

Министерство информационных технологий и связи РФ

**ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ПОВОЛЖСКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ
ТЕЛЕКОММУНИКАЦИЙ И ИНФОРМАТИКИ»**

КАФЕДРА ЛИНИЙ СВЯЗИ И ИЗМЕРЕНИЙ В ТЕХНИКЕ СВЯЗИ

Одобрено советом ФБТО
23.12.2004г.

Методическая разработка к лабораторной работе №6

***Измерение цепей электрических кабелей связи
постоянным током***

Составили: д.т.н., проф. Андреев В.А.

к.т.н., проф. Попов Б.В.

Редактор: д.т.н., проф. Бурдин В.А.

Рецензент: к.т.н., доц. Корнилов И.И.

САМАРА-2005

1. Цель работы.

Изучение методов и приобретение практических навыков по измерению параметров и определению характера и расстояния до места повреждений электрических кабелей связи постоянным током при помощи приборов ПКП-5 и ИРК-ПРО.

2. Литература.

1. Гроднев И.И., Верник С.М. Линии связи. М.: Радио и связь, 1995.
2. Андреев В.А. и др. Измерения на кабельных линиях связи. Учебное пособие. – Самара ПГАТИ. СРТТЦ, 2003.
3. Андреев В.А. и др. Методические указания по лабораторно-практическим работам по измерениям на кабельных линиях постоянным током. Самара ПГАТИ, СРТТЦ, 2004.
4. ОСТ 45.36-97. Линии кабельные, воздушные и смешанные городских телефонных сетей (Приложение 1).
5. Краткое описание прибора ИРК-ПРО (приводится в настоящей методической разработке).

3. Подготовка к работе.

1. Ознакомиться с нормами на параметры кабельных линий связи (Приложение 1).
2. Изучить методы измерений параметров электрических кабелей связи постоянным током.
3. Изучить методы определения расстояния до места повреждений электрических кабелей связи постоянным током.
4. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

4. Контрольные вопросы.

1. Какие параметры кабельной цепи измеряются постоянным током?
2. Почему в первую очередь измеряют кабельные цепи постоянным током?
3. Почему рекомендуется измерение кабельных цепей переменным током проводить после измерения постоянным током?
4. Что такое омическая асимметрия и как она влияет на качество связи?
5. Как проводятся измерения сопротивления цепи (шлейфа)?
6. Как проводятся измерения омической асимметрии?
7. Как изменится сопротивление изоляции линии при увеличении ее длины в 2 раза?
8. Какова норма на $R_{из}$ кабелей типа ТПП и ТППЭп?
9. Какова норма на омической асимметрии для кабелей типа ТПП и ТППЭп?
10. Чему равна емкость цепи длиной 1 км, если емкость цепи длиной 10 км равна 450 нФ?
11. К чему приводит значительное снижение на линии связи $R_{из}$?
12. Какими методами производится измерение сопротивление изоляции цепи?
13. Какими методами измеряют рабочую емкость цепи?
14. Как изменится сопротивление шлейфа цепи при увеличении ее в 3 раза?
15. Как изменится рабочая емкость цепи при увеличении ее длины в 2 раза?
16. Какова норма рабочей емкости для кабелей типа Т?

17. Какова норма рабочей емкости для кабелей типа ТПП и ТППЭп?
18. Какова норма рабочей емкости для кабелей типа МКС?
19. Какова норма рабочей емкости для кабелей типа ЗКП?
20. Какова норма рабочей емкости для кабелей типа КСПП с диаметром жил 0,9 мм?
21. Как изменится длина линии, если сопротивление ее шлейфа уменьшилось в 1,5 раза?
22. Какова норма $R_{из}$ для высокочастотных кабелей связи?
23. Отвечает ли кабель типа ТППЭп нормам на $R_{из}$, если линия длиной 4 км имеет $R_{из} = 350$ МОм?
24. Какие виды повреждений наиболее часто встречаются на кабельных линиях связи?
25. Какие разновидности повреждений изоляции встречаются на кабельных линиях связи?
26. Какие внешние факторы влияют на величину погрешности измерения при определении мест повреждения приборами постоянного тока?
27. В каком случае применяют метод Купфмюллера?
28. В каких случаях используется метод Муррея?
29. Что следует учитывать в первую очередь при выборе метода для определения места повреждения?
30. При каком виде повреждений типа «обрыв» применяют метод измерения отношения емкостей?
31. Каким методом измеряется расстояние до места обрыва при отсутствии исправных жил?
32. Как влияет величина понижения сопротивления изоляции жил на результаты измерения расстояния до мест обрыва?

5. Содержание работы.

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места (макетом кабельной линии и измерительными приборами ПКП-5 и ИРК-ПРО).

2. Произвести измерение параметров $R_{\text{ШЛ}}$, $R_{\text{ИЗ}}$, $R_{\text{а}}$, C кабельной линии постоянным током между станциями А и Б. Полученные результаты измерения занести в таблицу 1, сравнить с нормами на измеренные параметры и сделать выводы о соответствии измеренных параметров установленным нормам (приложение 1).

3. Определить расстояние до места повреждений кабеля связи. Полученные результаты занести в таблицу 2.

