



под редакцией
Шкарина Ю.П.



Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт

изд. 1

Москва 2014

с примерами
заполнения
Паспортов

Библиотека аnСом

**под редакцией
Шкарина Ю.П.**

**Измерения в ВЧ связи.
ВЧ тракт**

изд. 1

Содержание

1	Введение	5
2	Общие сведения	8
2.1	Основы работы с анализатором ВЧ связи AnCom A-7/307. Quick Start	9
2.2.1	Назначение анализатора	9
2.2.2	Измерительные возможности анализатора	9
2.2.3	Включение анализатора	10
2.2.4	Загрузка измерительных задач (заводские и пользовательские конфигурации)	11
2.2.5	Нормирование результатов измерений: загрузка и редактирование масок	12
2.2.6	Измерительные курсоры: координаты точек на графике	14
2.2.7	Сохранение результатов измерений	15
3	Измерение параметров ВЧ тракта	18
3.1	Общие представления о ВЧ тракте и его параметрах	18
3.1.1	Влияние отражённых волн	19
3.1.2	Влияние коммутационного состояния ВЛ и высоковольтного оборудования	22
3.1.3	Влияние температуры воздуха	23
3.2	Методы проведения измерений	23
3.2.1	Рабочее затухание	24
3.2.2	Входное сопротивление	24
3.2.3	Затухание несогласованности	25
3.3	Рекомендации по проведению измерений	26
3.3.1	Общие рекомендации	26
3.3.2	Частные рекомендации	27
3.4	Методика измерений для AnCom A-7/307	30
3.4.1	Особенности измерения характеристик ВЧ трактов	30
3.4.2	Влияние помех на результаты измерений	31
3.4.3	Общая последовательность измерений ВЧ трактов	32
3.4.4	Рабочее затухание ВЧ тракта	33
3.4.5	Мониторинг Рабочее затухание ВЧ тракта	35
3.4.6	Затухание несогласованности ВЧ тракта	37
3.4.7	Входное сопротивление	39
3.5	Определение причин несоответствия параметров трактов ожидаемым значениям при первоначальном вводе в эксплуатацию	41
3.5.1	Общие соображения	41
3.5.2	Тракт, в схему которого входит одна нетранспонированная ВЛ	41
3.5.3	Тракт по линии с ответвлением	42
3.5.4	Тракт по ВЛ с временными заходами на ПС	43
3.5.5	Тракт по ВЛ с использованием емкостных трансформаторов напряжения в качестве КС	44
3.5.6	ВЧ тракт с обходом промежуточной ПС	45
3.6	Определение причин несоответствия параметров трактов ожидаемым значениям при профилактических измерениях	46
3.6.1	Повреждение ВЧ кабеля и ФП по концам тракта	46
3.6.2	Повреждение ВЧЗ по концам тракта	46
3.6.3	Повреждение ВЧЗ включенного в начале ответвления	48
3.7	Расчет параметров ВЧ тракта в программе WinTrakt	49
4	Измерение помех	52
4.1	Общее представление о помехах на выходе ВЧ тракта	52
4.1.1	Постоянно действующие широкополосные помехи	52
4.1.2	Постоянно действующие узкополосные помехи	54
4.1.3	Временно действующие помехи	54

4.2	Методы проведения измерений	56
4.3	Рекомендации по проведению измерений	57
4.3.1	Общие рекомендации	57
4.3.2	Частные рекомендации	58
4.4	Методика измерений для AnCom A-7/307	60
4.4.1	Особенности измерения помех	60
4.4.2	Постоянно действующие – узкополосные помехи (панорама и идентификация)	61
4.4.3	Постоянно действующие – широкополосные помехи от короны	63
4.4.4	Мониторинг временно действующих помех	65
4.5	Определение причин несоответствия уровня помех ожидаемым значениям	67
4.6	Расчет параметров помех в программе WinNoise	68
5	Паспорт на ВЧ тракт	69
5.1	Общие соображения по паспортизации ВЧ тракта	69
5.2	Пример паспорта на ВЧ тракт	70
6	Заключение	83

1 Введение

Канал связи состоит из аппаратуры уплотнения (АУ), устанавливаемой по концам канала, и линии связи, соединяющей комплекты АУ между собой. В АУ осуществляются необходимые преобразования информационных сигналов, поступающих на пользовательские интерфейсы передающего конца, в форму, удобную для передачи по линии связи, и обратное преобразование сигналов, принимаемых из линии и передаваемых на пользовательские интерфейсы приёмного конца. Линия связи является средой, по которой преобразованные сигналы передаются между АУ, установленной в пунктах окончания канала.

Каналы ВЧ связи по ЛЭП относятся к «проводным» каналам, в которых в качестве среды распространения используется металлические провода линий связи.

При этом в обычных «проводных» каналах конструкция кабельных или воздушных линий связи специально разрабатывается для получения оптимальных параметров передачи по ним электрических сигналов в рассматриваемом диапазоне частот (хорошее согласование, большие переходные затухания между каналами по разным линиям, относительно малый уровень помех и т. д.).

В каналах ВЧ связи по линиям электропередачи в качестве линии связи используют фазы и тросы воздушных линий электропередачи (ВЛ), а также фазы и экраны кабельных линий электропередачи (КЛ). Линии электропередачи и высоковольтные сети, образуемые высоковольтными подстанциями (ПС) и этими линиями, предназначены для передачи электроэнергии. Для передачи сигналов связи они только в той или иной степени приспособляются. Поэтому параметры ВЧ тракта (в используемой в ВЧ связи терминологии так называется линия связи) намного хуже, чем эти параметры обычных проводных линий.

В силу этого организация каналов ВЧ связи по ЛЭП и их параметры имеют, по сравнению с каналами по обычным «проводным» линиям связи, существенные различия, которые заключаются в том, что в каналах ВЧ связи по ЛЭП:

- используется специальное оборудование, называемое устройствами обработки и присоединения:
 - устройства присоединения (УП) состоят из фильтров присоединения (ФП) и конденсаторов связи (КС), с помощью которых обеспечивается присоединение аппаратуры уплотнения к проводам ЛЭП, находящимся под высоким напряжением;
 - устройства обработки - это ВЧ заградители (ВЧЗ), с помощью которых обеспечивается отделение ВЧ тракта, по которому происходит передача сигналов, от шунтирующего действия входного сопротивления подстанций (ПС) между которыми включены ЛЭП, и входного сопротивления ответвлений от ЛЭП. ВЧЗ также отделяют ВЧ тракт от заземляющих ножей линейных разъединителей, которыми заземляют ЛЭП при её отключении;
- существуют специфические широкополосные помехи:
 - постоянно действующие (от короны и разрядов в изоляции);
 - кратковременные импульсного характера (от грозовых и коммутационных перенапряжений и от коротких замыканий);
- сигналы каналов, работающих по какой либо ЛЭП, распространяются по электрической сети далеко за пределы этой ЛЭП. Работоспособность каждого из каналов, работающих в общей электрической сети, должна определяться с учётом наличия этих мешающих сигналов;
- условия распространения сигналов по ЛЭП существенно отличаются от этих условий в специальных линиях связи. Это обуславливается:
 - конструкцией ВЛ (расстояния между проводами и между проводами и землёй соизмеримы);
 - невозможностью обеспечить согласование по концам однородных участков ВЛ (значение коэффициента отражения может достигать 0,7);
 - наличием ответвлений от ВЛ;
- на параметры ВЧ тракта оказывает влияние коммутационное состояние ЛЭП и высоковольтного оборудования на ПС, что приводит к нестабильности параметров ВЧ тракта при различного рода переключениях высоковольтного оборудования в электрической сети.

Всё это приводит к тому, что зависимость параметров ВЧ тракта от частоты может оказаться достаточно сложной, а сами параметры нестабильны во времени. Эти особенности ЛЭП,

Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт

как линий связи, должны учитываться при определении объема и методик проведения измерений параметров каналов ВЧ связи и составляющих их элементов – аппаратуры уплотнения и ВЧ тракта, а также помех на выходе ВЧ тракта.

Структурная схема канала ВЧ связи по ЛЭП с указанием его составных частей приведена на рис.1.1.

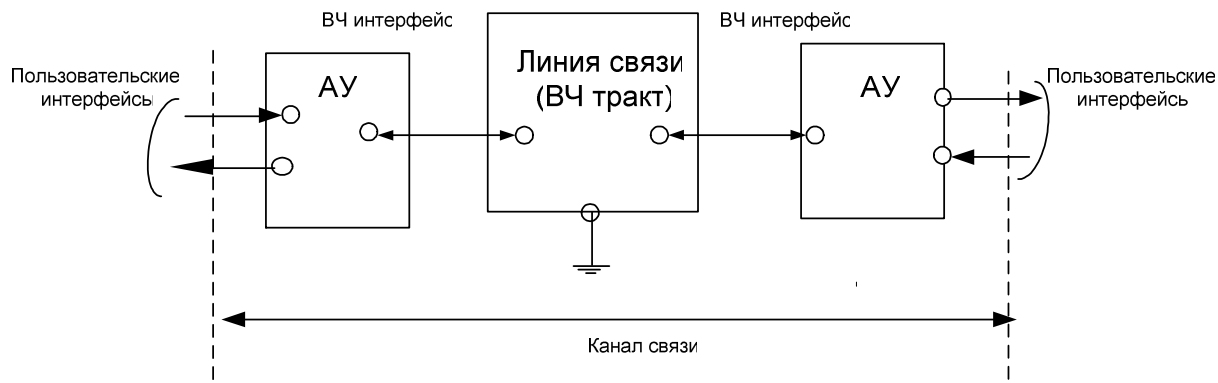


Рисунок 1.1. Структурная схема канала ВЧ связи по ЛЭП

Каналы ВЧ связи составляют около 30% всего количества каналов связи в ведомственной сети связи электроэнергетики. В РФ по ВЧ каналам по ЛЭП передаются все виды информации, необходимой для управления работой энергосистем и объединений энергосистем, как в нормальных режимах работы, так и при аварийных ситуациях.

Наличие апробированных методов измерений и методик их проведения для нормируемых параметров каналов является одним из условий, обеспечивающих необходимую надежность и достоверность передачи информации по каналам ВЧ связи. Это обуславливается тем, что только на основании результатов адекватных измерений можно правильно принять решение о соответствии параметров канала нормам и, при необходимости, найти причину несоответствия измеренных параметров нормам.

Используемые в электроэнергетике каналы ВЧ связи (и соответственно, аппаратуры уплотнения) можно разбить на несколько видов:

- аналоговые комбинированные каналы связи, использующие номинальную полосу частот канала для передачи сигналов различных видов информации (телефон, телемеханика, данные) в аналоговом виде с разделением этих сигналов в частотной области (ЧРС);
- цифровые комбинированные каналы связи, использующие номинальную полосу частот канала для передачи сигналов различных видов информации (телефон, телемеханика, данные) в цифровом виде в общем цифровом потоке и разделением этих сигналов во временной области (ВРС).

Примечание:

По аналоговому и цифровому каналам могут кратковременно передаваться сигналы команд РЗ и ПА. Они передаются при отключении всех или части передаваемых в канале ЧРС или ВРС сигналов. Частоты сигналов РЗ и ПА располагаются в полосе частот отключаемых сигналов;

- комплексные каналы связи, использующие одну часть номинальной полосы частот для передачи информации с ЧРС, а другую часть с ВРС;
- каналы ВЧ защиты, используемые для передачи блокирующих сигналов дифференциально-фазных защит и защит с ВЧ блокировкой (дистанционных и направленных);
- каналы команд РЗ и ПА, используемые для передачи:
 - отключающих, разрешающих, ускоряющих и блокирующих команд РЗ,
 - команд противоаварийной и другой автоматики.

Целью настоящей брошюры является рассмотрение методов и методик проведения необходимых электрических измерений характеристик ВЧ тракта и помех на его выходе, с использованием анализатора AnCom A-7/307, производимого фирмой ООО «Аналитик-ТС».

Брошюра основана на подготовленном проекте стандарта организации ОАО «ФСК ЕЭС» «Технологическая связь. Руководство по эксплуатации цифровых и аналоговых каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ». Рассматриваются измерения, проводимые при эксплуатации каналов ВЧ связи по ВЛ, в том числе при:

- приемке и вводе в эксплуатацию каналов ВЧ связи;
- периодическом техническом обслуживании оборудования;
- внеочередных измерениях для определения причин несоответствия параметров канала нормам.

Данная брошюра должна рассматриваться, как продолжение выпускаемой в рамках Библиотеки AnCom серии «Измерения в ВЧ связи». Рассмотрение методов и методик электрических измерений аппаратуры уплотнения и канала в целом будет сделано в последующих выпусках серии «Измерения в ВЧ связи». Ранее в рамках этой серии была выпущена брошюра «Устройства обработки и присоединения». В новую редакцию брошюры добавлен раздел «Конденсаторы связи» и приведены паспорта для всех устройств обработки и присоединения с примерами их заполнения.

2 Общие сведения

При измерениях затухания ВЧ тракта используется понятие рабочее затухание, которое измеряется в децибел и определяется, как:

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

где P_1 – мощность, отдаваемая измерительным генератором на согласованную нагрузку; P_2 - мощность, отдаваемая генератором через измеряемый ВЧ тракт в нагрузку в конце тракта.

Для определения уровней помех и сигналов используются разные виды обозначений и выражений уровней (ГОСТ 24204-80):

- абсолютный уровень сигнала по мощности, L_x , дБм (dBm). Этот уровень определяется по отношению мощности сигнала P_x (мВт) к мощности 1,0 мВт, как:

$$L_x, \text{ дБм} = 10 \log (P_x) \quad (2.2)$$

- абсолютный уровень сигнала по напряжению, L_x , дБн (dBu). Этот уровень определяется по отношению напряжения сигнала U_x (В) к напряжению 0,775 В, как:

$$L_x, \text{ дБн} = 20 \lg (U_x / 0,775) \quad (2.3)$$

- относительный уровень сигнала по мощности, L_x , дБо (dBv). Этот уровень в любой точке X системы L_x , дБо определяется по отношению мощности P_x в этой точке к мощности в опорной точке (обычно в начале системы передачи) P_0 , как:

$$L_x, \text{ дБо} = 10 \log (P_x / P_0) \quad (2.4)$$

- относительный уровень сигнала по напряжению сигнала, L_x , дБон (dBvu). Этот уровень в любой точке X системы L_x , дБон определяется по отношению напряжения U_x в этой точке к напряжению в опорной точке (обычно в начале системы передачи) U_0 , как:

$$L_x, \text{ дБон} = 10 \log (U_x / U_0) \quad (2.5)$$

- абсолютный уровень сигнала по мощности, приведенный к точке с нулевым относительным уровнем сигнала, L_x , дВм0. Этот уровень определяется, как разность абсолютного и относительного уровней сигнала по мощности в данной точке цепи:

$$L_x, \text{ дВм0} = L_x, \text{ дБм} - L_x, \text{ дБо} \quad (2.6)$$

- абсолютный уровень психофотметрических помех по мощности, приведенный к точке с нулевым относительным уровнем, L_x , дВм0п. Этот уровень определяется, как разность абсолютного уровня помех по мощности, измеренного с помощью психофотметрического фильтра, и относительного уровня сигнала по мощности в данной точке цепи:

$$L_x, \text{ дВм0п} = L_x, \text{ дБмп} - L_x, \text{ дБо} \quad (2.7)$$

2.1 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):



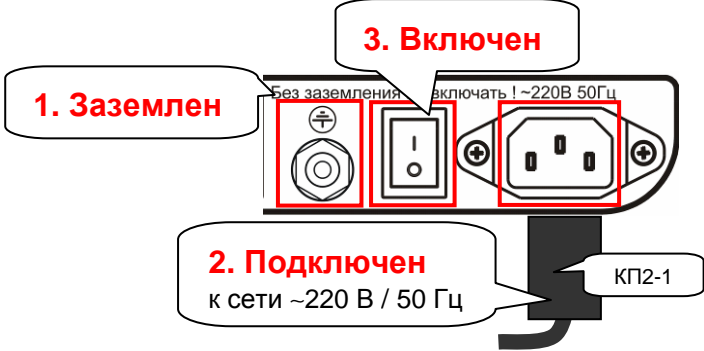
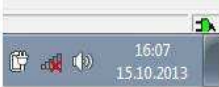

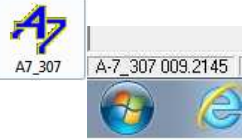
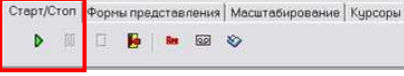
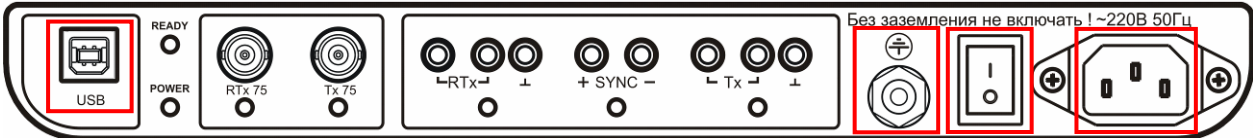
- ВЧ трактов (в том числе составных): без вывода из эксплуатации, с частичным или полным выводом элементов тракта из эксплуатации, при различных схемах организации тракта (фаза-земля, фаза-фаза, грозозащитные тросы, расщепленная фаза);
- оборудования обработки и присоединения: высокочастотных заградителей (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 параметров, характеризующих все вышеперечисленные системы связи:

- **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 полного сопротивления;
- **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 среднеквадратичного напряжения шума** в заданной полосе частот **от фазы** напряжения промышленной частоты с синхронизацией с источником промышленной сети 50 Гц;
- **контроль формирования сигналов РЗ и ПА** – осциллограммы формируемых ВЧ сигналов с синхронизацией с первичными сигналами РЗ и ПА.

2.2.3 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"> • ярлык находится на рабочем столе нетбука; • серийный номер анализатора в левом нижнем углу управляющего ПО свидетельствует о правильном подключении анализатора к нетбуку.
<p>Произвести старт анализатора</p>	 <p>кнопка «Старт» должна мигать при правильном включении анализатора.</p>
	

2.2.4 Загрузка измерительных задач (заводские и пользовательские конфигурации)

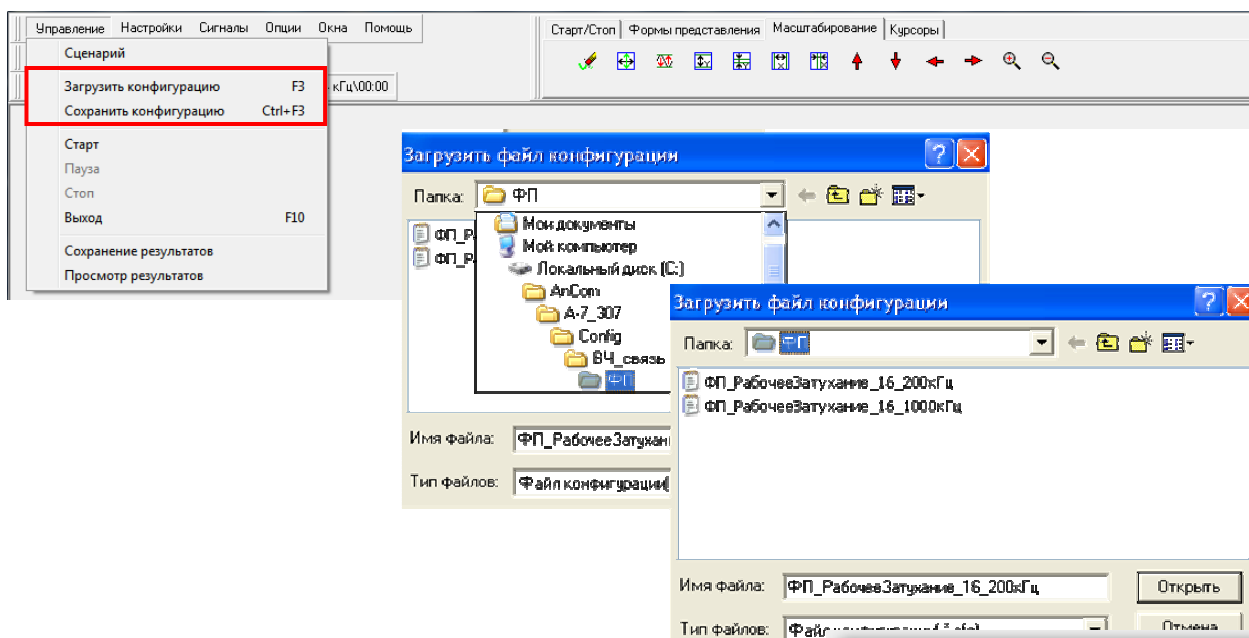
Сервисные возможности

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

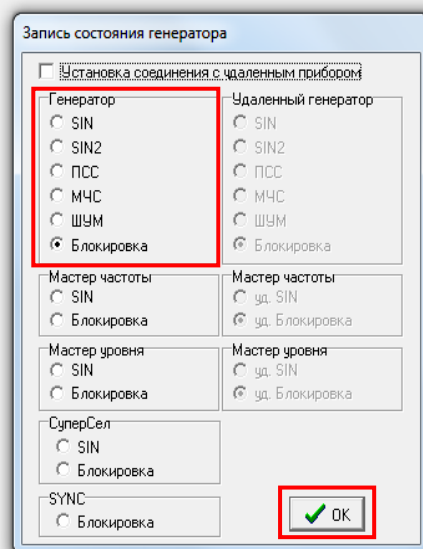
- количество сохраненных конфигураций не ограничено;
- конфигурирование обеспечивает возможность создания библиотек типовых измерительных решений;
- в составе анализатора поставляются типовые конфигурации, сценарии и маски, предназначенные в т.ч. для измерений в области ВЧ связи.

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

Как загрузить и сохранить конфигурацию



- 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.

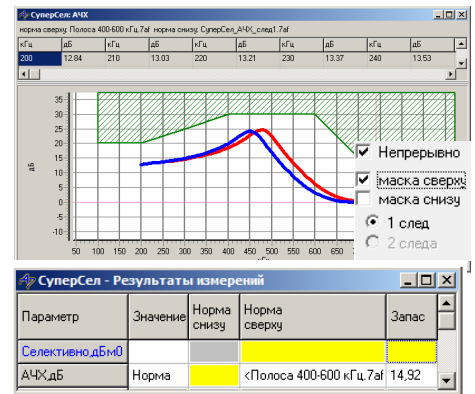


Для загрузки описанных ниже конфигураций, обновите управляющее ПО анализатора AnCom A-7/307

2.2.5 Нормирование результатов измерений: загрузка и редактирование масок

Сервисные возможности

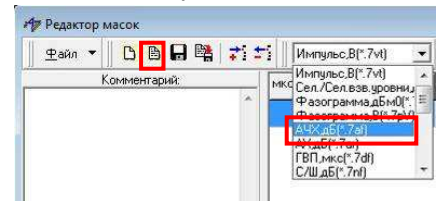
- нормирование результатов (затухание, сигнал/шум...);
- определение факта удовлетворения нормам (соотв./несоотв.) и количественное определение запаса удовлетворения совокупности норм;
- нормирование характеристик (АЧХ, ГВП, селективные уровни, рефлектограмма...) путем определения шаблонов (масок), ограничивающих 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.

