

под редакцией  
**Шкарина Ю.П.**



**Измерения в ВЧ связи.  
Устройства обработки  
и присоединения**  
изд. 4, перераб. и доп.

с примерами  
заполнения  
Паспортов

Москва 2017

**Библиотека аnСом**

**под редакцией  
Шкарина Ю.П.**

**Измерения в ВЧ связи.  
Устройства обработки  
и присоединения  
изд. 4, перераб. и доп.**

**Москва 2017**

## Содержание

1	Введение .....	5
2	Общие сведения.....	7
2.1	Общее представление об измеряемых параметрах.....	7
2.1.1	Рабочее затухание .....	8
2.1.2	Затухание несогласованности.....	10
2.1.3	Входное сопротивление четырёхполюсника.....	11
2.1.4	Полное комплексное сопротивление двухполюсника .....	12
2.1.5	Затухание, вносимое в ВЧ тракт параллельно включённым сопротивлением.....	12
2.2	Основы работы с анализатором ВЧ связи AnCom A-7/307. Quick Start .....	13
2.2.1	Назначение анализатора .....	13
2.2.2	Измерительные возможности анализатора .....	13
2.2.3	Расчет параметров устройств обработки и присоединения по программе WinTrakt....	14
2.2.4	Включение анализатора.....	18
2.2.5	Загрузка измерительных задач (заводские и пользовательские конфигурации) .....	19
2.2.6	Нормирование результатов измерений: загрузка и редактирование масок .....	20
2.2.7	Измерительные курсоры: координаты точек на графике.....	22
2.2.8	Сохранение результатов измерений .....	23
3	Фильтр присоединения (ФП) .....	26
3.1	Общие сведения.....	26
3.2	ВЧ параметры, характеризующие ФП .....	28
3.3	Методы измерений ВЧ параметров ФП.....	28
3.4	Методика измерений для AnCom A-7/307 .....	32
3.4.1	Особенности измерения характеристик ФП.....	32
3.4.2	Общий алгоритм измерений ФП.....	33
3.4.3	Рабочее затухание ФП .....	35
3.4.4	Затухание несогласованности ФП .....	45
3.4.5	Полное сопротивление ФП .....	49
3.5	Паспорт на ФП, пример заполнения.....	53
3.6	Производители ФП .....	57
4	ВЧ кабель .....	63
4.1	Общие сведения.....	63
4.2	ВЧ параметры, характеризующие ВЧ кабель .....	63
4.3	Методы измерений ВЧ параметров ВЧ кабеля .....	64
4.4	Определение дефектов в ВЧ кабеле.....	65
4.4.1	Принцип определения вида и места расположения дефекта .....	65
4.4.2	Методика проведения измерений .....	67
4.5	Методика измерений для AnCom A-7/307 .....	69
4.5.1	Особенности измерения характеристик ВЧ кабеля.....	69
4.5.2	Рабочее затухание ВЧ кабеля.....	71
4.5.3	Рабочее затухание ВЧ кабеля + ФП .....	73
4.5.4	Частотная характеристика полного сопротивления ВЧ кабеля.....	73
4.5.5	Определение дефектов в ВЧ кабеле с использованием рефлектометра.....	75
4.5.6	Определение дефектов в ВЧ кабеле измерением АЧХ входного сопротивления .....	77
4.6	Паспорт на ВЧ кабель, пример заполнения.....	79
5	Разделительный фильтр (РФ).....	81
5.1	Общие сведения.....	81
5.2	ВЧ параметры, характеризующие РФ .....	83
5.3	Методы измерений ВЧ параметров РФ.....	83
5.3.1	Общие соображения.....	83

5.3.2	Методика измерения рабочего затухания.....	83
5.3.3	Методика измерения вносимого затухания.....	84
5.3.4	Методика измерения заграждающего сопротивления двухполюсника РФ.....	85
5.4	Методика измерений для AnCom A-7/307.....	86
5.4.1	Особенности измерения характеристик РФ.....	86
5.4.2	Рабочее затухание РФ.....	87
5.4.3	Вносимое затухание РФ.....	89
5.4.4	Заграждающее сопротивление РФ.....	91
5.5	Паспорт на РФ, пример заполнения.....	93
5.6	Производители РФ.....	95
6	Высокочастотный заградитель (ВЧЗ).....	100
6.1	Общие сведения.....	100
6.2	ВЧ параметры, характеризующие ВЧЗ.....	103
6.3	Методы измерений ВЧ параметров ВЧЗ.....	104
6.4	Методика измерений для AnCom A-7/307.....	105
6.4.1	Особенности измерения характеристик ВЧЗ.....	105
6.4.2	Заграждающее сопротивление и модуль полного сопротивления ВЧЗ.....	107
6.5	Паспорт на ВЧЗ, пример заполнения.....	109
6.6	Производители ВЧЗ.....	112
7	Конденсатор связи (КС).....	117
7.1	Общие сведения.....	117
7.2	Паспорт на КС, пример заполнения.....	118
7.3	Производители КС.....	119
8	Заключение.....	122



## 1 Введение

Каналы ВЧ связи по линиям электропередачи (ЛЭП) используют в качестве среды передачи сигналов фазы и тросы воздушных линий электропередачи (ВЛ), а также фазы и экраны кабельных линий электропередачи (КЛ). Особенность в организации этих каналов заключается в том, что фазы ЛЭП находятся под высоким напряжением (35 – 1150 кВ) промышленной частоты 50 Гц и по ним в нормальном режиме протекают токи нагрузки (до 4-х кА), а в аварийных режимах – токи короткого замыкания (до 80 кА).

Кроме того, электроустановки являются источником перенапряжений (грозовых, коммутационных и от коротких замыканий) импульсного характера с пиковым напряжением до нескольких сотен кВ.

С учётом оговоренных выше особенностей для организации канала ВЧ связи по ЛЭП необходимо специфическое оборудование, используемое только в технике ВЧ связи. Это специальное оборудование, с помощью которого обеспечивается:

- присоединение аппаратуры уплотнения к проводам ЛЭП, находящимся под напряжением;
- отделение ВЧ тракта передачи сигналов от шунтирующего действия входного сопротивления подстанций (ПС) между которыми включены ЛЭП, и входного сопротивления ответвления от ЛЭП. ВЧ тракт должен быть отделён также и от заземляющих ножей линейных разъединителей, которыми заземляют ЛЭП при её отключении.

Присоединение аппаратуры уплотнения (АУ) к ЛЭП производится с помощью устройства присоединения (УП), состоящего из конденсатора связи (КС) и фильтра присоединения (ФП), а отделение ВЧ тракта от шунтирующих его элементов – с помощью устройства обработки (ВЧ заградителей).

Кроме того, к устройствам присоединения можно отнести ВЧ кабели, с помощью которых соединяются АУ и ФП, территориально расположенные в разных местах, и разделительные фильтры (РФ), обеспечивающие разделение различных каналов, параллельно подключённых к одному ФП.

На рис.1.1 дано представление о местах включения упомянутых выше устройств к фазе ВЛ.

На рисунке показана также высоковольтная коммутационная аппаратура (линейный разъединитель (ЛР); заземляющий нож линейного разъединителя (ЗНЛР); выключатель (В) и шинный разъединитель (ШР)). С помощью этого оборудования осуществляются все необходимые при эксплуатации режимы ВЛ.

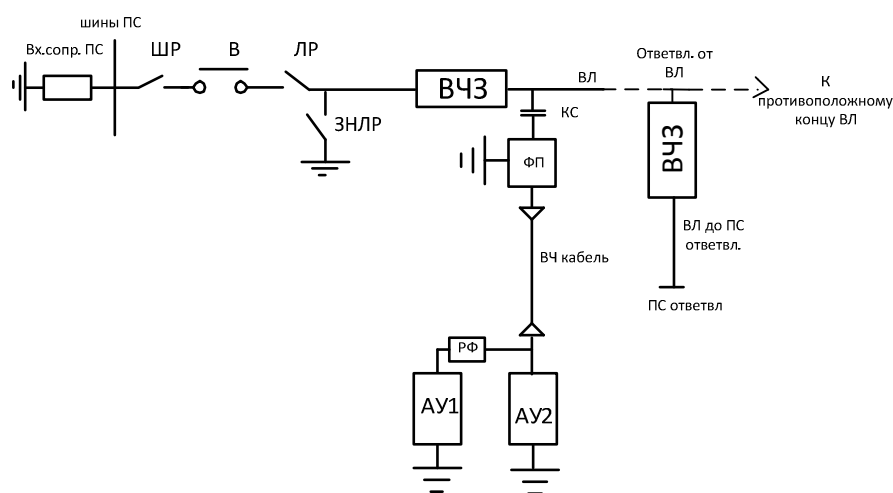


Рис.1.1 Представление о месте расположения и о соединениях между собой различного оборудования канала ВЧ связи

Параметры, которыми характеризуется оборудование, используемое для обработки и присоединения к ЛЭП, и нормы на них приведены в стандарте СТО 56947007-33.060.40.125-2012. «Общие технические требования к устройствам обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ».

Эти параметры условно можно разбить на две группы.

К первой группе можно отнести параметры оборудования, характеризующие его высокочастотные (ВЧ) свойства, а ко второй - все остальные параметры.

В свою очередь из группы ВЧ параметров можно выделить те, которые проверяются на заводе изготовителе, и те, которые проверяются в условиях эксплуатации.

Именно эксплуатационные ВЧ параметры, являющиеся предметом рассмотрения настоящего издания, подробно описаны ниже – в виде методик проведения измерений с использованием анализатора ВЧ связи AnCom A-7/307.

## 2 Общие сведения

### 2.1 Общее представление об измеряемых параметрах

Рассматриваемое оборудование при определении его ВЧ параметров можно разбить на два вида: четырёхполюсники (ВЧ кабель, ФП и РФ, выполняемые в виде фильтра) и двухполюсники (ВЧЗ и РФ, выполняемые в виде параллельного контура).

Основными ВЧ параметрами, характеризующими четырёхполюсник, являются рабочее затухание и затухание несогласованности. В некоторых случаях к этим параметрам добавляется входное сопротивление четырёхполюсника и затухание, вносимое в ВЧ тракт при параллельном подключении к тракту этого сопротивления.

Основным ВЧ параметром, характеризующим двухполюсник, является полное комплексное сопротивление и его действительная (активное сопротивление) и мнимая (реактивное сопротивление) части. В некоторых случаях к этим параметрам добавляется затухание, вносимое в ВЧ тракт при параллельном подключении двухполюсника к тракту.

Рассмотрим терминологию, связанную с рассматриваемыми параметрами, и общие рекомендации по их определению.

### 2.1.1 Рабочее затухание

Рабочее затухание четырехполюсника является мерой ослабления мощности сигнала, передаваемого через четырехполюсник в реальных условиях его работы, как показано на рис.2.1.

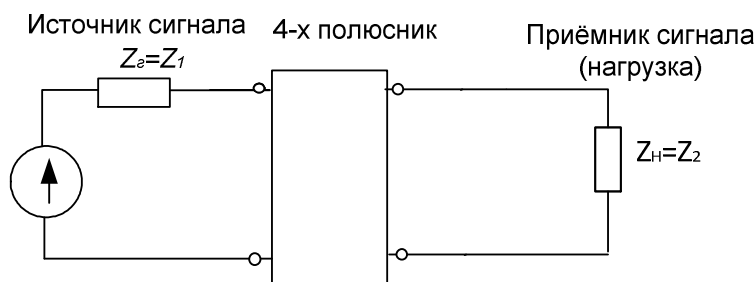


Рис.2.1 Определение рабочего затухания четырёхполюсника

На рис.2.1 принято, что для четырёхполюсника в реальных условиях источником сигнала является генератор с внутренним сопротивлением  $Z_g = Z_1$ , а приёмником сигнала является нагрузка с сопротивлением  $Z_n = Z_2$ .

Рабочее затухание  $a_p$  (дБ) четырёхполюсника определяют в общем виде как:

$$a_p = 10Lg\left(\frac{P_1}{P_2}\right), \quad (2.1)$$

где  $P_1$  – кажущаяся мощность, отдаваемая генератором на согласованную нагрузку  $Z_g = Z_1$ , а  $P_2$  – кажущаяся мощность, получаемая от генератора, подключённого к входу четырёхполюсника, на нагрузке  $Z_n = Z_2$ , включённой на его выходе.

Рабочее затухание не зависит от направления передачи сигнала (слева направо с  $Z_g = Z_1$  и  $Z_n = Z_2$  или справа налево с  $Z_g = Z_2$  и  $Z_n = Z_1$ ).

Схема измерения рабочего затухания четырёхполюсника, работающего между сопротивлениями  $Z_1$  и  $Z_2$ , представлена в общем виде на рис.2.2.

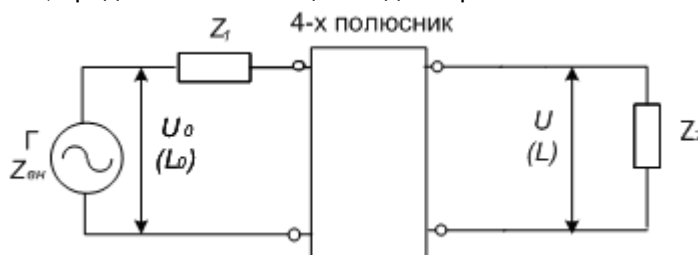


Рис.2.2 Схема измерения рабочего затухания четырёхполюсника

В схеме рис.2.2 измерение рабочего затухания производится с использованием понятия эквивалентного генератора. Параметрами этого генератора являются ЭДС (напряжение  $U_0$  или уровень  $L_0$ ) и внутреннее сопротивление  $Z_1$ . Создание схемы эквивалентного генератора требуется в тех случаях, когда внутреннее сопротивление  $Z_{вн}$  используемого источника сигнала  $\Gamma$  не равно требуемой величине заданного сопротивления источника ( $Z_1$ ).

Общая формула (2.1) определения рабочего затухания  $a_p$  для схемы рис.2.2 с учётом принятых там обозначений преобразуется в формулу:

$$a_p = 20Lg\left(\frac{U_0}{2U} \sqrt{\frac{Z_2}{Z_1}}\right) = L_0(\text{дБн}) - L(\text{дБн}) - 10lg(Z_2/Z_1) - 6. \quad (2.2)$$

Если в качестве источника  $\Gamma$  используется генератор, у которого устанавливаемый уровень выхода численно равен половине ЭДС, а внутреннее сопротивление равно требуемой величине  $Z_1$ , схема рис.2.2 и формула (2.2) упрощаются:

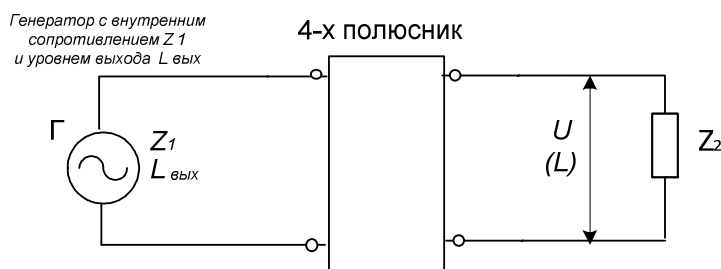


Рис. 2.2.а Упрощенная схема измерения рабочего затухания четырёхполюсника.

$$a_p = L_{\text{вых}}(\text{дБн}) - L(\text{дБн}) - 10\lg(Z_2/Z_1) \quad (2.2.a)$$

где  $L_{\text{вых}}$  – установленный уровень выхода генератора.

### 2.1.2 Затухание несогласованности

Затухание несогласованности является мерой отличия входного сопротивления четырёхполюсника (комплексное значение) относительно его номинального значения.

В общем случае затухание несогласованности, определённое для разных сторон четырёхполюсника, разное.

Под номинальными сопротивлениями для разных входов понимаются сопротивления  $Z_1$  и  $Z_2$ , между которыми работает четырёхполюсник.

Затухание несогласованности определяется как:

$$a_{НС} = 20Lg \left| \frac{Z_{вх} + Z_{ном}}{Z_{вх} - Z_{ном}} \right|, \quad (2.3)$$

Значения  $Z_{вх}$  и  $Z_{ном}$  в (2.3) принимаются в зависимости от того, для какого входа определяется затухание несогласованности.

При определении затухания несогласованности с левой стороны (см. рис.2.3) в (2.3):

- $Z_{вх} = Z_{вх1}$  (определяется при нагрузке четырёхполюсника с правой стороны на  $Z_n = Z_2$ ),
- $Z_{ном} = Z_1$ .

При определении затухания несогласованности с правой стороны в (2.3) (см. рис.2.3):

- $Z_{вх} = Z_{вх2}$  (определяется при нагрузке четырёхполюсника с левой стороны на  $Z_n = Z_1$ ),
- $Z_{ном} = Z_2$ .

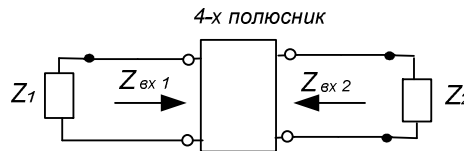


Рис.2.3 Определение затухания несогласованности четырёхполюсника

Как можно увидеть из (2.3), чем меньше отличие значения входного сопротивления от его номинального значения, тем больше затухание несогласованности. То есть, большее затухание несогласованности соответствует лучшему согласованию цепи.

### 2.1.3 Входное сопротивление четырёхполюсника

Входное сопротивление четырёхполюсника в общем случае определяется при том сопротивлении нагрузки  $Z_n$  на выходе четырёхполюсника, которое требуется для задачи, в которой это сопротивление определяется (см. рис.2.4). Так, например, при определении затухания несогласованности с левой стороны, сопротивление  $Z_n$  в схеме рис.2.4 должно равняться номинальному сопротивлению с правой стороны ( $Z_2$ ).

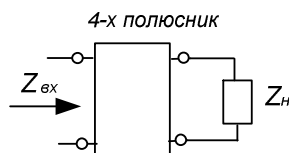


Рис.2.4 Определение входного сопротивления четырёхполюсника

Измерение комплексной величины входного сопротивления может производиться разными методами.

Один из возможных методов связан с измерением не только модуля, но и фазовых углов напряжения. Принципиальная схема, в которой может быть определено входное сопротивление в этом случае, приведена на рис.2.5,а. При этом входное сопротивление рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{вх}} = \frac{U_{\text{вх}}}{U_0 - U_{\text{вх}}} Z, \quad (2.4)$$

где  $U_0$  и  $U_{\text{вх}}$  – комплексные значения соответствующих напряжений, измеренных в точках, показанных на рис.2.5,а.

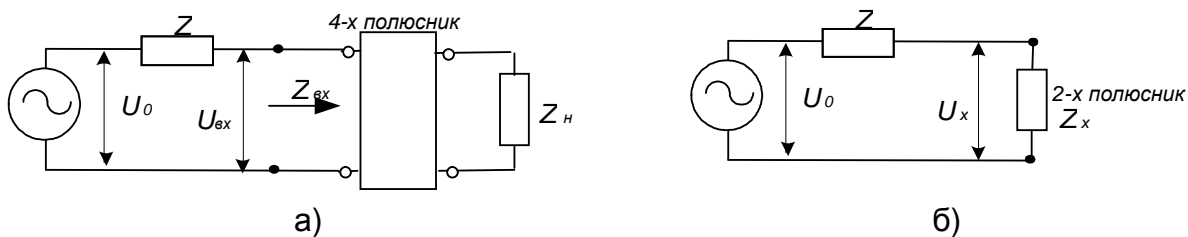


Рис.2.5 Определение полного сопротивления и его действительной и мнимой части:  
а) входное сопротивление четырёхполюсника; б) сопротивление двухполюсника

### 2.1.4 Полное комплексное сопротивление двухполюсника

Измерение комплексной величины сопротивления двухполюсника  $Z_x$  может производиться по схеме рис.2.5,б и рассчитано по формуле (2.4), в которой  $U_{вх}$  должно быть заменено на  $U_x$ , а  $Z_{вх}$  должно быть заменено на  $Z_x$ .

### 2.1.5 Затухание, вносимое в ВЧ тракт параллельно включённым сопротивлением

Затухание, вносимое в ВЧ тракт параллельно включённым к тракту сопротивлением  $Z_x$  (шунтом) определяется по данным измерений в схеме рис.2.6 по формуле:

$$a_{вн} = L_{ввых} - L, \quad (2.5)$$

где  $L_{ввых}$  - установленный уровень выхода генератора;  $L$  – уровень, измеренный в точке, показанной на рис 2.6.

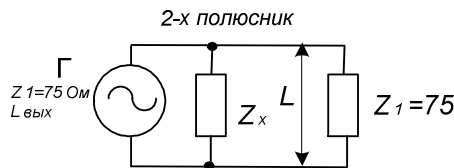


Рис.2.6 Определение затухания, вносимого шунтом

При измерении затухания, вносимого шунтирующим действием входного сопротивления параллельно включённого четырехполюсника, в схеме рис.2.6 в точке, где подключено сопротивление  $Z_x$  вместо этого сопротивления подключается вход рассматриваемого четырёхполюсника. Выход этого четырёхполюсника нагружается так, чтобы это соответствовало условиям, при которых необходимо определить вносимое затухание. Подробнее о выборе сопротивления нагрузки на выходе четырёхполюсника говорится в разделе «Разделительный фильтр».



## 2.2 Основы работы с анализатором ВЧ связи AnCom A-7/307. Quick Start

### 2.2.1 Назначение анализатора

Анализатор AnCom A-7/307 ориентирован на измерения в области ВЧ связи по ЛЭП и предназначен для проведения измерений в полосе частот до 1 МГц в системах связи по воздушным линиям электропередачи (ВЛ) и до 4 МГц в системах связи по распределительным кабельным линиям (КЛ):



- ВЧ трактов (в том числе составных): без вывода из эксплуатации, с частичным или полным выводом элементов тракта из эксплуатации, при различных схемах организации тракта (фаза-земля, фаза-фаза, грозозащитные тросы, расщепленная фаза);
- оборудования обработки и присоединения: высокочастотных заградителей (ВЧЗ) с элементами настройки, фильтров присоединения (ФП), разделительных фильтров (РФ), ВЧ кабелей, емкостных и индуктивных устройств присоединения к распределительным сетям 6-10 кВ;
- комплексного оборудования цифровой и аналоговой ВЧ связи, ВЧ защит, ВЧ терминалов РЗ и ПА, и модемов для распределительных сетей 6-10 кВ;
- аналоговых каналов, в том числе тональной частоты (ТЧ), образованных оборудованием ВЧ связи.

### 2.2.2 Измерительные возможности анализатора

Возможности анализатора AnCom A-7/307 позволяют в т.ч. производить измерения всех вышеперечисленных ВЧ параметров, характеризующих оборудование присоединения, тракты и ВЧ оборудование:

- **частотные характеристики рабочего и внесенного затухания** – селективный измеритель и генератор (встроенный или удаленный с автоматической синхронизацией);
- **частотные характеристики затухания несогласованности** – измерительный мост полного сопротивления с возможностью измерения затухания несогласованности между ВЧ кабелем и ВЧ оборудованием;
- **частотные характеристики полного сопротивления** – измеритель импеданса;
- **уровень и частота характерных гармонических составляющих спектра** – селективный измеритель с заданным усреднением;
- **дефектоскопия ВЧ кабеля** – рефлектометр;
- **характеристики сквозного тракта передачи между НЧ и ВЧ стыками оборудования** – модуль переноса спектра генератора или измерителя из НЧ области в ВЧ и обратно;
- **панорама частотного спектра сигналов (помех)** – сканирование селективным измерителем в заданной полосе частот с заданным усреднением, выделением максимального гармонического сигнала и расчетом соотношения сигнал/шум;
- **зависимость напряжения шума** в заданной полосе частот **от фазы** на одном периоде частоты промышленной сети с синхронизацией с источником частоты промышленной сети 50 Гц;
- **контроль формирования сигналов РЗ и ПА** – осциллограф с внешней синхронизацией и измерением на выбранном участке осциллограммы уровней и частот гармонических составляющих, уровня шума и соотношения сигнал/шум.

### 2.2.3 Расчет параметров устройств обработки и присоединения по программе WinTrakt

#### Возможности ПО WinTrakt

При определении соответствия измеренных значений параметров ВЧ тракта и составляющих его элементов требуемым значениям, встаёт вопрос – с чем сравнивать полученные при измерениях результаты. Такое сравнение необходимо для того, чтобы решить соответствуют или нет измеренные значения требуемым. И если нет, то – выявить и устранить причины отмеченного отклонения.

Наиболее достоверным материалом для сравнения результатов измерений и принятия на основании этого сравнения правильного решения о качестве измеряемого объекта, являются результаты соответствующего расчёта по программе WinTrakt. Алгоритм, положенный в основу программы WinTrakt, разработан с использованием теории распространения ВЧ сигналов по многопроводным неоднородным ЛЭП и достоверно отражает особенности частотных зависимостей измеряемых параметров ВЧ тракта и его элементов.

В рамках рассматриваемой в настоящем издании области, программа WinTrakt может быть использована для расчета параметров устройств обработки и присоединения к ВЛ, а именно ВЧЗ и ФП (в том числе совместно с кабелем). При этом:

- расчет ВЧ заградителя осуществляется в соответствии с файлом программы WinTrakt «расчёт ВЧЗ», в котором приведена схема для расчёта модуля полного сопротивления ВЧЗ и его активной и реактивной составляющих. Схема позволяет определить частотные зависимости этих параметров ВЧЗ для разных типов ВЧЗ;
- расчет фильтра присоединения (с конденсатором связи и ВЧ кабелем) осуществляется в соответствии с файлом программы WinTrakt «расчёт ФП», в котором приведена схема для расчёта частотных зависимостей всех ВЧ параметров ФП (рабочее затухание, затухание несогласованности со стороны ВЧ кабеля и со стороны линии и входные сопротивления со стороны ВЧ кабеля и со стороны линии) для разных типов ФП. При необходимости проверки ФП совместно с ВЧ кабелем, тип и длина кабеля вводятся там же, где вводятся параметры рассматриваемого ФП.

Определение с помощью программы WinTrakt повреждённого элемента схемы ВЧЗ или ФП, вызывающего отклонение их параметров от нормы, возможно потому, что каждому виду повреждения соответствует свой уникальный характер частотной зависимости параметров рассматриваемого устройства. Поэтому, сопоставляя результаты измерений с результатами расчётов (с имитацией разных видов повреждения элементов схемы ВЧЗ или ФП), можно с большой степенью достоверности выявить повреждённый элемент.

Результаты расчета ПО WinTrakt представляются в виде шаблонов частотных характеристик электрических параметров оборудования и оперативно экспортируются в управляющее ПО анализатора AnCom A-7/307, где отображаются в виде графика – в одном окне с измеряемой характеристикой.

Из ПО WinTrakt в ПО анализатора AnCom A-7/307 могут экспортироваться следующие характеристики:

- АЧХ рабочего затухания и затухания несогласованности слева (и справа);
- модуль входного сопротивления, действительная часть входного сопротивления, мнимая часть входного сопротивления, фазовый угол входного сопротивления – все характеристики слева (и справа).

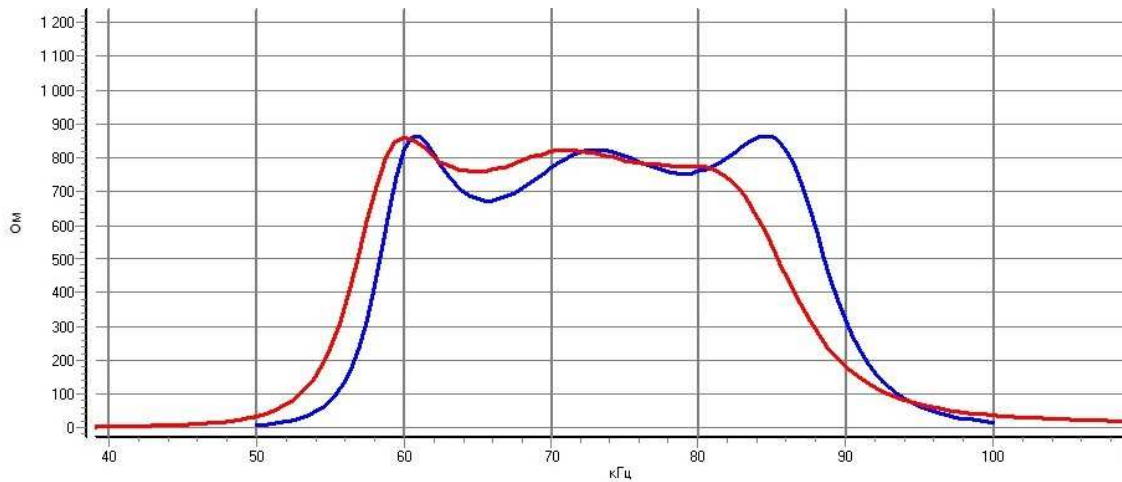
Важным преимуществом использования результатов расчётов по программе WinTrakt для анализа результатов измерений является возможность моделирования повреждения ВЧ кабеля и того или иного элемента схемы ВЧЗ и ФП с КС, что облегчает выявление и устранение причин отклонения измеренных значений параметров рассматриваемого объекта от расчетных номинальных и предельных.

Таким образом, использование ПО WinTrakt совместно с анализатором AnCom A-7/307 обеспечивает инструментарий для оперативного контроля и поиска неисправностей рассматриваемых элементов.

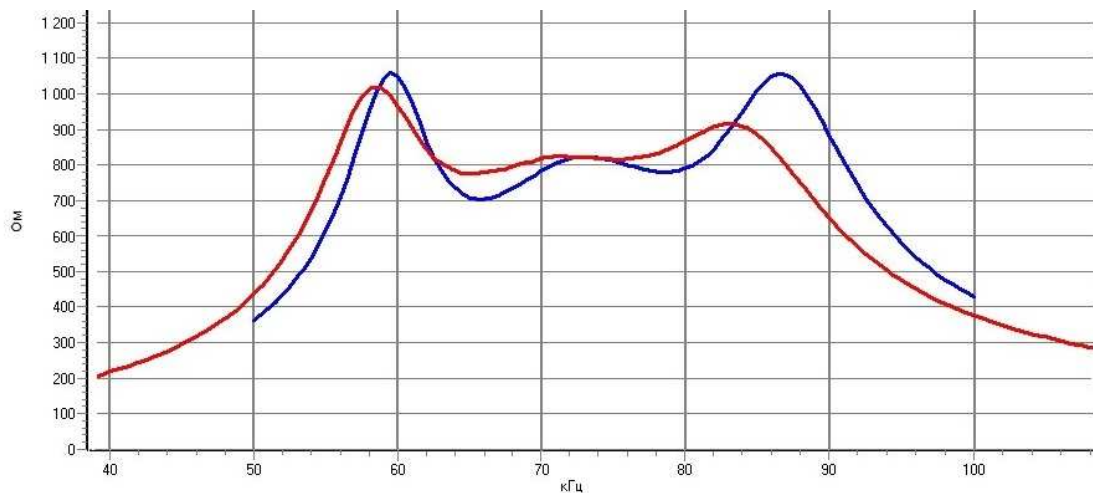
Приведём примеры использования программы WinTrakt для моделирования параметров исправных ВЧЗ и ФП и этих же устройств с повреждением элементов их схем.

### Примеры использования программы WinTrakt для моделирования параметров ВЧЗ

На рис. 2.1 приведены измеренные частотные зависимости модуля сопротивления исправного ВЧЗ и его действительной части с шаблоном, полученным расчётом по программе WinTrakt.



а)



б)

Рисунок 2.1. Результаты *измерения* (красная кривая) и *расчётов* (синяя кривая) полного сопротивления исправного ВЧЗ.  
ПС Рени. НТЦ Энергосвязь 2013. ВЗ-630-0,5 с ЭНС-0,5 (59-82 кГц).  
а) действительная часть (R), б) модуль (Z).

Характер измеренных и расчётных зависимостей совпадает достаточно хорошо. Имеющиеся расхождения кривых обуславливается различиями между принятыми в расчёте номинальными значениями индуктивностей и ёмкостей ЭН ВЧЗ и их реальными значениями.

Результатов измерения сопротивления повреждённого ВЧЗ мы не имеем. Поэтому для примера влияния повреждения на частотные зависимости полного сопротивления ВЧЗ приведём только расчётные зависимости, из которых видно, как они изменяются относительно этих же зависимостей для исправного ВЧЗ.

На рис. 2.2 приведены расчётные частотные зависимости модуля и мнимой части полного сопротивления ВЧЗ с имитацией разрыва цепи конденсатора С1, включённого параллельно реактору.

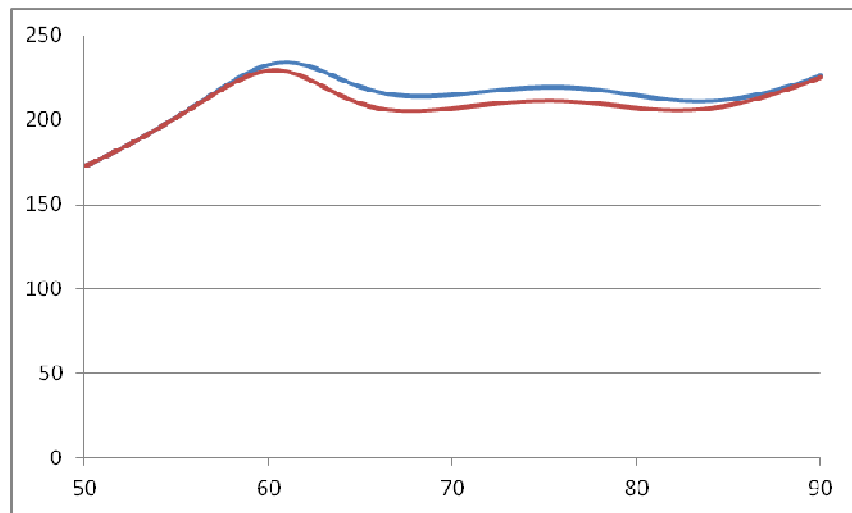
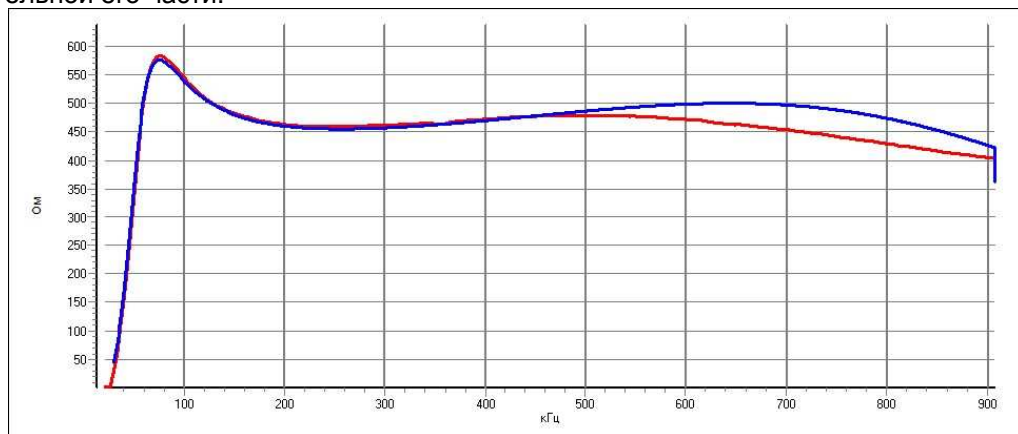


Рисунок 2.2. Частотные зависимости сопротивления повреждённого ВЧЗ модуль (синяя кривая) и мнимая часть (красная кривая)

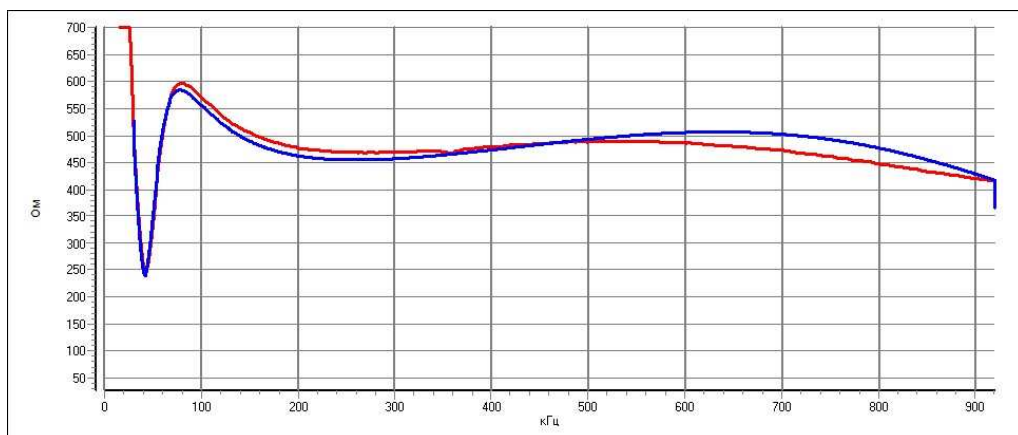
Как видно из сопоставления рис.2.1 и 2.2, повреждение существенно меняет характер сопротивления ВЧЗ (в полосе заграждения ВЧЗ доля мнимой части существенно увеличивается и она становится индуктивного характера во всей полосе).

### Примеры использования программы WinTrakt для моделирования параметров ФП

На рис. 2.3 приведены измеренные частотные зависимости входного сопротивления исправного ФП и его действительной части, совмещённые с зависимостями, полученными расчётом по программе WinTrakt. Мнимая часть полного сопротивления намного меньше действительной его части.



а)



б)

Рисунок 2.3. Результаты измерения (красная кривая) и расчётов (синяя кривая) входного сопротивления исправного ФП ФПМР6400 (48-1000) со стороны ЛЭП. а) действительная часть (R), б) модуль (Z).

Результатов измерения параметров повреждённого ФП мы не имеем. Поэтому для примера влияния повреждения на частотные зависимости входного сопротивления ФП приведём только расчётные зависимости, из которых видно как они изменяются относительно этих же зависимостей для исправного ФП.

На рис. 2.4 и 2.5 приведены расчётные частотные зависимости мнимой части входного сопротивления ФП с имитацией повреждения (закорачивания) конденсатора  $C$ , включённого параллельно вторичной обмотке воздушного трансформатора. Действительная часть входного сопротивления в обоих случаях близка к нулю.

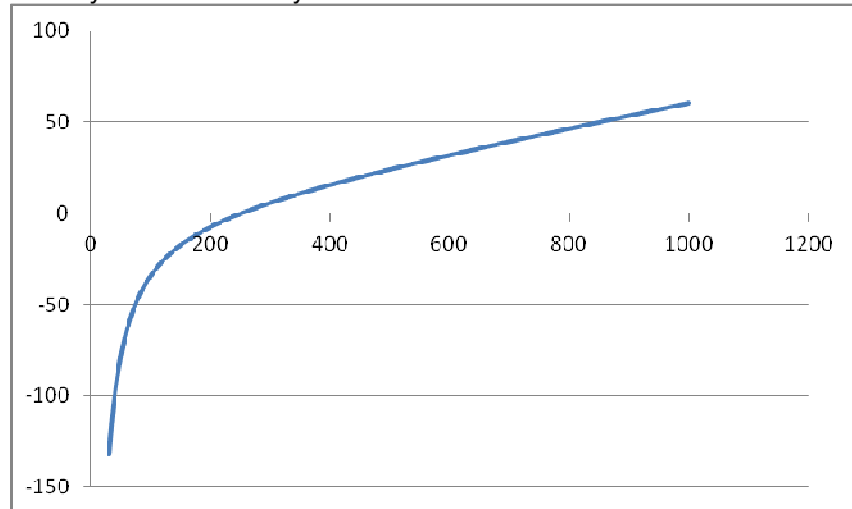


Рисунок 2.4. Результаты расчётов мнимой части входного сопротивления повреждённого ФП со стороны ВЧ кабеля.

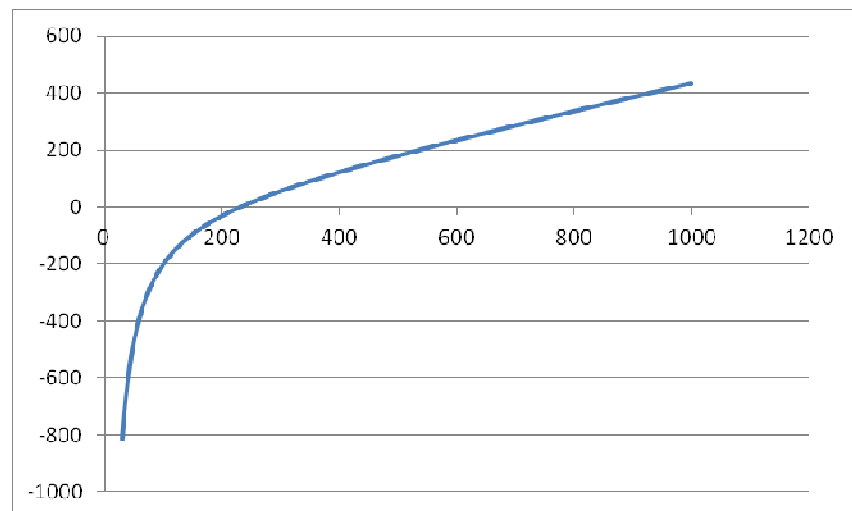
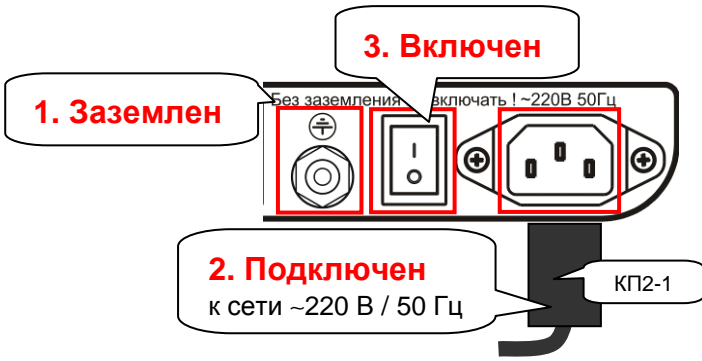
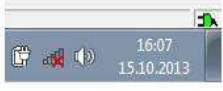

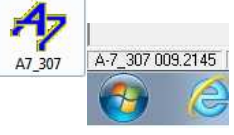
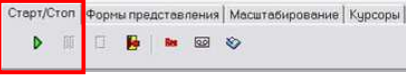
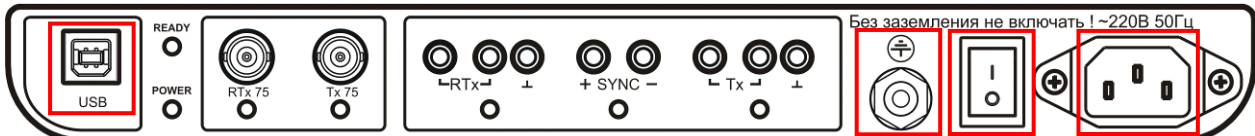


Рисунок 2.5. Результаты расчётов мнимой части входного сопротивления повреждённого ФП со стороны линии.

## 2.2.4 Включение анализатора

<p>Включить анализатор в сеть (не обязательно – анализатор может работать автономно)</p>	<p>Перед включением в сеть анализатор должен быть заземлен.</p> 
<p>Включить нетбук в сеть (не обязательно – нетбук может работать автономно)</p>	 <p>Индикаторы «вилка» показывают, что анализатор и/или нетбук питаются от сети.</p>
<p>Подключить анализатор к нетбуку через кабель USB A-B</p>	
<p>Включить питание нетбука и запустить управляющее ПО на нетбуке</p>	 <ul style="list-style-type: none"> <li>• ярлык находится на рабочем столе нетбука,</li> <li>• серийный номер анализатора в левом нижнем углу управляющего ПО свидетельствует о правильном подключении анализатора к нетбуку</li> </ul>
<p>Произвести старт анализатора</p>	 <p>кнопка «Старт» должна мигать при правильном включении анализатора.</p>
	

## 2.2.5 Загрузка измерительных задач (заводские и пользовательские конфигурации)

### Сервисные возможности

Совокупность значений параметров настройки анализатора может быть сохранена и воспроизведена как уникальная конфигурация:

- количество сохраненных конфигураций не ограничено;
- конфигурирование обеспечивает возможность создания библиотек типовых измерительных решений;
- в составе анализатора поставляются типовые конфигурации, сценарии и маски, предназначенные в т.ч. для измерений в области ВЧ связи.

**Конфигурация** – сохраненные измерительные и пользовательские настройки анализатора, предназначенные для оперативного решения определенной измерительной задачи.

### Как загрузить и сохранить конфигурацию

Управление | Настройки | Сигналы | Опции | Окна | Помощь

Сценарий

Загрузить конфигурацию F3

Сохранить конфигурацию Ctrl+F3

Старт/Стоп | Формы представления | Масштабирование | Курсоры

Старт/Стоп

Старт

Пауза

Стоп

Выход F10

Сохранение результатов

Просмотр результатов

Загрузить файл конфигурации

Папка: ФП

Мой документы

Мой компьютер

Локальный диск (C:)

AnCom

A-7\_307

Config

ВЧ\_связь

Имя файла: ФП\_РабочееЗапущение

Тип файлов: Файл конфигурации

Загрузить файл конфигурации

Папка: ФП

ФП\_РабочееЗапущение\_16\_200кГц

ФП\_РабочееЗапущение\_16\_1000кГц

Имя файла: ФП\_РабочееЗапущение\_16\_200кГц

Тип файлов: Файл конфигурации

Открыть

Помощь

Запись состояния генератора

Установка соединения с удаленным прибором

Генератор

SIN

SIN2

ПСС

МЧС

ШУМ

Блокировка

Удаленный генератор

SIN

SIN2

ПСС

МЧС

ШУМ

Блокировка

Мастер частоты

SIN

Блокировка

Мастер частоты

уд. SIN

уд. Блокировка

Мастер уровня

SIN

Блокировка

Мастер уровня

уд. SIN

уд. Блокировка

СуперСел

SIN

Блокировка

SYNC

Блокировка

OK

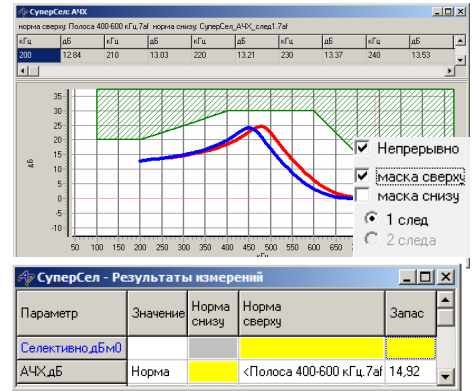
- создание/редактирование/загрузка конфигураций является основным приемом работы с анализатором;
- конфигурации, описанные в настоящем издании, размещены в папке AnCom\A-7\_307\Config\ВЧ\_связь;
- загрузка конфигурации производится из меню Управление → Загрузить конфигурацию (F3);
- сохранение изменений, внесенных в конфигурацию, производится из меню Управление → Сохранить конфигурацию (Ctrl+F3); в окне «Запись состояния генератора» указать Генератор →  Блокировка;
- сохранять изменения рекомендуется под новым информативным именем («Сохранить как...») в той же папке, откуда загружалась оригинальная конфигурация.

**Для загрузки описанных ниже конфигураций, обновите управляющее ПО анализатора AnCom A-7/307**

## 2.2.6 Нормирование результатов измерений: загрузка и редактирование масок

### Сервисные возможности

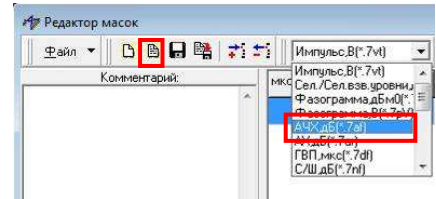
- нормирование результатов (затухание, сигнал/шум...);
- определение факта удовлетворения нормам (соотв./несоотв.) и количественное определение запаса удовлетворения совокупности норм;
- нормирование характеристик (АЧХ, ГВП, селективные уровни, рефлектограмма...) путем определения шаблонов (масок), ограничивающих нормируемую характеристику снизу и сверху;
- формирование «следов» графиков от предыдущих циклов измерений – в одном окне текущий и до двух предыдущих графиков измеряемой характеристики;
- сохранение графиков в качестве масок для последующего сопоставления с результатами новых измерений.



**Маска** – ограничивающий шаблон «сверху» или «снизу» для проведения проверки измеряемого параметра на соответствие норме и определения величины запаса.

