

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра систем телекоммуникаций

В. Н. Мищенко

***ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ***

*Рекомендовано УМО по образованию в области информатики
и радиоэлектроники в качестве пособия для специальностей
1-45 01 01 «Многоканальные системы
телекоммуникаций», 1-45 01 02 «Системы радиосвязи, радиовещания
и телевидения», направлений специальности
1-45 01 01-01 «Инфокоммуникационные технологии (системы
телекоммуникаций) и 1-45 01 01-04 «Инфокоммуникационные технологии
(цифровое теле- и радиовещание)»*

Минск БГУИР 2014

УДК 621.315.2(076.5)
ББК 31.232.3я73
М71

Р е ц е н з е н т ы:

кафедра связи учреждения образования
«Военная академия Республики Беларусь»
(протокол №80 от 06.12.2013);

заведующий кафедрой телекоммуникационных систем
учреждения образования «Высший государственный колледж связи»,
кандидат технических наук, доцент К. И. Пирогов

Мищенко, В. Н.

М71 Измерение параметров электрических кабелей связи. Лабораторный практикум : пособие / В. Н. Мищенко. – Минск : БГУИР, 2014. – 74 с. : ил.
ISBN 978-985-543-054-5.

Пособие включает лабораторные работы, посвященные измерению параметров кабельных линий связи. Каждая работа содержит справочную информацию, указания по выполнению, контрольные вопросы.

Предназначено для студентов, изучающих дисциплины «Направляющие системы телекоммуникаций» и «Направляющие системы и пассивные компоненты».

УДК 621.315.2(076.5)
ББК 31.232.3я73

ISBN 978-985-543-054-5

© Мищенко В. Н., 2014
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2014

Содержание

Лабораторная работа №1. ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИЙ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА ИРК-ПРО АЛЬФА.....	4
Лабораторная работа №2. ИССЛЕДОВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА ПОИСК-410 Мастер	31
Лабораторная работа №3. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ	59
Литература.....	73

Библиотека БГУИР

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИЙ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА ИРК-ПРО АЛЬФА

Цель работы: изучить устройство и особенности функционирования прибора ИРК-ПРО АЛЬФА; приобрести навыки в измерении основных параметров цепей связи.

1.1. Конструкция и принцип работы прибора ИРК-ПРО АЛЬФА

1.1.1. Назначение и функциональные возможности прибора ИРК-ПРО АЛЬФА

Кабельный прибор ИРК-ПРО АЛЬФА предназначен для:

- определения расстояния до участка с пониженным сопротивлением изоляции кабеля;
- определения места обрыва или перепутывания жил кабеля;
- измерения сопротивления изоляции $R_{из}$, шлейфа $R_{шл}$, омической асимметрии R_A , электрической емкости C всех типов кабелей.

В приборе реализованы следующие функции и функциональные возможности: 1) определение основных параметров кабелей и расстояния до места повреждения при использовании мостового метода; 2) метод определения расстояния до места повреждения путем послышки зондирующих импульсов (работа в режиме рефлектометра); 3) контроль напряжения в линии (вольтметр); 4) вывод результатов в цифровом и графическом виде; 5) показ на карте кабеля мест неисправностей и муфт. Память характеристик составляет 50 рабочих кабелей, 35 000 пар плановых измерений.

Основные характеристики и параметры кабельного прибора ИРК-ПРО АЛЬФА приведены в табл. 1.1. Условия эксплуатации прибора следующие:

температура окружающей среды – от –20 до +50 °С; относительная влажность воздуха – до 90 % при 30 °С; атмосферное давление – от 86 до 106 кПа.

Таблица 1.1

Основные характеристики и параметры кабельного прибора ИРК-ПРО АЛЬФА

Основные характеристики	Параметры
Диапазон измерения сопротивления изоляции	1 кОм–50 000 МОм
Диапазон электрической емкости	0,1–2000 нФ
Диапазон измерения сопротивления шлейфа	0–10 кОм
Испытательное напряжение	180, 400 В
Диапазон сопротивлений R_{Π} в месте повреждения изоляции	0–20 МОм
Диапазон измерения напряжения	0–300 В
Максимальная погрешность определения расстояния до места повреждения изоляции (для сопротивлений $R_{\Pi} = 0–3$ МОм)	0,1 % + 1 м
Максимальная погрешность измерения сопротивления шлейфа $R_{\text{шл}}$ в диапазоне сопротивлений 0–3 кОм (3–10 кОм)	0,1 % + 0,1 Ом (0,1 кОм)
Максимальная погрешность измерения омической асимметрии R_A	0,1 % + 0,1 Ом
Максимальная погрешность измерения сопротивления изоляции $R_{\text{из}}$ в диапазонах: 0–999 кОм 1–999 МОм 1000–4999 МОм 5 000–10 000 МОм > 10 000 МОм	2 % + 1 ед. 2 % + 1 ед. 5 % + 1 ед. 10 % + 1 ед. Не нормируется
Питание прибора	От встроенного аккумулятора 4 АА
Потребляемая мощность	Не более 5 Вт
Габариты, см	130×170×85
Вес, кг	1,3

Данный прибор сертифицирован и занесен в Государственный реестр под №17719-07 (Россия). Выдан сертификат об утверждении типа средств из-

мерений RU.C.34.001.A №27301 предприятию, которое занимается изготовлением этого прибора.

Панель разъемов прибора показана на рис. 1.1.



Рис. 1.1. Панель разъемов прибора ИРК-ПРО АЛЬФА

Назначение отдельных разъемов и кнопок прибора ИРК-ПРО АЛЬФА приведено в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Назначение отдельных разъемов и кнопок кабельного прибора ИРК-ПРО АЛЬФА

Разъем (кнопка)	Назначение
12 В	Разъем для подключения внешнего питания прибора
ПИТАНИЕ	Кнопка включения (выключения) питания прибора
ИК-СВЯЗЬ	Окно для обеспечения инфракрасной связи с компьютером
А, В, С	Разъемы для подключения измерительных проводов ИРК-ПРО АЛЬФА
ВХОД	Вход рефлектометра в режиме работы с разделенными входом и выходом
ВХОД/ВЫХОД	Выход генератора зондирующего импульса и вход рефлектометра в режиме совмещенного входа и выхода
СОГЛАСОВАНИЕ	Потенциометр установки согласования

Управление прибором осуществляется посредством специальных сенсорных кнопок на переднем экране. Эти кнопки разделены на три группы (рис. 1.2).

Первую группу составляют сенсорные кнопки, включающие измерительные режимы. Эта группа кнопок находится под информационным экраном и на рис. 1.2 условно обведена эллипсом. Верхняя часть пиктограммы каждой кнопки относится к мостовому методу измерения, а нижняя часть – к управлению рефлектометром.

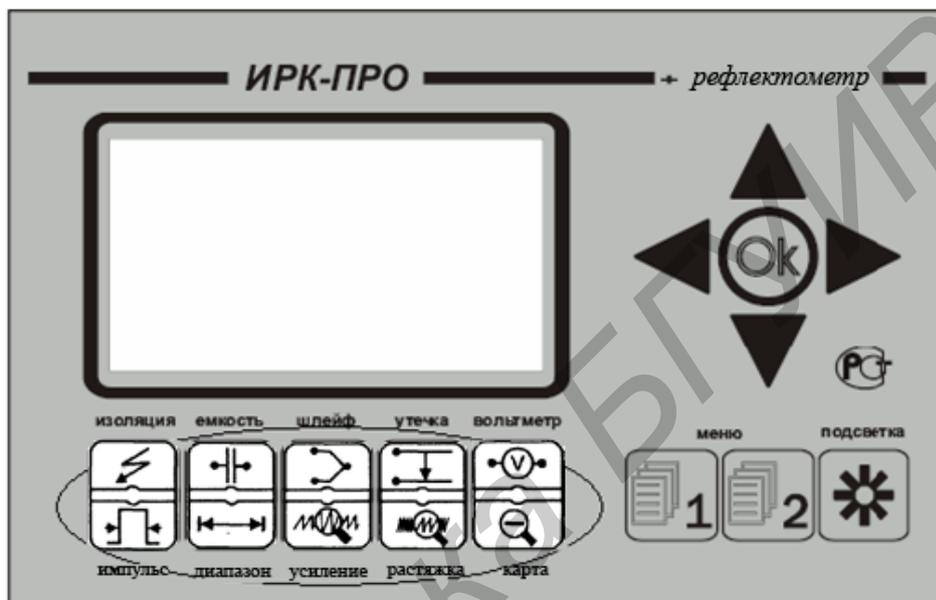


Рис. 1.2. Размещение сенсорных кнопок, включающих измерительные режимы прибора ИРК-ПРО АЛЬФА

Вторую группу составляют сенсорные управляющие кнопки ▲, ▼, ◀, ▶ и кнопка ОК. На рис. 1.2 они располагаются справа от экрана. Управляющие кнопки позволяют перемещаться по экрану, а кнопка ОК запускает выбранный пункт измерений.

Третью группу составляют кнопки МЕНЮ 1, МЕНЮ 2 и ПОДСВЕТКА в правом нижнем углу панели (см. рис. 1.2). Кнопка МЕНЮ 1 включает управление параметрами измерительного экрана в каждом режиме, МЕНЮ 2 осуществляет допуск к спискам кабелей, плановым измерениям и связи с ПК. Вход в пункты МЕНЮ осуществляется кнопкой ОК, выход – ◀. Кнопка ПОДСВЕТ-

КА используется для работы в колодцах и темных помещениях. Включение подсветки сокращает время работы прибора без подзарядки или запасного комплекта аккумуляторов.

Для включения прибора нажмите кнопку ПИТАНИЕ на панели разъемов и сразу после появления заставки – ОК. Такая последовательность действий защищает прибор от случайного включения при транспортировке. После кратковременного служебного сообщения о типе и серийном номере прибора появляется стандартный измерительный экран вольтметра. Выключение прибора осуществляется кнопкой ПИТАНИЕ.

Для зарядки аккумуляторов батарейный отсек рекомендуется вынимать из прибора и заряжать каждый аккумулятор во внешнем устройстве до включения зеленого сигнала. Это позволяет увеличить время работы прибора без подзарядки и срок службы аккумуляторов. Возможна зарядка аккумуляторов с помощью сетевого адаптера, который есть в комплекте прибора. Однако при этом питание подается на внутреннее зарядное устройство, поэтому элементы заряжаются последовательно, что ухудшает качество зарядки. Для полного заряда требуется не менее 12 ч.

Для контроля за напряжением источника питания включите прибор, нажмите кнопку ОК и после появления экрана вольтметра – МЕНЮ 1. В нижней строке в МЕНЮ 1 любого режима находится информация о напряжении на источнике питания. Допустимые значения напряжения для аккумуляторной батареи от 6 до 4,2 В. Во время измерений прибор будет сигнализировать о разрядке аккумулятора, после чего автоматически выключится. Над информацией о напряжении аккумуляторов в МЕНЮ 1 сообщается, включен или нет режим автоотключения – АВТООТКЛЮЧЕНИЕ ДА/НЕТ. Можно отменить и снова включить автоотключение нажатием кнопки ОК. Автоотключение срабатывает, если в течение 10 мин нет нажатия каких-либо кнопок.

Ресурс по питанию зависит от состояния элементов питания. Новые элементы емкостью 2,3 А·ч при полной зарядке рассчитаны на непрерывную

работу прибора не менее 4 ч. Использование подсветки сокращает время работы аккумуляторов без подзарядки.

1.1.2. Особенности проведения измерений параметров кабелей с помощью прибора ИРК-ПРО АЛЬФА

В основе работы прибора ИРК-ПРО АЛЬФА лежат два метода измерения параметров кабелей: мостовой и метод посылки зондирующих импульсов. Рассмотрим особенности проведения измерений с использованием мостового метода. Наиболее общая схема измерительного моста представлена на рис. 1.3. Она состоит из резисторов балансных плеч $R_{\delta 1}$ и $R_{\delta 2}$, магазина резисторов R_M и измеряемого сопротивления R_x . Точки разветвления токов (a , b , c , d) называются узлами моста. В диагонали моста включаются измерительный прибор (ИП) и источник постоянного тока (E).

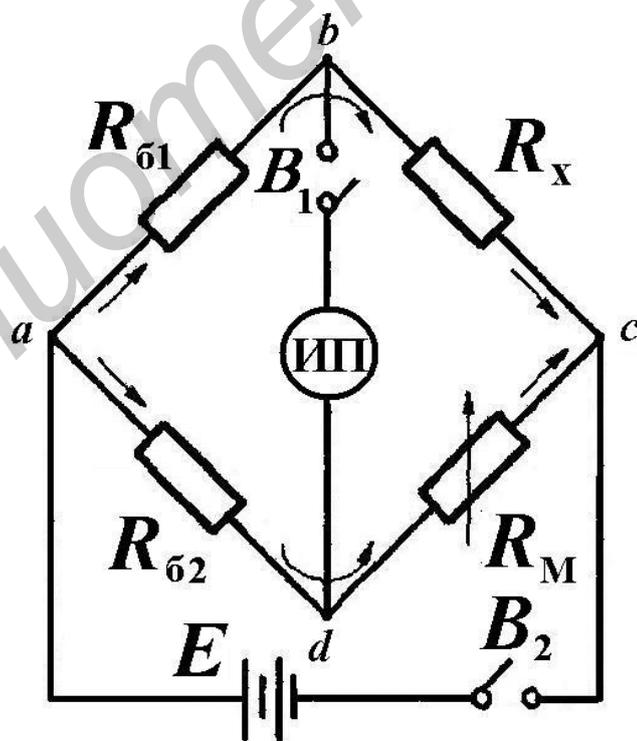


Рис. 1.3. Мостовая схема с постоянным отношением балансных плеч

Различают мосты с постоянным и переменным отношением балансных плеч. Рассмотренный мост – это мост с постоянным отношением балансных плеч. У моста с переменным отношением балансных плеч есть возможность для расширения диапазона измерений: изменить величину отношения сопротивлений балансных плеч при использовании переменных резисторов или других элементов, значение параметров которых можно менять в процессе измерения. Равновесия моста (см. рис. 1.3) добиваются, меняя отношение балансных плеч и сопротивление R_M . При балансе моста потенциалы точек b и d равны друг другу, что фиксируется ИП, в качестве которого в приборах старых моделей используется миллиамперметр или другой измерительный прибор. В измерительных приборах новых моделей балансировка моста выполняется автоматически микроконтроллером, и на экран прибора выводится результат измерения того или иного параметра в цифровой или иной форме представления. Величину сопротивления R_x при балансировке моста можно найти по формуле Уинстона: $R_x = (R_{\delta 1}/R_{\delta 2}) R_M$. Чувствительность моста увеличивается с увеличением напряжения батареи E и с увеличением чувствительности ИП.

При выполнении мостовых измерений прибор может использоваться для измерения: 1) сопротивления изоляции; 2) электрической емкости и расстояния до места разбитости пар; 3) сопротивления шлейфа и омической асимметрии; 4) расстояния до повреждения изоляции; 5) расстояния до места обрыва кабеля; 6) длины кабеля; 7) напряжения на кабеле.

Схема измерений сопротивления шлейфа может быть отражена принципиальной схемой, показанной на рис. 1.4, где через r_1 и r_2 обозначены сопротивления проводов измеряемого кабеля. На дальнем конце кабеля его проводники соединяются вспомогательной перемычкой, обеспечивая в этой точке режим короткого замыкания. Элементы $R_{\delta 1}$, $R_{\delta 2}$, R_M , E и ИП отражают особенность мостовой схемы измерений, когда по известным значениям элементов $R_{\delta 1}$, $R_{\delta 2}$, R_M можно найти сопротивление шлейфа по формуле Уинстона: $R_{шл} = (R_{\delta 1}/R_{\delta 2}) R_M$.

Схема измерения сопротивления омической асимметрии проводов показана на рис. 1.5. Здесь в отличие от предыдущей схемы на дальнем конце два провода кабеля вспомогательным проводником соединяются между собой коротко, и таким образом обеспечивается присоединение к общему проводу или корпусу установки.