Примечание: Лабораторная работа состоит из двух частей и рассчитана на выполнение в течение четырех часов. Первая часть предусматривает измерения параметров кабеля и сравнение их с нормами. Вторая часть посвящена определению расстояния до места повреждений кабеля. Измерения выполняются приборами ПКП-5 и ИРК-ПРО.

5.1. Описание лабораторного макета.

В лаборатории на рабочих местах №1, №2, №3 и №4 на плинты ПН-10 подключен кабель марки ТППЭп-10х2х0,4 между станциями А и Б. Длина кабеля на всех рабочих местах составляет 0,986км. Кабельные пары распаяны на линейные (внутренние) гнезда. Кабель смонтирован из трех строительных длин, которые между собой соединены на кабельном боксе БКТ-100х2. На плинтах бокса БКТ-100х2 могут быть скоммутированы исправные линии емкостью 10х2 на всех четырех рабочих местах. На этих линиях необходимо выполнить измерение электрических характеристик кабеля ТППЭп и сравнить результаты измерения с установленными нормами.

На указанных линиях всех четырех рабочих местах коммутируются и вводятся повреждения на отдельных кабельных парах: понижение сопротивления изоляции одной жилы в рабочей паре кабеля; понижение сопротивления изоляции обеих жил рабочей пары кабеля между собой и относительно земли; обрыв жил в рабочей паре кабеля. На плинтах бокса могут быть введены в кабельные линии и другие более сложные повреждения.

5.2. Общие положения.

Измерение электрических кабелей связи производится постоянным и переменным токами.

Измерения переменным током производят после измерения постоянным током и только тогда, когда данные измерений постоянным током соответствуют нормам. В противном случае измерения переменным током следует производить после устранения неисправности измеряемого объекта.

Измерения постоянным током проще и требуют меньше времени, чем измерения переменным током. Они позволяют сделать заключение о соответствии нормам наиболее подверженных изменению характеристик линий: электрического сопротивления изоляции, электрического сопротивления шлейфа, омической асимметрии. Кроме того, измерение постоянным током является основным способом определения наиболее часто встречающегося вида повреждения кабелей – повреждение изоляции.

Измерения постоянным током на кабельных линиях связи рекомендуется осуществлять в такой последовательности:

- электрическое сопротивление цепи (шлейфа);
- омическая асимметрия цепи;

- электрическое сопротивление изоляции;
- электрическая рабочая емкость цепи.

Если какой-либо из измеренных параметров не соответствует нормам, то определяют характер и место повреждения. Точность определения расстояния до места повреждения на кабельных линиях связи должна быть значительно выше, чем на воздушных линиях связи, т.к. подземный не доступен для осмотра.

Измерение параметров цепей кабельной линии, соединяющей ст.А и ст.Б, при помощи прибора ПКП-5

Внимание! До включения прибора в сеть необходимо защитное заземление подсоединять к клемме \perp на лицевой панели прибора. При измерении запрещается касаться к токопроводящим элементам прибора и кабельной линии.

5.3. Измерение электрического сопротивления шлейфа цепи $R_{ШЛ}$.

Измерение $R_{ШЛ}$ производится методом моста с постоянным соотношением плеч (рисунок 1), для этого:

а) к клеммам прибора 1 и 2 подключите начало линии, жилы “а” и “б” измеряемой пары на станции А;

б) закоротите цепь на конце линии, жилы “а” и “б” на станции Б, переключатель «РОД РАБОТЫ» поставьте в положение $R_{ШЛ}$, а переключатель «ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЛИНИИ» в положение – М1;

в) установите переключатель ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЯ в положение 1, ручкой потенциометра «УСТАНОВКА ∞» установите стрелку прибора на отметку ∞;

г) нажмите кнопку ИЗМЕРЕНИЕ и сбалансируйте мост при помощи ручек магазина сопротивлений. По мере уравнивания мостовой схемы ручку переключателя «ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ» последовательно переводите в положение 2, 3 и т.д.;

д) определите значение $R_{ШЛ}$ по формуле:

$$R_{ШЛ} = n \cdot R_M, \text{ Ом,}$$

где R_M – показание магазина сопротивлений;

n – множитель переключателя ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИЙ.

По данным измерения сопротивления шлейфа цепи $R_{ШЛ}$ определяют длину кабельной линии, рассчитав предварительно километрическое сопротивление кабельной цепи при $t=20^0\text{C}$.

$$R_{20} = \rho \frac{l}{s} = \rho \frac{4 \cdot 2000}{\pi \cdot d_0^2} \cdot \chi, \text{ Ом/км,}$$

где $\rho = 0,01754 \text{ Ом}\cdot\text{мм}^2/\text{м}$ – удельное сопротивление медных жил;

1,01 – коэффициент укрутки; $d_0 = 0,4 \text{ мм}$ – диаметр жил.

При другой температуре сопротивление кабельной цепи определяется из выражения:

$$R_{t \text{ изм}} = R_{20} \cdot [1 + \alpha_{R_0} \cdot (t_{\text{изм}} - 20)] \text{ Ом/км,}$$

где $\alpha_{R_0} = 0,004 \text{ град}^{-1}$ – температурный коэффициент сопротивления цепи постоянному току.