### Как редактировать маску

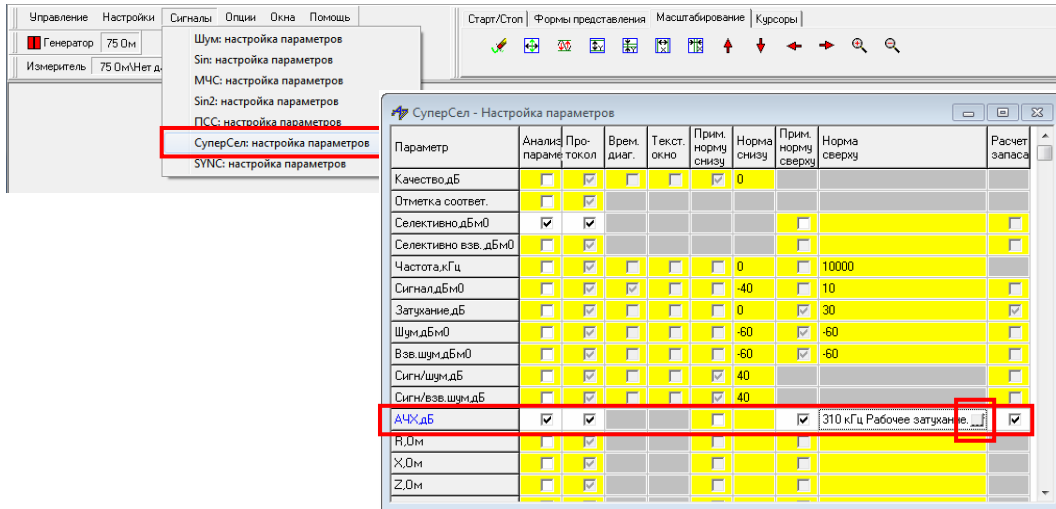
- вызов редактора масок производится из меню Настройки → Редактор масок;
- выбрать из списка тип маски, соответствующий названию окна с измеряемым параметром
  - Сел./Сел.взв.уровни (\*.7sf) – для Сел. уровни и Сел.взв.уровни,
  - АЧХ, дБ (\*.7af) – для «СуперСел: АЧХ»,
  - R/X/Z, Ом (\*.7zf) – для «СуперСел: R» / «СуперСел: X» / «СуперСел: Z»,
  - Анс, дБ (\*.7kf) – для «СуперСел: Анс»;
- нажать кнопку «Открыть» и выбрать маску из папки Masks → AnCom\A-7\_307\Masks\ВЧ\_связь\...;
- ввести изменения, соответствующие требованиям к измеряемому оборудованию;
- для удобства рекомендуется сохранять измененную маску копкой «Сохранить как» в той же папке, в которой находится исходная маска для данного измерения;
- задаваемое имя маски произвольное, однако, рекомендуется делать его информативным и коротким для быстрого поиска через меню окна «Выбор маски», например, «310 кГц Рабочее затухание РФ.7af».



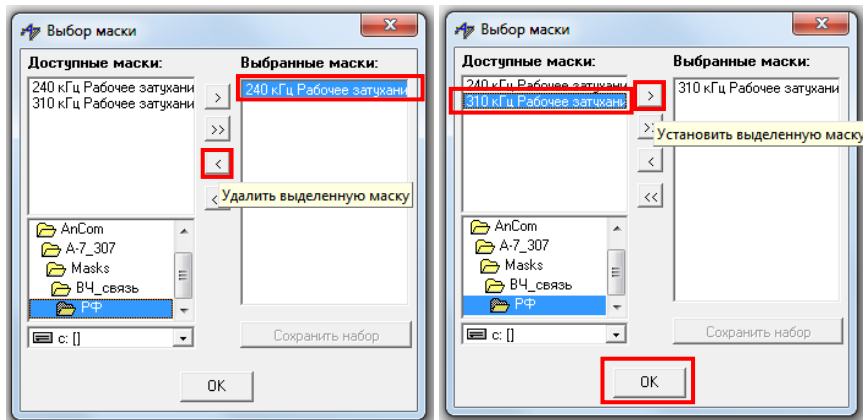


### Как наложить отредактированную маску на график

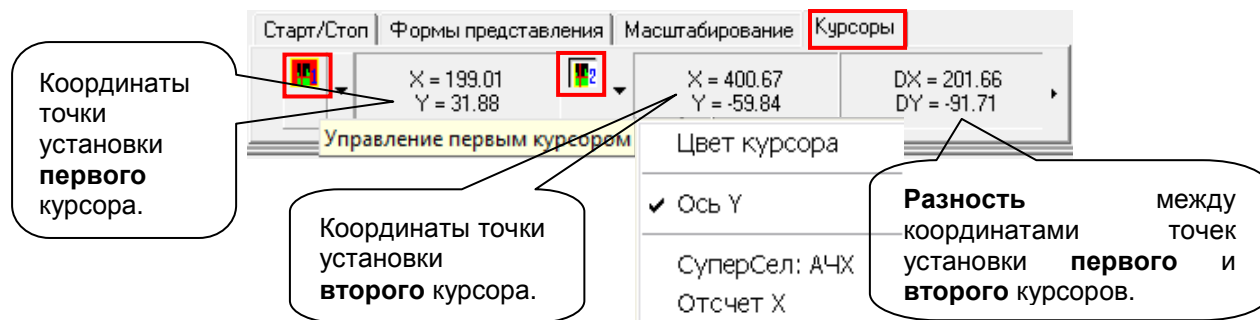
- в загруженной конфигурации открыть окно «СуперСел: настройка параметров» из меню Управление → СуперСел: настройка параметров;
- в строке измеряемого параметра вызвать окно «Выбор маски» кнопкой, расположенной в графе «Норма сверху» или «Норма снизу»;





- выделить мышью старую/редактируемую маску из списка «Выбранные маски» и выгрузить ее кнопкой «<<»;
- выделить мышью новую/отредактированную маску из списка «Доступные маски» и установить ее кнопкой «>>»;
- рекомендуется сохранять конфигурацию с установленной измененной маской в той же папке, что и оригинальная конфигурация, но под новым информативным именем – для последующих оперативных измерений; например, «310 кГц Рабочее затухание РФ.cfg».



## 2.2.7 Измерительные курсоры: координаты точек на графике






### Как установить курсоры и рассчитать разность между координатами двух точек на графике

- для установки первого курсора кликните мышкой по окну графика – в точку установки первого курсора и нажмите клавишу "Enter"
  - панель "Управление" → Курсоры → в поле  появятся координаты X;Y;
- для установки второго курсора кликните мышкой по окну графика – в точку установки второго курсора и нажмите клавишу "Enter" второй раз
  - панель "Управление" → Курсоры → в поле  появятся координаты X;Y,
  - панель "Управление" → Курсоры → появятся разности DX;DY между координатами точек установки первого и второго курсоров;
- для того чтобы курсор точно «встал» на график (по оси Y) выберите в панели "Управление" → Курсоры → Управление первым/вторым курсором ▼ пункт между «Ось Y» и «Отсчет X», например, «СуперСел: АЧХ»;
- для удаления обоих курсоров – кликните мышкой по окну графика и нажмите "Enter" третий раз.

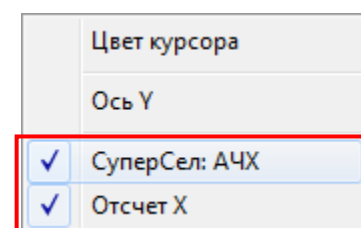


### Как перемещать уже установленные курсоры по области окна

- переключить управление на требуемый курсор: панель "Управление" → Курсоры → нажать соответствующую кнопку
  - «Управление первым  курсором»,
  - «Управление вторым  курсором»;
- перемещение с малым шагом – перемещение клавишами (↑↓←→)
- перемещение со средним шагом – Shift + стрелки;
- перемещение с большим шагом – Ctrl + стрелки;
- чтобы перемещать одновременно оба курсора при сохранении постоянных значений разности DX;DY между ними
  - выберите в панели "Управление" → Курсоры → Управление вторым курсором ▼ пункт «Окно X»,
  - нажмите в панели "Управление" → Курсоры → Управление первым курсором – кнопку «Управление первым  курсором»,
  - перемещайте оба курсора клавишами (↑↓←→);
- если точно переместить измерительный курсор на конкретную точку не удастся, то необходимо немного изменить масштаб (либо увеличить, либо уменьшить).

### Первый курсор сопровождает построение графика (привязывается к текущей измеряемой точке на графике)

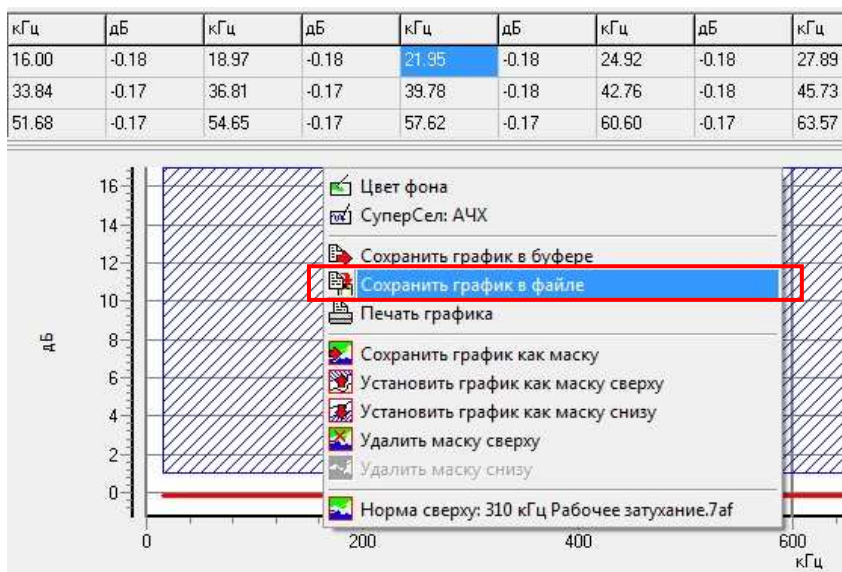
- вызвать меню первого курсора: панель "Управление" → Курсоры → Управление первым курсором ▼;
- выбрать пункт между «Ось Y» и «Отсчет X», например, «СуперСел: АЧХ»;
- выбрать пункт «Отсчет X».



## 2.2.8 Сохранение результатов измерений

**Рисунок** – для последующей вставки в графические и текстовые редакторы:

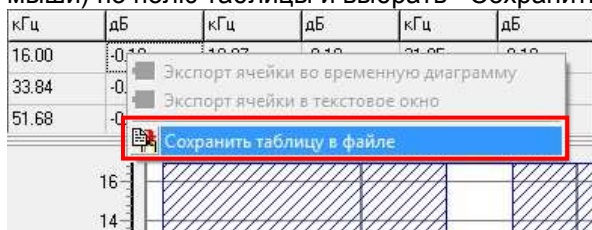
- по окончании измерений, вызвать меню графика двойным кликом (левая клавиша мыши) по полю графика и выбрать «Сохранить график в файле»;



- для оперативного добавления графика в графический или текстовый редактор (через команду «Вставить из буфера») – выбрать «Сохранить график в буфере».

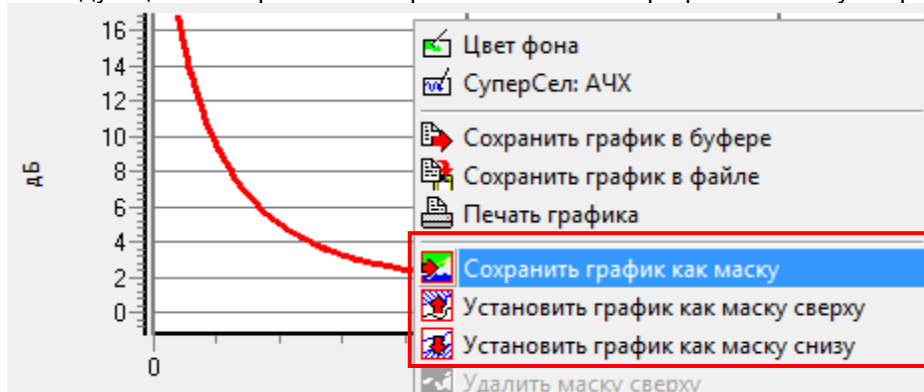
**Таблица** – для последующего экспорта и вторичной обработки в табличных (Excel) и математических редакторах:

- по окончании измерений, вызвать меню таблицы двойным кликом (левая клавиша мыши) по полю таблицы и выбрать «Сохранить таблицу в файле».



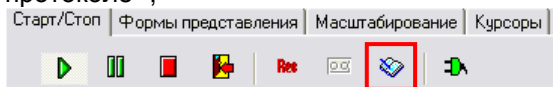
**Маска** – для последующего сопоставления с результатами новых измерений:

- по окончании измерений, вызвать меню графика двойным кликом (левая клавиша мыши) по полю графика и выбрать «Сохранить график как маску»;
- для оперативного сопоставления полученного результата с результатами последующего измерения – выбрать «Установить график как маску сверху/снизу».

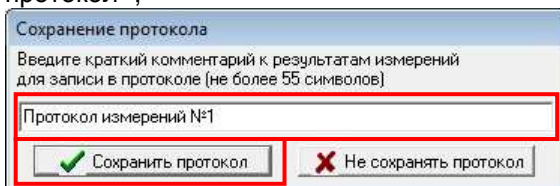


**HTML-протокол** – открываемый в браузере и готовый к распечатке отчет: графики, таблицы, соответствие норме и настройки анализатора:

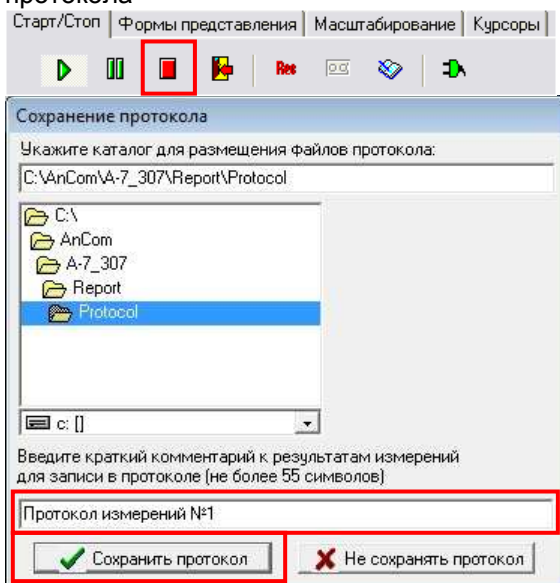
- по окончании измерений нажать на кнопку «сохранение результатов измерений в протоколе»;



- вести краткий комментарий к результатам измерений и нажать кнопку «Сохранить протокол»;

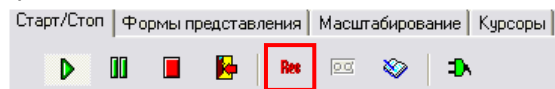


- по завершении сеанса работы (кнопка «Стоп»), выбрать место сохранения html-протокола

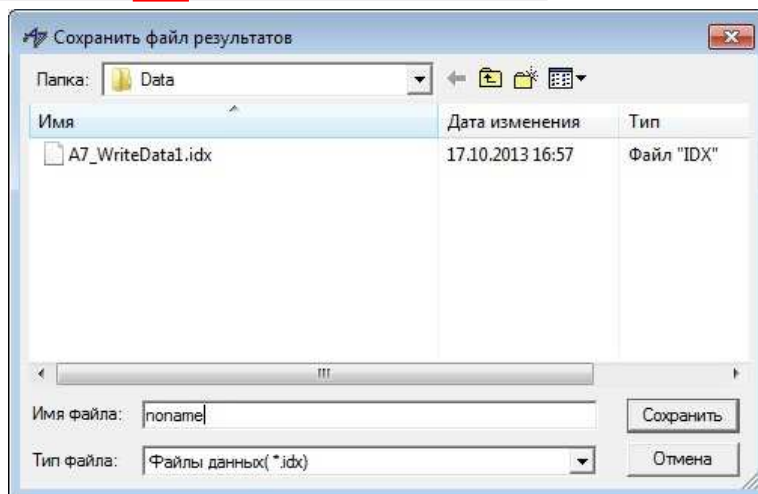
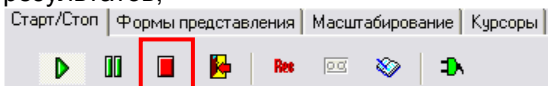


**В файле** – сохранение результатов измерения в файле («видео ролик») – для последующего воспроизведения процесса измерения:

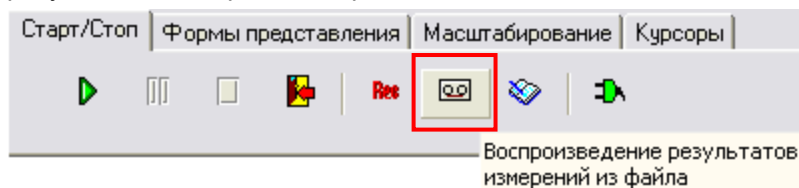
- перед запуском измерения нажать кнопку «сохранение результатов измерения в файл»;



- по завершении сеанса работы (кнопка «Стоп»), выбрать место сохранения файла результатов;



- для просмотра сохраненных результатов измерений нажать кнопку «воспроизведение результатов измерения из файла».



### 3 Фильтр присоединения (ФП)

#### 3.1 Общие сведения

Фильтр присоединения совместно с конденсатором связи образует устройство присоединения (УП) к проводу ЛЭП (фазе или тросу ВЛ и фазе или экрану КЛ). Для сигналов высоких частот, передаваемых через УП, оно может рассматриваться, как несимметричный пассивный четырёхполюсник.

УП обеспечивает подключение аппаратуры уплотнения (АУ) к ЛЭП по схеме провод - земля. Различные виды схем присоединения АУ к двум проводам (провод - провод, два провода - земля) реализуются с помощью двух комплектов ФП с КС.

УП (ФП совместно с КС) образует полосовой фильтр или фильтр верхних частот и выполняет следующие функции:

- передачу ВЧ сигналов от АУ к ВЛ с наименьшими потерями (с согласованием номинального сопротивления АУ с характеристическим сопротивлением ЛЭП);
- защиту аппаратуры уплотнения и персонала от воздействия рабочего напряжения электрической сети и всех видов перенапряжений, возникающих в ней.

Обобщённая блок-схема ФП с указанием её основных функциональных элементов (и с указанием подключения ФП через КС к проводу ЛЭП) показана на рис.3.1.

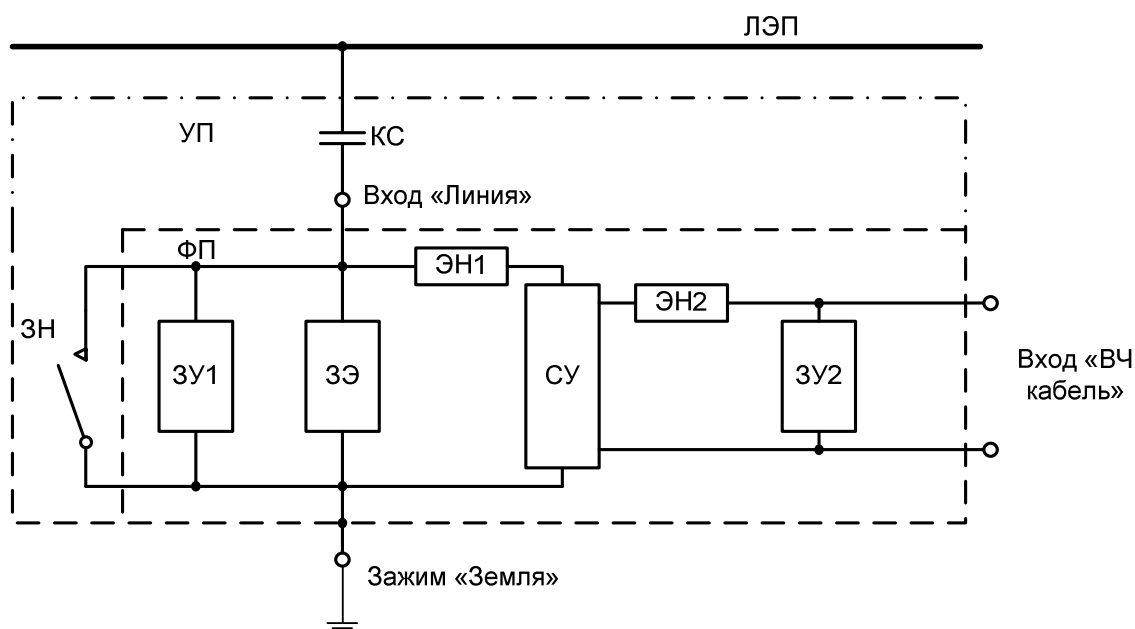


Рис.3.1 Схема подключения ФП через КС к проводу ЛЭП

Расшифровка обозначений элементов, приведённых на рис.3.1, и их функциональное назначение следующие:

- КС – конденсатор связи, предназначенный для подключения к находящемуся под высоким напряжением проводу;
- ЗН – заземляющий нож, предназначенный для заземления нижней обкладки КС при работах на ФП;
- ЗУ1 – защитное устройство со стороны линии, предназначенное для защиты ФП, аппаратуры уплотнения и ВЧ кабеля от перенапряжений (коммутационных, от коротких замыканий и грозовых), приходящих с ВЛ;
- ЗУ2 – защитное устройство со стороны ВЧ кабеля, предназначенное для защиты аппаратуры уплотнения и ВЧ кабеля от повреждений при различных перенапряжениях, приходящих с ВЛ;
- ЗЭ – заземляющий элемент, предназначенный для заземления нижней обкладки КС для тока промышленной частоты (50 Гц). ЗЭ и КС обеспечивают защиту ФП, персонала и аппаратуры уплотнения от воздействия напряжения 50 Гц;
- ЭН1 и ЭН2 – элементы настройки, предназначенные для создания вместе с КС схемы фильтра с минимальными потерями в полосе (полосах) пропускания; Элемент ЭН2,

кроме того, может быть предназначен для ограничения тока 50 Гц в ВЧ входных/выходных цепях аппаратуры уплотнения, возникающего при КЗ на ПС и ЛЭП и обусловленного разностью потенциалов заземляющего контура в местах установки ФП и АУ;

- СУ – согласующее устройство, предназначенное для согласования сопротивлений линейного ВЧ тракта и ВЧ кабеля.

*Примечание:*

- указанные функциональные элементы ФП могут существовать в составе ФП, как самостоятельные единицы, и могут быть частично или полностью объединены;
- заземляющий нож может не входить в состав ФП. В этом случае должен устанавливаться внешний заземляющий нож.

В Российской Федерации ФП выпускаются несколькими производителями. Основные из них:

- ОАО «Научно-производственное объединение «Московский радиотехнический завод»;
- ЗАО «НПП Электронные информационные системы»;
- ОАО «Раменский электротехнический завод Энергия»;
- ООО «Росэнергосервис».

Все серийно выпускаемые в Российской Федерации ФП предназначены для присоединения к ВЛ. ФП для присоединения к КЛ выпускаются только по спецзаказу.

В выпускаемых ФП функции, которые должны выполнять элементы настройки (ЭН1 и ЭН2), заземляющее и согласующее устройства (ЗЭ и СЭ) выполняются без четкого разграничения на различные части. Одна из распространённых схем ФП с такой реализацией приведена на рис. 3.2 (без указания защитных устройств).

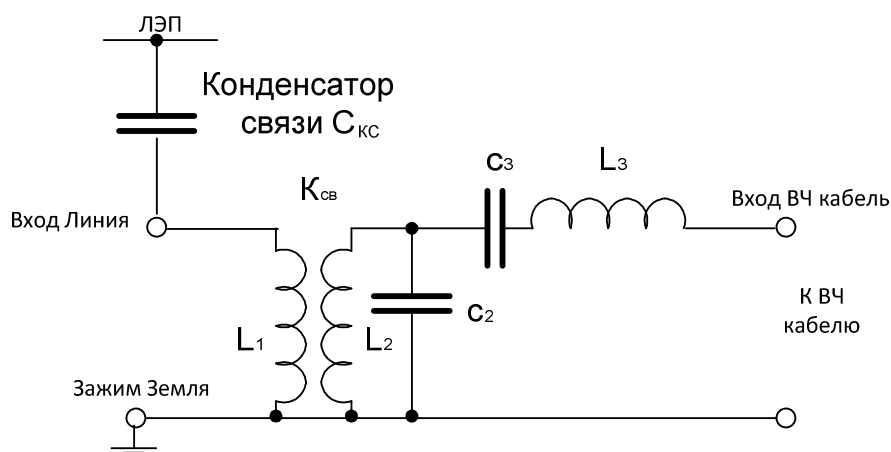


Рис. 3.2. Пример принципиальной схемы ФП (с указанием соединения ФП с КС)

В этой схеме воздушный трансформатор с обмотками  $L_1$  и  $L_2$  и коэффициентом связи между ними  $K_{св}$  выполняет функции СУ, а вместе со всеми остальными элементами ( $C_2$ ,  $L_3$  и  $C_3$ ) - функции ЭН1 и ЭН2. Кроме того, первичная обмотка воздушного трансформатора ( $L_1$ ) выполняет функции ЗЭ. Конденсатор  $C_3$  в том числе обеспечивает ограничение тока 50 Гц, который появляется в жиле кабеля за счет разности потенциалов заземляющей системы в местах установки ФП и аппаратуры уплотнения при КЗ на землю на ПС или в прилегающей сети.

В Российской Федерации и странах СНГ ФП выпускаются для всех существующих типов КС. Для каждого из типов КС имеется ряд модификаций, которые обеспечивают перекрытие полосами пропускания всего доступного для ВЧ связи диапазона частот.

### 3.2 ВЧ параметры, характеризующие ФП

Предметом рассмотрения настоящего раздела являются ВЧ параметры ФП, представляющие наибольший интерес для служб, эксплуатирующих каналы ВЧ связи различного назначения.

ВЧ параметры ФП фактически даются для УП, в котором конденсатор связи представлен эквивалентным конденсатором без потерь. Тем не менее, в дальнейшем при описании этих параметров и методов их измерений будем использовать термин «параметры ФП», а не «параметры УП».

Контролируемыми в рамках эксплуатации ВЧ параметрами ФП являются рабочее затухание и затухание несогласованности (как со стороны линии, так и со стороны ВЧ кабеля), определённые в пределах полосы пропускания ФП.

Граничные частоты полосы пропускания и нормы на значение ВЧ параметров в пределах этой полосы задаются производителем. Кроме того, нормы приведены в стандарте СТО 56947007-33.060.40.125-2012. «Общие технические требования к устройствам обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ». В соответствии с этим СТО в пределах полосы пропускания рабочее затухание ФП должно быть не более 1,5 дБ, а затухание несогласованности ФП – не менее 12,0 дБ.

### 3.3 Методы измерений ВЧ параметров ФП

#### Рабочее затухание

Как и для любого четырёхполюсника, рабочее затухание ФП не зависит от направления передачи сигнала. Обычно оно измеряется в направлении «вход ВЧ кабель → ЛЭП». В этом случае можно использовать генератор AnCom с внутренним сопротивлением  $Z_1$ , которое для ФП принимается равным 75 Ом. Это значит, что можно применить схему рис.2.2.а, которая применительно к ФП представлена на рис.3.3.

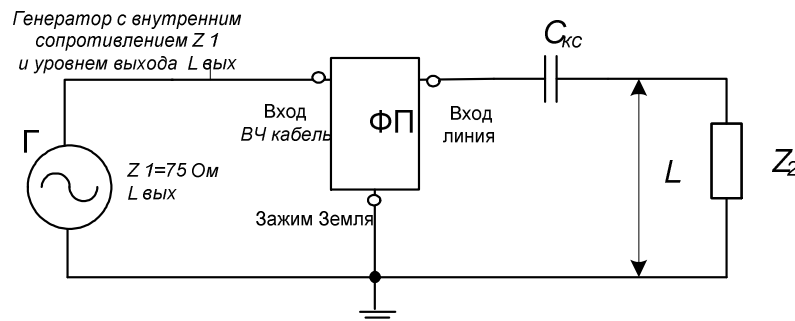


Рис.3.3 Схема измерения рабочего затухания ФП

В схеме рис.3.3 ёмкость конденсатора  $C_{\text{КС}}$  устанавливается равной ёмкости конденсатора связи, с которым должен работать измеряемый ФП (в соответствии с данными производителя ФП).

Сопротивление  $Z_2$  устанавливается равным номинальному сопротивлению со стороны линии. Его значение выбирается по таблице 3.1 в зависимости от номинального напряжения линии, для которой предназначен ФП, и типа присоединения к ВЛ.

Рабочее затухание  $a_p$  (дБ) рассчитывается по формуле (2.2.а), которая в данном случае выглядит, как:

$$a_p = L_{\text{вых}} (\text{дБн}) - L (\text{дБн}) - 10 \lg(Z_2/75), \quad (3.1)$$

где  $L_{\text{вых}}$  – установленный уровень выхода генератора.



Номинальное напряжение ВЛ, кВ		Номинальное сопротивление со стороны линии $Z_2$ , Ом					
		для схемы присоединения					
		фаза-земля	Фаза-фаза <sup>1)</sup>	две фазы – земля <sup>1)</sup>	Трос-земля	Трос-трос <sup>1)</sup>	Два троса-земля <sup>1)</sup>
35		450	400	540	-		
110							
220							
330		330	300	400			
500	Присоединение к фазам	310	275	370	-	-	-
	Присоединение к тросам	-	-	-	550	480	550
750	Присоединение к фазам	280	250	340	-	-	-
	Присоединение к тросам	-	-	-	550	480	550

Примечание: –<sup>1)</sup> На одну фазу (один трос).

Выбор частот, на которых измеряется рабочее затухание, должен выполняться так, чтобы хорошо обрисовать АЧХ затухания в пределах полосы пропускания ФП (включая нижнюю и верхнюю граничные частоты полосы пропускания).

Иногда может потребоваться измерить рабочее затухание в направлении «ЛЭП → вход ВЧ кабель». В этом случае должна применяться общая схема рис.2.2, которая применительно к ФП приведена на рис.3.4.

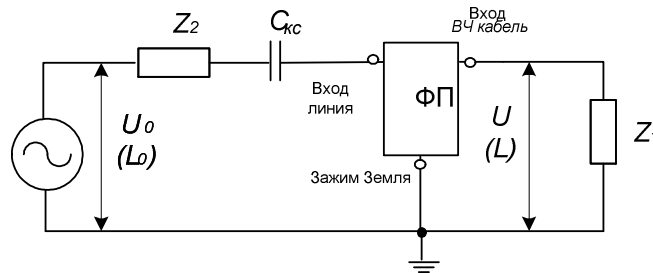


Рис. 3.4 Схема измерения рабочего затухания ФП в направлении «ЛЭП → вход ВЧ кабель».

Определение рабочего затухания производится по формуле, аналогичной (2.2), которой для схемы рис.3.4 имеет вид:

$$a_p = 20Lg \left( \frac{U_0}{2U} \sqrt{\frac{75}{Z_2}} \right) = L_0(\text{дБн}) - L(\text{дБн}) - 10lg(75/Z_2) - 6, \quad (3.2)$$

Сопротивление  $Z_1=75$  Ом может быть подключено к «входу ВЧ кабель» через ВЧ кабель. В этом случае результат измерений соответствует рабочему затуханию системы «ФП+ВЧ кабель».

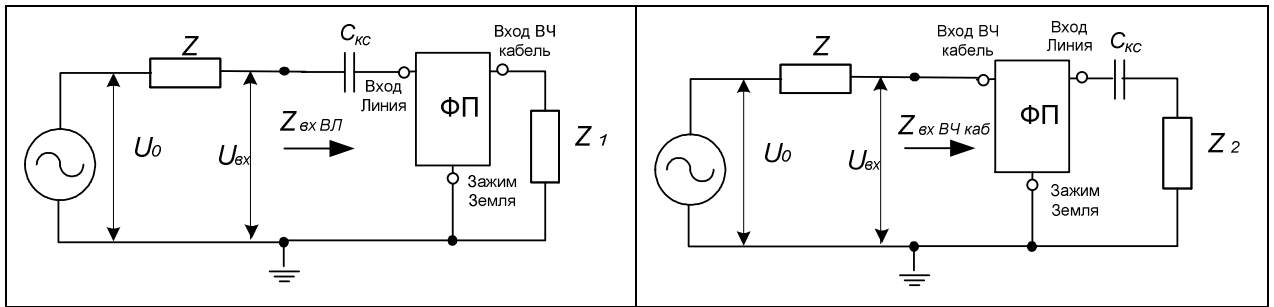
Примерный вид АЧХ рабочего затухания ФП с полосой пропускания 60 – 400 кГц приведён на рис.3.5.



Рис.3.5 Примерный вид АЧХ рабочего затухания ФП

### Затухание несогласованности

Затухание несогласованности ФП может быть определено с использованием выражения (2.3) по результатам измерения комплексного значения входных сопротивлений ФП с разных сторон. Схема измерения показана на рис.3.6. Значение  $Z$  принимается равным 75 Ом.



а)

б)

Рис.3.6 Измерение входного сопротивления ФП:

а) со стороны линии; б) со стороны ВЧ кабеля

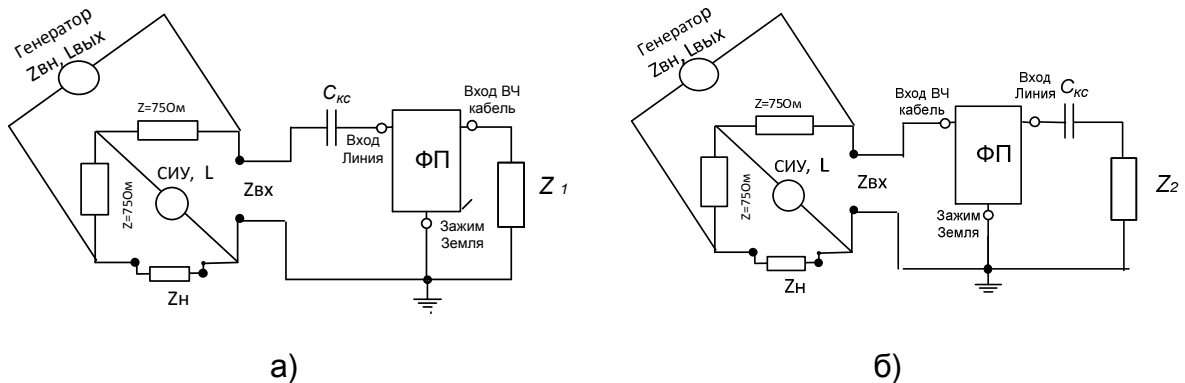
Комплексное значение входного сопротивления  $Z_{вх}$  ВЛ (или  $Z_{вх}$  ВЧ кабеля) определяется по формуле:

$$Z_{вх} = \frac{U_{вх}}{U_0 - U_{вх}} 75, \quad (3.3)$$

где  $U_0$  и  $U_{вх}$  – комплексные значения соответствующих напряжений на рис.3.6 (а или б).

Измерение затухания несогласованности ФП можно провести и с использованием мостовой схемы.

Один из возможных вариантов реализации мостовой схемы представлен на рис.3.7.



а)

б)

Рис.3.7 Схема измерения затухания несогласованности ФП:

а) со стороны линии; б) со стороны ВЧ кабеля

Внутреннее сопротивление  $Z_{вн}$  генератора должно быть нулевым. Полоса избирательности селективного измерителя уровня (СИУ) должна быть не более 25 Гц.

Ёмкость конденсатора  $C_{КС}$  устанавливается равной ёмкости конденсатора связи, с которым должен работать измеряемый ФП (в соответствии с данными производителя ФП).

Сопротивления  $Z_1$  и  $Z_2$  устанавливаются такими же, как и при измерении рабочего затухания.

Сопротивление  $Z_{н}$  в схеме рис.3.7,а устанавливается равным  $Z_2$  (в соответствии с табл.3.1), а в схеме рис.3.7,б - равным  $Z_1=75\text{Ом}$ .

Затухание несогласованности  $a_{НС}$ , дБ, рассчитывается по формуле:

$$a_{НС} = L_{вых}(\text{дБн}) - L(\text{дБн}) - 6 \quad (3.4)$$

где  $L_{вых}$  – установленный уровень выхода генератора,  $L$  – уровень, измеренный СИУ.

Выбор частот, на которых измеряется затухание, несогласованности должен выполняться так, чтобы хорошо обрисовать АЧХ затухания в пределах полосы пропускания ФП (включая нижнюю и верхнюю граничные частоты полосы пропускания).

Примерный вид АЧХ затухания несогласованности ФП с полосой пропускания 60 – 400 кГц приведён на рис.3.8.

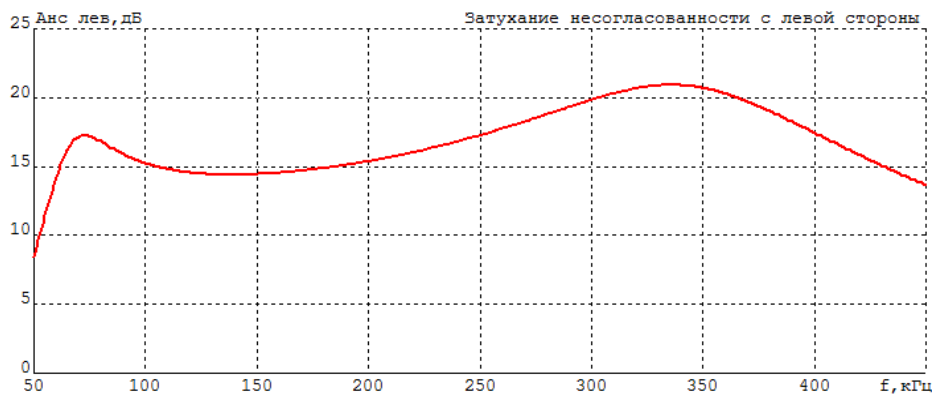


Рис.3.8 Примерный вид АЧХ затухания несогласованности ФП

### 3.4 Методика измерений для AnCom A-7/307

#### 3.4.1 Особенности измерения характеристик ФП

Для измерения параметров ФП в зависимости от типа измерения используются: анализатор AnCom A-7/307, генератор AnCom A11/G, эквивалент номинального сопротивления со стороны линии (Рлэп) Рххх (Ом), эквивалент ёмкости конденсатора связи (Скс) Кххх (нФ), аппаратура ВЧ связи. Значение Сххх устанавливается равным ёмкости конденсатора связи, с которым должен работать измеряемый ФП (в соответствии с данными производителя ФП), Значение Рххх выбирается в зависимости от номинального напряжения линии, для которого предназначен ФП и типа присоединения к ЛЭП. (соответствие Рлэп линии электропередач см. раздел 3.3 таблица 3.1),



Перечень эквивалентов входящих в штатную поставку AnCom A-7/307:

обозначение эквивалента линии	значение Рххх, Ом
P310	310
P330	330
P450	450

обозначение эквивалента конденсатора	значение Кххх, нФ
K3.2	3.2
K4.4	4.4
K4.65	4.65
K6.4	6.4
K7	7.0

Эквивалент Рххх (Ом), Кххх (нФ) с другими номиналами изготавливаются под заказ. Типы эквивалентов и измерительных кабелей зависят от версии анализатора.

Для контроля рабочего затухания (не более 1.5дБ) и затухания несогласованности (не менее 12дБ) используются маски. По умолчанию, во всех конфигурациях маски установлены в частотном диапазоне 0...1000 кГц. При необходимости маски и частотный диапазон могут быть изменены см. раздел «Нормирование результатов измерений: загрузка и редактирование масок». Место хранения масок по ФП (AnCom\A-7\_307\Masks\ВЧ\_связь\ФП\XXX).

### 3.4.2 Общий алгоритм измерений ФП

**Все измерения проводятся с закрытой крышкой ФП.**

Для измерения необходимо:

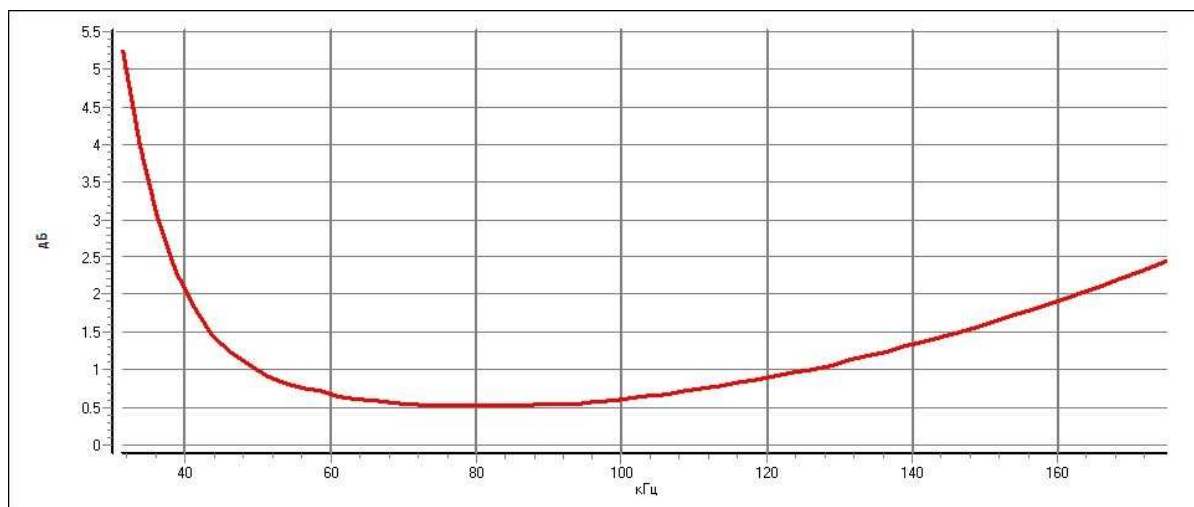
- **запустить прибор** см. раздел «Включение анализатора – Quick Start»;
- **загрузить конфигурацию** см. раздел «Оперативное переключение между задачами: загрузка и редактирование конфигураций» подраздел «Как загрузить и сохранить конфигурацию», место хранения конфигураций для ФП (AnCom\A-7\_307\Config\ВЧ\_связь\ФП\XXX), название конфигурации см. конкретное измерение;
- **произвести индивидуальные настройки**, зависящие от:
  - типа измерения: рабочее затухание, затухание несогласованности, полное сопротивление см. конкретное измерение;
  - направления измерения: измерения со стороны ВЧ кабель, измерения со стороны ЛЭП см. конкретное измерение;
  - типа ФП см. конкретное измерение;
- **собрать схему измерения** см. конкретное измерение;
- **запустить измерение**;
- **получить результат измерения**;

Результатом измерения является заключение о соответствии измеряемых параметров норме. Дополнительно выводятся графики:

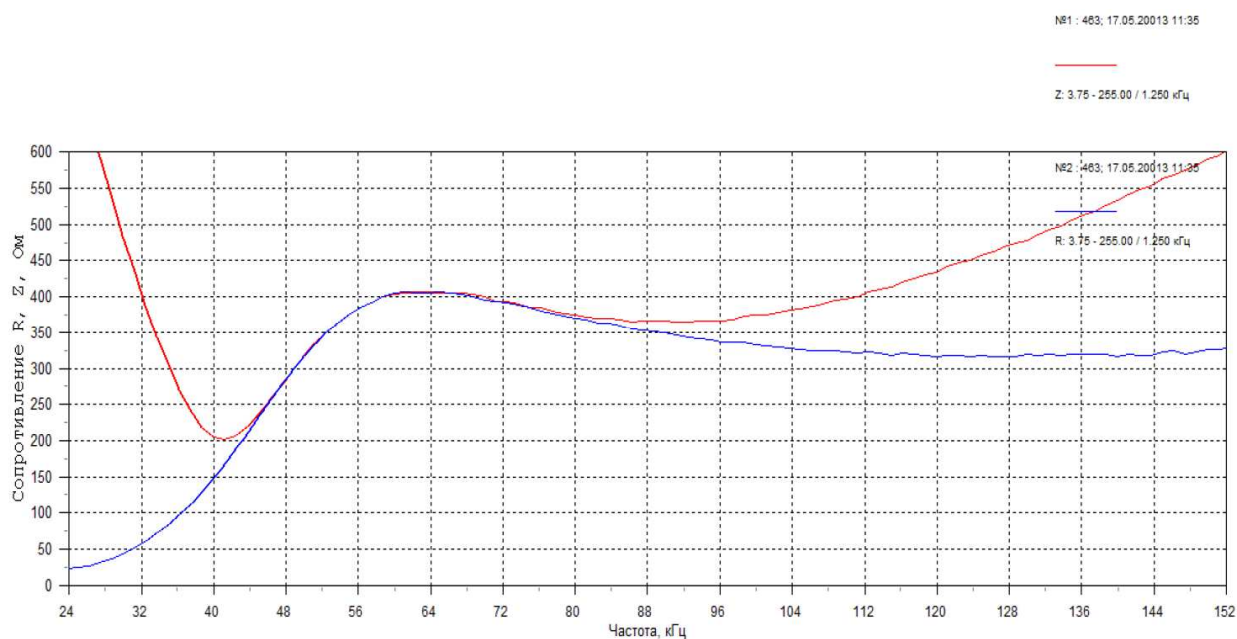
- СуперСел АЧХ – частотная зависимость рабочего затухания или затухания несогласованности в заданной полосе частот;
  - Сел.уровни – оперативное наблюдение за процессом измерения в полосе частот до 1000 кГц;
  - СуперСел R,X,Z – частотная зависимость R (активная составляющая полного сопротивления), X (реактивная составляющая полного сопротивления), Z (модуль полного сопротивления) в заданной полосе частот.
- **сохранить конфигурацию** см. раздел «Оперативное переключение между задачами: загрузка и редактирование конфигураций» подраздел «Как загрузить и сохранить конфигурацию»;
  - **сохранить результаты измерения** см. раздел «Сохранение результатов измерений».

## Примеры измерений.

ПС Рени. НТЦ Энергосвязь 2013



Результаты измерения рабочего затухания фильтра присоединения на эквивалент КС и ВЛ в зависимости от частоты, ФПС-6400 /50-80 кГц



Результаты измерения входного сопротивления ( $R$  – снизу и  $Z$  – сверху) фильтра присоединения на эквивалент РК 75 Ом со стороны ВЛ в зависимости от частоты, ФПС-6400 /50-80 кГц

### 3.4.3 Рабочее затухание ФП

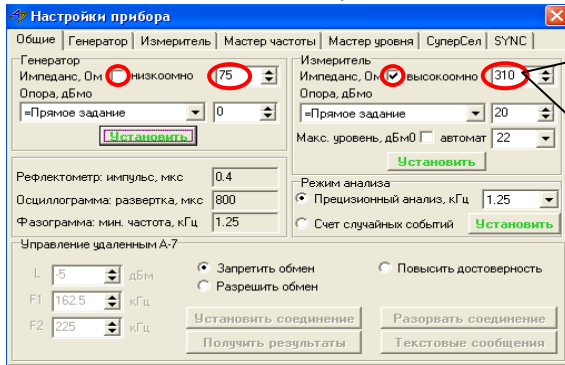
#### 3.4.3.1 Направление измерения рабочего затухания вход ВЧ кабель → вход ЛЭП

Конфигурации:

Диапазон анализа ФП, кГц	Конфигурация
16...200	ФП_РабочееЗатухание_16_200кГц.cfg
16...1000	ФП_РабочееЗатухание_16_1000кГц.cfg

Индивидуальные настройки:

- номинальное сопротивление ЛЭП;



Устанавливается равным номинальному сопротивлению со стороны измерителя (ЛЭП)

Генератор (ВЧ кабель) → Измеритель (ЛЭП)

310 Ом

330 Ом

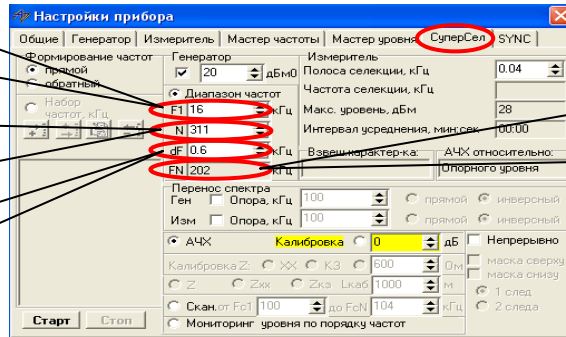
450 Ом

- полоса пропускания ФП.