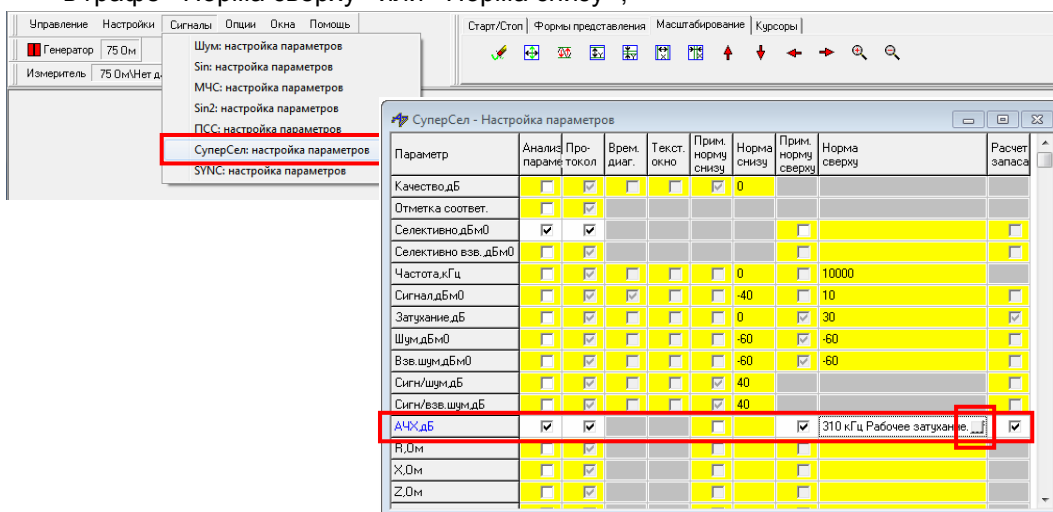
Как редактировать маску

- 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».

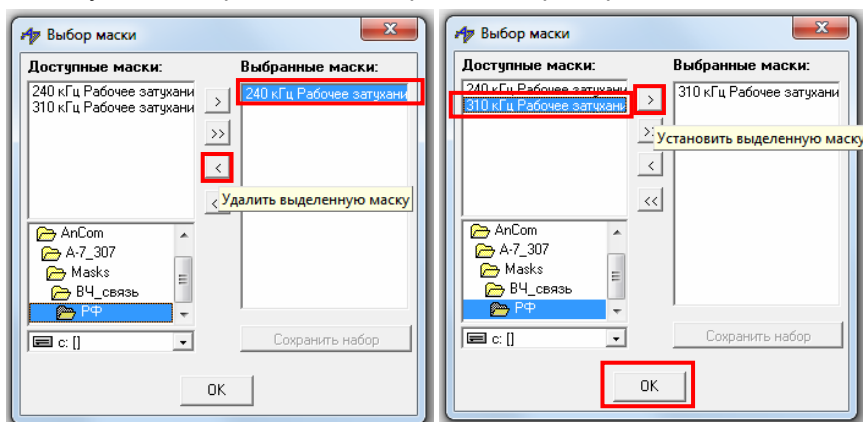


Как наложить отредактированную маску на график

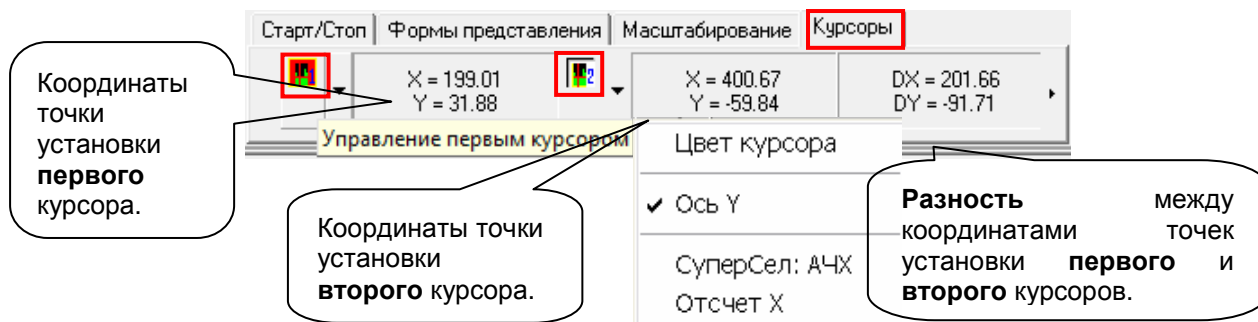
- в загруженной конфигурации открыть окно «СуперСел: настройка параметров» из меню Управление → СуперСел: настройка параметров;
- в строке измеряемого параметра вызвать окно «Выбор маски» кнопкой, расположенной в графе «Норма сверху» или «Норма снизу»;



- 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».

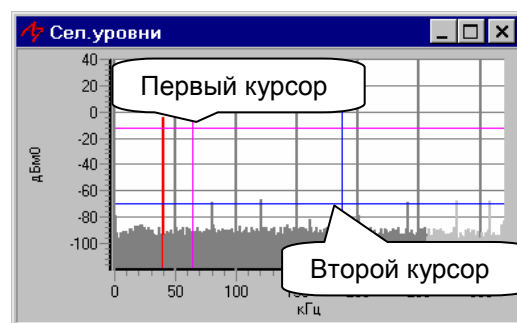


2.2.6 Измерительные курсоры: координаты точек на графике






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.

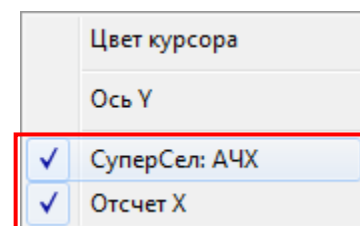


Как перемещать уже установленные курсоры по области окна

- 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)

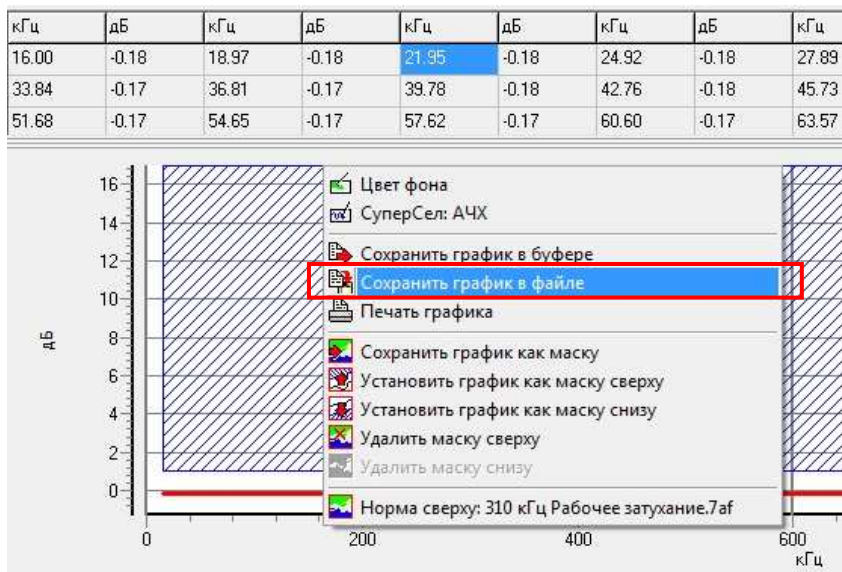
- вызвать меню первого курсора: панель "Управление" → Курсоры → Управление первым курсором ▼;
- выбрать пункт между «Ось Y» и «Отсчет X», например, «СуперСел: АЧХ»;
- выбрать пункт «Отсчет X».



2.2.7 Сохранение результатов измерений

Рисунок – для последующей вставки в графические и текстовые редакторы:

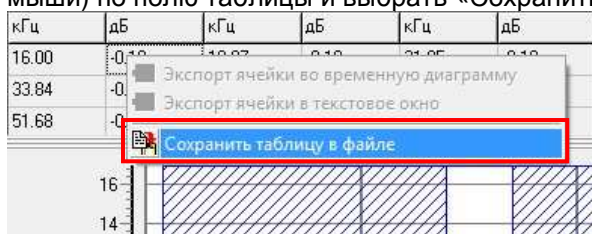
- по окончании измерений, вызвать меню графика двойным кликом (левая клавиша мыши) по полю графика и выбрать «Сохранить график в файле»;



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

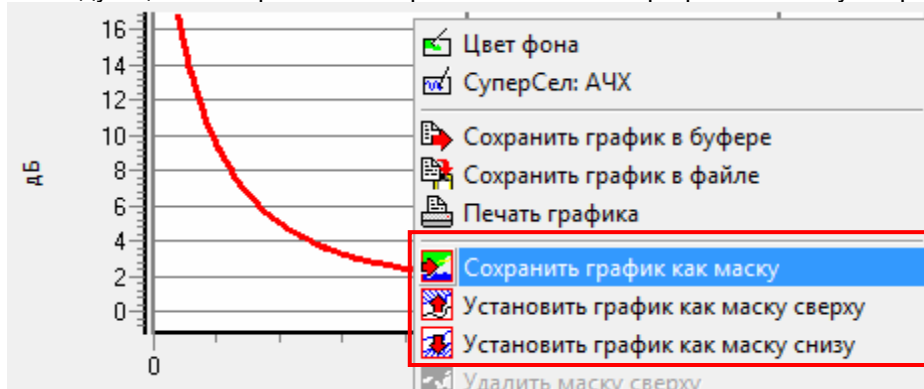
Таблица – для последующего экспорта и вторичной обработки в табличных (Excel) и математических редакторах:

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



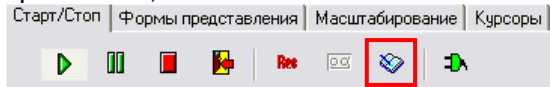
Маска – для последующего сопоставления с результатами новых измерений:

- 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».

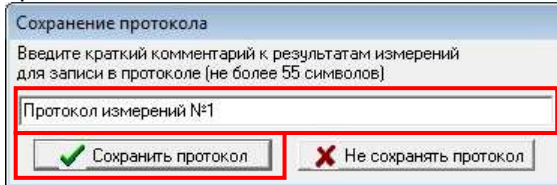


HTML-протокол – открываемый в браузере и готовый к распечатке отчет: графики, таблицы, соответствие норме и настройки анализатора:

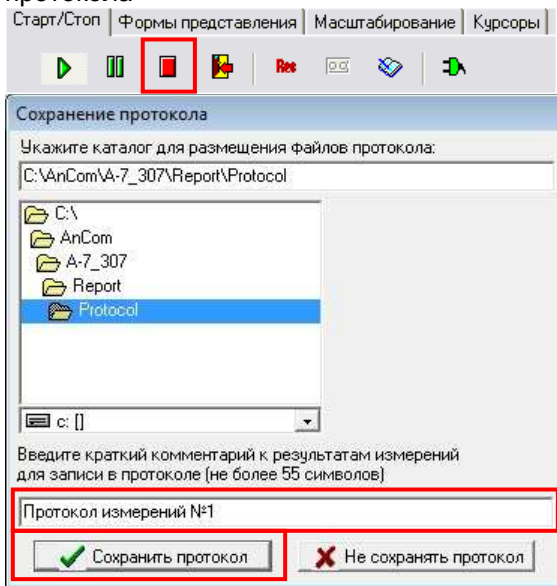
- по окончании измерений нажать на кнопку «сохранение результатов измерений в протоколе»;



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

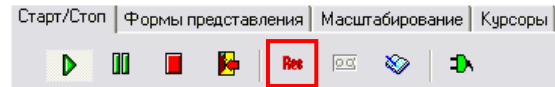


- по завершении сеанса работы (кнопка «Стоп»), выбрать место сохранения html-протокола

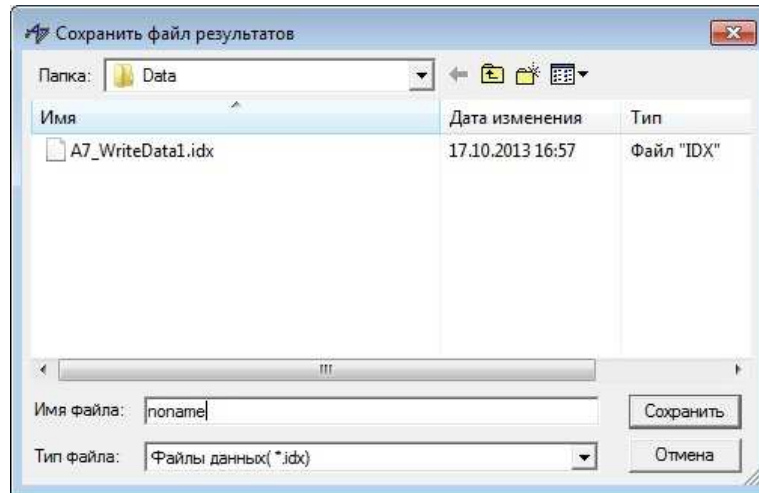
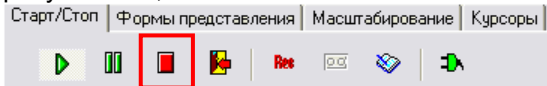


В файле – сохранение результатов измерения в файле («видео ролик») – для последующего воспроизведения процесса измерения:

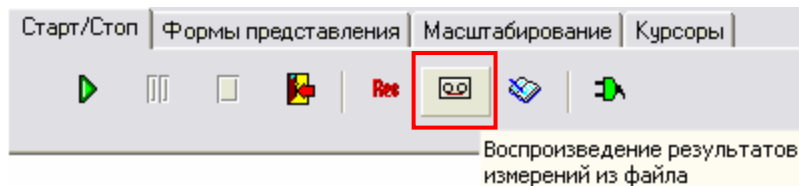
- перед запуском измерения нажать кнопку «сохранение результатов измерения в файл»;



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



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



3 Измерение параметров ВЧ тракта

3.1 Общие представления о ВЧ тракте и его параметрах

ВЧ трактом называется составной четырехполюсник, включенный между ВЧ выходом/входом аппаратуры уплотнения, установленной по концам канала. В состав ВЧ тракта входят связанные единой схемой ВЧ кабели, разделительные фильтры, параллельно включенная аппаратура уплотнения другого канала (своим входным сопротивлением), устройства обработки и присоединения (фильтры присоединения с конденсаторами связи и заградители), линии электропередачи, ответвления от ЛЭП, подстанции с установленным на них высоковольтным оборудованием.

Блок-схема четырёхполюсника ВЧ тракт (для присоединения к ЛЭП по схеме фаза – земля) показана на рис. 3.1.

Схемы присоединения к проводам (фазам или грозозащитным тросам) линии электропередачи можно разделить на две группы:

- присоединение между проводами и землей. Это, как правило, схемы фаза - земля, трос - земля и два троса - земля;
- присоединение между проводами. Это, как правило, схемы фаза - фаза, трос-трос, а для линий с расщеплёнными фазами или тросами - внутрифазное или внутритросовое присоединение.

Наиболее распространенными являются схемы присоединения фаза – земля и фаза – фаза.

Присоединение по схеме фаза – земля представлено на рис. 3.1.

Присоединение по схеме фаза – фаза представлено на рисунке 3.2 для двух вариантов соединения АУ с УП - с помощью двух коаксиальных ВЧ кабелей (обычно используемая схема) и одного коаксиального ВЧ кабеля. В последнем случае необходим дифференциальный трансформатор, который должен быть в составе ФП.

Внутрифазное (рис. 3.3) и **внутритросовое присоединение** осуществляется, как правило, на линиях, у которых фаза или трос расщеплены на два провода (две составляющие). При осуществлении такого присоединения все дистанционные распорки, устанавливаемые на фазах (тросах) линии и удерживающие провода расщепленной фазы (троса) на определенном расстоянии один от другого (обычно 40 см.), делаются не металлическими, а из изолирующего материала.

При этом составляющие расщепленной фазы (троса) образуют двухпроводную линию, по которой организуется внутрифазный (или внутритросовый) ВЧ тракт. Внутрифазное присоединение обычно используется на линиях 330 кВ, а внутритросовое - на линиях 1150 кВ, у которых грозозащитный трос расщеплен на два провода. На рис.3.3 представлено внутрифазное присоединение к фазе В линии 330 кВ с фазами, расщепленными на две составляющие.

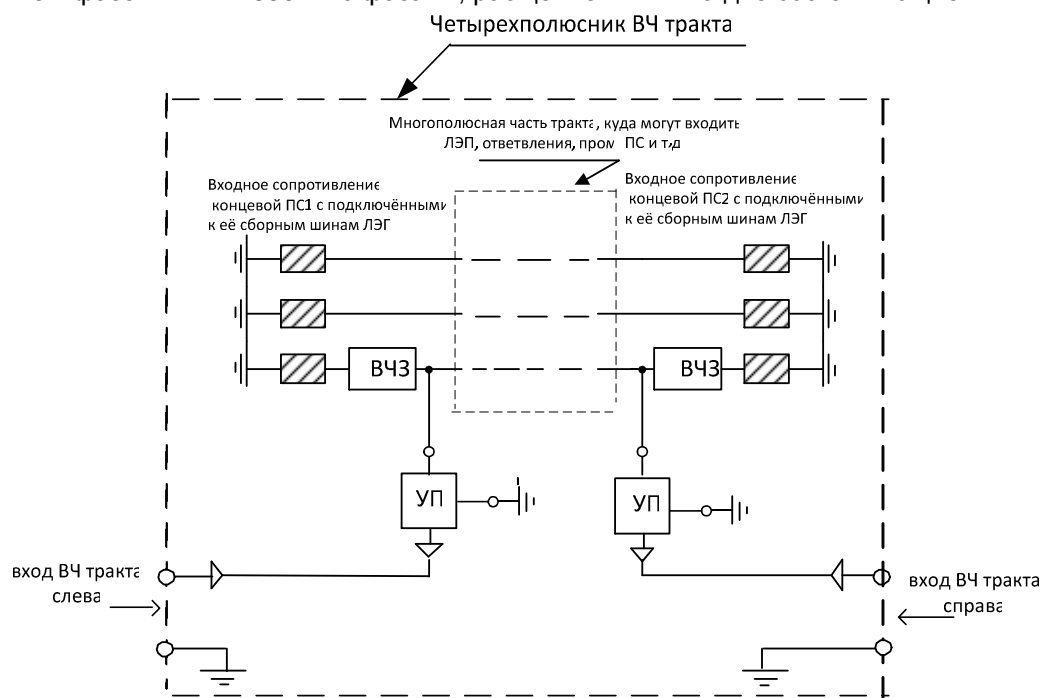
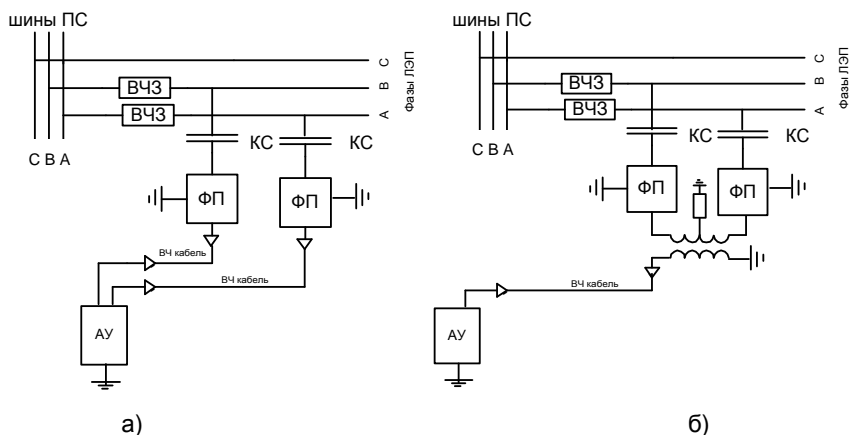


Рисунок 3.1 Блок-схема четырёхполюсника ВЧ тракт.

Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт



а) б)
Рисунок 3.2. Присоединение к линии по схеме фаза "В" - фаза "С" с двумя вариантами использования ВЧ кабелей.

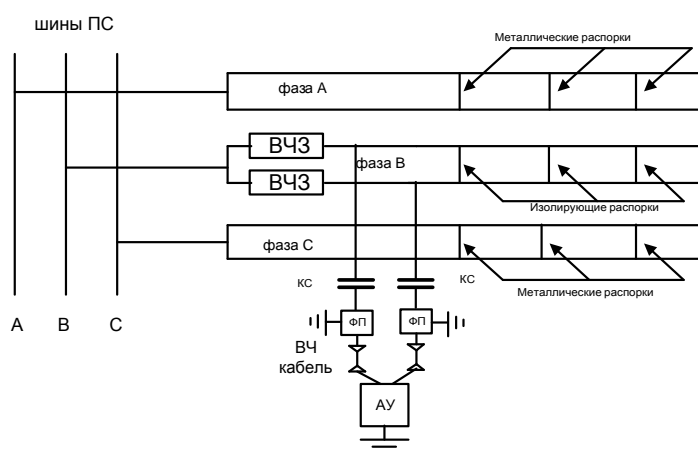


Рисунок 3.3. Внутрифазное присоединение к фазе В.

Как и любая проводная линия связи, ВЧ тракт характеризуется следующими параметрами:

- рабочее затухание. Его значение не зависит от направления передачи сигнала по тракту (слева направо или справа налево);
- затухание несогласованности входного сопротивления ВЧ тракта с его номинальным значением 75 Ом. Оно разное для разных концов ВЧ тракта и определяется для обоих концов ВЧ тракта;
- входное сопротивление ВЧ тракта. Оно разное для разных концов ВЧ тракта и определяется для обоих концов ВЧ тракта.

Каждый из этих параметров характеризуется его зависимостью от частоты в пределах определённой полосы частот. Все эти параметры характеризуют ВЧ тракт с разных сторон и полезны, как при определении работоспособности канала, так и при поиске причин их ухудшения или несоответствия их нормам.

Основные особенности частотных зависимостей параметров ВЧ тракта, которые необходимо учитывать при проведении измерений и анализе результатов измерений, обусловлены процессами в многопроводной части ВЧ тракта (смотри рис.3.1). Эти особенности следующие:

3.1.1 Влияние отражённых волн

На частотные зависимости параметров существенное влияние оказывают отражённые от мест нарушения однородности ВЛ (в основном, от её концов) и междуфазные волны.

Несмотря на то, что присоединение к линии производится к одной или двум фазам (или тросам), распространение сигнала по линии происходит по всем ее проводам. Поэтому для того, чтобы обеспечить в ВЛ отсутствие отраженных волн, провода по концам линии должны быть нагружены на систему сопротивлений со специально определёнными значениями. Эти сопротивления должны быть включены между каждой из пар проводов и между каждым из

проводов и землёй, как показано на рис. 3.4 на примере трёхпроводной линии с горизонтальным расположением фаз.

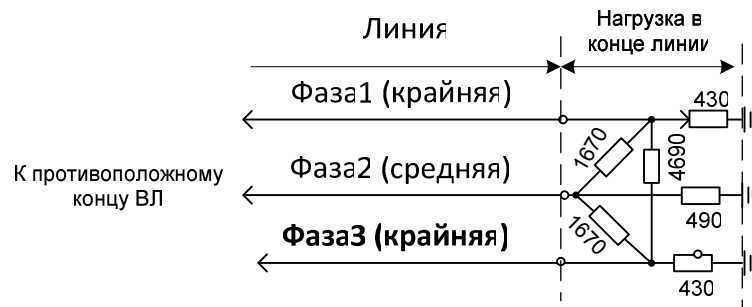


Рисунок 3.4 Нагрузка конца линии при полном согласовании.

