

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 №7

***Измерение цепей электрических кабелей связи
импульсным методом***

*Составили: д.т.н., проф. Андреев В.А.
к.т.н., доц. Попов В.Б.
Редактор: к.т.н., проф. Попов Б.В.
Рецензент: к.т.н., доц. Корнилов И.И.*

САМАРА-2005

1. Цель работы.

Изучение импульсных методов определения характера и места повреждения цепей кабельных линий связи, а также принципа действия импульсных приборов.

2. Литература.

1. Воронцов А.С., Фролов П.А. Импульсные измерения коаксиальных кабелей связи. М.: Радио и связь, 1985, 96с.

2. Яловицкий М.П. Электрические измерения на линиях связи. М.: Радио и связь, 1984, 144с.

3. Ионов А.Д., Попов Б.В. Линии связи. М.: Радио и связь, 1990, 168с.

4. Измерения по определению характера и места повреждений при помощи прибора Рейс-105Р (приложение 1).

5. Краткое описание импульсного прибора Р5-10 (приложение 2).

3. Подготовка к работе.

1. Ознакомиться с принципами работы импульсных приборов.

2. Изучить методы измерений по определению характера и места повреждения электрических кабелей связи при помощи приборов Р5-10 и Рейс-105Р.

3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

4. Подготовить бланк отчета.

4. Контрольные вопросы.

1. На каком принципе основан импульсный метод измерения?

2. Какова сущность определения расстояния до места повреждения импульсным методом?

3. Каков физический смысл коэффициента укорочения? Как он определяется?

4. Что называется неоднородностью волнового сопротивления? Чем она определяется?

5. Каков физический смысл коэффициента отражения?

6. Что характеризуют амплитуда и знак отраженного импульса?

7. Какому значению Z_B и P соответствует «обрыв линии»?

8. Что такое разрешающая способность прибора? От чего она зависит?

9. Как изменяется разрешающая способность импульсного прибора в зависимости от длительности зондирующего импульса?

10. Как зависит дальность действия прибора от длительности зондирующего импульса?

11. Какие виды повреждений на кабельных линиях связи определяются импульсным методом?

12. От каких параметров зависит скорость распространения электромагнитной энергии в линии?

13. От чего зависит искажение формы зондирующего импульса?

14. Почему для получения высокой точности в измерении желательно иметь зондирующий импульс с крутым передним фронтом?

15. На каком принципе основано определение места разбитости пар кабельной линии связи?

16. Какому повреждению соответствует отрицательная полярность отраженного импульса? Каково соотношение Z_B и $Z_B(x)$?

17. За счет чего можно увеличить дальность действия прибора?

18. Как влияет форма зондирующего импульса на точность определения расстояния до места повреждения?

5. Порядок выполнения работы.

5.1. Измерения по определению характера и места повреждений выполняются при помощи приборов Р5-10 и Рейс-105Р. В приложении 1 приводятся функциональная схема и методика измерения по определению характера и места повреждений при помощи прибора Рейс-105Р. В приложении 2 приведено краткое техническое описание прибора Р5-10.

При выполнении работы при помощи указанных приборов необходимо ознакомиться с лабораторным макетом, определить виды повреждений на кабельных цепях заданного преподавателем рабочего места и определить расстояния до места повреждений.

В лаборатории на рабочих местах №1, №2, №3 и №4 на планты 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 плантах бокса БКТ-100х2 могут быть скоммутированы исправные линии емкостью 10х2 на всех четырех рабочих местах. На этих же линиях всех четырех рабочих местах коммутируются и вводятся повреждения на отдельных кабельных парах.

На рабочих местах №5, №6 и №7 на экранированных плантах ПЭ-6 подключены высокочастотные кабели сельской связи марки КСПП-1х4х0,9 между станциями А и Б. На рабочем месте №6 длина кабеля составляет 0,28км с возможностью увеличения длины. На рабо-

чем месте №7 подключен кабель КСПП-1х4х0,9, состоящий из трех строительных длин общей протяженностью 0,745км. На рабочем месте №5 подключен кабель КСПП-1х4х0,9, состоящих из двух строительных длин. Строительные длины кабеля КСПП-1х4х0,9 соединяются между собой на кроссе. В месте соединения строительных длин кабеля вводятся различные повреждения.

Измерения при помощи прибора P5-10.

В методической разработке достаточно подробно освещены измерения прибором P5-10, так как именно при помощи импульсных приборов типа P5-10 (P5-5, P5-13 и др.) хорошо можно изучить физическую сущность импульсных измерений по определению характера и места повреждений на линиях связи.

5.2. Подготовить прибор P5-10 к работе. Для этого необходимо:

- *заземлить прибор! Клемма заземление находится на задней панели прибора;*

- установить органы управления в исходное положение:

«УСИЛЕНИЕ» - крайнее левое;

«РАССТОЯНИЕ» - «0»;

«УСТ. ОТСЧЕТА» - крайнее левое;

«ФИЛЬТР» - «≡»;

- включить тумблер «ПИТАНИЕ», при этом должна загореться сигнальная лампочка, и через 0,5-2 мин. на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ) появится линия развертки;

- ручками «☀», «☉», «↑» отрегулировать яркость, фокусировку и положение луча на экране ЭЛТ, положение линии развертки должно быть на середине экрана ЭЛТ.

5.3. Измерить коэффициент укорочения электромагнитной волны в кабеле исправной цепи, для этого необходимо:

- установить ручку «УКОРОЧЕНИЕ» в положение «1», ручку «ДИАПАЗОНЫ» - в положение, соответствующее, длине кабельной линии, на которой проводятся измерения, ручку «ЗОНД. ИМП.» - в положение «0,3»;

- концы соединительного кабеля прибора подключить к цепи исследуемого кабеля;

- вращением ручки «УСТ. ОТСЧЕТА» совместить передний фронт зондирующего импульса с отсчетной рискушкой на шкале ЭЛТ и одновременно добиться, чтобы вся импульсная характеристика укладывалась на экране прибора; для получения более четкой импульсной характеристики произведите регулировку ручками «ВЫХ. СОПР.» и «УСИЛЕНИЕ»;

- размыкая и замыкая на противоположном конце цепь кабеля, отыщите на импульсной характеристике всплеск, соответствующий отражению от конца цепи;

- установить ручку «РАССТОЯНИЕ» в положение, соответствующее длине кабеля;

- совместить вращением ручки «УКОРОЧЕНИЕ» передний фронт импульса, отраженного от конца кабеля, с рискушкой на экране ЭЛТ, с которой производилось совмещение зондирующего импульса;

- произвести отсчет коэффициента укорочения электромагнитной волны в кабеле по шкале «УКОРОЧЕНИЕ».