F1- нижняя частота диапазона анализа ФП, задается пользователем

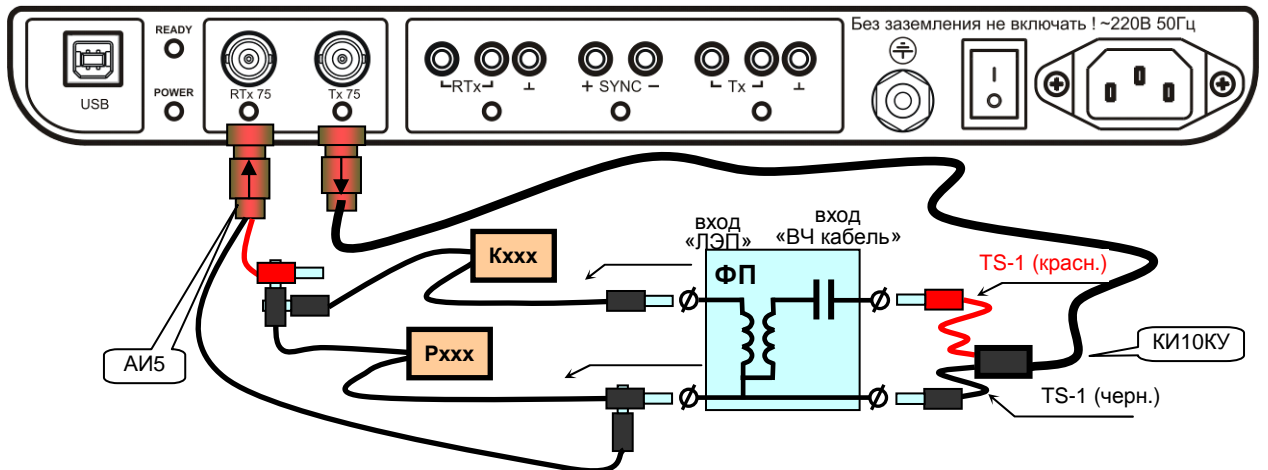
N- кол-во точек АЧХ, с шагом dF, для установки верхней частоты диапазона анализа ФП, задается пользователем

Шаг в диапазоне анализа, задается пользователем



FN- верхняя частота диапазона анализа ФП, FN = dF \* N, устанавливается автоматически

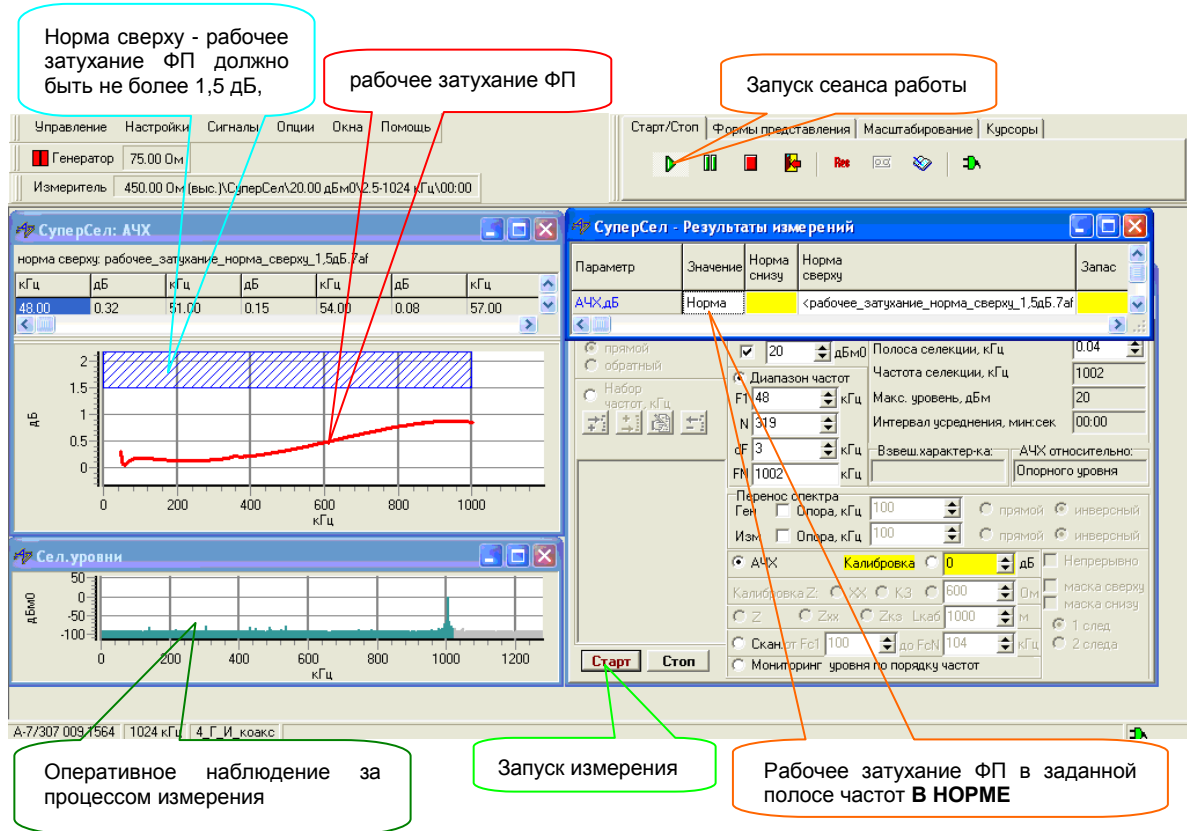
### Схема измерения



Измерения в ВЧ связи. Устройства обработки и присоединения

### Запуск и результат измерения:

- запустить сеанс работы;
- запустить измерение;
- получить результат измерения.





3.4.3.2 Направление измерения рабочего затухания вход ЛЭП → вход ВЧ кабель

Конфигурации:

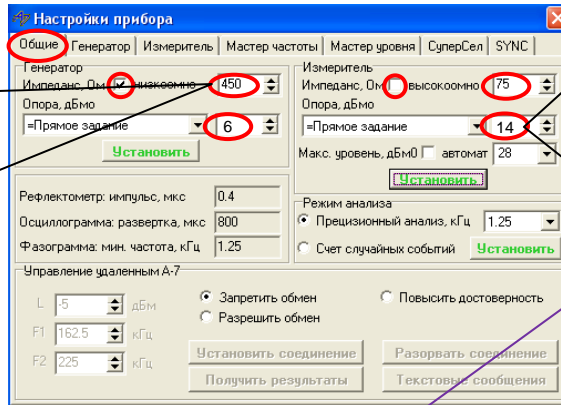
Диапазон анализа ФП, кГц	Конфигурация
16...200	ФП_РабочееЗатухание_16_200кГц.cfg
16...1000	ФП_РабочееЗатухание_16_1000кГц.cfg

Индивидуальные настройки:

- номинальное сопротивление ЛЭП; Опорный уровень Генератора и Измерителя;
- **ВНИМАНИЕ!** В загруженной конфигурации замените Общие-Генератор-Опора = 6 дБм0. Нажмите кнопку **Установить**. После чего Общие-Измеритель-Опора = установите равному новому значению уровня генератора в закладке СуперСел (например, Общие-Измеритель-Опора = СуперСел-Генератор = 14 дБм0). Нажмите кнопку **Установить**.

Устанавливается равным номинальному сопротивлению со стороны генератора (ЛЭП)

Генератор (ЛЭП) → Измеритель (ВЧ кабель)
310 Ом
330 Ом
450 Ом



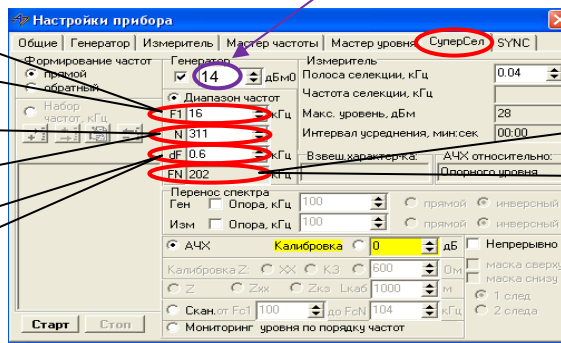
Настраивается после установки **Общих настроек Генератора!**  
Опорный уровень измерителя выбирается равным уровню генератора, устанавливаемого в закладке СуперСел. автоматически после установки **Общих настроек Генератора.**

- полоса пропускания ФП.

F1- нижняя частота диапазона анализа ФП, задается пользователем

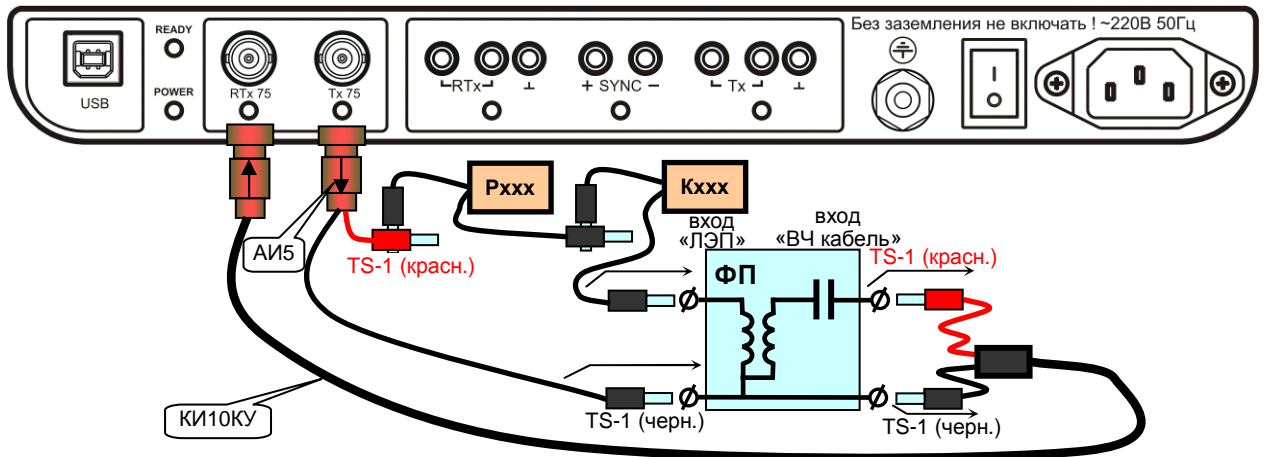
N- кол-во точек АЧХ, с шагом dF, для установки верхней частоты диапазона анализа ФП, задается пользователем

Шаг в диапазоне анализа, задается пользователем



FN- верхняя частота диапазона анализа ФП, FN = dF \* N, устанавливается автоматически

Схема измерения



Измерения в ВЧ связи. Устройства обработки и присоединения

### Запуск и результат измерения:

- запустить сеанс работы;
- запустить измерение;
- получить результат измерения.

Norma сверху - рабочее затухание ФП должно быть не более 1,5 дБ,

рабочее затухание ФП

Запуск сеанса работы

Оперативное наблюдение за процессом измерения

Запуск измерения

Рабочее затухание ФП в заданной полосе частот В НОРМЕ

Управление Настройки Сигналы Опции Окна Помощь

Старт/Стоп Формы представления Масштабирование Курсоры

Генератор 75.00 Ом

Измеритель 450.00 Ом (выс.) \СуперСел\20.00 дБм\0\2.5-1024 кГц\00:00

СуперСел: АЧХ

норма сверху: рабочее\_затухание\_норма\_сверху\_1,5дБ.7af

кГц	дБ	кГц	дБ	кГц	дБ	кГц	дБ
48.00	0.32	51.00	0.15	54.00	0.08	57.00	

СуперСел - Результаты измерений

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
АЧХ, дБ	Норма		<рабочее_затухание_норма_сверху_1,5дБ.7af	

Полоса селекции, кГц: 20

Частота селекции, кГц: 1002

Макс. уровень, дБм: 20

Интервал усреднения, мин:сек: 00:00

Взвеш. характеристика: АЧХ относительно: Опорного уровня

Перенос спектра: Ген. Опора, кГц: 100; Изм. Опора, кГц: 100

Калибровка: 0 дБ

Калибровка Z: 600 Ом; Zкз: 1000 Ом

Сканирование: Fc1: 100 до FcN: 104 кГц

Мониторинг уровня по порядку частот

А-7/307.009.1564 | 1024 кГц | 4 Г.И. коакс

**3.4.3.3 Направление измерения рабочего затухания аппаратура уплотнения (АУ) + ВЧ кабель → вход ЛЭП**

Произвести необходимые настройки АУ.

Произвести необходимые настройки А7/307:

Конфигурации:

Конфигурация
ФП_РабочееЗатухание_Измеритель_1частота.cfg

Индивидуальные настройки:

- номинальное сопротивление ЛЭП;

Устанавливается равным номинальному сопротивлению со стороны измерителя (ЛЭП)

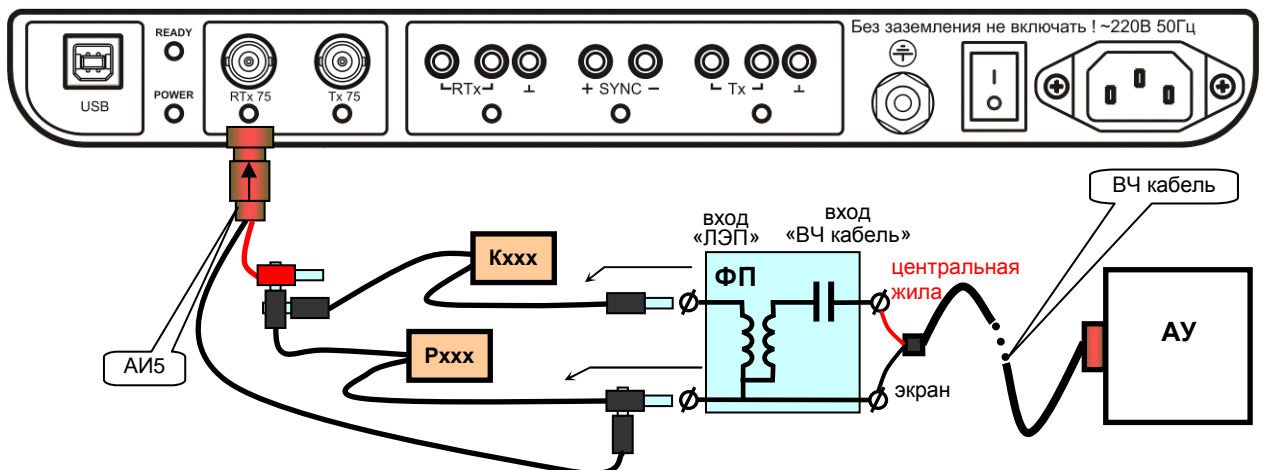
310 Ом
330 Ом
450 Ом

Опорный уровень выбирается равным уровню, генерируемому АУ

- установление контролируемой частоты генерируемой оборудованием ВЧ связи.

Установить в кГц частоту, генерируемую АУ, для этого необходимо выделить строку, где по умолчанию установлено 100кГц и нажать два раза на левую кнопку мыши.

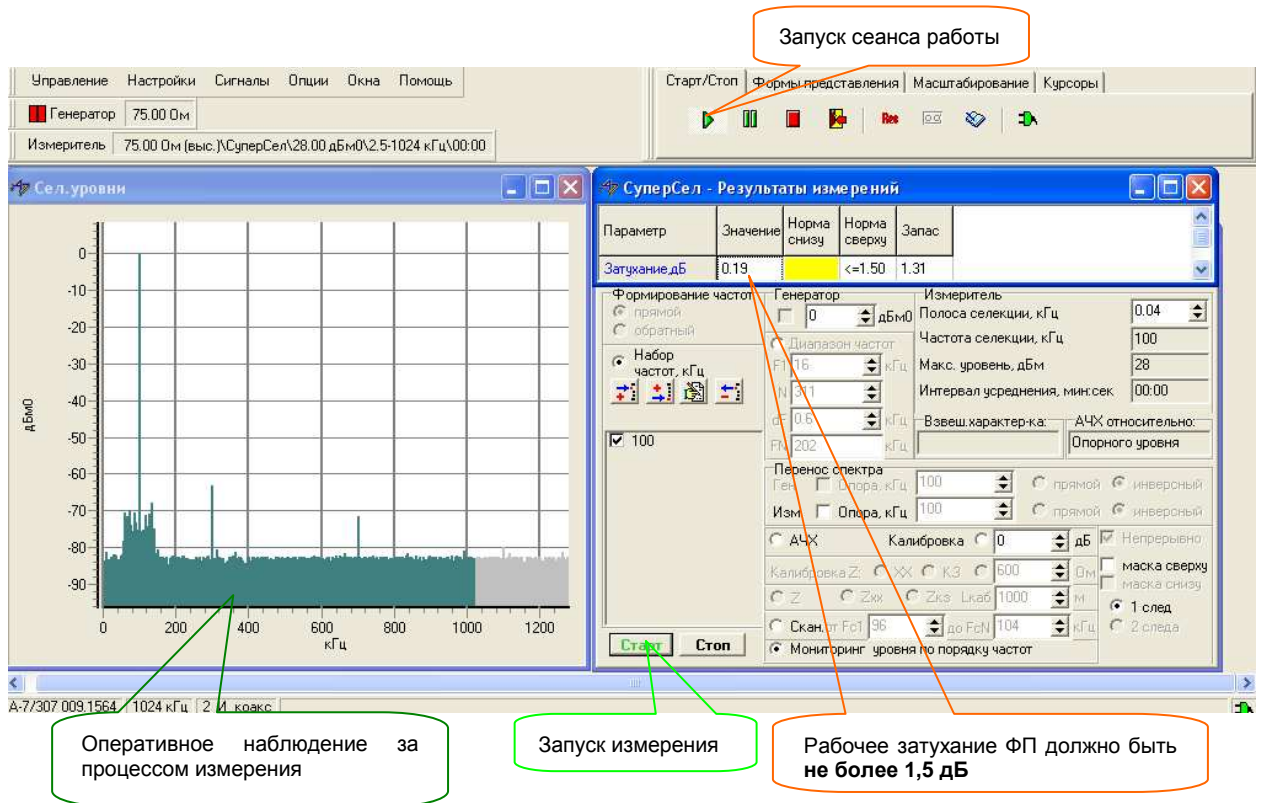
Схема измерения



Измерения в ВЧ связи. Устройства обработки и присоединения

### Запуск и результат измерения:

- запустить сеанс работы;
- запустить измерение;
- получить результат измерения.



### 3.4.3.4 Направление измерения рабочего затухания вход ЛЭП на открытом распределительном устройстве (ОРУ) → выход ВЧ кабеля

Для измерения потребуется два прибора: генератор AnCom A11/G, подключаемый к входу ЛЭП ФП на ОРУ, для формирования сигнала и анализатор AnCom A7/307, подключаемый к ВЧ кабелю, для измерения рабочего затухания ФП с ВЧ кабелем.

#### Установка изменяющихся параметров A11/G:

- включение и подключение осуществляется в соответствии с ИЭ на A11/G;
- настройки A11/G:
  - режим подключения «Низкоомно SIN»;
  - импеданс, Ом «равный Rлэп»;
  - уровень, дБм «20»;
  - частота, кГц «частота по границам полосы пропускания ФП».

#### Произвести необходимые настройки A7/307:

##### Конфигурация:

Конфигурация
ФП_РабочееЗатухание_Измеритель_2частоты.cfg

##### Индивидуальные настройки:

- номинальное сопротивление ЛЭП;

Настройки прибора

Общие | Генератор | Измеритель | Мастер частоты | Мастер уровня | СуперСел | SYNC

Генератор

Импеданс, Ом  низкоомно 100

Опора, дБм

=Прямое задание 0

Установить

Рефлектометр: импульс, мкс 0.4

Осциллограмма: развертка, мкс 800

Фазограмма: мин. частота, кГц 1.25

Управление удаленным А-7

L 5 дБм

F1 162.5 кГц

F2 225 кГц

Запретить обмен  Повысить достоверность

Разрешить обмен

Установить соединение | Разорвать соединение

Получить результаты | Текстовые сообщения

Измеритель

Импеданс, Ом  высокоомно 75

Опора, дБм

=Прямое задание 20

Макс. уровень, дБм  автомат 22

Установить

Режим анализа

Прецизионный анализ, кГц 1.25

Счет случайных событий

Установить

Опорный уровень выбирается равным уровню, генерируемому A11/G

- установка контролируемых частот генерируемых A11/G.

Настройки прибора

Общие | Генератор | Измеритель | Мастер частоты | Мастер уровня | СуперСел | SYNC

Формирование частот

прямой

обратный

Диапазон частот

F1 16 кГц

N 311 кГц

df 0.6 кГц

FN 202 кГц

Полоса селекции, кГц 0.04

Частота селекции, кГц 100

Макс. уровень, дБм 28

Интервал усреднения, мин:сек 00:00

Взвеш. характер-ка: АЧХ относительно опорного уровня

Перенос спектра

Ген  Опора, кГц 100

Изм  Опора, кГц 100

АЧХ Калибровка 0 дБ

Калибровка Z  XZ  KZ  600 Ом

Сканирование Fc1 100 до FcN 104 кГц

Мониторинг уровня по порядку частот

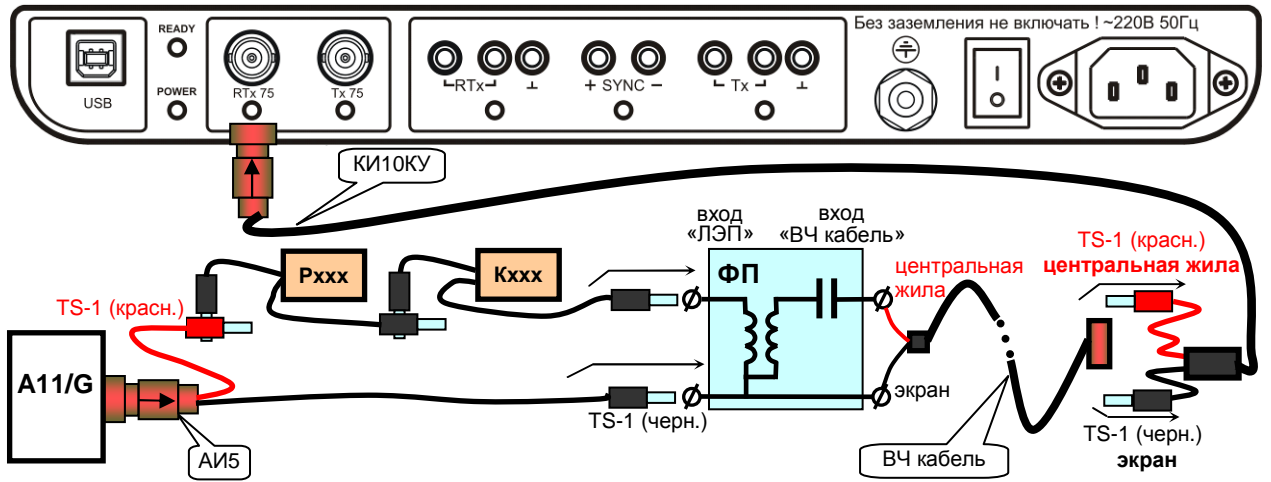
Старт | Стоп

Установить в кГц нижнюю частоту диапазона измерения ФП, генерируемую A11/G, для этого необходимо выделить строку, где по умолчанию установлено 100кГц и нажать два раза на левую кнопку мыши.

Выбрать для измерения нижнюю частоту диапазона измерения ФП

Установить в кГц верхнюю частоту диапазона измерения ФП, генерируемую A11/G, для этого необходимо выделить строку, где по умолчанию установлено 100кГц и нажать два раза на левую кнопку мыши.

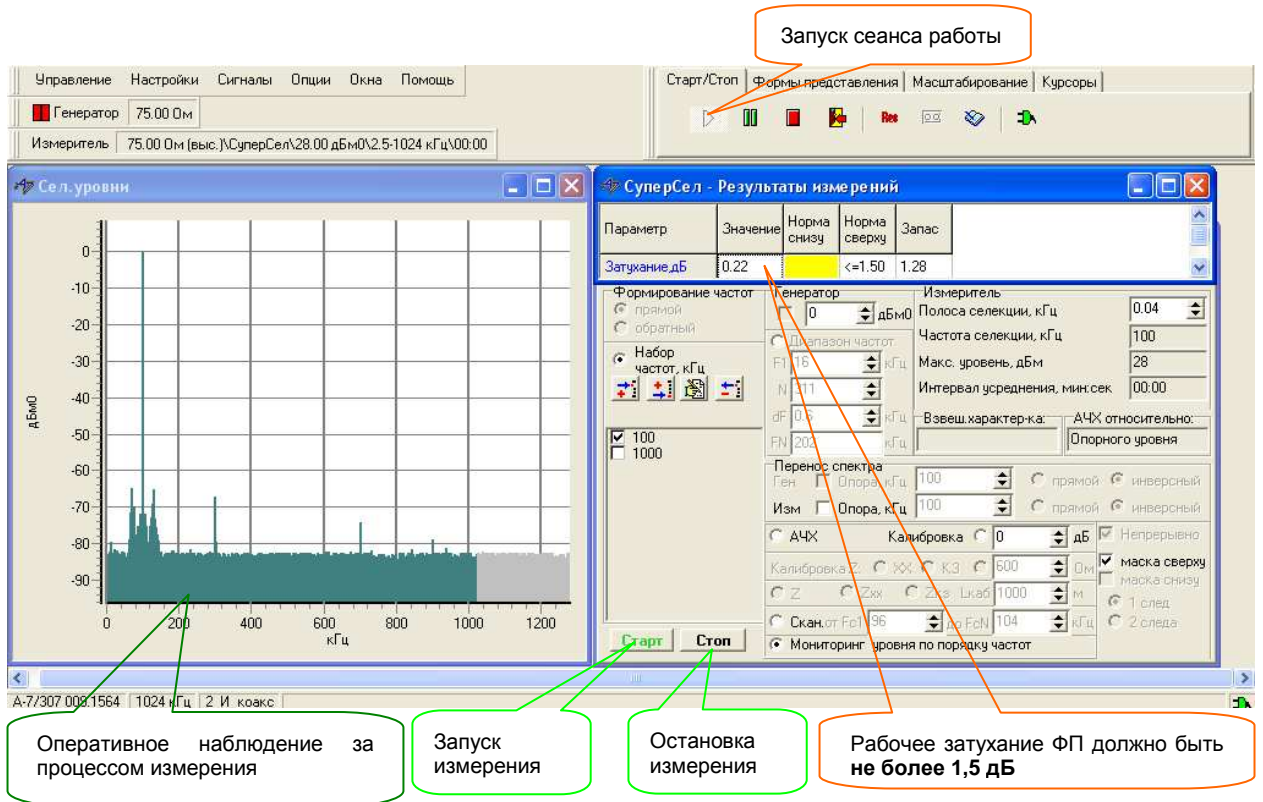
### Схема измерения



### Запуск и результат измерения:

- запустить сеанс работы;
- запустить измерение;
- получить результат измерения для нижней частоты диапазона измерения ФП;
- остановить измерение;
- установить для измерения верхнюю частоту диапазона измерения ФП
 

<input type="checkbox"/>	100
<input checked="" type="checkbox"/>	1000
- запустить измерение;
- изменить в A11/G генерируемую частоту с нижней частоты диапазона измерения ФП на верхнюю частоту диапазона измерения ФП;
- получить результат измерения для верхней частоты диапазона измерения ФП.





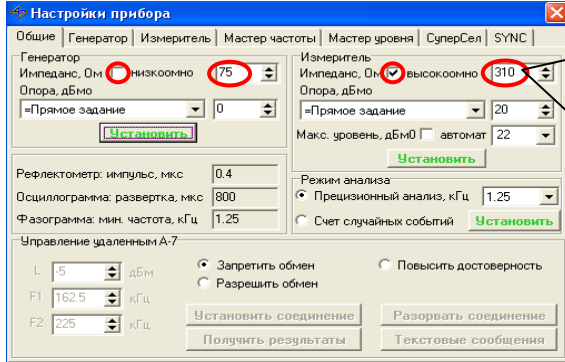
**3.4.3.5 Направление измерения рабочего затухания вход ВЧ кабель → вход ЛЭП (схема подключения фаза-фаза)**

Конфигурация:

Конфигурация
ФП_РабочееЗатухание_16_200кГц_фаза_фаза.cfg

Индивидуальные настройки:

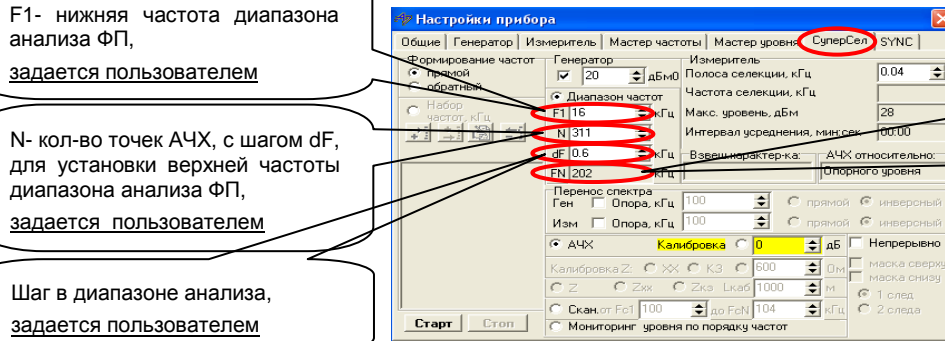
- номинальное сопротивление ЛЭП;



Устанавливается равным номинальному сопротивлению со стороны измерителя (ЛЭП) (схема подключения фаза-фаза)

Генератор (ВЧ кабель) → Измеритель (ЛЭП)
550 Ом
600 Ом
800 Ом

- полоса пропускания ФП.



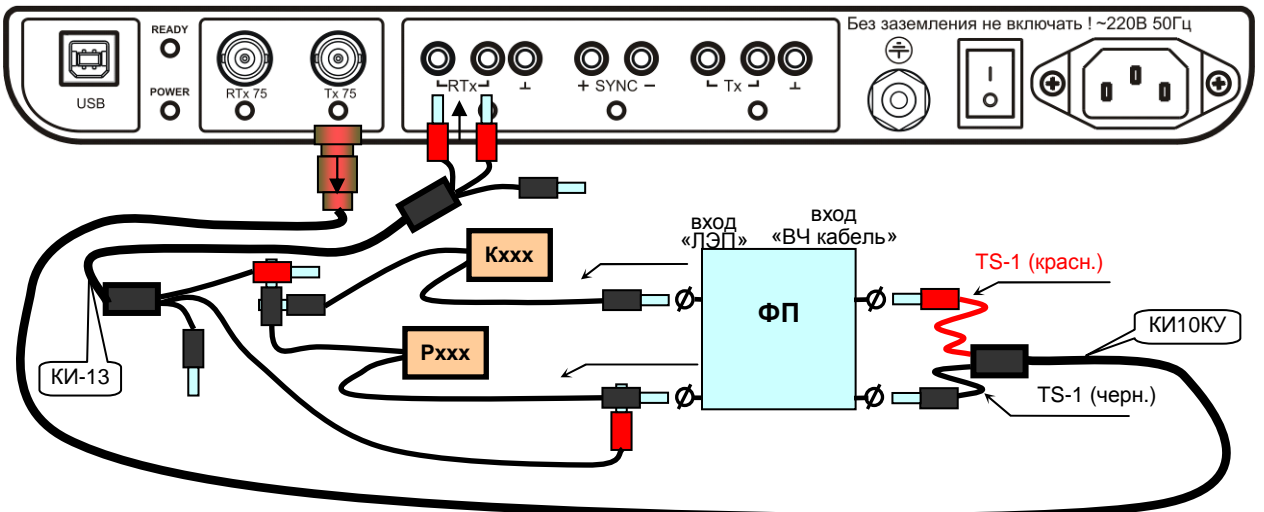
F1- нижняя частота диапазона анализа ФП, задается пользователем

N- кол-во точек АЧХ, с шагом dF, для установки верхней частоты диапазона анализа ФП, задается пользователем

Шаг в диапазоне анализа, задается пользователем

FN- верхняя частота диапазона анализа ФП,  $FN = dF * N$ , устанавливается автоматически

Схема измерения



### Запуск и результат измерения:

- запустить сеанс работы;
- запустить измерение;
- получить результат измерения.

Norma сверху - рабочее затухание ФП должно быть не более 1,5 дБ,

рабочее затухание ФП

Запуск сеанса работы

Оперативное наблюдение за процессом измерения

Запуск измерения

Рабочее затухание ФП в заданной полосе частот В НОРМЕ

Управление Настройки Сигналы Опции Окна Помощь

Старт/Стоп Формы представления Масштабирование Курсоры

Генератор 75.00 Ом

Измеритель 450.00 Ом (выс.) \SuperSel\20.00 дБм\0,25-1024 кГц\00:00

SuperSel: АЧХ

норма сверху рабочее\_затухание\_норма\_сверху\_1,5дБ.7af

кГц	дБ	кГц	дБ	кГц	дБ	кГц
48.00	0.32	51.00	0.15	54.00	0.08	57.00

SuperSel - Результаты измерений

Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
АЧХ, дБ	Норма		<рабочее_затухание_норма_сверху_1,5дБ.7af	

Полоса селекции, кГц 0.04

Частота селекции, кГц 202

Макс. уровень, дБм 25

Интервал усреднения, мин:сек 00:00

Взвеш. характеристика: АЧХ относительно: Опорного уровня

Перенос спектра: Ген  Опора, кГц 100  прямой  инверсный

Изм  Опора, кГц 100  прямой  инверсный

АЧХ Калибровка 0 дБ Непрерывно

Калибровка Z:  K3 600 Ом маска сверху

Z  Zж  Zкз Лкаб 1000 м маска снизу

Сканирование: Fc1 100 до FcN 104 кГц  1 след  2 следа

Мониторинг уровня по порядку частот

Старт Стоп

А-7/307 009,1564 | 1024 кГц | 4 Г.И. коакс



### 3.4.4 Затухание несогласованности ФП

#### 3.4.4.1 ФП со стороны ЛЭП

Конфигурации:

Диапазон анализа ФП, кГц	Конфигурация
16...200	ФП_ЗатуханиеНесогласованности_16_200кГц.cfg
16...1000	ФП_ЗатуханиеНесогласованности_16_1000кГц.cfg

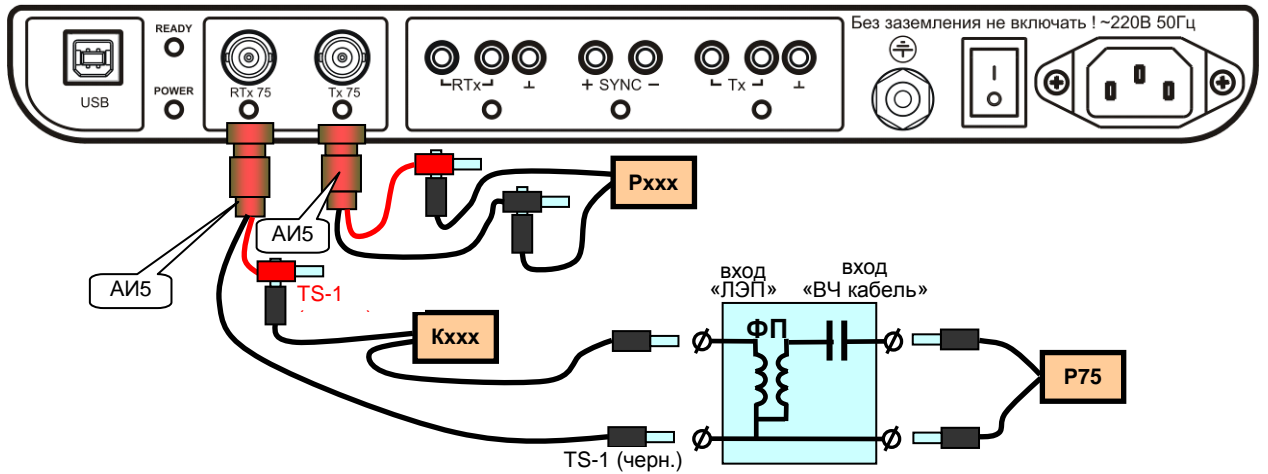
Индивидуальные настройки:

- полоса пропускания ФП.

The screenshot shows the 'Настройки прибора' (Instrument Settings) window. Key parameters are highlighted with red circles and callouts:

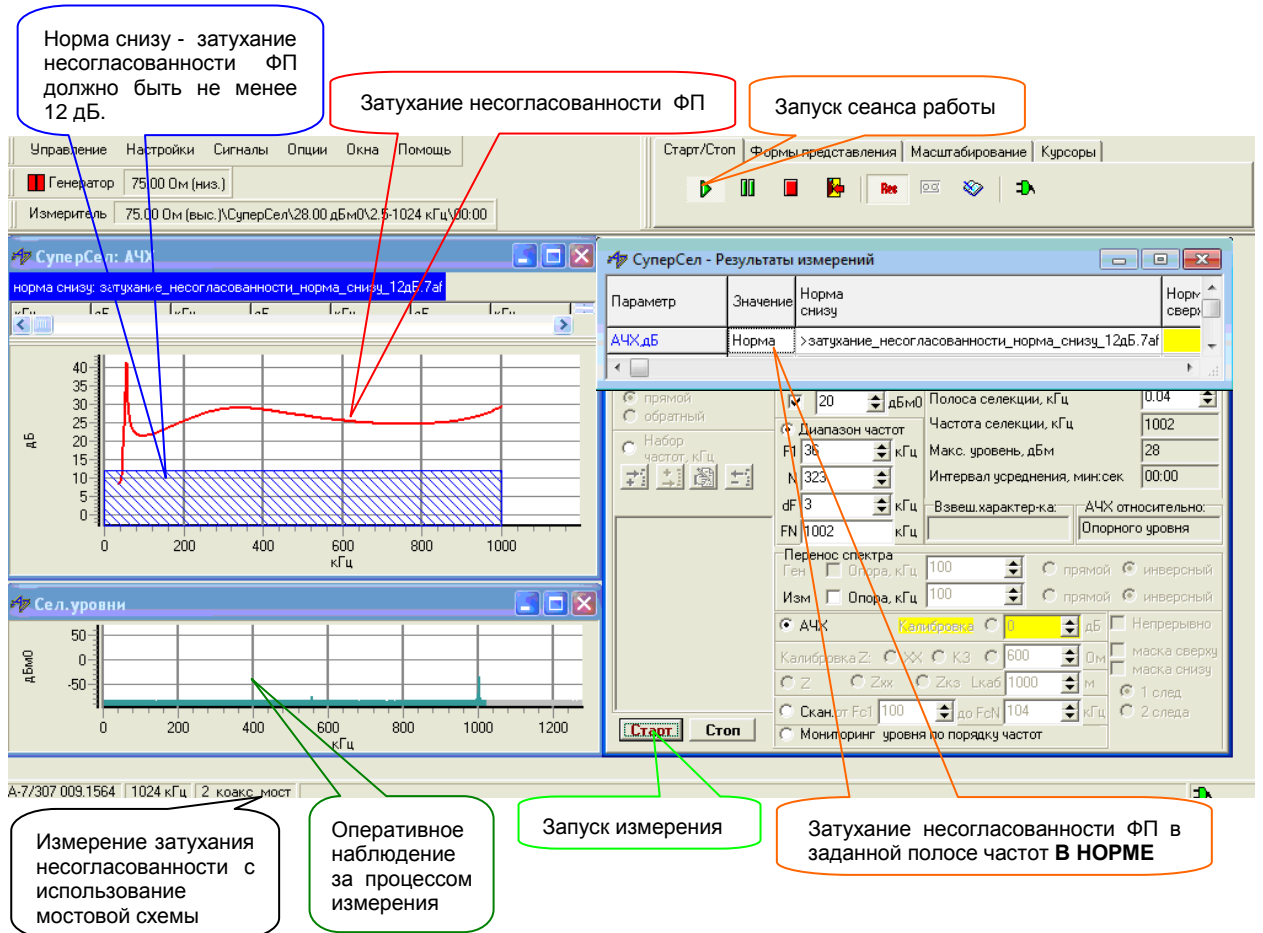
- F1 16**: Нижняя частота диапазона анализа ФП, задается пользователем (Lower frequency of the FFP analysis range, set by the user).
- N 311**: N- кол-во точек АЧХ, с шагом dF, для установки верхней частоты диапазона анализа ФП, задается пользователем (N - number of ACF points, with step dF, for setting the upper frequency of the FFP analysis range, set by the user).
- dF 0.6**: Шаг в диапазоне анализа, задается пользователем (Step in the analysis range, set by the user).
- FN 202**: FN- верхняя частота диапазона анализа ФП, FN = dF \* N, устанавливается автоматически (FN - upper frequency of the FFP analysis range, FN = dF \* N, set automatically).

#### Схема измерения



### Запуск и результат измерения:

- запустить сеанс работы;
- запустить измерение;
- получить результат измерения.



### 3.4.4.2 ФП со стороны ВЧ кабеля

#### Конфигурации:

Диапазон анализа ФП, кГц	Конфигурация
16...200	ФП_ЗатуханиеНесогласованности_16_200кГц.cfg
16...1000	ФП_ЗатуханиеНесогласованности_16_1000кГц.cfg

#### Индивидуальные настройки:

- полоса пропускания ФП.

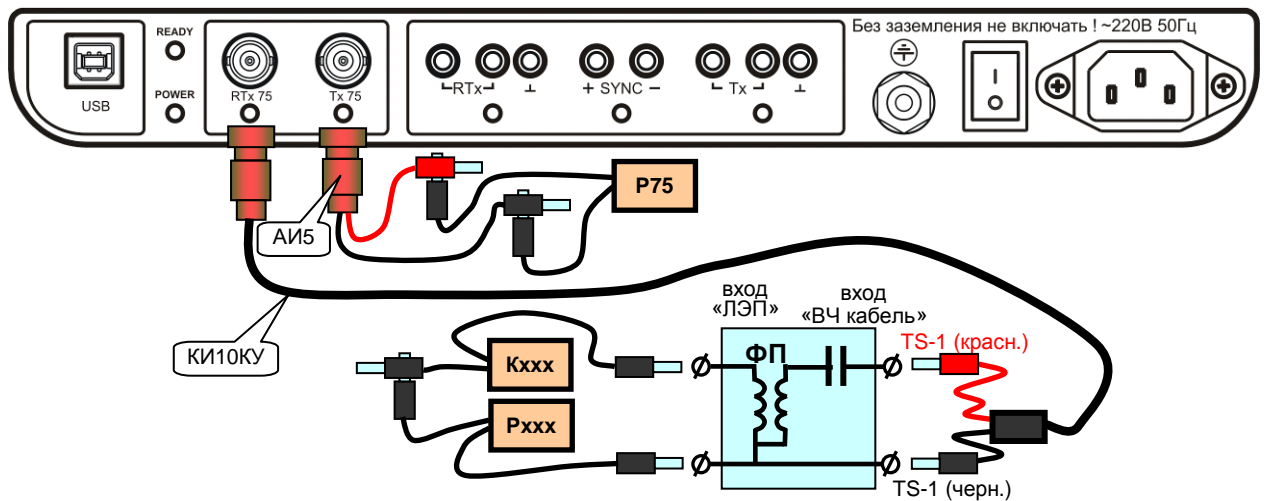
F1- нижняя частота диапазона анализа ФП, задается пользователем

N- кол-во точек АЧХ, с шагом dF, для установки верхней частоты диапазона анализа ФП, задается пользователем

Шаг в диапазоне анализа, задается пользователем

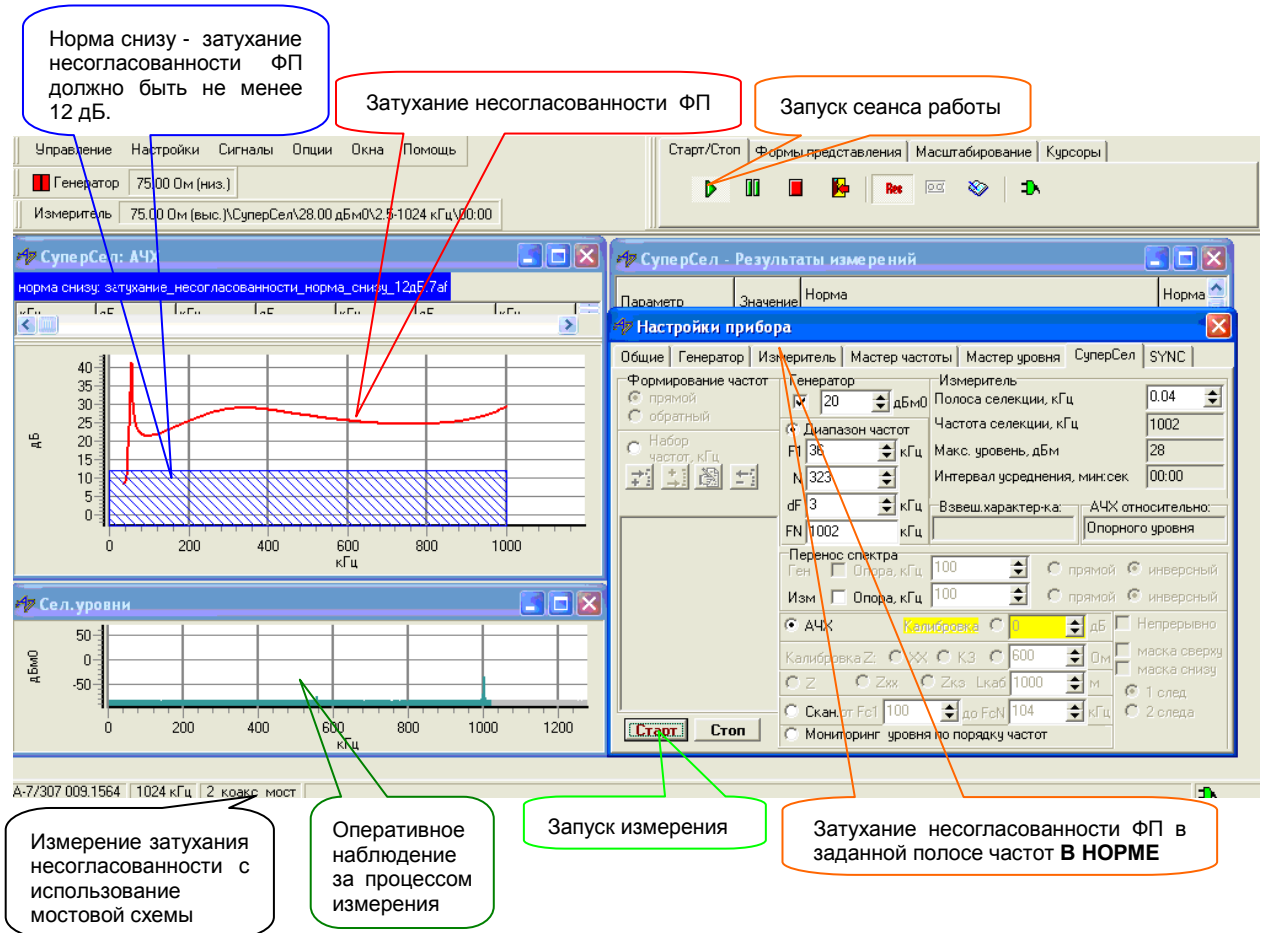
FN- верхняя частота диапазона анализа ФП,  $FN = dF * N$ , устанавливается автоматически

#### Схема измерения



### Запуск и результат измерения:

- запустить сеанс работы;
- запустить измерение;
- получить результат измерения.



### 3.4.5 Полное сопротивление ФП

#### 3.4.5.1 ФП со стороны ЛЭП

Конфигурации:

Диапазон анализа ФП, кГц	Конфигурация
16...200	ФП_ПолноеСопротивление_16_200кГц.cfg
16...1000	ФП_ПолноеСопротивление_16_1000кГц.cfg

Индивидуальные настройки:

- полоса пропускания ФП.

**F1**- нижняя частота диапазона анализа ФП, задается пользователем

**N**- кол-во точек АЧХ, с шагом dF, для установки верхней частоты диапазона анализа ФП, задается пользователем

Шаг в диапазоне анализа, задается пользователем

**FN**- верхняя частота диапазона анализа ФП,  $FN = dF * N$ , устанавливается автоматически

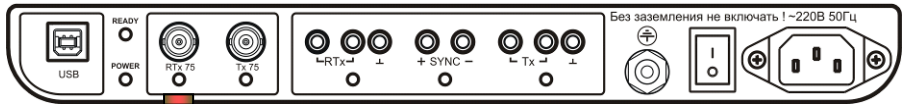
- калибровка прибора:
  - запустить сеанс работы;
  - произвести калибровку Z:

- XX (собрать схему «калибровка Z на XX» → выставить калибровка XX → старт);

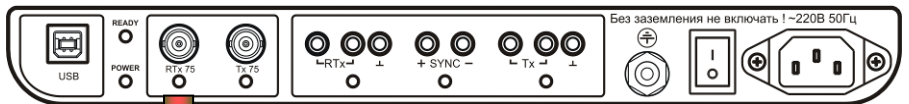
Запуск сеанса работы

Старт/Стоп калибровки

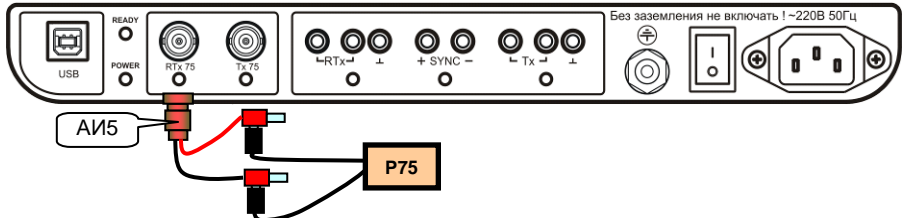
Выбор калибровки: XX, K3, 75Om



- K3 (стоп → собрать схему «калибровка Z при K3» → выставить калибровка K3 → старт);

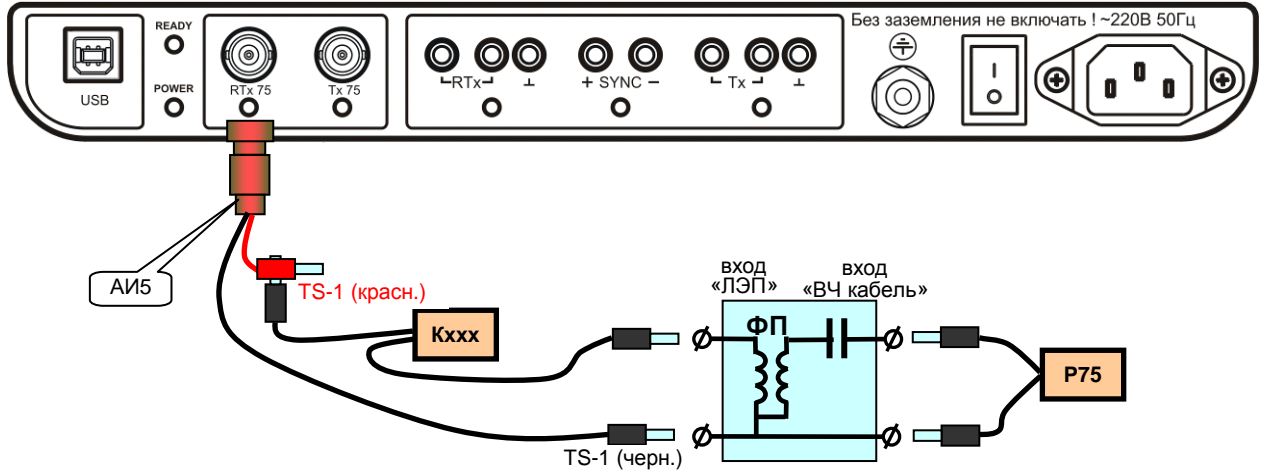


- 75Om (стоп → собрать схему «калибровка Z при 75E» → выставить калибровка 75Om → старт);



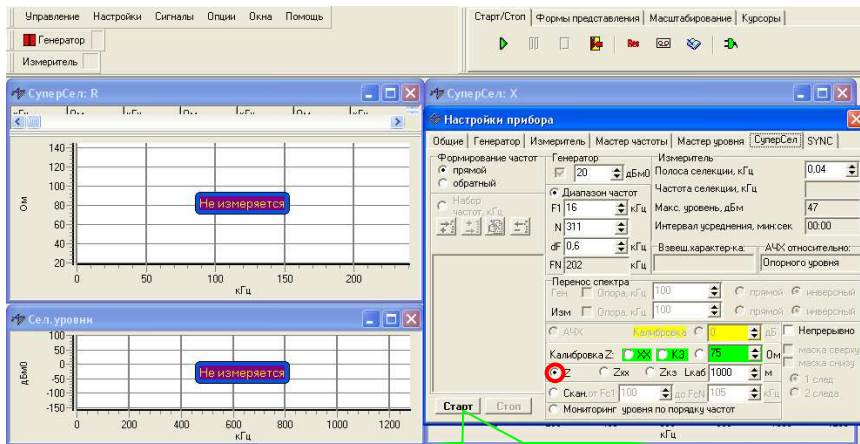
- завершить калибровку (стоп).

