



# НПП “СТЭЛЛ”

Научно-производственное предприятие  
“Системы тестирования электрических линий”

---

## Блок колебательного разряда РАЗРЯД-205



### *Руководство по эксплуатации*

Наш адрес: РОССИЯ, 241033, г. Брянск, пр. Станке Димитрова, д.82а

Для почты: 241050, г. Брянск, а/я 284

E-mail: [stell@online.debryansk.ru](mailto:stell@online.debryansk.ru)

Тел.(0832) 41-65-97, (0832) 41-54-98

[http:// www.reis.ru](http://www.reis.ru)

## СОДЕРЖАНИЕ

1	Требования безопасности.....	3
2	Описание блока и принципов его работы .....	3
2.1	Назначение .....	3
2.2	Состав прибора .....	3
2.3	Технические характеристики .....	4
2.4	Устройство и работа блока .....	5
3	Подготовка к работе.....	12
3.1	Меры безопасности при работе с блоком .....	12
3.2	Расположение органов настройки и включения блока .....	12
3.3	Сведения о порядке подготовки к проведению измерений .....	15
3.4	Включение блока .....	18
4	Порядок проведения измерений.....	21
5	Свидетельство о приемке .....	28
6	Гарантии изготовителя.....	28

Настоящее руководство по эксплуатации (РЭ) предназначено для ознакомления потребителя с комплектностью, техническими данными, принципом действия, конструктивными особенностями и правилами эксплуатации блока колебательного разряда РАЗРЯД-205, именуемого в дальнейшем блок.

## 1 Требования безопасности

### ВНИМАНИЕ!

Подключение блока к измеряемому кабелю должно производиться в соответствии с правилами технической документации используемых электроустановок лицами, имеющими допуск к работе в электроустановках напряжением свыше 1000 В.

## 2 Описание прибора и принципов его работы

### 2.1 Назначение

Блок колебательного разряда РАЗРЯД-205 предназначен для работы совместно с цифровым рефлектометром РЕЙС-205 в режиме колебательного разряда. Также используется дополнительное высоковольтное оборудование.

### 2.2 Состав блока

Состав прибора указан в таблице 1.

Таблица 1

Наименование, тип	Количество	Примечание
1 Блок колебательного разряда РАЗРЯД-205	1	
2 Устройство сопряжения с прибором РЕЙС-205	1	
3 Руководство по эксплуатации	1	
4 Блок питания-зарядки	1	

### 2.3 Технические характеристики метода колебательного разряда

Наименование	Значение
Диапазоны измеряемых расстояний (при коэффициенте укорочения 1,500), м	200; 400; 800; 1600; 3200; 6400; 12800; 25600, 51200, 102400.
Предел допускаемой основной погрешности измерения расстояния, % от диапазона, не более	0,2
Диапазон амплитуд входных сигналов (периодических и однократных) с линии, подключенной к волновому входу, В:	без присоединительного устройства напряжения 0,002-40 с присоединительным устройством напряжения 0,5-10000
Частота дискретизации входного сигнала, МГц:	128
Виды запуска	Автоматический Однократный Ручной
Входное напряжение, В, не более	30
Усиление, дБ	от -30 до 54
Габариты блока РАЗРЯД-205, мм	275x166x70
Масса блока РАЗРЯД-205, кг	0,9

## **2.4 Устройство и работа прибора**

В основу работы блока положен метод колебательного разряда (волновой метод).

Метод колебательного разряда основан на распространении импульсных сигналов в кабельных линиях. Импульсным сигналом при волновом методе является импульс разряда, возникающий в месте повреждения кабельной линии при воздействии на нее высоковольтным напряжением или специальным высоковольтным генератором.

Метод колебательного разряда используется в тех случаях, когда переходное (шунтирующее) сопротивление в месте повреждения  $R_{ш}$  значительно превосходит волновое сопротивление линии и соизмеримо с величиной сопротивления изоляции.

Такие высокоомные повреждения (устойчивые и неустойчивые снижения сопротивления изоляции, в том числе в муфтах, вставках, переходах, "заплывающий пробой" и т.д.) выявляются только при приложении к КЛ рабочего или испытательного напряжения.

Сущность метода заключается в следующем: после пробоя изоляции заряженного кабеля происходит процесс колебательного разряда - затухающий волновой процесс, длительность и характер которого зависит от соотношений между внутренним сопротивлением источника, сопротивлением в месте повреждения в момент пробоя, волновым сопротивлением линии, емкостью кабеля, его затуханием и длиной.

В момент пробоя (замыкания разрядника) образуется электрическая дуга в месте повреждения и его сопротивление становится равным нулю (или значительно меньше волнового сопротивления КЛ), и вдоль линии в сторону высоковольтного источника начинает распространяться прямоугольная волна тока и связанная с ней прямоугольная волна напряжения (их амплитуды определяются величинами испытательного напряжения, выходного сопротивления генератора испытательного напряжения и волнового сопротивления).