5.4. Определить расстояние до места повреждений, для этого необходимо:

- изучить импульсные характеристики цепей с наиболее типичными повреждениями, приведенными на рисунке 1;

- подключить концы соединительного кабеля к гнездам линии и отыскать на импульсной характеристике всплеск, соответствующий отраженному импульсу от места повреждения (неоднородности);

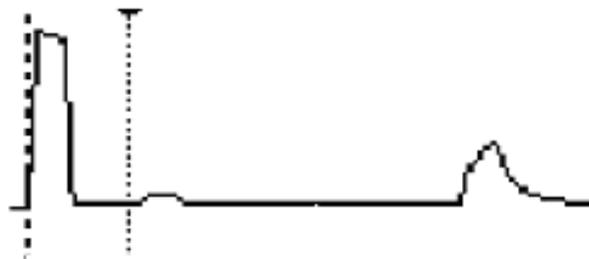
- установить ручку «ЗОНД. ИМП.» в положение «0,3»; следует учитывать, что чем меньше расстояние до места повреждения, тем меньше может быть выбрана длительность зондирующего импульса, и тем точнее будет определено расстояние до места повреждения, для получения более четкой импульсной характеристики можно ручкой «УСИЛЕНИЕ» произвести увеличение или уменьшение величины изображения;

- совместить ручкой «УСТ. ОТСЧЕТА» передний фронт зондирующего импульса с риску на отсчетной шкале ЭЛТ;

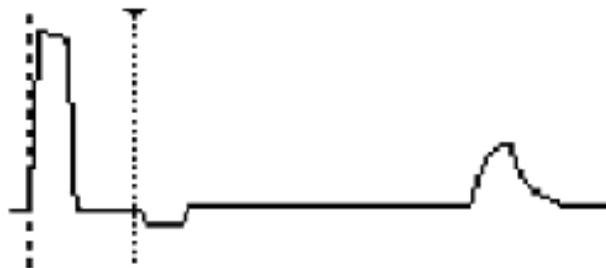
- вращением ручки «РАССТОЯНИЕ» совместить передний фронт отраженного от места повреждения импульса с риску на отсчетной шкале ЭЛТ;

- произвести отсчет расстояния до места повреждения по шкале «РАССТОЯНИЕ» с учетом положения ручки «ДИАПАЗОНЫ М», результаты занести в таблицу 1.

Для повышения точности измерения следует проводить измерения с обоих концов кабеля, со станции А и Б. Поочередно подключаясь к цепям «жила а - земля» и «жила б - земля», следует зарисовать в таблице 1 импульсную характеристику (рефлектограмму) определенного повреждения.



Увеличение продольного сопротивления
(асимметрия из-за плохого контакта в
месте соединения жил)



Утечка, понижение сопротивления
изоляции (земля)

Рисунок 1 – Виды рефлектограмм для типовых повреждений

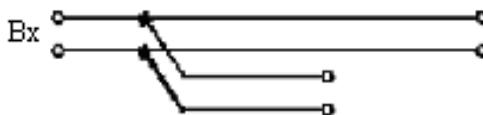
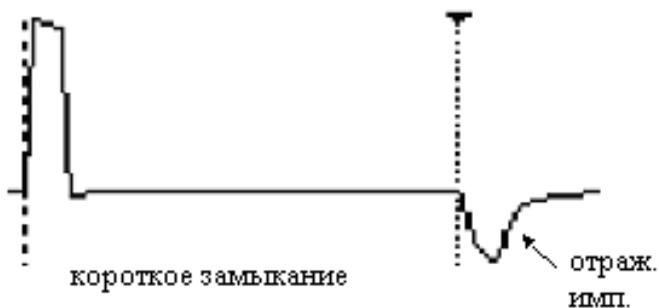
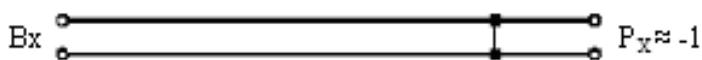


Рисунок 1 (продолжение) – Виды рефлектограмм для типовых повреждений

Аналогично описанному выше по виду рефлектограмм определяется характер и место расположения других повреждений на заданной измеряемой кабельной линии.

По результатам измерений с обоих концов кабельной линии следует определить место нахождения конкретных повреждений. Для этого результаты измерения с конца А и Б усредняются, и определяется возможная погрешность в определении расстояния до места повреждения.

Пример. Расстояние до места повреждения кабельных линий связи, измеренное импульсным методом (с помощью рефлектометра) со стороны А составило $L_X^A = 370$ м, а измеренное со стороны Б – $L_X^B = 825$ м. Известно, что общая длина кабеля составляет $L_{Л} = 1200$ м. При этом, на рефлектометре был установлен диапазон измерения расстояний $L_K = 3000$ м.

В соответствии с метрологическими характеристиками используемого рефлектометра погрешность измерения расстояния составляет $\delta = 1,0\%$ от установленного диапазона измерения расстояний L_K .

Определим расстояние до места повреждения со стороны А по результатам двухсторонних измерений:

$$L_A = \frac{1}{2} [L_X^A + (L_{Л} - L_X^B)] = \frac{1}{2} [370 + (1200 - 825)] = 372,5 \text{ м}$$

где L_A – наиболее вероятное место нахождения повреждения кабеля со стороны А;

L_X^A и L_X^B - измеренные расстояния до места повреждения со стороны А и Б; $L_{Л}$ – длина кабеля.

При измерении расстояний L_X^A и L_X^B были допущены погрешности измерений: $\Delta_P = (L_K \cdot \delta) \frac{1}{100} = (3000 \cdot 1,0) \frac{1}{100} = 30$ м

Результирующая погрешность измерения расстояния до места повреждения со стороны А - Δ_A , определяется из соотношения:

$$\Delta_A = L_A - (L_A + \Delta_A) = \frac{1}{2} [(L_X^A + \Delta_P) + (L_{JI} - L_X^B + \Delta_P)] - \frac{1}{2} [L_X^A + (L_{JI} - L_X^B)] = \frac{1}{2} [\Delta_P + \Delta_P] = 30 \text{ м}$$

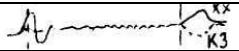
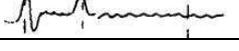
Следовательно, повреждение кабеля необходимо отыскивать с конца А на расстоянии $L_A = (372,5 \pm 30)$ м.

5.5. Измерить время задержки электромагнитной волны в кабеле и проверить симметрию цепи по временной задержке.

Измерение временной задержки кабелей производится аналогично измерению расстояния до места повреждения при установке ручки «УКОРОЧЕНИЕ» в положение «1,5». При этом отсчет производится в микросекундах путем умножения на 10 показаний шкалы «РАССТОЯНИЕ» в км.

Для проверки симметрии цепи по временной задержке следует измерить и сравнить время задержки цепей «Жила 1 – земля» и «Жила 2 – земля». Если время задержки этих цепей имеет разное значение, то цепь «Жила 1 – Жила 2» не является симметричной.

Таблица 1

Измеряемые цепи	Вид рефлектограмм цепей со стороны станции А	Расстояние до места повреждения от станции А, м	Расстояние до места повреждения от станции Б, м	Вид повреждения	Ожидаемое расстояние до места повреждения от станции А, м
Жила 1–Жила 2					
Жила 1–земля					
Жила 2–земля					
Жила 1–Жила 2		370	825	Обрыв жилы 2	372,5±30
Жила 1–земля					
Жила 2–земля					
Жила 1–Жила 2					
Жила 1–земля					
Жила 2–земля					
Жила 1–Жила 2					
Жила 1–земля					
Жила 2–земля					

Измерения при помощи прибора Рейс-105Р

Для определения характера и расстояния до места повреждений при помощи рефлектометра Рейс-105Р следует воспользоваться рекомендациями и функциональной схемой прибора, изложенным в приложении 1.