Длина кабеля определяется из выражения:

$$\ell_k = R_{ШЛ} / R_{t \text{ изм}}$$

Результаты измерения и расчета занести в таблицу 1 и сравнить с нормами.

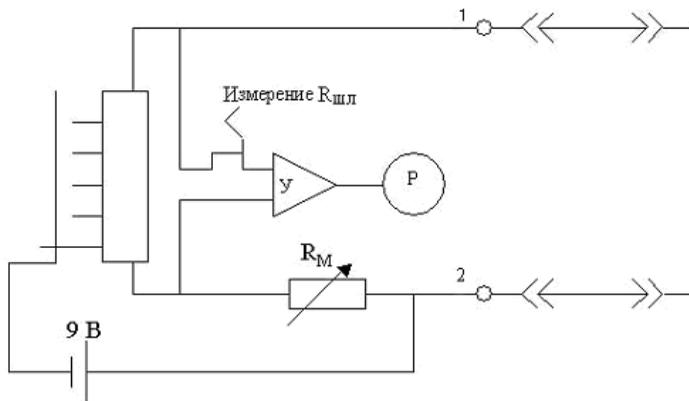


Рисунок 3. Схема измерения сопротивления шлейфа

5.4. Измерение омической асимметрии R_a .

Измерение R_a производится мостом с постоянным соотношением плеч в следующей последовательности:

а) Подсоедините к клеммам 1 и 2 измеряемые жилы, к клемме 3 подсоедините оболочку кабеля или дополнительную жилу. На противоположном конце измеряемые жилы закоротите и соедините их с оболочкой или дополнительной жилой (рисунок 2).

б) Установите переключатель ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ в положение 1, установите ручкой потенциометра УСТАНОВКА стрелку прибора на отметку ∞ шкалы $M\Omega$.

в) Нажмите кнопку ИЗМЕРЕНИЕ M и уравновесьте прибор при помощи магазина сопротивлений. По мере уравнивания пе-

рекламатель ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ последовательно переведите в положение 2, 3 и т.д.

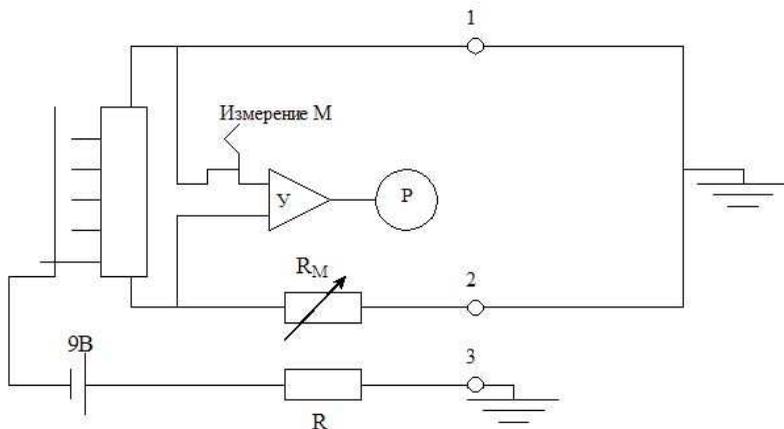


Рисунок 2. Схема измерения омической асимметрии

г) Произведите отсчет значения R_a на ручках магазина сопротивлений $R_a = R_M$.

Примечание: Если в процессе измерения прибор уравновесить не удастся, установите переключатель ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЛИНИЙ в положение М2.

Результаты измерения R_a занести в таблицу 1 и сравнить с нормами.

5.5. Измерение сопротивления изоляции $R_{ИЗ}$.

Измерение $R_{ИЗ}$ выполняется прибором ПКП-5 методом вольтметра-амперметра в следующем порядке:

а) Подсоедините измеряемую жилу к клемме 1; к клемме 2 подсоедините другую жилу, заземленную оболочку кабеля подключи-

те к клемме 3, (рисунок 3). На противоположном конце линии жилы изолируйте.

б) Установите ручку переключателя РОД РАБОТ в положение $R_{из}$, С и ручку переключателя ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЛИНИИ установите в положение 1-3, 1-2, 2-3, в зависимости от измеряемой цепи.

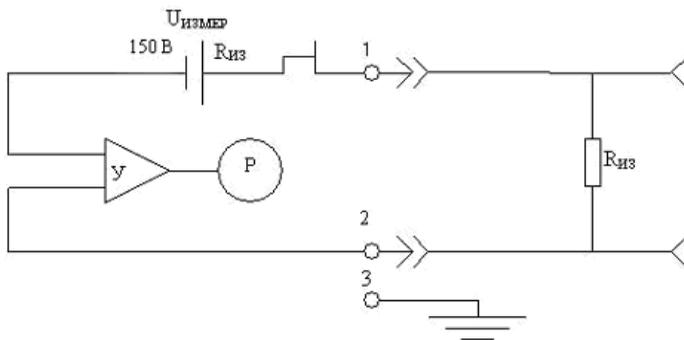


Рисунок 3.Схема измерения сопротивления изоляции

в) Установите ручкой потенциометра (УСТАНОВКА ∞) стрелку прибора на отметку ∞ , нажмите кнопку КАЛИБРОВКА $R_{из}$ и ручкой потенциометра КАЛИБРОВКА $R_{из}$ установите стрелку прибора на отметку I по шкале М Ω .