Схема измерения



Запуск и результат измерения:

- запустить измерение;



Запуск измерения

- получить результат измерения.



### 3.4.5.2 ФП со стороны ВЧ кабеля

#### Конфигурации:

Диапазон анализа ФП, кГц	Конфигурация
16...200	ФП_ПолноеСопротивление_16_200кГц.cfg
16...1000	ФП_ПолноеСопротивление_16_1000кГц.cfg

#### Индивидуальные настройки:

- полоса пропускания ФП;

**F1**- нижняя частота диапазона анализа ФП, задается пользователем

**N**- кол-во точек АЧХ, с шагом dF, для установки верхней частоты диапазона анализа ФП, задается пользователем

Шаг в диапазоне анализа, задается пользователем

**FN**- верхняя частота диапазона анализа ФП,  $FN = dF * N$ , устанавливается автоматически

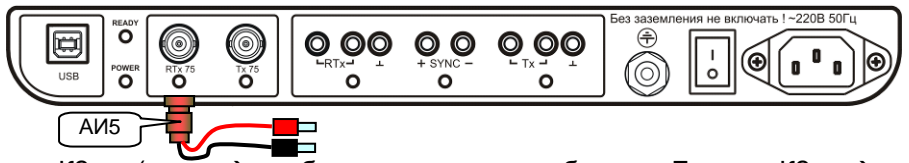
- калибровка прибора:
  - запустить сеанс работы;
  - произвести калибровку Z:

Запуск сеанса работы

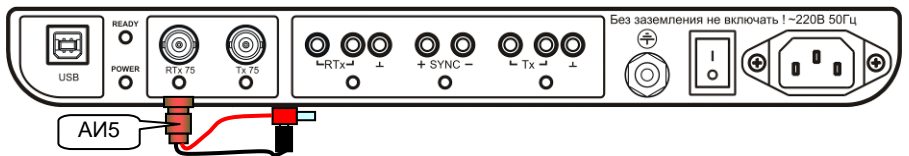
Старт/Стоп калибровки

Выбор калибровки: XX, K3, 75Om

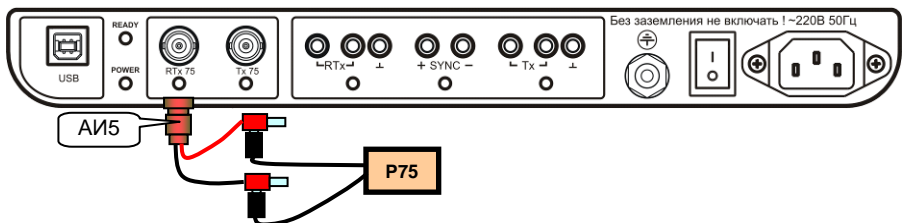
- XX (собрать схему «калибровка Z на XX» → выставить калибровка XX → старт);



- K3 (стоп → собрать схему «калибровка Z при K3» → выставить калибровка K3 → старт);



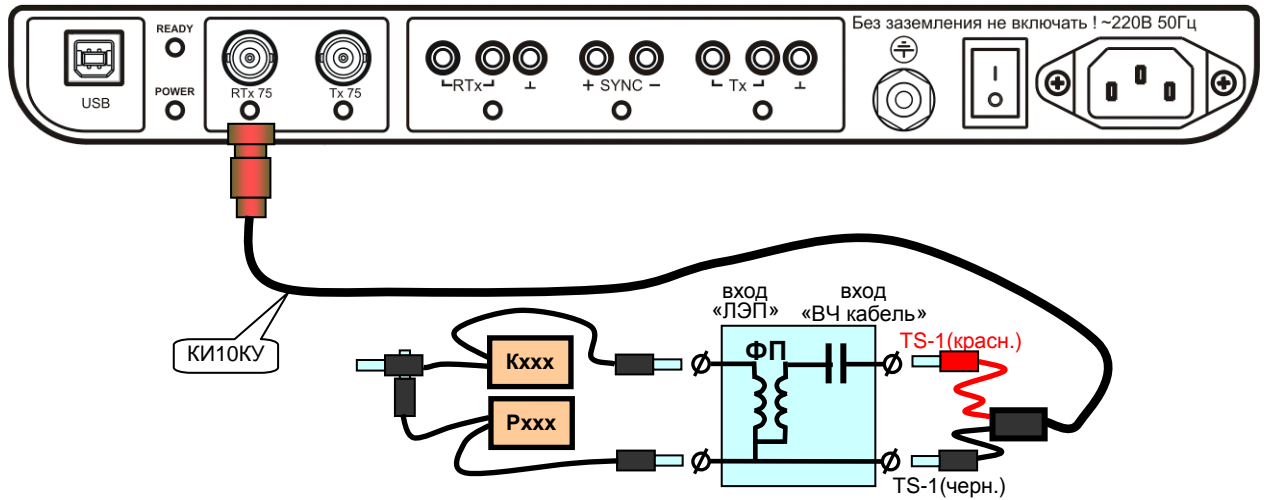
- 75Om (стоп → собрать схему «калибровка Z при 75E» → выставить калибровка 75Om → старт);



- завершить калибровку (стоп).

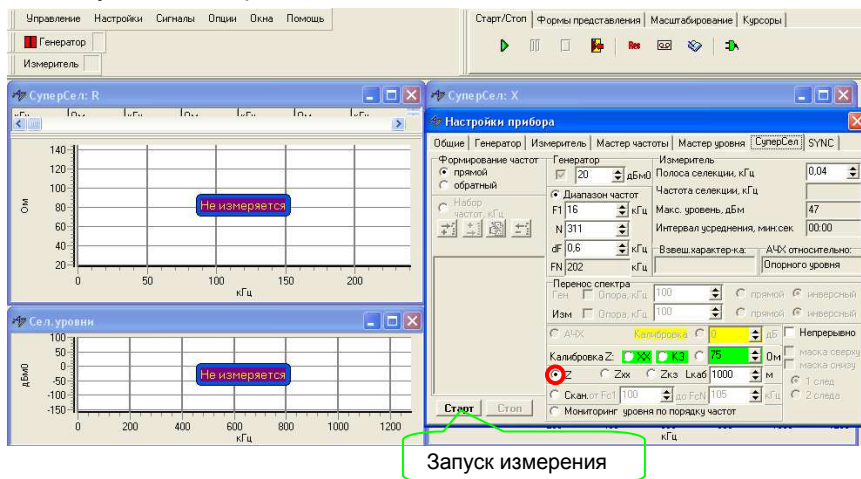


Подключение AnCom A7/307 к ФП

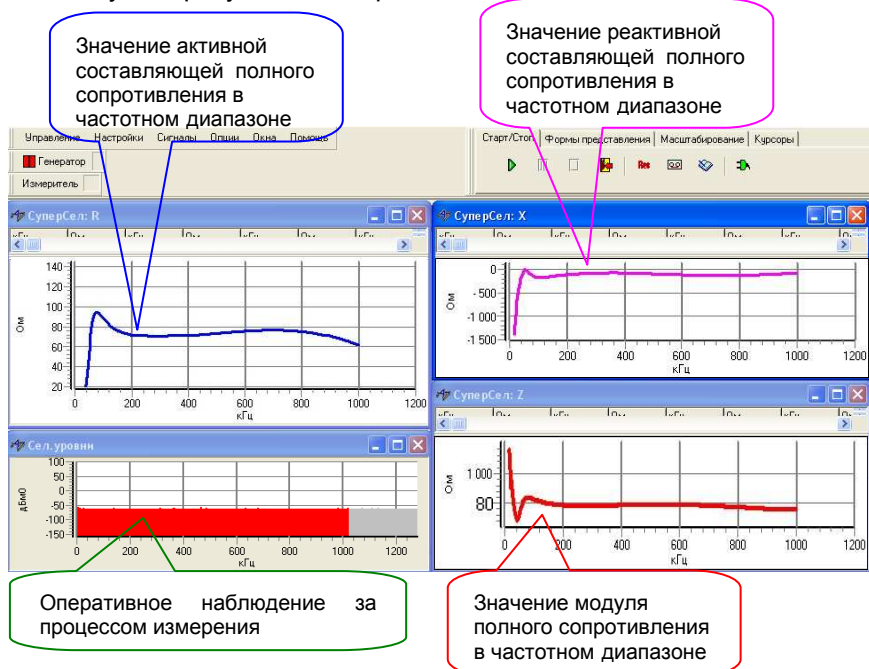


Запуск и результат измерения:

- запустить измерение;



- получить результат измерения.





### 3.5 Паспорт на ФП, пример заполнения

Предприятие	Сети «АБС»
Подстанция	ПС21
Название ВЛ и напряжение, кВ	ПС21-ПС25, 110
Рабочая фаза (А, В или С)	С

## ПАСПОРТ НА ФИЛЬТР ПРИСОЕДИНЕНИЯ

### 1. Общая часть

Тип ФП	ФПМР	
Заводской номер, №	8811	
Год выпуска, г	2010	
Схема подключения к ВЛ	Фаза-земля	
Граничные частоты полосы пропускания, кГц	40...1000	
Тип КС и его ёмкость, пФ; Наличие ШОН	СМАПВ-110/√3-6.4- УХЛ1, ШОН не используется	
Характеристическое сопротивление ВЛ (Rлэп), Ом	450	
Характеристики ОПН	Номинальное напряжение, кВ	Действующее значение полного тока проводимости, мА
- со стороны «Линия»	1,28	0,8
- со стороны «ВЧ кабель»	500	1

- если ФП позволяет осуществлять перенастройку параметров – указываются настройки, выполненные для текущего подключения;
- для схем подключения фаза - фаза, две фазы – земля, трос – трос и два троса – земля осуществляемых с использованием двух ФП:
  - указываются заводские номера и характеристики обоих ФП,
  - проверка механической части и измерение сопротивления изоляции осуществляется независимо для каждого из ФП,
  - измерение частотных характеристик осуществляется в целом для устройства присоединения, состоящего из двух ФП;
- объем проверок соответствует испытаниям при техническом обслуживании вида: «Н» - новое включение (настройка), «К» - профилактический контроль и «В» - профилактическое восстановление (ремонт). Профилактический контроль должен проводиться при техническом обслуживании ЛЭП. Рекомендуемая периодичность раз в 6 лет.

### 2. Проверка состояния механической части фильтра присоединения

Состояние ФП	удовлетворительно
--------------	-------------------

### 3. Измерение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции между обмоткой трансформатора со стороны «Линия» и зажимом «Земля», МОм	100
Сопротивление изоляции между обмоткой трансформатора со стороны «ВЧ кабель» и зажимом «Земля», МОм	100
Сопротивление изоляции между клеммой, к которой должен подключаться внутренний провод ВЧ кабеля, и зажимом «Земля», МОм	100

- сопротивление изоляции измеряется мегаомметром на напряжении 1000В;

- сопротивление в нормальных климатических условиях должно быть не менее 10 МОм;
- при измерениях ФП, имеющих экран между обмотками трансформатора он должен быть соединен с землей;
- на время измерений необходимо отключить:
  - провода связи цепей фильтра с корпусом,
  - защиту со стороны входа «Линия» - ОПН или разрядник,
  - защиту со стороны входа «ВЧ кабель» - варистор.

#### 4. Проверка разрядников, ОПН и варисторов

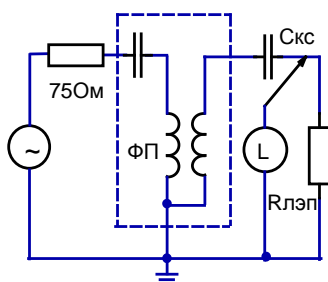
Сопротивление защитного устройства со стороны «Линия»), МОм	1000
Сопротивление защитного устройства со стороны «ВЧ кабель»), МОм	500

- сопротивление разрядника или ОПН, установленного со стороны «Линия» измеряется мегаомметром на напряжении 1000В;
- сопротивление защитного устройства, установленного со стороны «ВЧ кабель» измеряется мегаомметром на напряжении 500В;
- сопротивление в нормальных климатических условиях должно быть не менее 10 МОм;
- на время измерений необходимо отключить защитное устройство от других цепей ФП.

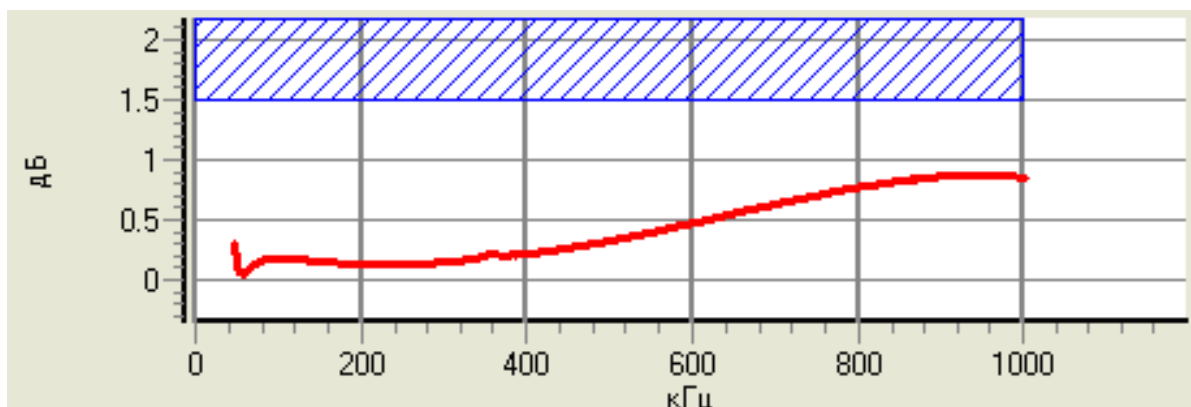
Проверка тока проводимости ОПН осуществляться службой изоляции подстанции, протоколы проверки прикладываются к паспорту ВЧЗ (не обязательная проверка)

Дата	ОПН со стороны	Действующее значение полного тока проводимости при номинальном напряжении, мА	Заключение о соответствии требованиям	№ протокола ИЗП	Подпись
08.10.10	Линия	0,3	соответствует	33/08.10.10	
	ВЧ кабель	0,4			

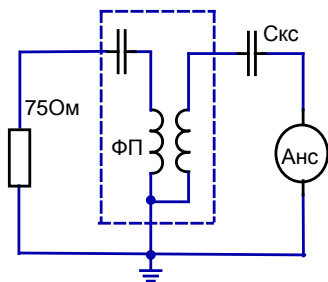
#### 5. Частотная характеристика рабочего затухания



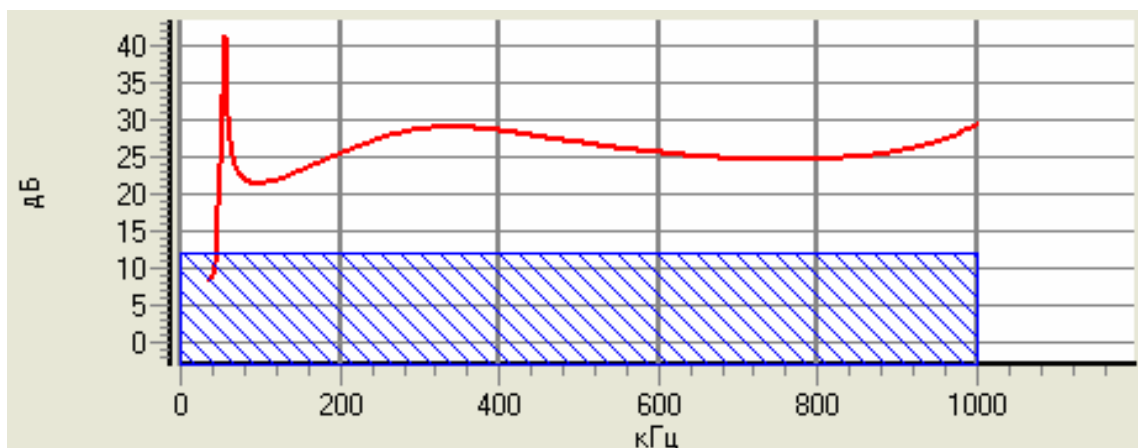
- рабочее затухание ФП в полосе пропускания должно быть не более 1,5дБ;
- при использовании специализированных приборов частотная характеристика рабочего затухания формируется автоматически, при использовании генератора и вольтметра необходимо производить перерасчет.



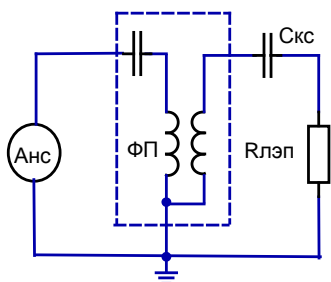
## 6. Частотная характеристика затухания несогласованности со стороны входа «Линия»



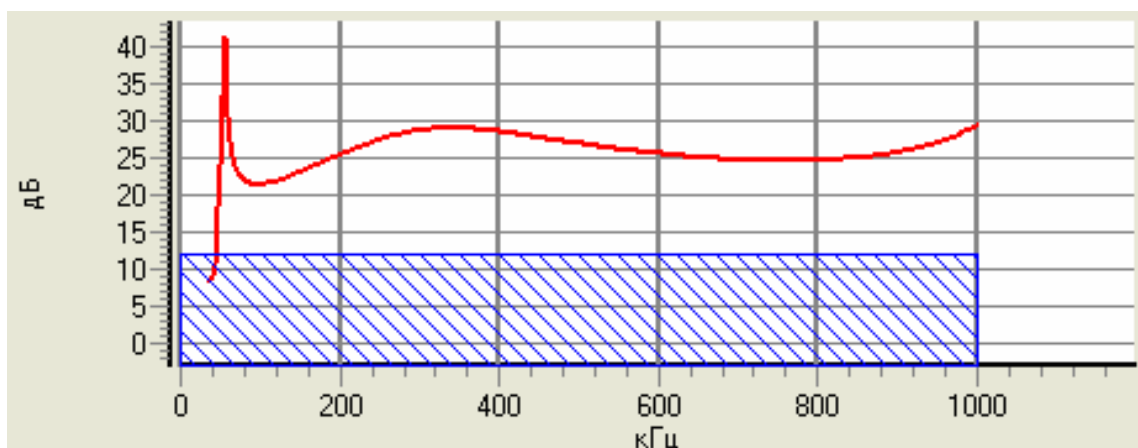
- затухание несогласованности в полосе пропускания должно быть не менее 12дБ;
- при использовании специализированных приборов частотная характеристика затухания несогласованности формируется автоматически, при использовании генератора и вольтметра необходимо использовать специальное устройство для измерения затухания несогласованности и производить перерасчет.



## 7. Частотная характеристика затухания несогласованности со стороны входа «ВЧ кабель»



- затухание несогласованности в полосе пропускания должно быть не менее 12дБ;
- при использовании специализированных приборов частотная характеристика затухания несогласованности формируется автоматически, при использовании генератора и вольтметра необходимо использовать специальное устройство для измерения затухания несогласованности и производить перерасчет.



### 8. Используемые при проверке средства измерения и оборудование

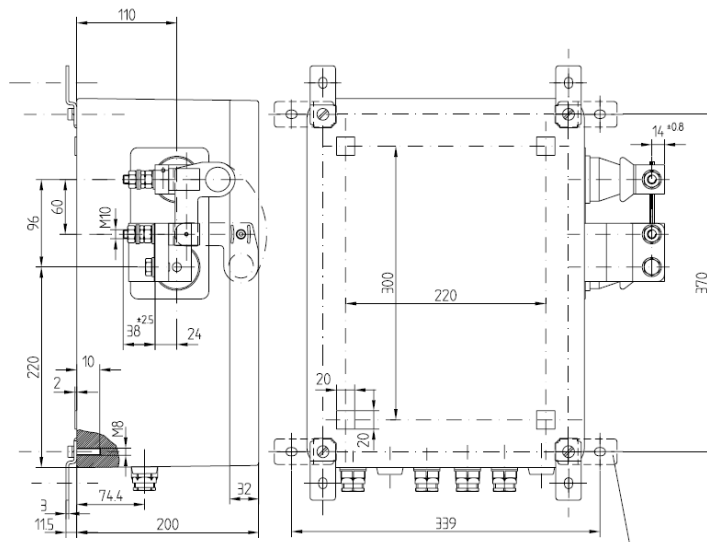
Тип средства измерения	Наименование	Заводской номер	Дата очередной поверки
<i>Анализатор</i>	<i>AnCom A-7</i>	<i>009.2222</i>	<i>10.11.10</i>
<i>Мегаомметр</i>	<i>1152MF</i>	<i>9850397</i>	<i>11.11.11</i>

### 9. Результаты проверки

Дата	Заключение о соответствии требованиям	Проверку выполнил Ф.И.О.	Подпись
<i>10.10.10</i>	<i>Соответствует</i>	<i>Иванов И.И.</i>	

### 3.6 Производители ФП

АББ (ООО "АББ" Департамент "Системы связи в энергетике)			
Москва	www.abb.ru	t +7 (495) 777-222-0	f +7 (495) 777-222-0
MCD80	ТУ 6657-002-14151694-11	Сертификат соответствия РОСС RU.АГ03.Н00767	



#### Конструктивные характеристики

Ударопрочный корпус из полиэфира, усиленного стеклопластиком. Вентиляция - 2 уплотнителя с защитой от проникновения насекомых. Класс защиты IP 65 (в соответствии с DIN 40050). Вес 10-14 кг.

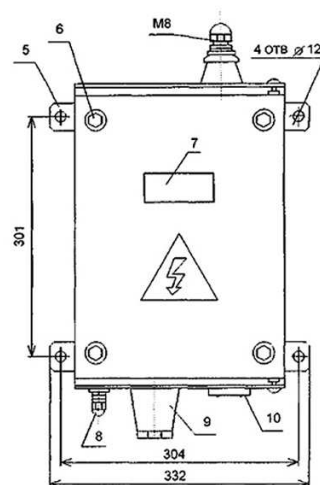
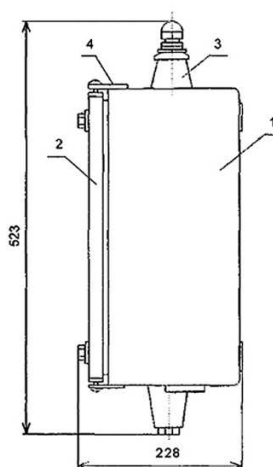
#### Отличительные особенности

- предназначены для работы с любыми типами аппаратуры ВЧ связи;
- представлена вся линейка фильтров: широкополосные, полосовые, разделительные, фаза-фаза, фаза-земля;
- максимально возможный выбор полосы пропускания (по спецификации заказчика с шагом 1кГц);
- возможность присоединения, как к конденсаторам связи, так и трансформаторам напряжения;
- широкий диапазон емкостей присоединения 1500пФ – 20000пФ;
- возможность перестройки на месте установки при изменении емкости присоединения в пределах рабочего диапазона емкостей (например, при замене конденсаторов на трансформаторы напряжения);
- низкое вносимое затухание в полосе пропускания (менее 1 дБ);
- возможно параллельное подключение к одному ФП до 9 терминалов мощностью 100 Вт по схеме фаза-земля и до 10 терминалов по схеме фаза-фаза;
- Встроенный однополюсный разъединитель (выключатель заземления).

#### Основные электрические параметры (соответствуют МЭК №481)

Рабочее затухание в полосе пропускания, дБ не более	1
Затухание несогласованности в полосе пропускания со стороны линии, дБ не менее	12
Сопротивление со стороны ВЧ кабеля, Ом	75, 125
Допустимая суммарная мощность ВЧ сигналов со стороны ВЧ кабеля, Вт	400 - 1000

<b>ОАО "НПО "МРТЗ"</b>		
<b>(ОАО "Научно-производственное объединение "Московский радиотехнический завод")</b>		
Москва	<a href="http://www.mrtz.ru/products2.php">www.mrtz.ru/products2.php</a>	
<b>Предприятие-разработчик: ОАО "Конструкторское бюро "Кунцево"</b>		
t +7 (495) 440-12-38	f +7 (495) 443-72-72	<a href="http://www.kbkuntsevo.ru/develop-filter.php">www.kbkuntsevo.ru/develop-filter.php</a>
t +7 (495) 443-67-72 - технические вопросы		
<b>Предприятие-изготовитель: ООО «Производственное объединение «Радиоэлектроприбор»</b>		
t +7 (495) 660-76-20	Заказ изготовления: t/f +7 (495) 443-72-77	E-mail: info@po-rep.ru
f +7 (495) 609-61-97		
ФПМР, ФПФ, ФПО	ТУ 6695-001-65353519-2011 Гарантия 5 лет	Сертификат соответствия ВР 15.1.4119-2011



Обозначения на рисунке:  
 1 - кожух корпуса  
 2 - дверца корпуса  
 3 - клемма E1 с проходным изолятором  
 4 - кожухок  
 5 - ушко для крепления фильтра на опоре (4 шт.)  
 6 - зажимной болт M8 (4 шт.)  
 7 - табличка с надписью  
 8 - болт заземления M8 (клемма E2)  
 9 - втулка для ввода радиочастотного кабеля  
 10 - вентиляционное устройство

### Назначение

Фильтры присоединения ФПМР, ФПФ, ФПО совместно с конденсатором связи предназначены для присоединения аппаратуры уплотнения систем релейной защиты, противоаварийной автоматики, телефонной связи и телемеханики к входу линейного тракта ВЧ связи по фазным проводам воздушных линий электропередачи 35-750кВ.

### Конструктивные характеристики

Условия эксплуатации У1 ГОСТ 15150-69. Температура окружающей среды от минус 50°С до плюс 60°С. Относительная влажность воздуха до 100% при температуре 25°С. Габаритные размеры 523\*332\*228 мм. Масса фильтра не более 9 кг. Фильтры имеют унифицированный герметизированный корпус, изготовленный из алюминиевого сплава. Согласующий трансформатор внутри фильтра имеет собственный герметичный корпус. Блок конденсаторов герметизирован с помощью силиконового компаунда.

### Отличительные особенности

- использование конденсаторов с номинальным напряжением от 2 до 2,5 кВ;
- исключение возможности нелинейных искажений сигнала за счет выполнения согласующего трансформатора без ферритового сердечника;
- возможность поворота фазы сигнала на выходе фильтра;
- возможность организации канала ВЧ связи по схеме «фаза-фаза» (по спец. заказу);
- использование в фильтрах ФПО в качестве защитного устройства на входе со стороны ВЛ ограничителя перенапряжения ОПН, обеспечивающего больший эксплуатационный ресурс и лучшую защиту фильтра от импульсных перенапряжений с крутым фронтом по сравнению с вентильным разрядником.

**Основные электрические параметры (соответствуют МЭК №481)**

Рабочее затухание в полосе пропускания, дБ не более	ФПМР	1,3
	ФПФ, ФПО на частотах до 100 кГц	1,2
	ФПФ, ФПО на частотах выше 100 кГц	1,0
Затухание несогласованности в полосе пропускания со стороны линии, дБ не менее		12
Сопrotивление со стороны ВЧ кабеля, Ом		75,150
Сопrotивление со стороны ВЛ току промышленной частоты, Ом не более		4
Допустимая средняя (пиковая) мощность ВЧ сигналов со стороны ВЧ кабеля, Вт не более	ФПО	100 (300)
	ФПМР, ФПФ	100 (300)
Электрическое сопротивление изоляции между обмотками в н.у., МОм не менее		100

**Основная номенклатура ФП**

Напряжение ВЛ, кВ	ФПМР	35, 110, 220, 330, 500, 750
	ФПФ	35, 110, 220, 330
	ФПО	110, 220, 330, 500
Тип подключения	ФПМР	Фаза-Земля, Трос, Расщепленный трос
	ФПФ, ФПО	Фаза-Фаза (последний по спец. заказу)
Емкость конденсатора связи, пФ	ФПМР	2200, 3000, 3200, 4400, 6400, 4650, 7000, 17500
	ФПФ	3200, 4400, 6400, 7000,
	ФПО	2140, 3200, 4650, 6400, 7000
Входное сопротивление ВЛ, Ом	ФПМР	450, 340, 310, 280, 530, 240
	ФПФ	450, 340
	ФПО	450, 340, 310
Диапазон частот		В соответствии с таблицей заказа

На фильтры присоединения ФПМР выдано «Экспертное заключение» РАО «ЕЭС России» о соответствии требованиям, предъявляемым к фильтрам присоединения.

Фильтры присоединения ФПФ 35-110 кВ и ФПФ 220-330 кВ, разработанные в соответствии с техническим заданием, утвержденным РАО «ЕЭС России», приняты приемочными комиссиями РАО «ЕЭС России».

Фильтры присоединения ФПО 110-330 кВ и ФПО 500 кВ, разработанные в соответствии с техническими заданиями, утвержденными РАО «ЕЭС России», приняты приемочными комиссиями РАО «ЕЭС России».

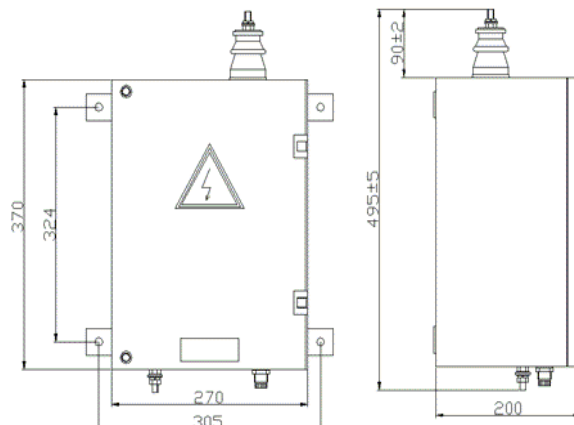
<b>ООО "Росэнергосервис"</b>		
Ростов-на-Дону	<a href="http://www.rosenergосervis.ru/hf/fp/fpm-rs">www.rosenergосervis.ru/hf/fp/fpm-rs</a>	t +7 (863) 300-37-20
ФП-Рс, ФПМ-Рс	Гарантия 2 года Сертификат соответствия РОСС RU.AB28.B12260	Заключение аттестационной комиссии ОАО "ФСК ЕЭС" 47/020-2013

### Назначение

Фильтры присоединения ФП-Рс и ФПМ-Рс предназначены для организации каналов телефонной связи, телемеханики, релейной защиты противоаварийной автоматики по проводам воздушных линий электропередачи напряжения от 35 кВ до 330 кВ по схеме «фаза-земля».

### Конструктивные характеристики

Корпус фильтра выполнен из листовой стали 2 мм и окрашен порошковой эмалью RAL-7032PE. Габаритные размеры: 466\*327\*237 мм. Масса фильтра не более 9 кг.



### Отличительные особенности

- улучшение заземления тока промышленной частоты через линейную обмотку «воздушного» трансформатора за счет увеличения поперечного сечения проводника до 1 кв. мм;
- повышение стойкости к воздействию импульсных перенапряжений;
- увеличение значения импульсного разрядного тока до 5000А;
- использование на выходе фильтра варистора с более совершенными защитными свойствами, чем у газового разрядника;
- возможность поворота фазы на 180° на выходе фильтра.

### Основные электрические параметры (соответствуют МЭК №481)

Рабочее затухание в полосе пропускания, дБ не более		0,7
Затухание несогласованности в полосе пропускания, дБ не менее		12
Допускается до 10дБ на частотах, отсекающих на 5% от нижнего края и на 10% от верхнего края диапазона.		
Сопrotивление со стороны ВЧ кабеля, Ом		75
Сопrotивление со стороны ВЛ, Ом		450
Сопrotивление со стороны ВЛ току промышленной частоты, Ом не более		4
Допустимая суммарная мощность ВЧ сигналов со стороны ВЧ кабеля, Вт не более	Для ВЛ 35-110кВ (ФП-Рс)	100
	Для ВЛ 220-330кВ (ФПМ-Рс)	200
Электрическое сопротивление изоляции между обмотками в н.у., Мом не менее		100
Изоляция между обмотками должна выдерживать в течение одной минуты напряжение постоянного тока, кВ		10

### Основная номенклатура ФП

Напряжение ВЛ, кВ	35, 110, 220, 330
Тип подключения	Фаза-Земля
Емкость конденсатора связи, пФ	2200, 3200, 4400, 6400, 7000, 4650
Входное сопротивление ВЛ, Ом	450, 340, 310
Диапазон частот	В соответствии с таблицей заказа



ЗАО "НПП Электронные информационные системы"			
Екатеринбург	<a href="http://www.eisystem.ru">www.eisystem.ru</a>	t +7 (343) 350-57-35	f +7 (343) 263-74-80
ФП, ФП-97М	АВЛБ. 671312.001 ТУ Гарантия 3 года	Сертификат соответствия ССВЭ RU.M064.H.01682	Заклучение аттестационной комиссии ОАО "ФСК ЕЭС" 7\003-2011

### Назначение

ФП и ФП-97М предназначены для подключения аппаратуры высокочастотных каналов релейной защиты, противоаварийной автоматики и телефонной связи к фазе воздушных линий электропередачи напряжением 6,3-1150 кВ и к грозозащитным тросам ВЛ.

### Конструктивные характеристики

Литой корпус из силумина, закрытый алюминиевой крышкой с уплотнительной резиновой прокладкой, соединенные невыпадающими винтами из нержавеющей стали. На нижней стенке корпуса находятся воронка для ввода коаксиального кабеля и вентиляционное устройство. Исполнение фильтра УХЛ1 по ГОСТ 15150. Габаритные размеры 325\*304\*180 мм. Масса 7 кг.

### Отличительные особенности

Главной отличительной особенностью ФП является применение новых защитных устройств в его входных цепях: со стороны линии - ограничителя перенапряжения ОПН (вместо вентильного разрядника), а со стороны ВЧ кабеля - варистора (вместо газового разрядника).



### Основные электрические параметры (соответствуют МЭК №481)

Рабочее затухание в полосе пропускания, дБ не более	До 100 кГц	1,5
	Свыше 100 кГц	1,3
Затухание несогласованности в полосе пропускания, дБ не менее		12
Сопротивление со стороны ВЧ кабеля, Ом		75
Сопротивление со стороны ВЛ равно волновому сопротивлению ВЛ		по таблице заказа
Сопротивление со стороны ВЛ току промышленной частоты, Ом не более		4
Допустимая суммарная мощность ВЧ сигналов со стороны ВЧ кабеля, Вт не более		400
Уровень мощности ВЧ продуктов нелинейных искажений 2-ого и 3-его порядка относительно ВЧ сигнала, дБ не более		Минус 80

### Основная номенклатура

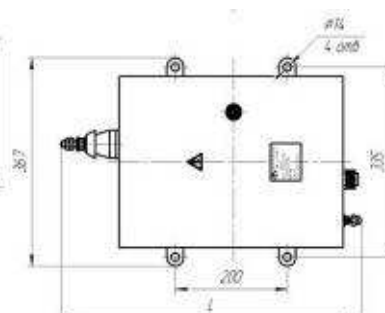
Напряжение ВЛ, кВ	35, 110, 220, 330, 500, 750
Тип подключения	Фаза-Земля, фаза-фаза, трос, расщепленный трос
Емкость конденсатора связи, пФ	2200, 3000, 3200, 4400, 4650, 6400, 7000, 7500, 17500, 35000
Входное сопротивление ВЛ, Ом	240, 280, 310, 330, 450, 550
Диапазон частот	В соответствии с таблицей заказа
Тип защитного элемента	Ограничитель перенапряжения (вентильный разрядник)

Фильтры присоединения могут быть изготовлены для совместной работы с конденсаторами связи и емкостными трансформаторами напряжения другой, не указанной в таблице заказа, емкости, и других диапазонов частот.

<b>ОАО "РЭТЗ Энергия" (ОАО "Раменский электротехнический завод Энергия")</b>				
Москва	<a href="http://www.ramenergy.ru">www.ramenergy.ru</a>	t +7 (496) 463-66-93	f +7 (496) 467-96-79	
ФПЭ	ТУ 3414-035-11703970-06	Сертификат соответствия РОСС RU.ME65.H01700	Заключение комиссии	аттестационной ОАО "ФСК ЕЭС" 47/033-2009



Наименование изделия	L, мм	Масса, кг
ФПЭ-110 кВ	530	15
ФПЭ-220 кВ	530	
ФПЭ-330 кВ	530	



### Назначение

Модернизированные фильтры присоединения типа ФПЭ предназначены для организации высокочастотных каналов связи по проводам ВЛ 35-500 кВ.

### Конструктивные характеристики

Фильтры выполнены в стальном корпусе с порошковым покрытием и соответствуют исполнению У1 ГОСТ 15150 для эксплуатации от -45°C до +40°C. Габаритные размеры 555(530)\*367\*222 мм. Масса 15 кг.

### Отличительные особенности

- применение в фильтрах ФПЭ новых технических решений и электрических схем с использованием связанных контуров даёт ряд преимуществ перед применяемыми до последнего времени фильтрами, выполненными на основе полиномиальных схем;
- проблема обеспечения требований электробезопасности (п.5 МЭК 60481 и ПУЭ) для наиболее часто используемой верхней полосы пропускания решена благодаря установке защитного дросселя и трансформаторного согласующего устройства;
- защита от коммутационных перенапряжений решена благодаря установке ограничителя перенапряжений (ОПН) на входе взамен традиционных разрядников;
- коэффициент связи согласующего трансформатора достигает 0,96, что позволяет расширить полосу пропускания;
- применение высокостабильных высокочастотных конденсаторов с импульсным напряжением 5 кВ обеспечивает устойчивость к воздействию  $10^5$  биполярных импульсов;
- поперечное сечение провода заземляющего дросселя или обмотки трансформатора, используемого в качестве заземляющего проводника для конденсатора связи, составляет не менее 1 мм<sup>2</sup> (ПУЭ);
- со стороны выхода установлен варистор взамен разрядника;
- возможен поворот фазы сигнала на выходе фильтра.

### Основная номенклатура ФП

Напряжение ВЛ, кВ	35, 110, 220, 330, 500, 750
Тип подключения	Фаза-Земля
Емкость конденсатора связи, пФ	3200, 4400, 4500, 4650, 6000, 6400, 7000, 9000, 18000
Входное сопротивление ВЛ, Ом	310, 340, 450
Диапазон частот	В соответствии с таблицей заказа
Тип защитного элемента	Вентильный разрядник или ограничитель перенапряжения

Возможна поставка фильтров с полосами пропускания, отличными от таблицы заказов.

## **4 ВЧ кабель**

### **4.1 Общие сведения**

ВЧ кабели используют для соединения аппаратуры уплотнения, устанавливаемой в здании щита управления (в линейно аппаратных залах и/или в залах релейной защиты), с фильтром присоединения, расположенным на территории высоковольтного распределительного устройства в ячейке ВЛ, к которой осуществляется присоединение.

Кроме того, ВЧ кабели используются при организации ВЧ обхода на промежуточной подстанции (ПС) канала. В этом случае ВЧ кабелем соединяют между собой кабельные входы/выходы двух ФП, расположенных на территории высоковольтного распределительного устройства в ячейках ВЛ, между которыми осуществляется ВЧ обход.

В качестве ВЧ кабелей используют радиочастотные коаксиальные кабели типа РК с номинальным волновым сопротивлением 75 Ом и испытательным напряжением жила – оболочка не менее 5 кВ.

Длины ВЧ кабелей зависят от расстояний между помещениями, где установлена аппаратура, и между этими помещениями и территорией распределительного устройства. Обычно эти длины находятся в пределах от десятков метров до километра.

### **4.2 ВЧ параметры, характеризующие ВЧ кабель**

ВЧ параметром кабеля, контролируемым в рамках эксплуатации, является рабочее затухание. Оно должно соответствовать величине, определяемой, как произведение нормированной производителем величины погонного затухания на рассматриваемых частотах на длину кабеля.

### 4.3 Методы измерений ВЧ параметров ВЧ кабеля

#### Рабочее затухание

Предполагается, что для измерения в качестве источника сигнала используется генератор Г с внутренним сопротивлением  $Z_1=75$  Ом, у которого устанавливаемый уровень выхода численно равен половине ЭДС.

Схема измерения рабочего затухания ( $a_p$ ) ВЧ кабеля в этом случае показана на рис.4.1.

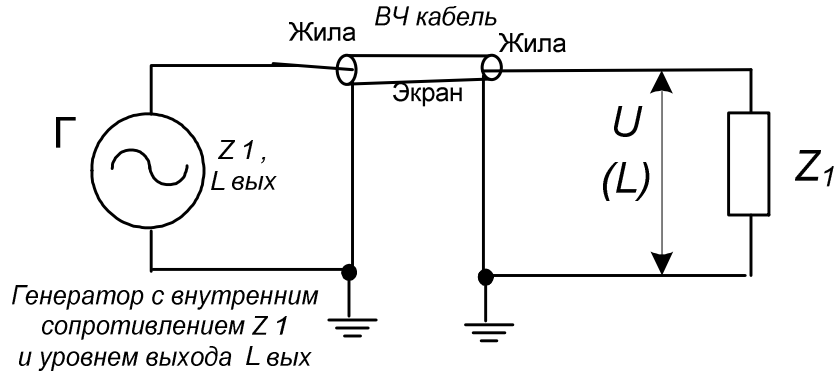


Рис.4.1 Схема измерения рабочего затухания ВЧ кабеля

Рабочее затухание определяется, как:

$$a_p = L_{\text{вых}}(\text{дБн}) - L(\text{дБн}), \quad (4.1)$$

где  $L_{\text{вых}}$  – установленный уровень выхода генератора.

Измерение рабочего затухания рекомендуется выполнять во всем диапазоне частот ВЧ связи (24 – 1000) кГц с шагом не более 5 кГц.

Иногда, при поиске причин повышенного затухания ВЧ тракта, может потребоваться измерить рабочее затухание ВЧ кабеля совместно с ФП, к которому он подключён. Схема измерения рабочего затухания системы ВЧ кабель + ФП приведена на рис.4.2.

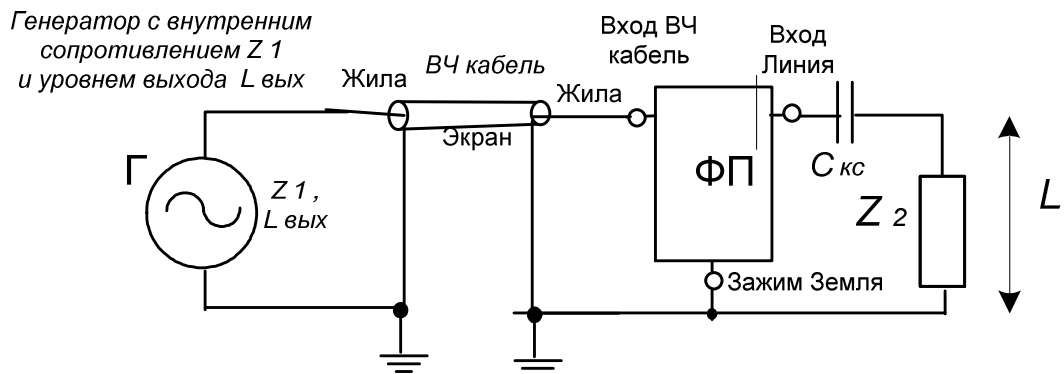


Рис.4.2 Схема измерения рабочего затухания системы ВЧ кабель + ФП

При этом измерении ФП отключается от КС (с соблюдением правил техники безопасности) и нагружается со стороны входа «Линия» на эквивалент конденсатора связи  $C_{\text{КС}}$  и сопротивление  $Z_2$ . Ёмкость конденсатора  $C_{\text{КС}}$  должна быть равна ёмкости реального КС. Сопротивление  $Z_2$  принимается в соответствии с рекомендациями завода изготовителя ФП.

Рабочее затухание определяется по формуле (4.2):

$$a_p = L_{\text{вых}}(\text{дБн}) - L(\text{дБн}) - 10 \lg(Z_2/75), \quad (4.2)$$

где  $L_{\text{вых}}$  – установленный уровень выхода генератора.

## 4.4 Определение дефектов в ВЧ кабеле

### 4.4.1 Принцип определения вида и места расположения дефекта

При подозрении о наличии какого либо дефекта в ВЧ кабеле (в том числе и повреждений, связанных с замыканием между жилой и экраном и обрывом кабеля), определение вида этого дефекта и места его расположения можно производить по результатам измерения рефлектограммы кабеля с помощью рефлектометра.

Определение вида и места повреждения ВЧ кабеля с некоторыми ограничениями можно произвести также по результатам измерения входного сопротивления кабеля (его частотной зависимости в широкой полосе частот).

#### Определение с использованием рефлектометра

Определение основано на посылке по кабелю зондирующего видеоимпульса и приёма импульса, отражённого от места нарушения однородности (дефекта) кабеля. Расстояние до дефекта определяется по времени задержки отраженного сигнала и скорости распространения волн в кабеле.

Время  $T$  задержки импульса, отраженного от неоднородности кабеля, определяется по формуле:

$$T = 2 \cdot L_{повр} / V_{каб} , \quad (4.3)$$

где  $L_{повр}$  – расстояние до места повреждения;  $V_{каб}$  – скорость распространения электромагнитной волны в кабеле; коэффициент 2 соответствует двукратному пробегу сигнала от анализатора до места повреждения и обратно к анализатору.

Скорость распространения электромагнитной волны в кабеле определяется, как:

$$V_{каб} = C / K , \quad (4.4)$$

где  $C$  – скорость электромагнитной волны в вакууме;  $K$  – коэффициент укорочения (определяется эффективной диэлектрической проницаемостью изоляции и задаётся производителем. Типовое значение соответствует  $K=1,25$ ).

Характер дефекта определяется по полярности отражённого импульса. Если нарушение однородности кабеля связано с повреждением, которое можно представить параллельно включённым сопротивлением (в пределе с КЗ), отражённый импульс будет иметь полярность, противоположную полярности зондирующего импульса (рис.4.3,а). Если нарушение однородности кабеля связано с повреждением, которое можно представить наличием последовательно включённого сопротивления (в пределе с ХХ), отражённый импульс будет иметь ту же полярность, что и зондирующий импульс (рис.4.3,б).

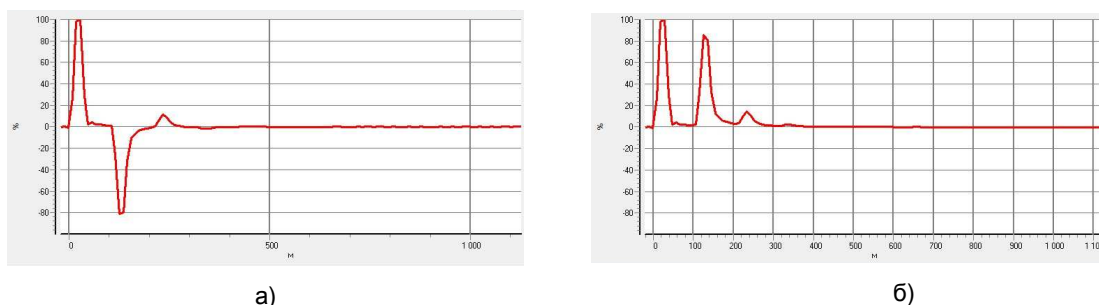


Рис.4.3 Рефлектограмма ВЧ кабеля:  
а) при КЗ; б) при ХХ

### Определение с использованием АЧХ входного сопротивления

Определение основано на характерной особенности частотной зависимости (АЧХ) входного сопротивления линии с распределёнными параметрами при нарушении её однородности. Эта особенность заключается в периодическом чередовании в АЧХ экстремальных (минимальных и максимальных) значений входного сопротивления кабеля.

Интервал  $\Delta f_{\text{макс-мин}}$ , кГц между двумя смежными частотами, соответствующими смежным экстремальным значениям входного сопротивления, определяется по выражению:

$$\Delta f_{\text{макс-мин}} = \frac{V_{\text{каб}}}{4L_{\text{повр}}}, \quad (4.5)$$

где  $V_{\text{каб}}$  – скорость распространения электромагнитной волны в кабеле (примерно 220000 км/с);  $L_{\text{повр}}$  – длина кабеля до места повреждения, км

Характер повреждения определяется по значению входного сопротивления на первой из экстремальных частот. При повреждении типа замыкания между жилой и экраном на первой из экстремальных частот входное сопротивление кабеля будет максимальным. При повреждении типа обрыва оно будет минимальным.

Этот метод имеет ограничения, обусловленные ограничением диапазона частот генератора (верхняя частота диапазона генератора равна 1000 кГц). Исходя из выражения (4.5) частота 1000 кГц может соответствовать первой экстремальной частоте только при длине  $L_{\text{повр}} = 55\text{ м} \leq L_{\text{ВЧкаб}}$ . Если повреждение расположено на длине меньше, чем 55 м, его расположение не может быть определено.

#### 4.4.2 Методика проведения измерений

##### Измерения с использованием рефлектометра

Расстояние  $L_{повр}$  до места повреждения (нарушения однородности кабеля) определяется по времени задержки отражённого импульса  $T$ , полученного из измеренной рефлектограммы, и известной скорости распространения электромагнитной волны в кабеле  $V_{каб}$ , по формуле:

$$L_{повр} = V_{каб} (T/2), \quad (4.6)$$

##### Измерения с использованием АЧХ входного сопротивления

Методика измерения входного сопротивления ВЧ кабеля должна давать возможность определить комплексное значение этого сопротивления.