Фронты обеих волн движутся со скоростью

$$V = \frac{L}{\sqrt{L_0 * C_0}} = \frac{c}{\gamma} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon}}, \quad (1)$$

где  $L_0$ ,  $C_0$  - соответственно погонные индуктивность и емкость кабеля,

$c$  - скорость света,  
 $\gamma$  - коэффициент укорочения,  
 $\varepsilon$  - диэлектрическая проницаемость изоляции.

При достижении начала линии (места подключения высоковольтного источника) фронт электромагнитной волны отражается в сторону повреждения, так как выходное сопротивление источника не равно волновому сопротивлению КЛ, и через время, равное

$$t = L/V \quad (2)$$

снова достигает места повреждения, снова отражается и движется в сторону генератора.

Волновой процесс продолжается до тех пор, пока происходит пробой поврежденного участка, т.е. пока напряжение в месте повреждения не снизится ниже напряжения пробоя или пока продолжается горение дуги.

Метод колебательного разряда односторонних измерений основан на измерении времени между моментами достижения одного конца линии (места подключения высоковольтного источника и измерителя волновых процессов) фронтов электромагнитных волн, возникающих в месте повреждения.

В отличие от локационного метода расстояние до места повреждения определяют не по времени задержки отраженного импульса относительно зондирующего, а по времени прихода к началу линии фронта волны, возникшей в месте повреждения, т.е. на расстоянии  $l_x$  от начала линии, и моментом вторичного прихода фронта волны после двух отражений (в начале линии и в месте повреждения пробоя). Указанный интервал определяют

$$T = 2 * L/V. \quad (3)$$

Колебательный разряд может быть однократным или редко повторяющимся периодическим волновым процессом. Он регистрируется блоком подключаемой к кабелю через специальные присоединительные устройства связи (делитель напряжения или импульсный токопреобразователь).

Метод колебательного разряда в зависимости от используемого типа высоковольтного источника может быть реализован в двух разновидностях: метод импульсного напряжения и метод импульсного тока.

Блок - схема измерения волнового процесса методом импульсного напряжения приведена на рис. 1.

Под влиянием постоянного отрицательного испытательного напряжения в момент времени  $t_0$  на расстоянии  $L$  происходит пробой (короткое замыкание) и разряд, формирование электромагнитной волны - отражение испытательного напряжения с коэффициентом отражения  $\Gamma \cong -1$ .

В момент  $t_1$  отраженная волна испытательного напряжения противоположной полярности достигает начала линии (места измерения) и "гасит" испытательное напряжение на участке  $L$ . Для возникновения колебательного процесса необходимо полное отражение (режим холостого хода) от начала линии с коэффициентом  $\Gamma \cong 1$ .

Для выполнения этого условия высоковольтный генератор постоянного напряжения должен иметь большое выходное сопротивление (значительно больше  $W$  КЛ). При этом напряжение в начале линии увеличивается примерно в два раза, и отражаясь от начала линии (примерно равное испытательному), распространяется снова к месту повреждения и достигает его в момент  $t_2$ .

В этот момент снова происходит пробой и отражение испытательного напряжения с обратным знаком. Отраженная волна противоположной полярности возвращается к началу линии в момент  $t_3$ , где снова отражается с обратным знаком. Таким же образом возникают дальнейшие отраженные волны напряжения в точке  $t_5$  и т.д., амплитуда которых непрерывно уменьшается, а фронт растягивается в соответствии с частотной характеристикой кабеля и расстоянием  $L$  до повреждения. Такие же процессы происходят на участке линии от места повреждения до разомкнутого конца кабеля. Волновой процесс продолжается до тех пор, пока амплитуда волны не станет меньше напряжения пробоя.

Волны напряжения через устройство присоединения (делитель напряжения) поступают на волновой вход блока РАЗРЯД-205, который запоминает и позволяет измерить время пробега отраженных волн напряжения в моменты  $t_1$ ,  $t_3$ ,  $t_5$ , а также время, пропорциональное расстоянию до повреждения

$$T = t_3 - t_1 = 2 \cdot L / V. \quad (4)$$

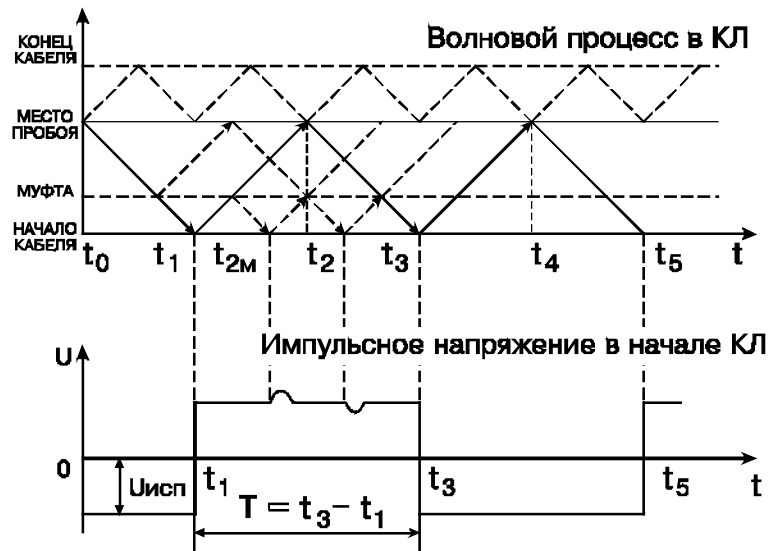
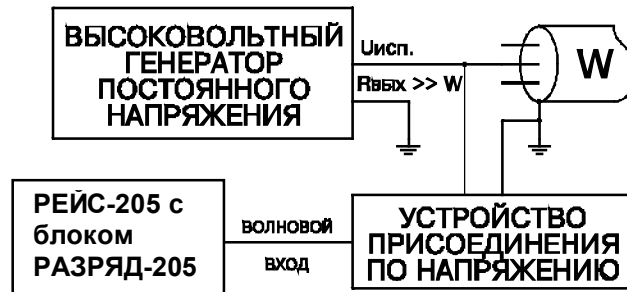