г) Возвратите кнопку КАЛИБРОВКА $R_{из}$ в исходное состояние и проверьте положение стрелки прибора, если стрелка прибора не остановилась в положении ∞ , повторите операции в соответствии с подпунктами в)...г).

д) Установите ручку переключателя ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕРЕНИИ в положение $\times 0,1$, нажмите кнопку ИЗМЕРЕНИЕ $R_{из}$ и по шкале М Ω произведите отсчет значения α .

е) Если стрелка прибора установится в нерабочей части шкалы (левее отметки 10 по шкале МΩ), установите ручку переключателя ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕРЕНИИ в положение $\times 1$, $\times 10$, и т.д. до установления стрелки в рабочей части шкалы (в положении $\times 1000$ проверьте и при необходимости скорректируйте положение стрелки на отметке при нажатой кнопке ИЗМЕРЕНИЕ $R_{ИЗ}$ и отключенной линии).

ж) Определите значение $R_{ИЗ}$ по формуле:

$$R_{ИЗ} = n \cdot \alpha, МОм$$

где n – множитель, отсчитанный на переключателе ДИАПАЗОН ИЗМЕРЕНИИ.

Результаты измерения занесите в таблицу 1 и сравните с нормами.

5.6. Измерение рабочей емкости С.

Прибором ПКП-5 рабочая емкость измеряется методом вольтметра-амперметра на переменном токе в последовательности:

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

б) Установите переключатель РОД РАБОТЫ в положение $R_{ИЗ}$, С, нажмите кнопку КАЛИБРОВКА С и ручкой потенциометра КАЛИБРОВКА С установите стрелку прибора на отметку 10 по шкале 10 нФ.

в) Установите переключатель ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЛИНИИ в положение 1-2, установите переключатель ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕРЕНИЙ в положение 3000.

г) Нажмите кнопку ИЗМЕРЕНИЕ С и по шкале 30 nF произведите отсчет значения емкости.

Измеренную величину С пересчитывают на длину линии в 1 км и делают сравнение с установленными нормами.

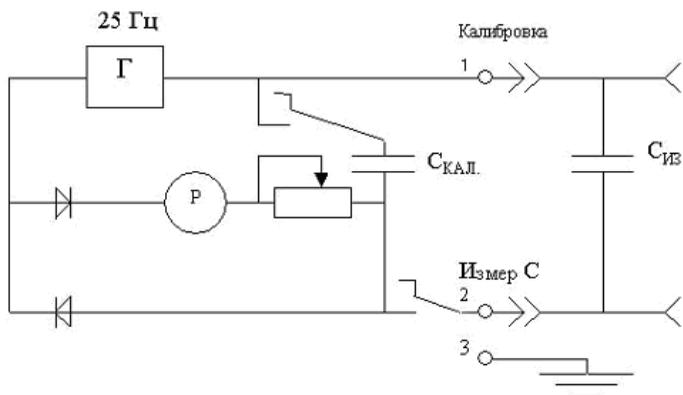


Рисунок 4. Схема измерения рабочей емкости

Таблица 1. Результаты измерений линии на постоянном токе

№	Измеряемые цепи кабеля	Сопротивление шлейфа		Асимметрия R_a , Ом	Сопротивление изоляции		Емкость		Длина цепи, км
		цепи, Ом	1 км, Ом/км		всей цепи, МОм	1 км, МОм·км	всей цепи	1 км, нФ/км	
0	1-2 1-зем 2-зем								
1	1-2 1-зем 2-зем								
...									
9	1-2 1-зем 2-зем								

5.6. Измерение параметров цепей кабельной линии при помощи прибора ИРК-ПРО.

Прибор ИРК-ПРО является прибором нового поколения, в котором используется микропроцессорное управление и многострочный алфавитно-цифровой дисплей с подсветкой. Этот прибор используется так же, как и прибор ПКП-5, для измерения параметров кабеля и определения характера и места повреждения кабеля.

Конструкция лицевой панели прибора.

На лицевой панели прибора расположены:

1. входы А, В, С для подключения измеряемого кабеля;
2. экран для отображения результатов измерения и различной информации в буквенном, цифровом и знаковом виде;
3. вход для подключения сетевого адаптера с выходным напряжением = 12 В;
4. вход для подключения компьютера;
5. кнопки управления:
 - а)   - для изменения величин различных параметров и перехода по пунктам (функциям) меню, в любом режиме измерения;
 - б)   - для включения выбранных функций меню и установки наименований измеряемых параметров;
 - в)  - включения питания (ПУСК);
 - г)  - для ввода установленных параметров и запуска режима измерения с фиксацией результата;
 - д)    - для непосредственного включения основных пунктов (функций) меню, отдельных режимов измерения, соответственно: измерение сопротивления шлейфа, измерение величины емкости и измерение сопротивления изоляции.

На экране прибора индицируется только один пункт меню в любом из этих режимов, а перелистывание меню производится кнопками (п.5а).

Включение прибора и особенности работы с ним при измерении параметров кабелей связи.