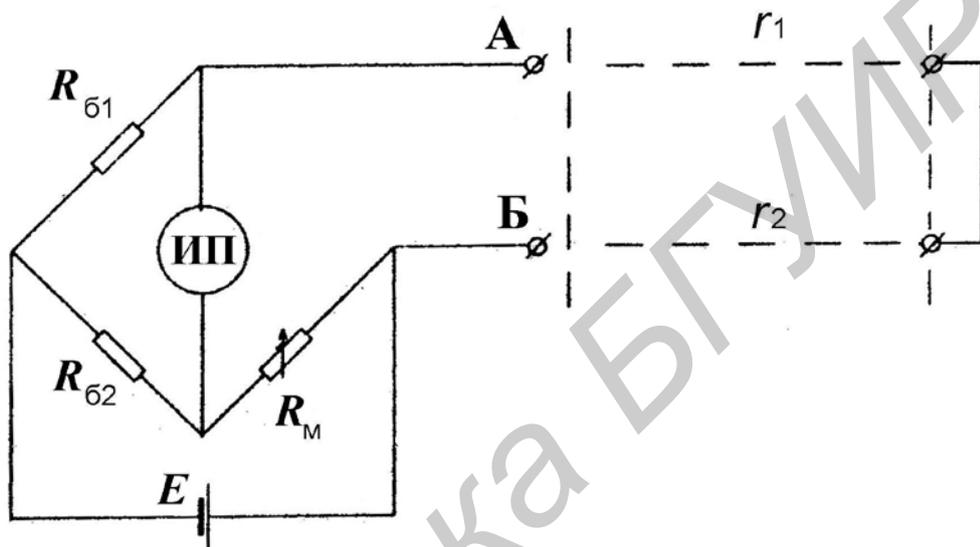


Рис. 1.4. Схема измерения сопротивления шлейфа

При первом включении прибор автоматически выбирает режим ВОЛЬТМЕТР, который служит для контроля напряжения в линии и проверки безопасных режимов работы с кабелем.

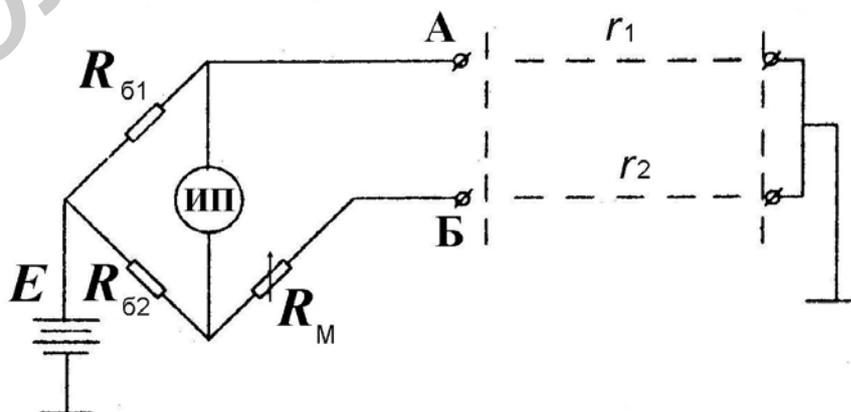


Рис. 1.5. Схема измерения сопротивления омической асимметрии проводов

Состояние экрана прибора в режиме ВОЛЬТМЕТР после включения показано на рис. 1.6. На измерительный экран прибор выводит одновременно переменную и постоянную составляющие напряжения в выбранной коммутации.

Прибор проводит измерение электрических параметров кабеля в следующих измерительных режимах: ИЗОЛЯЦИЯ, ЕМКОСТЬ, ШЛЕЙФ, УТЕЧКА. Не подключая измерительные провода, можно включить по очереди измерительные режимы.

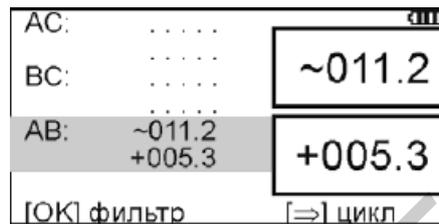


Рис. 1.6. Состояние измерительного экрана прибора ИРК-ПРО АЛЬФА в режиме ВОЛЬТМЕТР

Перечень всех измерительных режимов представлен в табл. 1.3.

В каждом режиме все измерения проводятся на измерительном экране, верхняя часть которого содержит графическую информацию: это или карта кабеля, или полоска-индикатор, как на измерительном экране в режиме ИЗОЛЯЦИЯ (рис. 1.7).

На экран (см. рис. 1.7) выведены три строки коммутации, которые показывают результат измерения между проводами *AC*, *bc* и *AB*. Кнопками ◀, ▶ производится выбор нужной коммутации.

В выбранной строке прибор непрерывно проводит измерения между обозначенными проводами и одновременно показывает их на большом окне в правой части экрана для удобства чтения.

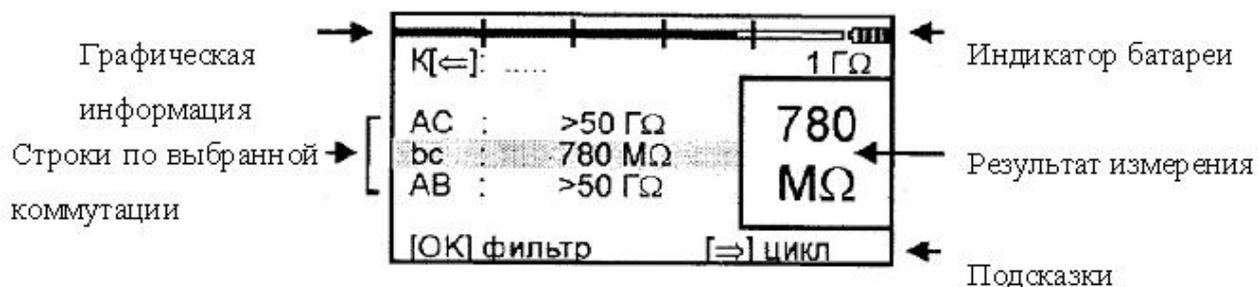


Рис. 1.7. Измерительный режим ИЗОЛЯЦИЯ прибора ИРК-ПРО АЛЬФА

Внизу экрана размещается строка подсказки (см. рис. 1.7): кнопка ОК запускает фильтр, в результате чего можно получить однозначный результат в условиях помех. После окончания работы фильтра результат будет зафиксирован в большом окне, а прибор продолжит текущие измерения в строке коммутации.

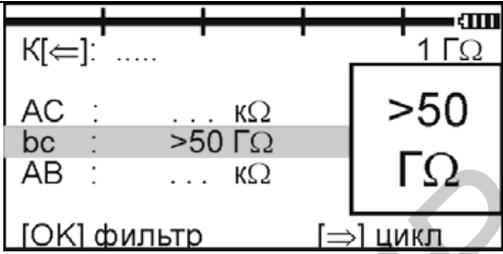
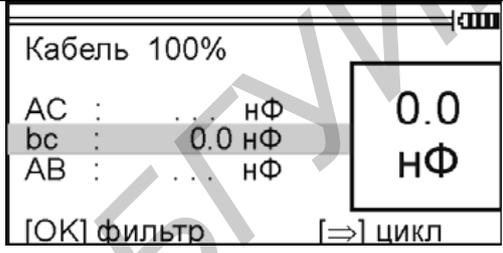
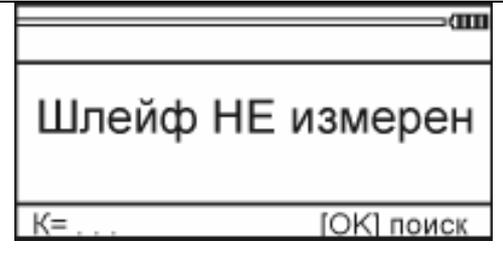
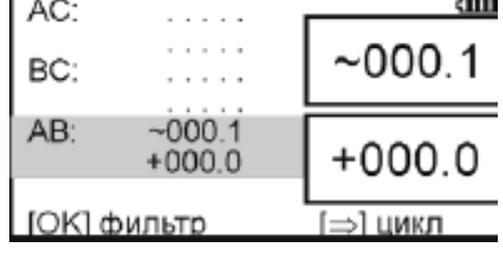
Параметры измерительного цикла задаются в МЕНЮ 1 каждого режима. Экран МЕНЮ 1 разделен на три области, у каждой из которых свое назначение (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Изображение экрана в режим МЕНЮ 1

Кнопка ► запускает измерительный цикл, чтобы провести измерения по всем коммутациям: прибор измерит фильтром по очереди все коммутации и вернется в исходную строку. Зафиксированный результат будет показан в соседних строках, а в исходной строке он будет показан в большом окне. В исходной строке прибор продолжит непрерывно выводить текущие измерения.

Измерительные режимы прибора ИРК-ПРО АЛЬФА

Измерительные режимы	Кнопка	Экран
ИЗОЛЯЦИЯ		
ЕМКОСТЬ		
ШЛЕЙФ		
УТЕЧКА		
ВОЛЬТМЕТР		

Переход между пунктами МЕНЮ 1 осуществляется кнопками ▲, ▼.

После изменения заданного параметра следует нажать кнопку ОК.

Стандартный блок (общий для любого режима) показывает автоотключение и параметры фильтра:

- количество усреднений (время работы бегущей строки фильтра);
- режимы работы фильтра: РУЧНОЙ – фильтр в измерительном экране включается кнопкой ОК; АВТО – фильтр, который постоянно работает и перемеряет значение или цикл. После установки параметров можно выйти из МЕНЮ 1 и возвратиться в измерительный экран, нажав кнопку ◀.

1.1.3. Поиск дефекта изоляции кабеля

Принцип определения повреждений изоляции кабеля поясняет схема, показанная на рис. 1.9.



Рис. 1.9. Схема определения повреждения изоляции кабеля

Измерительный провод с разъема В подключают к неисправной жиле кабеля, провод А – к исправной жиле, провод С – к оболочке кабеля. Жила с плохой изоляцией соединяется на дальнем конце кабеля с исправной жилой. На шлейф АВ прибор подает испытательное напряжение относительно оболочки кабеля. Через жилу В на оболочку через сопротивление дефектного участка протекает постоянный ток. При этом между разъемами А и В устанавливается разность потенциалов, которая зависит от расстояния до повреждения и сопротивления дефекта. Прибор производит прецизионное измерение разности потенциалов и тока утечки, фильтрацию и усреднение данных для устранения влияния помех и рассчитывает расстояние от места подключения прибора до повреждения.

Прибор позволяет с высокой точностью определять расстояние до места повреждения изоляции с переходным сопротивлением дефекта от 0 до 20 МОм.

При определении места повреждения изоляции прибор сначала измеряет шлейф. Тем самым он «запоминает» длину кабеля L в омах. Измерительная схема ИРК-ПРО измеряет расстояние до повреждения X в омах. Далее прибор делит расстояние до повреждения X на длину кабеля L . Тем самым прибор определяет относительное расстояние до повреждения в тысячных долях длины. Это очень точное измерение, допускается ошибка не более 0,001. Результат выводится на экран, если не введена длина кабеля. Этот режим вывода называется КАБЕЛЬ 100 %, а расстояние до повреждения показано на экране с точностью до десятых долей процента от длины кабеля.

Чтобы получить расстояние в метрах, прибору нужно относительное расстояние в процентах умножить на введенную длину кабеля. На этом этапе могут возникнуть ошибки. Для их уменьшения лучше проводить измерения с того конца кабеля, к которому ближе дефект, чтобы минимизировать ошибку из-за неточного указания длины.

Ошибка вычисления может возникнуть в случае, когда рассчитывается длина кабеля по измеренному шлейфу, если указана марка кабеля и температура почвы (пункт меню МАРКА КАБЕЛЯ). Используемые справочные значения удельного сопротивления жилы кабеля могут отличаться от реальных в границах технологии изготовления кабеля. Разрешенный допуск может достигать 10 %, а значит, и ошибка расчетов может достигать соответствующих значений. Кроме того, может возникнуть дополнительная ошибка в определении температуры почвы, т. к. температура почвы изменяется вдоль кабеля. Следует помнить, что, когда использована функция расчета длины по марке кабеля и температуре, заведомо получается приблизительный результат. Точный результат может быть получен, если введена точная длина кабеля.

Если повреждены все жилы кабеля, то на обратной жиле тоже будет повреждение, которое «наложится» на первое повреждение и даст смещение резуль-

тата измерения в сторону подключения обратной жилы. В таком случае лучше всего использовать вспомогательный кабель. Допустимо закольцевать измерение через другие неповрежденные кабели, т. е. присоединить к неисправной жиле на дальнем конце две жилы из другого кабеля и вывести их на прибор (возможно, через другие соединения, если кабель идет не параллельно неисправному). Конечно, следует учитывать, что сложная пространственная конфигурация может привести к дополнительным помехам при измерении.

1.1.4. Работа со СПИСКОМ КАБЕЛЕЙ

Чтобы быстро и эффективно отыскать повреждение на кабеле, в памяти прибора хранятся сведения о рабочих кабелях измерителя. БАЗА ДАННЫХ ПРИБОРА хранит информацию о параметрах кабелей, с которыми проводилась работа, и включает в себя ведение СПИСКА КАБЕЛЕЙ, ввод и корректировку параметров кабелей.

Параметры кабелей, с которыми работа производится постоянно, заносятся в СПИСОК. Такой СПИСОК может быть создан вручную на приборе или на компьютере, а затем перенесен в прибор через ИК-связь.

В СПИСКЕ хранятся следующие параметры кабеля: имя, количество пар, тип, длина, удельная емкость и коэффициент укорочения каждого участка кабеля. Таким образом, в процессе работы можно пользоваться записями и редактировать их. Чтобы защитить БАЗУ ДАННЫХ от случайного вторжения, рекомендуется создавать ее на компьютере, а затем переносить в прибор.

Если отсутствуют предварительные данные о кабеле или не происходит обращение к ранее сделанным записям в базе данных прибора, тогда используется режим работы под названием КАБЕЛЬ 100 % (первый в СПИСКЕ). При включении прибор всегда сам выбирает КАБЕЛЬ 100 %, поэтому при желании можно не пользоваться другими режимами из СПИСКА КАБЕЛЕЙ.

Второй специальный режим в СПИСКЕ КАБЕЛЕЙ – это МАРКА КАБЕЛЯ (табл. 1.4). Можно выбрать марку кабеля и задать температуру грунта, чтобы прибор рассчитал длину кабеля по шлейфу и температуре или по удельной емкости (для обрыва).

При выборе кабеля из СПИСКА расстояние до места повреждения будет автоматически рассчитано по параметрам кабеля, хранящимся в памяти прибора. Если были записаны участки по числу муфт, то прибор покажет карту кабеля, где видно, какая муфта повреждена.

Таблица 1.4

Таблица типов (марок) кабелей

Марка кабеля	Полное название кабеля	Диаметр, мм	Емкость, пФ/км
ЗКП	ЗКП-1×4×1,2	1,2	36,9
КМ-4	КМ-4	0,9	38
КС 0.64	КСПЗП	0,64	35
КС 0.9	КСПЗП	0,9	35
КС 1.2	КСПЗП	1,2	43,5
МКПАБП	МКПАБП	1,05	23,5
МКС	МКС	1,2	24,5
ПР 0.9	ПРППМ	0,9	50
ПР 1.2	ПРППМ	1,2	56
ТГ 0.4	ТГ	0,4	50
ТГ 0.5	ТГ	0,5	50
ТЗ 0.9	ТЗ	0,9	31
ТЗ 1.2	ТЗ	1,2	35
ТП .32	ТПП	0,32	45
ТП 0.4	ТПП	0,4	45
ТП 0.5	ТПП	0,5	45
CRQKO	CRQKO	1,2	49,5

К прибору прилагается программа для создания БАЗЫ ДАННЫХ на компьютере и программа расчета точного расстояния. Программа расчета нужна, если кабель не занесен в таблицу типов (марок) кабелей (см. табл. 1.4), но требуется оперативно провести поиск дефекта. Можно работать с опцией КАБЕЛЬ 100 %, которая выбирается по умолчанию при включении прибора. Можно указать программе результат измерения, а она сделает точный расчет расстояния по указанным параметрам кабеля. Программа учитывает и разницу температур вдоль кабеля.

Список кабелей можно открыть, выбрав в МЕНЮ 2 пункт ВЫБОР КАБЕЛЯ. Свои списки можно создать на компьютере и затем перенести их в прибор. Чтобы записать или изменить параметры кабеля вручную, нужно выбрать пустую запись и нажать кнопку ОК. Прибор подтвердит выбор кабеля и вернется в МЕНЮ 2. Далее необходимо выбрать пункт ПАРАМЕТРЫ КАБЕЛЯ и нажать кнопку ОК. Прибор покажет пункты редактирования на информационном экране (рис. 1.10).