Цифры у прямоугольников на рис 3.4, обозначают примерное значение сопротивления (в Ом) соответствующих резисторов для линии 500 кВ.

Реализовать такую систему согласующих сопротивлений для ВЛ практически невозможно. Как видно из рис. 3.1 и 3.2, нагрузка проводов по концам ВЛ для ВЧ сигналов, которую можно устанавливать, и параметры которой в той или иной степени соответствовали бы требованиям по согласованию, может быть реализована только для одного (схема провод – земля) или двух (схема провод – провод) проводов относительно земли. Остальные провода нагружены для ВЧ сигналов на входное сопротивление ПС, которое может быть произвольным.

При этом модуль коэффициента отражения междуфазной волны от конца ВЛ может для схемы фаза – земля доходить до значения 0,7, а для конца ответвления от ВЛ, когда к ПС ответвления канал ВЧ связи не организуется, модуль коэффициент отражения равен 1.

Всё это приводит к тому, что зависимость параметров ВЧ тракта от частоты оказывается в общем случае не монотонной, а волнообразной. Значения параметра периодически изменяются от максимальных до минимальных значений. Период изменения каждого из параметров зависит от длины ВЛ, в которой происходят отражения. Чем больше длина, тем меньше период.

Интервал между частотами, соответствующими смежным максимальным и минимальным значениями параметра приближенно может быть определён по формуле:

$$\Delta f_{\text{макс-мин}} [\text{кГц}] \approx 300 / 4L [\text{км}] = 75 / L [\text{км}] \quad , \quad (3.1)$$

где L-длина ВЛ, в которой происходят отражения.

«Размах» между максимальными и минимальными значениями параметра (неравномерность его частотной характеристики) зависит от значения коэффициента отражения и затухания междуфазной волны на длине ВЛ, в которой происходят отражения. Чем больше затухание, тем меньше «размах».

Достаточно наглядно указанные особенности видны при рассмотрении частотных характеристик (ЧХ) параметров ВЧ трактов, в схему которых входит:

- одна трехфазная линия без транспозиции (далее нетранспонированная);
- трехфазная линия с ответвлением;
- трехфазная смешанная воздушно-кабельная линия.

На рис.3.5 и 3.6 приведены частотные зависимости рабочего затухания (а) и затухания несогласованности с левой стороны (б) ВЧ тракта по ВЛ 110 кВ длиной 40 км без ответвления (рис.3.5) и с обработанным в начале ответвлением длиной 0,5 км, расположенным примерно посередине линии (рис.3.6). С левой стороны ВЛ заходит на тупиковую ПС, входное сопротивление которой можно эквивалентировать конденсатором ёмкостью 5000 пФ, а с правой стороны – на узловую ПС со многими ВЛ 110 кВ входное сопротивление которой можно считать близким к нулю.

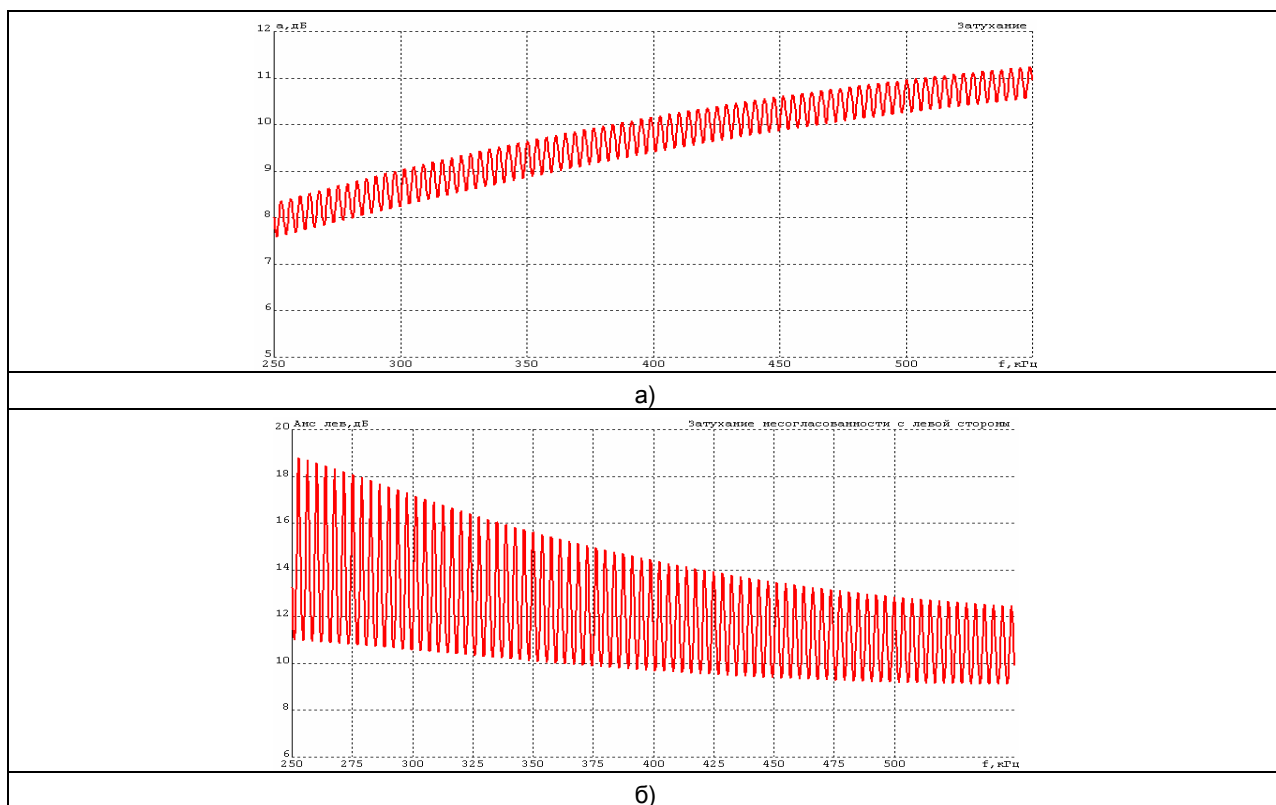


Рисунок 3.5 Частотные зависимости параметров ВЧ тракта по ВЛ 110 кВ
 а) рабочее затухание б) затухание несогласованности с левой стороны тракта.

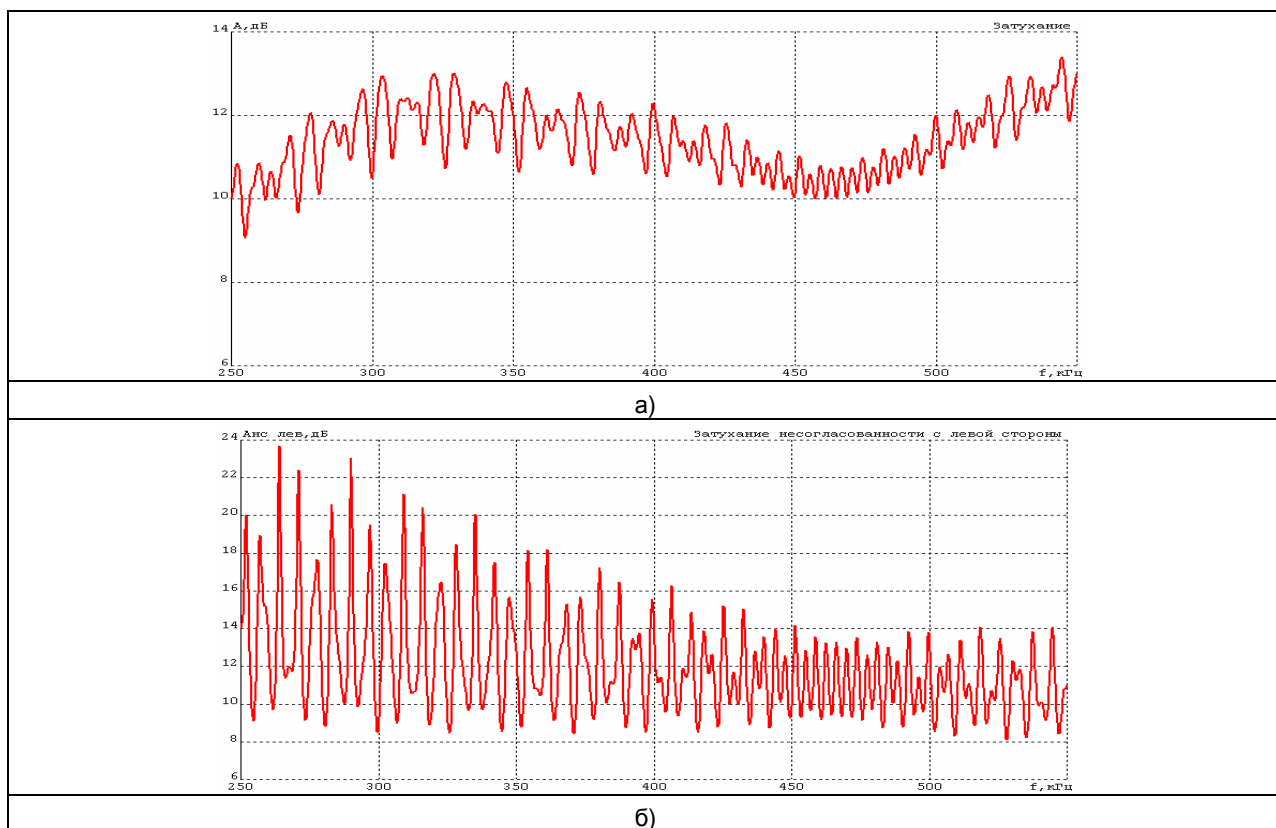


Рисунок 3.6 Частотные зависимости параметров ВЧ тракта по ВЛ 110 кВ с ответвлением
 а) рабочее затухание б) затухание несогласованности с левой стороны тракта.

На рис. 3.7 приведены частотная зависимость затухания по смешанной воздушно-кабельной линии 110 кВ. ВЛ длиной 52 км, и на расстоянии 12 км от одного из её концов – кабельная вставка длиной 1,7 км. Вид характеристики обусловлен отражёнными волнами в КЛ, возникающими из-за примерно 15-ти кратного различия волновых сопротивлений ВЛ и КЛ.

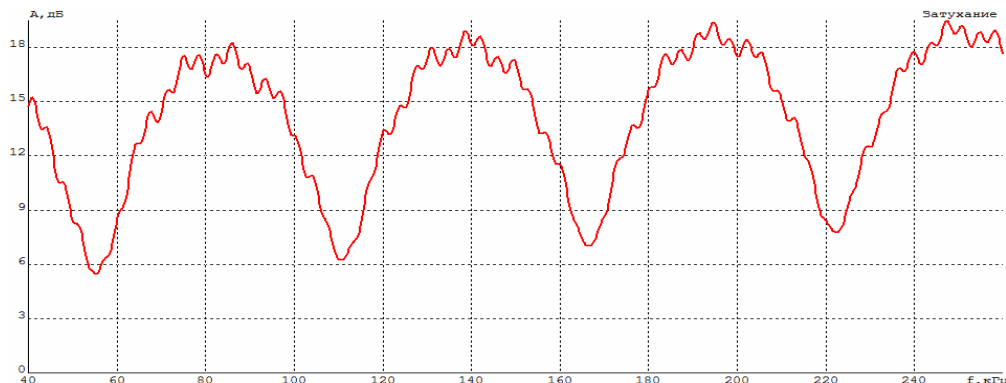


Рисунок 3.7. Частотная зависимость затухания по ВКЛ 110 кВ

3.1.2 Влияние коммутационного состояния ВЛ и высоковольтного оборудования

Параметры четырёхполюсника ВЧ тракт (рис.3.1) зависят от численного значения параметров входящих в его состав элементов. Это относится также и к значению входного сопротивления ПС (элементу, включённому по концам ВЛ и в конце ответвлений от ВЛ). Поэтому условия передачи сигнала между концами линии зависят от того, на что нагружена каждая из фаз ВЛ по её концам. При эксплуатации возможны три основных состояния конца ВЛ: линия включена на шины ПС (рабочий режим), линия отключена от шин ПС и не заземлена (режим ХХ) и линия отключена от шин ПС и заземлена заземляющими ножами линейных разъединителей (режим КЗ). Для каждого из коммутационных состояний ВЛ «рабочая» и «нерабочие» фазы в общем случае оказываются нагруженными для ВЧ сигнала по-разному. Возможные варианты сопротивления нагрузки фаз по концам ВЛ показаны в таблице 3.1.

Таблица 3.1 Условия нагрузки фаз по концам ВЛ для разных коммутационных состояний.

Состояние конца ВЛ	Сопротивление нагрузки фаз по концам ВЛ для:	
	рабочей фазы	нерабочих фаз
ВЛ включена на шины ПС	$Z_{ФП}$ параллельно с $(Z_{ВЧЗ}+Z_{вх.ПС})$	$Z_{вх.ПС}$
ВЛ отключена от шин ПС	$Z_{ФП}$	Изолированы
ВЛ отключена от шин ПС и заземлена	$Z_{ФП}$ параллельно с $Z_{ВЧЗ}$	Заземлены

Примечание: для конца ответвления от линии, которое не используется для организации связи, сопротивление нагрузки всех фаз соответствует нагрузке, указанной в таблице для нерабочих фаз.

Переход от одного коммутационного состояния ВЛ к другому её состоянию приводит к скачкообразному изменению нагрузки по концам ВЛ и, соответственно, к скачкообразному изменению частотных зависимостей параметров ВЧ тракта. Как можно понять из таблицы, эти изменения будут иметь место не только при переключениях ВЛ, по которой организован канал ВЧ связи, но и при переключениях на других ВЛ, подходящих к шинам концевых ПС (за счёт изменения $Z_{вх.ПС}$).

Влияние коммутационного состояния конца ВЛ на параметры ВЧ тракта рассмотрим на примере частотной зависимости затухания ВЧ тракта по линии с ответвлением. На рис.3.8 приведены частотные зависимости затухания тракта для включенной линии (повторение рис.3.6,а) и при отключении ПС ответвления, когда линия в конце ответвления изолирована.

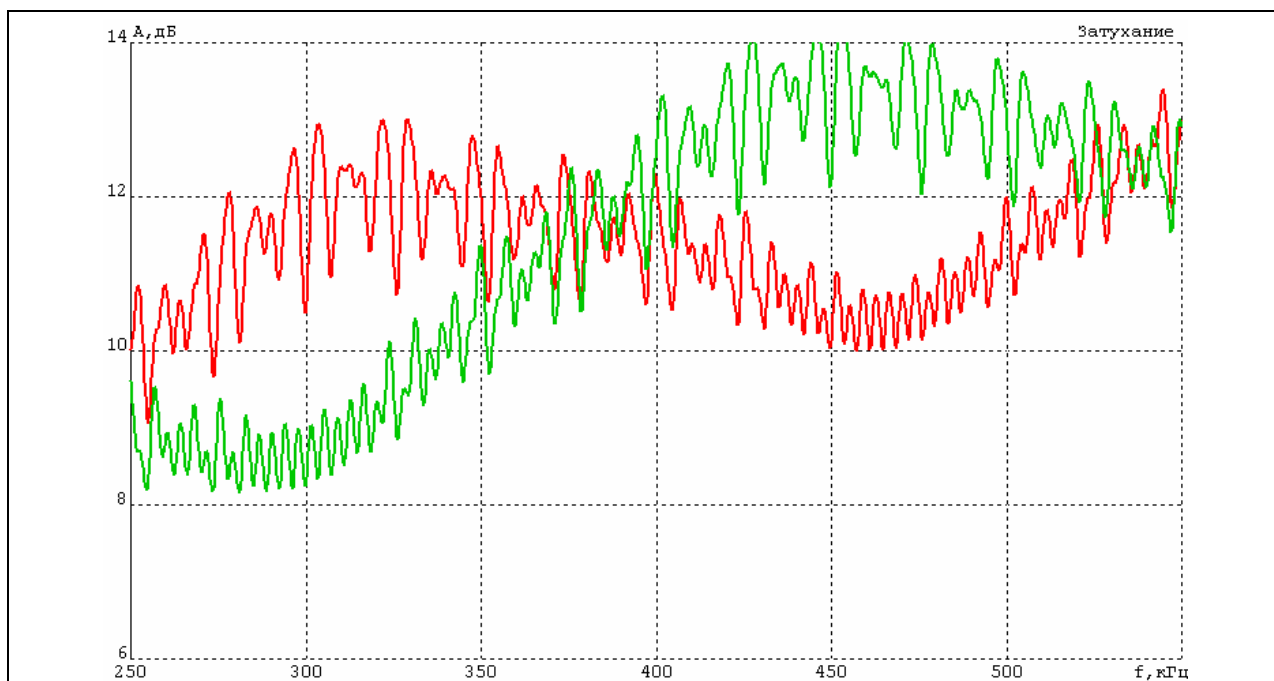


Рисунок 3.8 Частотные зависимости параметров ВЧ тракта по ВЛ 110 кВ с ответвлением. Красная линия – ВЛ включена на всех трёх концах (повтор рис.3.6); зелёная линия – на ПС ответвления ВЛ отключена.

3.1.3 Влияние температуры воздуха

Изменение температуры окружающего воздуха приводит к изменению стрелы провеса фаз (их высоты над землёй). Это вызывает изменение потерь в земле, и, как следствие, затухания и скорости распространения сигнала в линии. Чем больше температура, тем больше стрела провеса, и тем больше потери, вносимые землёй.

При этом влияние температуры оказывается разным для разных схем присоединения к линии.

Для так называемых «одномодовых» схем присоединения (например, средняя фаза – земля нетранспонированной ВЛ с горизонтальным расположением фаз) изменение стрелы провеса приводит к некоторому изменению затухания. Изменение затухания тем больше, чем выше частота сигнала.

Для так называемых «многомодовых» схем присоединения (например, крайняя фаза – земля нетранспонированной ВЛ с горизонтальным расположением фаз) дело обстоит по-другому. В частотных зависимостях затухания таких трактов, могут появляться области, называемые областью «полюса затухания», в пределах которых в той или иной мере наблюдается «резонансное» увеличение затухания линии. Для таких трактов изменение температуры может вызывать изменение частоты «полюса затухания» со всеми вытекающими последствиями.

3.2 Методы проведения измерений

Параметрами, характеризующими ВЧ тракт, и которые должны измеряться при вводе в эксплуатацию и в течение эксплуатации каналов ВЧ связи, являются:

- рабочее затухание;
- входное сопротивление;
- затухание несогласованности входного сопротивления.

Измерения должны производиться так, чтобы получить правильное представление о параметрах ВЧ тракта и материал для возможности полного и достоверного анализа характера этих зависимостей. Только на основании результатов измерений принимается решение о соответствии параметров тракта нормам и возможности введения в действие каналов по этому тракту. В противном случае материалы измерений должны давать возможность определить причины несоответствия измеренных значений параметров их ожидаемым (или ранее измеренным) значениям или разработать программу дополнительных измерений для уточнения этих причин.

В настоящем разделе приводятся рекомендуемые схемы измерений, в которых определяются параметры тракта. Рекомендации по условиям проведения измерений,

учитывающие особенности зависимости параметров тракта от частоты, коммутаций в электрической сети, условий погоды и т.п., приводятся в разделе 3.3.

3.2.1 Рабочее затухание

Рабочее затухание измеряют с использованием схемы рис. 3.9.

Измерительный генератор должен иметь внутреннее сопротивление, равное номинальному значению сопротивления ВЧ тракта (75 Ом), и уровень выхода L_1 (дБм), отображаемый, как уровень ЭДС генератора за вычетом 6 дБ.

Приёмный уровень L_2 (дБм) должен измеряться избирательным измерителем уровня (ИИУ) с необходимой полосой избирательности. Ширина этой полосы определяется уровнем широкополосных помех на выходе ВЧ тракта.

Сопротивление нагрузки на приёмном конце Z_1 может быть отдельным сопротивлением, и тогда ИИУ должен иметь высокоомный вход. В качестве этого сопротивления может быть использовано также входное сопротивление ИИУ, и, в этом случае, входное сопротивление ИИУ должно быть равно 75 Ом.

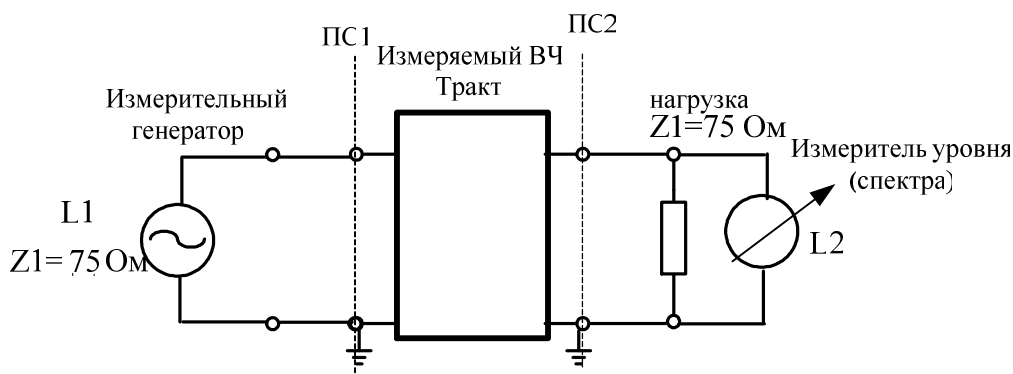


Рисунок 3.9 Схема измерения рабочего затухания ВЧ тракта.

Рабочее затухание тракта $a_{тр}$ определяется по значениям уровней L_1 и L_2 по формуле (3.2).

$$a_{тр} = L_1 - L_2, \text{ дБ} \quad (3.2)$$

3.2.2 Входное сопротивление

Входное сопротивление ВЧ тракта определяется при нагрузке противоположного конца тракта на номинальное значение входного сопротивления тракта, равное 75 Ом, как показано на рис.3.10.

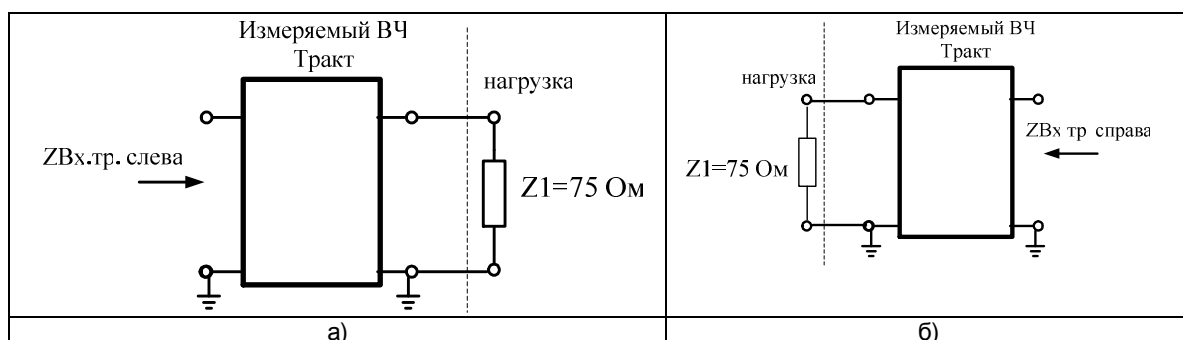


Рисунок 3.10. К измерению входного сопротивления ВЧ тракта.