При нажатии кнопки «ПУСК» -  на экране появляется информация о приборе ИРК-ПРО, затем автоматически включается пункт №2 меню режима измерения – «Изоляция», в котором указывается напряжение питания батареи и предоставляется возможность использовать или нет режим «автоотключение». При питании от батареи этот режим следует использовать т.к. разрядка ее о 8 В полностью выводит аккумулятор из строя. Включение и отключение этого режима осуществляется кнопкой - .

Переход к основному пункту меню осуществляется кнопками   или непосредственно кнопкой -  из любой строчки этого меню или другого режима измерения. Включение основных пунктов меню режимов измерения «Шлейф», «Емкость» осуществляется нажатием соответствующих кнопок  , а на экране появляется соответствующее название. Переход к любому пункту меню в каждом из этих режимов аналогичен режиму «Изоляция».

Запуск основного пункта меню любого из режимов «Изоляция», «Шлейф», «Емкость» производится с помощью кнопки  . Прибор запускается в непрерывный режим измерения («Режим контроля»), т.е. результаты измерения на экране меняются при изменении параметров на входах. Нажатием этой же кнопки можно прибор перевести в режим измерения с фиксацией результата («измерение») Во

время этого режима выполняется фильтрация, усреднение для устранения помех, а результат остается неизменным до следующего нажатия кнопки .

При выполнении лабораторной работы прибором ИРК-ПРО измеряются параметры того же кабеля, что и прибором ПКП-5. При этом измерения проводятся значительно быстрее. Результаты измерения обоими приборами следует сравнить и сделать вывод.

В [3] достаточно подробно изложены режимы и алгоритмы измерения основных параметров кабелей связи.

6. Определение расстояния до места понижения сопротивления изоляции и обрыва электрических кабелей связи постоянным током прибором ПКП-5.

6.1. Общие положения.

В процессе эксплуатации возникают повреждения кабелей связи. Причины повреждения кабелей связи самые разнообразные. Нарушение герметичности кабельных оболочек по причине коррозии и недоброкачественного монтажа кабельных муфт приводят к проникновению в кабель влаги, и, следовательно, к понижению сопротивления изоляции жил. Весьма часто кабели повреждаются строительными организациями, выполняющими подземные работы при строительстве и ремонте газопроводов, водопроводов, теплопроводов и т.д.

Аварийные измерения заключаются в определении поврежденного участка кабеля и в уточнении места повреждения. Наиболее распространенными повреждениями кабельных линий являются повреждения изоляции между жилами, а также между жилами и землей; обрыв жил; разбитость пар (перепутывание жил); повреждение изоля-

ции с одновременным обрывом жил. Наиболее сложными являются повреждения, проводящие к снижению электрического сопротивления изоляции, которое, однако, остается достаточно большим (от единиц до нескольких десятков МОм).

Для определения характера повреждения выполняют измерение омической асимметрии, электрического сопротивления шлейфа, электрического сопротивления изоляции. После определения характера повреждения выбирают методы измерения расстояния до места повреждения. Выбор метода измерения определяется величиной переходных сопротивлений, наличием или отсутствием исправных жил, длиной кабеля, а также имеющимися в наличии измерительными приборами.

После выбора метода производят измерение поврежденного кабеля. При этом для повышения точности определения места повреждения необходимо выполнять следующие рекомендации:

- для измерений по возможности использовать жилы одной пары или четверки;

- измерения проводить методами, соответствующими полученным значениям минимальных переходных сопротивлений изоляции $R_{П}$ и отношению величин переходных сопротивлений (коэффициент изоляции) $K=R_{П1}/R_{П2}$, где $R_{П1}$ – сопротивление изоляции первой жилы поврежденной пары, $R_{П2}$ – сопротивление изоляции второй жилы поврежденной пары;

- измерения проводить различными методами поочередно с двух сторон поврежденного участка, при этом результаты измерений нужно усреднить.

Следует иметь в виду, что не все методы измерений дают достаточно точные результаты. Если в поврежденном кабеле имеется хотя

бы одна исправная жила, то расстояние до места повреждения изоляции определяют простейшими методами, основанными на применении мостов с переменным или постоянным отношением плеч. При отсутствии исправных жил применяют более сложные методы измерений.

Основным показателем точности измерения расстояния до места повреждения является величина погрешности измерения, которая, как правило, не должна превышать 0,5%.

На величину погрешности измерений влияет много различных факторов, к основным из которых относятся:

- колебание температуры на измеряемом участке кабельной линии;
- отклонение диаметра токопроводящей жилы от номинальной величины;
- отклонение общей длины измеряемого участка кабельной линии от действительной его длины;
- соотношение между переходными сопротивлениями жил;
- наличие в районе измерения блуждающих токов;
- наличие в точке повреждения ЗДС поляризации.

Выбор метода измерения для определения места повреждения зависит от условий, в которых эти измерения проводят. Наиболее совершенными методами измерения являются те, которые не подвержены или подвержены в меньшей степени воздействию указанных выше факторов.

При выполнении лабораторной работы по определению повреждений будем использовать наиболее часто применяемые методы: метод Муррея и метод Купфмюллера (понижение сопротивления изоляции) и метод сравнения емкостей (обрыв кабельных жил). При

выполнении работ могут быть применены и другие методы измерения, в зависимости от характера повреждений.