Рисунок 1



Волновой метод импульсного тока (бегущей волны тока) используют в том случае, если высокоомные повреждения (снижение сопротивления изоляции или высокоомное замыкание жилы на землю, или малое расстояние между проводниками в муфтах) не удастся с помощью прожига уменьшить до 10 кОм и обнаружить это повреждение локационным методом (например, в случае просачивания в кабель воды).

В отличие от метода бегущей волны напряжения выходное напряжение высоковольтного импульсного генератора должно быть значительно меньше волнового сопротивления КЛ и коэффициент отражения напряжения от начала линии и места повреждения в момент пробоя равен  $\Gamma_u = -1$ , а коэффициент отражения тока  $\Gamma_i = 1$ .

Блок схема измерения волнового процесса методом импульсного тока и волновой процесс в кабеле при пробое представлены на рис.2.

Зондирующим сигналом служит ударная волна с выхода импульсного генератора (высоковольтного конденсатора) со специальным разрядником.

Ударная волна посылается в поврежденный кабель в момент  $t_0$  и в момент  $t_1$  достигает места повреждения. Под ее воздействием происходит пробой поврежденного участка в момент  $t_{13}$ , вызывающий отражение ударной волны, которая возвращается к началу кабеля в момент  $t_2$  и отражается от начала кабеля (короткое замыкание) в сторону повреждения и в момент  $t_4$  снова достигает начала кабеля и т.д.

Состояние пробоя (длительность электрической дуги) сохраняется до тех пор, пока достаточно энергии для горения дуги.

Для того чтобы вызвать пробой в месте повреждения, необходимо в течение определенного времени ( $t_{13} - t_1$ ) воздействовать на поврежденный участок (время ионизации). Это время зависит от амплитуды высоковольтного импульса и переходного сопротивления в месте повреждения.

Чтобы исключить влияние задержки ионизации на результат измерения расстояния до места повреждения, измеряют время между первой и второй отраженными волнами  $t_2$  и  $t_4$ :

$$T_l = t_4 - t_2 . \quad (5)$$

Связь блока с КЛ производится с помощью специального присоединительного устройства по току (импульсного токопреобразователя).

Так как сопротивления генератора и места повреждения близки к нулю, то амплитуда волны тока, протекающего по кабелю в момент  $t_0$  до момента прихода отраженной волны  $t_2$  без учета затухания равна:

$$J = U_r/W, \quad (6)$$

где  $U_r$  - амплитуда высоковольтного напряжения на входе КЛ,

$W$  - волновое сопротивление.

В момент  $t_1$  ударная волна достигает поврежденного участка и распространяется дальше до конца кабеля; в момент  $t_{13}$  - происходит пробой (зажигание дуги) и возникновение первой отраженной ударной волны.

По закону отражения, ток отраженный от короткого замыкания имеет тот же знак, поэтому в момент  $t_{13}$  амплитуда волны тока удваивается (наложение прямой и отраженной волны), в начале линии - утраивается (наложение прямой волны и двух отраженных от места пробоя и места подключения высоковольтного генератора. Аналогично, в момент  $t_3$  амплитуда волны тока становится больше подающей в четыре раза, а в момент  $t_4$  - в пять раз.

Однако, с учетом затухания электромагнитных волн в линии и длительности импульса высоковольтного генератора импульсный ток в начале линии будет отличаться от изображенного на рис.2.

Если длительность импульса высоковольтного генератора превышает длительность горения дуги в месте повреждения и его амплитуда остается постоянной, то с учетом затухания  $J_2 > J_0$ .

Если амплитуда импульса высоковольтного генератора  $U_r/W$  не остается постоянной в течение волнового процесса, а уменьшается, то  $J_4 < J_2$ .