а) с левой стороны тракта; б) с правой стороны

Измеряться должно комплексное значение входного сопротивления (модуль и действительная и мнимая части). Измерение может производиться разными методами.

Один из возможных методов связан с измерением не только модулей напряжений, но и фазовых углов между ними. Принципиальная схема, в которой может быть определено входное сопротивление в этом случае, приведена на рис.3.11. При этом входное сопротивление рассчитывается по формуле (3.3):

$$Z_{ex. mp} = r_{ex} + jx_{ex} = \frac{R}{\left(\frac{U_0}{U_{ex}}\right)(\cos\varphi + j\sin\varphi) - 1} \quad (3.3)$$

где U_0 , $U_{вх}$ - модули напряжений, измеренные в точках, показанных на рис.3.11, и φ - фазовый угол между векторами напряжений U_0 и $U_{вх}$.

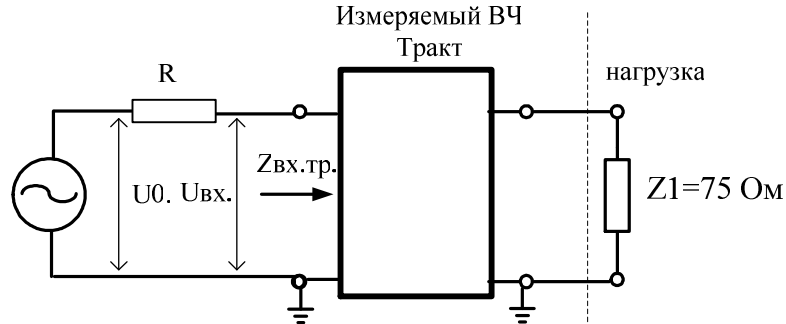


Рисунок 3.11. Принципиальная схема измерения входного сопротивления тракта

3.2.3 Затухание несогласованности

Затухание несогласованности входного сопротивления ВЧ тракта ($Z_{вх.тр}$) с его номинальным значением ($Z_{ном} = 75 \text{ Ом}$) определяют для сопротивления $Z_{вх.тр}$, определяемого в схеме рис. 3.10.

Затухание несогласованности может быть определено двумя методами:

- расчётом по формуле (3.4) с использованием результатов измерения комплексного значения входного сопротивления ВЧ тракта $Z_{вх.тр}$:

$$a_{НС} = 20Lg \left| \frac{Z_{ex. mp} + Z_{ном}}{Z_{ex. mp} - Z_{ном}} \right|, \quad (3.4)$$

- мостовым методом с использованием специальных схем, позволяющих непосредственно сравнить значение входного сопротивления $Z_{вх.тр}$ с его номинальным значением $Z_{ном}$.

Принципиальная схема измерений мостовым методом приведена на рис. 3.12.

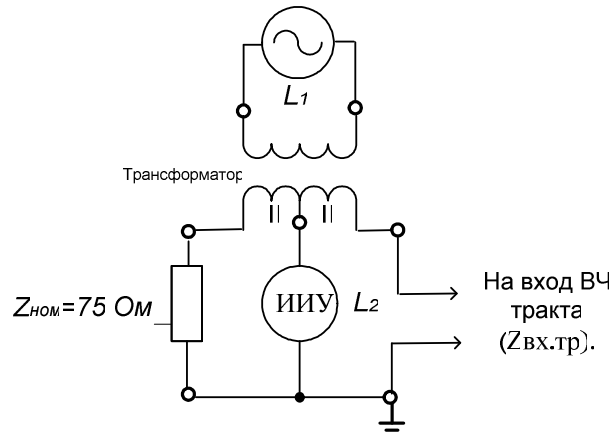


Рисунок 3.12 Принципиальная схема измерения затухания несогласованности ВЧ тракта.

Одно плечо моста составляет резистор с сопротивлением, равным номинальному сопротивлению ВЧ тракта $Z_{ном}$, а второе плечо (оно подключается на вход ВЧ тракта) - входное сопротивление тракта $Z_{вх.тр}$. Затухание несогласованности рассчитывается с использованием результатов измерений уровней L_1 на обмотке I трансформатора и L_2 в диагонали моста по формуле (3.5):

$$a_{НС} = L_1 - 20lg k_{mp} - L_2, \text{ дБ} \quad (3.5)$$

где $k_{тр} = w_i/w_{ii}$ - коэффициент трансформации трансформатора для одной полуобмотки.

Если уровень L_1 установить равным значению, определённом, как $20Lg(k_{тр})$, то абсолютное значение уровня L_2 будет численно равно затуханию несогласованности.

Как можно увидеть из (3.4) и (3.5), чем меньше отличие значения входного сопротивления от его номинального значения, тем больше затухание несогласованности. То есть, большее затухание несогласованности соответствует лучшему согласованию тракта.

3.3 Рекомендации по проведению измерений

Рекомендации по проведению измерений можно разделить на общие, касающиеся измерений любого тракта и частные, касающиеся особенностей измерений трактов конкретных типов.

3.3.1 Общие рекомендации

Общие методические рекомендации, которые необходимо учитывать при измерениях параметров ВЧ тракта, следующие:

- Измерения необходимо производить при отключённой аппаратуре, параллельно работающей по измеряемому тракту.

Это необходимо для того, чтобы аппаратура своим входным сопротивлением не вносила в тракт дополнительного затухания, а сигналы этой аппаратуры не перегружали входные цепи измерительного генератора и измерителя уровня. При необходимости проверки затухания, вносимого этой аппаратурой в тракт, измерение этого затухания должно проводиться отдельно.

- Рабочее затухание может измеряться только для одного (произвольно выбранного) направления передачи сигнала (значение рабочего затухания не зависит от направления передачи сигнала).
- Входное сопротивление и затухание несогласованности должны измеряться для обоих концов ВЧ тракта.

Необходимость измерения и входного сопротивления и затухания несогласованности обусловлена тем, что при поиске поврежденного элемента тракта знание знака реактивной составляющей входного сопротивления может помочь в этом поиске. Значение затухания несогласованности зависит только от соотношения активной и реактивной составляющих входного сопротивления, но не зависит от знака реактивной составляющей.

- При проведении измерений должны быть приняты все возможные меры для сведения к минимуму погрешностей измерения, вызванных погрешностями приборов, плохим заземлением, длинными измерительными шнурами и т.д.
- Уровень передачи измерительного генератора должен быть не более (+10) дБм.

Это необходимо для того, чтобы в максимальной степени исключить возможные влияния сигнала измерительного генератора на приемники каналов, работающих по другим фазам той же ВЛ или в прилегающей электрической сети.

- Уровень сигнала, принимаемого при измерениях от измерительного генератора, должен измеряться селективно. Уверенную фиксацию уровня, принимаемого сигнала на фоне широкополосных помех от короны необходимо обеспечивать выбором соответствующей ширины полосы избирательности ИИУ. Ширина этой полосы должна быть такой, чтобы соотношение измеряемого сигнала и широкополосной помехи было бы не менее 8 дБ во всём измеряемом диапазоне частот. В общем случае, можно рекомендовать полосу 25 Гц. При необходимости измерения большого затухания на линии с высоким уровнем широкополосных помех (напр., по ВЛ 500 кВ) следует выбирать более узкую полосу, например, 10 Гц.
- До проведения измерения затухания рекомендуется измерить уровни узкополосных помех на выходе тракта (смотри раздел 4.4.2). Результат этого измерения поможет выбрать необходимую при измерении затухания полосу избирательности (по оценке уровня широкополосных помех) и отбраковать на измеренной АЧХ те точки, на которых приёмный уровень был обусловлен не сигналом измерительного генератора, а сигналом узкополосной помехи.
- Ширина полосы частот, в пределах которой должны производиться измерения параметров ВЧ тракта, выбирается с учетом того, на каком этапе процесса эксплуатации эти измерения проводятся (при первоначальном вводе канала в эксплуатацию или при его техническом обслуживании (ТО)). Обычно измерения производят между нижней и верхней границами выбранного диапазона с постоянным шагом по частоте. Выбор шага по частоте делается с учетом схемы тракта и выбранной схемы присоединения.
- При первоначальном вводе канала в эксплуатацию измерения должны выполняться в максимально возможном объеме. При определении этого объема необходимо

учитывать особенности частотных характеристик ВЧ тракта с той или иной схемой организации тракта и влияния на эти характеристики коммутационного состояния линий, входящих в схему тракта. Эти измерения желательно производить в пределах диапазона частот, соответствующего полосе, общей для рабочих полос частот используемых фильтров присоединения и ВЧ заградителей.

Имея в виду, что измерения производятся в автоматизированном режиме со временем измерения на одной частоте не превышающем единиц секунд, проведение измерений в широком диапазоне частот не встречает трудностей.

В то же время, только такие измерения дают достаточный материал для оценки качества ВЧ тракта и для последующего анализа результатов измерений, проводимых в рамках ТО и при определении причин изменения параметров ВЧ трактов в тех случаях, когда эти изменения возникают.

- При профилактических измерениях в рамках ТО рекомендуется проводить измерения в диапазоне частот обработки (общая полоса пропускания ФП и заграждения ВЧЗ). Частоты, на которых следует производить измерения, должны для сопоставимости совпадать с частотами, на которых производились измерения при пуске канала в эксплуатацию.

Эти измерения имеют целью удостовериться в неизменности частотных зависимостей параметров тракта и сделать вывод об исправности (или неисправности) оборудования, входящего в схему ВЧ тракта. Если результаты измерений рабочего затухания и затухания несогласованности не отличаются от тех, которые были получены ранее, более, чем на 1 дБ, можно считать, что оборудование, входящее в схему ВЧ тракта исправно. Если отличия превышают величину 3-4 дБ, следует производить измерения для определения причин изменения параметров ВЧ тракта.

- Измерения параметров трактов должны производиться при отсутствии гололёдно-изморозиевых отложений на проводах ВЛ, и каких либо осадков. Измерения, проводимые при вводе каналов в эксплуатацию и в рамках ТО, рекомендуется производить при одинаковых погодных условиях (в хорошую погоду). Измерение при плохих погодных условиях рекомендуется производить только как специальные измерения для выявления степени влияния этих условий на параметры ВЧ тракта и каналов, работающих по этому тракту.

Унификация условий измерений необходима для получения возможности достоверного сопоставления результатов измерений, сделанных в разное время, а также тем, что расчетные значения параметров трактов, с которыми сравниваются результаты измерений, даются для хорошей погоды.

- Измерение параметров ВЧ тракта должно производиться при включённом (рабочем) состоянии ВЛ, входящих в схему тракта.

Измерения при других коммутационных состояниях линий (ВЛ отключена от шин ПС и не заземлена, отключена от шин ПС и заземлена за заградителями) производятся только при работах, связанных с вводом канала в эксплуатацию или при поиске причин несоответствия параметров тракта ожидаемым значениям. Имея в виду трудности с выводом ВЛ из работы, необходимость в коммутациях ВЛ должна быть специально обоснована.

- К моменту проведения первых измерений параметров тракта (при вводе канала в эксплуатацию) должны иметься результаты расчетов ЧХ этих параметров. Если этих результатов нет, то соответствующие расчёты должны быть произведены. Обработку результатов измерений и сравнение экспериментально полученных и расчетных данных необходимо выборочно производить уже по ходу измерений. При значительном расхождении сравниваемых величин необходимо понять и устранить причину расхождения, а при необходимости провести дополнительные измерения.
- Результаты измерений должны оформляться протоколом, в котором, кроме схемы измеряемого тракта и результатов измерений, должны быть указаны: дата измерений, типы и номера измерительных приборов, схема измерений, погодные условия и число ВЛ, которые были включены на каждой из ПС на рассматриваемом напряжении.

3.3.2 Частные рекомендации

Частные методические рекомендации, которые следует учитывать при измерениях параметров ВЧ тракта, касаются, в основном, выбора шага по частоте и определения требуемых переключений оборудования.

Шаг по частоте внутри выбранного для измерений диапазона должен назначаться таким образом, чтобы достаточно хорошо определить частотные зависимости рабочего затухания, затухания

несогласованности и входного сопротивления тракта. Выбор шага по частоте необходимо производить с учетом степени влияния волн, отраженных от мест нарушения однородности линии, на параметры ВЧ тракта.

Переключения оборудования должны рекомендоваться для таких схем трактов, где эти переключения могут привести к значительным изменениям параметров тракта. Ниже приводятся частные методические рекомендации для разных типов ВЧ трактов.

➤ **Тракт по транспонированным ВЛ напряжением 330 кВ и выше.**

В этих трактах величина неравномерности затухания ВЧ тракта, обусловленная отраженными волнами, как правило, не превышает 2 дБ. При этом шаг по частоте можно выбирать равным 500 или 1000 Гц. В полосе рабочих частот каналов, работающих по рассматриваемому тракту, измерения рекомендуется производить с шагом не больше чем 0,25 кГц.

Измерения производятся только в рабочем состоянии ВЛ.

➤ **Тракт, в схему которого входит одна нетранспонированная ВЛ.**

В этих трактах величина неравномерности затухания ВЧ тракта, обусловленная отраженными волнами может превышать 2 дБ. Для этих трактов шаг по частоте должен выбираться таким, чтобы он был, по крайней мере, в 3 раза меньше величины $\Delta f_{\text{МАКС-МИН}}$, определяемой по формуле (3.1), в которой L – длина линии, км.

Измерения производятся только в рабочем состоянии ВЛ.

➤ **Тракт с ВЧ обходом промежуточной подстанции.**

Для этих трактов шаг по частоте должен выбираться таким, чтобы он был, по крайней мере, в 3 раза меньше величины $\Delta f_{\text{МАКС-МИН}}$, определяемой по формуле (3.1), в которой L (в км) – суммарная длина линии, входящих в ВЧ тракт.

Кроме измерения параметров «сквозного» тракта, желательно производить их измерение по участкам. Результаты измерений по участкам могут облегчить поиск поврежденных элементов ВЧ тракта при возникновении этих повреждений.

В случае, когда на подстанции обхода имеются только две линии рассматриваемого напряжения, между которыми и организуется ВЧ обход, затухание «сквозного» тракта может существенно отличаться от суммы затуханий трактов по участкам¹. Если в этом случае на рабочих частотах каналов, работающих по тракту, затухание «сквозного» тракта находится в области повышенного затухания, можно попытаться уменьшить это затухание изменением полярности обмоток трансформатора одного из ФП на обходе. При этом следует иметь в виду, что затухание тракта может значительно изменяться при переключениях на линиях, входящих в схему тракта.

➤ **Тракт с ответвлением.**

Также, как и в случае трактов с обходом, при измерении трактов с ответвлением шаг по частоте должен выбираться, по крайней мере, в 3 раза меньше величины $\Delta f_{\text{МАКС-МИН}}$, определяемой по формуле (3.1).

Особенность частотной зависимости затухания тракта с ответвлением заключается в том, что затухание, вносимое ответвлением, имеет ярко выраженную частотную зависимость. Оно периодически изменяется от максимального до минимального значения с интервалом между смежными частотами, соответствующими максимальному и минимальному значениям, приблизительно определяемым по (3.1), в котором L – длина ответвления.

Для короткого не обработанного ответвления минимальное вносимое затухание может быть близко к нулю. Величина максимального вносимого затухания может достигать до 20-30 дБ и более (это примерно справедливо и для ответвления, обработанного с помощью ВЧЗ по ошибке включенным в «нерабочую» фазу).

При переключениях в конце ответвления (на ПС ответвления) частоты, соответствующие максимумам и минимумам вносимого затухания изменяются (в пределе они могут поменяться местами).

В силу сказанного, может оказаться, что в диапазоне частот, в котором производятся измерения, ответвление вносит затухание, близкое к минимальному, а смежный максимум вносимого ответвлением затухания лежит вне пределов измеряемого диапазона. В этом случае результаты

¹ Такое различие может возникнуть за счет электрической связи между линиями, входящими в тракт, не только через схему обхода, но и по не рабочим фазам через сборные шины подстанции обхода.

измерений не позволяют судить о состоянии или правильности подвески включенного в ответвление заградителя. Для получения данных о состоянии заградителя необходимо изменить коммутационный режим конца ответвления таким образом, чтобы максимум вносимого затухания переместился и попал в измеряемый диапазон частот. В практике легче всего получить режим холостого хода, когда линия на конце ответвления просто отключена от подстанции ответвления. Однако, для низких частот, когда входное сопротивление подстанции достаточно велико, этот режим близок к рабочему режиму и такое измерение не дает требуемых результатов. В этих случаях может понадобиться дополнительное измерение при заземленной на конце ответвления линии.

Сказанное относится не только к измерениям, проводимым при вводе канала в эксплуатацию, но и к измерениям при ТО, если необходимо проверить состояние заградителя, включенного в ответвление.

➤ **Тракты по смешанным воздушно-кабельным линиям.**

Для этих трактов шаг по частоте должен выбираться таким, чтобы он был, по крайней мере, в 3 раза меньше величины $\Delta f_{\text{макс-мин}}$, определяемой по формуле (3.1), в которой L (в км) – суммарная длина линии, входящих в ВЧ тракт.

Измерения производятся только в рабочем состоянии ВЛ.

3.4 Методика измерений для AnCom A-7/307

3.4.1 Особенности измерения характеристик ВЧ трактов

Измеряемые параметры:

- Рабочее затухание необходимо измерять только для одного (произвольно выбранного) направления передачи сигнала (значение рабочего затухания не зависит от направления передачи сигнала);
- Мониторинг Рабочего затухания необходимо измерять для одного направления передачи сигнала;
- Входное сопротивление должно измеряться для обоих концов ВЧ тракта;
- Затухание несогласованности должны измеряться для обоих концов ВЧ тракта.

Основные измерения:

- проводятся в полосе частот оборудования обработки (общая полоса частот пропускания ФП и заграждения ВЧЗ).

Дополнительные измерения:

- проводятся в полосе рабочие частот ВЧ каналов, работающих по ВЧ тракту.

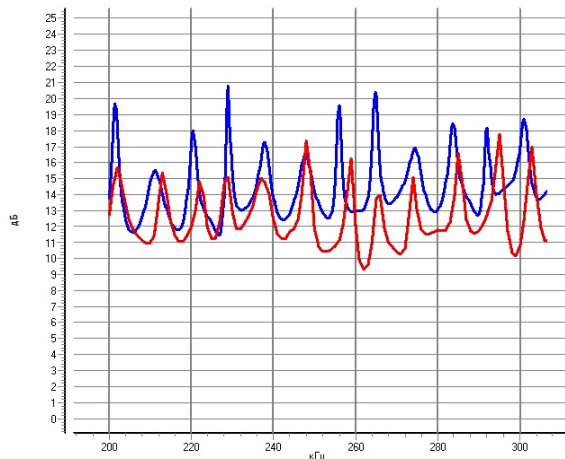
Рекомендуемые условия для всех видов измерений:

- погодные условия должны соответствовать «хорошая погода летом» или «хорошая погода зимой» - что обеспечивает сопоставимость результатов измерений, как между различными обслуживающими, так и с расчетными значениями, и с нормами;
- рекомендуемые установки измерительных приборов:
 - уровень генератора +10дБм,
(Примечание: по умолчанию уровень генератора и опора измерителя установлены на +10дБм, при установке пользователем уровня генератора отличного от +10дБм, изменить на аналогичный уровень опоры измерителя),
 - ширина полосы избирательности измерителя 25Гц,
 - шаг по частоте 0,25кГц;
- каналообразующая аппаратура должна быть отключена от измеряемого ВЧ тракта;
- настройки прибора для всех измерения (кроме долговременного мониторинга рабочего затухания) выбраны так, что бы обеспечить время измерения не более 30...60 мин и время усреднения в каждой точке 0,5...1с.

Пример измерений рабочего затухания.

красный - результаты измерений;

синий - результаты расчетов в ПО «WinTrakt».



Рабочее затухание ВЧ тракта в полосе частот 200...400кГц. ВЛ 35 кВ, длина 12км, ответвление 4,6км

Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт

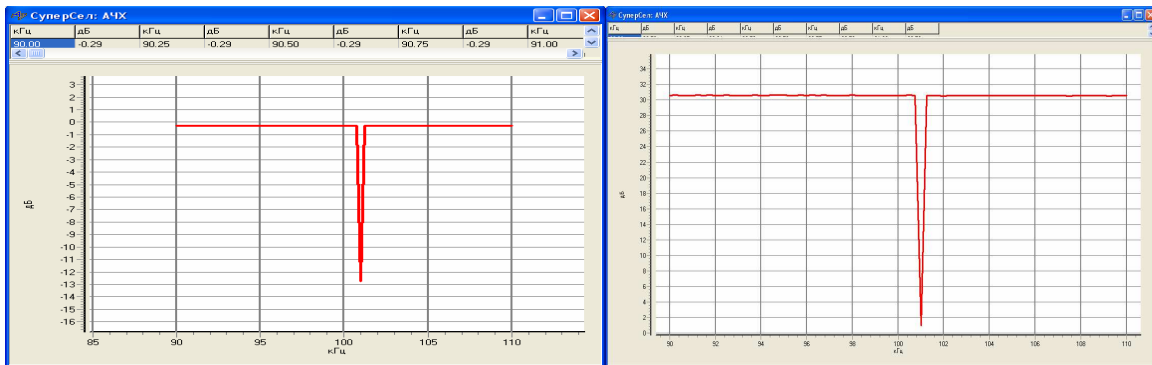
3.4.2 Влияние помех на результаты измерений

При проведении измерений ВЧ тракта необходимо обратить внимание на искажение результатов измерения, вносимые постоянно действующими узкополосными помехами, уровень которых может существенно превышать уровень измерительных сигналов.

Анализатор AnCom A-7 обеспечивает высокую степень отстройки от узкополосных помех. Большинство измерений осуществляется с полосой селекции 25Гц, но, не смотря на это, нельзя исключить совпадения измерительного сигнала и узкополосной помехи по частоте. Узкополосная помеха может искажать результаты измерения, если её частота попадает в зону измерения $\pm 2\Delta f$ селекции.

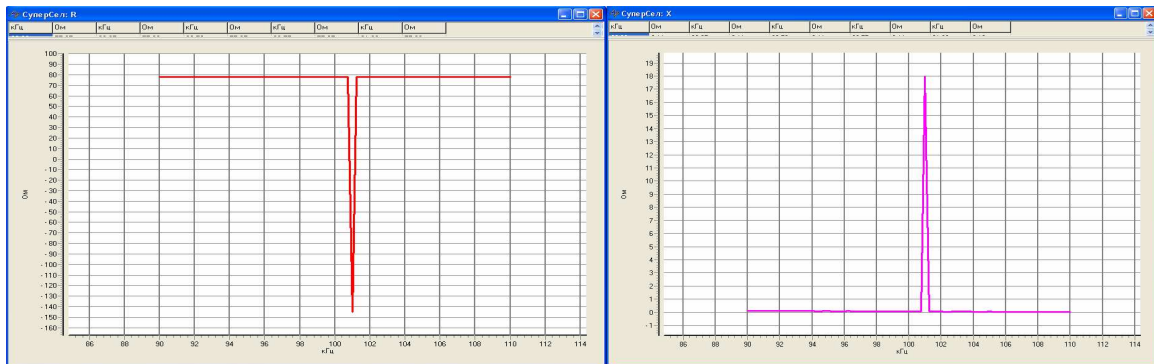
Для идентификации «неестественных» выбросов на характеристиках измеряемых параметров необходимо использовать результаты измерения панорамы помех и выделение на ней совпадений по частоте между выбросами на характеристиках и мощными узкополосными помехами.