01 запись			← Имя кабеля
Пар	0100		← Число пар для плановых
Участок 01 [=>]	из 05	измерений	
Тип	ЗКП		← Номер участка кабеля
Длина	01000		┌
Раб. емкость	038.3		Параметры, вводимые
$R_{шл}$ (Ом/км)	xxx.xx		для выбранного участка
			└

Рис. 1.10. Информационная панель прибора для редактирования параметров кабеля

Ввод параметров кабеля для поиска неисправности начинается с третьей строки: <Участок 01 [=>] из 05>. Этот пункт показывает, с каким участком из общего количества участков кабеля производится работа. На рис. 1.10 выбран первый участок, а всего участков пять. Листать участки можно кнопкой ► (подсказка у номера участка). По каждому участку ввод параметров осуществляется в строках 4, 5, 6.

Изменить количество участков можно в третьей строке информационного экрана. В пустой записи установлено пять участков. Если на кабеле меньшее количество участков, можно не изменять это число, а внести нужные параметры в те участки, что существуют.

Пример: кабель без вставок. Можно не трогать количество участков и ничего не листать, а просто внести параметры кабеля сразу на страничке первого участка.

Ввод параметров производится нажатием кнопки ОК (параметры вводятся в соответствии с подсказками):

- 4-я строка (рис. 1.10): ввод типа (марки) кабеля на данном участке;
- 5-я строка: ввод длины участка;
- 6-я строка: ввод рабочей емкости кабеля на данном участке, если она отличается от справочной. Справочная емкость появляется вместе с вводом типа (марки) кабеля;
- 7-я строка: ввод погонного сопротивления шлейфа. Значок xxx.xx показывает, что значение погонного сопротивления соответствует выбранному типу кабеля. Если после ввода нужного значения $R_{шл}$ необходимо, не выключая прибор, вернуться к справочным значениям $R_{шл}$ из памяти прибора, тогда следует установить $R_{шл} = 000.00$. Прибор обратится к своей памяти, а на экране появятся крестики, как на рис. 1.10.

Для записи названия нового кабеля выберите первую строку в режиме ПАРАМЕТРЫ КАБЕЛЯ. Первоначально там стоит номер записи (например «01-я запись»). Нажмите ОК и войдите в редактор имени (рис. 1.11).

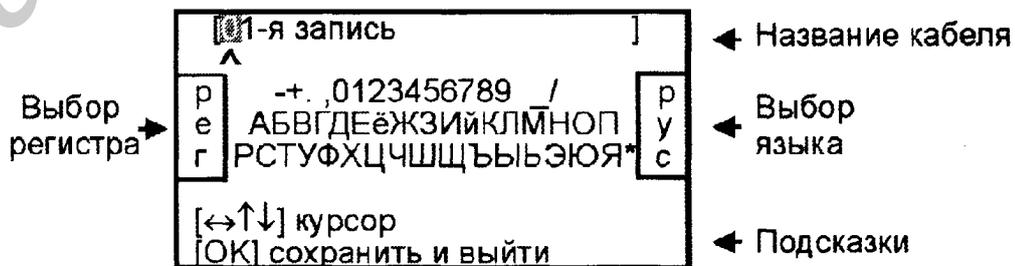


Рис. 1.11. Информационная панель редактора имени кабеля

Курсор выделяет ту букву или цифру, которую необходимо изменить. Подведя курсор к нужному значку (он выделяется черным квадратом), кнопкой ▼ перейдите в область выбора знаков. Навигационными кнопками можно выбрать любой значок, который тут же появится в имени кабеля. Фиксируется выбор кнопкой ОК.

Чтобы менять буквы на большие и малые (изменять регистр), нужно кнопкой ◀ перейти в поле РЕГ, размещенное в левом поле экрана, и следовать подсказке. Нажатием кнопки ОК осуществляется выбор. В поле РУС/ЛАТ кнопкой ОК можно изменить шрифт на латинский или русский.

1.2. Указания по выполнению лабораторной работы

1.2.1. Описание лабораторного макета

В состав лабораторной установки входят прибор ИРК-ПРО АЛЬФА и стенд, собранный с использованием двух отрезков кабеля КСПЭВ 1x4x0,4 длиной 100 и 50 м соответственно. Кабель КСПЭВ 1x4x0,4 – симметричный кабель, состоящий из скрутки четырех проводников диаметром 0,4 мм, которые заключены во внешний экран в виде тонкой металлической фольги. В состав изоляции входит также тонкий неизолированный металлический проводник. Для удобства монтажа цветовая окраска изоляции четырех проводников разная – белая, коричневая, желтая, зеленая. Кабель 1 длиной 100 м внутри стенда присоединен к клеммам стенда А1-А5 (условно, первый конец кабеля) и В1-В5 (условно, второй конец кабеля). Внешний экран вместе с входящим в состав экрана неизолированным проводником присоединен к клеммам А5 и В5. Аналогичным образом выполнено соединение клемм С1-С5 и D1-D5 второго кабеля марки КСПЭВ 1x4x0,4 длиной 50 м. На передней панели стенда располагаются тумблеры К1-К4, с помощью которых производится имитация повреждения первого и второго кабеля соответственно. Перед началом измерения тумблеры К1-К4 установить в нижнее положение. При-

бор ИРК-ПРО АЛЬФА при проведении измерений посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключается к клеммам стенда и производятся измерения, описанные ниже.

1.2.2. Порядок выполнения работы

1. Измерение сопротивления шлейфа. Присоединить выход внешнего блока питания (адаптера) к разъему «+12 В», расположенному на верхней панели прибора ИРК-ПРО АЛЬФА. Подключить внешний блок питания к лабораторной сети «220 В». Включить прибор ИРК-ПРО АЛЬФА, нажав кнопку ПИТАНИЕ и затем сенсорную кнопку ОК на передней панели прибора. Как уже отмечалось, при первом включении прибор автоматически переходит в режим ВОЛЬТМЕТР, что позволяет персоналу перед проведением измерений проверить, находится ли измеряемый кабель и отдельные его проводники под напряжением. Перейти в режим измерения шлейфа, нажав сенсорную кнопку «Шлейф» на передней панели.

Собрать схему измерений для исследования кабеля 1 длиной 100 м. Выполнить измерение сопротивления шлейфа первой пары проводников. Для этого клеммы А, В, С прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда А1, А2, А5, позволяющим обеспечить доступ к одному концу кабеля. Две клеммы В1 и В2, позволяющие обеспечить доступ к другому концу кабеля, вспомогательным лабораторным проводником соединить между собой накоротко. Собранный схема измерений может быть отражена принципиальной схемой, показанной на рис. 1.4.

На измерительном экране прибор непрерывно измеряет сопротивление шлейфа между проводами А и В (рис. 1.12). Чтобы измерить шлейф с максимальной точностью, включить фильтр кнопкой ОК.

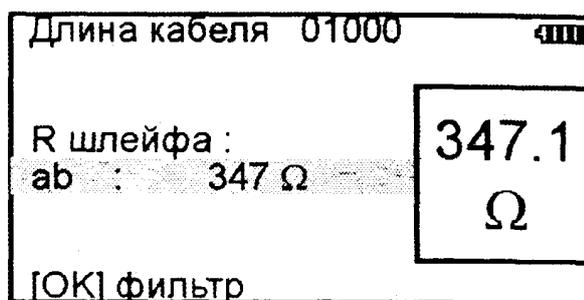


Рис. 1.12. Состояние экрана при измерении сопротивления шлейфа

Выполнить измерение сопротивления шлейфа второй пары проводников кабеля 1 длиной 100 м. Для этого клеммы А и В прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда А3 и А4. Две клеммы В3 и В4 вспомогательным проводником соединить между собой накоротко. Занести данные измерений в отчет. Сделать выводы.

Собрать схему измерений для исследования кабеля 2 длиной 50 м. Выполнить измерение сопротивления шлейфа первой пары проводников. Для этого клеммы А, В, С прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда С1, С, С5. Две клеммы D1 и D2 вспомогательным проводником соединить между собой накоротко.

Выполнить измерение сопротивления шлейфа второй пары проводников кабеля 2 длиной 50 м. Для этого клеммы А, В, С прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда С3 и С4. Две клеммы D3 и D4 вспомогательным проводником соединить между собой накоротко. Занести данные измерений в отчет. Сделать выводы.

2. *Измерение сопротивления асимметрии проводов.* Собрать схему измерений для исследования кабеля 1 длиной 100 м. Выполнить измерение сопротивления асимметрии первой пары проводников. Для этого клеммы А, В, С прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда А1, А2, А5. Две клеммы стенда В1 и В2

вспомогательным проводником соединить между собой накоротко, а третий проводник, соединенный с первыми двумя, подключить к клемме В5. Схема измерения сопротивления омической асимметрии проводов показана на рис. 1.5.

В режиме ШЛЕЙФ включить фильтр, нажав кнопку ОК. После работы бегущей строки прибор покажет сопротивление шлейфа. Далее войти в МЕНЮ 1 и выбрать пункт ОМИЧ. АСИММЕТРИЯ. Нажать кнопку ОК. Еще раз нажать кнопку ОК и зафиксировать значение сопротивления ОМИЧ. АСИММЕТРИЯ на экране прибора.

Выполнить измерения сопротивления асимметрии второй пары проводников кабеля 1. Для этого клеммы А и В прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда А3 и А4. Две клеммы стенда В3 и В4 вспомогательным проводником соединить между собой накоротко, а третий проводник, обеспечивающий присоединение к первым двум вспомогательным проводникам, присоединить к клемме D5. Занести данные измерений в отчет. Сделать выводы.

Собрать схему измерений для исследования кабеля 2 длиной 50 м. Выполнить измерение сопротивления асимметрии проводников первой и второй пары проводников кабеля 2. Занести данные измерений в отчет. Сделать выводы.

3. Измерение емкости проводников линии связи. Выбрать режим ЕМКОСТЬ путем нажатия соответствующей сенсорной кнопки на передней панели прибора (см. рис. 1.2). Собрать схему измерений для исследования кабеля 1 длиной 100 м. Выполнить измерение емкости первой пары проводников. Для этого клеммы А, В, С прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда А1, А2, А5. Две правые клеммы В1 и В2 должны быть свободными от присоединения внешних проводников. Состояние экрана при проведении этих измерений показано на рис. 1.13. Записать три значения емкости для первой пары проводников между собой и относительно экрана, перемещаясь с помощью сенсорных кнопок ▲ и

▼ на панели прибора по строкам AC, BC, AB. Повторить измерения для второй пары проводников. Занести данные измерений в отчет. Сделать выводы.

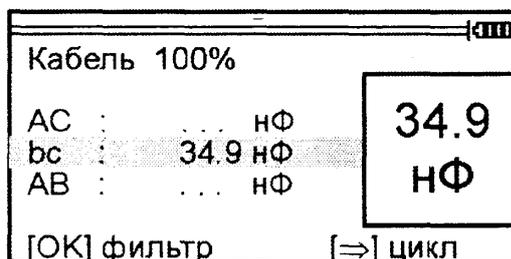


Рис. 1.13. Состояние экрана при измерении емкости проводников

Собрать схему измерений для исследования кабеля 2 длиной 50 м. Выполнить измерение емкости первой пары проводников. Для этого клеммы А, В, С прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда С1, С2, С5. Две правые клеммы D1 и D2 должны быть свободными от присоединения внешних проводников. Занести данные измерений в отчет. Повторить измерения для второй пары проводников кабеля 2. Занести данные измерений в отчет. Сделать выводы.

4. Измерение изоляции проводников линии связи.

Внимание! Во время проведения измерения сопротивления изоляции запрещается прикасаться руками к металлическим элементам измерительных проводов, клеммам прибора и стенда, т. к. как на них подается повышенное напряжение, опасное для человека.

Схема проведения измерений остается такой же, как и схема проведения измерения емкости проводников (см. п. 3 данного подраздела). Перейти в режим измерения изоляции проводников, нажав сенсорную кнопку ИЗОЛЯЦИЯ на передней панели.

При первом включении прибора установить пониженное напряжение 180 В. При каждом последующем включении прибор будет задавать то напряжение, которое было установлено последним (прибор его запомнит). Для определе-

ния дефекта изоляции протяженного реального кабеля обычно требуется подавать напряжение не менее 400 В. Однако в лабораторных условиях при работе с кабелями связи достаточно установить испытательное напряжение равное 180 В. Для этого войти в МЕНЮ 1, выбрать в пункте ТЕСТ. НАПРЯЖЕНИЕ – напряжение 180 В и нажать кнопку ОК.

Собрать схему измерений для исследования кабеля 1 длиной 100 м. Выполнить измерение сопротивления изоляции первой пары проводников. Для этого клеммы А, В, С прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда А1, А2, А5. Две правые клеммы В1 и В2 должны быть свободными от присоединения внешних проводников. Состояние экрана при проведении этих измерений показано на рис. 1.14. Записать три значения сопротивления изоляции кабеля 1 между проводниками АС, ВС и АВ. Появление записи $> 50 \text{ Г}\Omega$ свидетельствует об исправности кабеля. Повторить измерения для второй пары проводников кабеля 1. Занести данные измерений в отчет. Сделать выводы.

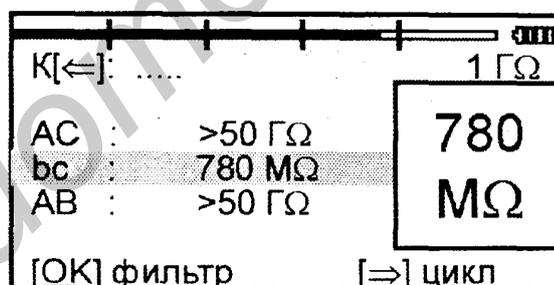


Рис. 1.14. Состояние экрана при проведении измерения сопротивления изоляции проводников

Собрать схему измерений для исследования кабеля 2 длиной 50 м. Выполнить измерение сопротивления изоляции первой пары проводников. Для этого клеммы А, В, С прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешних проводников, входящих в комплект кабеля, подключить к клеммам стенда С1, С2, С5. Две правые клеммы D1 и D2 должны быть свободными от присоединения внешних проводников. Состояние экрана при проведении этих измерений показано на

рис. 1.14. Записать три значения сопротивления изоляции кабеля 2 между проводами АС, ВС и АВ. Повторить измерения для второй пары проводников кабеля 2. Занести данные измерений в отчет. Сделать выводы.

5. *Определение расстояния до места повреждения путем измерения сопротивления изоляции.* На первом этапе измерений производится поиск поврежденной жилы. Собрать схему измерений для исследования кабеля 1 длиной 100 м. Тумблер К2 поставить в верхнее положение, что позволяет имитировать повреждение изоляции одной из жил. Выполнить измерение сопротивления изоляции четырех проводников первого кабеля относительно экрана. Для этого клемму А прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешнего проводника, входящего в комплект кабеля, поочередно подключить к клеммам стенда А1-А4. Правые клеммы В1-В4 должны быть свободными от присоединения внешних проводников. В МЕНЮ 1 режима ИЗОЛЯЦИЯ установить тестовое напряжение 180 В. Проводник, имеющий повреждение, даст величину сопротивления изоляции значительно меньше, чем величина 50 ГОм, что фиксируется прибором для исправных проводников. Затем выбрать любую хорошую жилу кабеля, контролируя сопротивление изоляции. Соотношение их сопротивлений должно быть не меньше 400.

На втором этапе измерений следует включить режим ШЛЕЙФ, замкнув шлейф на дальнем конце между плохой и хорошей жилами. После выполнения соединения кнопкой ОК запустить измерение шлейфа фильтром.

На третьем этапе измерений для получения расстояния до места повреждения в метрах войти в МЕНЮ 2, выбрать строчку ПАРАМЕТРЫ кабеля, нажать ОК, на странице ДЛИНА КАБЕЛЯ М, используя управляющие кнопки ▲, ▼, ◀, ▶, установить известную длину кабеля, равную 100 м, подтвердить кнопкой ОК. При появлении запроса СОХРАНИТЬ ЗНАЧЕНИЕ ? нажать ОК (Да). Выйти из МЕНЮ 2 в основной режим состояния информационного экрана при помощи двойного нажатия кнопки ◀. Далее необходимо включить режим УТЕЧКА и запустить поиск неисправности кнопкой ОК. После завершения работы бегущей

строки прибор покажет расстояние до места повреждения изоляции. При этом обозначение жил a или b задается обозначением той клеммы прибора А или В, к которой подключена данная жила. Записать в отчет измеренное расстояние в метрах до места повреждения.