Так как анализатор ВЧ связи AnCom A-7/307 позволяет измерять не только модуль напряжения, но и его фазовый угол, измерение может производиться в схеме рис.4.4.

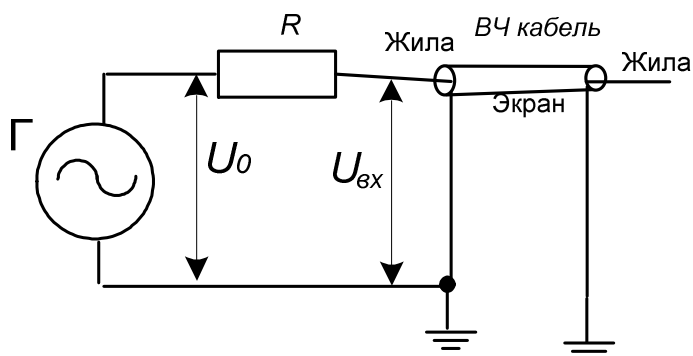


Рис.4.4 Определение входного сопротивления ВЧ кабеля

Входное сопротивление ВЧ кабеля (полное значение) рассчитывается по формуле (4.7), которая получена преобразованием (2.4):

$$Z_{вх.ВЧкаб} = r_{вх} + jx_{вх} = \frac{R}{\left(\frac{U_0}{U_{вх}}\right)(\cos\varphi + j\sin\varphi) - 1} \quad (4.7)$$

в которой:  $U_0$ ,  $U_{вх}$  и  $\varphi$  – соответственно модули указанных напряжений и фазовый угол между векторами напряжений  $U_0$  и  $U_{вх}$ , измеренные в точках, показанных на рис.4.4.

Действительная и мнимая части входного сопротивления ВЧ кабеля и его модуль определяются по результатам расчёта по (4.7) комплексного значения сопротивления  $Z_{вх.ВЧкаб}$ , как:

$$\begin{aligned} r_{вх} &= \operatorname{Re}(Z_{вх.ВЧкаб}) \\ x_{вх} &= \operatorname{Im}(Z_{вх.ВЧкаб}) \\ z_{вх} &= |Z_{вх.ВЧкаб}| \end{aligned} \quad (4.8)$$

При измерении кабель с противоположной от места измерения стороны должен быть изолирован.

Измерение должно производиться в широком диапазоне частот 24 – 1000 кГц. Шаг по частоте должен выбираться таким, чтобы хорошо обрисовать АЧХ входного сопротивления кабеля.

Расстояние до места повреждения  $L_{повр}$  определяется по известной из результатов измерений первой экстремальной частоте  $f_1$  по формуле (4.9), полученной из (4.5):

$$L_{повр} = \frac{V_{каб}}{4f_1}, \quad (4.9)$$

где  $V_{каб}$  – скорость распространения электромагнитной волны в кабеле (см. выше).

Точное определение значения частоты  $f_1$  рекомендуется производить по нулевому значению мнимой части входного сопротивления (на экстремальной частоте мнимая часть проходит через 0, меняя свой знак).

Тип повреждения определяется по величине входного сопротивления и поведению мнимой части входного сопротивления.

При повреждении типа замыкания между жилой и экраном входное сопротивление кабеля на частоте  $f_1$  будет максимальным (порядка от нескольких сотен до двух тысяч Ом), а мнимая часть изменяет свой знак от плюса к минусу. На рис.4.5 приведены результаты измерения входного сопротивления ВЧ кабеля с повреждением в виде замыкания на расстоянии 100 м.

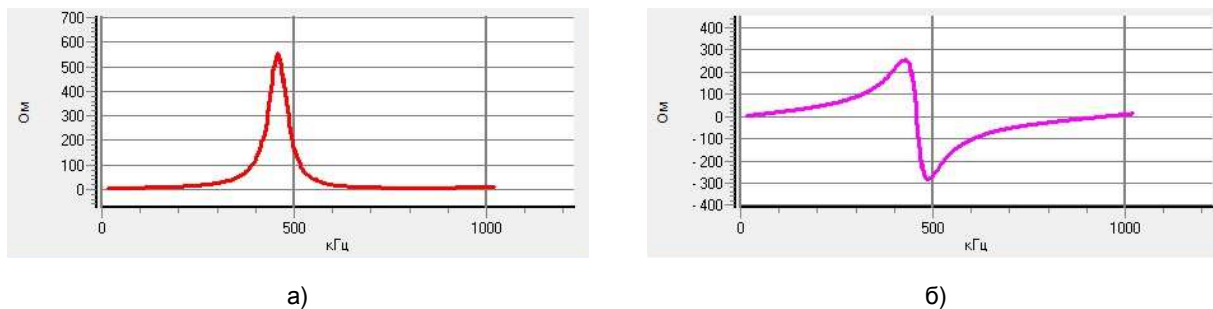


Рис.4.5 Измерение входного сопротивления при КЗ:  $R$  (а) и  $X$  (б)

При повреждении типа обрыва жилы входное сопротивление кабеля на частоте  $f_1$  будет минимальным (порядка от нескольких единиц до двух десятков Ом), а мнимая часть изменяет свой знак от минуса к плюсу. На рис.4.6 приведены результаты измерения входного сопротивления ВЧ кабеля с повреждением в виде обрыва жилы на расстоянии 100 м.

В силу того, что минимум входного сопротивления на частоте  $f_1$  не ярко выражен, точное определение значения частоты  $f_1$  рекомендуется производить по нулевому значению мнимой части, изменяющей свой знак от минуса к плюсу.

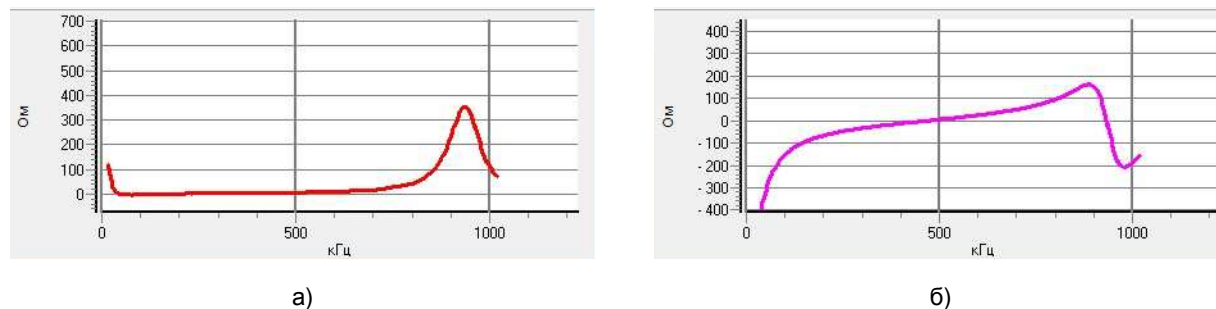


Рис.4.6 Измерение входного сопротивления при XX:  $R$  (а) и  $X$  (б)

Если кабель не повреждён, то первый экстремум должен быть на частоте  $f_1$ , которая соответствует длине  $L_{повр} = L_{каб}$ .



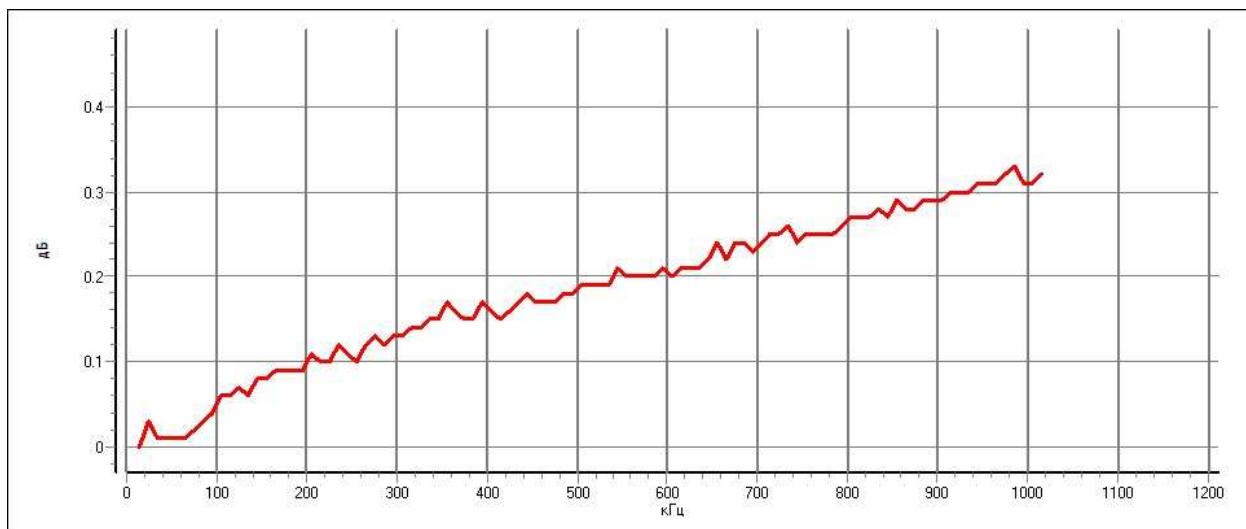
## 4.5 Методика измерений для AnCom A-7/307

### 4.5.1 Особенности измерения характеристик ВЧ кабеля

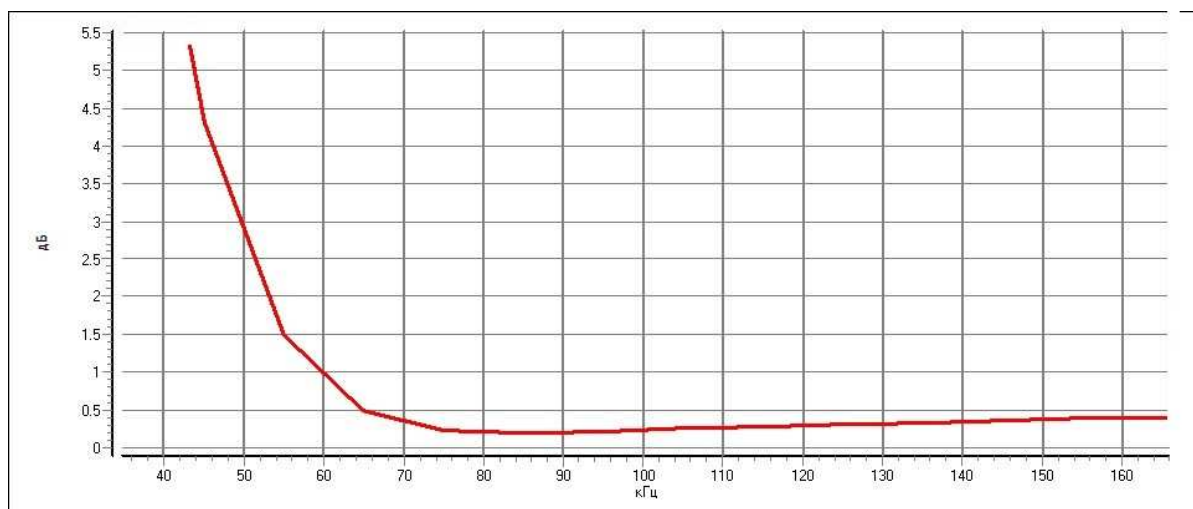
- различие длин и типов ВЧ кабелей предполагает самостоятельное создание нормирующих масок для проверки соответствия рабочего затухания рекомендуемым нормам; новые нормирующие маски создаются на базе предложенных заводских путем внесения в них изменений и «сохранения как...» под другим именем;
- вследствие того, что концы ВЧ кабеля разнесены друг от друга на значительное расстояние, измерение рабочего затухания производится двумя приборами, один из которых является измерителем, а другой – генератором (AnCom A 7/307 + AnCom A-7/307 или AnCom A-7/307 + AnCom A11/G);
- при поиске причин повышенного затухания ВЧ тракта, может потребоваться измерить рабочее затухание ВЧ кабеля совместно с ФП, к которому он подключён;
- определение вида и места возникновения дефекта ВЧ кабеля можно производить по результатам измерения рефлектограммы кабеля с помощью рефлектометра;
- определение вида и места повреждения ВЧ кабеля с некоторыми ограничениями можно произвести также по результатам измерения входного сопротивления кабеля (его частотной зависимости в широкой полосе частот).

#### Примеры измерений.

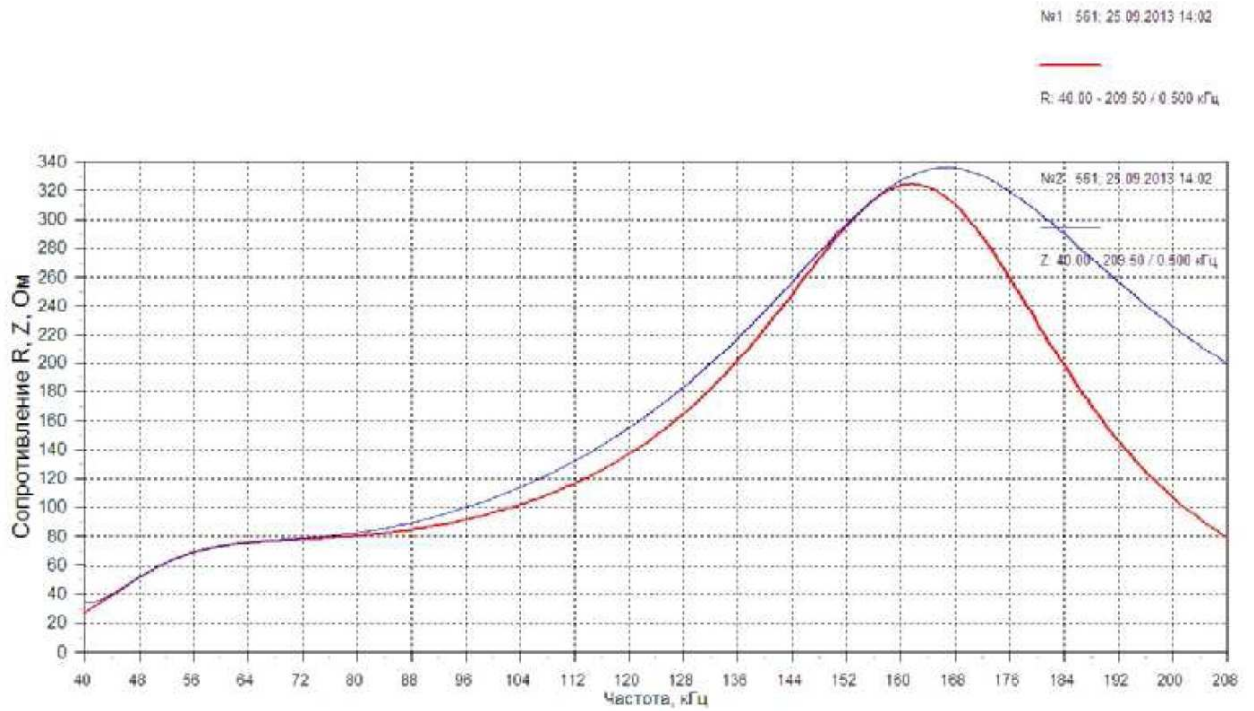
##### ПС Рени. НТЦ Энергосвязь 2013



*Результаты измерения рабочего затухания ВЧ кабеля РК-9-13 /длина кабеля 150 м/  
в зависимости от частоты*



*Результаты измерения рабочего затухания фильтра присоединения и ВЧ кабеля в зависимости от частоты на эквивалент ВЛ и КС – РК-9-13+ ФПС-6400 /50-80 кГц/*

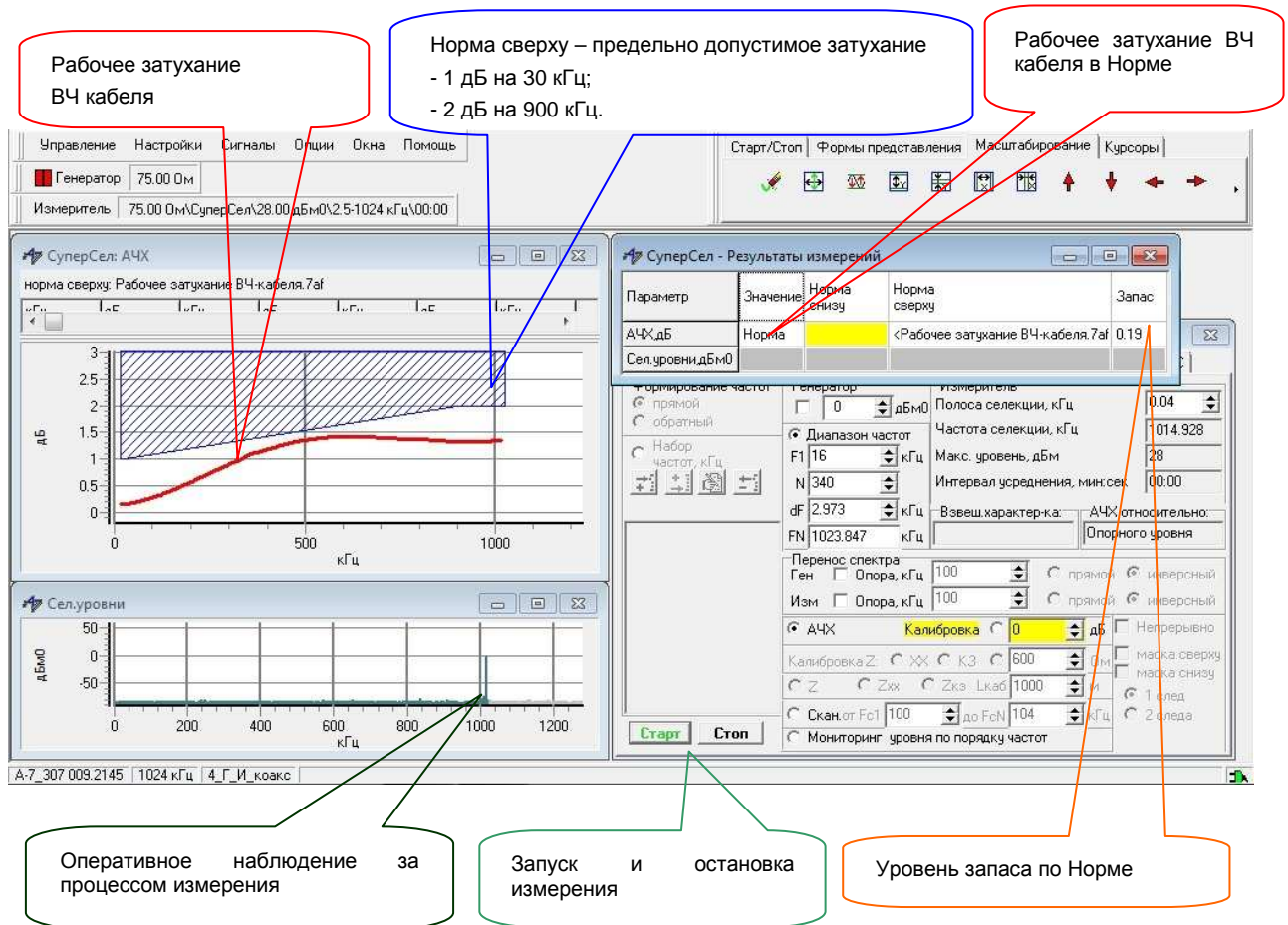


*Результаты измерения входного сопротивления (**R** – снизу и **Z** – сверху) ВЧ кабеля и фильтра присоединения в зависимости от частоты на эквивалент ВЛ и КС, РК-9-13+ ФПС-6400 /50-80 кГц*

#### 4.5.2 Рабочее затухание ВЧ кабеля

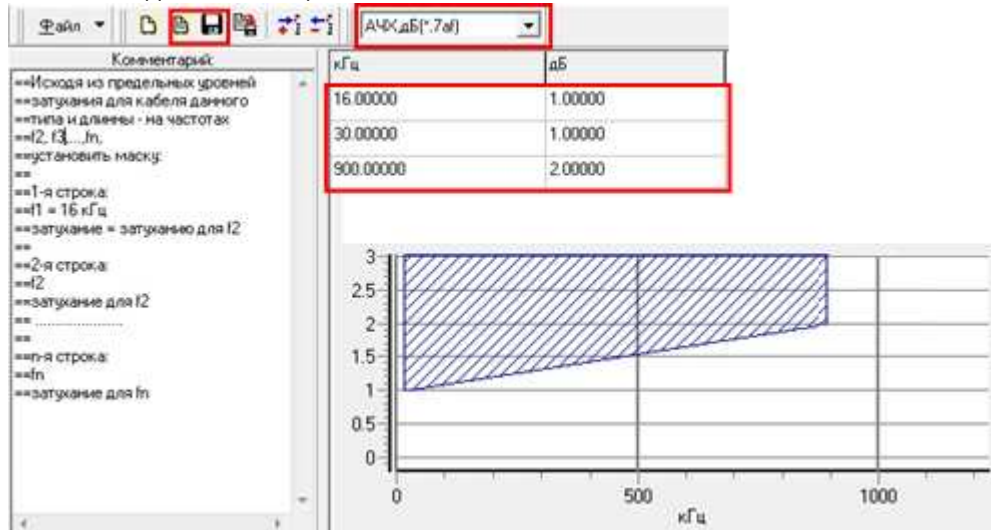
##### Измерение

- подключить ВЧ кабель к анализаторам согласно схеме: измерительный – на одном конце ВЧ кабеля, генераторный – на другом (рекомендуется измерительный анализатор устанавливать в более удобном для работы месте); роль анализатора (измерительный или генераторный) определяется загруженной на нем конфигурацией;
- включить анализаторы;
- загрузить конфигурацию:
  - на измерительном анализаторе – заводскую «Рабочее затухание ВЧ кабеля – Измеритель» или свою – из папки \Config\ВЧ\_связь\ВЧ\_кабель,
  - на генераторном анализаторе – заводскую «Рабочее затухание ВЧ кабеля – Генератор»;
- запуск измерения с проверкой на соответствие норме (нормирующая маска «сверху») производится нажатием кнопки «Старт»:
  - **сначала** на измерительном анализаторе,
  - **потом** – на генераторном анализаторе;
- при выходе характеристики за установленную норму, в окне «СуперСел – Результаты измерений» измерительного анализатора Значение параметра АЧХ, дБ изменится с «Нормы» на **«Ненорма»**;
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в любой удобной форме.



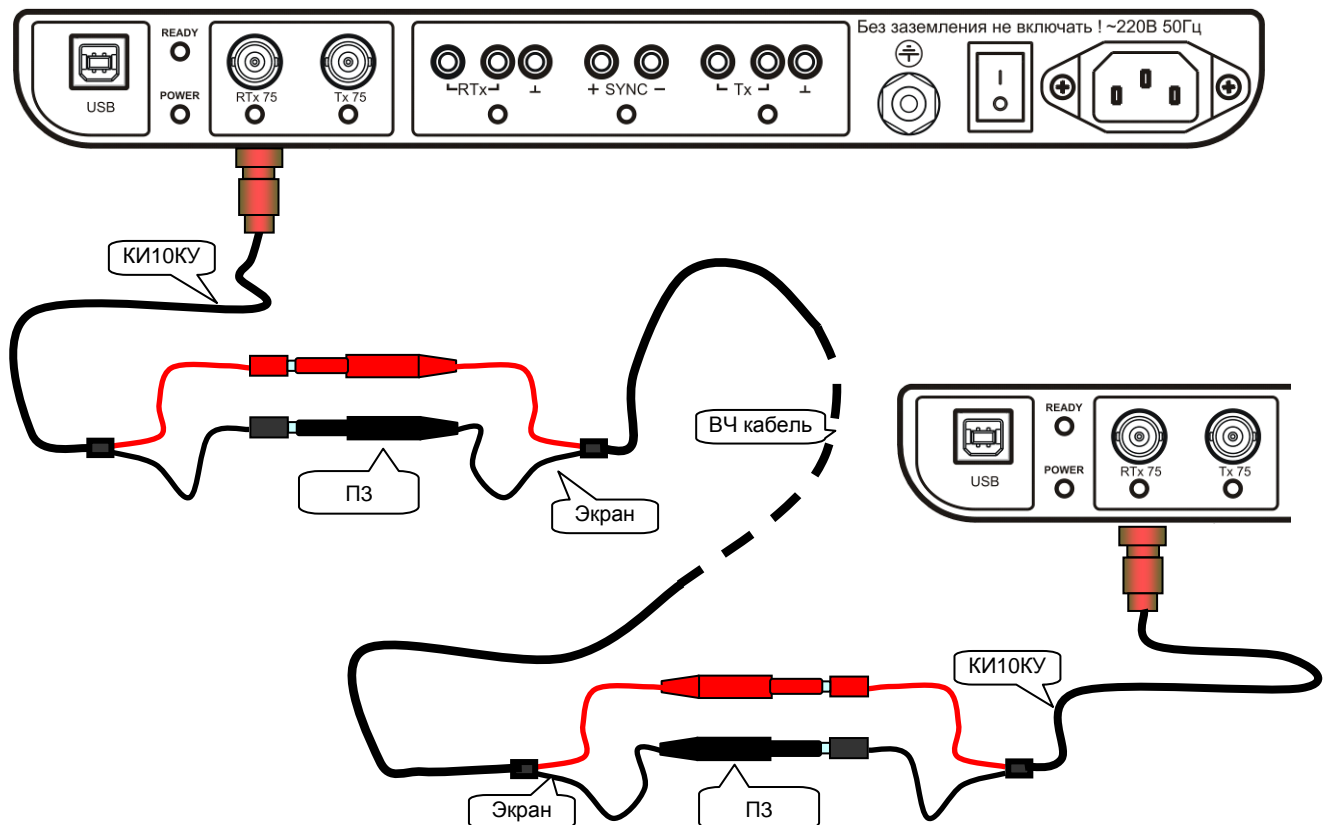
### Для установки нормирующей маски на другой тип и длину кабеля

- перед «Стартом» измерения открыть маску для рабочего затухания из папки ...Masks\ВЧ\_связь\ВЧ\_кабель;
- изменить значения в столбцах «кГц» и «дБ». Пример и форма маски для предельно допустимых значений затухания кабеля данного типа и длины:
  - 1 дБ на 30 кГц;
  - 2 дБ на 900 кГц.



- маску «Сохранить как...» в этой же папке, указав свое информативное название, например «РК-9-13 100м Рабочее затухание.7af»;
- выгрузить предыдущую маску и установить отредактированную маску для измеряемого параметра (Сигналы → СуперСел – Настройка параметров → АЧХ, дБ → Норма сверху → Окно «Выбор маски»);
- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «РК-9-13 100м Рабочее затухание – Измеритель.cfg»;
- запустить измерение нажатием кнопки «Старт» (Настройки прибора → СуперСел).

### Схема подключения к анализаторам: измерительному и генераторному



Измерения в ВЧ связи. Устройства обработки и присоединения

#### 4.5.3 Рабочее затухание ВЧ кабеля + ФП

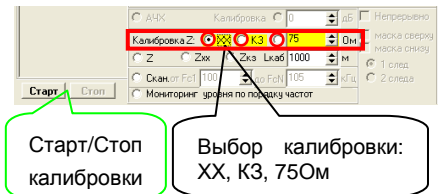
##### Измерение

- в силу того, что дальний конец ВЧ кабеля находится на значительном расстоянии от анализатора, для генерации сигнала необходимо использовать внешнее устройство, например, генератор AnCom A11/G;
- выполняется аналогично измерению, описанному в разделе «Рабочее затухание ФП: Направление измерения рабочего затухания вход ЛЭП на открытом распределительном устройстве (ОРУ) → выход ВЧ кабеля».

#### 4.5.4 Частотная характеристика полного сопротивления ВЧ кабеля

##### Измерение

- включить анализатор;
- подключить ВЧ кабель к анализатору согласно схеме;
- загрузить конфигурацию – заводскую «Полное сопротивление ВЧ кабеля» или свою – из папки \Config\ВЧ\_связь\ВЧ\_кабель;
- после загрузки конфигурации и подключения ВЧ кабеля к анализатору, перед запуском измерительного процесса – необходимо выполнить калибровку соединительных проводов и измерителя импеданса:
  - XX (Настройки прибора → СуперСел: «Калибровка Z:» на ○XX, «Старт») – «крокодилы» отключены от ВЧ кабеля и «висят в воздухе»,
  - K3 (Настройки прибора → СуперСел: «Стоп», «Калибровка Z:» на ○K3, «Старт») – «крокодилы» отключены от ВЧ кабеля и замкнуты между собой,
  - 75 Ом (Настройки прибора → СуперСел: «Стоп», «Калибровка Z:» на ○75 Ом, «Старт») – «крокодилы» отключены от ВЧ кабеля и подключены к эквиваленту 75 Ом (P75),
  - после проведения калибровки, индикатор «Калибровка Z:» **○XX ○K3 ○75 Ом** должен изменить цвет с **желтого** на **зеленый**,
  - завершить калибровку («Стоп»);
- подключить ВЧ кабель к анализатору согласно схеме; на противоположном конце ВЧ кабеля должен быть установлен резистор P75;
- запуск измерения с проверкой на соответствие норме (нормирующая маска «снизу») производится нажатием кнопки «Старт»;
- при выходе характеристики за установленную норму, в окне «СуперСел – Результаты измерений» Значение параметра R, Ом изменится с «Нормы» на **«Ненорма»**;
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в любой удобной форме.





Полное сопротивление ВЧ кабеля

Норма снизу и сверху: полное сопротивление кабеля (измеряется в полосе частот 20...1000кГц) должно соответствовать  $75 \pm 3$  Ом.

Полное сопротивление ВЧ кабеля в Норме

Оперативное наблюдение за процессом измерения

Запуск и остановка измерения

Управление: Настройки, Сигналы, Опции, Окна, Помощь

Генератор: 75.00 Ом

Измеритель: 75.00 Ом (выс.) \СуперСел\28.00 дБм\0\2.5-1024 кГц\00:00

Старт/Стоп, Формы представления, Масштабирование, Курсоры

СуперСел: R

норма сверху:  $75 + 3$  Ом норма сверху:  $75f$  норма снизу:  $75 - 3$  Ом норма снизу:  $75f$

кГц	Ом	кГц	Ом	кГц	Ом	кГц	Ом
20.00	75.24	22.89	75.27	25.78	75.27	28.67	

СуперСел - Результаты измерений

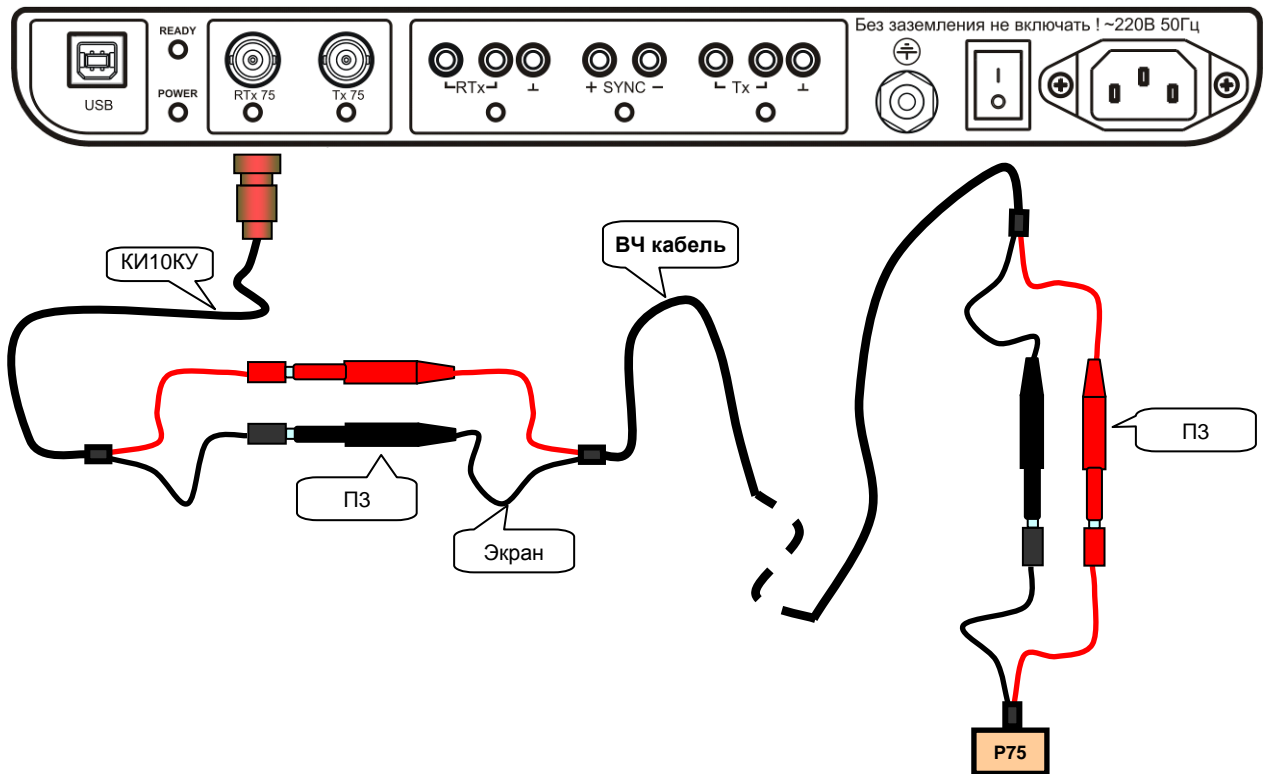
Параметр	Значение	Норма снизу	Норма сверху	Запас
R, Ом	Норма	> $75 - 3$ Ом норма снизу, $75f$	< $75 + 3$ Ом норма сверху, $75f$	
Сел.уровни, дБм				

Параметры измерения:

- Набор частот: кГц
- F1: 20 кГц
- N: 340
- dF: 2.891 кГц
- FN: 1000.049 кГц
- Макс. уровень, дБм: 28
- Интервал усреднения, мин.сек: 00:00
- Взвеш. характер. к-а: АЧХ относительно опорного уровня
- Перенос спектра: Ген (Опора, кГц), Изм (Опора, кГц)
- Калибровка Z: 75 Ом
- Скан.от Fc1: 100 до FcN: 105 кГц
- Мониторинг: уровня по порядку частот

Старт, Стоп

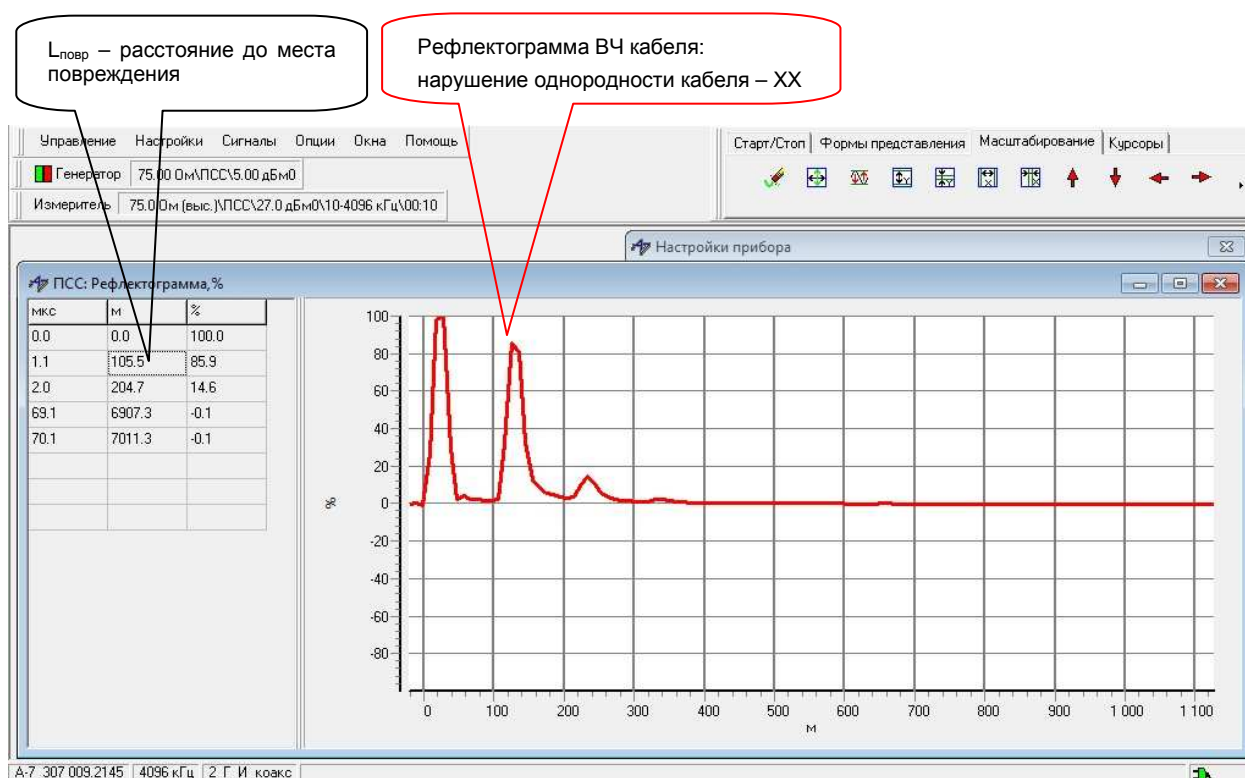
Схема подключения к анализатору



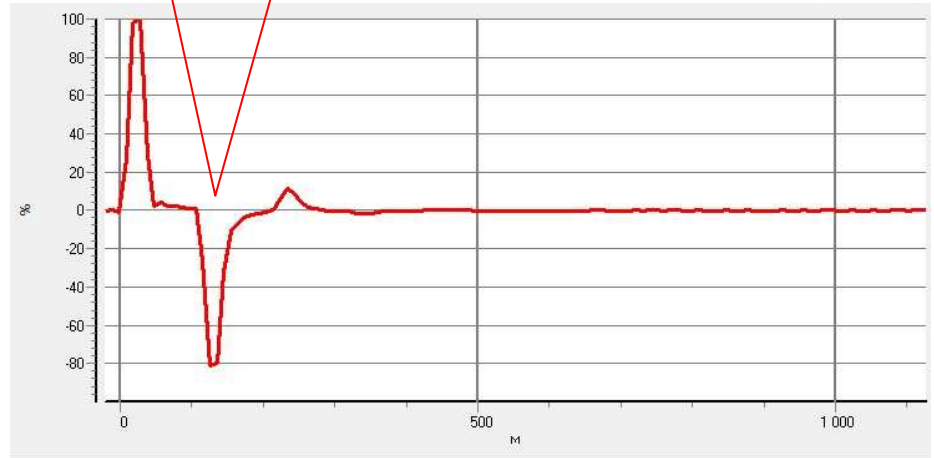
#### 4.5.5 Определение дефектов в ВЧ кабеле с использованием рефлектометра

##### Измерение

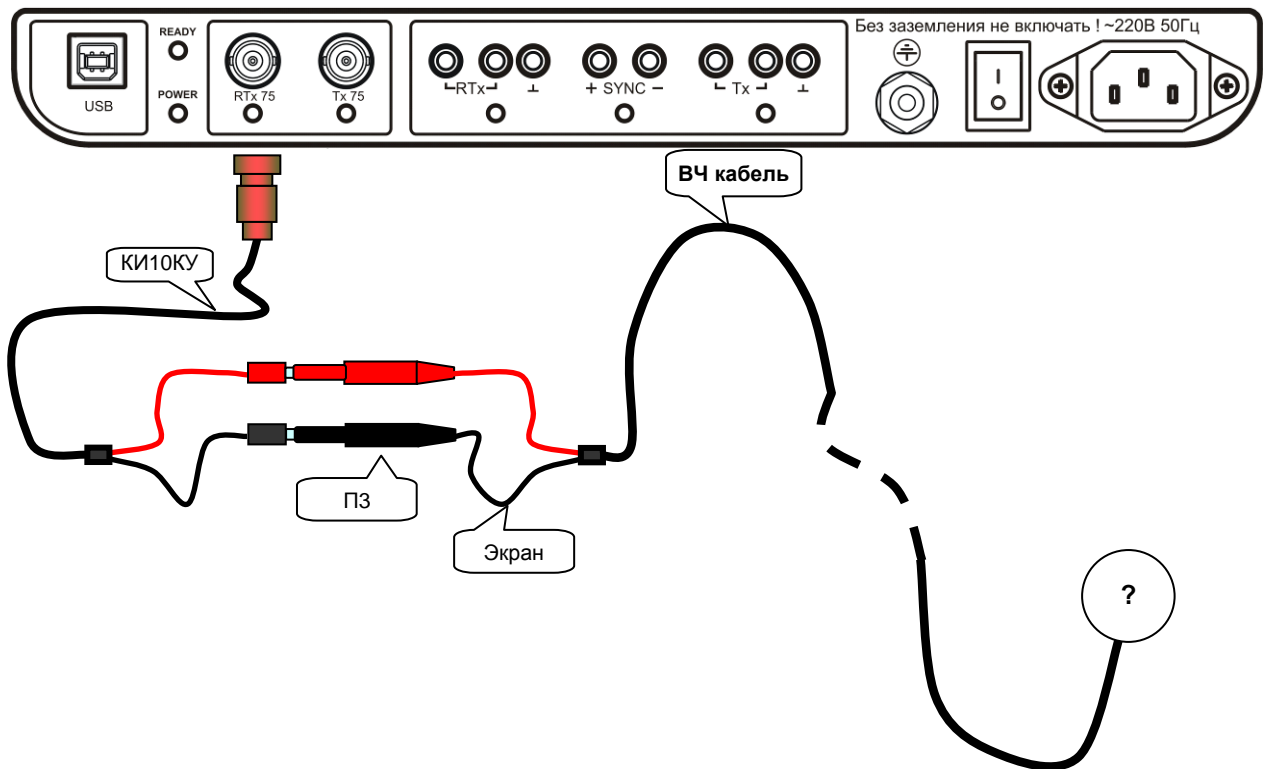
- производится при подозрении повреждения кабеля;
- включить анализатор;
- подключить ВЧ кабель к анализатору согласно схеме;
- загрузить конфигурацию «Рефлектометрические измерения ВЧ кабеля» из папки \Config\ВЧ\_связь\ВЧ\_кабель;
- диапазон и пределы допускаемой абсолютной погрешности измерения расстояния до неоднородности по отражению с использованием псевдослучайного сигнала, при типовом значении коэффициента укорочения 1,5 и скорости распространения волны 100 м/мкс, составляет  $(50...9260) \pm 5$  м;
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в любой удобной форме.



Рефлектограмма ВЧ кабеля:  
нарушение однородности кабеля – КЗ



### Схема подключения к анализатору

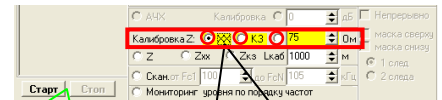




#### 4.5.6 Определение дефектов в ВЧ кабеле измерением АЧХ входного сопротивления

##### Измерение

- производится при подозрении повреждения кабеля;
- включить анализатор;
- подключить ВЧ кабель к анализатору согласно схеме;
- загрузить конфигурацию «Входное сопротивление ВЧ кабеля» из папки \Config\ВЧ\_связь\ВЧ\_кабель;
- после загрузки конфигурации и подключения ВЧ кабеля к анализатору, перед запуском измерительного процесса – необходимо выполнить калибровку соединительных проводов и измерителя импеданса:
  - XX (Настройки прибора → СуперСел: «Калибровка Z:» на  $\odot$ XX, «Старт») – «крокодилы» отключены от ВЧ кабеля и «висят в воздухе»,
  - K3 (Настройки прибора → СуперСел: «Калибровка Z:» на  $\odot$ K3, «Старт») – «крокодилы» отключены от ВЧ кабеля и замкнуты между собой,
  - 75 Ом (Настройки прибора → СуперСел: «Калибровка Z:» на  $\odot$ 75 Ом, «Старт») – «крокодилы» отключены от ВЧ кабеля и подключены к эквиваленту 75 Ом (P75),
  - после проведения калибровки, индикатор «Калибровка Z:»  $\odot$ XX  $\odot$ K3  $\odot$ 75 Ом должен изменить цвет с **желтого** на **зеленый**,
  - завершить калибровку («Стоп»);
- подключить ВЧ кабель к анализатору согласно схеме;
- запуск измерения производится нажатием кнопки «Старт»;
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в любой удобной форме.

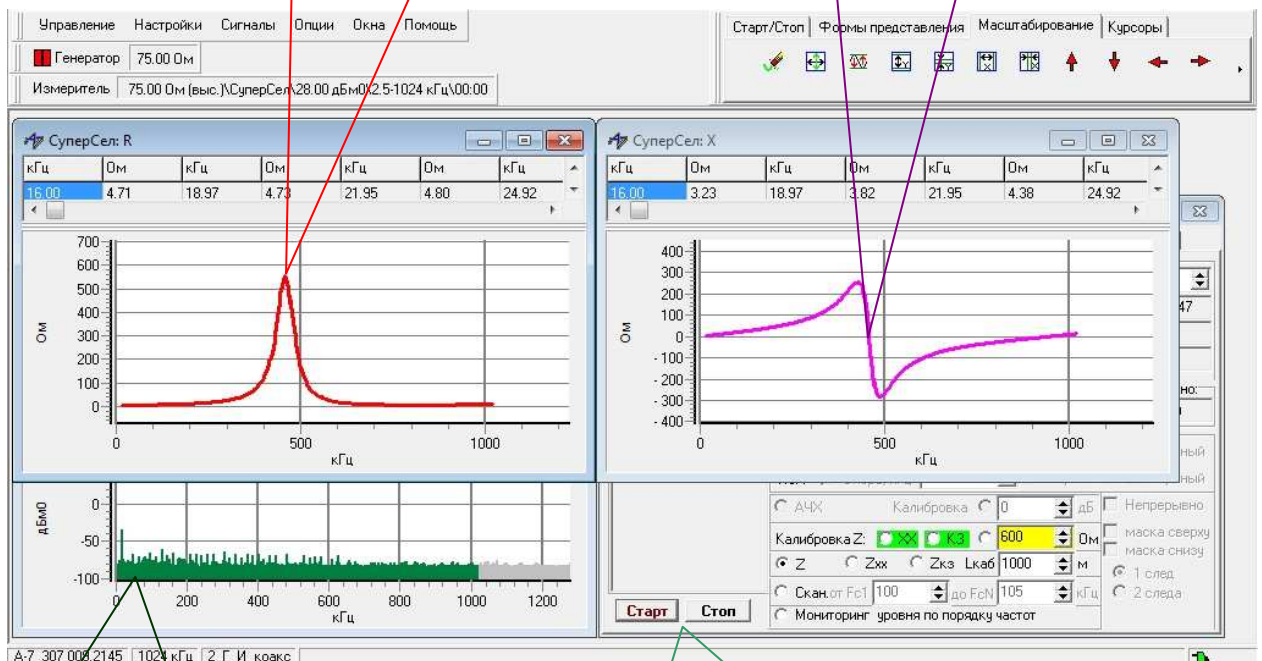


Старт/Стоп калибровки

Выбор калибровки: XX, K3, 75 Ом

Нарушение однородности кабеля – K3: входное сопротивление кабеля на первой экстремальной частоте ( $f_1$ ) максимально.

Нарушение однородности кабеля – K3: мнимая часть изменяет свой знак от плюса к минусу на первой экстремальной частоте ( $f_1$ ).

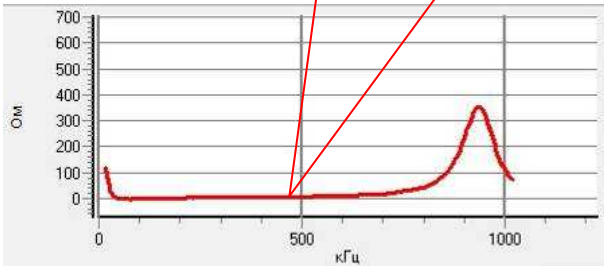


Оперативное наблюдение за процессом измерения

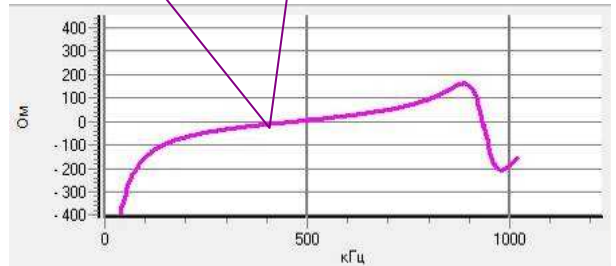
Запуск и остановка измерения

Измерения в ВЧ связи. Устройства обработки и присоединения

Нарушение однородности кабеля – XX:  
входное сопротивление кабеля на первой  
экстремальной частоте ( $f_1$ ) минимально и  
максимально на второй ( $f_2 = 2 \cdot f_1$ ).