6.2. Определение расстояния до места повреждения изоляции методом Муррея.

Прибором ПКП-5 измерение проводится методом моста с переменным отношением плеч по схеме (рисунок 5), в следующей последовательности:

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

б) Установите переключатель РОД РАБОТЫ в положение М, L_0 , нажмите кнопку ИЗМЕРЕНИЕ М и уравновесьте прибор магазином сопротивлений. По мере уравновешивания переключатель ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ последовательно переводите в положение 2, 3 и т.д.

в) Определите расстояние до места понижения электрического сопротивления изоляции по формуле:

$$L_x = k \cdot L, \text{ км},$$

где L - длина измеряемого участка, км; $k=R_M/1000$; R_M – сопротивление, считываемое с магазина сопротивлений.

Результаты расчета L_x занести в таблицу 2.

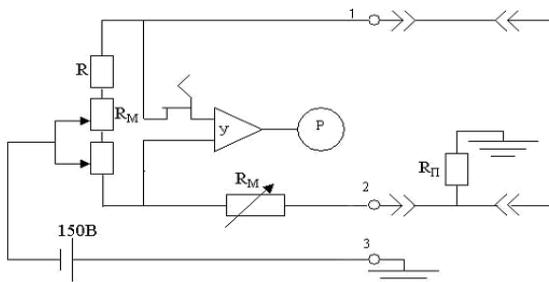


Рисунок 5. Схема измерения мостом с переменным отношением плеч методом Муррея

6.3. Определение расстояния до места повреждения изоляции методом Купфмюллера.

Измерения методом двух односторонних измерений при $3 \leq K_{и} \leq 400$ выполняются мостом с переменным отношением плеч в следующей последовательности (рисунок б):

а) Подсоедините жилу с меньшим значением переходного сопротивления к клемме 2, с большим значением – к клемме 1. К клемме 3 подсоедините заземление (оболочку кабеля), либо жилу, по отношению к которой понижено электрическое сопротивление изоляции измеряемых жил. На противоположном конце линии измеряемые жилы закоротите.

б) Установите переключатель РОД РАБОТЫ в положение М, нажмите кнопку ИЗМЕРЕНИЕ М и уравновесьте прибор магазином сопротивлений. По мере уравнивания переключатель ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬ последовательно переводите в положение 2, 3 и т.д.

в) Произведите отсчет по магазину сопротивлений в момент равновесия $R_{ХХ}$.

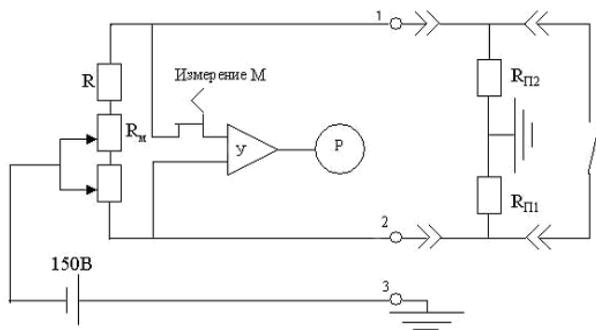


Рисунок 6. Схема для определения расстояния до места понижения электрического сопротивления изоляции при $3 \leq K_{И} \leq 400$ методом Купфмюллера

г) Изолируйте на противоположном конце измеряемые жилы и произведите операции согласно подпункта б) настоящего пункта.

д) Произведите отсчет по магазину сопротивлений в момент равновесия R_{XX} и определите расстояние до места повреждения по формуле:

$$L_x = \frac{R_{K3} - R_{XX}}{1000 - R_{XX}} \cdot L, км.$$

Результаты расчета занесите в таблицу 2.

6.4. Определение расстояния до места обрыва измерением ёмкости поврежденной и исправной жил.

Прибором ПКП-5 измерения проводятся в такой последовательности (рисунок 7):

а) Подсоедините исправную жилу к клемме 2, поврежденную – к клемме 1. К клемме 3 подсоедините оболочку кабеля и при воз-

возможности остальные жилы. На противоположном конце линии измеряемые жилы изолируйте.

б) Установите переключатель РОД РАБОТЫ в положение $R_{из}$, С, и переключатель ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЛИНИИ в положение 1-3.

в) Нажмите кнопку КАЛИБРОВКА С и ручкой потенциометра КАЛИБРОВКА С, установите стрелку прибора на отметку 10 по шкале 10пФ, затем установите переключатель ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕРЕНИЙ в положение 3000пФ.

г) Нажмите кнопку ИЗМЕРЕНИЕ С и по шкале пФ произведите отсчет значений α .

д) Если стрелка установилась в левой (третьей) части шкалы, то переключатель ДИАПАЗОНЫ ИЗМЕРЕНИЙ установите в положение 1000пФ, 300пФ и определите значение ёмкости по соответствующей шкале.

