"9 400"** - табло индикатора. В левом окне табло индицируется номер ОИС, а в правом окне - дальность до него от места включения прибора в линию (от розетки % в метрах, с дискретностью 1 м.
- **"0...40 м"** - кнопка и индикатор включения первого диапазона измерения (от 0 до 40 метров);
- **"40. .200 м"** - кнопка и индикатор включения второго диапазона измерения (от 40 до 200 метров);
- **"200...400 м"** - кнопка и индикатор включения третьего диапазона измерения (от 200 до 400 метров);
- **"Блокир"** - индикатор блокировки работы прибора, сигнализирующий о поступлении на испытываемую телефонную линию вызывного сигнала АТС. Измерения в течение времени блокировки невозможны.
- **"Пуск"** - кнопка, посредством нажатия на которую осуществляется запуск прибора в работу по **измерению**;
- **"Авт", "Руч"** - переключатель работы прибора в автоматический или ручной режимы соответственно.

3.2. Подготовительные операции перед включением прибора. Перед включением прибора в питающую сеть необходимо:

- проверить наличие предохранителя **"0.5 А"** сетевого напряжения и соответствие его номинальному току;
- соединить клемму защитного заземления прибора с шиной заземляющего контура помещения;
- вынуть из отсека сетевой и соединительный кабели; установить органы управления на лицевой панели прибора в исходное положение:
- тумблер **"Сеть"** - выключено;
- ручку **"Уровень"** - против часовой стрелки до упора;
- включить вилку сетевого шнура в розетку питающей сети.

4. ПОРЯДОК РАБОТЫ

4.1. Подготовка к проведению измерений.

Применяя прибор для испытания двухпроводных линии, следует иметь в виду, что главное его назначение - обнаружение ОИС. недоступных визуальному обнаружению в распределительных телефонных сетях (на дистанции от телефонной розетки до ввода в многопарный городской кабель).

В идеальном случае "чистая" испытываемая линия должна представлять собой однопарный телефонный провод типа **ТРП (ТРВ)** без разрывов токопроводящих жал и каких-либо параллельных (последовательных) включений сосредоточенных элементов или отрезков длинных линий.

Любые отклонения состояния линии от идеального случая: разрыв токопроводящих жил, включение в разрыв жилы (или параллельное) инородного элемента, ветвление линии, в случае, если ветвление ОИС удовлетворяют требованиям п.п. 1.4 - 1.6 ТО, приведут к появлению на индикаторе прибора отметок от этих ОИС.

В свете этого, для облегчения работы рекомендуется предварительно устранить все доступные визуальному обнаружению ОИС, т.е. подготовить саму линию к испытаниям.

Данная операция является рекомендательной, но не обязательной,

4.1.1. Подготовка телефонной линии к испытаниям

Для подготовки линии к испытаниям с помощью прибора необходимо:

- по возможности пройти вдоль всей линии и визуально осмотреть провод;
- при обнаружении видимых ОИС устранить их;
- в случае, если имеются отводы от линии, в том числе параллельных телефонных аппаратов, произвести отключения этих отводов в местах присоединения к основной испытываемой линии;
- оценить примерную длину линия, подлежащей испытаниям.

После проведения этих мероприятий линия готова к испытаниям.

Проведение указанной выше подготовки рекомендуется для облегчения работы по обнаружению **невидимых** ОИС и уменьшению вероятности перегрузки индикатора количества ОИС (максимальное количества регистрируемых ОИС на одном диапазоне равно 9).

4.1.2. Подготовка прибора к проведению испытаний

- а) включите тумблер **"Сеть"**. При этом на лицевой панели должны засветиться:
 - цифровой индикатор;
 - одна из трех индикаторных ламп диапазонов измерений;
 - одна из ламп **"Авт"** либо **"Руч"**;
- б) для самопрогрева прибора выдержите его во включенном состоянии в течение 15 минут;
- в) включите вилку соединительного кабеля прибора в розетку испытываемой линии.

4.2. Проведение измерений

4.2.1. Нажмите кнопку диапазона измерений **"0...40 м"**. При этом должен загореться соответствующий индикатор подсветки.

4.2.2. Установите переключатель **"Авт'-'Руч"** в положение **"Руч"**.

4.2.3. В случае, если не светится индикаторная лампа **"Блокир"**, нажмите кнопку **"Пуск"**.

ВНИМАНИЕ! Если в процессе проведения испытаний в линии появится вызывной сигнал АТС, прибор известит Вас об этом - загорится индикатор **"Блокир"**.

При этом работа прибора останавливается, необходимо выждать некоторое время (равное примерно 3-м, 4-м, звонкам вызова) и повторно нажать **"Пуск"**.

В случае, если вызывной сигнал прекратился, индикатор **"Блокир"** погаснет, а прибор будет готов к работе. В противном случае выждите еще некоторое время и повторите **"Пуск"**.

При наличии в линии ОИС, не обнаруженных визуальным осмотром линии по п.4.1.1, а левом окне индикатора высветится порядковый номер ближнего к розетке ОИС, а в правом окне - дальность до него в метрах. Зафиксируйте полученную информацию.

4.2.4. Повторно нажмите кнопку **"Пуск"**.

При наличии в линии более дальнего подключения (в пределах разрешающей способности прибора) на индикаторном табло высветится информация о нем, аналогично как в п. 4.2.3.

Зафиксируйте данные и повторите вышеуказанные операции до полного просмотра дистанции **0..40 м**.

При отсутствии информации об ОИС на табло высвечиваются цифры равные максимальной дальности просматриваемого диапазона 40 м.

4.2.5. В случае, если на табло не появляется информация об ОИС, поворотом ручки **"Уровень"** по часовой стрелке увеличивайте чувствительность прибора и повторяйте операции по п.4.2.3 и 4.2.4. По окончании каждого цикла измерений с указанием наличия ОИС высвечивается значение дальности установленного диапазона,

4.2.6. После просмотра первого диапазона как с установлением ОИС, так и без их обнаружения, нажмите кнопку **"40,..200м"** и повторите операции по п.п. 4.2.3, 4.2.5.

4.2.7. Если после последовательного просмотра диапазонов **"0...40м"** и **"40...200м"** ОИС не обнаружено, проведите просмотр диапазона **"200...400м."**, нажав соответствующую кнопку и повторив п. 4.2.3 - 4.2.5.

Список использованных источников

1. Техническое описание прибора «БОР-1».
2. Иванцов И. Локализация дефектов в кабеле посредством рефлектометров. LAN, №10, 2004 г.
3. Вернигоров Н.С. "Положите трубку. Вас подслушивают". // Частный сыск. Охрана. Безопасность". М. 1996, №10, с.29.
4. Вернигоров Н.С. Особенности устройств съема информации и методы их блокировки. Изд. "Пиллад", Томск, 1996, 32 с.,
5. Вернигоров Н.С., Кузнецов Т.В, Осинов К.Л., Усольцев А.А. Защита телефонных коммуникаций от несанкционированного съема информации.
5. Белорусов Н.И. и др. Электрические кабели, провода и шнуры. (Справочник); М.: Энергия, 1997. – 416 с.
6. Вернигоров Н.С., Осинов К.Л., Усольцев А.А. и др. "Локатор для обнаружения неоднородностей в двухпроводных линиях". Труды Второго международного симпозиума "Конверсия науки - Международному сотрудничеству" (Сибконверс-97).