Если в большом окне загорелась надпись $R_{ут} > 20$ МОм, то прибор сообщает, что сопротивление повреждения больше того, при котором может быть надежно измерено расстояние или отсутствует контакт провода с клеммой В5 макета. Тогда следует проверить подключение проводов к клеммам макета. Если был восстановлен контакт, прибор автоматически запустит измерение.

Записать данные измерений линий связи. Сделать выводы. После выполнения всех измерений тумблер К2 поставить в нижнее положение.

Повторить измерения для кабеля 2 длиной 50 м. Тумблер К3 поставить в верхнее положение, что позволяет имитировать повреждение изоляции одной из жил. Записать данные измерений линий связи. Сделать выводы. После выполнения всех измерений тумблер К3 поставить в нижнее положение.

б. Определение расстояния до места повреждения путем измерения емкости проводников. На первом этапе измерений производится поиск поврежденной жилы. Собрать схему измерений для исследования кабеля 1 длиной 100 м. Тумблер К1 поставить в верхнее положение, что позволяет имитировать повреждение (обрыв) одного из проводников кабеля, состоящего из четырех проводников. Включить режим ЕМКОСТЬ и выполнить измерение емкости проводников кабеля 1, что позволяет определить поврежденную жилу. Для этого клемму А прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешнего соединительного проводника, входящего в комплект кабеля, поочередно подключить к клеммам стенда А1-А4. Клемму С прибора ИРК-ПРО АЛЬФА посредством внешнего проводника, входящего в комплект кабеля, подключить к клемме стенда В5 (оболочка кабеля). В строке АС индикатора прибора записать данные значения емкости четырех проводников относительно экрана кабеля, подключенного к клемме стенда В5. Проводник, имеющий обрыв, покажет наименьшее значение емкости. Чтобы

определить расстояние до места обрыва в метрах, ввести известную длину кабеля, равную 100 м. Войти в МЕНЮ 2. В строках ПАРАМЕТРЫ КАБЕЛЯ и ДЛИНА КАБЕЛЯ нажать ОК. На экране прибора, в разделе ДЛИНА УЧАСТКА (М) набрать цифры 00100, используя управляющие кнопки ▲, ▼, ◀, ▶. Подтвердить набор цифр 100 м кнопкой ОК. В ответ на запрос о сохранении значений нажать кнопку ОК. Выйти из МЕНЮ 2 в основной режим состояния информационного экрана при помощи двойного нажатия кнопки ◀. Подключить поврежденный и хороший проводники, используя соответствующие клеммы стенда посредством внешних соединительных проводников, к измерительным клеммам А и В прибора ИРК-ПРО АЛЬФА. Войти в МЕНЮ 1. Выделить пункт ОБРЫВ: СРАВНЕНИЕ ВЫКЛ. Необходимо включить режим сравнения поврежденного проводника с хорошим. Для этого кнопкой ▶ выбрать СРАВНЕНИЕ ЖИЛ и нажать кнопку ОК. В этом режиме проводник сравнивается с проводником, а не пара с парой. Прибор включит измерительный экран и предложит выбрать проводник из двух измеренных. Кнопкой ▼ выделить строку с хорошим проводником и нажать ОК. Прибор проведет измерение емкости проводника, которая принимается за эталонную, и сравнит с ней емкость оборванного проводника. Значения длины двух жил, хорошей и оборванной, в метрах выводятся в средней части экрана и дублируются справа на увеличенном экране. Кнопкой курсора выбрать плохую жилу, записать расстояние до места повреждения (обрыва) в метрах в отчет, указав поврежденную жилу. Занести все данные измерений в отчет. Сделать выводы. После выполнения всех измерений тумблер К1 поставить в нижнее положение.

Повторить измерения для кабеля 2 длиной 50 м, подключаясь к клеммам стенда С1-С4. Тумблер К4 поставить в верхнее положение, что позволяет имитировать повреждение (обрыв) одной из жил. Ввести длину кабеля, равную 50 м, по методике, описанной выше. Записать данные измерений этого кабеля, определить расстояние до места повреждения (обрыва) в метрах, указать поврежден-

ную жилу. Сделать выводы. После выполнения всех измерений тумблер К4 поставить в нижнее положение.

1.3. Содержание отчета

В отчете по работе необходимо:

1. Начертить принципиальные схемы, по которым производились измерения.
2. Представить результаты измерений.
3. Сделать выводы по результатам измерений.

1.4. Контрольные вопросы

1. Каковы назначение и функциональные возможности прибора ИРК-ПРО АЛЬФА?
2. Каковы конструкция и особенности управления прибором ИРК-ПРО АЛЬФА?
3. В чем заключается методика измерения сопротивления шлейфа с использованием мостовой схемы?
4. Поясните методику измерения сопротивления омической асимметрии проводов.
5. Как проводятся измерения емкости с использованием прибора ИРК-ПРО АЛЬФА?
6. В чем заключается методика измерения изоляции с использованием прибора ИРК-ПРО АЛЬФА?
7. Как определить расстояние до места повреждения путем измерения емкости проводников?

ИССЛЕДОВАНИЕ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ СВЯЗИ С ПОМОЩЬЮ ПРИБОРА ПОИСК-410 Мастер

Цель работы: изучить устройство и особенности функционирования прибора ПОИСК-410 Мастер; приобрести навыки в измерении основных параметров цепей связи.

2.1. Конструкция и принцип работы прибора ПОИСК-410 Мастер

2.1.1. Назначение и функциональные возможности прибора ПОИСК-410 Мастер

Трассо-дефектоискатель ПОИСК-410 Мастер предназначен для выполнения следующих измерений:

- 1) поиска подземных, воздушных кабельных линий связи, а также силовых кабелей; металлических тросов и трубопроводов (водо-, нефте-, газопроводов); коммуникаций, имеющих металлическую оболочку или металлические проводники;
- 2) контроля положения, направления, глубины залегания и протекающего сигнального тока подземной коммуникации, а также локализации места обрыва или короткого замыкания;
- 3) контроля направления сигнала для определения своего кабеля в местах схождения коммуникаций или в пучке кабелей;
- 4) поиска, контроля положения и определения глубины залегания трассы силовых кабелей с током промышленной частоты (50 Гц);
- 5) поиска трасс с применением миниатюрного генератора ЛИС (26 250 Гц);
- 6) поиска трасс с применением генератора сигналов с частотой от 200 до 3999 Гц;

- 7) поиска трасс по широкополосному шуму и анализа его спектра;
- 8) локализации повреждения оболочек медных кабельных линий амплитудным и фазовым (бесконтактным) методами;
- 9) определения местоположения (координат GPS) трассоискателя, измерения глубины и сигнального тока с одновременной записью в файл.

Трассо-дефектоискатель ПОИСК-410 Мастер в активном режиме работает в комплекте с генераторами ГК-310А-2, ГК-210А-2, ГК-Мини, ЛИС. Прибор выполнен в ударопрочном корпусе, имеет автономное питание от аккумуляторов, процесс установки которых показан на рис. 2.1. Значение основных рабочих параметров прибора представлено в табл. 2.1.



Рис. 2.1. Внешний вид прибора ПОИСК-410 Мастер

В пассивном режиме трассо-дефектоискатель используется для контроля излучаемых частот в полосе от 10 до 20 000 Гц и для поиска кабелей и коммуникаций, имеющих металлическую оболочку, с применением генератора сигналов с частотой от 200 до 3999 Гц, а также для трассировки силовых кабельных линий с током промышленной частоты 50 Гц. Поиск трассы осуществляется по

изображению на дисплее и звуковым способом (головные телефоны и встроенный излучатель).

Таблица 2.1

Параметр	Значение
Активные частоты	2187,5 ± 1 Гц; 273,5 ± 0,5 Гц
Дополнительная частота для фазового поиска	6562,5 ± 3 Гц
Дополнительная частота для генератора ЛИС	26250 Гц ± 12 Гц
Полоса пропускания по уровню –3 дБ (не более)	
Для частоты 6562,5 Гц	45 Гц
Для частоты 2187,5 Гц	15 Гц
Для частоты 273,5 Гц	2,5 Гц
Максимально определяемая глубина залегания трассы	6 м
Точность измерения глубины	±5 % +10 см
Точность отыскания	10 см
Поиск повреждения изоляции с переходным сопротивлением	0–10 кОм
Габаритные размеры прибора	257x88x685 мм
Масса прибора (включая аккумуляторную батарею, без сумки)	1,9 кг

2.1.2. Принцип работы

Трассо-дефектоискатель ПОИСК-410 Мастер является приемником сигнала, излучаемого подземной трассой. Работа может осуществляться в активном и пассивном режиме.

В активном режиме поиска источником сигнала является генератор звуковой частоты, подключаемый к жиле искомого кабеля контактным или бесконтактным способом. Протекающий по кабелю переменный ток создает вокруг него магнитное поле, которое воздействует на датчики трассо-дефектоискателя.

Благодаря различной геометрии датчиков исследуется топология поля и определяется положение кабеля относительно измерителя, глубина кабеля и сила протекающего тока. Одновременная работа на двух частотах применяется для отыскания повреждений кабеля уникальными двухчастотными методами.

В пассивном режиме прибор анализирует сигнал, излучаемый силовыми кабелями, сетями радиотрансляции, а также широкополосный сигнал, переизлучаемый массивными металлическими коммуникациями.

На верхней лицевой панели расположены жидкокристаллический дисплей; кнопки регулировки усиления  и ; навигация меню; кнопка автоматической установки усиления ; выбор режима в меню; функциональная кнопка  (рис. 2.2).

На нижней панели (под рукояткой) расположены: кнопка входа в меню из рабочего режима ; кнопка включения и выключения прибора ; разъем USB B; разъем для подключения головных телефонов; разъем для сетевого адаптера (рис. 2.3).

Включение прибора производится кнопкой . На дисплее сначала отобразится заводской номер прибора и его версия, а затем меню прибора.

Активный пункт отображается инверсно. Смена активного пункта производится нажатием кнопок  и . Нужный режим выбирается кнопкой .

Выход в Меню из рабочего режима осуществляется нажатием кнопки . Пункты меню следующие: «Карта кабеля», «Классический», «Карта кабеля+», «Компас», «Спектр», «50 ГЦ», «Карта энерго». Дополнительно пункты меню: « \pm НЧ-ВЧ», « \pm ФАЗА», «= чужой генератор», «= генератор ЛИС».

Настройка: «☀ Яркость», «Громкость», «Запись файла вкл.», «Новый файл», «Очистить память», «Связь с ПК». Для изменения яркости изображения войдите в пункт меню «Яркость» и кнопками  и  установите требуемую величину. Для выхода нажмите .

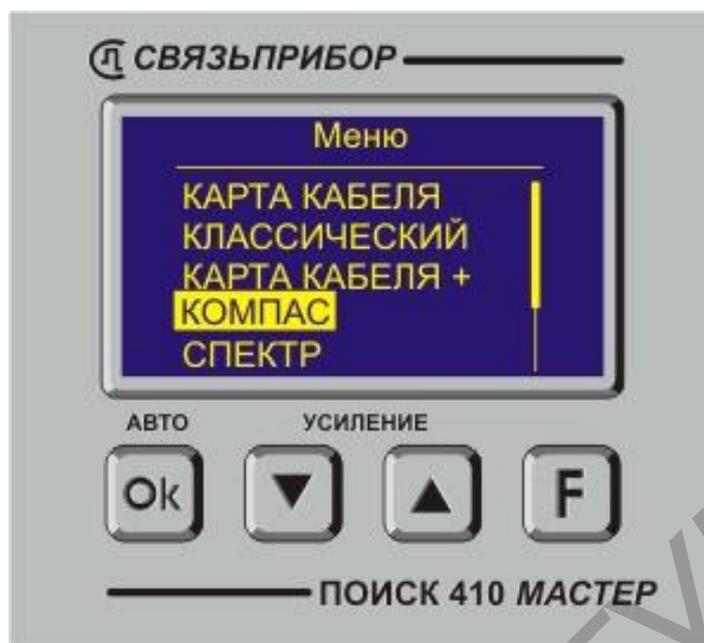


Рис. 2.2. Внешний вид верхней панели управления



Рис. 2.3. Внешний вид нижней панели управления

Для изменения громкости звука, издаваемого встроенным излучателем или наушниками, войдите в пункт меню «Громкость» и кнопками ▲ и ▼ установите требуемую величину. Для выхода нажмите [OK]. Дополнительно наушники снабжены регулятором громкости.

Для включения режима записи координат местоположения, глубины и сигнального тока в файл установите курсор на пункт меню «Запись файла ВЫКЛ».

Нажмите кнопку , пункт примет вид «Запись файла вкл» и запись в файл будет включена. В режиме «Карта кабеля» после измерения глубины данные будут добавлены в файл. Если данный прибор не оснащен приемником GPS либо выключен, в файл будут сохранены только значение глубины и сигнального тока.

Измеренные данные сохраняются в файл. После выключения и последующего включения приемника запись в данный файл продолжается. Для удобства разделения измерений создайте новый файл. Теперь запись будет производиться в новый файл.

При необходимости очистить память от всех сохраненных измерений выберите пункт «Очистить память». Далее согласитесь с удалением. Все файлы будут удалены из встроенной памяти приемника.

Для копирования файлов на персональный компьютер (ПК) подключите приемник к порту USB проводом, входящим в комплект. Выберите пункт «Связь с ПК». Трассоискатель будет автоматически определен на ПК как внешний накопитель, драйверы автоматически установятся при первом подключении. Проведите копирование файлов. Причем для ПК доступна только операция копирования файлов. Для удаления ненужных файлов выберите пункт меню «Очистить память».

При появлении надписи «Перегрузка!» необходимо уменьшить уровень сигнала (рис. 2.4).

В большинстве режимов на дисплее отображается уровень сигнала в трех видах: пиковый, текущий и усредненный.

Полоса показывает текущий уровень сигнала. Такое отображение схоже со стрелочным индикатором. Черта над полосой-уровнем сохраняет предыдущий пиковый уровень сигнала. Для контроля изменений уровня сигнала наблюдайте за разницей между предыдущим и текущим уровнем.

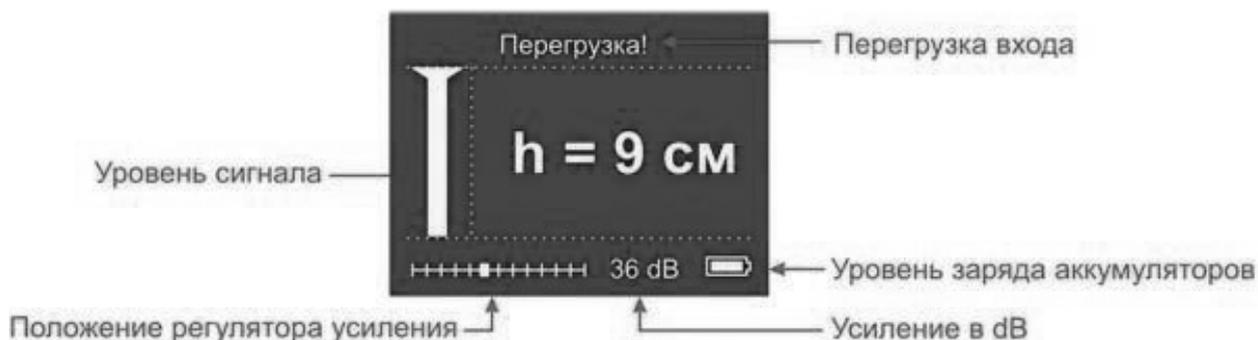


Рис. 2.4. Изображение индикатора прибора при появлении надписи «Перегрузка!»

Усредненный уровень сигнала отображается в цифровом виде (рис. 2.5). Эти показания не изменяются во время пауз в сигнале генератора и позволяют более точно определить уровень сигнала.

При нахождении точно над кабелем нажмите кнопку **F**, на экране отобразится глубина залегания трассы, координаты (при наличии приемника GPS в составе прибора) и номер записи. Запись измеренных данных в файл производится при возврате в режим «Карта кабеля» кнопкой **F**.



Рис. 2.5. Изображение индикатора прибора при отображении усредненного уровня сигнала в цифровом виде

Результаты определения местоположения записываются в файлы. Одновременно записываются два файла: *.grx – универсальный формат записи GPS треков. Файлы открываются большинством широко распространенных про-

грамм просмотра карт (Google Earth, ...), * .csv – текстовый файл с записями координат места, сигнального тока, глубины залегания, уровня сигнала. Файл открывается в любом текстовом редакторе, а также в MS Excel.