На рисунках представлены результаты влияния узкополосной помехи, превышающей измерительный сигнал на 10дБ, при различных видах измерений.



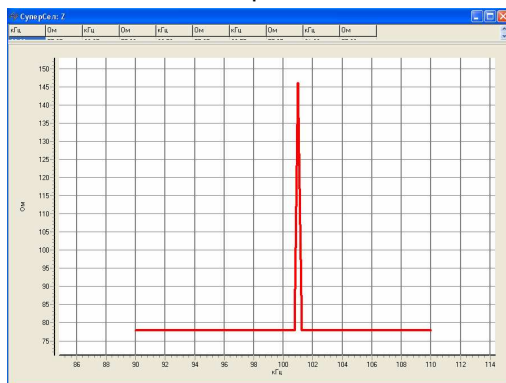
Рабочее затухание

Затухание несогласованности



Активная составляющая полного сопротивления

Реактивная составляющая полного сопротивления



Полное сопротивление

3.4.3 Общая последовательность измерений ВЧ трактов

Для измерения необходимо:

- **запустить прибор** см. раздел «Включение анализатора – Quick Start»;
- **загрузить конфигурацию** см. раздел «Загрузка измерительных задач (заводские и пользовательские конфигурации)» подраздел «Как загрузить и сохранить конфигурацию», место хранения конфигураций для ВЧ тракта (AnCom\A-7_307\Config\ВЧ_связь\ВЧ_тракт\XXX), название конфигурации см. конкретное измерение;
- **для измерителя загрузить маску нормы** см. раздел «Нормирование результатов измерений: загрузка и редактирование масок». В качестве маски нормы можно использовать расчетную характеристику, формируемая при помощи ПО «Win Trakt» или результаты предыдущих измерений, сохраненные в виде масок;
- **произвести индивидуальные настройки**, зависящие от типа измерения: рабочее затухание, затухание несогласованности, входное сопротивление см. конкретное измерение;
- **собрать схему измерения** см. конкретное измерение;
- **запустить измерение**;
- **получить результат измерения**. Результатом измерения являются частотные зависимости измеряемого параметра (в табличной и графической формах) с наложенными на него расчетными нормами.

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 (на графике отображаются помехи и процесс изменения частоты измерительного сигнала),
- СуперСел R,X,Z – частотная зависимость R (активная составляющая полного сопротивления), X (реактивная составляющая полного сопротивления), Z (модуль полного сопротивления) в заданной полосе частот,
- Временная диаграмма - временная зависимость изменения рабочего затухания на фиксированной частоте в течение длительного времени, измерение используется при поиске неисправностей;
- **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».

В форматах:

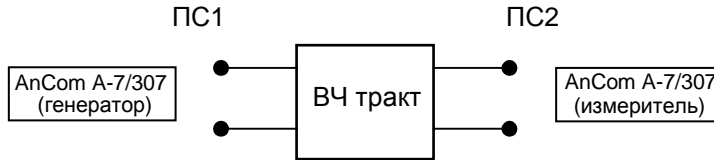
- HTML-протокол – удобен для составления отчетов, сохраняет графики, таблицы.
- маска – для сравнения результатов при периодических измерениях

Важное примечание: сохранение результатов измерения необходимо произвести до нажатия кнопки «СТОП».

3.4.4 Рабочее затухание ВЧ тракта

Измерения проводятся в одном (любом) направлении. Для измерения необходимы два прибора AnCom A-7/307:

- настроенный как генератор со стороны высоковольтной подстанции 1 (ПС1);
- настроенный как измеритель со стороны высоковольтной подстанции 2 (ПС2).



Конфигурация:

Прибор	ПС	Конфигурация
Генератор	ПС1	ВЧ_тракт_РабочееЗатухание_Генератор.cfg
Измеритель	ПС2	ВЧ_тракт_РабочееЗатухание_Измеритель.cfg

Маска для измерителя:

Загрузить маску нормы рабочего затухания ВЧ тракта.

Индивидуальные настройки:

- Выбор полосы частот (F1...FN) для:
 - Генератора – генерации сигналов в полосе частот (F1...FN) с шагом dF;
 - Измерителя – измерение рабочего затухания в полосе частот (F1...FN) с шагом dF.
 (Примечание: F1, FN и dF у генератора и измеритель должны быть одинаковыми);
- Уровень генератора и соответственно опорный уровень измерителя рекомендуется устанавливать 10дБм.

Настройки прибора

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

Генератор: 10 дБм

Измеритель: Полоса селекции, кГц: 0.025; Частота селекции, кГц: 475.25; Макс. уровень, дБм: 47; Число проходов усреднения, шт: 1

Взвеш. характеристика: Опорного уровня

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

АЧХ: Калибровка: 0 дБ

Калибровка Z: XX K3 600 Ом; Z: Zxx Zkz Lkab 1000 м; Сканирование: от Fc1 100 до FcN 104 кГц; Мониторинг: уровня по порядку частот

Формирование частот: прямой, обратный

Диапазон частот: F1 116 кГц, N 3937, dF 0.25 кГц, FN 1000 кГц

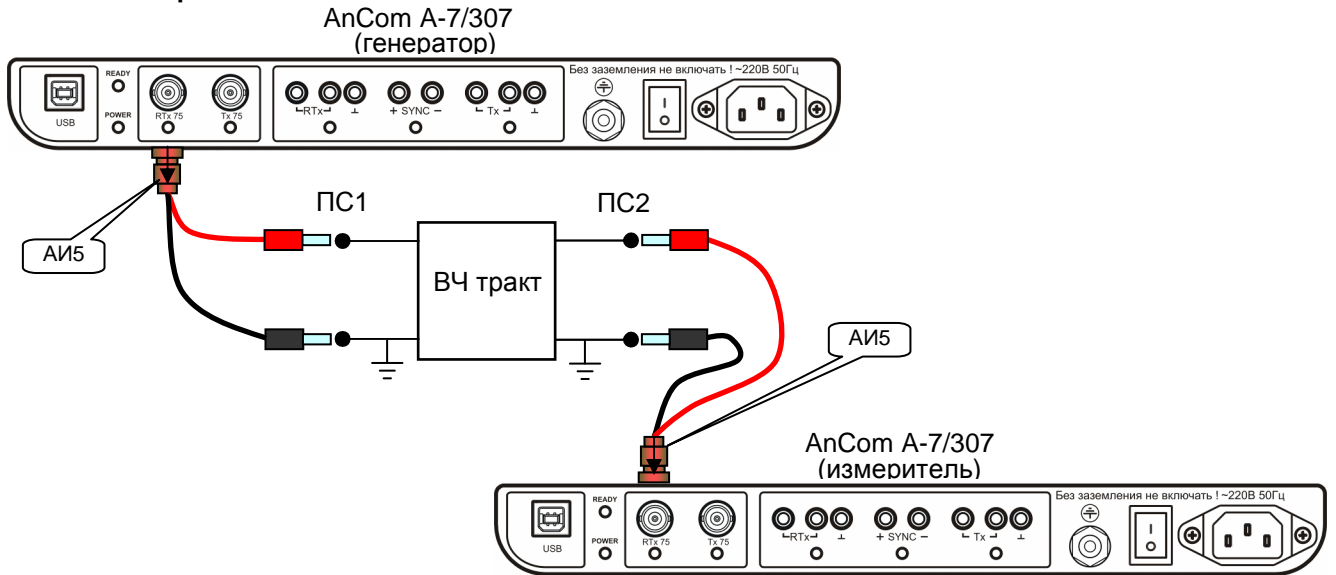
Нерепрерывная маска сверху, маска снизу: 1 след, 2 следа

Старт | Стоп

Callouts:

- F1- нижняя частота диапазона анализа ВЧ тракта, задается пользователем
- N- кол-во точек АЧХ, с шагом dF, для установки верхней частоты диапазона анализа ВЧ тракта, задается пользователем
- FN- верхняя частота диапазона анализа, $FN = dF * N$, устанавливается автоматически

Схема измерения:

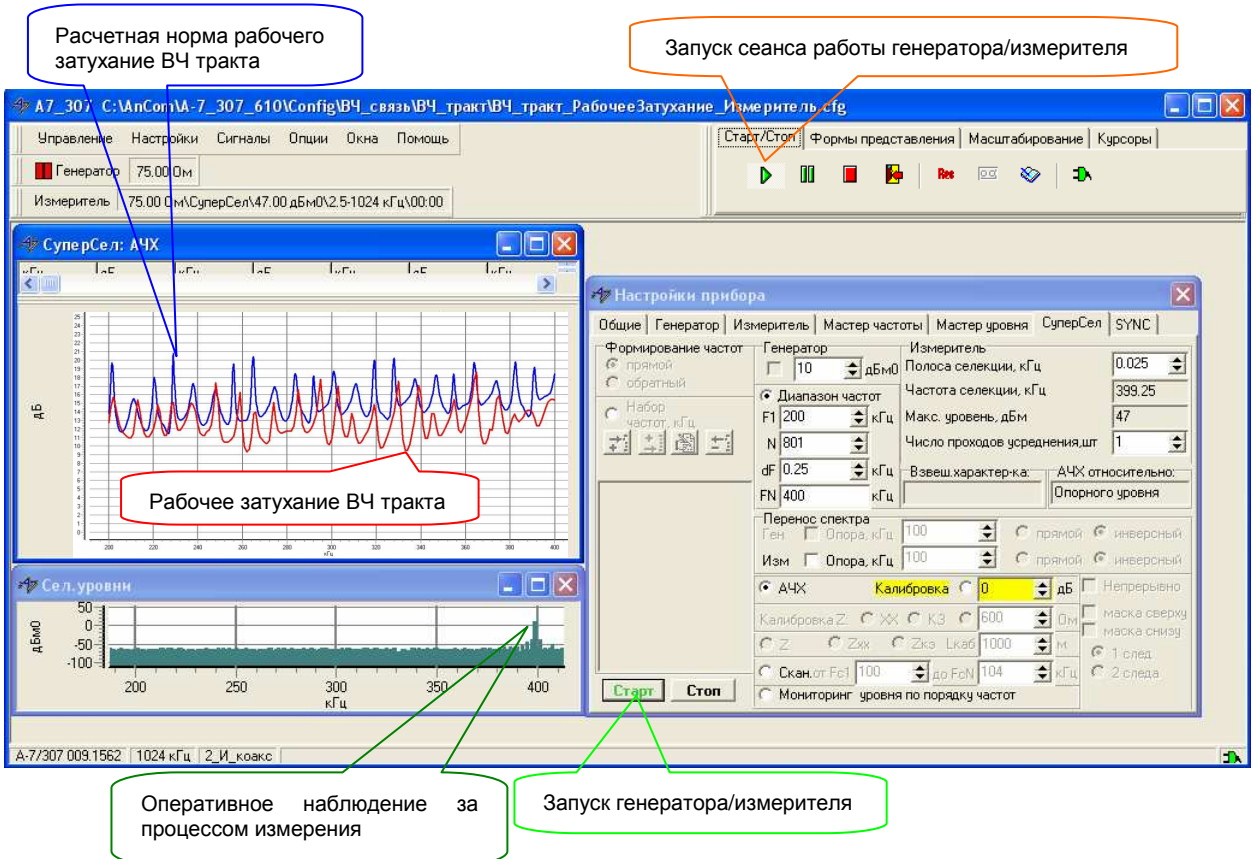


Запуск и результат измерения:

- запустить сеанс работы для генератора и измерителя;
- запуск измерения:
 - запустить измеритель;
 - запустить генератор;

Примечание. Необходимо сначала запустить измеритель, а затем генератор, т.к. после запуска измеритель переходит в режим ожидания сигнала на первой частоте от генератора. Для организации измерений желательно иметь телефонную связь.

- дождаться завершения автоматических измерений;
- сохранить результаты измерения.



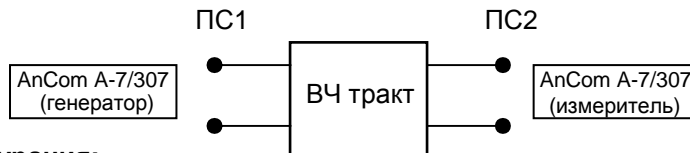
Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт

3.4.5 Мониторинг Рабочее затухание ВЧ тракта

При поиске повреждений носящих не стационарный характер полезен мониторинг рабочего затухания ВЧ тракта, позволяющий провести длительное измерение рабочего затухания с целью выявить моменты его изменения и установить причинно следственную связь с другими событиями на подстанциях.

Измерения проводятся в одном (любом) направлении. Для измерения необходимы:

- Генератор, в качестве которого могут быть: анализатор AnCom A-7/307 или генератор AnCom A11/G, или Аппаратура Уплотнения;
- Измеритель: анализатор AnCom A-7/307.



Конфигурация:

Прибор	ПС	Конфигурация
Генератор (AnCom A-7/307)	ПС1	ВЧ_тракт_Мониторинг_РабочееЗатухание_Генератор.cfg
Измеритель (AnCom A-7/307)	ПС2	ВЧ_тракт_Мониторинг_РабочееЗатухание_Измеритель.cfg

Индивидуальные настройки:

- генератор (рекомендуемый уровень 10дБм)

Запуск генератора

Установить в кГц контрольную частоту.

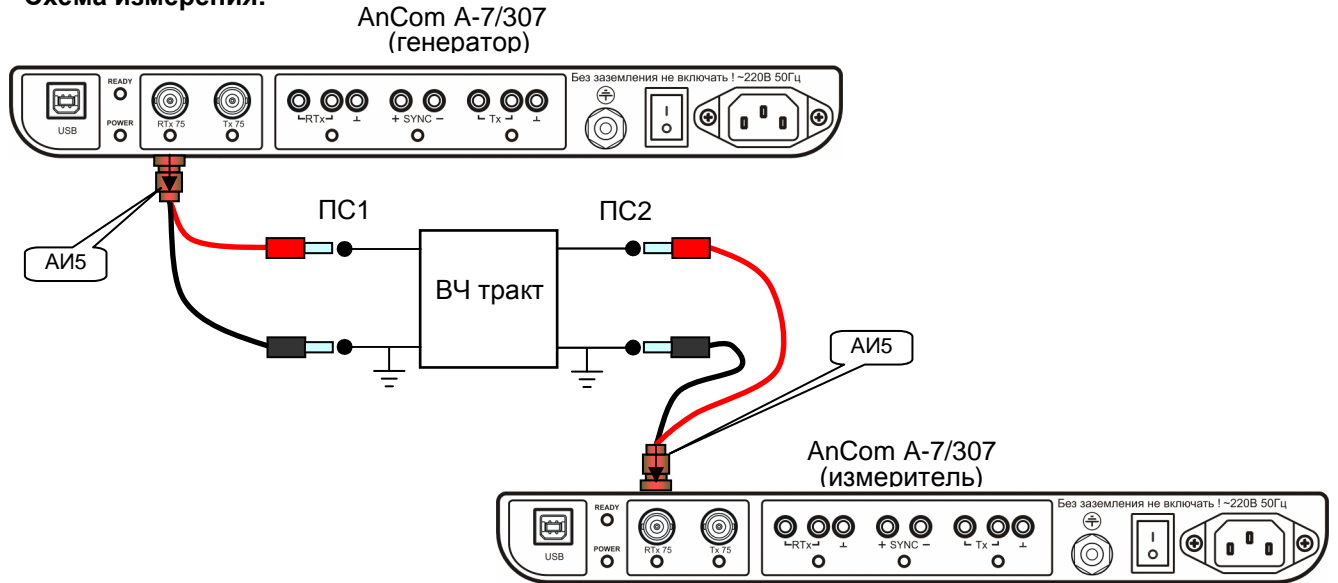
- Измеритель (опорный уровень должен соответствовать уровню генератора, а полоса селекции устанавливается равной 25Гц)

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

(Примечание: частота на генераторе и измерителе должны совпадать)

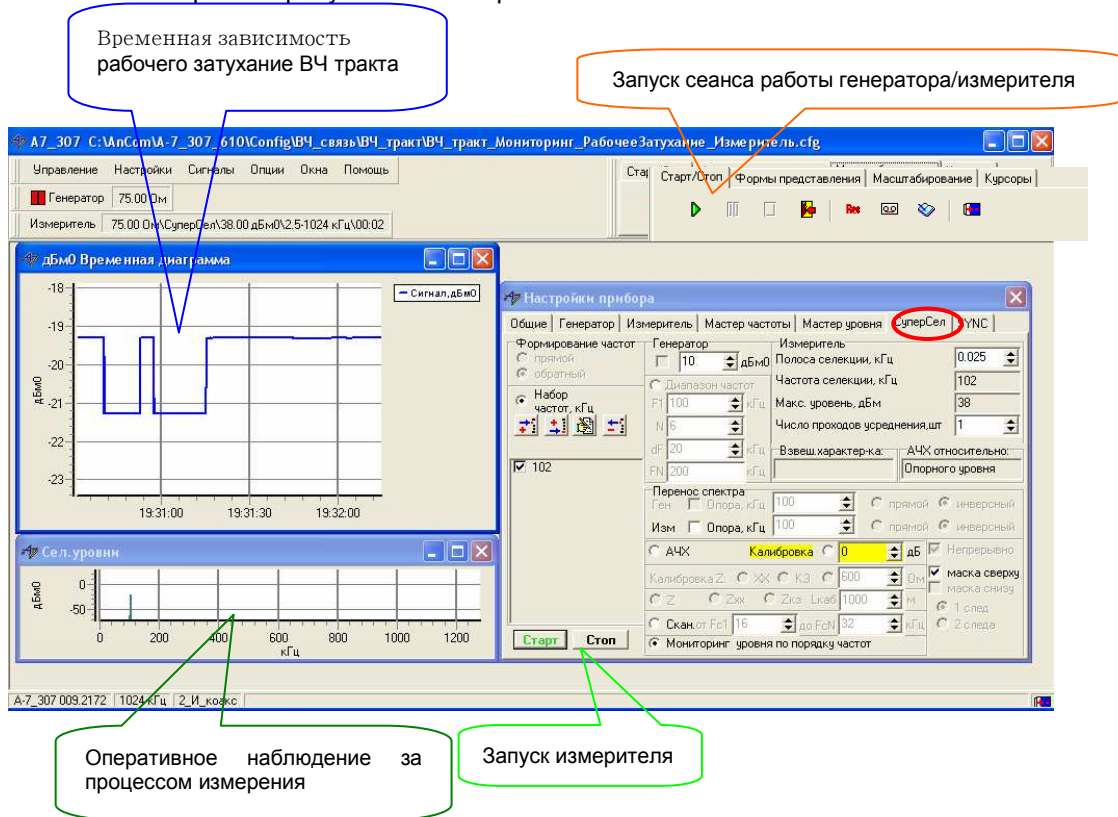
Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт

Схема измерения:



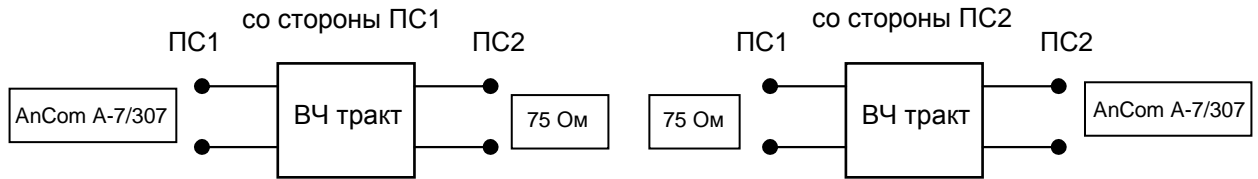
Запуск и результат измерения:

- запустить сеанс работы для генератора и измерителя;
- запуск измерения:
 - запустить измеритель;
 - запустить генератор;
- получить результат измерения со стороны измерителя;
- сохранить результаты измерения.



3.4.6 Затухание несогласованности ВЧ тракта

Затухание несогласованности измеряется для обоих концов ВЧ тракта, при этом другой конец должен быть нагружен на 75 Ом:



Конфигурация:

Конфигурация
VЧ_тракт_ ЗатуханиеНесогласованности.cfg

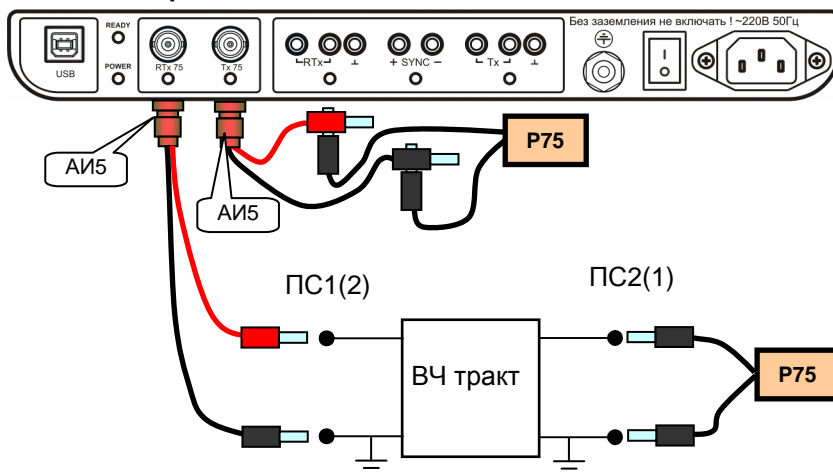
Маска для измерителя:

- загрузить маску нормы затухания несогласованности ВЧ тракта.

Индивидуальные настройки:

- выбор полосы частот (F1-FN) для измерения затухания несогласованности в полосе частот (F1-FN) с шагом dF;
- рекомендуемые установки: уровень генератора 10дБм, избирательность 25Гц.