6. Краткие сведения из теории импульсных измерений.

6.1. Принцип импульсного метода измерения.

Импульсный метод измерения кабельных линий связи основывается на явлении частичного отражения электромагнитных волн в местах изменения волнового сопротивления цепи. Эти изменения возникают в результате неизбежного отклонения конструктивных размеров отдельных элементов симметричных и коаксиальных кабелей в процессе их производства, а также вследствие механических и электрических повреждений цепей при строительстве и эксплуатации линий связи.

Сущность импульсного метода измерения расстояния до места неоднородности или повреждения линии заключается в измерении интервала времени между моментом посылки зондирующего импульса в линию и моментом возвращения отраженного от неоднородности импульса к месту измерения. Зная интервал времени t_x и скорость распространения электромагнитной волны (энергии) V в данной линии, можно вычислить расстояние L_x от места измерения до неоднородности по формуле:

$$L_x = t_x \cdot V / 2, \text{ км} \quad (1)$$

Скорость распространения электромагнитной энергии по линиям определяется ее первичными параметрами и для высоких частот

($f > 200$ кГц) практически не зависит от частоты и находится из следующего соотношения:

$$V = 1/\sqrt{LC}, \text{ км/с} \quad (2)$$

где L – индуктивность цепи, Гн/км;

C – емкость цепи, Ф/км.

На практике для оценки скорости распространения электромагнитной энергии в линии часто используется понятие коэффициента укорочения длины волны.

Коэффициентом укорочения длины волны характеризуют уменьшение скорости распространения электромагнитной энергии в линии по сравнению со скоростью распространения энергии в свободном пространстве (воздухе).

$$h = 300000/V = 300000\sqrt{LC} \quad (3)$$

Часто наряду с вышеназванными параметрами при импульсных измерениях пользуются понятием времени задержки, определяемым как время прохождения фронта волны по отрезку линии длиной в один километр.

$$t_3 = \sqrt{LC}, \text{ с/км} \quad (4)$$

По времени задержки, измерив t_3 цепей «Жила 1 – земля» и «Жила 2 – земля», можно проверить симметрию цепи «Жила 1 – Жила 2».

Явление отражения электромагнитной энергии имеет место во всех участках линии, в которых значение местного волнового сопротивления отличается от ее номинального волнового сопротивления.

Отклонение величины волнового сопротивления от своего номинального значения называется неоднородностью волнового сопротивления или просто неоднородностью.

Неоднородности в кабеле приводят к появлению двух дополнительных потоков энергии в цепи: встречного потока энергии, состоящего из суммы элементарных отраженных волн в местах неоднородности и движущихся к началу цепи, и попутного потока энергии, возникающего из-за двойных отражений и движущегося к концу цепи вместе с основным потоком энергией, передаваемой по кабелю (рис.2).

Встречный поток приводит к изменению входного сопротивления цепи, что затрудняет ее согласование с аппаратурой и приводит к колебаниям частотной характеристики остаточного затухания.

Попутный поток, распространяясь вместе с основным, накладывается на него, что приводит к дополнительным искажениям передаваемого сигнала. Особенно страдает от попутного потока качество телевизионной передачи. Накладываясь на передаваемый телевизионный сигнал и несколько запаздывая по времени, попутный поток приводит к двоению или просто к размазыванию изображения на экране телевизора. Поэтому для нормальной передачи телевизионных сигналов и для обеспечения высококачественной телефонной передачи величина допустимых неоднородностей строго нормируется. Так, в коаксиальном кабеле неоднородность волнового сопротивления не должна превышать $\pm 0,45$ Ом.

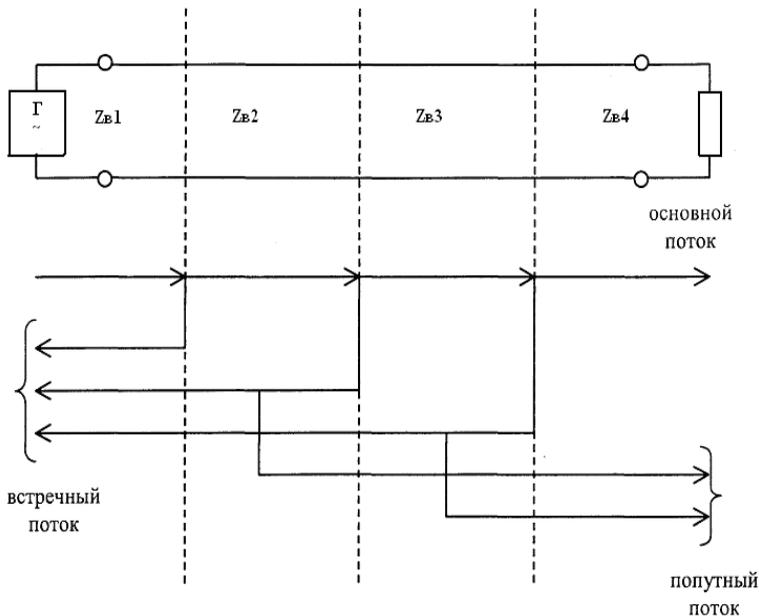


Рисунок 2 – Принцип возникновения встречного и попутного потоков в неоднородной цепи

Величину неоднородности оценивают либо с помощью коэффициента отражения $P(x)$, который выражается в процентах, либо непосредственно в Омах. Коэффициент отражения в процентах определяется по формуле:

$$P(x) = \frac{Z_B(x) - Z_B}{Z_B(x) + Z_B} \cdot 100\%;$$

где Z_B — номинальное волновое сопротивление, определяемое для однородной цепи, Ом;

$Z_B(x)$ — местное волновое сопротивление, Ом.

Величина неоднородности в омах определяется из выражения:

$$\Delta Z(x) = Z_B(x) - Z_B, \text{ Ом}$$

На практике встречаются три характерных случая.

1. $Z_B(x) = Z_B, P(x) = 0$ – это означает, что линия однородная и отражений не происходит (рис. 3а).

2. $Z_B(x) > Z_B, P(x) > 0$ – в этом случае появляется отраженный импульс, имеющий тот же знак, что и зондирующий (рис. 3б).

3. $Z_B(x) < Z_B, P(x) < 0$ – отраженный импульс имеет знак, противоположный знаку зондирующего импульса (рис. 3в).

Каждому предельному значению $Z_B(x)$ соответствует повреждение: $Z_B(x) = \infty, P(x) = 1$ – обрывы линии; $Z_B(x) = 0, P(x) = -1$ – короткое замыкание.

Импульсная характеристика реальной линии из-за наличия различного рода неоднородностей технологического характера имеет извилистую форму с множеством мелких импульсов различной полярности. При наличии повреждений в линии на эти мелкие импульсы накладываются импульсы с большей амплитудой.