2.1.3. Подключение прибора и внешнего генератора и режимы работы установки

Расположение приборов и их подключение при проведении измерений показано на рис. 2.6.



Рис. 2.6. Расположение приборов и их подключение при проведении измерений в режиме «Карта кабеля»

Режим «Карта кабеля» предназначен для быстрого и удобного ориентирования пользователя. Он объединяет все инновационные методы поиска трасс:

- определение расположения кабеля относительно измерителя;
- точная локализация трассы;
- определение кабеля «свой-чужой»;
- определение глубины залегания;

- определение координат места положения;
- запись в файл результатов измерений.

Рабочая частота режима 2187,5 кГц. После выбора режима прибор проводит автоматические настройки, после чего на экране появляется карта кабеля без направления (рис. 2.7).

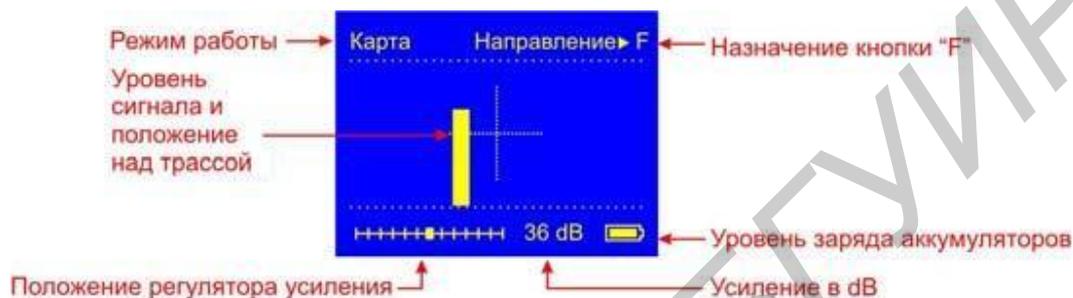


Рис. 2.7. Изображение индикатора прибора в режиме «Карта кабеля»

При проведении измерений необходимо расположить приемник над трассой в направлении движения от генератора к дальнему концу кабеля. Нажав кнопку **F**, зафиксируйте направление. Положение стрелки на дисплее показывает расположение измерителя относительно кабеля. Длина стрелки пропорциональна величине сигнала (рис. 2.8).

По направлению стрелки можно отличить «свой» кабель от «чужого», поскольку направления тока в «своем» кабеле противоположны возвратным токам, протекающим по чужим коммуникациям (рис. 2.9). Близлежащие коммуникации могут значительно исказить показания расположения «своей» коммуникации.

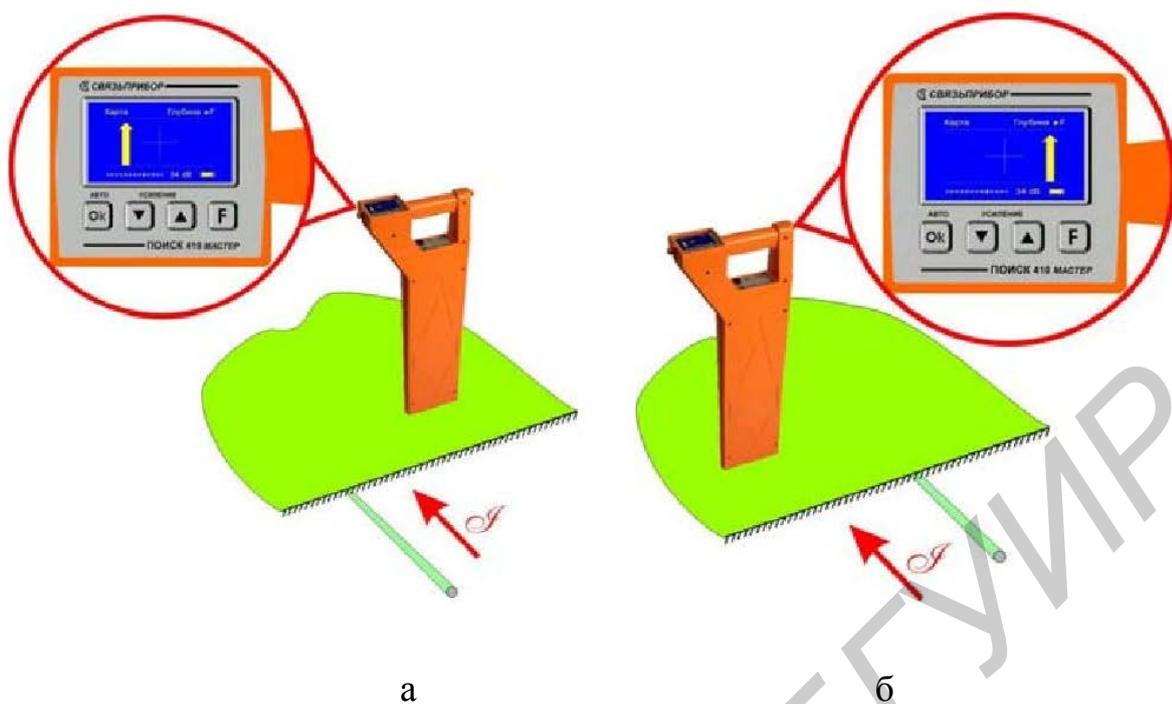


Рис. 2.8. Расположение приборов при проведении измерений:

а – кабель слева от измерителя;

б – кабель справа от измерителя

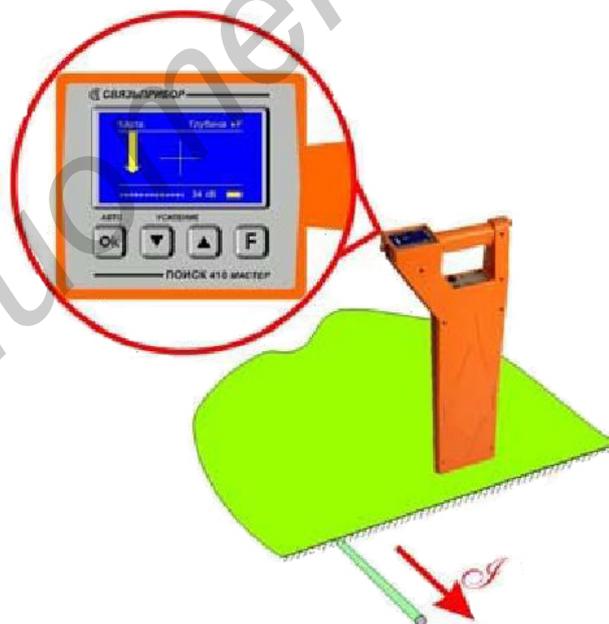


Рис. 2.9. Расположение прибора при проведении измерений: «чужой» кабель слева от измерителя

2.1.4. Определение и запись глубины залегания места

При нахождении точно над кабелем нажмите кнопку **F**. В соответствии с включением «Запись файла» в меню «Настройка» на экране могут быть показаны: глубина залегания кабеля, значение сигнального тока и номер записи (рис. 2.10).



Рис. 2.10. Изображение индикатора прибора при определении глубины залегания

Запись измеренных данных в файл и возврат в режим «Карта кабеля» осуществляется кнопкой **F**. Режим «Карта кабеля+» полностью повторяет режим «Карта кабеля», но позволяет работать, держа приемник вдоль кабеля (рис. 2.11).

Режим «Компас» предназначен для быстрого и удобного ориентирования пользователя над трассой, а также определения сигналов в двух направлениях одновременно (рис. 2.12). Рабочая частота режима 2187,5 кГц. Приемник располагается над трассой, как в режиме «Карта кабеля+».

После выбора режима прибор проводит автоматические настройки, после чего на экране появляется карта кабеля без направления.

Расположите приемник над трассой, как в режиме «Карта кабеля+», т. е. вдоль трассы кабеля в направлении движения от генератора к дальнему концу кабеля. Нажав кнопку **F**, зафиксируйте направление. Теперь стрелка «компа-са» будет указывать направление сигнального тока независимо от ориентации приемника над трассой. Продвигайтесь вдоль кабеля, ориентируясь на макси-

мальное значение сигнала прямого направления и прямое направление на «компасе».



Рис. 2.11. Расположение приборов и их подключение при проведении измерений в режиме «Карта кабеля+»

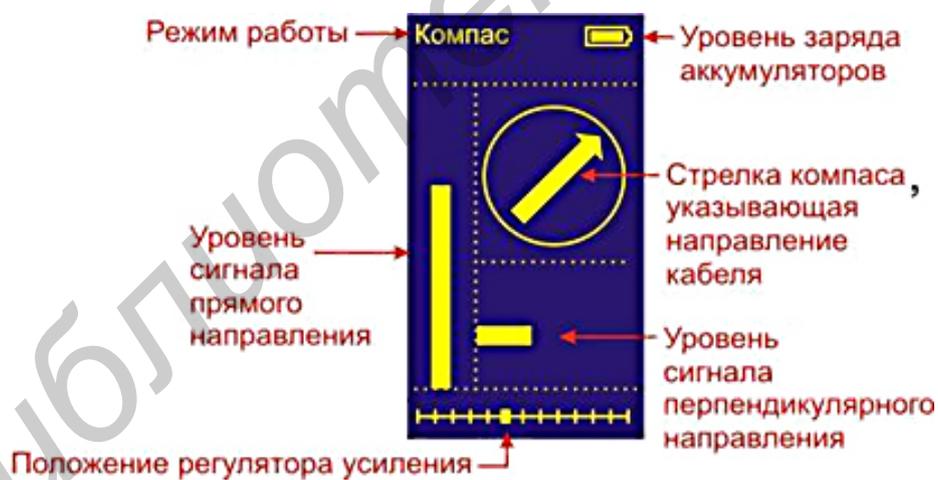


Рис. 2.12. Изображение индикатора прибора в режиме «Компас»

Традиционный способ поиска трасс «Классический» – по максимальному и минимальному уровню сигнала на частоте 2187,5 Гц. После выбора режима дождитесь окончания автонастройки прибора (рис. 2.13). Приемник в режи-

ме работы «по максимуму»: положение кабеля определяется по максимальному уровню сигнала.

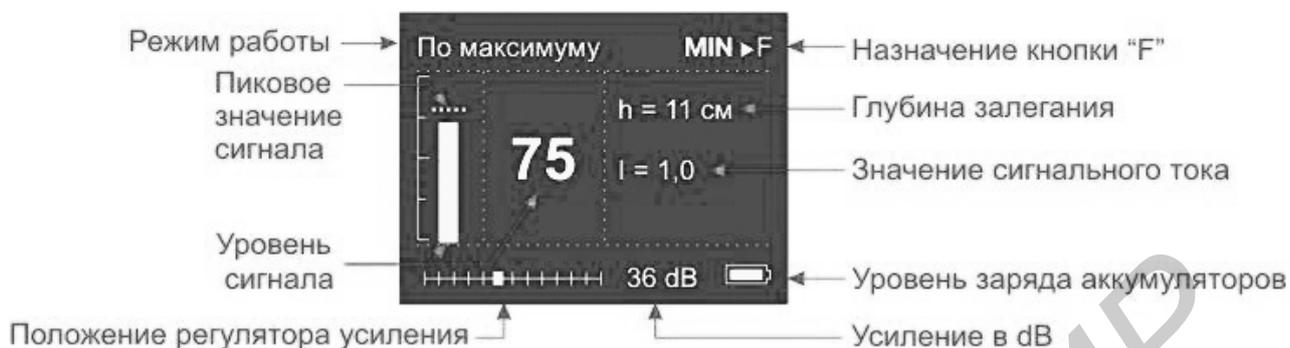


Рис. 2.13. Изображение индикатора прибора в режиме «Классический»

Измерения сопровождаются непрерывным контролем глубины и силы тока. По величине тока можно отличить свой кабель от чужого: в соседних коммуникациях величина тока меньше, чем в кабеле, подключенном к генератору.

Для уточнения положения трассы включите поиск «По минимуму», нажав **F** (рис. 2.14, 2.15). Минимальный уровень сигнала соответствует точному положению над трассой. Возврат в режим «По максимуму» кнопкой **F**.



Рис. 2.14. Изображение индикатора прибора в режиме «Классический», поиск «По минимуму»



Рис. 2.15. Изображение индикатора прибора в режиме «Классический», поиск «По минимуму» и «По максимуму»

При работе в режиме «Спектр» (рис. 2.16) на дисплее отображается спектр широкополосного сигнала в диапазоне 10–20 000 Гц («Широкий») или спектр промышленных частот 10–500 Гц («Энерго») с выводом на звуковой излучатель или головные телефоны звукового сигнала со спектром всего принимаемого диапазона.

Данная особенность помогает по характеру излучения определить источник. Режим позволяет проводить трассировку силовых кабелей с током промышленной частоты, сетей радиотрансляции, массивных металлических коммуникаций, а также коммуникаций, имеющих металлическую оболочку (трубопроводов, тросов и т. п.) без подключения к ним генератора (за счет переизлучения). Для переключения диапазона «Широкий»/«Энерго» нажмите кнопку **F**.



Рис. 2.16. Изображение индикатора прибора в режиме «Спектр»

Режим «Карта энерго» предназначен для быстрого и удобного ориентирования пользователя над трассой энергетических кабелей. Он объединяет все инновационные методы поиска трасс:

- определение расположения кабеля относительно измерителя;
- точная локализация трассы;
- определение глубины залегания.

Рабочая частота режима 50 Гц. После выбора режима прибор проводит автоматические настройки, после чего на экране появляется карта кабеля.

Режим «50 Гц» позволяет проводить трассировку силовых кабелей с током промышленной частоты 50 Гц без применения генератора. После выбора режима на дисплее отображается уровень сигнала на частоте 50 Гц.

2.1.5. Поиск повреждений

Повреждения изоляции кабеля можно разделить на 3 группы: короткое замыкание (КЗ) на землю, повреждения с переходным сопротивлением в несколько килоом, повреждения с переходным сопротивлением 10 кОм и выше.

Короткое замыкание (КЗ) на землю. Такое повреждение лучше всего искать на низкой частоте в режиме « $\frac{1}{4}$ НЧ-ВЧ». Место повреждения определяется по резкому спаданию сигнала. Если сигнал на низкой частоте слишком слабый,

следует включить режим «Классический» и определить место повреждения по резкому спаданию тока.

Повреждения с переходным сопротивлением в 1–10 кОм. При повреждениях порядка 1 кОм и выше ток утечки слабо различим на фоне тока через емкость кабеля на землю. Для поиска таких утечек применяют специальные методы « $\frac{1}{2}$ НЧ-ВЧ» и « $\frac{1}{2}$ ФАЗА» (а также контактный метод). Следует помнить, что чувствительность специальных методов « $\frac{1}{2}$ НЧ-ВЧ» и « $\frac{1}{2}$ ФАЗА» повышается на дальнем от генератора конце кабеля.

Повреждения с переходным сопротивлением 10 кОм и выше. Такие повреждения надежно отыскиваются только контактным методом.

Режим «НЧ-ВЧ» предназначен для поиска повреждений изоляции городских кабелей. Традиционно такие повреждения ищут по резкому уменьшению сигнала.

При этом величина сигнала может меняться по различным причинам: положение измерителя, глубина залегания кабеля, наличие бетонных плит, газовые коммуникации и т. д. Для отыскания повреждения необходимо очень тщательно контролировать уровень сигнала, непрерывно двигаясь вдоль трассы. Поэтому таким методом можно обнаружить лишь низкоомные повреждения менее 1 кОм.

Режим « $\frac{1}{2}$ НЧ-ВЧ» использует двухчастотный метод, в котором генератор в режиме «НЧ-ВЧ» посылает в линию сигналы сразу на двух частотах (рис. 2.17). Поскольку глубина залегания и условия прохождения трассы влияет на сигналы одинаково, их соотношение остается постоянным. Оно не зависит от положения измерителя и сохраняется при движении вдоль трассы.

При прохождении повреждения соотношение сигналов изменяется. Метод замечателен тем, что нет необходимости постоянно двигаться вдоль трассы, контролируя сигнал. Можно обойти труднодоступное место. Если при возвращении на трассу соотношение сигналов не изменилось, значит на пройденном участке нет повреждений. Так можно быстро отыскать участок с повреждением.