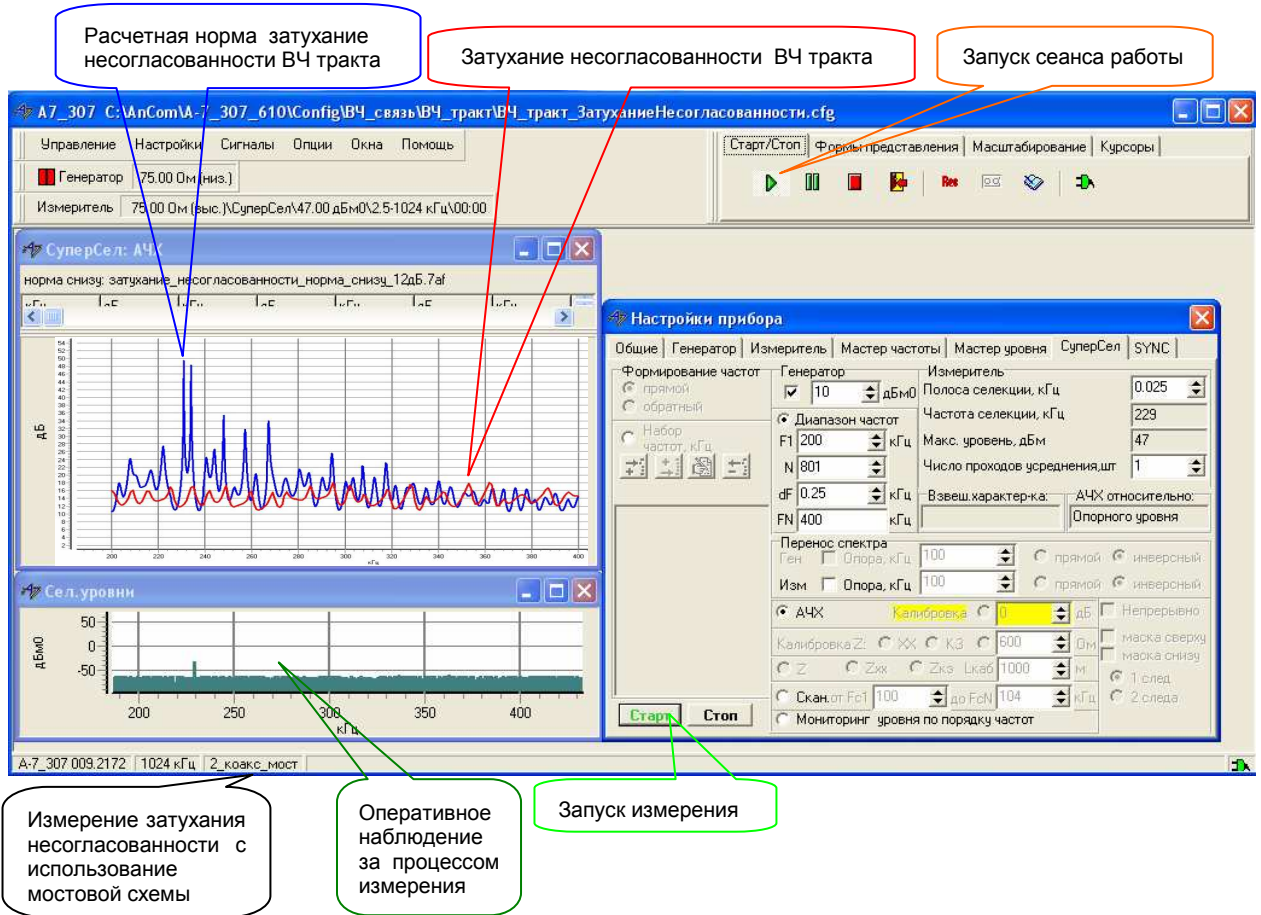
Схема измерения:



Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт

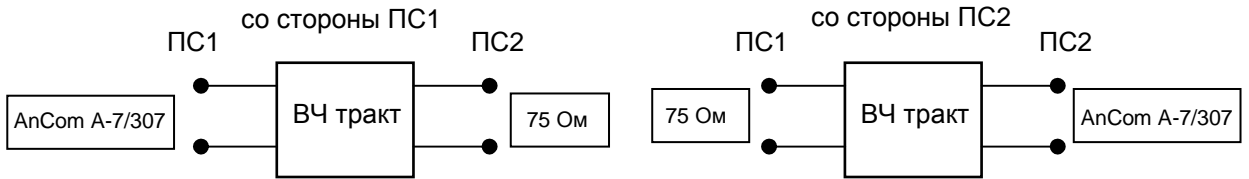
Запуск и результат измерения:

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

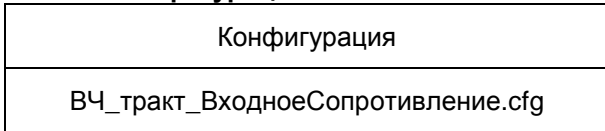


3.4.7 Входное сопротивление

Входное сопротивление измеряется для обоих концов ВЧ тракта, при этом другой конец должен быть нагружен на 75 Ом:



Конфигурация:



Маска для измерителя:

Загрузить маски норм R, X и Z ВЧ тракта.

Индивидуальные настройки:

- Выбор полосы частот (F1...FN) для измерения R, X, Z в полосе частот (F1...FN) с шагом dF. Рекомендуемые установки: уровень генератора 10 дБм, избирательность 25Гц.

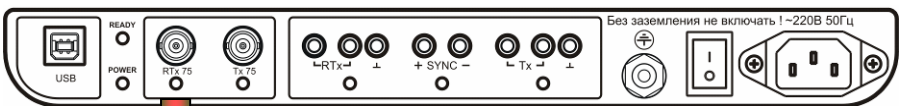
F1- нижняя частота диапазона анализа ВЧ тракта, задается пользователем

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

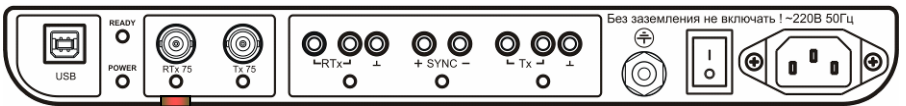
N- кол-во точек АЧХ, с шагом dF, для установки верхней частоты диапазона анализа ВЧ тракта, задается пользователем

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

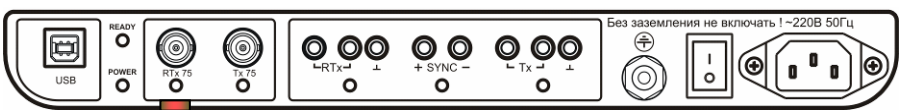
- XX (собрать схему «калибровка Z на XX» → выставить калибровка XX → старт);



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



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



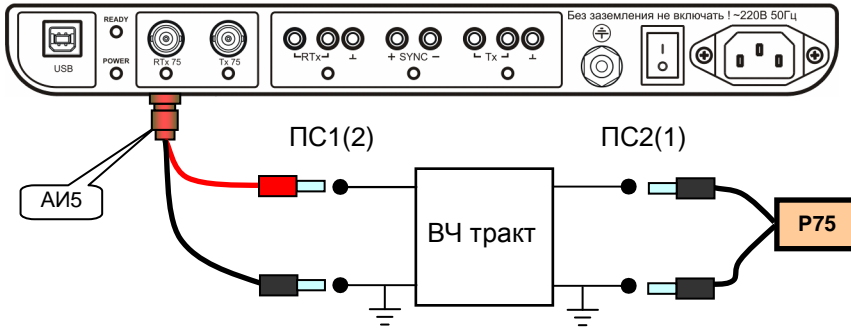
- завершить калибровку (стоп).
Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт

Запуск сеанса работы

Старт/Стоп калибровки

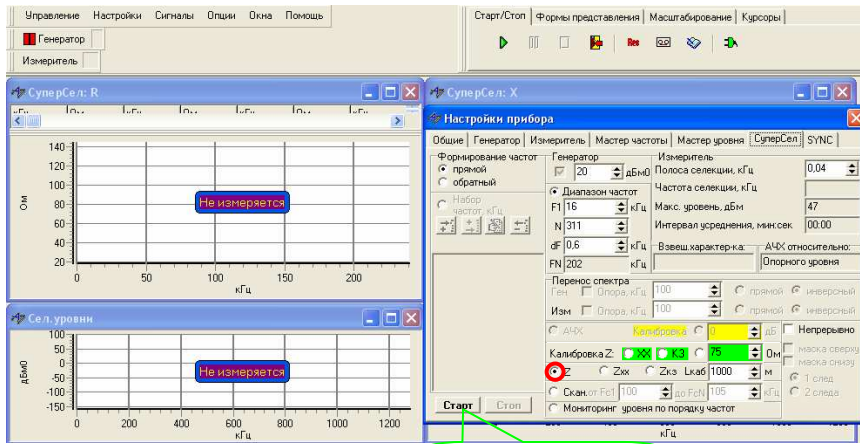
Выбор калибровки: XX, K3, 75Ом

Схема измерения:



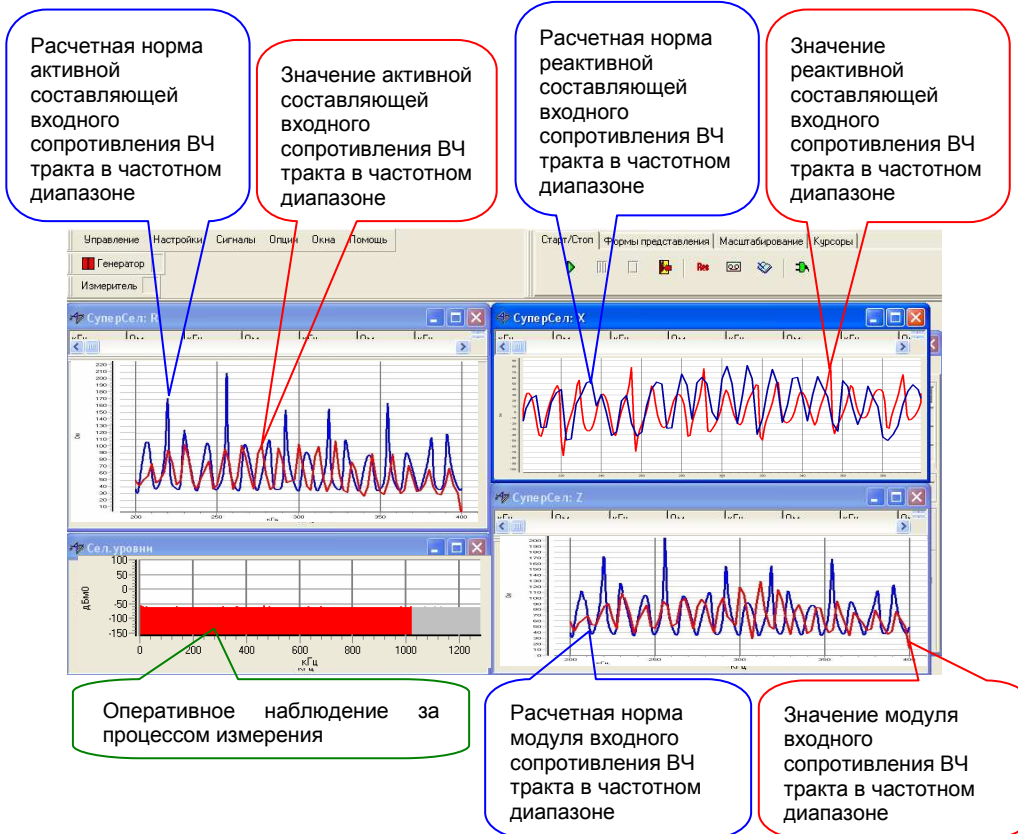
Запуск и результат измерения:

- запустить измерение;



Запуск измерения

- получить результат измерения;
- сохранить результаты измерения.



3.5 Определение причин несоответствия параметров трактов ожидаемым значениям при первоначальном вводе в эксплуатацию

Методика определения причин несоответствия параметров тракта их ожидаемым значениям основывается на анализе результатов проведенных измерений и, при необходимости, разработке программы дополнительных измерений и их проведении. Анализ результатов измерений основывается на том, что дефекты и неисправности в элементах ВЧ тракта влияют на частотные зависимости параметров тракта специфическим образом. Рассмотрим методики анализа частотных зависимостей параметров тракта и выявления причин отклонения от норм измеренных характеристик для основных видов схем ВЧ тракта.

3.5.1 Общие соображения

Рассмотрение методик произведено отдельно для первоначального ввода в эксплуатацию и для периодических измерений в рамках ТО канала. При этом считается, что причиной несоответствия значений измеренных параметров ВЧ тракта ожидаемым могут быть:

- при вводе канала в эксплуатацию - ошибки монтажа оборудования (например, присоединение к ВЛ на разных её концах к разноимённым фазам, ошибочная подвеска ВЧЗ на ответвлении на «не рабочей» фазе) или что-то непредвиденное при проектировании. Такое оборудование, как ФП, ВЧЗ и ВЧ кабели считаются исправными так как их параметры проверяются непосредственно перед установкой на линию и проведением измерений тракта;
- при проведении ТО канала – только повреждение ФП, ВЧЗ и ВЧ кабелей.

Рассмотрим характерные особенности частотных зависимостей параметров ВЧ трактов разных видов для наиболее распространённых причин несоответствия этих параметров нормам.

3.5.2 Тркт, в схему которого входит одна нетранспонированная ВЛ

Для таких трактов наиболее вероятной причиной несоответствия измеренных параметров их ожидаемым значениям является присоединение к линии по её концам к разноименным (физически разным) фазам.

Параметры ВЧ тракта с таким ошибочным присоединением ухудшаются, если ВЛ, по которой организован ВЧ тркт, относительно небольшой длины². Характерной особенностью частотной зависимости параметров такого тракта является большая их неравномерность, вызванная отражёнными волнами, а для затухания ещё и повышенное на величину около 6 дБ среднее значение затухания. Среднее значение интервала между смежными максимумами и минимумами входного сопротивления при этом должно быть примерно равно величине, определяемой по (3.1) (использовать для этих целей ЧХ затухания может привести к неточностям).

На рис.3.13 приведен пример частотных зависимостей затухания и входного сопротивления (с одного из концов) тракта по ВЛ 35 кВ длиной 12 км с присоединением к разноименным (красные кривые) и одноименным (зелёные кривые) фазам.

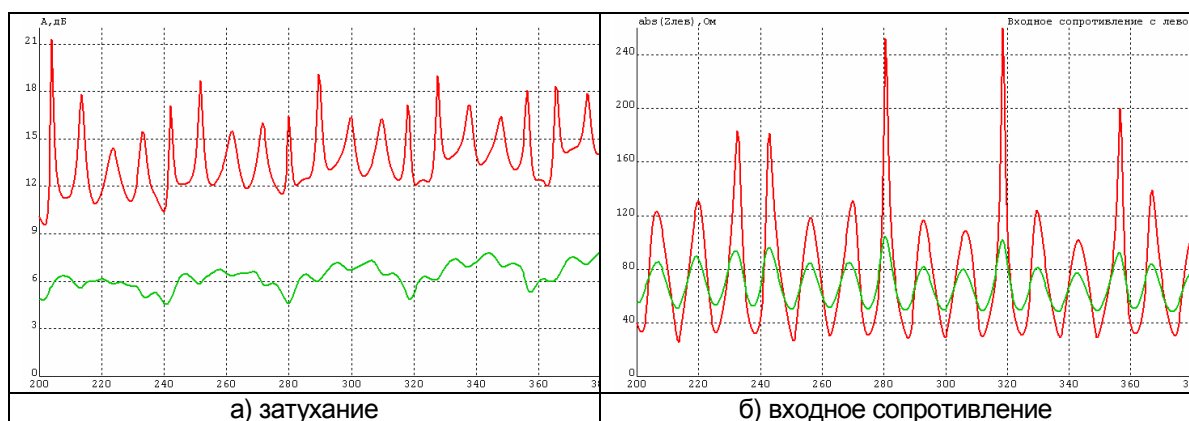


Рисунок 3.13 Иллюстрация особенностей ЧХ параметров ВЧ тракта при присоединении к разным фазам на разных концах ВЛ

² Подключение на разных концах ВЛ к разноимённым фазам не всегда ухудшает параметры тракта. На длинных транспонированных ВЛ, напряжением 330 кВ и выше, такое подключение используется для получения меньшего затухания.

Из рассмотрения рисунка хорошо видны описанные выше особенности частотных зависимостей затухания и входного сопротивления тракта с присоединением к разноименным фазам.

3.5.3 Тркт по линии с ответвлением

Для таких трактов наиболее вероятной причиной несоответствия измеренных параметров их ожидаемым значениям является или присоединение к линии по её концам к разноименным (физически разным) фазам, или ошибочная подвеска ВЧЗ на ответвлении на «не рабочей» фазе.

Для проверки предположения, что присоединение по концам ВЛ осуществлено к физически разным фазам, можно использовать характерные признаки частотных зависимостей параметров тракта описанные в п.3.5.2.

Для проверки предположения, что ВЧЗ на ответвлении подвешен на «не рабочей» фазе, производится по особенностям влияния ответвления на параметры тракта. Характерной особенностью частотной зависимости параметров тракта с ответвлением является периодическое изменение затухания от минимального до максимального значения. Интервал частот $\Delta f_{\text{макс-мин}}$, в котором происходят эти изменения, примерно определяется выражением (3.1), в котором L – длина ответвления. Значения частот, соответствующих минимальному и максимальному вносимому затуханию, зависят от нагрузки на конце ответвления.

Для изолированного на конце ответвления (режим ХХ), частоты, соответствующие максимумам и минимумам затухания, определяются как:

$f_{\text{макс}} [кГц] \approx [2k + 1] \left(\frac{75}{L_{\text{омв}}} \right) \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$	(3.6)
--	-------

$f_{\text{мин}} [кГц] \approx 2k \left(\frac{75}{L_{\text{омв}}} \right) \quad (k = 1, 2, \dots)$	(3.7)
--	-------

Для заземлённого на конце ответвления (режим КЗ), частоты, соответствующие максимумам и минимумам затухания, меняются местами ($f_{\text{макс}}$ - вычисляется по (3.7) и $f_{\text{мин}}$ - по (3.6)). Для ответвления, нагруженного на входную ёмкость ПС (включенного на шины ПС) частоты, соответствующие максимумам и минимумам затухания, сдвигаются относительно определённых по (3.6) и (3.7) в область более низких частот (в пределах интервала, определяемого по (3.1)). При этом, чем меньше ёмкостное сопротивление ПС (чем больше ёмкость и чем выше частота), тем ближе частота максимума затухания нагруженного на ПС ответвления будет к соответствующей частоте максимального затухания при режиме КЗ.

Значение максимального затухания, вносимого необработанным коротким ответвлением, может достигать 30 дБ и более, а минимальное значение близко к нулю. Чем больше длина ответвления, тем меньше максимальное и больше минимальное значения вносимого ответвлением затухания (в пределе эти оба значения стремятся к 3 дБ).

При правильно обработанном ответвлении (ВЧЗ включён в месте разветвления в «рабочую» фазу) максимальное затухание, вносимое ответвлением, снижается примерно до 4 дБ.

При ошибочном включении ВЧЗ на ответвлении в не рабочую фазу, максимальное затухание, вносимое ответвлением, будет меньше, чем максимальное затухание не обработанного ответвления (без ВЧЗ), но оставаться значительным (15 дБ и более).

Таким образом, если на измеренной частотной зависимости затухания тракта с ответвлением наблюдаются пики затухания, интервал частот между которыми близок к двойной величине полосы, определённым по (3.1), это означает, что ВЧЗ в ответвлении или не установлен вообще, или установлен в нерабочей фазе. На рисунке 3.14 приведены ЧХ затухания тракта по ВЛ 110 кВ с ответвлением длиной 0,5 км. Характеристики приведены для случая подвески ВЧЗ на рабочей (красная кривая) и на не рабочей (зелёная кривая) фазе.

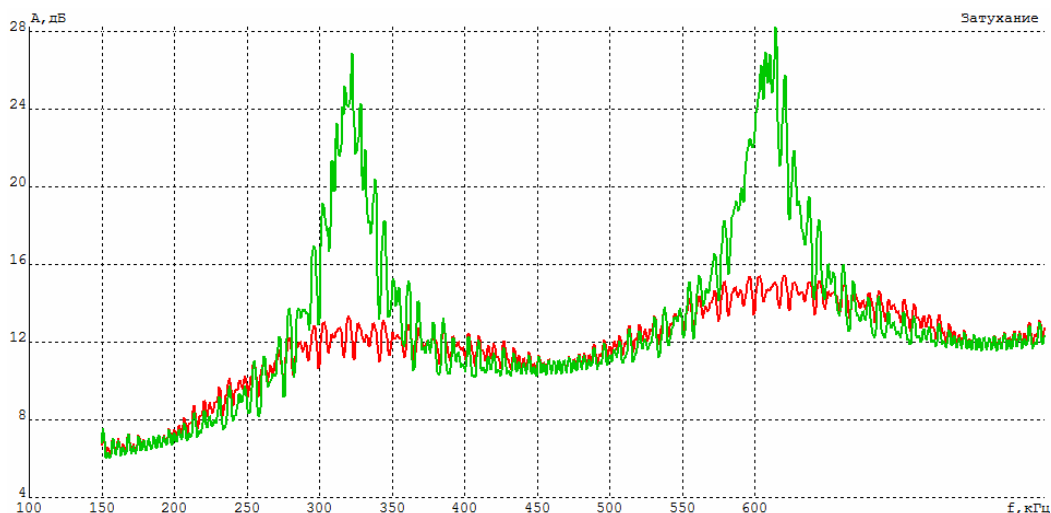


Рисунок 3.14 Иллюстрация особенностей ЧХ затухания ВЧ тракта с ответвлением.

Следует сказать, что по результатам измерений частотных зависимостей входного сопротивления тракта на частотах в районе частоты максимального затухания, можно оценить расстояние от данной ПС до места нахождения неоднородности (в рассматриваемом случае - ответвления). Это можно сделать, используя значение интервала частот $\Delta f_{\text{макс-мин}}$, между экстремальными значениями входного сопротивления, как это было показано в предыдущем примере.

Может случиться, что в рабочем режиме линии частота максимального затухания, вносимого ответвлением, располагается вне общего для ФП и ВЧЗ рабочего диапазона частот, в пределах которого производятся измерения. Например, если в рассмотренном выше примере общий для ФП и ВЧЗ диапазон рабочих частот был бы равен (130 – 250) кГц (ВЗ 630/0,5), измерения в этом диапазоне не дали бы возможности определить правильность включения ВЧЗ на ответвлении. Если это требуется сделать, то необходимы измерения при таком отличии режима ВЛ от рабочего, при котором можно проверить ВЧЗ на ответвлении. В рассматриваемом случае может быть выбран режим ХХ конца ответвления (ответвления отключено от ПС выключателем), при котором, в соответствии с (3.7) частота максимального затухания при $k=1$ равна 150 кГц и попадает в диапазон, в котором производятся измерения.

3.5.4 Тркт по ВЛ с временными заходами на ПС

Для таких трактов к причинам несоответствия измеренных параметров их ожидаемым значениям, изложенным в п.3.5.2, необходимо добавить ещё одну (из разряда непредвиденных при проектировании).

При работе линии по временной схеме (обычно на напряжении ниже номинального, на которое рассчитана линия), делается её заход на ОРУ другого напряжения. Конструкция этого захода делается по схеме, которая в упрощенном виде показана на рисунке 3.15. Как видно из этого рисунка, конструкция временного захода приводит к появлению на рассматриваемой линии ответвлений с длинами L_1 и L_2 . При неудачной конструкции временного захода, при которой длина L_1 и/или L_2 превышает 75м, первая частота, соответствующая максимальному затуханию, в соответствии с (3.6) будет располагаться в пределах используемого в ВЧ связи диапазона частот. При этом она может попасть в рабочие полосы каналов ВЧ связи, организованных по рассматриваемой линии. Таким образом, на ВЛ, на которой формально ответвления отсутствуют, реально они могут появиться со всеми вытекающими последствиями (см. предыдущий раздел).

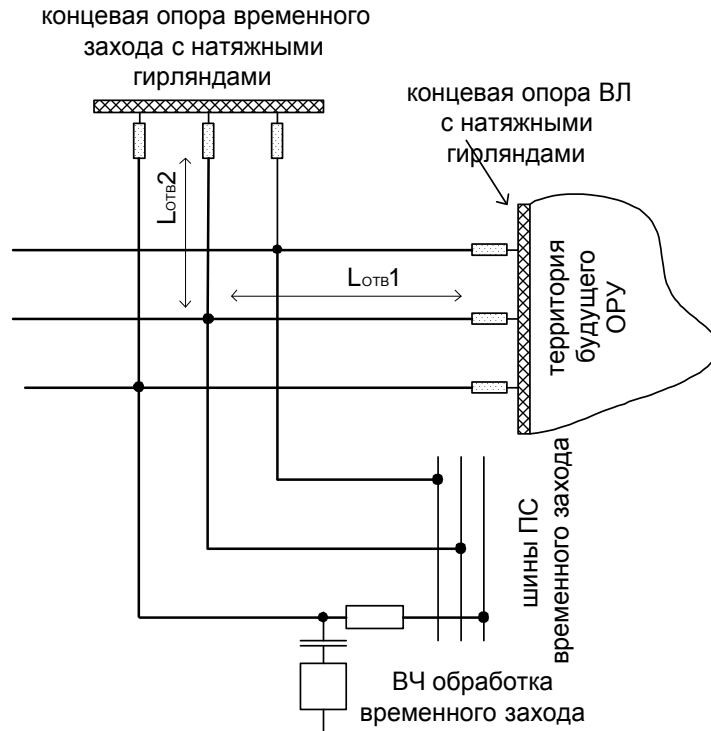


Рисунок 3.15 К появлению ответвления в тракте по ВЛ с временным заходом на другое ОПУ.