Величина и знак отраженного импульса характеризуют характер неоднородности (повреждения) и величину самой неоднородности, амплитуда отраженного импульса зависит от величины неоднородности (чем больше неоднородность, тем больше амплитуда отраженного импульса) расстояния до места неоднородности и затухания исследуемой линии (чем это расстояние и затухание линии больше, тем сильнее ослабевает зондирующий импульс, и тем меньше амплитуда отраженного импульса), длительности и амплитуды зондирующего импульса (чем больше амплитуда и длительность зондирующего импульса, тем больше его энергия, и тем больше будет амплитуда отраженного импульса). Зависимость амплитуды отраженного импульса от величины неоднородности используется для определения неоднородности цепи. Для этой цели имеются специальные градуировочные кривые состав-

ленные для определенных марок кабелей и длительностей зондирующих импульсов, при наложении которых на импульсные характеристики легко определить величину неоднородности цепи в любой ее точке. Определенные по градуировочным кривым и импульсным характеристикам величины неоднородностей сравнивается с установленными нормами.

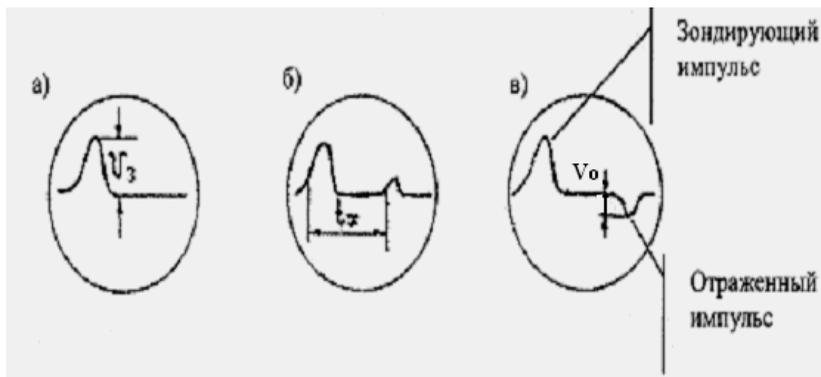


Рисунок 3 – Вид осциллограмм импульсных характеристик идеальной линии для различных неоднородностей

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью выпускается большая номенклатура импульсных приборов разного назначения. Одни предназначены для определения характера и места повреждения на длинных линиях, другие для определения величины неоднородностей в различных линиях и т.д. В зависимости от назначения импульсных приборов к ним предъявляются и различные требования, например: к точности определения расстояния до места повреждения, дальности действия, возможности измерения малых величин неоднородностей, возможности определения двух неоднородностей, отстоящих друг от друга на небольшом расстоянии. Для опреде-

ления неоднородностей в коаксиальных кабелях, к импульсным приборам прилагаются градуированные кривые, по которым можно определить величину неоднородности в отдельных точках участков кабельной линии связи.

Перечисленные характеристики импульсных приборов определенным образом зависят от формы зондирующего импульса, его длительности, амплитуды, частоты повторения, а также чувствительности прибора и скорости развертки.

Выбор формы и длительности зондирующего импульса зависит от многих факторов, важнейшим из которых являются: характер измеряемого объекта, требуемая точность измерений и простота реализации генераторных устройств.

Измерения импульсным методом могут проводиться на ВЛС, на симметричных и коаксиальных кабелях. Эти линии на одних и тех же частотах обладают различным затуханием, что приводит и к различным искажениям формы зондирующего импульса. Наибольшие искажения будут наблюдаться при прохождении импульса по ВЛС, а наименьшие – по коаксиальному кабелю.

Степень искажения импульсов зависит также и от длины линии. Чем длиннее линия, тем сильнее искажаются импульсы в ней.

Степень искажения формы импульсов зависит не только от затухания и длины линии, но и от ширины спектра частот передаваемого импульса. Чем уже спектр импульса, тем меньше он затухает и претерпевает искажения, и наоборот. Ширина же спектра частот, в свою очередь, зависит от формы импульса и его длительности. Ширина спектра импульса Δf_{II} находится в обратно пропорциональной зависимости от длительности импульса t_{II} , и определяется по формуле:

$$\Delta f_H = 1/t_H, \text{ Гц} \quad (7)$$

Отсюда видно, что чем больше длительность импульса, тем уже спектр частот, занимаемый данным импульсом и наоборот.

Как известно, импульсы различной формы также имеют разную эффективную длину спектра. Наиболее сосредоточенный спектр имеет косинусоидальный импульс, за ним в порядке возрастания ширины спектра частот идет треугольный, трапецидальный и прямоугольный.

Анализируя степень искажений импульса в зависимости от его длительности и формы, затухания и длины исследуемой цепи, можно сделать вывод, что чем длиннее исследуемая линия, и чем больше ее затухание, тем большей длительности должен быть и зондирующий импульс с формой, близкой к косинусоидальной. И наоборот, чем короче исследуемая линия и меньше ее затухание, тем короче может быть взят зондирующий импульс.

При выборе формы зондирующего импульса необходимо также учитывать и влияние ее на точность определения расстояния до места повреждения. Измерения расстояния до мест повреждения ведутся путем отсчета на экране индикатора расстояния между зондирующим и отраженным импульсом. Последнее наиболее удобно отсчитывать по передним фронтам обоих импульсов (рисунок 3). Поэтому для получения высокой точности в измерении желательно иметь зондирующий импульс с крутым передним фронтом. Учитывая данное обстоятельство, в импульсных приборах обычно используются трапецидальные импульсы с достаточно крутыми фронтами.

При выборе длительности зондирующего импульса необходимо учитывать, что длительность импульса определяет и разрешающую

способность импульсного прибора. Разрешающая способность импульсного прибора – это то наименьшее расстояние между двумя неоднородностями, на котором они еще различимы и могут быть зафиксированы как самостоятельные.

Разрешающая способность Δl определяется длительностью зондирующего импульса и скоростью распространения электромагнитной энергии в линии и приближенно может быть определена следующим выражением:

$$\Delta l = t_u \cdot V / 2, \text{ км} \quad (8)$$

Отсюда видно, что выше разрешающая способность прибора, тем меньше должна быть длительность зондирующего импульса, и, следовательно, меньше будет длительность его действия, и наоборот. Поэтому выбор длительности зондирующего импульса является компромиссом между разрешающей способностью прибора и дальностью действия и в каждом конкретном случае определяется в зависимости от его целевого назначения.

Дальность действия можно повысить, увеличив амплитуду зондирующего импульса, но и здесь имеются известные ограничения.

Во-первых, амплитуда импульса не должна превышать допустимого значения напряжения в кабеле, во-вторых, увеличение амплитуды не должно происходить за счет чрезмерного усложнения генераторных устройств и массы прибора. Увеличение дальности прибора можно достичь также за счет увеличения усиления выходного усилителя прибора. Но чувствительность прибора ограничивается шумами усилительных элементов и шумами измеряемого объекта.