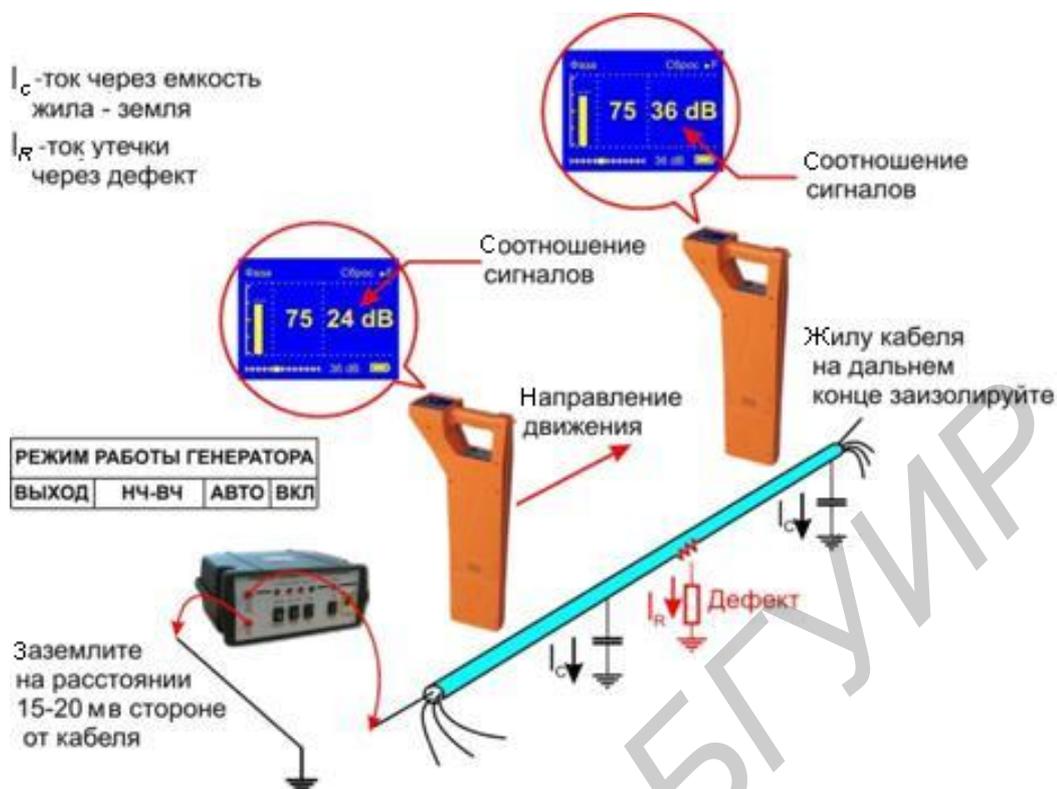


Рис. 2.17. Поиск повреждения кабеля в режиме « $\frac{1}{2}$ НЧ-ВЧ»

Локализация повреждения проводится в направлении от генератора к дальнему концу кабеля. Чем меньше расстояние до конца кабеля, тем выше чувствительность метода. Для уверенной локализации повреждения необходимо зафиксировать изменение уровня не менее 4–5 дБ. Это позволяет отыскивать следующие повреждения: до 2 кОм на расстоянии не более 2,5 км до конца кабеля; до 5 кОм на расстоянии не более 1 км до конца кабеля; до 10 кОм на расстоянии не более 0,5 км до конца кабеля. После выбора режима дождитесь окончания автонастройки прибора (рис. 2.18).

Обнулите показания кнопкой **F**. При движении вдоль трассы могут «набегать» отрицательные показания, их следует обнулять.

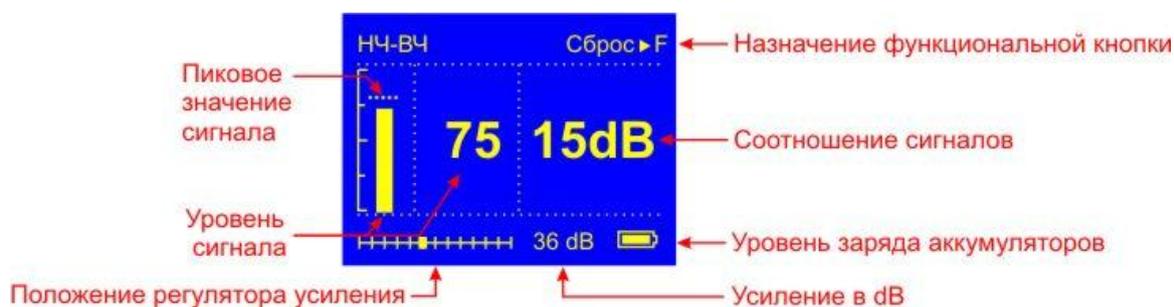


Рис. 2.18. Изображение индикатора прибора в режиме « $\frac{1}{2}$ НЧ-ВЧ»

Для поиска повреждений изоляции зонных кабелей используется режим « $\frac{1}{2}$ ФАЗА». Схема проведения измерений аналогична той, что показана на рис. 2.17. Традиционно поиск таких повреждений проводят контактным методом. Это эффективный, но трудоемкий метод, т. к. нельзя пропускать труднодоступные участки. Если место дефекта хотя бы приблизительно неизвестно, требуется обследовать весь кабель. Для облегчения работы измерителя при дефектах до 10 кОм можно использовать быстрый бесконтактный поиск « $\frac{1}{2}$ ФАЗА». Режим « $\frac{1}{2}$ Фаза» использует двухчастотный фазовый метод. Генератор в режиме «ВЧ» посылает в линию сигнал сразу на двух частотах. После прохождения повреждения фаза сигнала изменяется. Метод замечателен тем, что нет необходимости постоянно двигаться вдоль трассы, контролируя сигнал. Можно обойти труднодоступное место. Если при возвращении на трассу фаза не изменилась, значит, на пройденном участке нет повреждений. Так можно быстро отыскать участок с повреждением.

Локализация повреждения проводится в направлении от генератора к дальнему концу кабеля. Чем меньше расстояние до конца кабеля, тем выше чувствительность метода. Для уверенной локализации повреждения необходимо зафиксировать изменение фазы не менее 4–5°. Это позволяет отыскивать следующие повреждения: до 2 кОм – на расстоянии не более 10 км до конца кабеля; до 5 кОм – на расстоянии не более 4 км до конца кабеля, до 10 кОм – на расстоянии не более 2 км до конца кабеля. В городских условиях метод неприменим: кабель проходит вблизи различных коммуникаций, которые сильно ис-

кажут фазу сигнала. После выбора режима дождитесь окончания автонастройки прибора. По максимальному уровню сигнала найдите точное положение кабеля. Обнулите фазу сигнала, нажав **F**. При движении вдоль трассы могут «набегать» отрицательные показания. Их следует обнулять точно над кабелем. Увеличение фазы сигнала (более $4-5^\circ$) указывает на повреждение. Приемник должен быть точно над кабелем. Изменение фазы должно быть положительным.

Прибор можно использовать для поиска обрыва кабеля, тросов, металлических трубопроводов. Подключите генератор к поврежденной паре. При этом рекомендуется работать на максимально коротком участке кабеля, чтобы уменьшить паразитный сигнал через емкость кабеля. Желательно, чтобы дефект был ближе к дальнему от генератора концу кабеля. Поиск проводите в режиме « $\frac{1}{2}$ НЧ-ВЧ». Резкое уменьшение уровня сигнала характеризует место обрыва.

2.2. Генератор ГК-310А-2

Генератор ГК-310А-2 (рис. 2.19) с автоматической регулировкой выходной мощности и встроенным аккумулятором предназначен для формирования и подачи в линии коммуникаций испытательных сигналов с целью определения:

- 1) трассы воздушных и кабельных линий связи и радиофикации;
- 2) трассы прокладки металлических тросов и трубопроводов (водо-, нефте- и газопроводов);
- 3) глубины залегания коммуникаций, имеющих металлическую оболочку или металлические проводники;
- 4) повреждения изоляции внешних пластмассовых покрытий кабелей;
- 5) места обрыва или короткого замыкания жил кабеля; места обрыва троса.



Рис. 2.19. Внешний вид ГК-310А-2

Рабочие частоты генератора (2187,5 и 273,5 Гц) задаются кварцевым резонатором. В режиме «ВЧ-ПАУЗА» создается характерный сигнал с частотой 2187,5 Гц и периодом повторения 1,18 с и периодической паузой длительностью 0,29 с.

В режиме «ВЧ» генератор формирует непрерывный сигнал с частотой 2187,5 Гц. Режим «ВЧ» возможен только при работе генератора от адаптера. При работе от встроенного аккумулятора для контроля напряжения аккумулятора режим «ВЧ» автоматически заменяется режимом «ВЧ-ПАУЗА».

В режиме «НЧ-ВЧ» генератор формирует периодическую посылку сигналов двух частот: 273,5 Гц длительностью 1,18 с, 2187,5 Гц длительностью 0,48 с и паузы длительностью 0,26 с с периодом 1,92 с. Высокочастотный преобразователь обеспечивает автоматическое регулирование выходной мощности генератора.

В режиме «2 Вт» выходная мощность автоматически поддерживается на уровне 2 Вт. В режиме «АВТО» регулирование мощности выходного сигнала генератора осуществляется следующим образом. При нагрузке около 50 Ом генератор выдает мощность 2 Вт. С ростом сопротивления нагрузки генератор увеличивает мощность посылаемого сигнала. Благодаря этому достигается уве-

ренный прием сигнала при увеличении длины линии или при поиске поврежденной изоляции. При нагрузке около 1000 Ом генератор выдает сигнал мощностью 10 Вт.

С уменьшением величины сопротивления нагрузки (короткие участки) генератор автоматически снижает мощность посылаемого сигнала, благодаря чему достигается отсутствие сильного паразитного сигнала в соседних линиях. При этом уровень сигнала, который принимает трассопоисковый прибор, поддерживается практически постоянным в диапазоне сопротивления нагрузки менее 50 Ом (т. е. мощность сигнала в этом диапазоне пропорциональна сопротивлению нагрузки).

Потребляемая мощность генератора примерно пропорциональна мощности выходного сигнала и контролируется по индикатору сопротивления нагрузки в зависимости от выбранного режима «АВТО» или «2 ВТ».

На передней панели прибора расположены (слева направо, сверху вниз):

- выходные разъемы генератора;
- светодиодный индикатор сопротивления нагрузки;
- переключатель нагрузки: «ИНДУКТОР» – встроенный индуктор для бесконтактного подключения к трассе, «ВЫХОД» – для контактного подключения к трассе;
- переключатель режимов: «ВЧ-ПАУЗА» – характерный сигнал высокой частоты, «ВЧ» – непрерывная работа на высокой частоте и «НЧ-ВЧ» – периодическая посылка сигналов двух частот и паузы;
- переключатель выходной мощности: «АВТО» – выходная мощность зависит от сопротивления нагрузки и «2 ВТ» – выходная мощность фиксирована;
- светодиодный индикатор разряда аккумулятора;
- выключатель генератора;
- разъем для подключения внешнего адаптера для зарядки встроенного аккумулятора и питания генератора.

2.3. Указания по выполнению лабораторной работы

2.3.1. Описание лабораторного стенда

В состав лабораторного стенда входят прибор ПОИСК-410 Мастер, генератор ГК-310А-2 и образцы металлических кабелей разной длины. Первый кабель, обозначенный на передней панели как КАБЕЛЬ 1, представляет собой двухпроводный симметричный кабель, размещенный целиком в лаборатории под подвесным потолком. Подключение к проводникам кабеля осуществляется с помощью разъемов А1-А2, расположенных на передней панели стенда. Нагрузкой первого кабеля является резистор типа ПЭВ, имеющий величину сопротивления приблизительно равную 50 Ом. Второй кабель, обозначенный на передней панели как КАБЕЛЬ 2, представляет собой также двухпроводный симметричный кабель, размещенный частично в лаборатории под подвесным потолком, однако большая его часть смонтирована в коридоре, который примыкает к лаборатории. Подключение к проводникам кабеля осуществляется с помощью разъемов В1-В2, расположенных на передней панели стенда. Нагрузкой второго кабеля является резистор типа ПЭВ, имеющий величину сопротивления, равную приблизительно 100 Ом. Генератор ГК-310А-2 предназначен для формирования и подачи в кабельные линии, которые объединяет стенд, испытательных сигналов, параметры которых описаны в подразд. 2.2.

2.3.2. Порядок выполнения работы

Внимание! Во время проведения измерения с помощью генератора ГК-310А-2 запрещается прикасаться руками к металлическим частям и элементам соединительных измерительных проводов, к клеммам генератора и стенда, т.к. как на них подается повышенное напряжение (величиной до 150 В), которое может представлять опасность для человека.

1. Выполните исследование трассы расположения и характеристик первого кабеля, обозначенного на передней панели как КАБЕЛЬ 1. Проверьте установку тумблеров и переключателей на выключенном генераторе ГК-310А-2: переключатель генератора «Вкл-Выкл» – в нижнем положении, переключатель нагрузки – в положение «ВЫХОД», что необходимо для последующего контактного подключения к кабелю, переключатель режимов в положение «ВЧ» – непрерывная работа на высокой частоте; переключатель выходной мощности в положение «2 ВТ» – выходная мощность фиксирована. Соедините выходные клеммы генератора ГК-310А-2 с помощью двух коротких соединительных проводников красного и черного цвета, которые входят в состав генератора, с клеммами А1 и А2, расположенными на передней панели стенда. В последующем все подключения генератора к исследуемым кабельным линиям связи необходимо выполнять при выключенном генераторе ГК-310А-2.

Подключите сетевой шнур блока питания генератора, расположенного внутри лабораторного стенда и выполняющего роль внешнего сетевого адаптера для зарядки встроенного аккумулятора, к лабораторной розетке 220 В. При выключенном генераторе и включенном сетевом адаптере контролируйте состояние светодиодного индикатора. Засветка индикаторов сопротивления нагрузки отображает процесс заряда аккумулятора. Начало заряда разряженного аккумулятора индицируется зажиганием одного светодиода, что соответствует минимальному напряжению на аккумуляторе. Полная зарядка определяется свечением четырех светодиодов, что соответствует максимальному напряжению на аккумуляторе. Включите генератор, поставив тумблер выключателя генератора «Вкл-Выкл» в верхнее положение «Вкл», что обеспечивает подачу измерительного сигнала в тестируемую линию. Контролируйте состояние светодиодных индикаторов. Засветка определенных индикаторов позволяет грубо определить сопротивления нагрузки кабельной линии. Занесите эти данные в отчет по лабораторной работе.

Включите прибор ПОИСК-410 Мастер, нажав на нижней панели (под рукояткой) кнопку включения и выключения прибора . К разъему для подключения головных телефонов подключите входящие в состав прибора головные телефоны. О правильном подключении и нормальном напряжении питания свидетельствует появление на экране заставки, сообщающей о типе прибора и версии встроенного программного обеспечения. В результате на экране, на верхней панели должно отобразиться главное меню (см. рис. 2.2). Выберите режим «Карта кабеля» или «Карта кабеля+», нажав на этой панели кнопку Ок.

Выполните исследование трассы расположения КАБЕЛЬ 1, проложенного по периметру лаборатории под подвесным потолком. При выборе режима «Карта кабеля» прибор необходимо располагать перпендикулярно стенам лаборатории, т. е. перпендикулярно условной оси направления размещения кабеля. При выборе режима «Карта кабеля+» прибор необходимо располагать вдоль плоскости ориентации стен лаборатории, т. е. вдоль условной оси направления размещения кабеля. Встаньте с приемником вблизи стенда, где начинается кабельная линия связи, и подготовьтесь к передвижению в направлении движения от генератора по трассе размещения кабеля. При этом изображение индикатора прибора при выборе режима «Карта кабеля» примет вид, показанный на рис. 2.7. Нажав кнопку , зафиксируйте направление. Положение стрелки на дисплее показывает положение измерителя относительно кабеля (см. рис. 2.8). Длина стрелки пропорциональна величине сигнала. Уровень сигнала, отмеченный по шкале прибора, должен составлять приблизительно 20–40 дБ.