3.5.5 Тркт по ВЛ с использованием емкостных трансформаторов напряжения в качестве КС

Для таких трактов к причинам несоответствия измеренных параметров их ожидаемым значениям, изложенным в п.3.5.2, необходимо добавить ещё одну, вызванную особенностями работы емкостного трансформатора напряжения (ЕТН), используемого как конденсатор связи (КС) для организации каналов ВЧ связи.

Для анализа условий использования ЕТН взамен КС приведём упрощенную схему работы ЕТН в качестве КС (рис. 3.16). На этом рисунке сопротивление $Z_{ЭМУ}$, подключенное параллельно нижнему плечу емкостного делителя, эквивалентирует входное сопротивление электромагнитного устройства (ЭМУ), являющегося неотъемлемой частью ЕТН и подключаемого в этом месте.

Возможное ухудшение параметров ВЧ тракта в случае использования ЕТН в качестве КС обуславливается тем, что на частотах ВЧ связи входное сопротивление ЭМУ ($Z_{ЭМУ}$) оказывается меньше необходимого для обеспечения допустимого шунтирующего действия ЭМУ на ВЧ тракт. Обычно это проявляется на частотах выше 500 кГц для ЕТН, производимых западными фирмами.

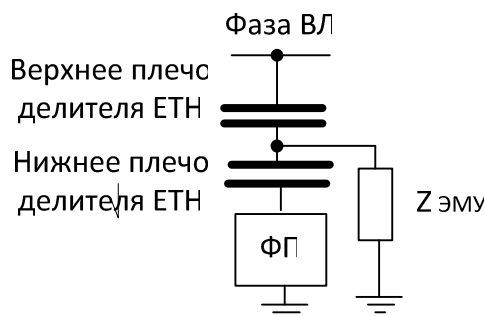


Рисунок 3.16 Упрощенная схема работы ЕТН в качестве КС.

Характерной особенностью параметров тракта при этом является то, что, начиная примерно с частоты 500 кГц:

- затухания тракта увеличивается против расчётного и это увеличение почти линейно растёт с ростом частоты;
- входном сопротивлении тракта начинает значительно отличаться от номинального и в нем появляется существенная мнимая часть.

Для проверки предположения о том, что повышенное затухание обусловлено неудовлетворительными параметрами ЭМУ, рекомендуется повторить измерение параметров тракта с отключенным ЭМУ.

Отметим, что несоответствие параметров ЕТН требуемым значением при проверке параметров ФП не выявляется, так как измерение параметров ФП при его проверке производится не с самим КС (ЕТН), а с конденсатором, ёмкость которого равна ёмкости КС (ЕТН).

3.5.6 ВЧ тракт с обходом промежуточной ПС

Для таких трактов к причинам несоответствия измеренных параметров их ожидаемым значениям, изложенным в п.3.5.2, необходимо добавить ещё причины, определяемые наличием самого ВЧ обхода.

При повышенной неравномерности ЧХ параметров «сквозного» тракта, сначала измерениями по участкам уточняют какой из них вызывает это явление, а потом, с учётом анализа в соответствии с п. п.3.5.2 принимают соответствующее решение.

При оговоренном выше условии, что ФП и ВЧЗ исправны, наиболее вероятными причинами «резонансного» повышения затухания сквозного тракта с обходом промежуточной ПС может быть неправильное включение аппаратуры АУ2 другого канала, оканчивающегося на ПС обхода. Схемы с возможными (правильным и неправильным) вариантами организации семы обхода показаны на рисунке 3.17.

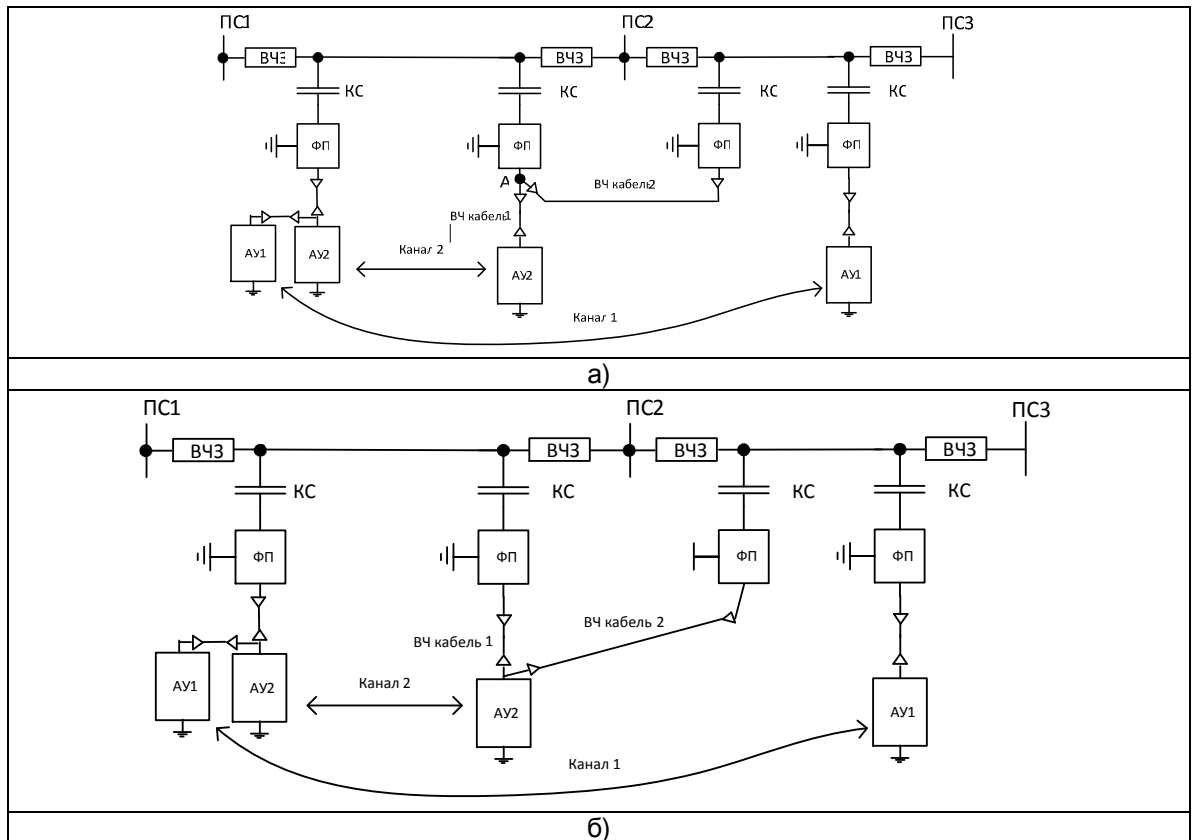


Рисунок 3.17 Неправильная (а) и правильная (б) схемы организации обхода.

Увеличение затухания в случае использования схемы рис.3.17,а может появиться вследствие того, что отрезок ВЧ кабеля от точки А до аппаратуры уплотнения АУ2 является ответвлением, нагруженным на реактивное входное сопротивление этой аппаратуры. Это ответвление при достаточной длине ВЧ кабеля 1 может привести к характерному для ответвления увеличению затухания в пределах рабочей полосы частот канала на аппаратуре АУ1. При организации обхода по схеме б) такие явления исключены.

3.6 Определение причин несоответствия параметров трактов ожидаемым значениям при профилактических измерениях

Поиск повреждённого элемента ВЧ тракта (ФП, ВЧЗ и ВЧ кабели) по результатам измерений, проведённых в соответствии с ТО, должен осуществляться, если результаты этих измерений не соответствуют результатам, полученных ранее.

Рассмотрим характерные особенности частотных зависимостей параметров ВЧ тракта при повреждении указанных элементов тракта, которые можно использовать для идентификации их повреждения.

3.6.1 Повреждение ВЧ кабеля и ФП по концам тракта

Повреждение ВЧ кабеля и ФП по концам ВЧ, как правило, приводит к увеличению затухания ВЧ тракта во всем диапазоне частот, и к изменению частотной характеристики входного сопротивления ВЧ тракта с той стороны ВЧ тракта, где находится повреждённый элемент. При этом изменяется характер входного сопротивления – его реактивная составляющая превалирует над активной составляющей. Косвенным признаком при определении места повреждения ВЧ кабеля или ФП является уменьшение (по сравнению с предыдущими измерениями) на этой стороне ВЧ тракта уровней всех узкополосных сигналов и широкополосных помех (в то время как на противоположном конце спектр этих помех остался таким же, каким он был ранее).

Проверка выдвинутого предположения заключается в проверке параметров ВЧ кабеля и ФП в соответствии с рекомендациями брошюры Библиотеки AnCom «Измерения в ВЧ связи. Устройства обработки и присоединения».

3.6.2 Повреждение ВЧЗ по концам тракта

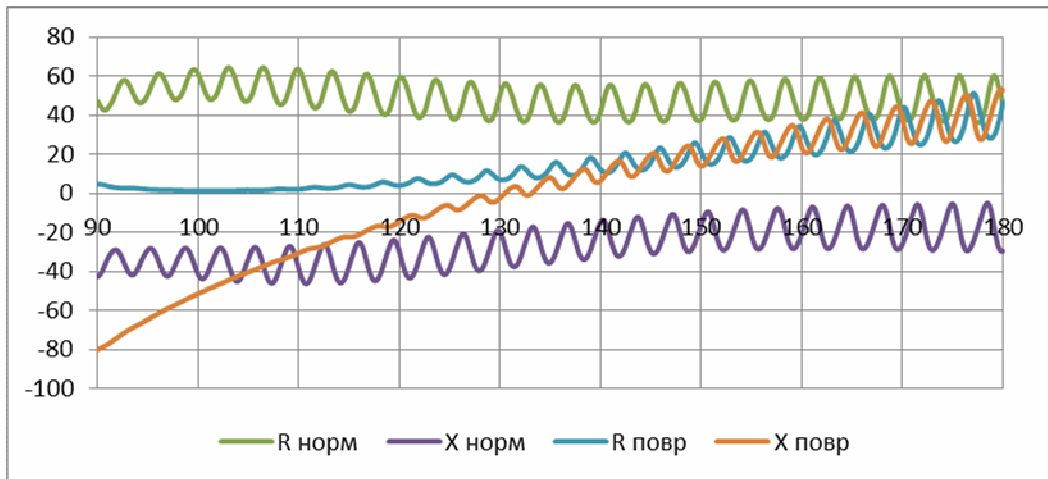
При исправном и правильно настроенном ВЧЗ характер сопротивления ВЧЗ в пределах полосы заграждения близок к чисто активному. Повреждения ВЧЗ приводят к тому, что в полосе заграждения характер сопротивления ВЧЗ становится близким к чисто реактивному. Степень и характер влияния повреждённого ВЧЗ на параметры ВЧ тракта существенно зависят от величины и характера входного сопротивления цепи, включённой за ВЧЗ (шины ПС с подключённым к ним высоковольтным оборудованием и другими линиями того же напряжения, что и рассматриваемая линия). Тем не менее, можно сформулировать некоторые общие положения, характеризующие влияние повреждения ВЧЗ на параметры тракта. Так, при повреждении ВЧЗ:

- характер частотной зависимости активной и реактивной составляющих входного сопротивления тракта со стороны повреждённого ВЧЗ изменяется в значительной степени в любом случае. При этом входное сопротивление ВЧ тракта со стороны, противоположной той, где повреждён ВЧЗ, изменяется намного меньше.
- реактивное сопротивление ВЧЗ может быть компенсировано имеющим обратный знак реактивным сопротивлением цепи, включённой за ВЧЗ. Это приводит к «резонансному» увеличению затухания вблизи частоты (частот), на которой эта компенсация происходит. Если ПС того конца ВЛ, где установлен ВЧЗ с большим числом линий, или длина этих линий велика, повреждение ВЧЗ может не приводит к повышению затухания.

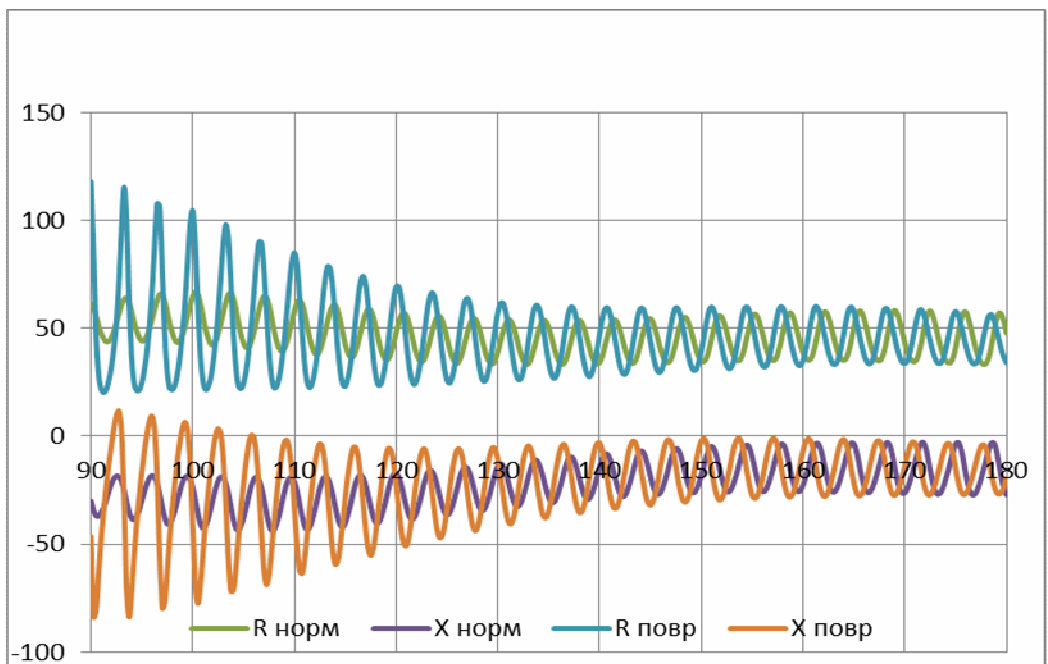
С учётом этих положений, судить о состоянии ВЧЗ, в основном, можно по частотной зависимости действительной и мнимой части входного сопротивления ВЧ тракта. По значительному изменению этих зависимостей с одной из сторон ВЧ тракта с большой долей уверенности можно говорить о повреждении ВЧЗ на том конце ВЧ тракта, для которого это изменение наблюдается.

Кроме того, изменение затухания тракта, имеющее «резонансный» характер, если при этом имеет место и описанное выше изменение входного сопротивления ВЧ тракта, тоже можно считать признаком повреждения ВЧЗ.

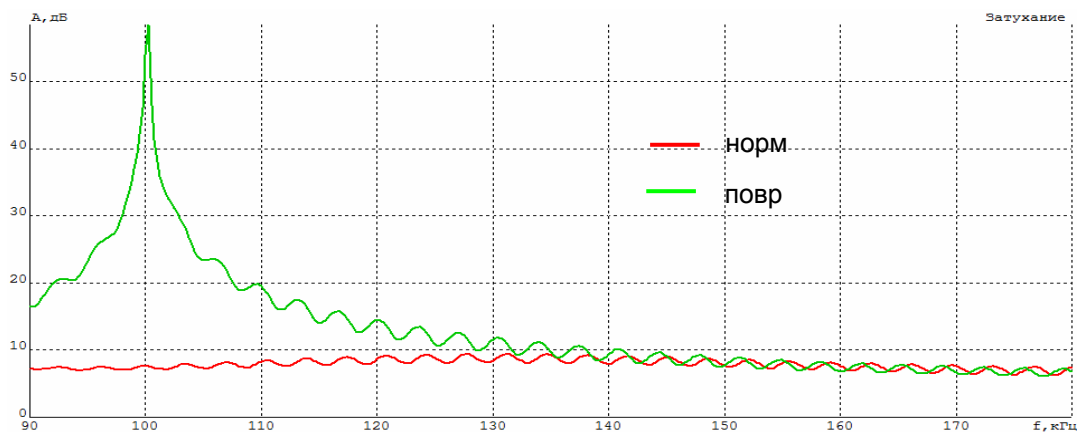
На рис. 3.18 приведена иллюстрация особенностей ЧХ затухания и активной и реактивной составляющих входного сопротивления ВЧ тракта при повреждении ВЧЗ (нарушена связь между реактором и ЭН). Тракт организован по ВЛ 110 кВ между тупиковой ПС (ПСА) и ПС с несколькими линиями 110 кВ (ПСВ). Повреждён ВЧЗ, установленный на линии со стороны тупиковой ПСА.



а) входное сопротивление на ПСА



б) входное сопротивление на ПСВ



в) затухание

Рисунок 3.18 К иллюстрации особенностей ЧХ параметров ВЧ тракта при повреждении ВЧЗ («норм» - при исправном ВЧЗ; «повр» - при его повреждении).

3.6.3 Повреждение ВЧЗ включенного в начале ответвления

Повреждение ВЧЗ, включенного в ответвление, может привести к изменению затухания тракта, как в большую, так и в меньшую сторону. При этом входное сопротивление тракта изменяется незначительно. Заметное увеличение затухания тракта может наблюдаться лишь в случаях, когда на частоте, близкой к частоте максимального затухания, вносимого ответвлением, происходит компенсация реактивного сопротивления ВЧЗ реактивным входным сопротивлением ответвления.

Таким образом, на основании анализа результатов очередных измерений сделать однозначный вывод о повреждении ВЧЗ в ответвлении можно лишь в тех случаях, когда имеет место упомянутое «резонансное» увеличение затухания тракта без заметного изменения его входного сопротивления.

Для иллюстрации сказанного на рисунке 3.19 приведены частотные зависимости затухания тракта с ответвлением, обработанным ВЧЗ, при исправном и повреждённом (остался один реактор) состоянии этого заградителя.

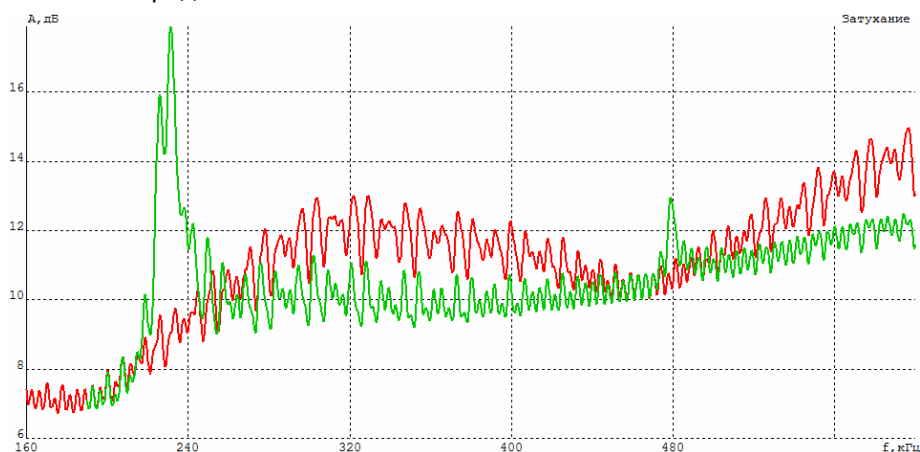


Рисунок 3.19 Иллюстрация особенностей ЧХ затухания ВЧ тракта с ответвлением: красная кривая - при исправном ВЧЗ в ответвлении; зелёная кривая - при его повреждении.

3.7 Расчет параметров ВЧ тракта в 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.

Важным преимуществом использования результатов расчётов по программе WinTrakt для анализа результатов измерений является возможность моделирования в расчётной схеме ВЧ тракта:

- ошибок в организации схемы ВЧ тракта (например, ошибочное присоединение на разных концах ВЛ к разным фазам, ошибочная подвеска заградителя в ответвлении на другой (нерабочей) фазе и тому подобное);
- повреждения того или иного элемента схемы тракта (например, ВЧЗ, ФП, КС, ВЧ кабеля).

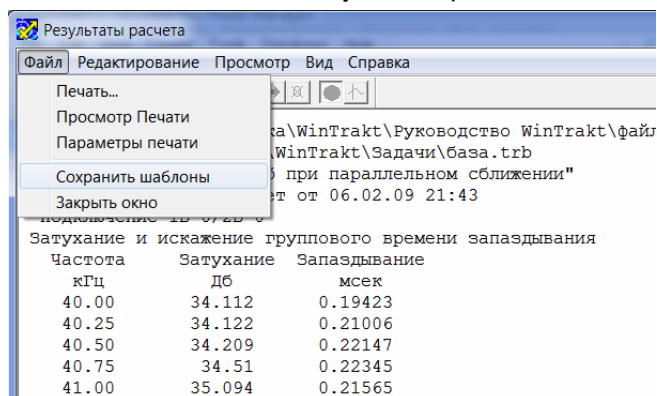
Таким образом, использование ПО WinTrakt совместно с анализатором AnCom A-7/307 обеспечивает инструментарий для оперативного контроля и поиска неисправностей ВЧ тракта.

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 ожидаемой ЧХ (нормы) – в одном окне с измеряемой характеристикой.

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

Характеристика		Шаблон (название и расширение)
АЧХ рабочего затухания		АЧХ_раб_затух.7af
затухания несогласованности	слева	Анс_затух_несогл_слева.7af Анс_затух_несогл_слева.7kf
	справа	Анс_затух_несогл_справа.7af Анс_затух_несогл_справа.7kf
модуль входного сопротивления	слева	Z_модуль_вх_сопр_слева.7zf
	справа	Z_модуль_вх_сопр_справа.7zf
действительная часть входного сопротивления	слева	R_действ_вх_сопр_слева.7zf
	справа	R_действ_вх_сопр_справа.7zf
мнимая часть входного сопротивления	слева	X_мним_вх_сопр_слева.7zf
	справа	X_мним_вх_сопр_справа.7zf
фазовый угол входного сопротивления	слева	Фаз_угол_вх_сопр_слева.7pf
	справа	Фаз_угол_вх_сопр_справа.7pf

Сохранение шаблонов частотных характеристик рассчитанных параметров производится по команде «Файл – Сохранить шаблоны» в окне «Результаты расчета» ПО WinTrakt.



Загрузка шаблонов (масок) в управляющем ПО AnCom A-7/307 см. раздел «Нормирование результатов измерений: загрузка и редактирование масок»

Описание работы с ПО WinTrakt см. Руководство по пользованию «Программы для расчета ВЧ-трактов по ЛЭП «WinTrakt» и «WinNoise»» Части 1 и 2.

Примеры использования программы WinTrakt для моделирования частотных характеристик ВЧ тракта

На рис. 3.20 приведена измеренная частотная зависимость Рабочего затухания ВЧ тракта с шаблоном полученным расчётом по программе WinTrakt.