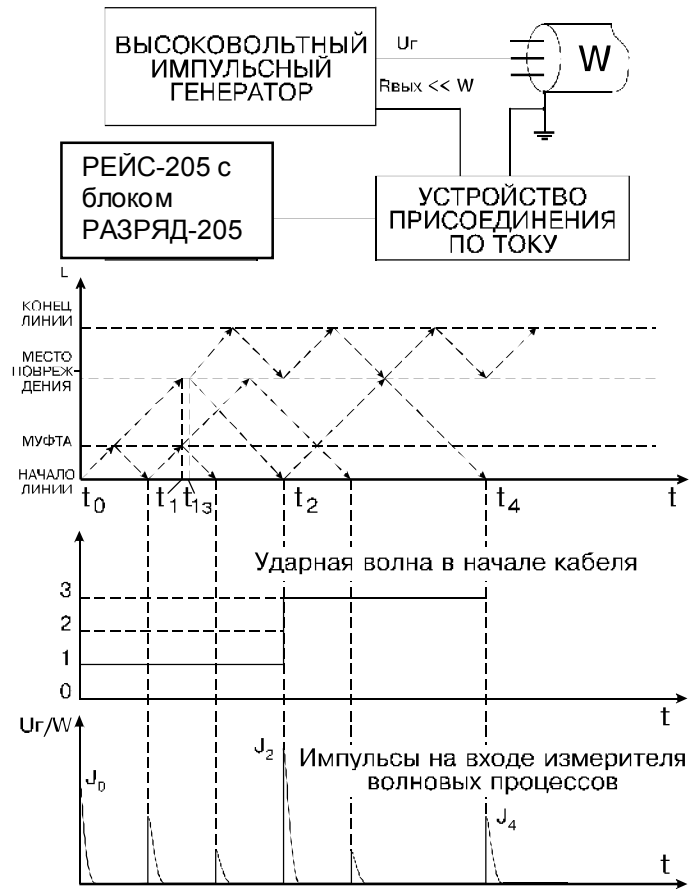


Рисунок 2

Импульсный токопреобразователь дифференцирует импульсный ток на входе линии и преобразует его в однополярные импульсы, поступающие на вход измерителя волновых процессов.

При волновом методе измерений выходное сопротивление высоковольтного источника не равно волновому сопротивлению линии, поэтому кроме отраженных волн от участка повреждения появляются отраженные от неоднородностей кабеля (муфт, ответвлений) и переотраженные от начала кабеля импульсные сигналы - синхронные помехи, значительно затрудняющие оценку импульсной характеристики кабеля.

Запоминание однократного и редкоповторяющегося волнового процесса позволяет использовать те же методы отстройки от синхронных и несинхронных помех, которые применяются при локационном методе измерения: сравнение, вычитание, усреднение и другие методы обработки импульсных характеристик компьютерным устройством.

### **3 Подготовка к работе**

#### **3.1 Меры безопасности при работе с блоком**

##### **ВНИМАНИЕ!**

Подключение блока к измеряемому кабелю должно производиться в соответствии с правилами технической документации используемых электроустановок лицами, имеющими допуск к работе в электроустановках напряжением свыше 1000 В.

#### **3.2 Расположение органов настройки и включения блока**

Все органы подключения блока показаны на рисунках 3.1 и 3.2, а их назначение и маркировка приведены в таблице 2.

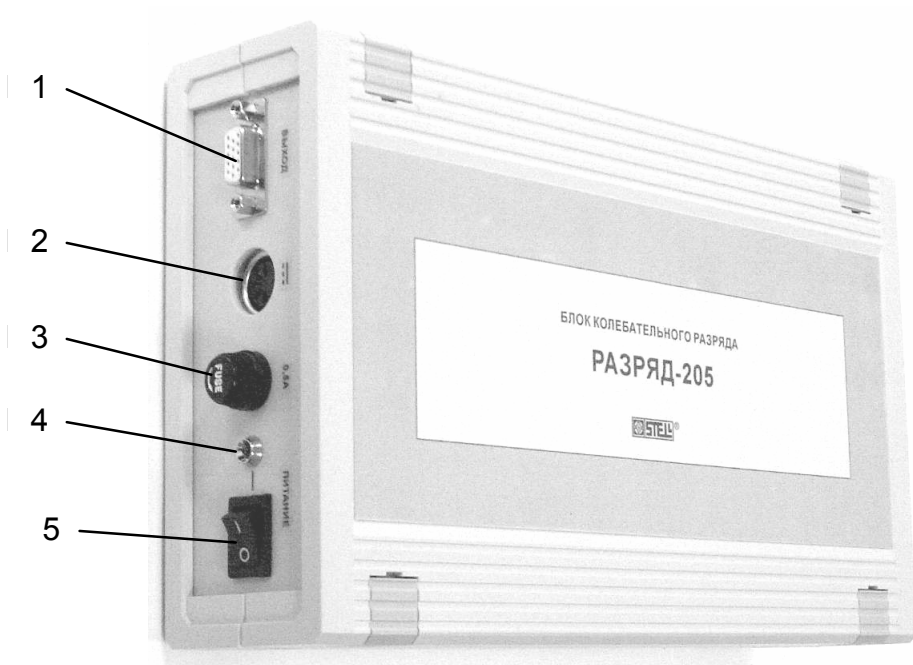


Рисунок 3.1



Рисунок 3.2

Таблица 2

Наименование органов управления и подсоединения	Маркировка	Назначение
1 Гнездо	<b>ВЫХОД</b>	Подключение к устройству сопряжения с прибором РЕЙС-205
2 Гнездо	---	Подключение внешнего блока питания
3 Вставка плавкая	<b>0,5 А</b>	Защита питания
4 Индикатор	-	Индикация питания
5 Включатель	<b>ПИТАНИЕ</b>	Включение питания
6 Вставка плавкая	<b>0,25 А</b>	Защита входа U
7 Гнездо	<b>U</b>	Подключение к линии

### **3.3 Сведения о порядке подготовки к проведению измерений**

Для работы блока в составе с рефлектометром РЕЙС-205 в режиме колебательного разряда необходимо собрать схему (рис.4.).