Выбор частоты повторения зондирующего импульса обуславливается следующими соображениями:

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

$$T_{нов} > 2L / V, \text{ с} \quad (9)$$

где L – длина исследуемой линии, км;

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

2) частота повторения импульсов должна быть достаточно высокой для того, чтобы избежать амплитудных и фазовых искажений на линии и в приборе в области низких частот;

3) при применении коротких импульсов для избежания мелькания изображения на индикаторе частота следования импульсов должна быть не менее 25 Гц.

6.2. Принцип работы импульсных приборов.

На рисунке 4 представлена упрощенная структурная схема импульсного прибора. Задающий генератор одновременно запускает схемы задержки развертки и задержки генератора зондирующих импульсов.

Выходной импульс схемы задержки развертки подается на запуск схемы развертки, создающей линейно-изменяющееся во времени напряжение, необходимое для создания временной развертки на экране электронно-лучевой трубки (ЭЛТ).

Выходной импульс схемы задержки генератора зондирующих импульсов подается на запуск генератора зондирующих импульсов, который формирует и посылает видеоимпульс в исследуемые линии. Посылка этого импульса осуществляется через развязывавшее устройство, которое устраняет воздействие сравнительно мощного импульса

на входной усилитель. Отраженные от неоднородностей линии, импульсы, пройдя через развязывавшее устройство, попадают на входной усилитель, усиливаются им и подаются на вертикальные пластины отклонения ЭЛТ.

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

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

дать на экране ЭЛТ определенный участок линии в увеличенном масштабе.

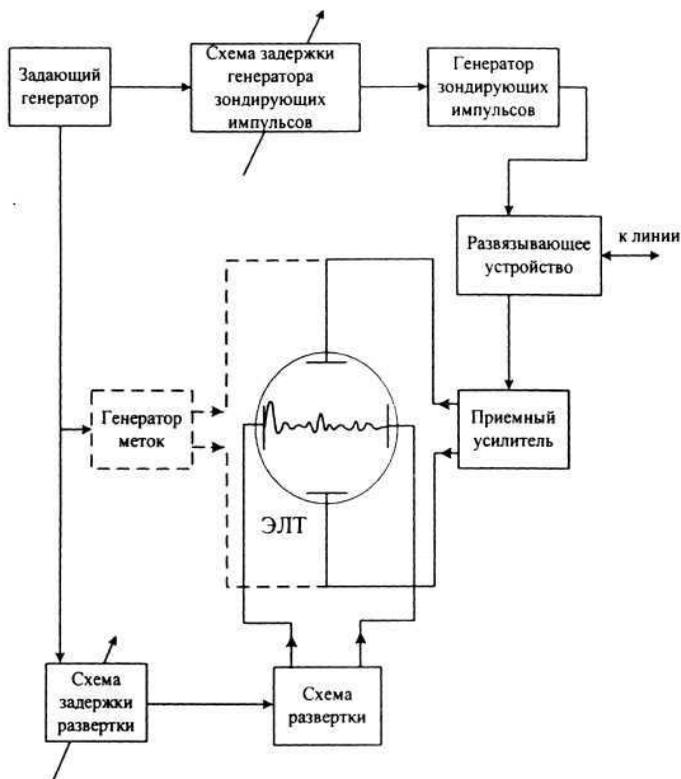


Рисунок 4 – Упрощенная структурная схема импульсного прибора

Для отсчета на экране ЭЛТ времени t_x между зондирующим и отраженным импульсами в некоторых импульсных приборах используются генераторы меток. Создаваемые генератором меток калиброванные метки высвечиваются на экране в виде узких импульсов через равное расстояние, по которому и ведется отсчет времени. По отсчи-

танному времени t_x с помощью формулы (1) ведется расчет расстояния до неоднородностей. Такой способ отсчета расстояния до места неоднородности или повреждения очень неудобен и требует дополнительных затрат времени на проведение расчетов.

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

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

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

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

В заключение отметим основные достоинства импульсных измерений. К ним относятся: быстрота измерений; возможность определения одновременно нескольких повреждений, имеющих на линии;

возможность определения мест повреждения, не постоянных во времени. Существенным недостатком импульсного метода измерений является его слабая чувствительность к незначительному понижению сопротивления изоляции.

Измерения по определению характера и места повреждений при помощи прибора Рейс-105Р

1. Назначение прибора.

Импульсный прибор предназначен для обнаружения участков в кабельных и воздушных линиях связи, на которых величины электрических и конструктивных параметров имеют отклонения от номинальных значений, а также для определения расстояний до этих участков. Результаты измерений отображаются на экране в виде рефлектограммы (РГ) и в буквенно-цифровых обозначениях. Прибор может использоваться при строительстве, эксплуатации и ремонте линий связи.

2. Технические характеристики прибора.

Диапазон измеряемых расстояний	12,5...25600 м
Предел погрешности: (в диапазоне 25-100м)	0,8%
(в диапазоне 200-25600м)	0,2%
Выходное сопротивление	30...470 Ом
Коэффициент укорочения (шаг изменения 0,001)	1...7
Усиление	до 60 дБ
Длительность зондирующего импульса (ЗИ)	7...10000 нс
Растяжка	2...131072
Усреднение	до 255
Память (возможность записи и хранения)	до 200 РГ
Питание: от встроенных аккумуляторов	4,2...6 В
от сети ~220 В, через выпрямительно-зарядное устройство.	

3. Режимы измерения.

1. Нормальный (непрерывное измерение и отображение текущей рефлектограммы (РГ)).
2. Сравнение (наложение двух РГ в следующих вариантах: линия-линия, линия-память, память-память).
3. Разность (вычисление двух РГ в тех же вариантах).
4. Разделение (отображение РГ с вх. 2 при действии зондирующего импульса на вх. 1).

4. Общие положения по работе с прибором Рейс-105Р.

Принцип работы прибора Рейс-105Р, так же, как и других импульсных приборов, основан на использовании явления отражения электромагнитной волны, создаваемой электрическим импульсом на входе линии связи, от неоднородностей, т.е. резких изменений волнового сопротивления измеряемой линии на отдельных участках.

Повреждения на линиях связи могут быть простые и сложные. Простые – когда амплитуда помех значительно меньше амплитуды отраженного импульса. Сложные – когда амплитуда помех соизмерима с амплитудой отраженного импульса.

Помехи разделяют на асинхронные и синхронные:

- а) асинхронные помехи наводятся внешними источниками;
- б) синхронные помехи возникают из-за несогласованности прибора с линией.

Асинхронные помехи одинаковы при измерениях с любого конца кабеля. Синхронные помехи неодинаковы, т.к. они создаются неоднородностями в кабеле, поэтому будут различны при измерениях с разных концов.

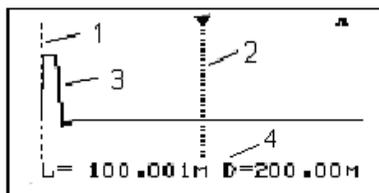
Следует отметить, что чем дальше место повреждения, тем слабее отраженный импульс и уровень помехи может оказаться соизмеримым с ним, что осложняет определить места повреждений.

5. Особенности работы с прибором Рейс-105Р.