Двигаясь вдоль трассы, контролируйте состояние индикатора прибора. Возможно появление признаков перегрузки прибора за счет воздействия других телекоммуникационных и энергетических кабелей, расположенных рядом. При появлении устойчивой надписи «Перегрузка!», как показано на рис. 2.4, необходимо уменьшить уровень сигнала, нажав клавишу Ок (АВТО) на верхней управляющей панели. Также регулировать уровень сигнала можно клавишами регулировки усиления, расположенными на верхней панели (см. рис. 2.2), до

исчезновения надписи «Перегрузка!». При изменении направления индикаторной стрелки на экране прибора на противоположное направление, которое происходит при изменении направления тока благодаря токам, протекающим по чужим кабелям (см. рис. 2.9), необходимо остановиться и восстановить правильную индикацию прибора. Для этого существует несколько способов. Первый состоит в том, что необходимо возвратиться на несколько метров назад по трассе до восстановления правильного положения индикаторной стрелки (см. рис. 2.8). Далее необходимо попытаться пройти это особое место по несколько измененной траектории, добиваясь более высокого уровня сигнала за счет более близкого приближения к исследуемому кабелю. Второй способ восстановления правильного показания направления состоит в том, что необходимо на нижней управляющей панели нажать кнопку МЕНЮ, а затем на верхней панели снова выбрать режим «Карта кабеля» и нажать Ок, т. е. перегрузить данный режим работы.

Ввиду того что кабель проложен по сложной траектории, близкой к кольцеобразной, при правильном проведении измерений в конце необходимо вернуться с противоположной стороны в начальную точку маршрута, т. е. к стенду, где расположен генератор ГК-310А-2. Выключите генератор ГК-310А-2, поставив тумблер «Вкл-Выкл» в нижнее положение «Выкл».

Составьте план размещения кабеля в лаборатории, указав на этом плане характерные размеры помещения, место расположения стенда с генератором, а также размеры и расположение специального стенда, где кабель в отличие от остальной трассы располагается на полу лаборатории под специальными металлическими защитными профилями П-образной формы поперечного сечения. Занесите все эти данные в отчет и сделайте выводы.

2. Выполните исследование трассы расположения и характеристик второго кабеля, обозначенного на передней панели как КАБЕЛЬ 2. Соедините выходные клеммы генератора ГК-310А-2 с помощью двух коротких соединительных проводников красного и черного цвета, которые входят в состав генератора, с

клеммами В1 и В2, расположенными на передней панели стенда. Включите генератор, поставив тумблер выключателя генератора «Вкл-Выкл» в верхнее положение «Вкл», контролируйте состояние засветки его светодиодных индикаторов. Уровень сигнала, отмеченный по шкале прибора, должен составлять приблизительно 20–40 дБ. По методике, описанной в п. 1, выполните исследование трассы расположения второго кабеля, который частично располагается в лаборатории, однако его большая часть расположена в коридоре под потолком. После завершения прохода по трассе и измерений выключите генератор ГК-310А-2, поставив тумблер «Вкл-Выкл» в нижнее положение «Выкл». Составьте план размещения кабеля в лаборатории и за ее пределами, указав на этом плане характерные размеры лаборатории и коридора.

3. На специально выделенном стенде, т. е. участке размещений КАБЕЛЯ 1 в лаборатории на полу, выполните измерения характеристик кабеля, включив режим «Классический» на верхней панели прибора. При этом движение осуществляется в направлении, перпендикулярном направлению размещения кабеля. Особенности проведения измерений и состояние индикатора показано на рис. 2.14 и 2.15. При нахождении приемника точно над кабелем в режиме работы «По максимуму» фиксируется максимальный уровень сигнала. Далее перемещайте прибор в направлении, перпендикулярном оси кабеля, и фиксируйте значения уровня сигнала в зависимости от величины смещения от оси кабеля. По результатам измерений в режиме «По максимуму» построить график изменения среднего уровня при удалении от оси кабеля, как показано на рис. 2.15, используя при измерениях расстояния от кабеля обычную линейку или складной метр.

Повторите измерения в режиме поиска «По минимуму», нажав кнопку **F** (см. рис. 2.15). Минимальный уровень сигнала соответствует точному положению над трассой. По результатам измерений в режиме «По минимуму» постройте график изменения среднего уровня при удалении от оси кабеля. Занесите все полученные результаты измерений в отчет. Сделайте выводы.

4. Выполните исследование трасс КАБЕЛЕЙ 1 и 2 в режиме «50 Гц», который предназначен для трасс, расположенных близи энергетических кабелей и других подобных установок. Режим «50 Гц» позволяет проводить трассировку силовых кабелей с током промышленной частоты 50 Гц без применения специального генератора. После выбора режима на дисплее отображается уровень сигнала на частоте 50 Гц. Двигаясь вдоль трасс исследуемых кабелей, зафиксируйте места, где наблюдается повышенное значение уровня сигнала с частотой 50 Гц. Занесите эти данные в отчет, отметив их на плане размещения кабеля в лаборатории и за ее пределами. При появлении надписи «Перегрузка!», как показано на рис. 2.4, необходимо уменьшить уровень сигнала клавишами регулировки усиления, расположенными на верхней панели, до исчезновения надписи. После выполнения всех исследований выключите генератор ГК-310А-2, поставив тумблер «Вкл-Выкл» в нижнее положение «Выкл». Отключите сетевой шнур блока питания от лабораторной розетки 220 В.

5. После завершения всех измерений выключите прибор ПОИСК-410 Мастер, нажав на нижней панели (под рукояткой) кнопку включения и выключения прибора . Сделайте выводы по проделанной работе, оформите отчет.

2.4. Содержание отчета

1. Принципиальные схемы, по которым производились измерения.
2. Результаты измерений.
3. Выводы по результатам измерений.

2.5. Контрольные вопросы

1. Каковы назначение и функциональные возможности прибора ПОИСК-410 Мастер?
2. Опишите конструкцию и особенности управления прибором ПОИСК-410 Мастер?

3. Как проводятся измерения с использованием прибора ПОИСК-410 Мастер в режимах «Карта кабеля» и «Карта кабеля+»?

4. Назначение и функциональные возможности генератора ГК-310А-2.

5. Как проводятся измерения с использованием прибора ПОИСК-410 Мастер в режиме «Классический»?

6. Опишите режим поиска неисправностей в режиме «НЧ-ВЧ».

7. Опишите режим поиска неисправностей в режиме «Фаза».

Библиотека БГУИР

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКРАНИРОВАНИЯ КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ

Цель работы: изучить принцип действия экранов при различных режимах экранирования, методики расчета и измерения параметров экранирования; приобрести навыки измерения параметров экранирования.

3.1. Краткие теоретические сведения

Помехозащищенность кабельных линий связи является необходимым условием для обеспечения надежной и качественной связи и имеет особо важное значение при высокочастотной передаче информации. Качество и дальность связи зависят не только и не столько от затухания в линии, сколько от различного рода мешающих влияний.

Для защиты кабельных цепей от помех применяются такие методы, как скрутка, скрещивание и симметрирование, но наиболее радикальным способом является экранирование.

Экранирование предназначено для разделения влияющих и подверженных влиянию цепей металлическими перегородками (экранами). Экраны в кабельных цепях имеют, как правило, цилиндрическую конструкцию и выполняются из свинца, алюминия или стали. На рис. 3.1 показаны основные типы металлических экранов.

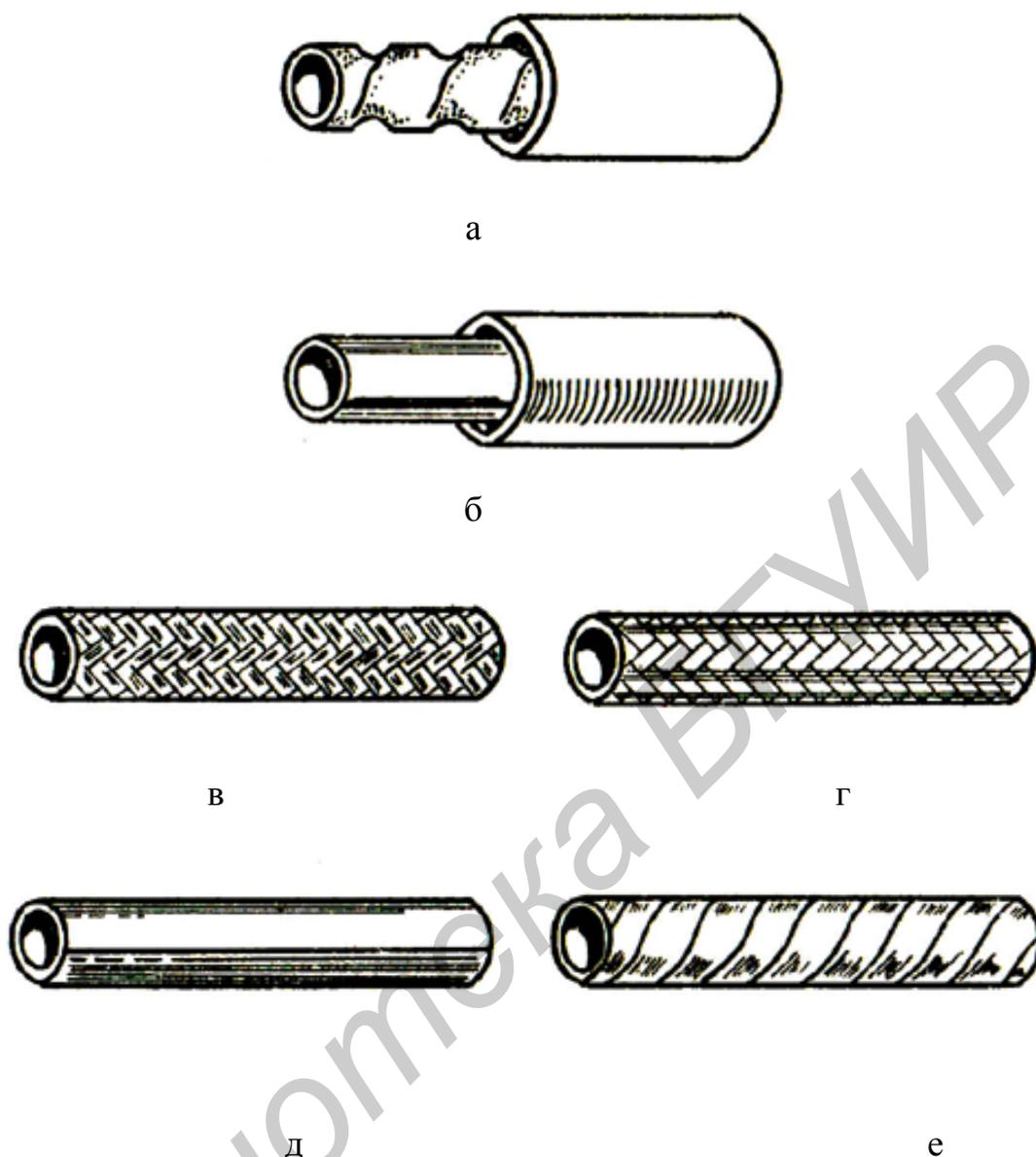


Рис. 3.1. Типы металлических экранов кабелей:

- а, б – сплошные;
- в, г – ленточные;
- д, е – оплеточные

3.2. Основные принципы экранирования

Электромагнитное поле источника энергии, пересекая цепи, подверженные влиянию, наводит в них токи помех. Экран оказывает защитное действие, локализуя электромагнитное поле, создаваемое источником помех, и предохра-

няет цепи связи от взаимного влияния, а также от посторонних источников электромагнитной энергии.

3.2.1. Электростатическое экранирование

Электростатическое экранирование сводится к замыканию электрического поля на поверхности металлического корпуса экрана, с которого электрические заряды стекают на землю. На рис. 3.2 показан принцип электростатического экранирования.

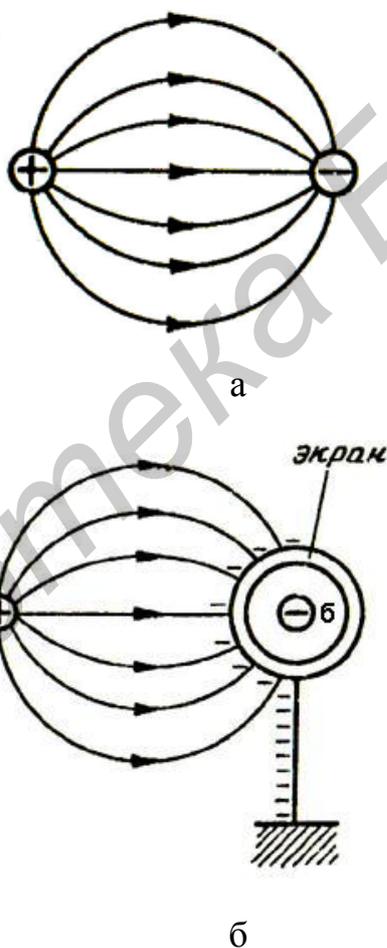


Рис. 3.2. Электростатическое экранирование:

а – цепь без экрана;

б – цепь с экраном

Между влияющим проводом «а», несущим помеху, и проводом «б», подверженным влиянию, помещается экран, соединенный с землей, который перехватывает силовые линии электрического поля, защищая провод «б» от помех. Электростатическим экраном может служить любая заземленная металлическая оболочка.

Данный тип экранирования обеспечивает идеальный экранирующий эффект при постоянном токе ($f = 0$), с увеличением частоты эффективность экранирования уменьшается. Это объясняется природой экранирования статического поля и частотной зависимостью волнового сопротивления для электрической

компоненты поля в диэлектрике $Z_{\text{д}}^{\text{Е}} = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot \epsilon \cdot r_{\text{э}}}$, где $r_{\text{э}}$ – радиус экрана; ω – частота.

3.2.2. Магнитоэлектростатическое экранирование

Магнитоэлектростатическое экранирование проявляется в замыкании силовых линий магнитного поля в толще экрана, обладающего повышенной магнитопроводностью. Роль магнитоэлектростатического экрана могут выполнять лишь магнитные материалы, обладающие высокой магнитной проницаемостью, обычно это сталь или сталеникелевые сплавы (пермаллой).

На рис. 3.3, б показан принцип действия магнитоэлектростатического экрана. Магнитные силовые линии, создаваемые проводом «а», замыкаются в толще магнитного экрана, обладающего малым магнитным сопротивлением, и не оказывая, таким образом, воздействия на провод «б». Эффективность магнитоэлектростатического экранирования повышается с увеличением толщины экрана. Как всякая металлическая оболочка, магнитоэлектростатический экран может выполнять функции электростатического экрана. Немагнитные металлы (медь, алюминий, свинец) не могут выполнять функции магнитоэлектростатического экрана, т. к. не способны концентрировать магнитные силовые линии.

Магнитостатические экраны так же, как и электрические, эффективны при постоянном токе и на низких частотах. С увеличением частоты возрастает роль вихревых токов в экране, магнитное поле вытесняется из толщи экрана и его повышенная магнитопроводность теряет свое значение.

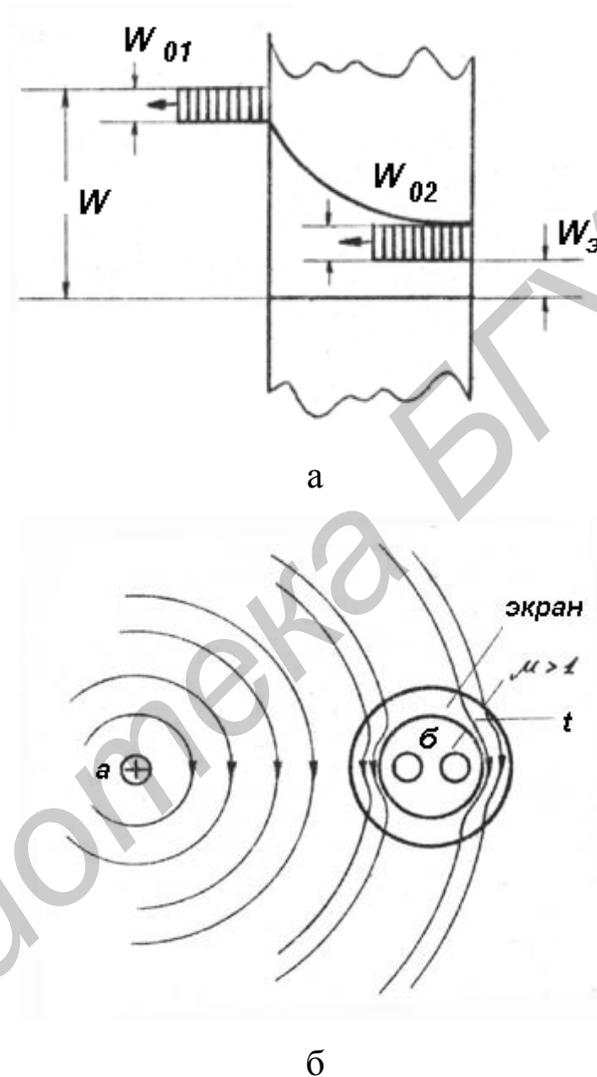


Рис. 3.3. Принцип электромагнитного экранирования:

а – отражение и поглощение энергии;

б – магнитостатическое экранирование

Обобщая, можно сказать, что как электростатическое, так и магнитостатическое экранирование характеризуют стационарные и статические поля и действуют в диапазоне частот до 4 кГц.