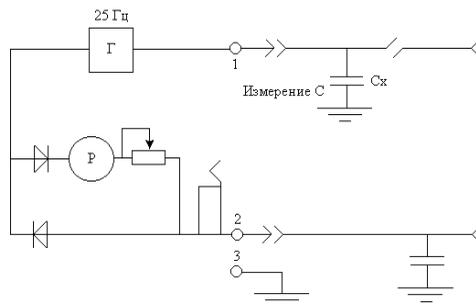


Рисунок 7. Схема измерения расстояния до места обрыва измерением ёмкости поврежденной и исправной жил

д) Установите переключатель ПЕРЕКЛЮЧЕНИЕ ЛИНИИ в положение 2-3 и произведите измерения аналогично предыдущему рассмотренному.

е) Определите расстояние до места обрыва по формуле:

$$L_x = \frac{C_{1-3}}{C_{2-3}} \cdot L, \text{ км}.$$

Результаты измерения занесите в таблицу 3.

При обрыве всех жил кабеля необходимо произвести измерение ёмкости поврежденной пары жил. Расстояние до места обрыва жил следует определять по формуле:

$$L_x = \frac{C_{1-3}}{C_p} \cdot L, \text{ км}$$

где C_p – величина рабочей емкости кабеля, определяемая по паспорту линии связи.

При определении расстояния до места повреждения цепей кабеля необходимо проводить оценку погрешности.

Пример расчета погрешности:

Пусть измеренное расстояние до места повреждения $l_{x \text{ изм}} = 500$ м; длина линии 1000 м, приведенная погрешность измерений при данном методе δ составляет 0,5%, тогда:

$$l_x = l_{x \text{ изм}} \pm \frac{\delta \cdot l}{100}; \quad l_x = 500 \pm 5, \text{ м}.$$

В таблицах 2 и 3, в качестве примера, приведены результаты определения характера и места повреждения.

Таблица 2. Результаты измерений по определению расстояний до мест понижения сопротивления изоляции

Номер №	Сопротивление изоляции, МОм		Между жилами а-б	Характер повреждения	Метод измерения	Длина линии, м	Расстояние до места повреждения, м
	По отношению к земле						
	Жила а	Жила б					
0	20000	10	20000	Понижение $R_{из}$ жилы б по отношению к земле	Метод Муррея	1020	543±5
1							
...							
9							

Таблица 3. Результаты измерений по определению расстояний до места обрыва жил кабеля

Номер №	Электрическая емкость, нФ			Характер поврежде- ния	Метод изме- рения	Длина ли- нии, м	Расстояние до места поврежде- ния, м
	По отношению к земле		Между жилами а-б				
	Жила а	Жила б					
0	50	10	15	Обрыв жи- лы б	Мостом пе- ременного тока	1020	500±6
1							
...							
9							

7. Определение расстояния до места повреждения сопротивления изоляции и обрыва электрических кабелей связи постоянным током прибором ИРК-ПРО.

При выполнении лабораторной работы по определению места повреждений при помощи прибора ИРК-ПРО (7 и 5 версия) измерения проводятся для тех же повреждений, что и прибором ПКП-5. Результаты измерения обоими приборами следует сравнить и сделать выводы.

В [3] подробно рассмотрены режимы и алгоритмы определения различных повреждений кабелей связи прибором ИРК-ПРО 7 и 5 версий.

Ниже приведем в качестве примера технологию проведения измерений по определению расстояния до места повреждения изоляции при использовании режима «Утечка».

7.1. Режим «Утечка».

Требуемый режим в приборе включается переключателем режимов в положение “Утечка”. Он используется для определения расстояния до места повреждения изоляции, причём в сочетании с режимами “Изоляция” и “Шлейф”.

В данном режиме можно реализовать следующие возможности:

- 1. определение длины кабеля по данным, полученным в режиме “Шлейф”;*
- 2. определение величины коэффициента “К” (для введения поправки в результат определения расстояния до места повреждения изоляции в зависимости от характера этого повреждения);*

3. *определение расстояния до места повреждения изоляции в кабеле*, имеющим исправные жилы, если:

а) длина кабеля известна; б) длина кабеля неизвестна.

Измерение (п.1) приводится в режиме “Шлейф”.

Алгоритм измерений, реализующих п.2 и п.3 представлен на рисунке 8.

Определение величины коэффициента “К” (п.2) проводится в пункте “х.х. определение К”, если предварительно подключить кабель к прибору по схеме, представленной на рисунке 9.

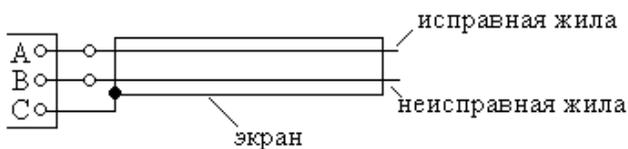


Рисунок 9. Схема измерения коэффициента «К»

Если сопротивление изоляции жилы более 20 МОм, то прибор в рабочий режим включаться не будет, т.е. считается изоляция в норме, а коэффициент $K=0$.

При переходе из режима “Шлейф” в режим “Утечка” необходимо кабель подключить по схеме, показанной на рисунке 10.