5.1. Включить прибор, т.е. кратко нажать кнопку **F** три раза, оставив ее нажатой до момента, когда засветится экран. Прибор автоматически включается в режим калибровки, а на дисплее сначала индицируется название фирмы, ее эмблема, марка и расшифровка назначения прибора, затем по окончании калибровки появляется рефлектограмма «пользовательская», т.е. рабочий режим «Измерение». Мигающий знак «1» слева вверху на экране указывает на исправность прибора.

5.2. Последующее нажатие кнопки **F** выдает на экран основное меню с перечнем 16-ти функций, любую из которых можно выбрать подведя к ее названию курсор кнопками **↑** или **↓**, следующее нажатие кнопки **F** включает выбранную функцию.

5.3. При работе с прибором (впервые) удобно воспользоваться функцией «Нач. установка», а в ней выбрать вариант «заводская», т.к. на экране появляется рефлектограмма, удобная для изучения прибора и знакомства с его особенностями.



заводская установка

На рефлектограмме отображены:

1 – нулевой курсор, определяющий начало отсчета, расположенный в начале фронта зондирующего импульса;

2 – измерительный курсор, который можно перемещать по рефлектограмме (РГ) кнопками   ;

3- L – длина, т.е. расстояние между нулевым и измерительным курсорами (будет изменяться соответственно изменению измерительного курсора);

4- D – диапазон измерения, т.е. max длина линии связи, РГ которой умещается на экране (вместо параметра D можно установить индикацию параметров: укорочения, растяжка, усиление, для чего в функции «Нач. установка» нужно выбрать вариант «Изменение», затем «правый парам.», а далее указать какой из предлагаемых в перечне).

Для более детального изучения прибора можно воспользоваться функциональной схемой, в которой указаны все выполняемые прибором функции, их взаимосвязь, а также варианты операций внутри функций (все указанные в схеме названия функций и операций индицируются на экране).

Укорочение – позволяет установить величину укорочения по любому из пяти вариантов:

а) измерение – устанавливается автоматически после установки точно известной длины линии (если только она известна);

б) ручная установка – устанавливается оператором в пределах от 1 до 7 (кнопками  );

в) выбор из таблицы – выбирается из предлагаемой прибором таблицы (установ. курсор на выбр. коэффициент);

г) запись в таблицу – производит запись выбранного коэффициента в таблицу (если эта величина в таблице отсутствует);

д) удаление из таблицы – производит удаление коэффициента, который будет указан курсором.

Диапазон длины – позволяет выбрать любое фиксированное значение длины от 12,5 м до 25600 м (каждая последующая длина увеличивается в два раза, т.е. 12,5 м; 25 м; 50 м и т.д.). Выбранный диапазон может быть отражен в рефлектограмме по вашему желанию (длина рефлектограммы соответствует выбранному диапазону).

Зонд – позволяет выбрать любое фиксированное значение длительности зондирующего импульса от 15 нс до 500 нс, с шагом ≈ 16 нс (одновременное нажатие   производит возврат к первоначальной длительности импульса).

Если данная функция не используется, то прибор устанавливает длительность ЗИ автоматически пропорционально диапазону в определенном процентном отношении, установленном программой. Эта операция осуществляется в режиме «Настройки».

Растяжка – позволяет изменять масштаб рефлектограммы относительно измерительного курсора. Коэффициенты растяжки имеют фиксированные значения, а пределы их изменения соответствуют диапазону.

Курсоры – позволяет назначать активным нулевой или измерительный курсор, что дает возможность перемещать его с помощью кнопок  . В рабочем режиме активным является измерительный курсор.

Усиление – позволяет увеличивать амплитуду зондирующего импульса от 0 до 60 дБ с шагом в 6 дБ.

Смещение – дает возможность перемещать рефлектограмму по вертикали.

Начальная установка – выдает рефлектограмму со всеми необходимыми для измерения параметрами (диапазон, укорочение, растяжка, усиление, зонд, смещение, усреднение).

Калибровка – выбор этой функции запускает режим калибровки, все этапы которой выполняются автоматически по заданной в приборе программе (при необходимости калибровка может быть проведена оператором по соответствующей инструкции).

Параметры – при задании этой функции на экране выдается таблица со всеми необходимыми для производства измерения установленными вами или взятыми из таблиц параметрами.

Информация – в этой функции предоставляются сведения о разработке, изготовителе, представителе и сервис-центре.

Компьютер – выбор этой функции позволяет передать все данные измерений из памяти прибора в компьютер, что еще более расширяет возможности обработки результатов измерений.

Память – данная функция позволяет записать в память прибора до 200 рефлектограмм (без использованного режима растяжки) с установленными и измеренными параметрами.

При входе в функцию «Память» на экране индицируется количество % свободной памяти и варианты работы с ней.

Режим – эта функция дает возможность оператору управлять работой прибора при измерении и анализировать результаты измерений.

В плане управления оператор может задать одну из следующих команд:

- 1) Вход 1 – прибор производит измерение со входа 1;
- 2) Вход 2 – аналогично предыдущей команде, но со входа 2;

3) Автопоиск – по этой команде прибор находит конец линии и указывает ее длину.

Работа выполняется в автоматическом режиме для любого состояния кабеля, т.е. короткое замыкание, обрыв, конец линии (в заданном диапазоне рефлектограмма должна полностью вписаться).

Этот режим очень удобен для более точного задания диапазона измерения кабеля и для определения длины кабеля, намотанного на барабан. Измеряемый кабель может быть самым разнообразным, но обязательно иметь два проводника (включая оплетку или экран).

Внимание! Перед проведением измерений линию необходимо проверить на статику, для чего несколько раз закоротить измеряемые концы.

Перед выполнением команды автопоиск необходимо указать коэффициент укорочения данного кабеля и выполнить согласование, которое достигается изменением «Вых. сопротивление» (ручка регулировки находится между разъемами Vx 1 и Vx 2).

Соединительный кабель должен быть очень коротким. При правильном согласовании на рефлектограмме должен быть только один импульс, отраженный от конца кабеля. После этого можно задать команду «автопоиск».

4) Компенсация затухания – эта команда используется, когда величина затухания затрудняет нахождение отраженных импульсов, указывающих на известные типы неоднородностей. Перед применением этой команды нулевой курсор нужно установить на вершине ЗИ, ближе к срезу (спаду), а измерительный – на тах отраженного импульса. Если курсоры будут установлены правильно, то при запуске «Компенс. затух.» в правом верху экрана появится знак «L».

5, 6) Разность, сравнение – эти две команды помогают оператору выполнить аналитическую работу, сравнивая рефлектограммы по любому из трех предлагаемых вариантов: память – память; вход – память; Вх 1- Вх 2. Выполнение этих команд дает возможность: выделять повреждение на фоне помех различного происхождения; подавлять синхронные помехи (переотражений от входа прибора, отраженный от муфт, вставок, ответвлений), при которых амплитуда отраженных от мест повреждений импульсов меньше уровня помех; находить повреждения, имея в памяти рефлектограмму той же линии, но до её повреждения.