Рисунок 4



Подключите блок питания (рисунок 5) к гнезду Питание блока РАЗРЯД-205. Устройство сопряжения (рисунок 6) с одной стороны подключите к гнезду ВЫХОД блока, с другой стороны к гнезду ВНЕШН УСТР прибора РЕЙС-205.



Рисунок 5



Рисунок 6

### 3.4 Включение блока

На блоке РАЗРЯД-205 включите клавишу ПИТАНИЕ, должен загореться светодиод. Включите прибор РЕЙС-205 (см. руководство по эксплуатации РЕЙС-205).

На экране прибора появится основное меню рис.7. Если блок не подключен к прибору или не включено его питание, то нижняя строка меню выбора режима прибора - **Колебательного разряда**, будет отображаться разреженным шрифтом.

Выберите режим колебательного разряда рис.8.



Рисунок 7

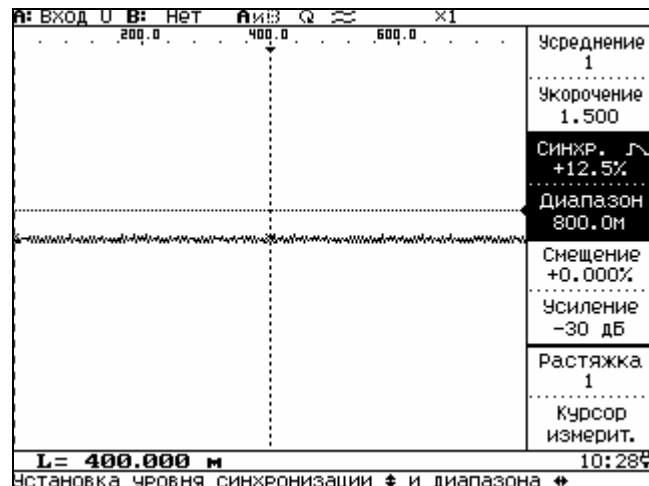




Рисунок 8

Текущие параметры в основном такие же, как в режиме рефлектометра.




Вместо выбора длительности зонда появляется установка уровня синхронизации с индикацией его горизонтальным курсором, причем синхронизацию можно выбрать – по фронту (значок ) или спаду входного сигнала (значок )

Входной сигнал теперь можно не только усиливать, но и ослаблять. Диапазон устанавливаемого усиления от минус 30 до 54 дБ.



Каналы отображения позволяют выбрать вход U или Память.

Если необходимо сравнить рефлектограммы с входа и из памяти, то режим “Память” выбирается только на канале **A** и прибор настраивается по параметрам выбранной из памяти импульсной характеристики.

Если выбраны одновременно два канала, то они отображаются в режиме сравнения или разности.

Выбор запуска производится через верхнюю строку (рис. 9) или из меню (рис. 10). По умолчанию установлен Автоматический запуск - . Есть возможность установить однократный запуск - , или ручной - .

Если нет синхронизации, то в нижней части экрана появится окно **Ожидание синхронизации** (рис.11).

Выберите вид запуска: , появится окно: **Ожидание синхронизации**. Установите уровнем синхронизации горизонтальный курсор на линию развертки. При появлении сигнала синхронизации производится однократное считывание линии, окно **Ожидание синхронизации** исчезнет. Для повторного запуска нажмите кнопку .