Рисунок 10. Схема для определения расстояния до места повреждения изоляции

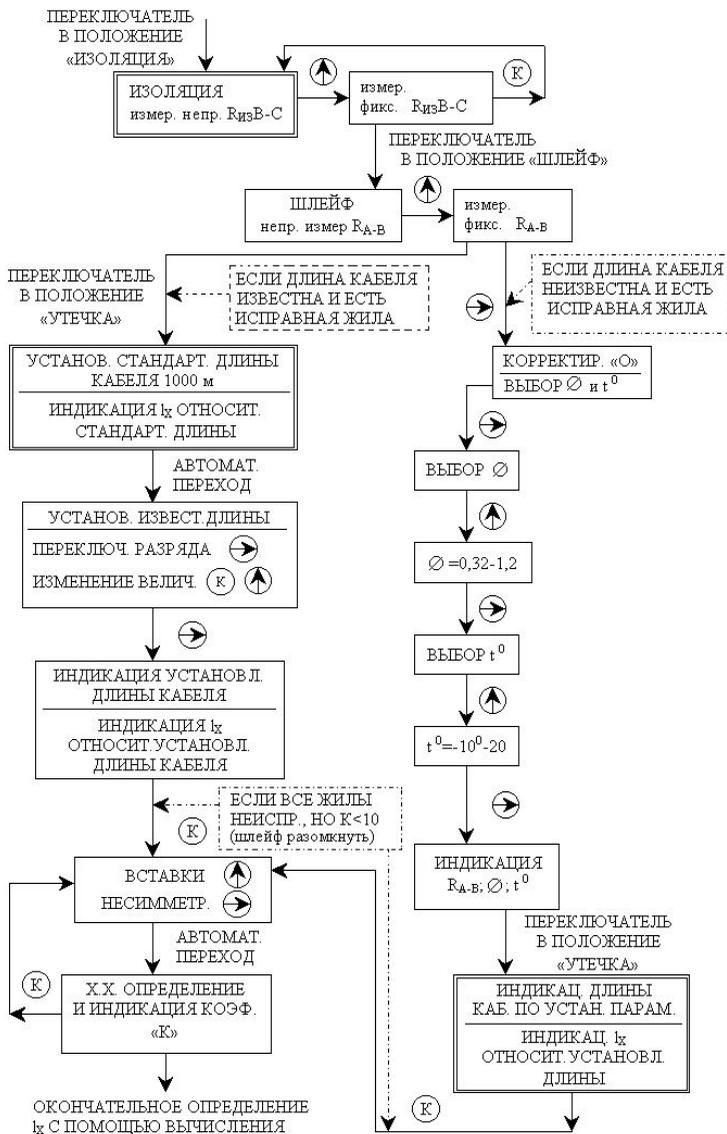


Рисунок 8. Алгоритм определения расстояния до места повреждения изоляции

Определение расстояния до места повреждения изоляции в кабеле, имеющим исправные жилы (п.3), производится прибором с указанием конечного результата (в любом из вариантов а) и б)).

Если это расстояние необходимо определить с учётом коэффициента K , то окончательный результат производится путем вычисления по формуле:

$$\Pi = (L - l_x) \cdot K$$
, где L – длина кабеля, l_x – расстояние повреждения, показанное прибором, Π – поправки

$l_{действ\ x} = l_x - \Pi$ – действительное расстояние до места повреждения.

**Нормы на электрические параметры кабельных линий
связи согласно требований ОСТ 45-85-96**

Нормы на сопротивление шлейфа для кабелей с медными жилами $l=1$ км, кабели типа:

- Т, ТПП и ТППЭп с диаметром жил 0,32 мм $R_{\text{шл}}=432 \pm 26$ Ом/км;

- Т, ТПП и ТППЭп с диаметром жил 0,4 мм $R_{\text{шл}} = 278 \pm 18$ Ом/км;

- Т, ТПП и ТППЭп с диаметром жил 0,5 мм $R_{\text{шл}} = 180 \pm 12$ Ом/км;

- Т, ТПП и ТППЭп с диаметром жил 0,7 мм $R_{\text{шл}} = 90 \pm 6$ Ом/км;

Для высокочастотных симметричных кабелей с диаметром медных жил 1,2 мм $R_{\text{шл}} \leq 31,7$ Ом/км.

Омическая асимметрия не должна превышать 0,5% от $R_{\text{шл}}$. Для высокочастотных симметричных кабелей норма омической асимметрии вычисляется по формуле:

$$R_a \leq 0,23\sqrt{l} / d^2, \text{ Ом,}$$

где l - длина линии, км, d -диаметр медных жил, мм.

Нормы на сопротивление изоляции:

- для кабелей типа ТПП $R_{\text{из}} \geq 5000$ МОм • км;

- для кабелей типа Т $R_{\text{из}} \geq 4000$ МОм • км;

-для высокочастотных симметричных и коаксиальных кабелей $R_{\text{из}} \geq 10000$ МОм • км;

Нормы рабочей емкости:

- для кабелей типа Т составляют 50 ± 5 нФ/км;
- для кабелей типа ТПП и ТППЭп составляют 45 ± 5 нФ/км;
- для высокочастотных кабелей типа МКС – $24,5 \pm 0,8$ нФ/км;
- для кабелей типа ЗКП – $36,9 \pm 1,0$ нФ/км;
- для кабелей сельской связи типа КСПП с жилами диаметром 0,9 мм – 33 ± 2 нФ/км.