3.2.3. Электромагнитное экранирование

Обособленный характер электрического или магнитного поля проявляется на малых расстояниях от источника – порядка длины волны λ . Так, для частоты 10^9 Гц $\lambda = 0,3$ м, для $f = 10^6$ Гц $\lambda = 300$ м. Вот почему зачастую решается задача экранирования какого-то одного поля. Преобладание электрических или магнитных составляющих электромагнитного поля определяется различными условиями.

Как правило, сильные магнитные поля характерны для цепей, которые имеют малое волновое сопротивление, сильные токи и малую разность потенциалов. Электрические поля, напротив, создаются в цепях с большим волновым сопротивлением, малыми токами и высоким напряжением.

Если электромагнитостатическое экранирование эффективно на низких частотах, то на высоких частотах экранирование возможно в электромагнитном режиме.

Действие электромагнитного экранирования основано на отражении электромагнитной волны от поверхности металлического экрана и затухании высокочастотной энергии в его толще. Затухание энергии в экране обусловлено тепловыми потерями на вихревые токи в металле. Отражение определяется несоответствием волновых сопротивлений различных соприкасающихся сред (в частности металла и диэлектрика).

Волновое сопротивление электромагнитной волны в свободном пространстве равно

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}} = 376,70 \text{ Ом} . \quad (3.1)$$

Значения волновых сопротивлений диэлектриков и металлов, естественно, отличаются от этого значения. Чем больше отличаются волновые сопротивления диэлектрика и металла, тем больше отражение электромагнитной волны и, следовательно, тем больше эффект экранирования.

На рис. 3.3, *a* показан принцип электромагнитного экранирования. Электромагнитная волна с энергией W , падая на экран (граница диэлектрик – металл), частично отражается (W_{01}), частично проникает в толщу экрана, где в некоторой степени затухает. Попадая на следующую границу металл – диэлектрик, она снова отражается (W_{02}), и за пределы экрана попадает лишь незначительная часть энергии W_{03} .

Электромагнитное экранирование может осуществляться как с помощью немагнитных, так и магнитных экранов. Но из-за повышенных потерь, вносимых магнитными материалами в цепь передачи, немагнитные экраны являются более предпочтительными. Частотный диапазон электромагнитного экранирования лежит в области от 10^3 – 10^4 до 10^8 – 10^9 Гц.

3.3. Расчет и характеристики электромагнитных экранов

Действие экрана определяется коэффициентом экранирования S , представляющим собой отношение напряженности электромагнитного поля в какой-либо точке пространства при наличии экрана ($E_{\text{э}}, H_{\text{э}}$) к напряженности поля в этой же точке без экрана (E_0, H_0):

$$S = \frac{E_{\text{э}}}{E_0} = \frac{H_{\text{э}}}{H_0} \quad (3.2)$$

Коэффициент экранирования изменяется от 1 до 0. Нуль означает идеальный экранирующий эффект.

В технике связи экранирующий эффект принято выражать не коэффициентом экранирования S , а экраным затуханием A , которое

характеризует величину затухания, вносимого экраном, и выражается в децибелах или неперах.

$$A_{\text{Э}} = 20 \lg \left| \frac{1}{S} \right| = 20 \lg \left| \frac{E}{E_{\text{Э}}} \right| = 20 \lg \frac{H}{H_{\text{Э}}} \quad (\text{дБ}). \quad (3.3)$$

Очевидно, что чем меньше S , тем больше затухание экранирования $A_{\text{Э}}$.

Расчет параметров электромагнитного экрана осуществляется по формуле

$$S = \frac{1}{ch(k_{\text{М}} \cdot t)} \cdot \frac{1}{1 + \frac{1}{2} \left(\frac{Z_D^{E,H}}{Z_{\text{М}}} + \frac{Z_{\text{М}}}{Z_D^{E,H}} \right) \cdot th(k_{\text{М}} \cdot t)}, \quad (3.4)$$

где $\frac{1}{ch(k_{\text{М}} \cdot t)}$ – коэффициент экранирования поглощения;

$$\frac{1}{1 + \frac{1}{2} \left(\frac{Z_D^{E,H}}{Z_{\text{М}}} + \frac{Z_{\text{М}}}{Z_D^{E,H}} \right) \cdot th(k_{\text{М}} \cdot t)} \quad \text{– коэффициент экранирования отражения;}$$

t – толщина экрана;

$$Z_D^E = \frac{1}{i \cdot \omega \cdot \varepsilon \cdot r_{\text{Э}}} \quad \text{– волновое сопротивление для электрической компоненты}$$

поля в диэлектрике в диапазоне частот до 10^8 – 10^9 Гц;

$$Z_D^H = i \cdot \omega \cdot \mu \cdot r_{\text{Э}} \quad \text{– волновое сопротивление для магнитной компоненты}$$

поля в диэлектрике в диапазоне частот до 10^8 – 10^9 Гц;

$$Z_{\text{М}} = \sqrt{\frac{i \cdot \omega \cdot \mu}{\sigma}} \quad \text{– волновое сопротивление волны, распространяющейся в}$$

металле.

Экранное затухание определяется по формуле

$$A_{\text{Э}} = \ln \left| \frac{1}{S} \right| = A_n + A_0 \quad (\text{Нп}), \quad (3.5)$$

где $A_n = \ln \left| \frac{1}{S_n} \right| = \ln |ch \cdot (k_{\Sigma} \cdot t)|$ – затухание поглощения;

$$A_0 = \ln \left| \frac{1}{S_0} \right| = \ln \left| 1 + \frac{1}{2} \left(\frac{Z_D^{E,H}}{Z_M} + \frac{Z_M}{Z_D^{E,H}} \right) \cdot th(k_M \cdot t) \right| \quad \text{– затухание отражения.}$$

Приведенные уравнения свидетельствуют о том, что с увеличением магнитной проницаемости μ и проводимости экрана σ увеличивается экранирующий эффект.

3.4. Магнитный и немагнитный экраны

Для режима электромагнитного экранирования могут использоваться как магнитные, так и немагнитные экраны. Однако эффективность их различна на разных частотах. В первой зоне при частотах от 0 до $f_1 = 3\text{--}10$ кГц магнитный экран действует как магнитостатический и обладает лучшими экранирующими свойствами; более высокие частоты, формирующие условно вторую и третью зоны, соответствуют электромагнитному режиму экранирования. Обычно немагнитный материал в сравнении с магнитным при равенстве остальных параметров обладает лучшими экранирующими свойствами во второй зоне (от f_1 до $f_2 \cong 10^6$ Гц) и худшими – в третьей (выше f_2). Это объясняется тем, что эффект поглощения волн у магнитных материалов преобладает над эффектом отражения, а у немагнитных – наоборот. Частота $f \cong 10^6$ Гц является границей, ниже которой преобладает затухание отражения, т. е. $A_o > A_n$, а выше – обычно, наоборот $A_n > A_o$.

3.5. Многослойное экранирование

Для повышения эффективности экранирования можно увеличить толщину экрана, однако при этом возрастает потребление металла,

утяжеляется конструкция кабеля и затрудняется эксплуатация. Аналогичного эффекта можно достичь, применив многослойное экранирование. Многослойный экран состоит из последовательно чередующихся магнитных и немагнитных материалов. На рис. 3.4 показан принцип многослойного экранирования.

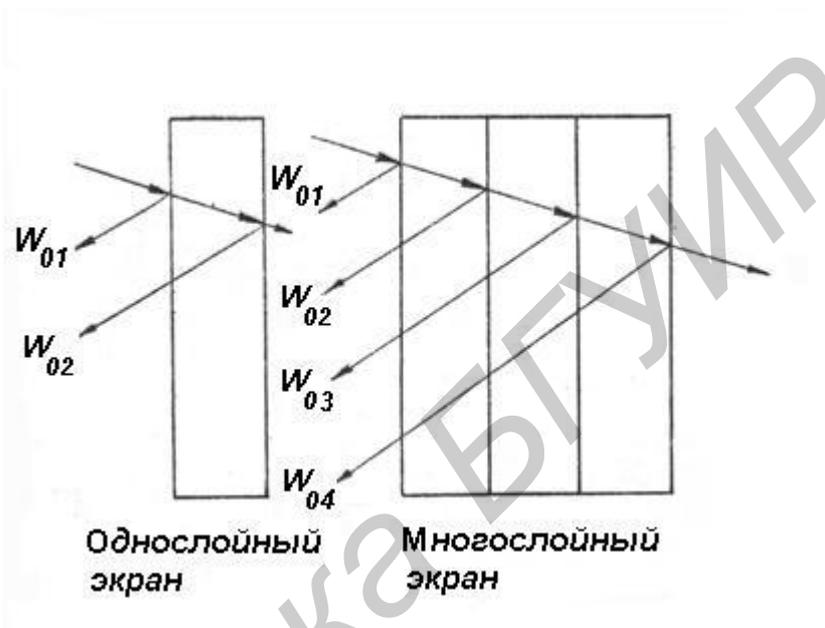


Рис. 3.4. Особенности экранирования однослойных и многослойных экранов. Отражения энергии на границах однослойного и трехслойного экрана

Особенностью принципа многослойного экранирования является то, что основной экранирующий эффект достигается за счет многократного отражения электромагнитной энергии от границ между слоями, обладающими различными волновыми характеристиками: $Z_D \neq Z_{M1} \neq Z_{M2} \neq Z_{M3} \neq Z_D$. Экранирующий эффект за счет поглощения невелик. Следует отметить также и то, что эффект экранирования зависит от порядка расположения различных металлов, так, например, сочетание сталь – медь – алюминий значительно уступает экрану типа медь – сталь – алюминий.

3.6. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка для исследования эффективности экранирования состоит из внешнего генератора гармонических сигналов, милливольтметра ВЗ-38, а также лабораторного макета. На переднюю панель лабораторного макета выведены входные гнезда Г1 (для подключения внешнего генератора сигналов), а также гнезда Г2–Г11 для подключения милливольтметра ВЗ-38, которым измеряется напряжение U , приложенное к внешней оболочке кабеля и наведенное на проводниках кабеля, помещенного в экран – $U_э$.

Работа лабораторной установки основана на измерении продольной ЭДС, наведенной в проводниках за счет электромагнитного поля, созданного источником помех. В качестве источника помех служит генератор сигналов, создающий внешнее электромагнитное поле. Электромагнитное поле, создаваемое источником помех (генератором), пересекая экран, наводит во внутренних проводниках напряжение, которое измеряется милливольтметром. На переднюю панель лабораторного макета выведены гнезда Г2 и Г3, которые предназначены для контроля напряжения, подаваемого от внешнего генератора. Измеренные значения напряжений на гнездах Г3–Г11 используются для определения коэффициента экранирования S и экранного затухания $A_э$ по формулам

$$A_э = \ln \left| \frac{1}{S} \right| = \ln \left| \frac{U}{U_э} \right| \text{ (Нп)}. \quad (3.6)$$

Переключатель П1 служит для коммутации внешнего приложенного напряжения при выборе образца кабеля для измерений.

3.7. Порядок выполнения работы

1. Подготовить к работе генератор ГЗ-113 и милливольтметр ВЗ-38 в соответствии с инструкциями по эксплуатации. Включить милливольтметр ВЗ-38 и генератор ГЗ-113 и дать им прогреться в течение 5 мин. На передней панели генератора ГЗ-113 установить переключатели и тумблеры в следующие положения: переключатель «множитель – частота» в положение 10^3 , переключатель «расстройка + -» – в среднее положение, плавный регулятор уровня – в произвольное положение, трехразрядный переключатель частоты – «10,0 Hz», что обеспечивает установку частоты колебаний равной 10 кГц, с учетом значения декадного множителя частоты, установленного ранее.

2. Провести измерения коэффициентов экранирования и экранного затухания для кабелей по методике, изложенной ниже. Ручку переключателя П1, расположенную на передней панели лабораторного макета, поставить в положение «1». Подключить выход генератора, обозначенный символом « \rightarrow 1», к гнезду Г1 лабораторного макета. При этом корпус генератора соединяется с корпусом лабораторной установки при подсоединении штекера, обозначенного символом « \perp » к нижнему контакту гнезда Г1.

3. Подключить милливольтметр ВЗ-38 к гнезду Г3. Измерить величину напряжения U (размерность В) и записать это значение в табл. 3.1. После этого милливольтметр ВЗ-38 подключить к клеммам Г5, при этом сигнальный вход этого прибора должен быть подключен к левой клемме гнезда Г5. Соединить гнездо Г2 с гнездом Г4 (первый исследуемый кабель) внешними соединительными проводниками. При этом нижняя клемма гнезда Г2 (корпус установки) должна быть соединена с правой клеммой гнезда Г4. Измерить величину напряжения U_{Σ} с помощью прибора ВЗ-38. Полученное значение записать в табл. 3.1. Аналогичные измерения с шагом 10 кГц провести и для других контрольных точек в диапазоне до 90 кГц. Все данные измерений для первого кабеля записать в табл. 3.1.

4. Повторить измерения, описанные в пп. 1–4, для других типов кабелей, устанавливая переключатель П1 соответственно в положения 2–4 и соединяя гнездо Г2 с гнездами Г6, Г8, Г10, выбирая тем самым другие образцы кабелей. При этом величина напряжения U_{Σ} измеряется на гнездах Г7, Г9, Г11 соответственно. Занести в табл. 3.1 все значения измеренных параметров U_{Σ} и U .

5. Рассчитать значения S и A_{Σ} по формуле (3.6) и занести данные в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Результаты измерений

f (кГц)	10				20				—//—	90			
	U_{Σ} (В)	U (В)	S	A_{Σ} (дБ)	- //-	- /-	- //-	- -/-	—//—	- //-	- //-	- //-	- //-
Номер кабеля													

6. По данным измерений построить графики зависимости: $S = \varphi(f)$; $A_{\Sigma} = \varphi(f)$ для всех образцов кабелей.

7. По окончании измерений выключить генератор и милливольтметр ВЗ-38, сделать выводы по проделанной работе, оформить отчет.

3.8. Содержание отчета

1. Цель работы и задание по лабораторной работе.
2. Типы исследуемых кабелей.
3. Таблица и графики с результатами измерений.
4. Заключение в виде выводов.

3.9. Контрольные вопросы

1. Для каких целей используется экранирование ?
2. В чем заключается принцип действия электростатического экрана?
3. В чем заключается принцип действия магнитостатического экрана?
4. В чем заключается принцип действия электромагнитного экрана?
5. Магнитные и немагнитные экраны.
6. Как влияет частота на эффективность действия магнитных и немагнитных экранов?
7. В чем суть многослойного экранирования?
8. Как определяется коэффициент экранирования?
9. Как определяется экранное затухание?

Литература

1. Гроднев, И. И. Линии связи : учебник для вузов / И. И. Гроднев, С. М. Верник, Л. Н. Кочановский. – М. : Радио и связь, 1995. – 488 с.

2. Андреев, В. А. Направляющие системы электросвязи : учебник для студентов вузов. В 2 т. Т. 1 : Теория передачи и влияния / В. А. Андреев, Э. Л. Портнов, Л. Н. Кочановский ; под ред. В. А. Андреева. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Горячая линия-Телеком, 2011. – 424 с.

3. Направляющие системы электросвязи : учебник для студентов вузов. В 2 т. Т. 2 : Проектирование, строительство и техническая эксплуатация / В. А. Андреев [и др.]. – 7-е изд., перераб. и доп. – М. : Горячая линия-Телеком, 2011. – 424 с.

4. Портнов, Э. Л. Оптические кабели связи и пассивные компоненты волоконно-оптических линий связи : учеб. пособие для вузов. – М. : Горячая линия-Телеком, 2007. – 464 с.

Учебное издание

Мищенко Валерий Николаевич

***ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ
КАБЕЛЕЙ СВЯЗИ.
ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ***

ПОСОБИЕ

Редактор *М. А. Зайцева*
Корректор *Е. Н. Батурчик*
Компьютерная правка, оригинал-макет *В. М. Задоля*

Подписано в печать 14.07.2014. Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе. Усл. печ. л. 4,53. Уч.-изд. л. 4,3. Тираж 100 экз. Заказ 95.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
ЛП №02330/264 от 14.04.2014.
220013, Минск, П. Бровки, 6