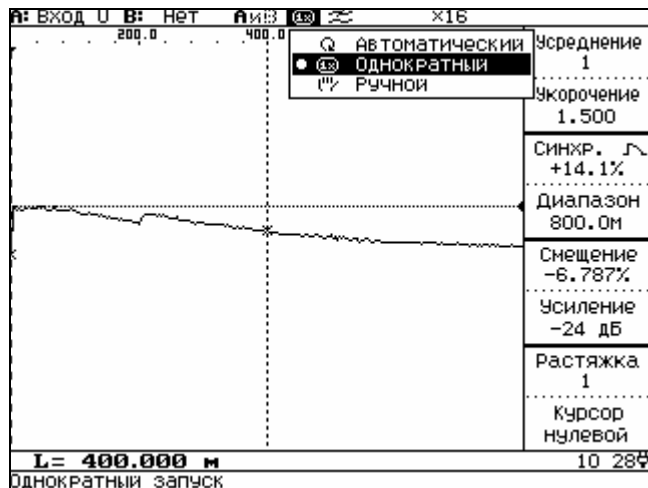


Рисунок 9

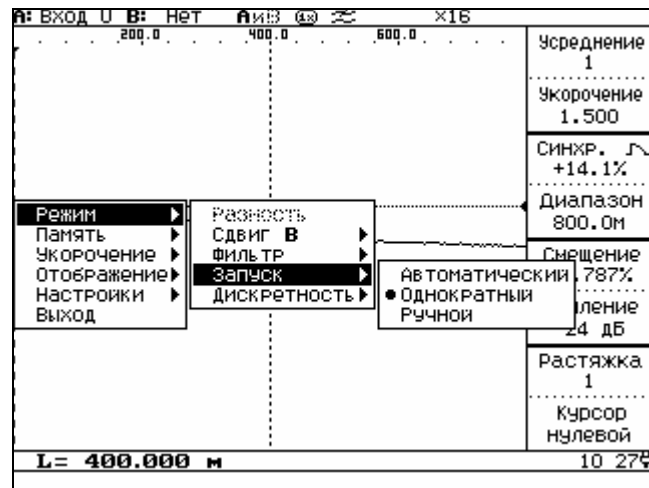


Рисунок 10

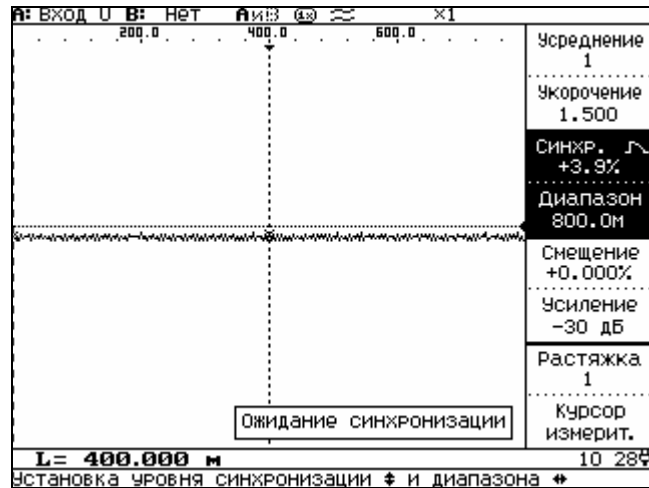


Рисунок 11

#### 4 Порядок проведения измерений

**ВНИМАНИЕ!**

Подключение блока к измеряемому кабелю должно производиться в соответствии с правилами технической документации используемых электроустановок лицами, имеющими допуск к работе в электроустановках напряжением свыше 1000 В.

##### **4.1 Измерения расстояния до места повреждения кабеля, имеющего повышенное электрическое сопротивление изоляции.**

Для определения места повреждения соберите схему в соответствии с рис.12.

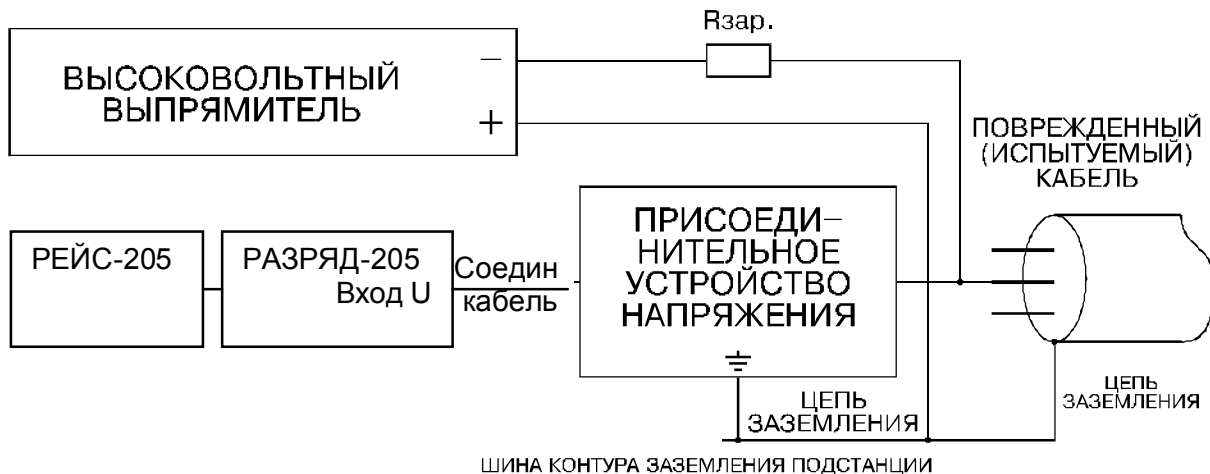


Рисунок 12

При сборке схемы соблюдайте следующее:

- высоковольтный выпрямитель должен иметь заземленный плюс, т.е. создать на кабеле отрицательный потенциал по отношению к земле; несоблюдение полярности высоковольтной установки не обеспечит правильности измерений;
- цепи заземления должны быть по возможности короткими по отношению к заземленной муфте концевой разделки испытуемого кабеля; провода заземления не должны иметь витков, создающих индуктивное сопротивление;
- соединительное устройство необходимо устанавливать по возможности ближе к зажимам кабеля так, чтобы соединительный провод между кабелем и соединительным устройством был не более 3 м;

- зарядное сопротивление должно быть расположено непосредственно у места подключения присоединительного устройства;

- жилы кабеля, не подвергающиеся испытанию высоким напряжением, должны быть изолированы от земли.