При запуске любой из этих команд на экране выводятся выбранные рефлектограммы, с которыми можно выполнять следующие операции: смещать курсоры; устанавливать растяжку (не более той, которая хранится в памяти); осуществлять смещение по вертикали и по горизонтали; оставить настройку параметров из памяти при выходе в нормальный режим измерения.

6. Методика работы с прибором при выполнении измерений

При отсутствии навыков можно использовать функциональную схему прибора Рейс-105Р, в которой указаны все функции прибора, операции и их взаимосвязь, которая приведена на рисунке 1.

1. Включить прибор. Обратить внимание на сигнал исправности, т.е. наличие мигающей цифры в левом верхнем углу экрана. Цифра указывает номер входа находящегося в активном состоянии. При подключении кабеля к этому входу на экране будет РГ в одном из двух вариантов:

а) «Пользовательский» - РГ подключенного кабеля с параметрами, установленными в предыдущем измерении (если этот вариант был ранее задан);

б) «Рабочий» - РГ подключенного кабеля с параметрами на английском языке.

2. Проверить точность измерения прибора, для чего следует перейти в меню, в функцию калибровка и запустить ее.

3. Перед измерением кабеля (если в предыдущем измерении его не использовали) для получения реальной РГ, следует привести основные параметры (диапазон, укорочение, растяжка, усиление, зонд, смещение, усреднение) к оптимальным величинам. Наиболее удобным в этом плане, будет заводская установка, в которой существенно может отличаться от реальных условий только диапазон. Для включения ее следует перейти в меню, в функцию режим, выбрать команду заводская установка и запустить ее. Параметры заводской установки можно посмотреть, если перейти в меню, в функцию параметры.

4. Подготовить измеряемый кабель к выполнению измерений, т.е. снять с него статический заряд (следует сделать это, если вы даже считаете, что в кабеле его не должно быть, это нужно для предохранения прибора от повреждения). Надо несколько раз закоротить концы кабеля, которые будут подключать к прибору.

5. Привести в активное состояние вход 1 или вход 2, к которому будет подключен измеряемый кабель. Для этого следует перейти в меню, в функцию режим, выбрать нужный номер входа и установить его.

6. Подключить измеряемый кабель к активному входу (следует стремиться к тому, чтобы соединительный кабель был как можно

короче для исключения: влияния переотражения, наведения дополнительных помех, необходимости учета длины этого кабеля).

7. Установить диапазоны измерения, т.е. выбрать его таким чтобы РГ измеряемого кабеля уместилась на экране прибора. Для этого следует перейти в меню, в функцию диапазон и установить желаемую величину. Правильность выбора диапазона можно проверить, если на дальнем конце кабеля задать режим ХХ и КЗ на экране, в этом случае будет изменяться характер отраженного импульса.

8. Выполнить условия согласования волнового сопротивления измеряемого кабеля с выходным сопротивлением прибора. Оно осуществляется с помощью ручной регулировки ручкой потенциометра – «вых. сопротивление». При достижении этого условия, количество отраженных импульсов будет минимальным.

9. Для получения более точных измерений необходимо установить коэффициент укорочения данного кабеля, т.е. перейти в меню, в функцию укорочение, установить необходимую величину соответственно марке кабеля.

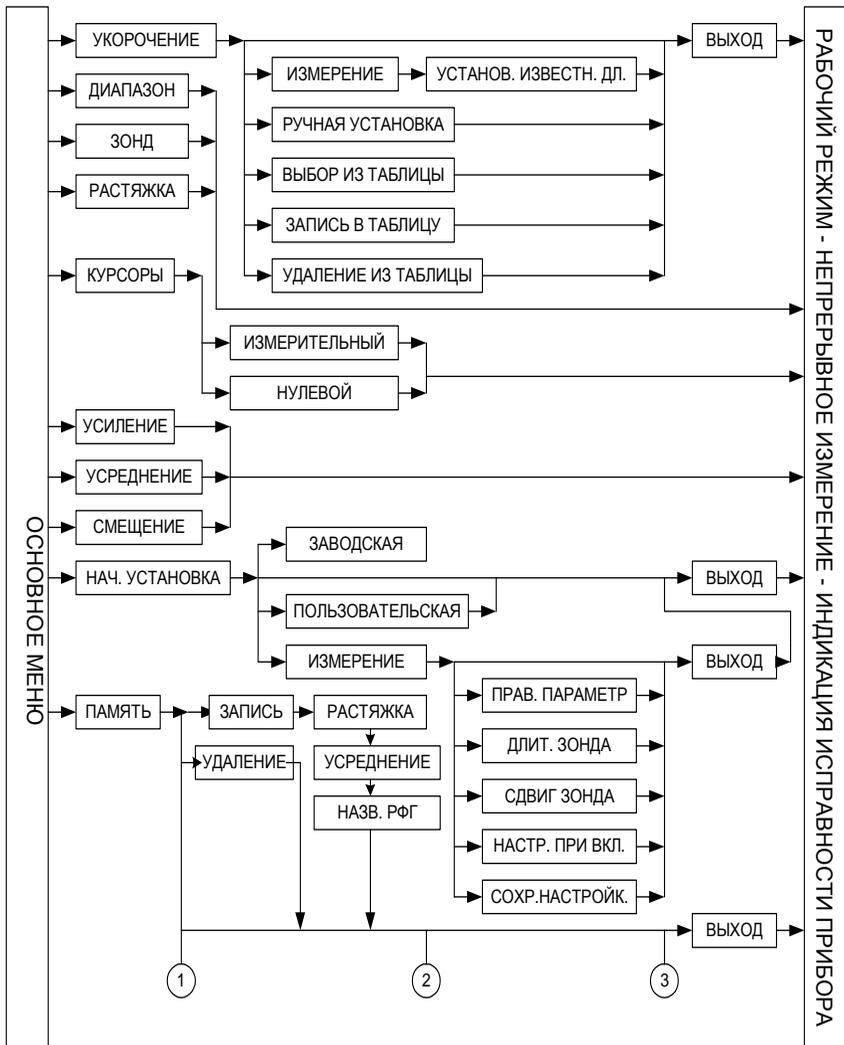
10. Проанализировать полученную РГ, используя рефлектограммы типовых повреждений, т.е. определить характер имеющихся отраженных импульсов и выявить наличие импульсов, указывающих на определенную неисправность.

11. Определить расстояние до места неисправности кабеля, для этого следует подвести измерительный на экране и приборе курсор к началу фронта импульса, указывающего на неисправность; внизу, справа можно прочесть расстояние до этого места.

12. Если величины помех затрудняют выявление импульсов, характеризующих повреждение, то можно использовать функции: уси-

ление, усреднение, расширение. Можно также использовать удвоение амплитуды зондирующего импульса с помощью специальной кнопки.