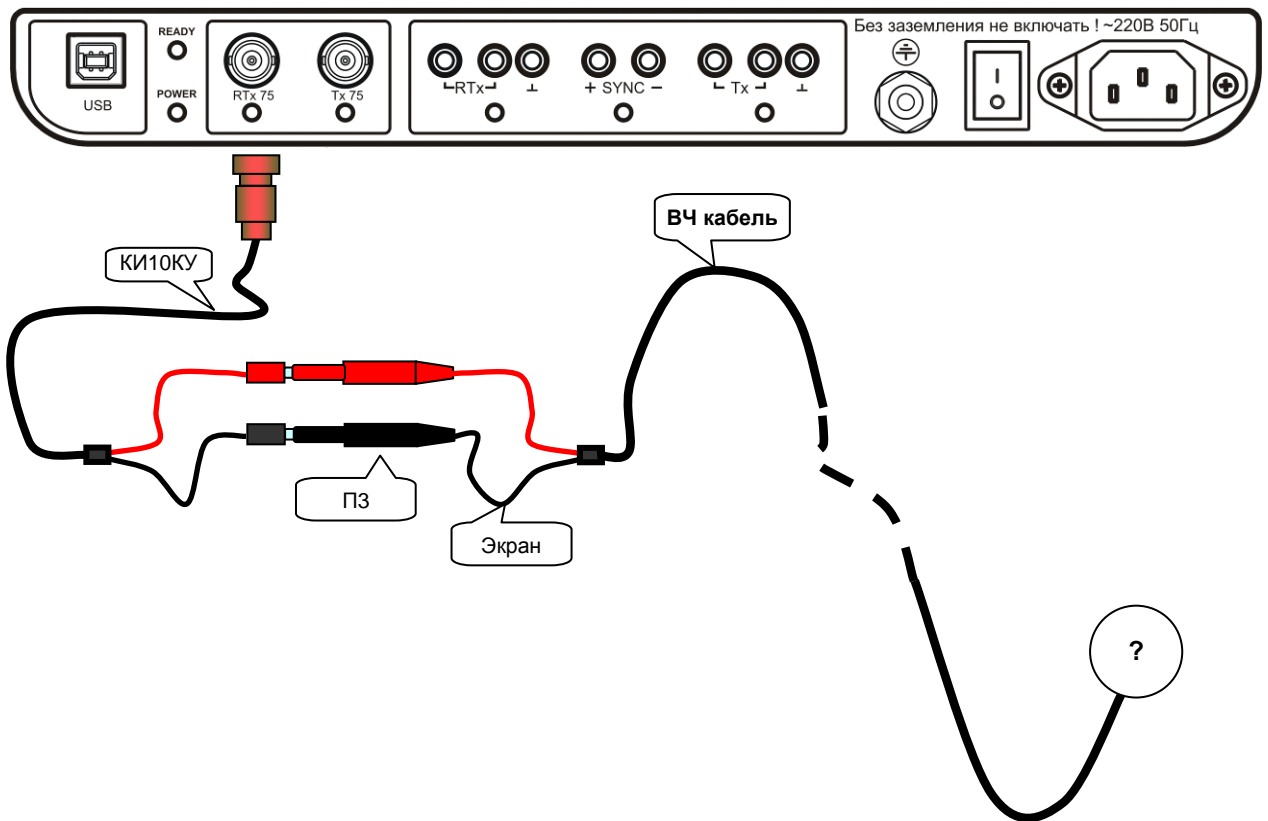
Нарушение однородности кабеля – XX:  
мнимая часть изменяет свой знак от  
минуса к плюсу на первой экстремальной  
частоте ( $f_1$ ).



### Вычисление расстояния до места повреждения $L_{повр}$

Расстояние до места повреждения  $L_{повр}$  определяется по известной из результатов измерений первой экстремальной частоте  $f_1$  по формуле  $L_{повр} = V_{каб} / 4f_1$ , где  $V_{каб}$  – скорость распространения электромагнитной волны в кабеле (примерно 220000 км/с).

### Схема подключения к анализатору



#### 4.6 Паспорт на ВЧ кабель, пример заполнения

Предприятие	Сети «АБС»
Подстанция	ПС21
Название ВЛ и напряжение, кВ	ПС21-ПС25, 330
Рабочая фаза (А, В или С)	А

### ПАСПОРТ НА ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ КАБЕЛЬ ЛИНЕЙНОГО ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ТРАКТА

#### 1. Общая часть

Название мест, между которыми проложен кабель	ОРУ – ЛАЗ
Марка кабеля	РК-75-9-12
Длина, м	430
Год выпуска кабеля, г	2000
Рабочий диапазон частот, кГц	16...1000

- объем проверок соответствует испытаниям при техническом обслуживании вида: «Н» - новое включение (настройка), «К» - профилактический контроль и «В» - профилактическое восстановление (ремонт);
- профилактический контроль должен проводиться при техническом обслуживании ЛЭП. Рекомендуемая периодичность раз в 6 лет;
- при отсутствии проектных данных о длине кабеля допускается использовать в расчетах норм – измеренную длину кабеля (с использованием рефлектометров и измерителей неоднородностей).

#### 2. Схема прокладки кабеля

- при невозможности выполнить схему прокладки кабеля, допускается делать ссылку на Проект или приводить описание прокладки кабеля.



#### 3. Измерение сопротивления шлейфа

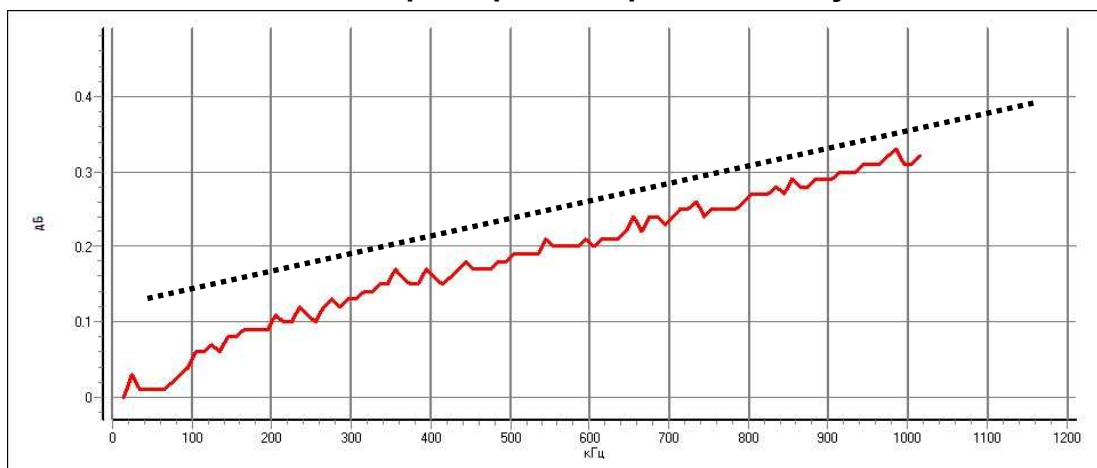
Сопротивление шлейфа на постоянном токе, Ом	11
---	----

#### 4. Измерение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции между центральной жилой и экраном, МОм	250
Сопротивление изоляции между центральной жилой, которая замкнута с экраном, и заземлением, МОм	250

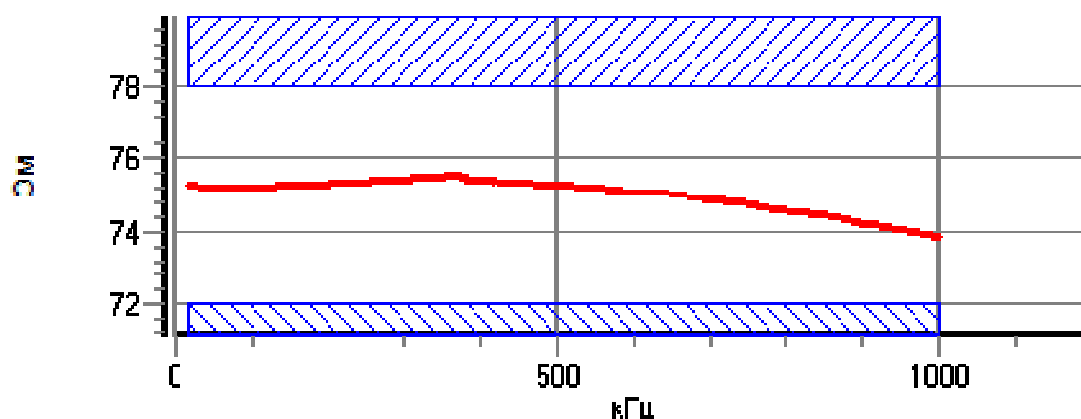
- сопротивление изоляции измеряется мегаомметром на напряжении 2500В;
- сопротивление в нормальных климатических условиях должно быть не менее 100 МОм (при длине кабеля более 1 км – не менее 100МОм/км);

## 5. Частотная характеристика рабочего затухания



- рабочее затухание кабеля (измеряется в полосе частот 20...1000кГц) зависит от марки кабеля и его длины, поэтому норма на рабочее затухание определяется для каждого объекта индивидуально (обычно на частоте 1000кГц рабочее затухание не превосходит 2 дБ).

## 6. Частотная характеристика полного сопротивления



- полное сопротивление кабеля (измеряется в полосе частот 20...1000кГц) должно соответствовать  $75 \pm 3$  Ом;
- При измерениях на противоположном конце кабеля должен быть установлен резистор  $75 \pm 0.75$  Ом.

## 7. Используемые при проверке средства измерения и оборудование

Тип средства измерения	Наименование	Заводской номер	Дата очередной поверки
Анализатор	AnCom A-7	009.2222	10.11.10
Мегаомметр	1152MF	9850397	11.11.11

## 8. Результаты проверки

Дата	Заключение о соответствии требованиям	Проверку выполнил Ф.И.О.	Подпись
10.10.10	Соответствует	Иванов И.И.	

## 5 Разделительный фильтр (РФ)

### 5.1 Общие сведения

Разделительные фильтры (РФ) используются для разделения ВЧ трактов каналов, параллельно подключённых к ВЛ через один и тот же ФП. В соответствии со стандартом организации «СТО 56947007-33.060.40.045» РФ устанавливаются на концевых ПС канала, а также на промежуточных ПС, на которых организуется ВЧ обход.

На концевых ПС РФ используются, в тех случаях, когда к одному фильтру присоединения подключены параллельно аппаратура канала РЗ (и/или ПА) и:

- канала любого другого назначения, кроме РЗ и/или ПА (речь, ПД, ТМ);
- аппаратура второго канала РЗ (ПА).

Разделение с помощью РФ между собой иных каналов, кроме РЗ и ПА, на концевых ПС не делается.

Схемы с использованием РФ на концевых ПС показаны на рис.5.1.

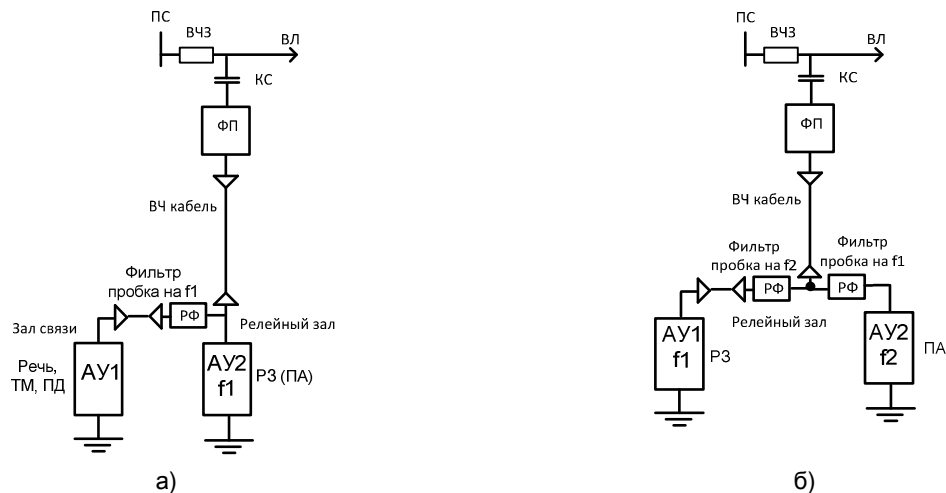


Рис.5.1 Схемы включения РФ на концевой ПС:

а) разделение канала РЗ и канала без передачи сигналов РЗ и/или ПА; б) разделение канала РЗ и канала ПА.

В этих схемах РФ предназначен для предотвращения выхода из строя канала РЗ и/или ПА при разных манипуляциях с ВЧ входом/выходом на параллельно включенной аппаратуре другого канала. Эти манипуляции возможны при выводе параллельно включённого канала из действия и проведении на нём каких-либо работ. При этих манипуляциях может, в том числе, произойти случайное соединение между жилой и оболочкой ВЧ кабеля, подходящего к выведенному из действия каналу, что при отсутствии РФ приведёт к отказу канала, оставшегося в работе.

В рассматриваемом случае РФ выполняются в виде двухполюсников (фильтр-пробка, настроенный на частоту параллельно включённого терминала РЗ (ПА)). Так как ширина полосы частот канала РЗ и канала ПА, которую необходимо «запереть» с помощью РФ не превышает 4 кГц, использование такой схемы наиболее рационально.

Одна из схем РФ, выпускаемых промышленностью и выполняемого в виде двухполюсника, приведена на рис.5.2.

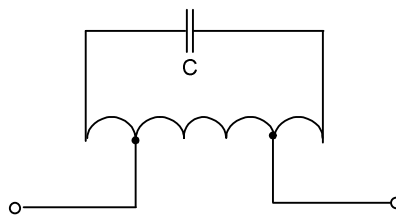


Рис.5.2 Схема РФ в виде двухполюсника

На ПС с ВЧ обходом РФ используются при организации каналов с ВЧ обходом промежуточной ПС в схемах, показанных на рис.5.3. При этом, на промежуточной ПС2, на которой организуется обход:

- кроме обхода, организованного для «сквозного» канала ПС1- ПС3, включена оконечная аппаратура АУ1 канала ПС1- ПС2 (рис.5.3,а);
- осуществляется обход на два направления – в сторону ПС3 для канала на аппаратуре АУ1 ПС1- ПС3 и на аппаратуре АУ2 – в сторону ПС4 для канала ПС1-ПС4 (рис.5.3,б).

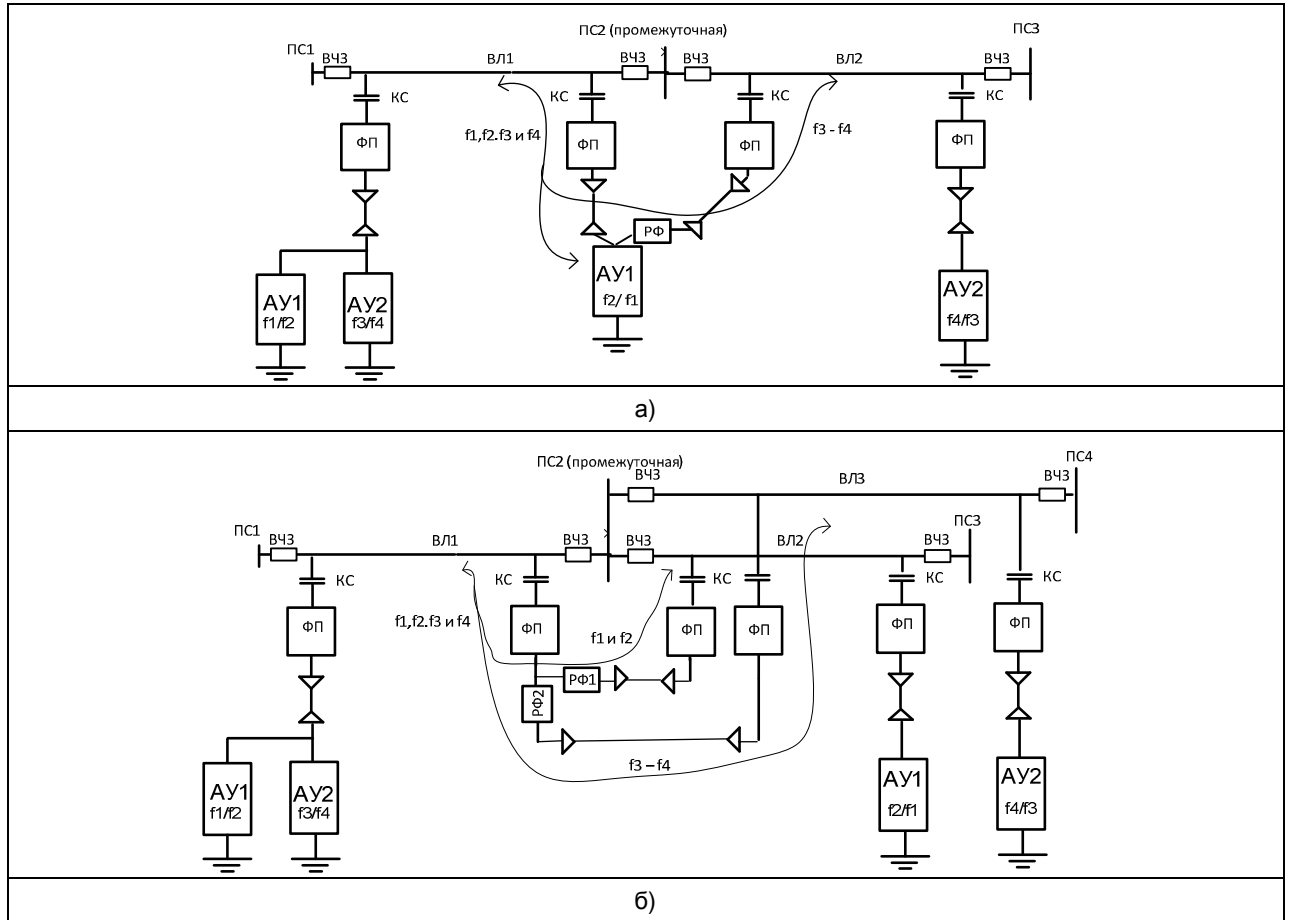


Рис.5.3 Схемы включения РФ на промежуточной ПС с обходом:

- а) разделение тракта канала на аппаратуре АУ1 и «сквозного» тракта с обходом на аппаратуре АУ2;  
 б) разделение тракта по ВЛ1 каналов на аппаратуре АУ1 и АУ2 при обходе на два направления (ВЛ2 и ВЛ3).

В этих схемах РФ предназначены для:

- исключения шунтирующего действия входного сопротивления одного тракта на другой тракт;
- ограничения распространения сигналов с частотами каналов, работающих в «рассматриваемой» части сети для облегчения задачи выбора частот новых каналов, работающих вне этой части.

В рассматриваемых случаях РФ выполняются в виде полных четырёхполюсников (полосовой фильтр, фильтр верхних или нижних частот).

Так, на рис.5.3,а РФ может быть выполнен в виде фильтра нижних частот с частотой среза  $f_0$ , удовлетворяющей неравенству:

$$f_1 < f < f_0 < f_3 < f_4, \quad (5.1)$$

Этот фильтр должен:

- пропускать частоты  $f_3 - f_4$ , лежащие выше частоты среза и используемые «сквозным» каналом;
- «заграждать» частоты  $f_1$  и  $f_2$ , лежащие ниже частоты среза и используемые каналом на аппаратуре АУ1, организованного между ПС1 и ПС2.

На рис.5.3,б РФ1 может быть выполнен в виде фильтра верхних частот с частотой среза  $f_0$ ,

удовлетворяющей неравенству (5.1), а РФ2 - в виде фильтра нижних частот с той же частотой среза.

Фильтр РФ1 должен:

- пропускать частоты ( $f_1 - f_2$ ) каналов, работающих через схему обхода в сторону ВЛ2 (лежащие ниже частоты среза);
- «заграждать» частоты ( $f_3 - f_4$ ) каналов, работающих через схему обхода в сторону ВЛ3 (лежащие выше частоты среза).

Фильтр РФ2 будет, наоборот, пропускать частоты ( $f_3 - f_4$ ) и «заграждать» частоты ( $f_1 - f_2$ ).

В рассмотренных случаях РФ выполняются, как правило, в виде полных четырёхполюсников (либо полосового фильтра, либо фильтра нижних и/или верхних частот). Реализуются эти фильтры обычными цепочечными схемами.

В Российской Федерации разделительные фильтры выпускаются:

- ОАО «НПО МРТЗ»;
- ЗАО «НПП Электронные информационные системы»;
- ООО «Уралэнергосервис»;
- ООО «Росэнергосервис».

Все серийно выпускаемые РФ предназначены для установки на концевых ПС. РФ для установки на промежуточных ПС с обходом изготавливаются только по специальному заказу.

## 5.2 ВЧ параметры, характеризующие РФ

Предметом рассмотрения настоящего раздела являются ВЧ параметры РФ, представляющие наибольший интерес для служб, эксплуатирующих каналы ВЧ связи различного назначения.

В условиях эксплуатации РФ проверкам подлежат следующие ВЧ параметры:

- рабочее затухание в пределах полосы частот пропускания (частоты сигналов, проходящих через РФ). Это затухание должно быть не более 1 дБ;
- вносимое затухание, обусловленное шунтирующим действием входного сопротивления РФ. Это затухание в пределах полосы частот заграждения (частоты сигналов, которые РФ блокирует) должно быть не более  $1 \text{ дБ}^{-1}$ .

## 5.3 Методы измерений ВЧ параметров РФ

### 5.3.1 Общие соображения

В рассматриваемых схемах измерений РФ в виде двухполюсника представляется в виде неполного четырёхполюсника, как показано на рис.5.4.

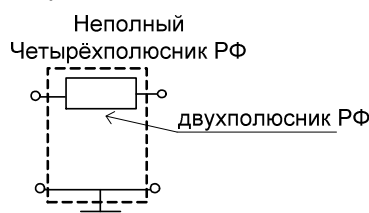


Рис.5.4 Представление в схемах измерений двухполюсника РФ в виде неполного четырёхполюсника

Параметры РФ определяются для условия работы его в тракте с номинальным сопротивлением  $Z_1=75 \text{ Ом}$ .

В качестве источника сигнала при измерениях обычно используют генератор с внутренним сопротивлением  $Z_1=75 \text{ Ом}$ , у которого устанавливаемый уровень выхода численно равен половине ЭДС.

### 5.3.2 Методика измерения рабочего затухания

Измерение рабочего затухания производится в схеме рис.5.5. РФ в виде двухполюсника представляется в этой схеме, как показано на рис.5.4.

<sup>1</sup> При проверке РФ в лабораторных условиях параметр «вносимое затухание» заменяется параметром заграждающее сопротивление (действительная часть полного сопротивления РФ).

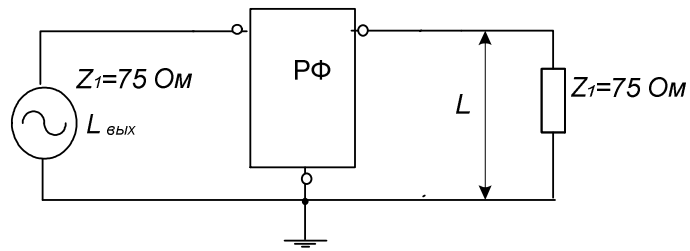


Рис.5.5 Схема измерения рабочего затухания РФ

Рабочее затухание определяется по формуле (2.2,а), которая при  $Z_1=Z_2=75\text{ Ом}$  записывается в виде:

$$a_p = L_{\text{вых}}(\partial\text{Бн}) - L(\partial\text{Бн}), \quad (5.2)$$

В (5.2)  $L_{\text{вых}}$  – установленный уровень выхода генератора.

Измерение рабочего затухания выполняется в пределах полос частот каналов связи, работающих через РФ.

### 5.3.3 Методика измерения вносимого затухания

Измерение вносимого затухания производится в схеме рис.5.6. РΦ в виде двухполюсника представляется в этой схеме, как, показано на рис.5.4.

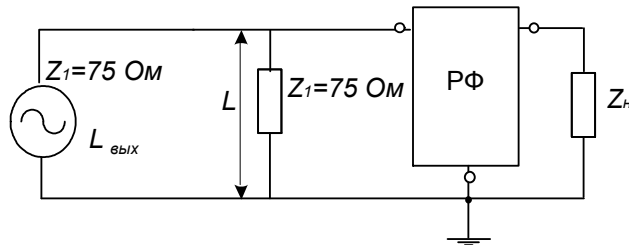


Рис.5.6 Схема измерения вносимого затухания РΦ

Вносимое затухание определяется по формуле:

$$a_{\text{вн}} = L_{\text{вых}}(\partial\text{Бн}) - L(\partial\text{Бн}), \quad (5.3)$$

в которой  $L_{\text{вых}}$  – установленный уровень выхода генератора.

Измерение вносимого затухания выполняется в пределах полосы заграждения.

Выбор условий нагрузки РΦ (сопротивление  $Z_n$  на рис.5.6) при измерении вносимого затухания должен производиться по-разному в зависимости от назначения РΦ и его типа:

**РФ, устанавливаемые на концевой ПС** (рис.5.1,а или б).

В этом случае РΦ имеют схему двухполюсника и обеспечивают работу канала РЗ (ПА) при любых возможных конфигурациях цепи, включённой за РΦ.

Если измерение производят в реальных условиях с реализованной схемой рис.5.1,а или б, вместо сопротивления  $Z_n$  на рис.5.6 на выходе РΦ включается сама цепь к параллельно включённой аппаратуре. Это эквивалентно замене сопротивления  $Z_n$  входным сопротивлением  $Z_{\text{вх.цепи}}$ . Вносимое затухание должно определяться для того возможного состояния цепи, при котором в пределах полосы заграждения оно будет наибольшим.

Таким случаем не обязательно является короткое замыкание выхода РΦ ( $Z_n = Z_{\text{вх.цепи}} = 0$ ). При определении наихудшего случая надо иметь в виду, что в полосе заграждения вблизи частоты его настройки (например,  $f_1$  на рис.5.1,а), полное сопротивление РΦ имеет мнимую составляющую. Эта составляющая может быть скомпенсирована мнимой частью входного сопротивления цепи, включённой за РΦ.

С другой стороны, величина и знак мнимой части входного сопротивления цепи за РΦ (для рис.5.1,а это ВЧ кабель и аппаратура АУ1) зависит от состояния этой цепи.

В общем случае при определении вносимого затухания следует находить наибольшее из значений, определённых для четырёх возможных вариантов состояния цепи за РΦ:

- цепь за РΦ имеет рабочую схему;
- жила и экран ВЧ кабеля на конце цепи соединены между собой;



- в) жила и экран ВЧ кабеля на конце цепи отключены от АУ1 и изолированы;
- г) выход РФ закорочен.

Если проверка вносимого затухания РФ в виде двухполюсника производится в лабораторных условиях, она может быть сделана только для случая замыкания выхода РФ, при котором не будет проверена возможность компенсации мнимой части полного сопротивления на какой либо частоте в пределах полосы частот заграждения РФ. Поэтому в этом случае вместо проверки вносимого затухания рекомендуется производить измерение действительной части полного сопротивления РФ, которое по аналогии с терминологией, принятой для ВЧЗ, можно назвать «заграждающее сопротивление». Для того, чтобы вносимое затухание в пределах полосы заграждения не превышало 1 дБ, заграждающее сопротивление РФ должно быть не менее 310 Ом. Методика измерения этого сопротивления приведена в разделе 5.3.4.

#### РФ, устанавливаемые на ПС с обходом (рис.5.3).

При проверке РФ в лабораторных условиях измерение производится по схеме рис.5.6 при нагрузке РФ на 75 Ом ( $Z_n = 75 \text{ Ом}$ ).

При проверке РФ в реальных условиях существующей схемы рис.5.3,а или б, вносимое затухание РФ определяют по результатам измерения рабочего затухания ВЧ тракта:

- Для схемы 5.3,а измеряют тракт ПС1-ПС2 канала на аппаратуре АУ1 в полной схеме и в схеме с отключённой на ПС2 цепи обхода в сторону ПС3 (вместе с РФ);
- Для схемы 5.3,б и канала на аппаратуре АУ1 измеряют тракт ПС1-ПС3 в полной схеме и в схеме с отключённой на промежуточно ПС2 цепи обхода в сторону ПС 4 (вместе с РФ2);
- Для случая 5.3,б и канала на аппаратуре АУ2 измеряют тракт ПС1-ПС4 в полной схеме и в схеме с отключённой на промежуточно ПС2 цепи обхода в сторону ПС3 (вместе с РФ1).

Во всех этих случаях вносимое затухание определяется, как разность между измеренными значениями рабочего затухания при полной схеме и при отключённой цепи с РФ.

#### 5.3.4 Методика измерения заграждающего сопротивления двухполюсника РФ

Так как анализатор ВЧ связи AnCom A-7/307 позволяет измерять не только модуль напряжения, но и его фазовый угол, измерение может производиться в схеме рис.5.7.

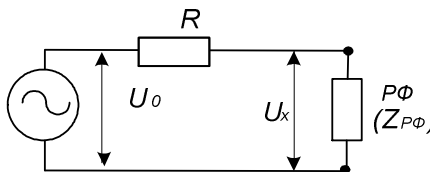


Рис.5.7 К определению модуля полного сопротивления двухполюсника и его действительной и мнимой части.

Полное сопротивление РФ рассчитывается по формуле (5.4), которая получена преобразованием (2.4):

$$Z_{RF} = r_{RF} + jx_{RF} = \frac{R}{\left(\frac{U_0}{U_x}\right)(\cos \varphi + j \sin \varphi) - 1}, \quad (5.4)$$

в которой:  $U_0$ ,  $U_x$  и  $\varphi$  – соответственно модули указанных напряжений и фазовый угол между векторами напряжений  $U_0$  и  $U_x$ , измеренные в точках, показанных на рис.5.7.

Заграждающее сопротивление (действительная часть полного сопротивления) и модуль сопротивления РФ определяются по результатам расчёта по (5.4) комплексного значения сопротивления  $Z_{RF}$ , как:

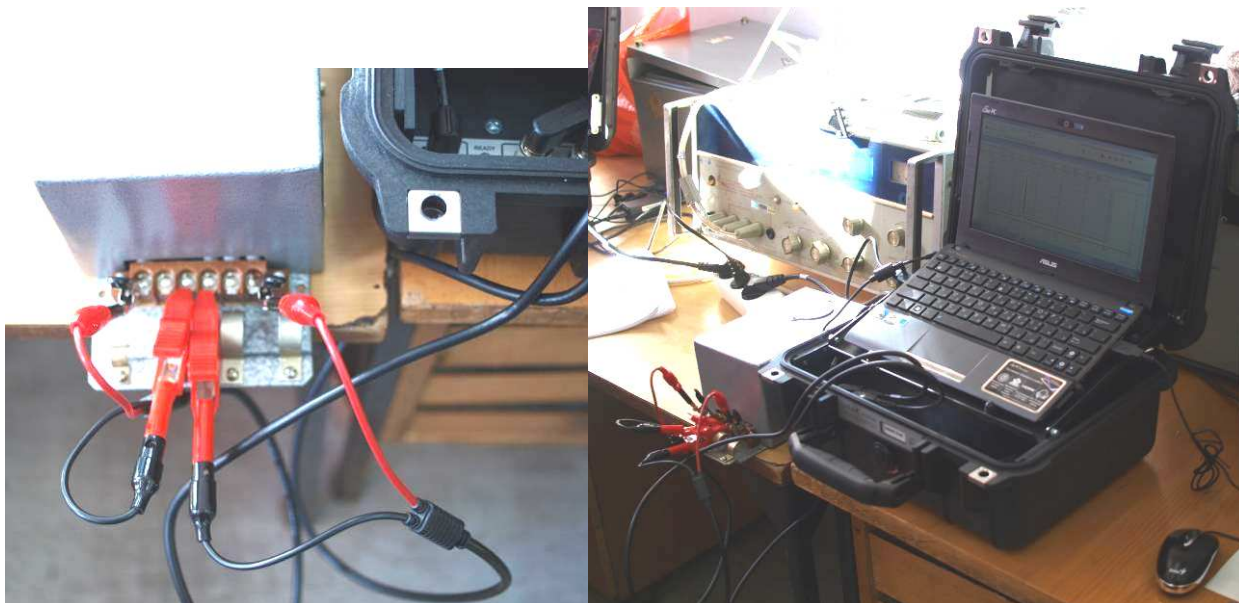
$$\begin{aligned} r_{RF} &= \text{Re}(Z_{RF}) \\ z_{RF} &= |Z_{RF}| \end{aligned} \quad (5.5)$$

Выбор частот, на которых измеряется сопротивление, должен выполняться так, чтобы хорошо обрисовать АЧХ заграждающего сопротивления РФ в пределах полосы заграждения.

## 5.4 Методика измерений для AnCom A-7/307

### 5.4.1 Особенности измерения характеристик РФ

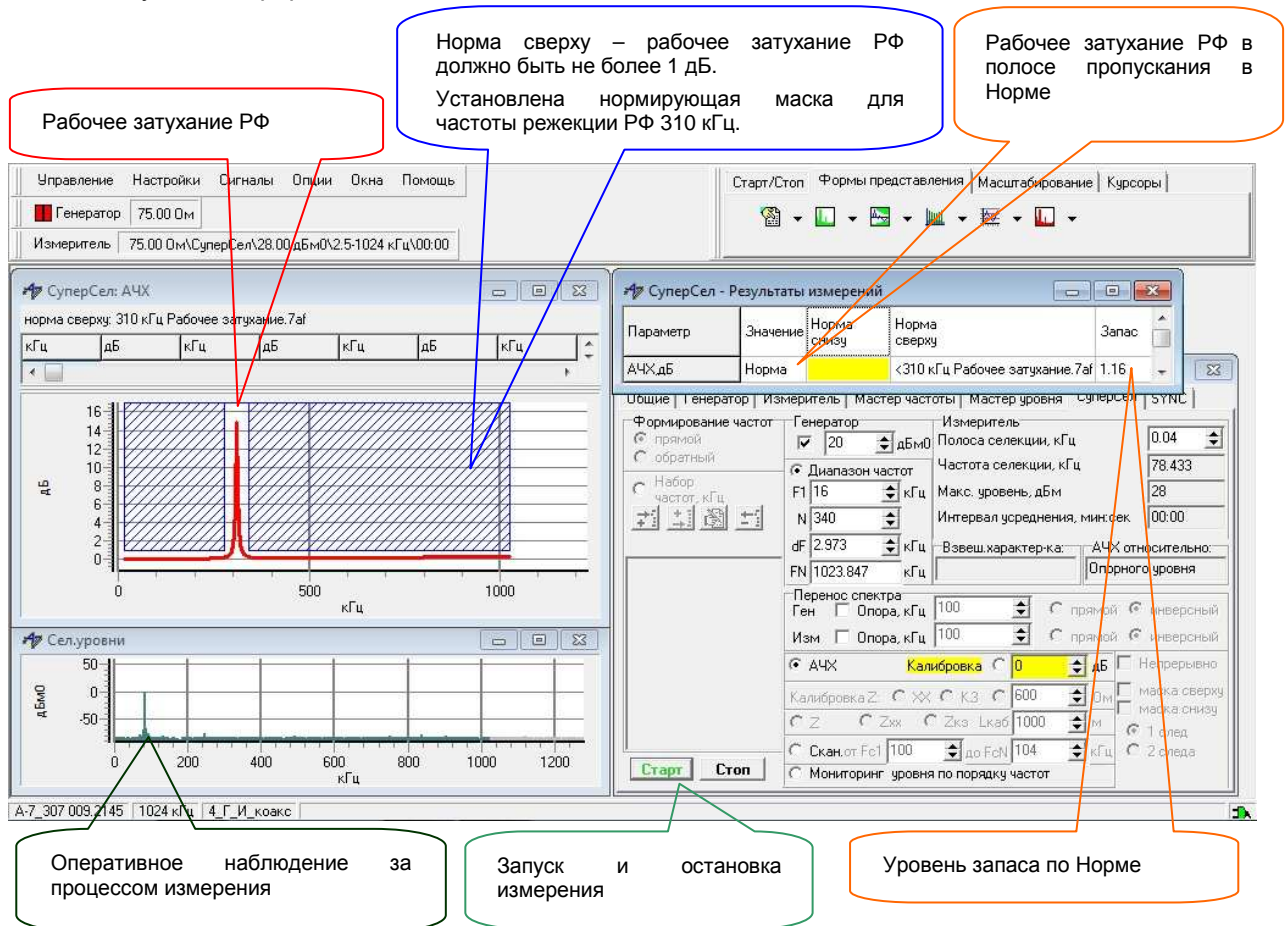
- измерения проводятся с закрытой крышкой;
- широкая номенклатура РФ предполагает самостоятельное создание нормирующих масок для проверки соответствия измеряемого параметра рекомендуемым нормам;
- новые нормирующие маски создаются на базе предложенных заводских путем внесения в них изменений и «сохранения как...» под другим именем;
- для каждого типа РФ рекомендуется создавать нормирующую маску, настроенную на частоту (полосу режекции) РФ, устанавливать ее для измеряемого параметра и сохранять измененную конфигурацию под новым информативным именем.



## 5.4.2 Рабочее затухание РФ

### Измерение

- включить анализатор;
- подключить РФ к анализатору согласно схеме;
- загрузить конфигурацию – заводскую «310 кГц Рабочее затухание РФ» или свою – из папки \Config\ВЧ\_связь\РФ;
- запуск измерения с проверкой на соответствие норме (нормирующая маска «сверху» для требуемой частоты режекции) производится нажатием кнопки «Старт»;
- при выходе характеристики за установленную норму, в окне «СуперСел – Результаты измерений» Значение параметра АЧХ, дБ изменится с «Нормы» на **«Ненорма»**;
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в любой удобной форме;

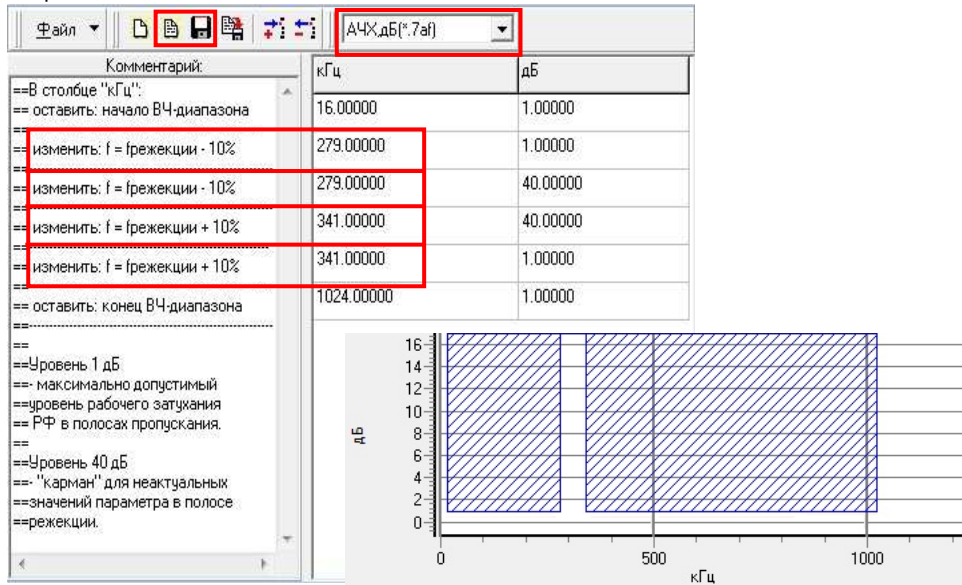


- при выходе значений рабочего затухания за установленную норму вблизи полосы режекции, повторить измерение в более узком диапазоне:  $f_{\text{режекции}} - 20\% \dots f_{\text{режекции}} + 20\%$ , для чего:
  - остановить измерение кнопкой «Стоп» (Настройки прибора → СуперСел);
  - в окне «Настройки прибора» в поле «Диапазон частот» установить:
    - шаг частот  $dF = 0,4$  кГц,
    - частота первой гармоники  $F1 = f_{\text{режекции}} - 20\%$  (для  $f_{\text{режекции}} = 310$  кГц,  $F1 = 310 - 20\% = 248$  кГц),
    - количество точек измерений для построения АЧХ  $N = 340$ ,
    - последняя частота  $FN$  должна автоматически принять значение  $\approx f_{\text{режекции}} + 20\%$ ;
  - запустить измерение нажатием кнопки «Старт» (Настройки прибора → СуперСел);
  - при повторном выходе характеристики за установленную норму вблизи полосы режекции, считать, что рабочее затухание не в норме.

Диапазон частот	
F1	248 кГц
N	340
dF	0,4 кГц
FN	383,6 кГц

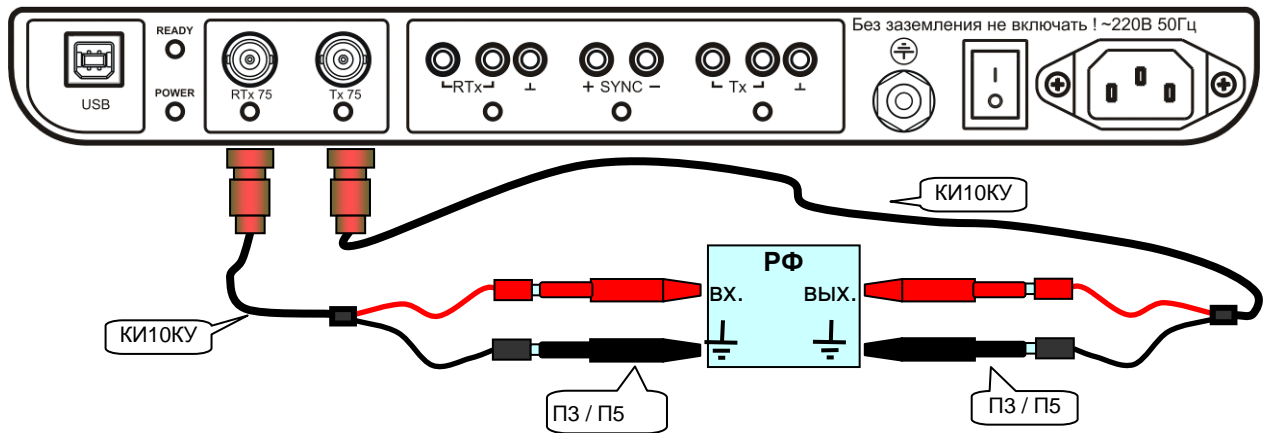
### Для установки нормирующей маски на другую полосу режекции

- перед «Стартом» измерения открыть маску для рабочего затухания из папки ...Masks\ВЧ\_связь\РФ;
- изменить значения в столбце «кГц». Пример и форма маски для частоты режекции 310 кГц:



- сохранить маску «как» в этой же папке, указав свое информативное название, например «310 кГц Рабочее затухание РФ.7af»;
- выгрузить предыдущую маску и установить отредактированную маску для измеряемого параметра (Сигналы → СуперСел – Настройка параметров → АЧХ, дБ → Норма сверху → Окно «Выбор маски»);
- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «310 кГц Рабочее затухание.cfg»;
- запустить измерение нажатием кнопки «Старт» (Настройки прибора → СуперСел).

### Схема подключения к анализатору

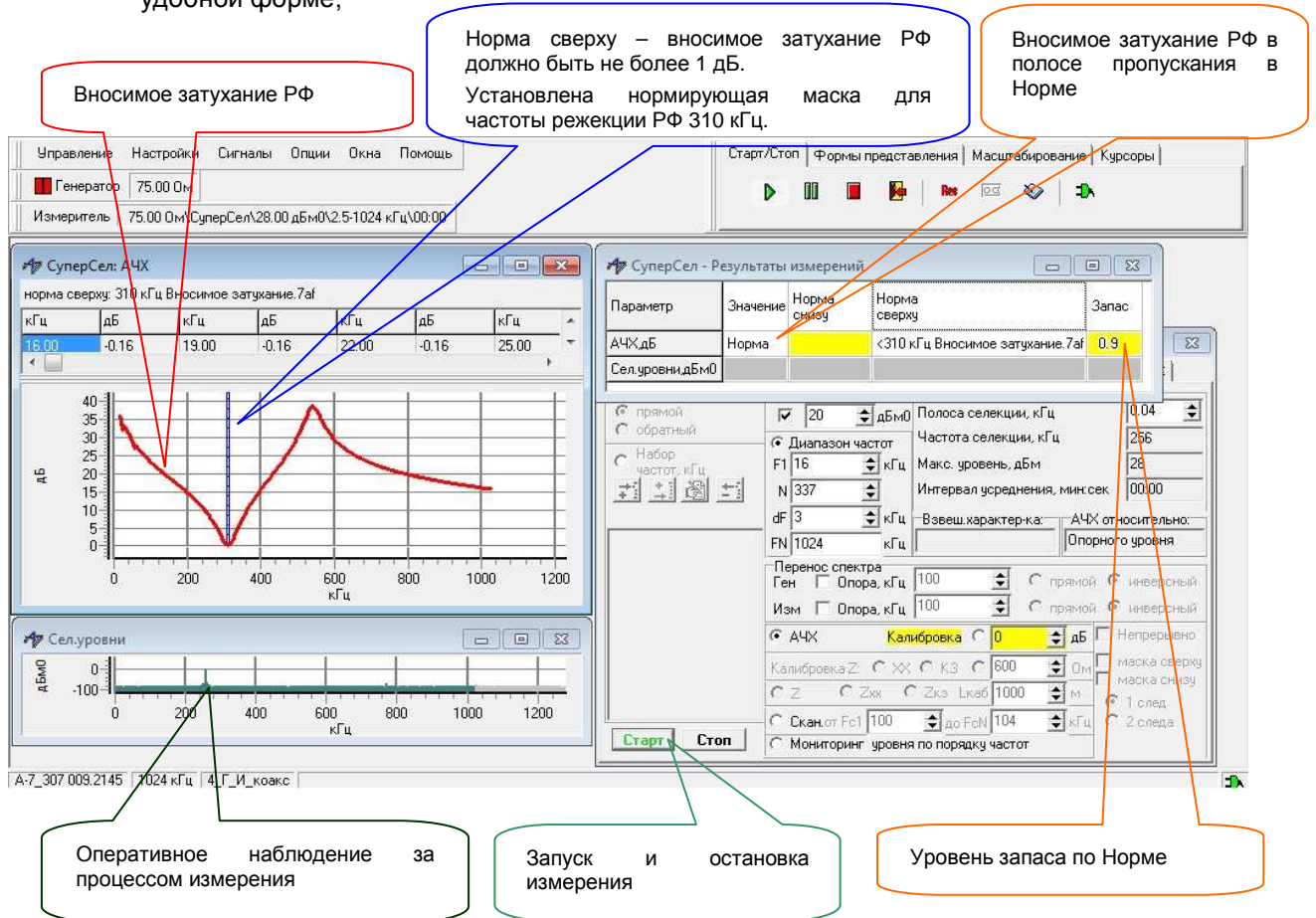




### 5.4.3 Вносимое затухание РФ

#### Измерение

- включить анализатор;
- подключить РФ к анализатору согласно схеме;
- загрузить конфигурацию – заводскую «310 кГц Вносимое затухание РФ» или свою – из папки \Config\ВЧ\_связь\РФ;
- запуск измерения с проверкой на соответствие норме (нормирующая маска «сверху» для требуемой полосы режекции) производится нажатием кнопки «Старт»;
- при выходе характеристики за установленную норму, в окне «СуперСел – Результаты измерений» Значение параметра АЧХ, дБ изменится с «Нормы» на **«Ненорма»**;
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в любой удобной форме;

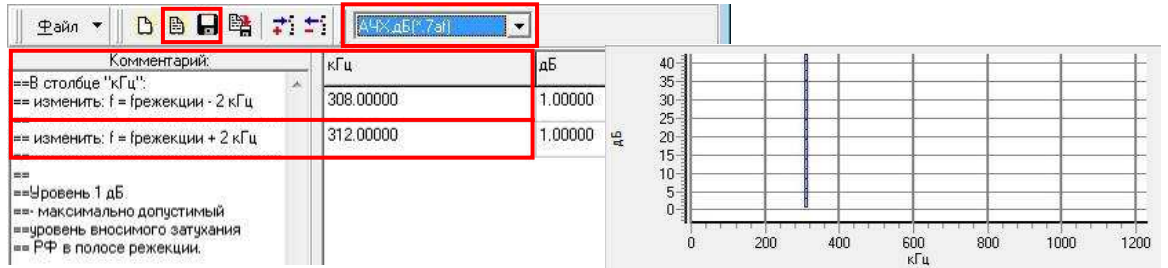


- при выходе значений вносимого затухания за установленную норму, повторить измерение в более узком диапазоне:  $f_{\text{режекции}} - 2 \text{ кГц} \dots f_{\text{режекции}} + 2 \text{ кГц}$ , для чего
  - остановить измерение кнопкой «Стоп» (Настройки прибора → СуперСел);
  - в окне «Настройки прибора» в поле «Диапазон частот» установить
    - шаг частот  $dF = 0,012 \text{ кГц}$ ,
    - частота первой гармоники  $F1 = f_{\text{режекции}} - 2 \text{ кГц}$  (для  $f_{\text{режекции}} = 310 \text{ кГц}$ ,  $F1 = 310 - 2 = 308 \text{ кГц}$ ),
    - количество точек измерений для построения АЧХ  $N = 340$ ,
    - последняя частота  $FN$  должна автоматически принять значение  $\approx f_{\text{режекции}} + 2 \text{ кГц}$ ;
  - запустить измерение нажатием кнопки «Старт» (Настройки прибора → СуперСел);
  - при повторном выходе характеристики за установленную норму, считать, что вносимое затухание не в норме.