В случае, если высоковольтный выпрямитель соединяется с поврежденным или испытываемым силовым кабелем с помощью высоковольтного экранированного кабеля, то система, зарядное сопротивление, присоединительное устройство могут быть установлены в испытательной машине.

Перед началом измерений еще раз проверьте:

- выполнение требований мер безопасности;
- правильность собранной схемы согласно рис.12.

Включите прибор РЕЙС-205 в комплекте с блоком РАЗРЯД-205.

Установите необходимый диапазон измерения, превышающий предполагаемую длину кабеля не менее чем в два раза, установите тип запуска – автоматический, усиление минус 30 дБ. Установите режим отображения - сетка.

Плавно поднимите высоковольтной установкой напряжение на кабельной линии до напряжения пробоя, но не выше значения, регламентируемого местными эксплуатационными инструкциями для данной кабельной линии.

Если при пробое изоляции в кабеле на экране прибора кратковременно не появляется изображение волнового колебательного процесса (рис.13), необходимо увеличить усиление, изменить смещение или диапазон измерения и повторить пробой.

Изменением диапазона, усиления и смещения добейтесь изображения на экране прибора не менее одного периода колебательного процесса и симметричного расположения относительно уровня 0,5.

При большом уровне асинхронных и синхронных помех установите необходимое усреднение и включите фильтр.

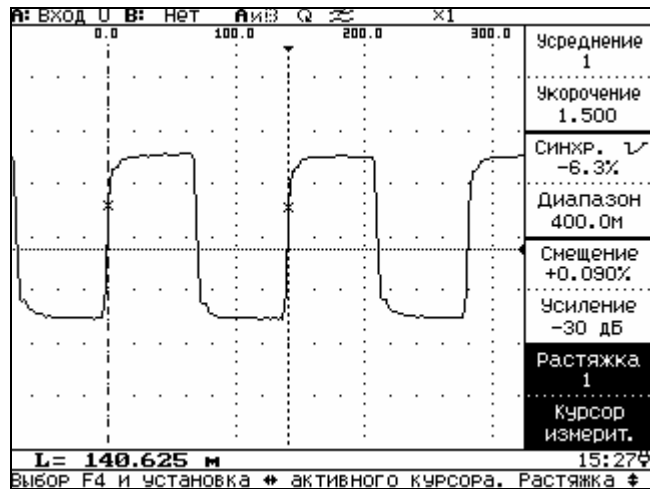


Рисунок 13

Для определения места повреждения при одиночных и редкоповторяющихся волновых процессах необходимо изменить тип запуска на однократный и установить уровень синхронизации на пересечение с импульсной характеристикой возникающего волнового процесса.

Установите нулевой и измерительный курсоры на пересечение одной линии сетки с фронтами колебательного процесса и измерьте расстояние между курсорами (половину периода колебательного процесса).

Импульсную характеристику можно записать в память.

#### **4.2 Измерения расстояния до места повреждения кабеля, имеющего пониженное электрическое сопротивление изоляции.**

Соберите схему в соответствии с рис.14.