13. Полученную при измерении РГ можно записать в память прибора. Для этого следует войти в меню, выбрать функцию «Память», а затем запустить команду «Запись». На экране индицируется буквенно-цифровое поле и строка, в которую можно записать данные о измеряемом кабеле, используя до 14 буквенных и цифровых знаков (например, РГ №2 КАБ ТПП). Подведя курсор в буквенно-цифровом поле к нужной букве активируем ее, т.е. переводим в строку, затем снова включаем это поле и выбираем следующий знак и т.д. до полной записи нужной информации. Задав команду сохранить данную РГ и информация о ней будет постоянно храниться в памяти. Выбор ее из памяти осуществляется с помощью меню, функции память, режима чтение.



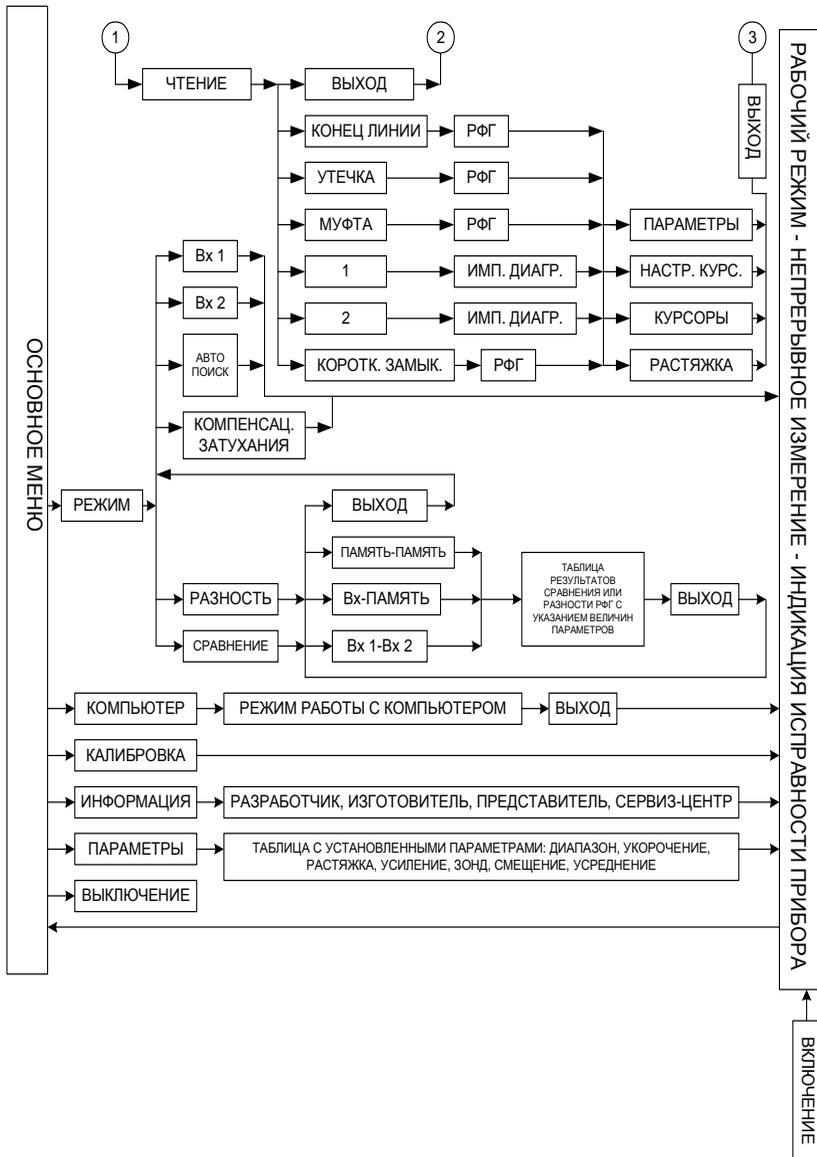


Рисунок 1 – Функциональная схема прибора Рейс-105Р

Приложение 2.

1. Основные технические характеристики прибора P5-10.

1.1. Длительность зондирующего импульса на нагрузке 75 Ом, мкс: 0,5; 0,1+0,02; 1+0,2; 0,3+0,06; 3±0,6; 10+2; 30±6; 100.

1.2. Минимальное расстояние до неоднородностей при коэффициенте укорочения 1,5, м: 5.

1.3. Диапазон измеряемых расстояний, км: 0...0,3; 0...1; 0...3; 0...10; 0...30; 0...100; 0...300.

1.4. Основная погрешность измерения расстояния, ±1%.

1.5. Назначение основных органов управления прибора (приведено в таблице).

Назначение органов управления

Обозначение органов управления	Назначение органов управления
Передняя панель	
1. Ручка «УСИЛЕНИЕ»	Установка чувствительности индикатора
2. Ручка «ВЫХ. СОПР.»	Согласование выходного сопротивления генератора с входным сопротивлением линии
3. Ручка «ЗОНД. ИМП. (μS)»	Выбор длительности зондирующего импульса
4. Ручка и тумблер «ДИАПАЗОНЫ (км)»	Выбор диапазона измерения расстояния
5. Ручка «УКОРОЧЕНИЕ»	Установка коэффициента укорочения испытываемого кабеля
6. Ручка «РАССТОЯНИЕ»	Измерение расстояния до повреждения (неоднородности)

Продолжение таблицы

7. Ручка «УСТ. ОТСЧЕТА»	Установка начала отсчета расстояния (совмещение зондирующего импульса с отсчетной риской)
8. Ручка «КОМПЕНС.»	Корректировка формы отраженного импульса (компенсация искажения зондирующего импульса)
Обозначение органов управления	Назначение органов управления
9. Ручка «☀»	Установка яркости луча индикатора
10. Ручка «◎»	Установка фокусировки луча индикатора
11. Ручка «↕»	Перемещение линии развертки по вертикали на экране индикатора
12. Тумблер «ПИТАНИЕ»	Включение питающего напряжения
13. Сигнальная лампочка	Контроль напряжения на аккумуляторной батарее, сигнализация включения питания
Левая боковая панель	
14. Разъем «ВХОД-ВЫХОД»	Выход генератора зондирующих импульсов. Подсоединение соединительного кабеля
15. Ручка «ОБЩ. – РАЗД.»	Коммутация режима измерения
16. Ручка «ФИЛЬТР»	Корректировка полосы пропускания усилителя при повышенном уровне помех на линии
17. Предохранитель «0,25 А»	Защита от перенапряжений на линии
18. Выведенные под шлиц резисторы «▼»	Калибровка шкалы «РАССТОЯНИЕ»

Продолжение таблицы

Блок входных цепей	
19. Выводы «ВХОД 1», «ВХОД 2»	Для подключения измеряемых линий
20. Разъем «ВЫХОД»	Для подсоединения к разъему «ВХОД-ВЫХОД» базового блока
21. Тумблер «ВКЛ.»	Для включения симметрирующего трансформатора при работе в режиме подавления зондирующего импульса
22. Ручка «БАЛАНСИР.»	Для точной установки баланса в режиме подавления зондирующего импульса
23. Тумблер «СИММЕТР.-НЕСИМ.»	Для переключения входа измерителя в зависимости от типа измеряемой линии (симметричной, несимметричной)
24. Ручка «ОБЩ.-РАЗД.-ВЫЧИТ»	Для переключения жил измеряемых линий на входе прибора при различных способах измерения