Диапазон частот	
F1	308 кГц
N	340
dF	0.012 кГц
FN	312.068 кГц

### Для установки нормирующей маски на другую полосу режекции

- перед «Стартом» измерения открыть маску для рабочего затухания из папки ...Masks\ВЧ\_связь\РФ;
- изменить значения в столбце «кГц». Пример и форма маски для частоты режекции 310 кГц:

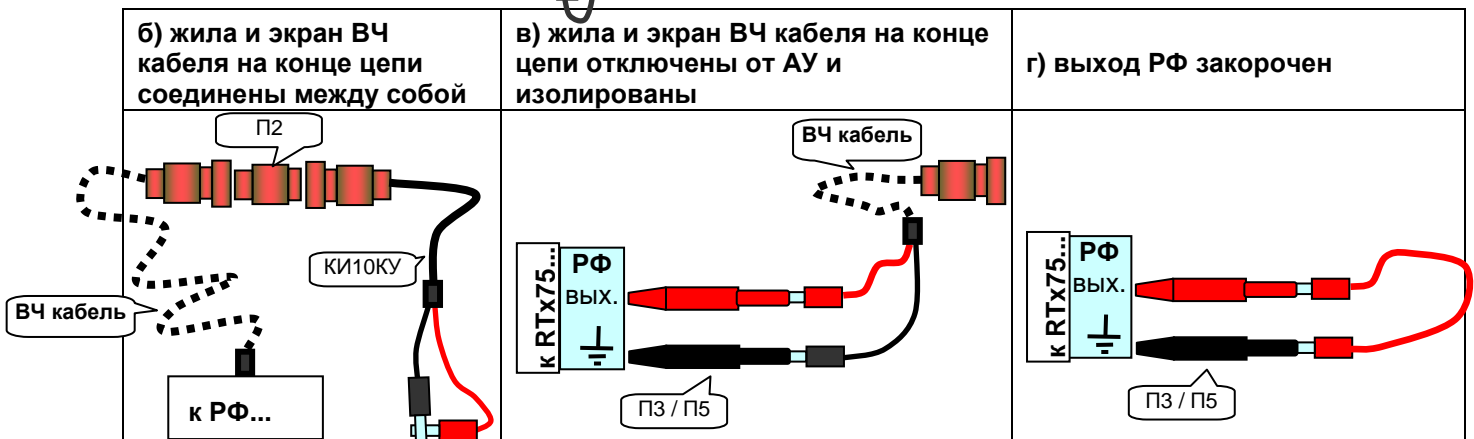
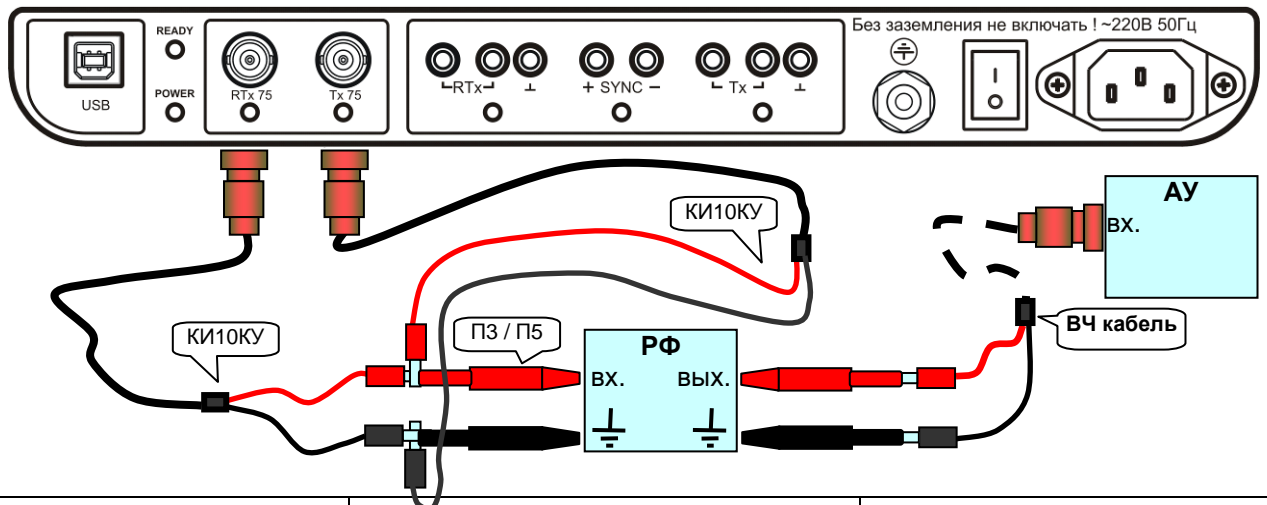


- маску «Сохранить как...» в этой же папке, указав свое информативное название, например «310 кГц Вносимое затухание РФ.7af»;
- выгрузить предыдущую маску и установить отредактированную маску для измеряемого параметра (Сигналы → СуперСел – Настройка параметров → АЧХ, дБ → Норма сверху → Окно «Выбор маски»);
- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «310 кГц Вносимое затухание РФ.cfg»;
- запустить измерение нажатием кнопки «Старт» (Настройки прибора → СуперСел).

### Схема подключения к анализатору

В общем случае при определении вносимого затухания следует находить наибольшее из значений, определённых для четырёх возможных вариантов состояния цепи за РФ:

#### а) цепь за РФ имеет рабочую схему

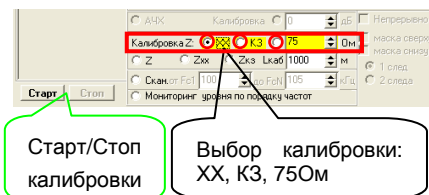


Последовательность измерений одинакова для всех вариантов состояния цепи за РФ (а...г). Вносимое затухание для всех вариантов (а...г) должно соответствовать Норме.

#### 5.4.4 Заграждающее сопротивление РФ

##### Измерение

- производится, как правило, на заводе-изготовителе при проверке РФ, или в лабораторных условиях (не предусматривающих наличие АУ) и заменяет измерения вносимого затухания (а...в); измерение вносимого затухания (г) производится без АУ;
- включить анализатор;
- подключить РФ к анализатору согласно схеме;
- загрузить конфигурацию – заводскую «310 кГц Заграждающее сопротивление РФ» или свою – из папки \Config\ВЧ\_связь\РФ;
- после загрузки конфигурации и подключения РФ к анализатору, перед запуском измерительного процесса – необходимо выполнить калибровку соединительных проводов и измерителя импеданса:
  - XX (Настройки прибора → СуперСел: «Калибровка Z:» на ⊙XX, «Старт») – «крокодилы» отключены от РФ и «висят в воздухе»,
  - КЗ (Настройки прибора → СуперСел: «Стоп», «Калибровка Z:» на ⊙КЗ, «Старт») – «крокодилы» отключены от РФ и замкнуты между собой,
  - 75 Ом (Настройки прибора → СуперСел: «Стоп», «Калибровка Z:» на ⊙75 Ом, «Старт») – «крокодилы» отключены от РФ и подключены к эквиваленту 75 Ом (P75),
  - после проведения калибровки, индикатор «Калибровка Z:» **⊙XX ⊙КЗ ⊙75 Ом** должен изменить цвет с **желтого** на **зеленый**,
  - завершить калибровку («Стоп»);
- подключить РФ к анализатору согласно схеме;
- запуск измерения с проверкой на соответствие норме (нормирующая маска «снизу») производится нажатием кнопки «Старт»;
- при выходе характеристики за установленную норму, в окне «СуперСел – Результаты измерений» Значение параметра R, Ом изменится с «Нормы» на **«Ненорма»**;
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в любой удобной форме.



Заграждающее сопротивление РФ

Норма снизу: R должно быть не менее 310 Ом для полосы  $f_{режекции} \pm 2$  кГц.

Заграждающее сопротивление не в Норме РФ

Оперативное наблюдение за процессом измерения

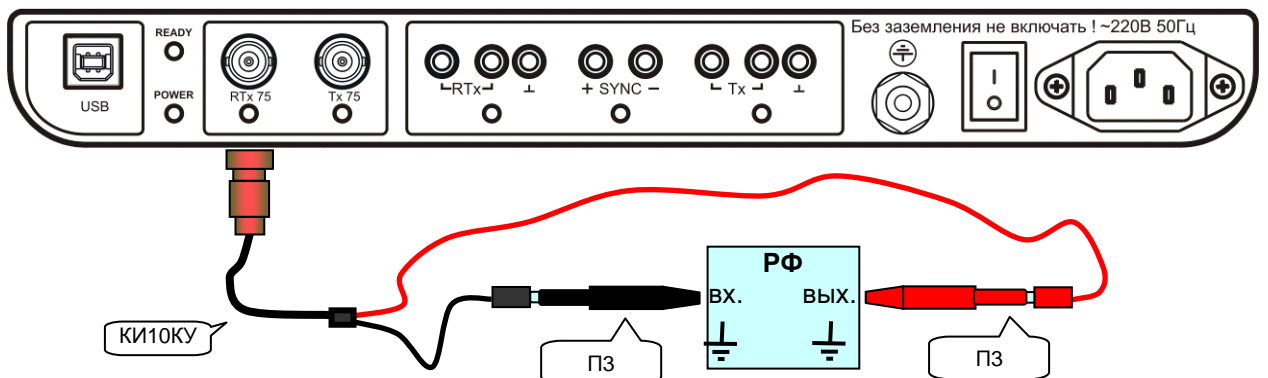
Запуск и остановка измерения

**Для измерения заграждающего сопротивления РФ с другой частотой режекции**

- перед «Стартом» измерения установить диапазон для требуемой частоты режекции – ( $f_{режекции} - 2$  кГц) ... ( $f_{режекции} + 2$  кГц), для чего
  - остановить измерение кнопкой «Стоп» (Настройки прибора → СуперСел);
  - в окне «Настройки прибора» в поле «Диапазон частот» установить:
    - шаг частот  $dF = 0,012$  кГц,
    - частота первой гармоники  $F1 = f_{режекции} - 2$  кГц (для  $f_{режекции} = 310$  кГц,  $F1 = 310 - 2 = 308$  кГц),
    - количество точек измерений для построения АЧХ  $N = 340$ ,
    - последняя частота  $FN$  должна автоматически принять значение  $\approx f_{режекции} + 2$  кГц;
- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «310 кГц Заграждающее сопротивление РФ.cfg»;
- запустить измерение нажатием кнопки «Старт» (Настройки прибора → СуперСел).

Диапазон частот	
F1	308 кГц
N	340
dF	0.012 кГц
FN	312.068 кГц

**Схема подключения к анализатору**



Измерения в ВЧ связи. Устройства обработки и присоединения



## 5.5 Паспорт на РФ, пример заполнения

Предприятие	Сети «АБС»
Подстанция	ПС21
Название ВЛ и напряжение, кВ	ПС21-ПС25, 110
Рабочая фаза (А, В или С)	С

### ПАСПОРТ НА РАЗДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ФИЛЬТР, устанавливаемый на концевых ПС

#### 1. Общая часть

Тип РФ	ФРМР
Заводской номер, №	4455
Год выпуска, г	2010
Схема подключения (место включения РФ и какие каналы он разделяет)	Между ПВЗ и ЦВК-16
Частота настройки (режекции) и полоса запираия, кГц	310, 308...312
Граничные частоты полосы пропускания, кГц	16...279, 341...1000
Рабочие полосы частот каналов, в цепь которых включен РФ, и которые он пропускает, кГц	692 – 700 / 752 – 760
Типы аппаратуры, подключенной посредством РФ	ЦВК-16

- объем проверок соответствует испытаниям при техническом обслуживании вида: «Н» - новое включение (настройка), «К» - профилактический контроль и «В» - профилактическое восстановление (ремонт). Профилактический контроль должен проводиться при техническом обслуживании ТО-3 (Рекомендуемая периодичность раз в 3 года).

#### 2. Проверка состояния механической части фильтра присоединения

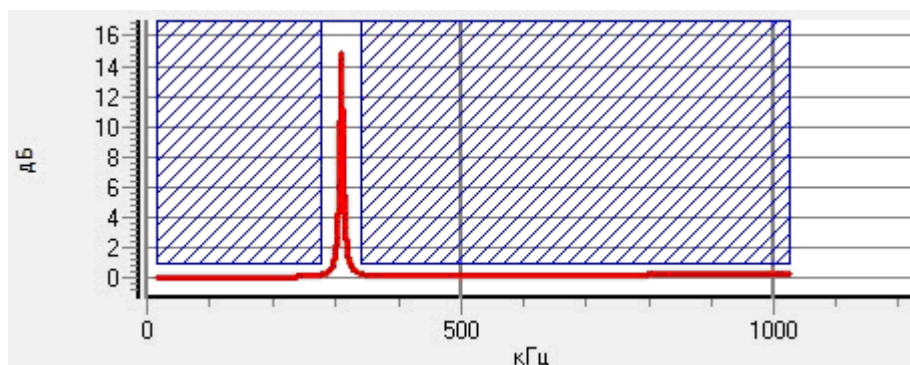
Состояние РФ	удовлетворительно
--------------	-------------------

#### 3. Измерение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции между объединенными клеммами входа и выхода по отношению к клемме корпус, МОм	250
--	-----

- сопротивление изоляции измеряется мегаомметром на напряжении 2500В;
- сопротивление в нормальных климатических условиях должно быть не менее 100 МОм.

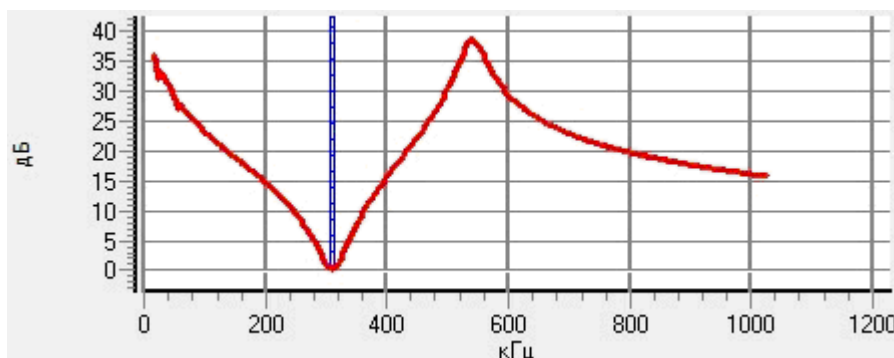
#### 4. Частотная характеристика рабочего затухания



- рабочее затухание РФ в полосе пропускания должно быть не более 1дБ;
- полоса пропускания РФ определяется как два диапазона частот:

- от 16кГц до Фрежекции-10% (на практике до Фрежекции-20%),
- от Фрежекции-10% (на практике от Фрежекции-20%)до 1000кГц.

## 5. Частотная характеристика вносимого затухания



- вносимое затухание РФ в полосе записания должно быть не более 1дБ;
- полоса записания РФ определяется как диапазон частот  $\pm 2$ кГц (в зависимости от применения допускается  $\pm 1$ кГц) относительно Фрежекции;
- для РФ, устанавливаемых на концевых ПС, при определении вносимого затухания следует находить наибольшее из значений, определённых для четырёх возможных вариантов состояния цепи за РФ:
  - цепь за РФ имеет рабочую схему,
  - жила и экран ВЧ кабеля на конце цепи соединены между собой,
  - жила и экран ВЧ кабеля на конце цепи отключены от АУ1 и изолированы,
  - выход РФ закорочен.

## 6. Используемые при проверке средства измерения и оборудование

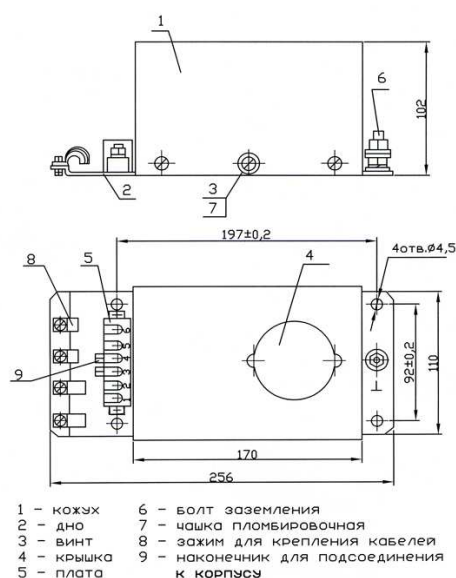
Тип средства измерения	Наименование	Заводской номер	Дата очередной поверки
Анализатор	AnCom A-7	009.2222	10.11.10
Мегаомметр	1152MF	9850397	11.11.11

## 7. Результаты проверки

Дата	Заключение о соответствии требованиям	Проверку выполнил Ф.И.О.	Подпись
10.10.10	Соответствует	Иванов И.И.	

## 5.6 Производители РФ

<b>ОАО "НПО "МРТЗ"</b> (ОАО "Научно-производственное объединение "Московский радиотехнический завод") Москва <a href="http://www.mrtz.ru/products2.php">www.mrtz.ru/products2.php</a>		
<b>Предприятие-разработчик: ОАО "Конструкторское бюро "Кунцево"</b> t +7 (495) 440-12-38    f +7 (495) 443-72-72 <a href="http://www.kbkuntsevo.ru/develop-filter.php">www.kbkuntsevo.ru/develop-filter.php</a> t +7 (495) 443-67-72 - технические вопросы		
<b>Предприятие-изготовитель: ООО «Производственное объединение «Радиоэлектробор»</b> t +7 (495) 660-76-20    Заказ изготовления: t/f +7 (495) 443-72-77    E-mail: info@po-rep.ru f +7 (495) 609-61-97		
ФРМР	ТУ 6695-002-65353519-2011 Гарантия 5 лет	Сертификат соответствия ВР 15.1.4119-2011



### Назначение

Фильтры разделительные ФРМР предназначены для ослабления взаимного влияния аппаратуры различных каналов, подключенных к одному ВЧ кабелю, а также для обеспечения работоспособности параллельных каналов связи при проведении ревизии или ремонта одного из каналов, даже при случайном закорачивании линейной цепи ревизуемого канала связи. При этом фильтры ФРМР подключаются последовательно с аппаратурой каждого типа, выполняя функцию подавления (режекции) частоты параллельно подключенного передатчика на входе «своей» аппаратуры. Фильтр представляет собой параллельный контур, настроенный на частоту параллельно включенного аппарата. Благодаря включению фильтра любые операции (вплоть до замыкания выводов в цепи ВЧ выхода того аппарата, в цепь которого он включен последовательно) не влияют на работу аппарата включенного параллельно.

### Конструктивные характеристики

Корпус фильтра состоит из основания и крышки, изготовленных из алюминиевого сплава методом штамповки. Все элементы фильтра размещены на основании корпуса. Электрические соединения выполнены объемным монтажом. Крышка прижимается к основанию винтами. Фильтр устойчив к воздействию на его входе импульсного напряжения волной 1,2/50 мкс с амплитудой 5 кВ. Масса фильтра не более 3 кг.

### Отличительные особенности

Фильтры выпускаются с частотами настройки (режекции) с шагом 1 кГц в пределах рабочего диапазона частот от 36 кГц до 1000 кГц. Серийные фильтры выпускаются с полосой заграждения  $\pm 2$  кГц от центральной частоты настройки и границами полос пропускания  $\pm 10\%$  также от частоты настройки. По специальному заказу (согласованному с изготовителем) могут быть изготовлены фильтры разделительные с другими значениями полосы заграждения и полос пропускания.

### Основные электрические параметры

Затухание, вносимое фильтром ФРМР, при включении его в ВЧ тракт последовательно с нагрузкой 75 Ом (на частотах, отстоящих от частоты настройки фильтра в обе стороны на 10% и более)	не превышает 1,0 дБ
Затухание, вносимое фильтром ФРМР, при включении его в ВЧ тракт параллельно с нагрузкой 75 Ом (в полосе частот $\pm 2$ кГц относительно частоты настройки фильтра)	не превышает 1,0 дБ
Изменение затухания при температурах 1°C и 45°C (относительно величины затухания в нормальных условиях)	не превышает 0,5 дБ
Фильтр рассчитан на протекание тока ВЧ сигнала (на частотах отстоящих от частоты настройки на 10% и более)	до 1 А
Фильтр рассчитан на работу при напряжении ВЧ сигнала на его выводах (на частотах в пределах $f \pm 2$ кГц, где $f$ – частота настройки фильтра)	до 60 В

<b>ООО "Росэнергосервис"</b>					
Ростов-на-Дону	<a href="http://www.rosenergосervis.ru/">www.rosenergосervis.ru/</a>	t +7 (863) 300-37-20			
РФ-Рс	Гарантия 2 года	Сертификат соответствия RU.AB28.B12260	№	РОСС	ТУ6657-001- 89239484-2009



#### Назначение РФ

Разделительные фильтры РФ предназначены для исключения влияния аппаратуры ВЧ связи на каскады аппаратуры ПА (РЗ) в случае их включения посредством одного фильтра присоединения.

#### Конструктивные характеристики

Фильтры выполнены в сварном стальном корпусе с крышкой и резиновым уплотнителем от пыли и влаги. Подключение производится в верхней части фильтра через сальник. Масса не более 3,6 кг. Габаритные размеры не более 152\*125\*28мм

#### Основные электрические параметры РФ

Разделительный фильтр рассчитан на мощность (тока высокой частоты в полосе пропускания)	250 ВА
Затухание, вносимое разделительным фильтром на частотах поста защиты (телеотключения) при замыкании входных цепей аппаратуры связи	0,8 дБ
Затухание, вносимое разделительным фильтром в канал связи на частотах, отстоящих на 10% от рабочей частоты поста защиты (телеотключения)	0,7 дБ

<b>ООО «УРАЛЭНЕРГОСЕРВИС»</b>			
Екатеринбург	<a href="http://www.uenserv.ru">www.uenserv.ru</a>	t +7 (343) 231-46-54	f +7 (56) 278-60-79
ФРо, ФРк	Гарантия 3 года		



### Назначение

Фильтр разделительный предназначен для подключения оконечной аппаратуры двух и более различных ВЧ каналов на одно устройство присоединения. ФР обеспечивает высокое входное сопротивление для полосы рабочих частот параллельного ВЧ канала.

Фильтр разделительный предотвращает:

- шунтирование ВЧ канала схемой параллельного присоединения;
- шунтирование ВЧ канала в результате повреждения аппаратуры, подключенной к выходу ФР или ошибочных действий обслуживающего персонала;
- насыщение трансформаторов ВЧ интерфейса аппаратуры током промышленной частоты.

### Конструктивные характеристики

ФР состоит из разделительного LC-контра и токоограничивающего конденсатора.

Масса не более 2,5 кг. Габаритные размеры ФРо (одиночный) 262\*71\*282 мм.

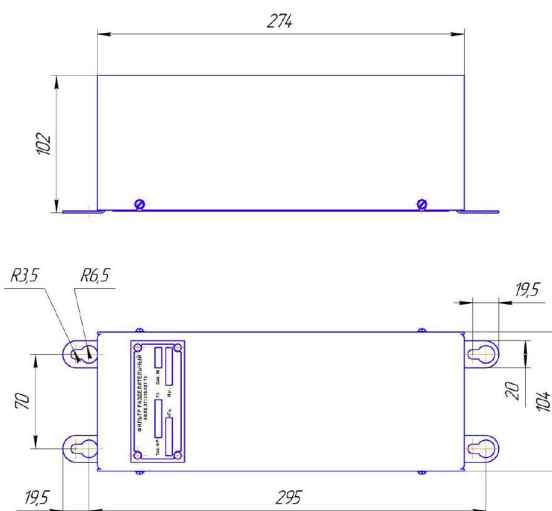
### Отличительные особенности

Наличие вариантов исполнения ФРк – Фильтр Разделительный кассетной установки, ФРо – Фильтр Разделительный одиночной установки и модификация ФРУ для работы с промусилителем.

### Основные электрические параметры

Диапазон частот настройки	16-1000 кГц
Ширина полосы заграждения	4 кГц
Шаг выбираемых частот	0,5 кГц
Вносимое затухание в полосе заграждения (в полосе $\pm 2$ кГц от частоты настройки фильтра разделительного)	не превышает 1 дБ
Затухание в полосе заграждения. Входное сопротивление фильтра при этом не менее 1000 Ом Данная характеристика настройки обеспечивается при заказе модификации фильтра ФРУ (для работы с промусилителем)	не менее 15 дБ
Рабочее затухание ФР (вне полосы заграждения), нагруженного на сопротивление 75 Ом (при отстройке от частоты настройки не более чем на 10 кГц в диапазоне частот 16 – 500 кГц, и на 25 кГц в диапазоне частот 500 – 1000 кГц)	не превышает 1 дБ
Длительно допустимый уровень мощности ВЧ сигнала в полосе пропускания не более	250 ВА

<b>ЗАО "НПП Электронные информационные системы"</b>			
Екатеринбург	<a href="http://www.eisystem.ru">www.eisystem.ru</a>	t +7 (343) 350-57-35	f +7 (343) 263-74-80
РФ	АВЛБ. 671319.001 ТУ	Гарантия 3 года	



### Назначение

Разделительные фильтры (РФ) предназначены для ослабления шунтирующего действия аппаратуры различных ВЧ каналов, работающих через общий фильтр присоединения.

Разделительные фильтры должны включаться:

- в тракт каждого канала при параллельном подключении аппаратуры специализированных каналов ВЧ защиты и специализированных каналов РЗ и ПА;
- в тракт аппаратуры связи при параллельном подключении аппаратуры специализированных каналов ВЧ защиты или специализированных каналов РЗ и ПА.

### Конструктивные характеристики

Корпус фильтра состоит из основания и крышки, изготовленных из стали методом штамповки. Все элементы фильтра размещены на основании корпуса, крышка прижимается к основанию винтами. Исполнение разделительного фильтра РФ - УЗ по ГОСТ 15150-69. Масса не более 1 кг. Габаритные размеры не более 104\*102\*274 мм.

### Отличительные особенности

По отдельному заказу, согласованному с изготовителем, возможно изготовление РФ с другими значениями полосы заграждения и полос пропускания. Рабочие частоты определяет при заказе.

### Основные электрические параметры

Максимальная мощность тока высокой частоты в полосе пропускания	250 ВА
Затухание, вносимое разделительным фильтром при включении его в ВЧ тракт параллельно с нагрузкой 75 Ом (в полосе частот $\pm 2$ кГц относительно частоты настройки фильтра)	не превышает 0,8 дБ
Затухание, вносимое разделительным фильтром при включении его в ВЧ тракт последовательно с нагрузкой 75 Ом (на частотах, отстоящих от частоты настройки фильтра в обе стороны на 10% и более) – рабочее затухание	не превышает 0,8 дБ

## 6 Высокочастотный заградитель (ВЧЗ)

### 6.1 Общие сведения

Высокочастотные заградители (ВЧЗ) предназначены для ограничения увеличения затухания ВЧ тракта канала связи, обусловленного ответвлением части мощности передаваемого сигнала в различные высоковольтные устройства.

Примеры использования ВЧЗ при организации каналов ВЧ связи по ЛЭП показаны на рис.6.1.

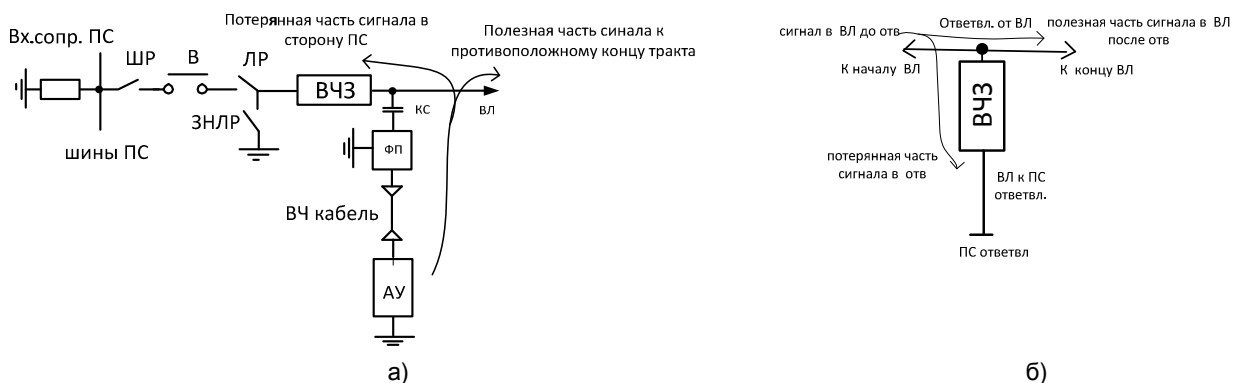


Рис.6.1 Примеры использования ВЧЗ при организации каналов ВЧ связи:  
а) ВЧЗ на концевой ПС канала; б) ВЧЗ на ответвлении

ВЧЗ, устанавливаются в рабочие фазы (тросы), по которым организуется ВЧ тракт канала. На концевой ПС (рис.6.1,а) они ограничивают часть рабочего сигнала, ответвляющегося в сторону ПС (уменьшают шунтирующее действие входного сопротивления ветви в сторону ПС) при следующих режимах работы ВЛ:

- ВЛ включена на сборные шины ПС (включены линейный разъединитель ЛР, выключатель В и шинный разъединитель ШР);
- ВЛ отключена и заземлена заземляющими ножами линейных разъединителей (ЛР, В и ШР отключены ЗНЛР включены).

Значение входного сопротивления ПС, между которыми включена ВЛ, изменяется в широких пределах в зависимости от схемы ПС на рассматриваемом напряжении и может иметь существенную мнимую часть любого знака.

Для малых тупиковых ПС входное сопротивление оборудования, подключённого к сборным шинам, может быть представлено эквивалентной ёмкостью величиной около 3 – 5 тысяч пФ. Для крупных ПС с большим количеством подходящих ВЛ входное сопротивление ПС может быть представлено комплексным сопротивлением, величина которого зависит от многих факторов.

ВЧЗ, включаемые в рабочие фазы ВЛ на ответвлении (рис.6.1,б), ограничивают значение части рабочего сигнала в сторону ответвления от основной ВЛ (ограничивают шунтирующее действие входного сопротивления ответвления от ВЛ). Входное сопротивление короткого ответвления в большей части диапазона частот практически чисто мнимое. В зависимости от частоты оно периодически изменяет свой характер (ёмкостной или индуктивный) и величину (от близкой к нулю до очень большой).

Таким образом, входное сопротивление цепей, включенных за ВЧЗ (коммутационное оборудование рассматриваемой ВЛ и оборудование, подключённое к сборным шинам ПС на рис.6.1,а, или ответвление от ВЛ на рис.6.1,б), может иметь значительную мнимую часть, как ёмкостного, так и индуктивного характера. При этом, мнимая часть полного сопротивления ВЧЗ может быть скомпенсирована мнимой частью входного сопротивления ПС или ответвления и не может обеспечить надёжное заграждение тока ВЧ сигнала. Поэтому заграждающие свойства ВЧЗ определяются только действительной частью полного сопротивления ВЧЗ (активная составляющая полного сопротивления).

Обобщённая блок-схема ВЧЗ с указанием её основных функциональных элементов приведена на рис.6.2.



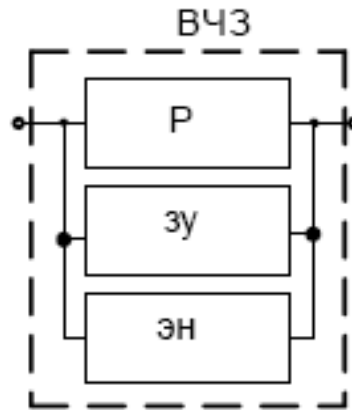


Рис.6.2 Блок-схема заградителя.

Обозначения элементов блок-схемы ВЧЗ, приведённых на рис.6.2, и их функциональное назначение следующие:

- P – реактор. Катушка индуктивности, через которую проходит ток промышленной частоты, протекающий по проводу (фазе или тросу) линии, в который ВЧЗ включен;
- ЗУ – основное защитное устройство. Предназначено для защиты реактора и элемента настройки от перенапряжений, возникающих на линии и в распределительных устройствах подстанций (атмосферных, от коротких замыканий (КЗ) и коммутационных);
- ЭН – элемент настройки. Предназначен для получения (совместно с реактором) необходимого сопротивления заградителя в заданной полосе частот заграждения. В составе ЭН могут быть дополнительные защитные устройства, защищающие отдельные компоненты схемы ЭН.

*Примечание: ЭН не является обязательной составной частью ВЧЗ. В ряде случаев необходимость в ЭН может отсутствовать.*

Реактор ВЧЗ включается в разрез фазы ВЛ и по нему протекают токи промышленной частоты 50 Гц. Поэтому требования к ВЧЗ, в который реактор входит составной частью, разделяются на требования к «сильноточным» и «высокочастотным» параметрам. Кроме того, имеются требования к защитному устройству, обеспечивающему надёжную работу ВЧЗ при КЗ и перенапряжениях на ВЛ.

Требования к «сильноточным» параметрам касаются:

- уровня изоляции между зажимами ВЧЗ (определяются допустимыми значениями напряжения промышленной частоты и импульсного напряжения);
- механических усилий, температурного режима, потерь мощности, напряжения защитного устройства (определяются номинальным длительным, номинальным кратковременным и ударным кратковременным токами ВЧЗ);
- индуктивности реактора на промышленной частоте.

Требования к «высокочастотным» параметрам касаются:

- полосы заграждения;
- заграждающего сопротивления (активной составляющей полного сопротивления) в полосе заграждения ВЧЗ;
- номинального вносимого затухания в полосе заграждения ВЧЗ;
- номинальной индуктивности реактора на частоте 100 кГц;
- добротности реактора (на частоте 100 кГц);
- частоты собственного резонанса реактора.

Требования к ВЧЗ и методика проверки этих требований приведены в стандарте организации ОАО «ФСК ЕЭС «СТО 56947007-33.060.40.125-2012. Общие технические требования к устройствам обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ».

В Российской Федерации ВЧЗ выпускаются несколькими производителями:

- НПП Электронные информационные системы;
- ОАО Раменский электротехнический завод Энергия;
- ООО «Росэнергосервис».

Серийно выпускаемые в Российской Федерации ВЧЗ имеют следующие схемы настройки:

- широкополосные (двухконтурная, трёхконтурная и фильтр высоких частот);
- резонансные или затупленные (одночастотная и двухчастотная).

На рис. 6.3 приведены используемые схемы настройки ВЧЗ. На этих схемах не указано ЗУ. При этом ёмкость ЗУ и собственная ёмкость реактора на рисунке включены в ёмкость  $C_1$ .

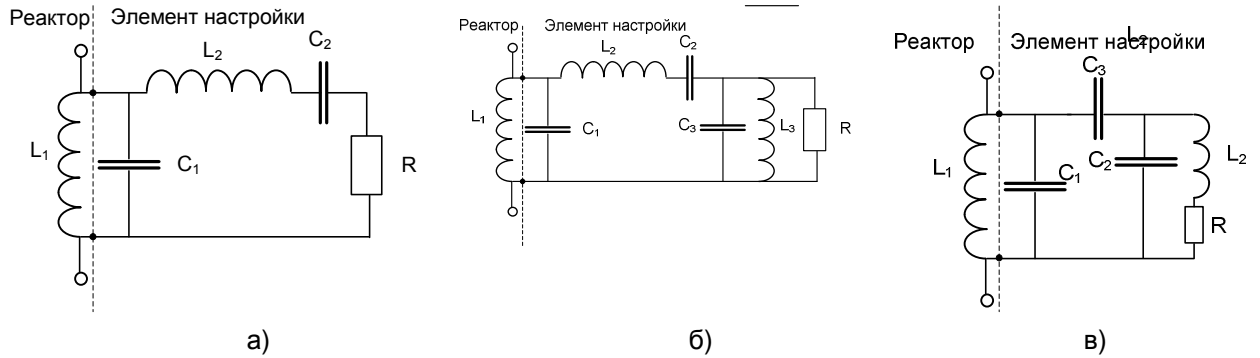


Рис.6.3 Примеры принципиальных схем ВЧЗ разных типов:

а) широкополосная двухконтурная; б) широкополосная трёхконтурная; в) двухчастотная затупленная

Наибольшее распространение получили широкополосные схемы настройки ВЧЗ.

## 6.2 ВЧ параметры, характеризующие ВЧЗ

Контролируемыми в рамках эксплуатации ВЧ параметрами ВЧЗ являются заграждающее сопротивление (активная составляющая полного сопротивления) и полоса заграждения ВЧЗ. Полоса заграждения описывается значениями нижней и верхней граничных частот, между которыми величина заграждающего сопротивления не менее нормируемой величины.

Нормы на значение заграждающего сопротивления и граничные частоты полосы заграждения задаются производителем. Кроме того, требования к ВЧ параметрам ВЧЗ приводятся в стандарте СТО 56947007-33.060.40.125-2012. «Общие технические требования к устройствам обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ». В соответствии с этим стандартом заграждающее сопротивление (активная составляющая полного сопротивления) ВЧЗ в полосе заграждения должна быть не менее чем в 1,41 раза больше характеристического сопротивления линии, для которой этот ВЧЗ предназначен.

В таблице 6.1 приведены минимально допустимые значения заграждающего сопротивления ВЧЗ ( $R_{\text{загр.мин}}$ ) для присоединения фаза – земля к ВЛ того класса напряжения, на которой он подвешен.

Таблица 6.1

Класс напряжения ВЛ, кВ	35-220	330	500	750
$R_{\text{загр.мин}}$ , Ом	640	470	440	400

Заграждающее сопротивление всегда должно определяться при первом измерении параметров ВЧЗ для проверки соответствия ВЧ параметров ВЧЗ требованиям. При этом определяется и модуль полного сопротивления ВЧЗ. При повторных проверках ВЧЗ допускается измерение только модуля полного сопротивления, которое не должно отличаться от того, которое было измерено при первой проверке.

Примерный вид частотных зависимостей заграждающего сопротивления и модуля полного сопротивления ВЧЗ с широкополосными схемами настройки приведены на рис.6.4.

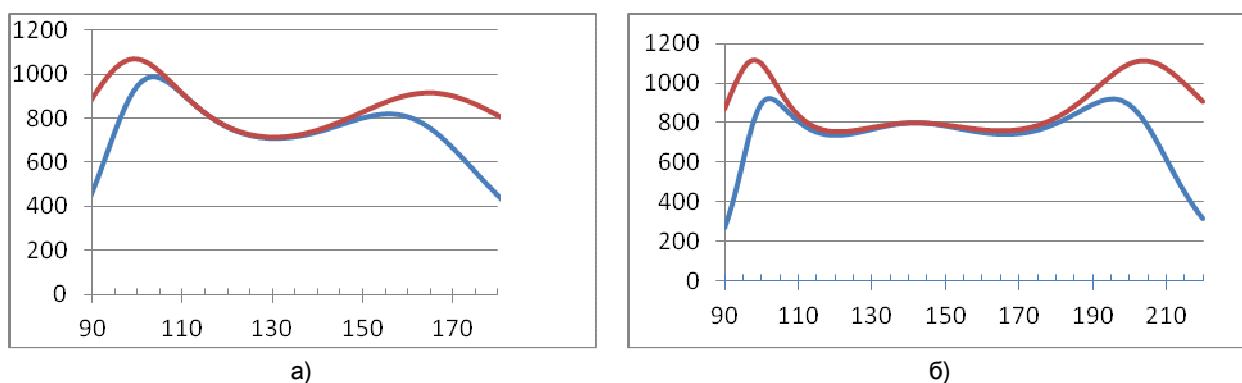


Рис.6.4 Примерный вид частотных зависимостей сопротивления ВЧЗ.

Синяя (нижняя) кривая – заграждающее сопротивление ( $R$ )

Красная (верхняя) кривая – модуль полного сопротивления ( $Z$ ):

а) двухконтурная схема; б) трёхконтурная схема.

### 6.3 Методы измерений ВЧ параметров ВЧЗ

Заграждающее сопротивление ВЧЗ и модуль полного сопротивления определяется в соответствии с рекомендациями раздела 2.4 по измерению полного сопротивления двухполюсника.

Так как анализатор ВЧ связи AnCom A-7/307 позволяет измерять не только модуль напряжения, но и его фазовый угол, измерение заграждающего сопротивления и модуля полного сопротивления ВЧЗ может производиться в схеме рис.6.5.

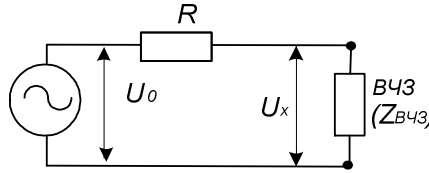


Рис.6.5 Определение модуля полного сопротивления ВЧЗ и его действительной и мнимой части

Желательно, чтобы используемые в схеме рис.6.5 селективный измеритель уровня и генератор имели симметричный вход/выход. Полоса избирательности должна быть не более 100 Гц.

Полное сопротивление ВЧЗ рассчитывается по формуле (6.1), которая получена преобразованием (2.4):

$$Z_{ВЧЗ} = r_{ВЧЗ} + jx_{ВЧЗ} = \frac{R}{\left(\frac{U_0}{U_x}\right)(\cos\varphi + j\sin\varphi) - 1}, \quad (6.1)$$

в которой:  $U_0$ ,  $U_x$  и  $\varphi$  – соответственно модули указанных напряжений и фазовый угол между векторами напряжений  $U_0$  и  $U_x$ , измеренные в точках, показанных на рис.6.5.

Заграждающее сопротивление (действительная часть полного сопротивления) и модуль сопротивления ВЧЗ определяются по результатам расчёта по (6.1), как:

$$\begin{aligned} r_{ВЧЗ} &= \operatorname{Re}(Z_{ВЧЗ}) \\ z_{ВЧЗ} &= |Z_{ВЧЗ}| \end{aligned} \quad (6.2)$$

Выбор частот, на которых измеряется сопротивление, должен выполняться так, чтобы хорошо обрисовать АЧХ сопротивления ВЧЗ в пределах полосы заграждения (включая нижнюю и верхнюю граничные частоты полосы заграждения).

Результаты измерений сравниваются с нормой на значение заграждающего сопротивления. Определяются граничные частоты полосы заграждения, как частоты, между которыми заграждающее сопротивление ВЧЗ не менее нормы. При этом нижняя граничная частота должна быть не более, а верхняя граничная частота – не менее заданных производителем.

Параметры ВЧЗ должны определяться для заградителя в полном сборе (реактор, элемент настройки и защитное устройство). Измерение ВЧЗ может производиться как «на земле» (когда ВЧЗ ещё не устанавливался на линии, или спущен вниз с места установки) или «на месте» (когда измеряемый ВЧЗ остаётся подвешенным на опоре и только отключается от подводящих проводов).

При измерениях параметров ВЧЗ «на земле» необходимо соблюдать некоторые общие условия проведения измерений:

- ВЧЗ должен находиться в положении, аналогичном тому, в котором он находится в условиях эксплуатации;
- ВЧЗ должен быть отдалён от пола, металлических поверхностей и объектов, по крайней мере, на два диаметра катушки реактора;
- следует учитывать влияние соединительных проводов.

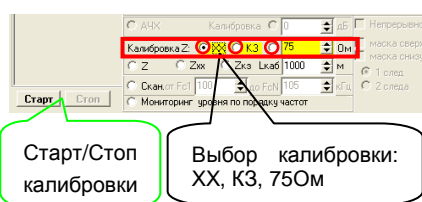
Иногда проверку параметров ВЧЗ в полном сборе заменяют проверкой только параметров элемента настройки в схеме, в которой реактор заменяется катушкой индуктивности. Индуктивность катушки, заменяющей реактор, должна быть равна номинальной индуктивности реактора.

Для получения более адекватных реалиям данных, при этой проверке в создаваемой эквивалентной схеме ВЧЗ необходимо учитывать ёмкость защитного устройства и наличия собственного резонанса реактора.

## 6.4 Методика измерений для AnCom A-7/307

### 6.4.1 Особенности измерения характеристик ВЧЗ

- широкая номенклатура ВЧЗ предполагает самостоятельное создание нормирующих масок для проверки соответствия заграждающего сопротивления (активная составляющая полного сопротивления) рекомендуемым нормам;
- новые нормирующие маски создаются на базе предложенных заводских путем внесения в них изменений и «сохранения как...» под другим именем;
- для каждого типа ВЧЗ рекомендуется создавать нормирующую маску, настроенную на требуемую полосу заграждения (определяется производителем ВЧЗ) и минимально допустимое значение заграждающего сопротивления ВЧЗ (определяется классом напряжения ВЛ), устанавливать ее для активной составляющей полного сопротивления и сохранять измененную конфигурацию под новым информативным именем;
- после загрузки конфигурации и подключения ВЧЗ к анализатору, перед запуском измерительного процесса – необходимо выполнить калибровку соединительных проводов и измерителя импеданса:
  - ХХ (Настройки прибора → СуперСел: «Калибровка Z:» на ○ХХ, «Старт») – «крокодилы» отключены от ВЧЗ и «висят в воздухе»,
  - КЗ (Настройки прибора → СуперСел: «Стоп», «Калибровка Z:» на ○КЗ, «Старт») – «крокодилы» отключены от ВЧЗ и замкнуты между собой,
  - 75 Ом (Настройки прибора → СуперСел: «Стоп», «Калибровка Z:» на ○75 Ом, «Старт») – «крокодилы» отключены от ВЧЗ и подключены к эквиваленту 75 Ом (P75),
  - после проведения калибровки, индикатор «Калибровка Z: ○ХХ ○КЗ ○75 Ом» должен изменить цвет с **желтого** на **зеленый**,
  - завершить калибровку («Стоп»),
  - подключить ВЧЗ к анализатору согласно схеме.
- при эксплуатации может возникнуть необходимость проверки параметров элемента настройки ВЧЗ без подключения реактора и элементов защиты. В этом случае во всех схемах измерения необходимо параллельно с элементом настройки подключить эквивалент реактора:
  - в простейшем случае это индуктивность, равная номинальной индуктивности реактора,
    - для получения более адекватных реалиям результатов, в схеме эквивалента реактора необходимо учитывать ёмкость защитного устройства и наличие собственного резонанса реактора,
    - перечень эквивалентов реакторов, входящих в штатную поставку AnCom A-7/307:

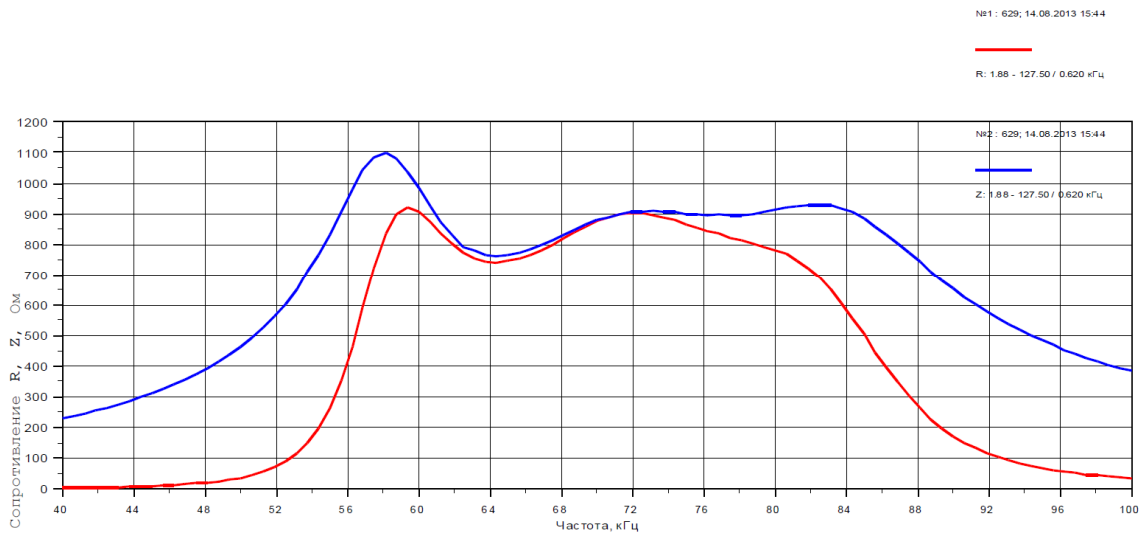


Обозначение эквивалента реактора	Значение ИХ.ХХ, мГн
И0.10	0.10
И0.25	0.25
И0.50	0.50
И1.00	1.00
И1.50	1.50
И2.00	2.00

- эквиваленты реактора ИХ.ХХ (мГн) с другими номиналами изготавливаются под заказ,
- типы эквивалентов и измерительных кабелей зависят от версии анализатора;

- также можно использовать эквиваленты реакторов, выпускаемые сторонними производителями, например АО "НПП Электронные информационные системы".