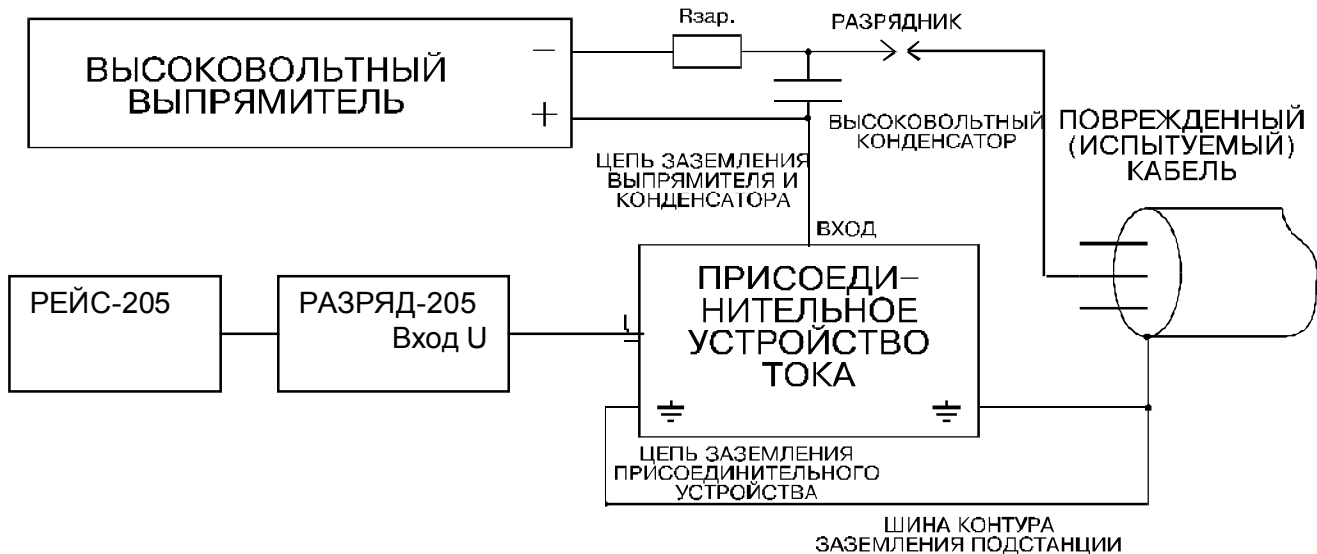


Рисунок 14

При установке присоединительного устройства тока и системы непосредственно рядом с измеряемым поврежденным кабелем необходимо соблюдать следующие требования:

- высоковольтная выпрямительная установка должна иметь заземленный плюс, т.е. создать заряд на высоковольтном конденсаторе отрицательного потенциала относительно земли;
- цепи заземления должны быть по возможности короткими по отношению к заземленной муфте концевой разделки испытываемого кабеля;
- провода заземления не должны иметь витков, создающих индуктивное сопротивление;
- токовое присоединительное устройство необходимо устанавливать возможно ближе к цепям заземления испытываемого кабеля;

- вывод высоковольтного конденсатора соединить с присоединительным устройством тока с помощью изолированного провода сечением не менее  $4 \text{ мм}^2$ , провод не должен иметь витков, создающих индуктивное сопротивление;

- высоковольтный провод, соединяющий разрядник и жилу кабеля, должен быть изолированным от конструкций, связанных с контуром заземления;

- разрядник может быть искровым (с воздушным промежутком);

- жилы кабеля, не подвергающиеся испытанию высоким напряжением, должны быть изолированы от земли.

Перед началом измерений еще раз проверьте:

- выполнение мер безопасности;

- правильность собранной схемы согласно рис.14.

Порядок работы такой же, как в п.4.1.

Высоковольтной установкой плавно поднимите напряжение на высоковольтном конденсаторе до величины пробоя разрядника (оптимальный вариант  $C = 50 \text{ мкФ}$ ,  $U_{пр} = 10 \text{ кВ}$ );

при пробое разрядника в кабеле возникает высоковольтный колебательный процесс, импульсная характеристика которого должна появиться на экране прибора.

Совместите курсоры со вторым и третьим отраженными импульсами и измерьте расстояние между ними (рис.15).

4.3 Присоединительное устройство напряжения представляет собой простой емкостной делитель с коэффициентом деления, обеспечивающим напряжение на волновом входе блока не более  $50 \text{ В}$ .

Присоединительное устройство тока представляет собой простой трансформатор тока, также обеспечивающий на волновом входе сигнал с амплитудой не более  $50 \text{ В}$ .

Для исключения влияния внутреннего сопротивления высоковольтной установки на колебательный процесс включается резистор  $R_{зар.}$ , сопротивление которого выбирается значительно выше волнового сопротивления кабельной линии ( $0,5-10$ )  $\text{кОм}$ .

Присоединительные устройства такого типа включены в комплект измерителя расстояния до места повреждения кабеля ЦР 0200. Схемы их включения аналогичны приведенным выше.

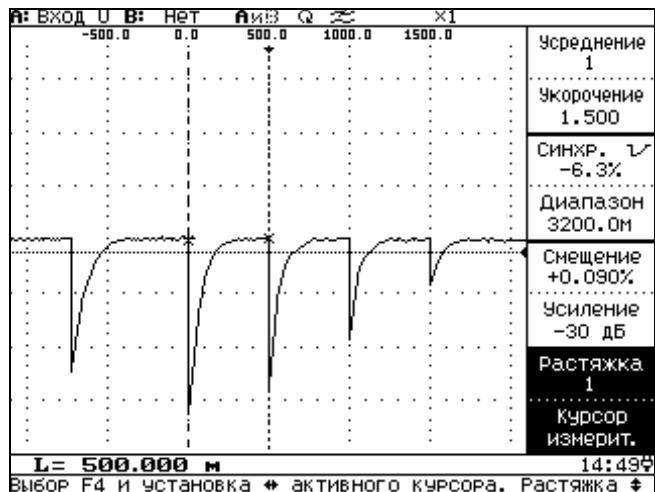


Рис.15

## 5 Свидетельство о приемке

Блок колебательного разряда РАЗРЯД-205 соответствует техническим условиям и признан годным к эксплуатации.

Дата выпуска \_\_\_\_\_

Подпись лица,  
ответственного за приемку

\_\_\_\_\_

М.П.

## 6 Гарантии изготовителя

Предприятие-изготовитель гарантирует работоспособность блока при соблюдении всех требований настоящего паспорта.

Гарантийный срок эксплуатации – 12 месяцев с момента продажи.

Гарантийный ремонт блоков осуществляется на предприятии-изготовителе при наличии паспорта.