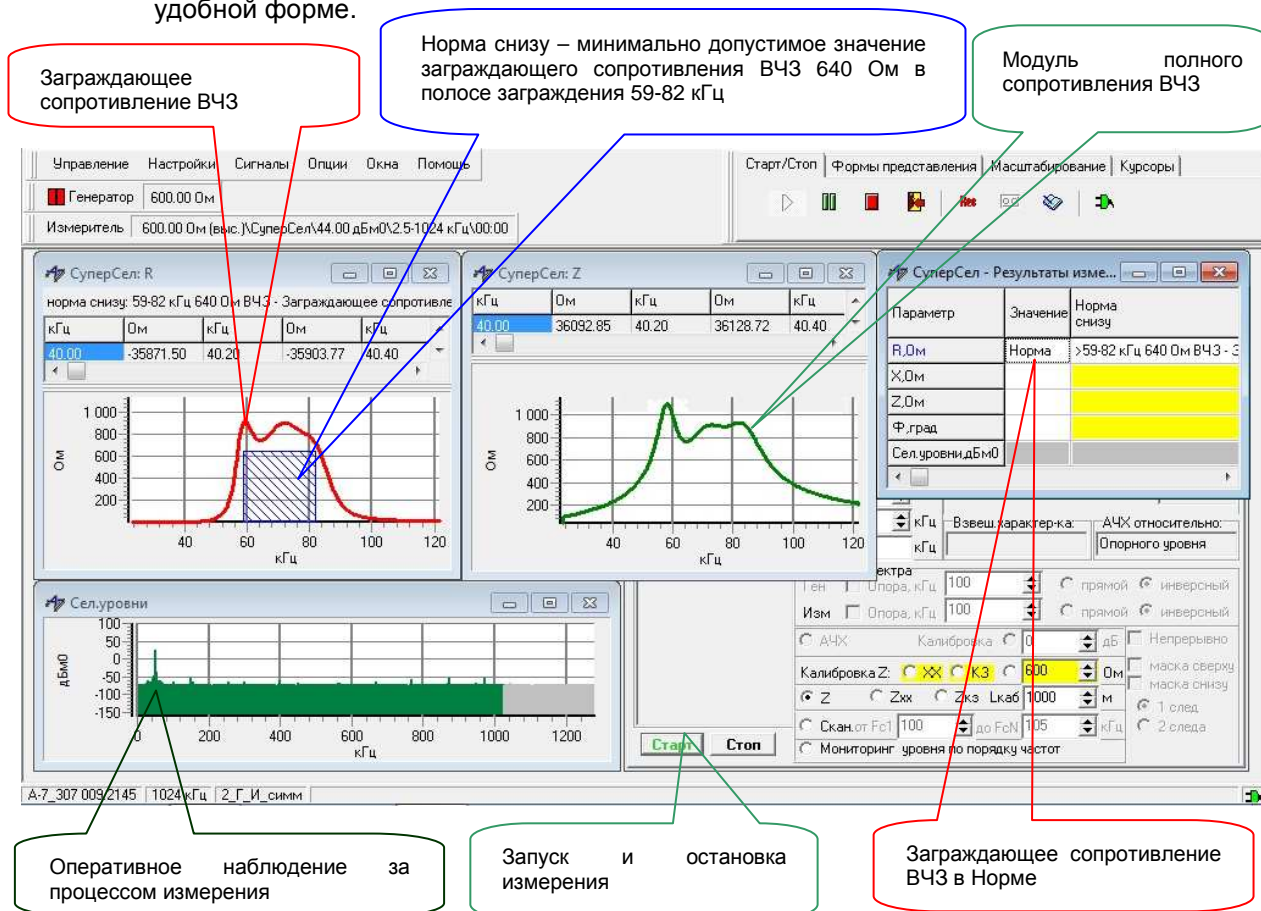
**Примеры измерений.  
ПС Рени. НТЦ Энергосвязь 2013**



*Результаты измерения сопротивления (**R** – снизу и **Z** – сверху) в зависимости от частоты  
ВЗ-630-0,5 с ЭНС-0,5 (59-82 кГц)*

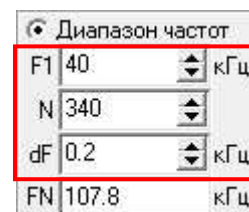
### 6.4.2 Заграждающее сопротивление и модуль полного сопротивления ВЧЗ

- включить анализатор;
- подключить ВЧЗ к анализатору согласно схеме;
- загрузить конфигурацию – заводскую «59-82 кГц 640 Ом ВЧЗ Заграждающее сопротивление» или свою – из папки \Config\ВЧ\_связь\ВЧЗ;
- запуск измерения с проверкой на соответствие норме (нормирующая маска «снизу») производится нажатием кнопки «Старт»;
- при выходе характеристики за установленную норму, в окне «СуперСел – Результаты измерений» Значение параметра R, Ом изменится с «Нормы» на «Ненорма»;
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в любой удобной форме.



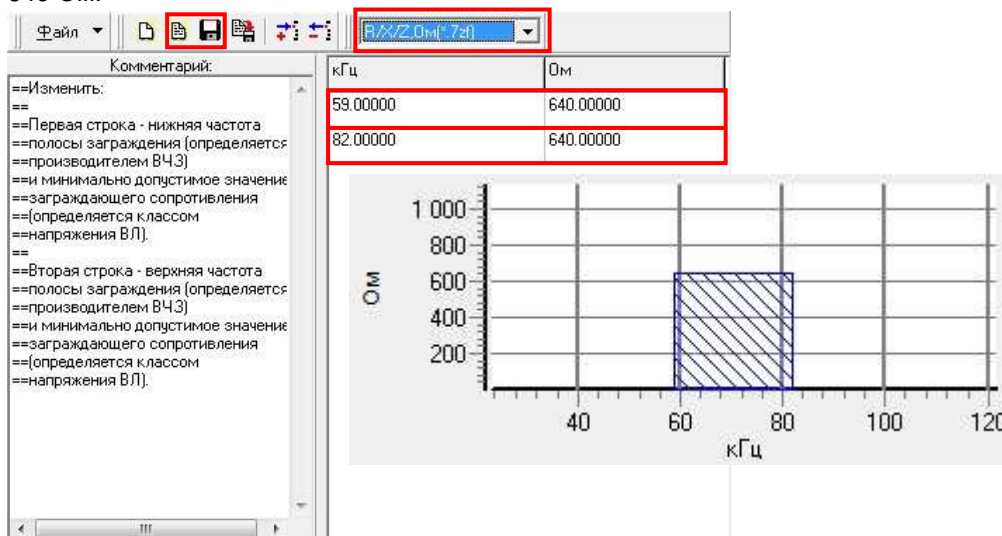
#### Для измерения заграждающего сопротивления ВЧЗ в другой полосе заграждения

- перед «Стартом» измерения установить диапазон для требуемой полосы заграждения – как (нижняя граничная частота - 20 кГц ... верхняя граничная частота + 20 кГц), граничные частоты заданы производителем:
  - остановить измерение кнопкой «Стоп» (Настройки прибора → СуперСел);
  - в окне «Настройки прибора» в поле «Диапазон частот» установить
    - шаг частот  $dF = 0,2$  кГц,
    - частота первой гармоники  $F1 =$  нижняя граничная частота - 20 кГц (для полосы заграждения 59-82 кГц,  $F1 = 59 - 20 \approx 40$  кГц),
    - количество точек измерений для построения АЧХ  $N = 340$ ,
    - последняя частота  $FN$  должна автоматически принять значение  $\approx$  верхняя граничная частота + 20 кГц;
- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «59-82 кГц 640 Ом ВЧЗ Заграждающее сопротивление.cfg»;
- запустить измерение нажатием кнопки «Старт» (Настройки прибора → СуперСел).



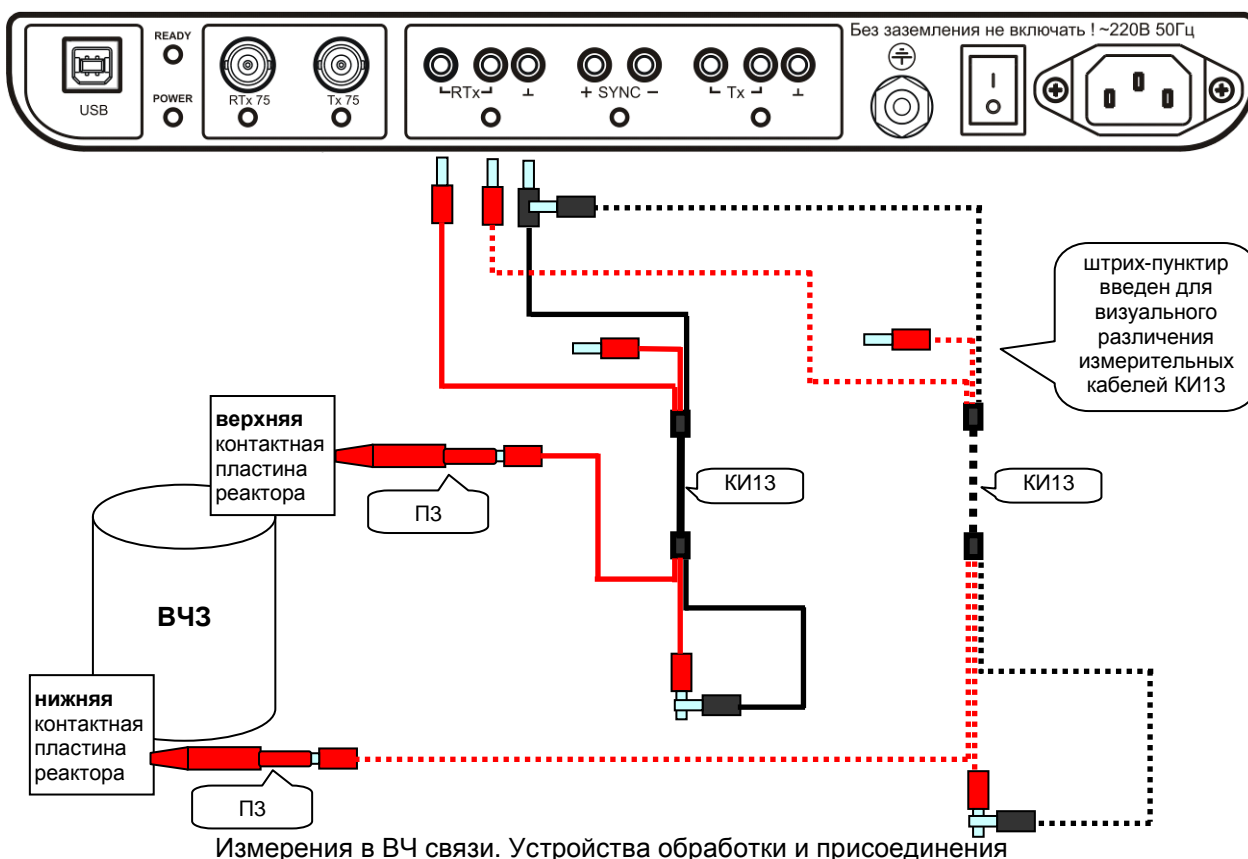
### Для установки нормирующей маски на другую полосу заграждения и минимально допустимое значение заграждающего сопротивления

- перед «Стартом» измерения открыть маску для заграждающего сопротивления из папки ...Masks\ВЧ\_связь\ВЧ3;
- изменить значения в столбцах «кГц» и «Ом». Пример и форма маски для полосы заграждения 59-82 кГц и минимально допустимого значения заграждающего сопротивления 640 Ом:



- сохранить маску «как» в этой же папке, указав свое информативное название, например «59-82 кГц 640 Ом ВЧ3 Заграждающее сопротивление.7af»;
- выгрузить предыдущую маску и установить отредактированную маску для измеряемого параметра (Сигналы → СуперСел – Настройка параметров → R, Ом → Норма сверху → Окно «Выбор маски»);
- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «59-82 кГц 640 Ом ВЧ3 Заграждающее сопротивление.cfg»;
- запустить измерение нажатием кнопки «Старт» (Настройки прибора → СуперСел).

### Схема подключения к анализатору





## 6.5 Паспорт на ВЧЗ, пример заполнения

Предприятие	Сети «АБС»
Подстанция	ПС21
Название ВЛ и напряжение, кВ	ПС21-ПС25, 110
Рабочая фаза (А, В или С)	В

## ПАСПОРТ НА ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ЗАГРАДИТЕЛЬ

### 1. Общая часть

	ВЧЗ (реактор)	Элемент настройки	ОПН
Тип	ВЗ-630 УХЛ1	ЭН-0,5	ОПН-3/3,3-10/400(I)
Заводской номер, №	4433	3344	2233
Год выпуска, г	2010	2010	2010
Диапазон частот заграждения, кГц	58...83		
Тип схемы настройки	двухконтурная		
Минимальное заграждающее сопротивление, Ом	640		
Номинальный ток, А	630		
Номинальный кратковременный ток КЗ 1с, кА	16		
Ударный ток КЗ, кА	41		
Индуктивность на 50Гц, мГн	0.547		
Индуктивность на 100 кГц, мГн	0.5		
Добротность на 100 кГц	50		
Собственная емкость реактора, пФ	50		
ОПН	Номинальное напряжение, кВ	4,4	
	Действующее значение полного тока проводимости, мА	0,4	
Собственная емкость ОПН, пФ			10

- Объем проверок соответствует испытаниям при техническом обслуживании вида: «Н» - новое включение (настройка), «К» - профилактический контроль и «В» - профилактическое восстановление (ремонт). Профилактический контроль должен проводиться при техническом обслуживании ЛЭП. Рекомендуемая периодичность раз в 6 лет.
- При проверке элементов настройки с использованием эквивалент реактора ВЧЗ эквивалент должен быть аттестован производителем элемента настройки. Для оценочных измерений допускается использовать эквиваленты с нормированными характеристиками:  $L=L_{\text{номинальная}} \pm 5\%$ , добротность  $>30$ ,  $C=(C_{\text{собственная реактора}} + C_{\text{Собственная\_ОПН}}) \pm 5\%$ .

### 2. Проверка состояния механической части ВЧЗ

Состояние ВЧЗ	удовлетворительно
---------------	-------------------

- Проверяется механическое состояние реактора и элемента настройки (контактные соединения, целостность жил проводов, надежность механического крепления)

### 3. Измерение сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции между выводами элемента настройки, отключенного от реактора, МОм	500
Сопротивление изоляции между объединенными выводами элемента настройки, отключенного от реактора, и любыми доступными металлическими деталями его корпуса (при их наличии), МОм	500

- сопротивление изоляции измеряется мегаомметром на напряжении 2500В;
- сопротивление в нормальных климатических условиях должно быть не менее 100 МОм;

### 4. Измерение ОПН

Сопротивление изоляции между входами ОПН, отключенного от реактора, МОм	5000
---	------

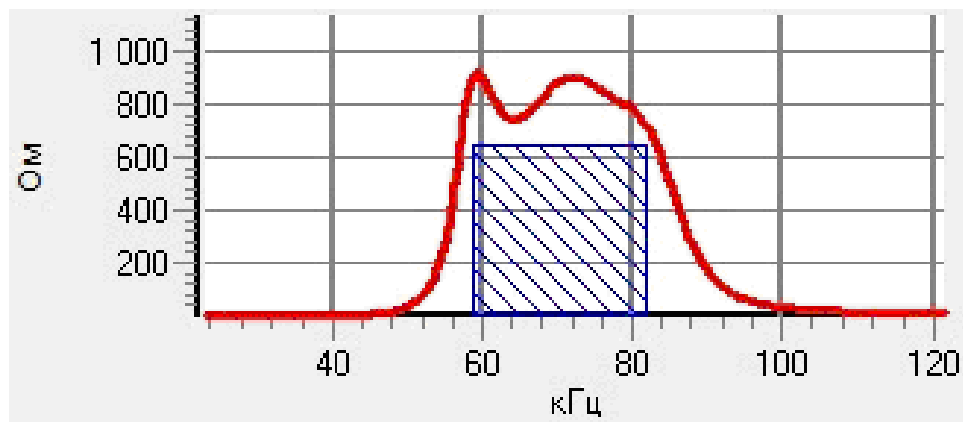
- сопротивление ОПН измеряется мегаомметром на напряжении 2500В;
- сопротивление в нормальных климатических условиях должно быть не менее 100 МОм;
- на время измерений необходимо отключить защитное устройство от других цепей ВЧЗ;

**Проверка тока проводимости ОПН осуществляться службой изоляции подстанции, протоколы проверки прикладываются к паспорту ВЧЗ (не обязательная проверка)**

Дата	Действующее значение полного тока проводимости при номинальном напряжении, мА	Заключение о соответствии требованиям	№ протокола ИЗП	Подпись
08.10.10	0,3	соответствует	33/08.10.10	

### 5. Частотная характеристика активной составляющей полного сопротивления.

- Все оборудование, используемое в измерениях (включая ВЧЗ) должно быть отдалено от пола, металлических поверхностей и объектов, по крайней мере на два диаметра катушки реактора (данное требование носит рекомендательный характер т.к. не всегда реализуемо на практике). Там, где это необходимо, следует учитывать влияние соединительных проводов
- Общий характер частотной зависимости должен соответствовать маске, построенной в соответствии с данными предприятия изготовителя или полученной путем расчетов (например, по программе WinTrakt)

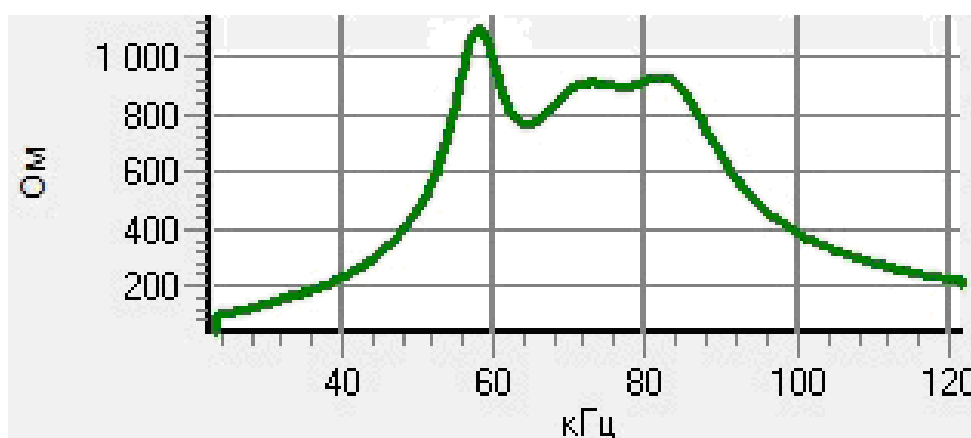


- для справки в таблице приведены минимально допустимые значения заграждающего сопротивления ВЧЗ, в скобках указывается характеристическое сопротивление ВЛ

Напряжение ВЛ, кВ	Схема присоединения				
	Фаза-земля	Фаза-Фаза	Внутри-фазная	Трос-земля	Трос-трос
35-220	640 (450)	570 (400)	-	-	-
330 (расщеплена 2 провода)	470 (330)	430 (300)	290 (200)	-	-
500 (расщеплена 3 провода)	440 (310)	400 (280)	-	780(550)	690(480)
750 (расщеплена 5 проводов)	400 (280)	360 (260)	-	780(550)	690(480)

## 6. Частотная зависимость модуля полного сопротивления

- Проведение проверки при техническом обслуживании вида «К» (профилактический контроль) - не обязательно



- Общий характер частотной зависимости должен соответствовать маске, введенной в соответствии с данными предприятия изготовителя или полученной путем расчетов (например, по программе WinTrakt)

## 7. Используемые при проверке средства измерения и оборудование

Тип средства измерения	Наименование	Заводской номер	Дата очередной поверки
Анализатор	AnCom A-7	009.2222	10.11.10
Мегаомметр	1152MF	9850397	11.11.11

## 8. Результаты проверки

Дата	Заключение о соответствии требованиям	Проверку выполнил Ф.И.О.	Подпись
10.10.10	Соответствует	Иванов И.И.	

## 6.6 Производители ВЧЗ

АББ (ООО "АББ" Департамент "Системы связи в энергетике")			
Москва	<a href="http://www.abb.ru">www.abb.ru</a>	t +7 (495) 777-222-0	f +7 (495) 777-222-0
DLTC	Сертификат соответствия РОСС СН.МВ03.Н00387	Экспертное заключение РАО "ЕЭС России" 229 от 16.11.1998	

### Отличительные особенности

Широкий выбор заградителей:

- 10 номиналов по току (от 400А до 4000А): 400, 630, 800, 1000, 1250, 1600, 2000, 2500, 3150, 4000
- 6 номиналов по индуктивности (от 0,2 до 2,0 мГн): 0,1; 0,2; 0,315; 0,5; 1,0; 2,0
- 2 стандарта соответствия по току короткого замыкания (МЭК1 и МЭК2)
- более 100 вариантов по диапазону заграждения



Применение металлооксидных ОПН с малой собственной емкостью и малым содержанием металла гарантирует надежную защиту элемента настройки от перенапряжений.

ВЧ заградители DLTC имеют самую легкую конструкцию - вес заградителя на 20-50% меньше веса аналогов, что позволяет устанавливать заградители на опорных изоляторах, конденсаторах и трансформаторах напряжения там, где традиционные заградители не могут быть установлены.

Существенно меньшие габаритные размеры позволяют снизить ветровую нагрузку, а также подвешивать заградители на портал в тех случаях, когда размеры и вес традиционных заградителей не позволяют этого.

Современная технология производства DLTC обеспечивает высокую добротность и низкую паразитную емкость, что дает возможность изготавливать ВЧ заградители на самые широкие диапазоны заграждения и с активной составляющей сопротивления заграждения до 1000 Ом.

Доступны модели для установки на постамент или в подвешенном состоянии.

Уникальным параметром серии DLTC является надежность. Среднее время наработки на отказ ВЧ заградителя DLTC - 170 лет, соответственно, срок эксплуатации не ограничен.

**ООО "Росэнергосервис"**

Ростов-на-Дону

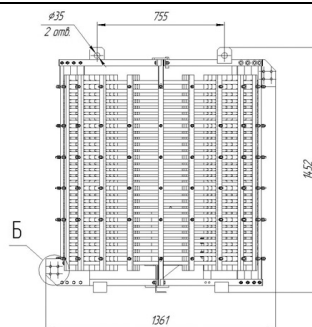
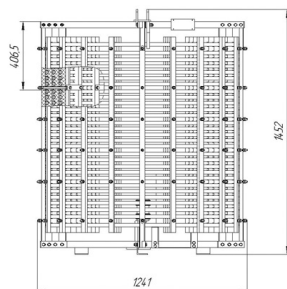
[www.rosenergосervis.ru](http://www.rosenergосervis.ru)

t +7 (863) 300-37-20

ВЗ ТУ 3414-005-  
46569277-2010  
Гарантия 2 года

Сертификаты соответствия РОСС  
RU.AB24.H02412 и РОСС  
RU.AB24.H02923 (ВЗ-630, ВЗ-1250,  
ВЗ-2000)

Заключение аттестационной  
комиссии ФСК ЕЭС №29-10 от  
20.05.2010 (ВЗ-630, ВЗ-1250, ВЗ-  
2000)



### Назначение

Высокочастотные заградители серии ВЗ предназначены для создания высокочастотных каналов связи по высоковольтным линиям электропередач.

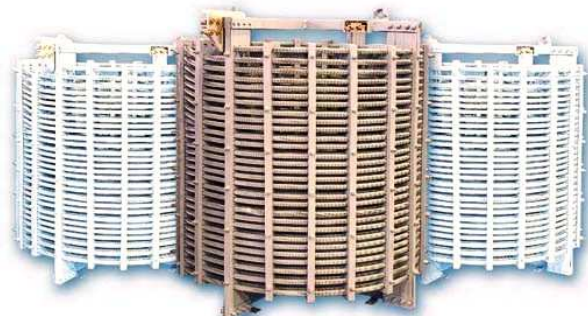
### Отличительные особенности ЭНУ

Элемент настройки универсальный (ЭНУ) выполнен в герметически закрытом корпусе цилиндрической формы из полипропилена со специальными присадками для защиты от ультрафиолетовых излучений. Верхняя часть корпуса закрыта несъемной крышкой. Нижняя часть корпуса закрыта съемной крышкой обеспечивающей доступ к электрическим элементам схемы. Крепится ЭНУ к реактору с помощью трех кронштейнов. Подключение ЭНУ производится гибким проводом через проходные изоляторы к токоведущим выводам, выполненных в форме шпилек.

### Основные электрические параметры и номенклатура

Типы	ВЗ-100	ВЗ-200	ВЗ-400	ВЗ-630	ВЗ-1250	ВЗ-2000	ВЗ-4000
Номинальный длительный ток, А	100	200	400	639	1250	2000	4000
Класс напряжения линий электропередач, кВ	6-35	6-110	35-220	330-750	110-330	330-750	500-750
Диапазон частот заграждения, кГц	34...1000 определяется при заказе						
Номинальный кратковременный ток КЗ 1с, кА	2,5	4,7	10	16	31,5	40	63
Ударный ток КЗ, кА	6,5	12	25,5	41	80	102	161
Минимально-допустимое значение активной составляющей полного сопротивления в полосе частот заграждения	650	650	650	650	470	440	440
Индуктивность реактора на частоте 50 Гц, мГн	0,1; 0,25 (0,3 для ВЗ-100); 0,5; 1,0; 1,5; 2,0						
Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150	У1, УХЛ1, ХЛ1, Т1						
Тип защиты	ОПН						
Тип элемента настройки (исполнение У1, Т1)	ЭНУ 0,1-40; ЭНУ 0,25-40; ЭНУ 0,5-40; ЭНУ 1-40; ЭНУ 1,5-40; ЭНУ 2,0-40						
Высота, мм	1032	1453	1450	1452	1637/ 1680	-	-
Диаметр, мм	952	1252	1240	1361	1500/ 1892	-	-

<b>ОАО "РЭТЗ Энергия" (ОАО "Раменский электротехнический завод Энергия")</b>					
Москва	<a href="http://www.ramenergy.ru">www.ramenergy.ru</a>	t +7 (496) 463-66-93	f +7 (496) 467-96-79		
ВЗ	ТУ 3414-011-11703970-03	Сертификат соответствия РОСС RU.ME25.H00988			



### Назначение

Высокочастотные заградители серии ВЗ предназначены для создания высокочастотных каналов связи по высоковольтным линиям электропередач.

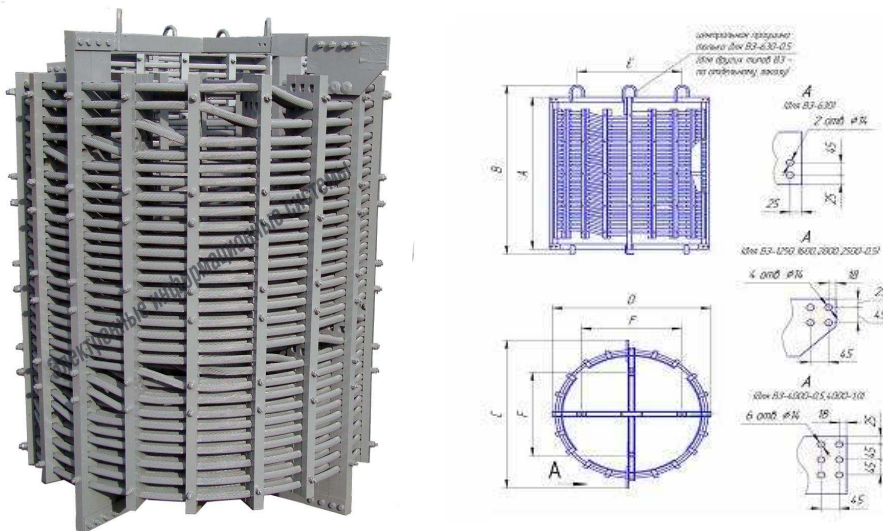
### Отличительные особенности

В качестве защитного устройства используется ограничитель перенапряжения нелинейного типа ОПН без искровых промежутков, обеспечивающий эффективную защиту от перенапряжений. Выводы ОПН выполнены из немагнитной стали. В качестве элемента настройки используется элемент настройки типа ЭНЗ, разработанный по техническому заданию РАО "ЕЭС России" АО "РОСЭП" совместно с ГУП "ВЭИ". Элемент настройки удовлетворяет требованиям МЭК (публикация №60353). Для повышения электрической прочности элементов изделия и защиты их от воздействия окружающей внешней среды, внутренность корпуса ЭНЗ заполнена электроизоляционным компаундом.

### Основные электрические параметры и номенклатура

Типы	ВЗ-630-0,5	ВЗ-1250-0,5	ВЗ-1250-0,5	ВЗ-2000-0,5	ВЗ-2000-1,0
Номинальный длительный ток, А	630	1250	1250	2000	2000
Класс напряжения линий электропередач, кВ	35-110	110-220	330	330-750	330-750
Диапазон частот заграждения, кГц	34...1000, выбирается из заданного ряда при заказе				
Номинальный кратковременный ток КЗ 1с, кА	16	31,5	31,5	40	40
Ударный ток КЗ, кА	41	80	80	102	102
Минимально-допустимое значение активной составляющей полного сопротивления в полосе частот заграждения	640	640	470	470	440
Индуктивность реактора на частоте 50 Гц, мГн	0,547	0,536	0,536	0,535	1,027
Полные потери в реакторе при номинальном токе, кВт	5	8,5	8,5	16	23
Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150	УХЛ1, У1, Т1				
Тип защиты	ОПН				
Тип элемента настройки	ЭНЗ				
Масса для исполнения, кг	УХЛ1, У1	168	403	676	
	Т1	348	967	1457	
Высота, мм	1436	1448	1636		
Диаметр, мм	1170	1398	1482		

<b>АО "НПП Электронные информационные системы"</b>			
Екатеринбург	<a href="http://www.eisystem.ru">www.eisystem.ru</a>	t +7 (343) 350-57-35	f +7 (343) 263-74-80
ВЗ	АВЛБ. 670130.004 ТУ АВЛБ. 670130.005 ТУ АВЛБ. 670130.005 ТУ	Сертификаты соответствия ССБЭ RU.M064.H.01680 ССБЭ RU.M064.H.01681 ССБЭ RU.M064.H.01494 ССБЭ RU.M064.H.01724	Заключение аттестационной комиссии ОАО "ФСК ЕЭС" 47\021-2010, дополнения 47\021-2010 и 06\12 от 07.09.12 г



### Назначение

Высокочастотные заградители серии ВЗ предназначены для ослабления шунтирующего действия оборудования и шин подстанций и ответвлений от ВЛ на сигналы противоаварийной автоматики (ПА), релейной защиты (РЗ), телефонной связи и телемеханики, передаваемые по фазным проводам высоковольтных (6.3-1150 кВ) линий электропередачи. В случае организации каналов ВЧ связи по изолированным грозозащитным тросам ВЧ заградители служат для заземления тросов по промышленной частоте в местах присоединения.

ВЧ заградители представляют собой заграждающие фильтры, которые включаются в расщепку фазного провода (проводов), и могут быть настроены на определенные полосы заграждения из диапазона (16-1000) кГц.

### Отличительные особенности

Конструкция реактора на базе синтетических композитных материалов с «нулевым» водопоглощением. Элемент настройки (АВЛБ.673125.002 ТУ), в зависимости от требуемой полосы частот заграждения, выполняется по двух или трехконтурной схеме узкополосного заградительного фильтра, либо по схеме заградительного фильтра верхних частот.

Для обеспечения заграждения двух полос частот выполняется двухчастотная притупленная настройка.



### Основные электрические параметры и номенклатура

Типы	ВЗ-100	ВЗ-200	ВЗ-400	ВЗ-630	ВЗ- 1250
Номинальный длительный ток, А	100	200	400	630	1250
Класс напряжения линий электропередач, кВ	6-35	6-110	10-110	35-220	110-330
Диапазон частот заграждения, кГц	16...1000, выбирается при заказе				
Номинальный кратковременный ток КЗ 1с, кА	2,5	5	10	16	40



Ударный ток КЗ, кА	6,5	12,7	25,5	40	102
Минимально-допустимое значение активной составляющей полного сопротивления в полосе частот заграждения	650	650	650	650	650/470
Номинальная индуктивность реактора, мГн	0,1; 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2		0,1; 0,25; 0,5; 1	0,1; 0,25; 0,5; 1; 1,5; 2	
Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150	У1, УХЛ1				
Тип защиты	ОПН				
Тип элемента настройки	ЭН-0,1; ЭН-0,25; ЭН-0,5; ЭН-1,0; ЭН-1,5; ЭН-2,0;		ЭН-0,1; ЭН-0,25; ЭН-0,5; ЭН-1,0;	ЭН-0,1; ЭН-0,25; ЭН-0,5; ЭН-1,0; ЭН-1,5; ЭН-2,0;	
Масса для исполнения, кг	10-42	13-450	20-130	150-1000	150-1500
Высота, мм	474-1186	474-1186	587-1910	480-1640	610-2300
Диаметр, мм	316, 500	316, 500	500	980-1390	1070-1540

**Продолжение таблицы Основные электрические параметры и номенклатура**

Типы	В3-1600	В3-2000	В3-2500	В3-3150	В3- 4000
Номинальный длительный ток, А	1600	2000	2500	3150	4000
Класс напряжения линий электропередач, кВ	110-330	330-750	330-750	330-750	500-750
Диапазон частот заграждения, кГц	16...1000, выбирается при заказе				
Номинальный кратковременный ток КЗ 1с, кА	40 (50)	40 (50)	40 (50)	40 (50)	63
Ударный ток КЗ, кА	102 (128)	102 (128)	102 (128)	102 (128)	161
Минимально-допустимое значение активной составляющей полного сопротивления в полосе частот заграждения	470	470	470	470	470
Номинальная индуктивность реактора, мГн	0,5	0,1; 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; 2	0,5; 1,0	0,5; 1,0; 2,0	0,5; 1,0; 1,5; 2,0
Климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150	У1, УХЛ1				
Тип защиты	ОПН				
Тип элемента настройки	ЭН-0,5	ЭН-0,1; ЭН-0,25; ЭН-0,5; ЭН-1,0; ЭН-1,5; ЭН-2,0	ЭН-0,5; ЭН-1,0	ЭН-0,5; ЭН-1,0; ЭН-2,0	ЭН-0,5; ЭН-1,0; ЭН-1,5; ЭН-2,0
Масса для исполнения, кг	460	250-1520	670-930	910-3100	380-3100
Высота, мм	1608	920-3400	1638-2060	1660-4100	1660-4100
Диаметр, мм	1205	1060-1850	1310-1596	1540-1570	1540-1570



## 7 Конденсатор связи (КС)

### 7.1 Общие сведения

Конденсаторы связи предназначены для подключения ФП к находящемуся под высоким напряжением проводу ВЛ переменного тока, обеспечивая необходимую защиту ФП и аппаратуры уплотнения от напряжения промышленной частоты. Совместно с ФП КС образует полосовой фильтр с полосой пропускания, в пределах которой обеспечивается передача ВЧ сигналов с заданными параметрами. Конденсатор должен обеспечивать передачу сигналов каналов ВЧ связи в диапазоне частот от 16 до 1000 кГц при максимальной пиковой мощности огибающей ВЧ сигнала не менее 400 Вт.

Если фазное напряжение ВЛ больше номинального напряжения единичного конденсатора, то должна составляться батарея из нескольких последовательно соединенных конденсаторов, установленных один на другой. Рекомендуемое число этих конденсаторов для ВЛ разного класса напряжения указано в таблице 1.1.

Номинальное напряжение элемента КС, кВ	Номинальная емкость конденсатора, нФ	Число последовательно включенных конденсаторов в КС для ВЛ с номинальным напряжением, кВ (емкость сборки конденсаторов, нФ)					
		35	110	220	330	500	750
66/√3	4,4	1 (4,4)					
110/√3	6,4		1 (6,4)	2 (3,2)			
166/√3	14				2 (7)	3 (4,67)	
188/√3	12						4 (3)

Требования к КС и методика проверки этих требований приведены в стандарте организации ОАО «ФСК ЕЭС «СТО 56947007-33.060.40.125-2012. Общие технические требования к устройствам обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ».

Параметры КС, контролируемые при эксплуатации:

- ёмкость конденсатора – не должна отличаться от номинального значения более чем на (+10/-5)% для КС на номинальное напряжение 220кВ и ниже и ±5% для номинального напряжения Кс 330 кВ и выше;
- тангенс угла потерь ( $\text{tg } \delta$ ) – не должен превышать 0,8%;
- Сопротивление изоляции – должно быть не менее 1000 МОм.

Современные конденсаторы выпускаются с тангенсом угла потерь  $3,0 \times 10^{-3}$  по ГОСТ 15581-80 и  $2,5 \times 10^{-3}$  по СТ АО 00213457-014-2008

Основными производителями КС в Российской Федерации и Республике Казахстан являются:

- АО «Усть-Каменогорский конденсаторный завод»,
- ОАО «Серпуховский конденсаторный завод «КВАР»

## 7.2 Паспорт на КС, пример заполнения

Предприятие	Сети «АБС»
Подстанция	ПС21
Название ВЛ и напряжение, кВ	ПС21-ПС25, 330
Рабочая фаза (А, В или С)	С

### ПАСПОРТ НА КОНДЕНСАТОР СВЯЗИ

#### 1. Общая часть

Тип КС	СМА-166К/3	СМАВ-166К/3		
Заводской номер, №	7711	7712		
Год выпуска, г	2010	2010		
Ёмкость, нФ	14	14		
Напряжение, кВ	166	166		
Ёмкость батареи, нФ	7			
Напряжение батареи, кВ	330			
тип ШОН, № и завод изготовитель (при наличии)	Отсутствует			
Тип ЭМУ, № и завод изготовитель (при использовании ЕТН в качестве КС)	Отсутствует			

- если КС представляет собой батарею конденсаторов из нескольких последовательно соединенных конденсаторов:
  - указываются заводские номера и характеристики всех конденсаторов,
  - проверка механической части и измерение характеристик осуществляется независимо для каждого конденсатора,
- объем проверок соответствует испытаниям при техническом обслуживании вида: «Н» - новое включение (настройка), «К» - профилактический контроль и «В» - профилактическое восстановление (ремонт). Профилактический контроль должен проводиться при техническом обслуживании ЛЭП. Рекомендуемая периодичность раз в 6 лет;
- ёмкость конденсатора в нормальных климатических условиях (на частоте 50Гц) не должна отличаться от номинального значения более чем на (+10/-5)% для КС на номинальное напряжение 220кВ и не  $\pm 5\%$  для номинального напряжения 330кВ и выше;
- тангенс угла потерь ( $\text{tg } \delta$ ) при температуре  $25 \pm 10^\circ\text{C}$  не должен превышать 0,8%.

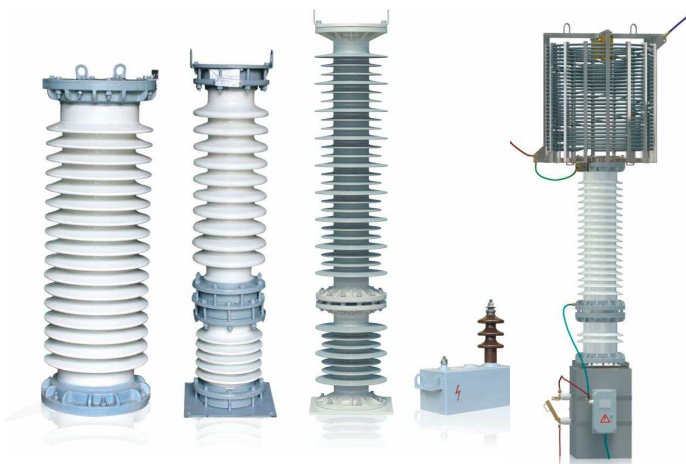
#### 2. Результаты проверки

Проверка КС должна осуществляться службой изоляции подстанции протоколы проверки прикладываются к паспорту КС.

Дата	Заключение о соответствии требованиям	№ протокола ИЗП	Подпись
10.10.10	соответствует	2233	

### 7.3 Производители КС

<b>ТОО «Усть-каменогорский конденсаторный завод» (ТОО «УККЗ»)</b>			
Усть-Каменогорск	<a href="http://www.ukkz.com">www.ukkz.com</a>	<a href="mailto:sales@ukcp.kz">sales@ukcp.kz</a>	t +7 (7232) 29-33-85
	<a href="http://www.ukkm.ru">www.ukkm.ru</a>	Представительство в Москве	t +7 (495) 221-60-56
СМ, КС	Экспертное заключение ФСК, утвержденное 02.02.2006		



#### Назначение

Конденсаторы серии СМ предназначены для обеспечения высокочастотной связи на частотах 24 до 1500 кГц в линиях электропередачи номинальным напряжением 35...500 кВ, а также присоединения аппаратуры связи к линиям электропередачи от 6 до 35 кВ и грозозащитным тросам

#### Отличительные особенности СМ

Изготавливаются в фарфоровых покрывках и пропитываются экологически безопасной жидкостью. Выпускаются конденсаторы связи в усиленном

исполнении СМА-110/ $\sqrt{3}$ -6,4-УХЛ1 с возможностью установки заградителей типа ВЗ3-630-0,5 и ВЗ-1250-0,5 или аналогичных по массогабаритным характеристикам. Варианты исполнения:

- СМ - конденсатор
- КС – сборка конденсаторов
- А – Фарфоровая армированная покрывка
- Б – категория электрооборудования по внешней изоляции
- В – с выводом
- П – совмещенный с изолирующей подставкой
- УХЛ1 Ех - Взрывозащищенное исполнение. В фарфоровом и композитном (К) корпусе с силиконовым оребрением

#### Основные электрические параметры и номенклатура

На фазу линии электропередач устанавливается один, два или три конденсатора			Напряжение, кВ	Емкость, нФ	Климатическое исполнение
СМПВ-66/ $\sqrt{3}$ , СМПБВ-66/ $\sqrt{3}$			35	4,4	У1,
СМАПВ-66/ $\sqrt{3}$ ,					УХЛ1
СМП-110/ $\sqrt{3}$ , СМПБ-110/ $\sqrt{3}$ , СМПВ-110/ $\sqrt{3}$ , СМПБВ-110/ $\sqrt{3}$			110	6,4	У1
СМАПВ-110/ $\sqrt{3}$					УХЛ1
СМАПВ-110/ $\sqrt{3}$ , СМАПВ-К-110/ $\sqrt{3}$ ,					УХЛ1 Ех
СМП 66/ $\sqrt{3}$ СМПБ 66/ $\sqrt{3}$	СМБ 66/ $\sqrt{3}$	3СМБВ 66/ $\sqrt{3}$	150	4,4	У1
СМ 66/ $\sqrt{3}$	СМ 66/ $\sqrt{3}$	СМВ 66/ $\sqrt{3}$			У1, ХЛ1, Т1
СМАП 66/ $\sqrt{3}$	СМАВ 66/ $\sqrt{3}$	СМА 66/ $\sqrt{3}$			УХЛ1
КСА-220/ $\sqrt{3}$ , КСА1-220/ $\sqrt{3}$			220	3,2	УХЛ1
СМБ-110/ $\sqrt{3}$	СМБВ-110/ $\sqrt{3}$		220	6,4	У1,Т1
СМ-110/ $\sqrt{3}$ У1,	СМВ-110/ $\sqrt{3}$				У1, Т1, ХЛ1
СМА-110/ $\sqrt{3}$ СМАП-110/ $\sqrt{3}$ СМАП-К-110/ $\sqrt{3}$	СМА-110/ $\sqrt{3}$ СМАВ-110/ $\sqrt{3}$ СМАВ-К-110/ $\sqrt{3}$				УХЛ1 (кроме К)
КСА-330/ $\sqrt{3}$ , КСА1-330/ $\sqrt{3}$ 2,			330	2,13; 7;	УХЛ1

КСАБ-330/√3, КСАБ1-330/√32 (только 7 и 9нФ)				9	УХЛ1 Ех
СМА-166К/√3 СМАБ-166К/√3 СМА-К-166/√3		СМАВ-166К/√3 СМАБВ-165К/√3 СМАВ-К-166/√3	330	14; 18	УХЛ1 (кроме К)  УХЛ1 Ех (кроме Б)
СМА-166К/√3 СМАБ-166К/√3 СМА-К-166/√3	СМА-166К/√3 СМАБ-166К/√3 СМА-К-166/√3	СМАВ-166К/√3 СМАБВ-166К/√3 СМАВ-К-166/√3	500	14; 18	
СМА-133/√3,	СМА-133/√3,	СМАВ-133/√3	400	18,6	УХЛ1
КСА-500/√3, КСА1-500/√32, КСАБ-500/√32, КСАБ1-500/√32,			500	4,67; 6	УХЛ1
СММ-20/√3 (в металлических корпусах)			6...35	35; 74; 107	У1

**ОАО «Серпуховский конденсаторный завод «КВАР»**

Серпухов

[www.kvar.su](http://www.kvar.su)

t +7 (4967) 35-44-28

СМ ТУ 3414-025-05758055-2012

Декларация о соответствии РОСС RU.АЯ46.Д64819 от 10.12.2012

Гарантия 5 лет

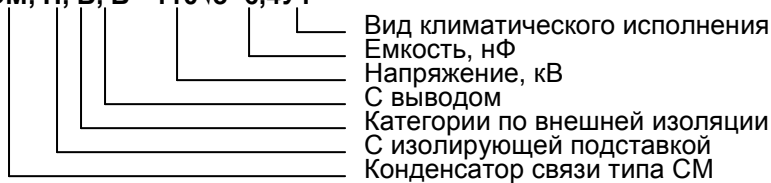
**Назначение**

Конденсаторы серии СМ предназначены для присоединения аппаратуры связи к линиям электропередачи напряжением от 6 до 500 кВ переменного тока частоты 50 и 60 Гц и грозозащитным тросам

**Отличительные особенности СМ**

Изготавливаются в армированных фарфоровых покрышках (кроме СММ). Диэлектрик конденсаторов – пленочный, пропитан биоразлагаемой синтетической жидкостью. Вверху конденсаторов расположено предохранительное устройство для сброса давления жидкости и газов при внутренних повреждениях изоляции.

По требованию заказчика изготавливаются конденсаторы для линий электропередачи напряжением 750 кВ и с другими значениями емкости.

**Система обозначений СМ, П, Б, В - 110/√3 -6,4У1****Основные электрические параметры и номенклатура**

На фазу линии электропередач устанавливается один, два или три конденсатора	Напряжение, кВ	Емкость, нФ	Климатическое исполнение		
СМПВ-66/√3, СМПБВ-66/√3	35	4,4	У1, ХЛ1, УХЛ1, Т1		
СМПВ-110/√3, СМПБВ-110/√3, СМПВШ-110/√3	110	6,4			
СМП 66/√3 СМПБ 66/√3	СМ 66/√3 СМБ 66/√3	СМВ 66/√3 СМБВ 66/√3		150	4,4
СМПВ-220/√3, СМПБВ-220/√3, СМПВШ-220/√3	220	3,2			
СМП-110/√3 СМПБ-110/√3		СМВ-110/√3 СМБВ-110/√3		220	6,4
СМП-165/√3 СМПБ-165/√3 СМПШ-165/√3		СМВ-165/√3 СМБВ-165/√3 СМВШ-165/√3		330	14
СМП-165/√3 СМПБ-165/√3 СМПШ-165/√3	СМ-165/√3 СМБ-165/√3 СМШ-165/√3	СМВ-165/√3 СМБВ-165/√3 СМВШ-165/√3		500	14
СММ-20/√3 (в металлических корпусах)	6...35, грозозащитные тросы	35; 74; 107	У1		

## 8 Заключение

ООО «Аналитик-ТС» выражает огромную признательность Шкарину Ю.П. за неоценимый вклад в создание и развитие ВЧ связи в электроэнергетике. Мы надеемся, что серия совместных с Юрием Павловичем изданий, посвященная измерениям ВЧ связи по ЛЭП, поможет настоящим и будущим специалистам отрасли в освоении этого непростого и необходимого для нашей электроэнергетики ремесла.

С гордостью за отечественную промышленность благодарим наших партнеров и коллег – производителей оборудования присоединения, использующегося на подстанциях для присоединения аппаратуры уплотнения к проводам ЛЭП:

- ОАО «Научно-производственное объединение «Московский радиотехнический завод», совместно с предприятием-разработчиком ОАО «Конструкторское бюро «Кунцево» и предприятием-изготовителем ООО «Производственное объединение «Радиоэлектроприбор»;
- ЗАО «НПП Электронные информационные системы»;
- ООО «Росэнергосервис»;
- ОАО «Раменский электротехнический завод Энергия»;
- ООО «УРАЛЭНЕРГОСЕРВИС».

Выражаем особую благодарность руководителю отдела ВЧ связи НТЦ «Энергосвязь» Онанко Анатолию Федоровичу за предоставленные результаты натуральных измерений оборудования присоединения анализатором AnCom A-7/307.

ООО «Аналитик-ТС» приглашает к взаимовыгодному информационному и коммерческому сотрудничеству:

- производителей оборудования присоединения;
- производителей оборудования ВЧ связи (включая ВЧ посты РЗ и ПА);
- лаборатории и иные организации, оказывающие услуги по проведению пусконаладочных и ремонтных работ в сфере ВЧ связи по ЛЭП.

Вопросы, пожелания и предложения по приобретению и работе с приборами AnCom, а также содержанию настоящей книги направляйте в ООО "Аналитик ТелекомСистемы":

125424 Москва, Волоколамское шоссе, 73

Тел./факс: (495) 775-60-11

[sales@analytic.ru](mailto:sales@analytic.ru)

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

### Скачать электронную версию

сайт AnCom

Google books



Ищите <Библиотека AnCom> в



[www.analytic.ru/products/29/articles/](http://www.analytic.ru/products/29/articles/)

<http://books.google.ru/>

Измерения в ВЧ связи. Устройства обработки и присоединения / под ред. Ю.П. Шкарина. – изд. 3, перераб. и доп.- М.: Библиотека AnCom, 2014. – 123 с.



## Юрий Павлович Шкарин

– известный специалист в области передачи информации по каналам ВЧ связи по ЛЭП, кандидат технических наук, старший научный сотрудник.

Ю. П. Шкарин – автор книг "Волновые процессы и электрические помехи в многопроводных линиях электропередачи" (1973), "Линейные тракты каналов ВЧ связи по линиям электропередачи" (1986), "Специальные измерения ВЧ каналов по линиям электропередачи" (1990), "Расчет параметров высокочастотных трактов по линиям электропередачи" (1999). Составитель "Методических указаний по расчету параметров и выбору схем ВЧ трактов по линиям электропередачи 35 - 750 кВ переменного тока" (1989) и автор большого числа статей в журналах "Электричество", "Электрические станции", "Известия АН СССР, сер. Энергетика и транспорт", "Энергетик и докладов на сессиях CIGRE и заседаниях ИК 35 и ИК 36 CIGRE.

Лауреат премии им. П.Н. Яблочкова АН СССР.

В разное время работал профессором Московского энергетического института и ведущим научным сотрудником АО ВНИИЭ.

Редактор настоящего издания, а также автор разделов, описывающих ВЧ параметры оборудования присоединения и методы их измерений.



## ООО «Аналитик-ТС»

– ООО «Аналитик-ТС», торговая марка «AnCom», является ведущим отечественным производителем современных средств измерений, предназначенных для комплексной экспертизы ВЧ связи по ЛЭП, а также решения ряда измерительных задач, связанных с контролем оборудования релейной защиты и цифровых подстанций (МЭК61850).

Разделы, описывающие работу с анализатором ВЧ связи AnCom A-7/307 и методики измерений ВЧ параметров - сформированы коллективом ООО «Аналитик-ТС».

Разделы о характеристиках и особенностях оборудования присоединения сформированы на основе открытых источников информации и материалов, предоставленных производителями соответствующего оборудования.