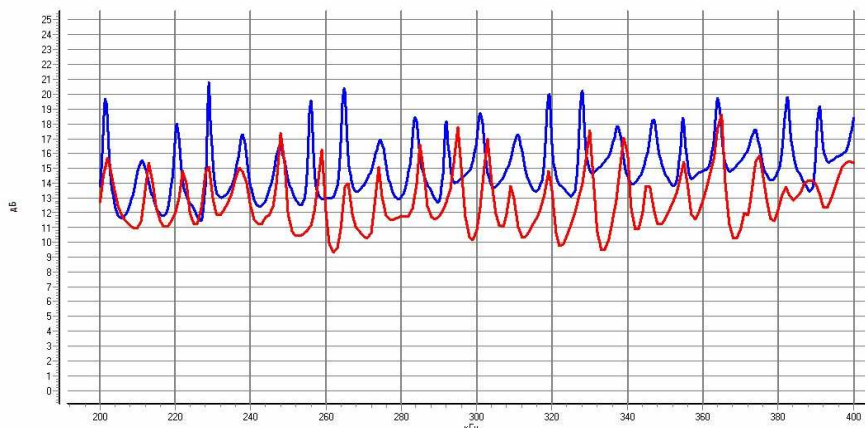


Рисунок 3.20. Результаты измерения (красная кривая) и расчётов (синяя кривая) Рабочего затухания ВЧ тракта. ВЛ 35 кВ, длина 12км, ответвление 4,6км

На рис. 3.21 приведена измеренная частотная зависимость Затухания несогласованности с шаблоном полученным расчётом по программе WinTrakt.

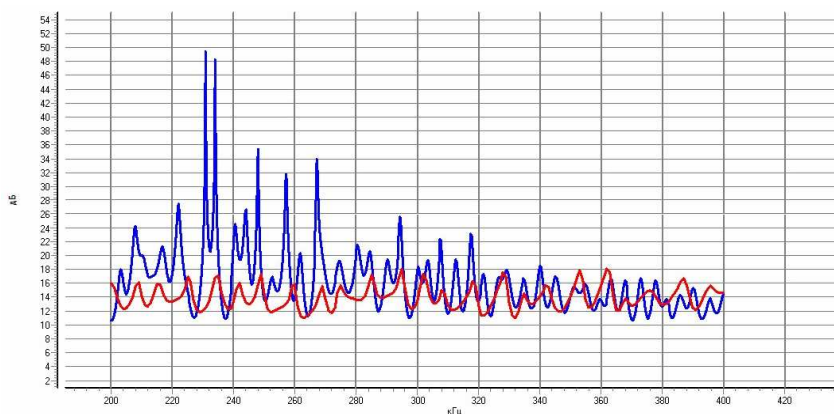


Рисунок 3.21 Результаты *измерения* (красная кривая) и *расчётов* (синяя кривая) Затухания несогласованности ВЧ тракта. ВЛ 35 кВ, длина 12км, ответвление 4,6км

На рис. 3.22 приведены измеренные частотные зависимости R, X и Z Входного сопротивления ВЧ тракта с шаблонами полученным расчётом по программе WinTrakt.

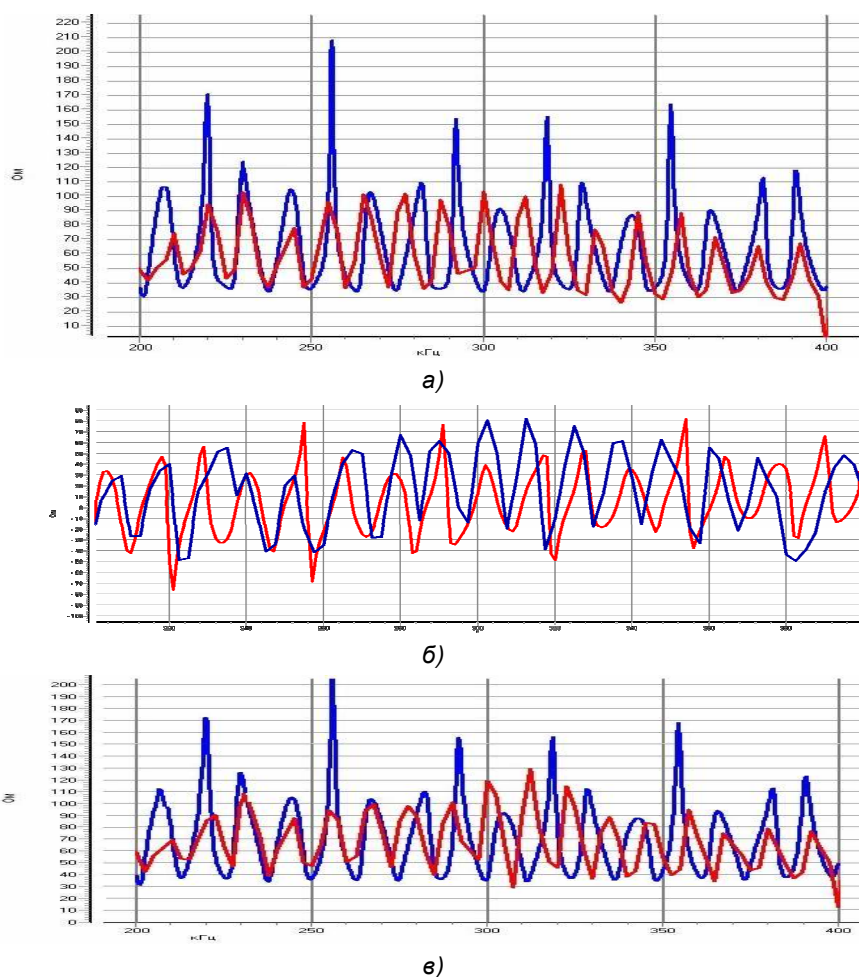


Рисунок 3.22. Результаты *измерения* (красная кривая) и *расчётов* (синяя кривая) Входного сопротивления ВЧ тракта а) R (активная составляющая), б) X (реактивная составляющая), в) Z (модуль) ВЛ 35 кВ, длина 12км, ответвление 4,6км

4 Измерение помех

4.1 Общее представление о помехах на выходе ВЧ тракта

Помехи на выходе ВЧ тракта можно разделить на постоянно и временно действующие.

К постоянно действующим относятся помехи, существующие при нормальном режиме сети (без каких либо коммутаций). Их, в свою очередь, можно разделить на широкополосные и узкополосные.

Широкополосные помехи вызываются короной на фазах ВЛ. Широкополосными они называются потому, что спектр источников этих помех (стримерные разряды у поверхности фазных проводов) практически равномерен во всей полосе частот, выделенной для каналов ВЧ связи³.

Узкополосные помехи (иногда их называют селективными) обусловлены сигналами от каналов, работающих в рассматриваемой электрической сети, и радиостанциями, работающими в регионе, где эта сеть расположена.

К временно действующим относятся помехи, возникающие при коммутационных операциях разъединителями и выключателями, а так же при различного вида аварийных ситуациях и при грозе.

Рассмотрим отдельно особенности каждого из видов помех.

4.1.1 Постоянно действующие широкополосные помехи

Постоянно действующие помехи должны учитываться при определении работоспособности каналов ВЧ связи.

Для широкополосных помех работоспособность канала определяется выбором минимально допустимого уровня приёма, обеспечивающего требуемое соотношение сигнал/помеха.

На линиях напряжением 110 кВ и выше основным источником широкополосных помех при нормальном режиме линии является корона на фазах линии. Короной называется явление, при котором в некотором объеме воздуха вблизи поверхности фазных проводов из-за большой напряженности электрического поля появляются электрические разряды.

ВЧ помехи от короны обусловлены практически только разрядами так называемой «положительной» короны, которая возникает в интервалы времени, примерно равные 6 мс, когда напряжение на данной фазе ВЛ близко к положительному максимуму. Так как коронируют все три фазы линии, то в течение одного периода промышленной частоты на выходе ВЧ тракта возникает, в общем случае, три всплеска напряжения помех. Исключение составляет всего два случая. Первый случай – ВЧ тракт со схемой присоединения фаза-фаза крайние к нетранспонированной линии с горизонтальным расположением фаз. На выходе этого ВЧ тракта за время периода 50 Гц (20 мс) имеется всего два всплеска напряжения помех (помехи от короны на средней фазе в этом тракте практически отсутствуют). Второй случай – ВЧ тракт с внутрифазным присоединением к изолированным проводам расщепленной фазы, на выходе которого за время 20 мс имеется всего один всплеск напряжения помех (помехи от коронирования двух нерабочих фаз в этом тракте практически отсутствуют).

В каждый из моментов времени помехи от короны являются помехами типа белого шума с периодически изменяющимся среднеквадратичным значением.

На рис. 4.1 приведены осциллограммы напряжения помех от короны при различных схемах присоединения к ВЛ.

³ Уровень помех, измеренный по концам ВЛ, с увеличением частоты уменьшается. Это происходит за счет увеличения затухания ВЛ (как среды распространения помех от источников к концам ВЛ) с ростом частоты.

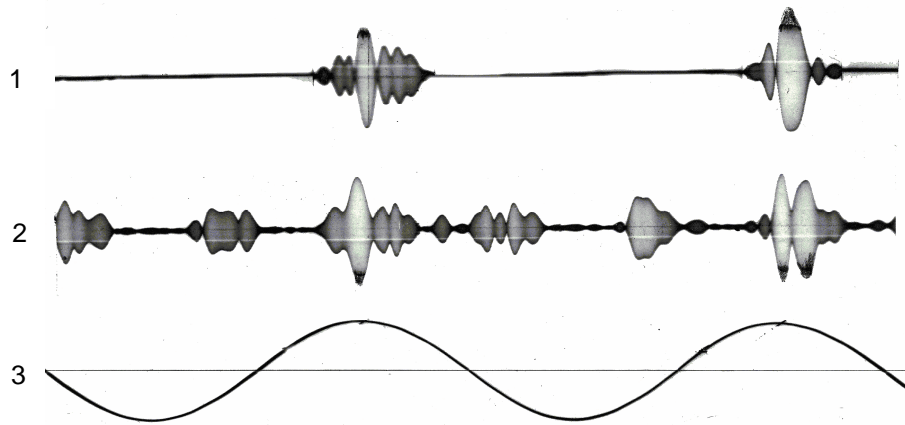


Рисунок 4.1 Осциллограммы помех от короны в ВЧ трактах с разными схемами подключения к ВЛ
1) – внутрифазный тракт; 2) – тракт фаза-земля; 3) напряжение 50 Гц рабочей фазы.

Максимальные значения среднеквадратичного напряжения в каждом из всплесков помех, обусловленных короной на каждой из фаз, могут значительно отличаться один от другого. Соотношение между ними зависит от схемы присоединения к линии, от того транспонирована линия или нет, от погодных условий на трассе ВЛ.

Хотя среднеквадратичное напряжение помех от короны имеет ярко выраженную зависимость от фазы напряжения промышленной частоты, для оценки влияния этих помех на достоверность приема сигналов используют среднее среднеквадратичное значение уровня помех $L_{\text{пом}}$. Величина этого уровня зависит от ширины полосы частот Δf , в которой определяются помехи. Если известен (по результатам измерений или расчетов) уровень помех, определенный в полосе частот Δf_1 , то пересчет этого уровня в другую полосу частот Δf_2 производится по формуле:

$$P_{\text{пом } \Delta f_2} = P_{\text{пом } \Delta f_1} + 10 \lg \left(\frac{\Delta f_2}{\Delta f_1} \right) \quad (4.1)$$

Уровень помех от короны является случайной величиной, зависящий при прочих равных условиях от многих внешних факторов, изменяющихся во времени (напряжение линии, атмосферное давление, температура и влажность воздуха, осадки, их интенсивность и место выпадения на трассе ВЛ, и т.д.). В наибольшей степени на величину уровня помех от короны оказывают влияние осадки в виде дождя и снега и загрязненность воздуха. Помехи с наибольшим уровнем возникают при интенсивном дожде на участке линии, прилегающем к подстанции, где эти помехи определяются. Разница между уровнями помех, измеренными на одной и той же линии в хорошую погоду и при сильном дожде, может достигать до 20 - 30 дБ. Разница между уровнями помех, измеренными при внешне одинаковых условиях, может достигать до 5 - 10 дБ.

В таблице 4.1 приведены принятые нормы на уровни помех от короны для линий разного класса напряжения.

Нормы, даны для номинального уровня помех, который определяется для частоты 100 кГц, в полосе 1 кГц и при вероятности того, что этот уровень будет превышен, равной 50% ($L_{\text{пом} \cdot 50\%}$).

Таблица 4.1 Нормы на уровни помех от короны.

Номинальное напряжение линии, кВ.	110	220	330	500	750
Номинальный уровень помех $L_{\text{пом} \cdot 50\%}$, дБм.	-38	-28	-26	-20	-19

На рис 4.2 приведена кривая вероятности превышения номинального уровня помех $L_{\text{пом.50\%}}$ на заданную величину ΔL .

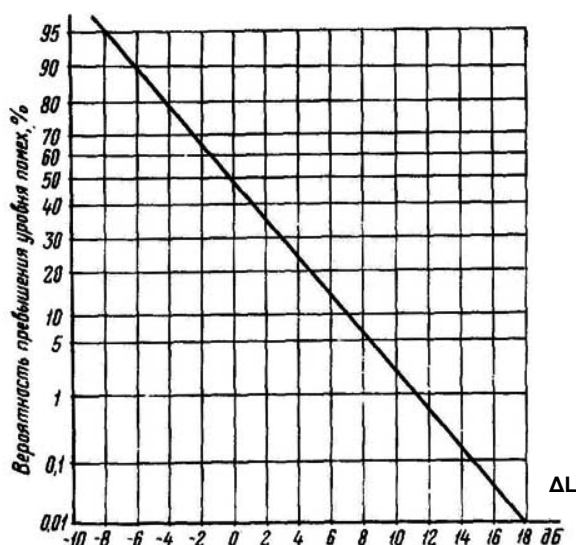


Рисунок 4.2. Кривая для определения вероятности превышения уровня помех над уровнем $(L_{\text{пом.50\%}} + \Delta L)$.

4.1.2 Постоянно действующие узкополосные помехи

Постоянно действующие помехи должны учитываться при определении работоспособности каналов ВЧ связи.

Для узкополосных помех работоспособность канала связи определяется правильным выбором частот рассматриваемого канала. Этот выбор должен обеспечить соответствие нормам взаимные влияния между рассматриваемым каналом и другими каналами, работающими в общей электрической сети.

Сигналы каналов, работающих по какой либо ВЛ, распространяются по электрической сети далеко за пределы этой ВЛ. Для любого канала ВЧ связи сигналы, передаваемые другими каналами, являются помехами, и поэтому их уровни и частоты должны учитываться при анализе работоспособности каналов ВЧ связи.

Распространение сигналов в сети одного напряжения происходит за счёт того, что все линии этой сети кондуктивно соединены между собой через сборные шины ПС, между которыми эти линии включены. Между сетями разного напряжения распространение происходит через ёмкостные связи между обмотками разного напряжения силовых трансформаторов, установленных на ПС. Кроме того, разные части сети могут «соединяться» между собой по высокой частоте в местах сближения или пересечения разных линий за счёт электромагнитной связи между этими линиями в месте сближения (пересечения).

Ограничение этого распространения происходит за счёт естественного затухания сигналов на длине линий, по которым эти сигналы распространяются, затухания, вносимого шунтирующим действием ПС и за счёт включённых в линии ВЧЗ. По отношению к ВЧЗ надо помнить, что они включены не всегда и не во все фазы, и, кроме того, они ограничивают только те сигналы, частоты которых располагаются в пределах полосы запыриания ВЧЗ.

4.1.3 Временно действующие помехи

Временно действующие помехи имеют импульсный характер и вызываются разрядами молний при грозе, и электрическими пробоями воздушных промежутков, которые происходят:

- в месте короткого замыкания (КЗ) в электрической системе;
- между ножами разъединителей и контактами выключателей при операциях включения или отключения этих аппаратов;
- при пробое искровых промежутков, защищающих изоляцию стального грозозащитного троса, подвешенного на ВЛ.

Представление о параметрах временно действующих помех можно получить из таблицы 4.2.

Таблица 4.2 Параметры помех, обусловленных различными источниками.

Источник помех	Уровень $L_{\text{пом}}$, дБн	Среднее число импульсов в сек.	Длительность помех, мс
Включение и отключение участков сборных шин и оборудования разъединителем	+25	(2-3) в начале включения или в конце отключения; (100-1000) в остальное время	500-5000
Включение и отключение линии выключателем	+20	1000-2000	5-20
Начало дугового КЗ	+25	1000-2000	2-5
Горение устойчивой дуги	-10	100-300	-
Отключение КЗ выключателем	+25	1000-2000	10-30
Разряды молнии	+25	2-3 (доходит до 40)	≤ 1000

Примечания: 1) Уровень помех даётся для полосы частот 4 кГц; 2) Уровень помех определяется как $20\log(U_{\text{пом}}/0,775)$, где $U_{\text{пом}}$ – действующее значение синусоидального напряжения, амплитуда которого равна амплитуде импульса;

Как и помехи от короны, временно действующие помехи являются широкополосными, то есть их спектр занимает весь диапазон частот, выделенный для ВЧ связи. Максимальный уровень этих помех очень высок (намного больше, чем уровень помех от короны) и отстроиться от него, и сохранить работоспособность каналов ВЧ связи во время действия этих помех невозможно. Однако, имея в виду кратковременность действия этих помех, с потерей на это время работоспособности каналов можно не считаться. Исключением являются помехи от пробоев искровых промежутков, защищающих изоляцию стального грозозащитного троса, которые могут длиться неопределённо долго и длительно нарушать работу ВЧ каналов по ЛЭП. Эти помехи возникают в случаях, когда по тем или иным причинам нарушается заземление троса и на нем через емкостные связи с фазами наводится высокое напряжение относительно земли. Обеспечить нормальную работу ВЧ каналов в данной ситуации можно только восстановив заземление троса. Характерной особенностью помех этого вида, по которой можно идентифицировать источник помех, является то, что они возникают дважды за период 50 Гц вблизи максимумов положительной и отрицательной полуволны напряжения на тросе. Характерная зависимость этих помех показана на рисунке 4.3.

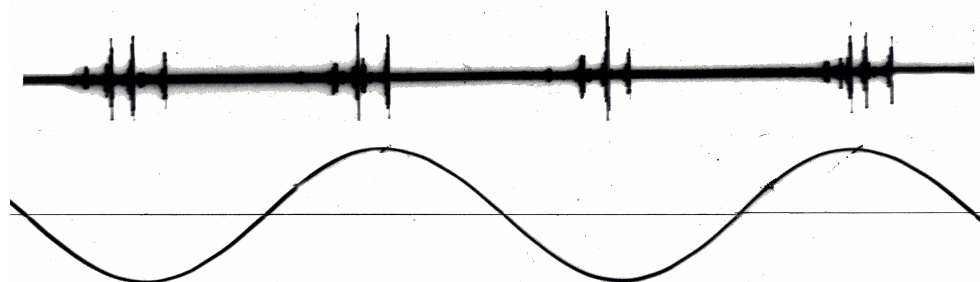


Рисунок 4.3. Осциллограмма помех от пробоя искровых промежутков на тросах.

4.2 Методы проведения измерений

Уровень и характер помех оказывают прямое влияние на работу канала связи. Параметры помех измеряются как при вводе каналов ВЧ связи в эксплуатацию, так и в течение эксплуатации этих каналов. В общем случае, имеется необходимость в измерении всех видов помех, существующих на выходе ВЧ тракта. Это:

- постоянно действующие помехи (широкополосные - от короны на проводах ВЛ, и узкополосные - от ВЧ каналов, работающих в прилегающей электрической сети, и от радиостанций);
- кратковременно действующие (широкополосные импульсные помехи от полного или частичного перекрытия высоковольтной изоляции и от операций разъединителями и выключателями).

Результаты измерения широкополосных помех от короны используются для установки параметров приёмного тракта аппаратуры и определения условий сохранения работоспособности канала (чувствительность приёмника, запас по затуханию).

Результаты измерения узкополосных помех используются для определения электромагнитной совместимости рассматриваемого канала с каналами, работающими в прилегающей электрической сети. Кроме того, эти данные могут быть использованы при выборе частот новых ВЧ каналов для данной подстанции.

Измерения кратковременно действующих помех производят опционально, только при обусловленной какими либо причинами необходимости в таких измерениях.

Измерения должны производиться так, чтобы получить правильное представление об источниках помех и (для постоянно действующих помех) о соответствии измеренных уровней нормам.

При выявлении отклонения измеренных значений от нормы материалы измерений должны давать возможность определить причины несоответствия измеренных значений параметров их ожидаемым (или ранее измеренным) значениям или разработать программу дополнительных измерений для уточнения этих причин.

В настоящем разделе приводятся рекомендуемые схемы измерений, в которых определяются параметры помех. Рекомендации по условиям проведения измерений и анализа их результатов с учётом особенностей помех от источников разного типа, условий погоды и т.п., приводятся в разделе 4.3.

Методика по проведению измерений кратковременных помех дополнительно рассмотрена в разделе 4.4.

Измерению подлежат уровни широкополосных и узкополосных помех и зависимости огибающей среднеквадратичного напряжения широкополосных помех от фазы напряжения промышленной частоты (фазограммы). Измерение фазограмм необходимо для идентификации источника широкополосных помех.

Измерение уровня помех производят на ВЧ кабеле, нагруженном на сопротивление 75 Ом, как показано на рис. 4.4. При этом измерительный прибор должен иметь высокоомный вход. Возможен вариант, когда сопротивление $Z_1=75$ Ом отдельно не устанавливается и ВЧ тракт нагружается на входное сопротивление прибора, которое в этом случае должно быть равным 75 Ом.

Противоположный конец ВЧ тракта может оставаться нагруженным на существующую аппаратуру.

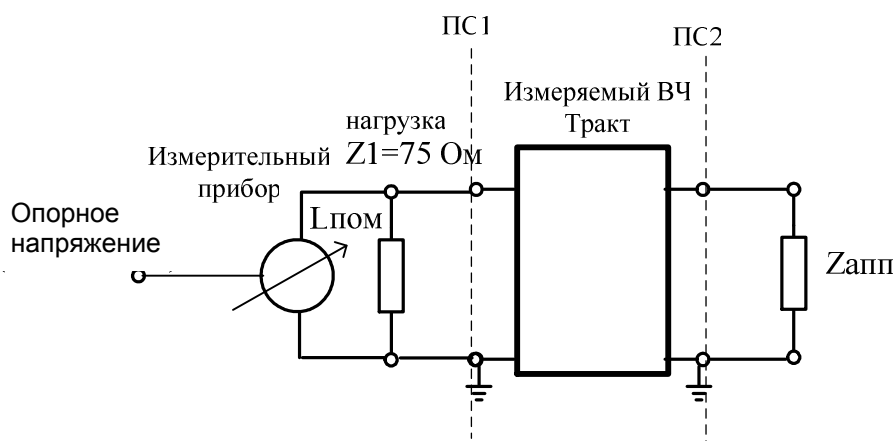


Рисунок 4.4. Схема измерения параметров постоянно действующих помех

Измерение фазограммы производят в той же схеме рис. 4.4, но при этом должна иметься возможность введения в измерительный прибор напряжения 50 Гц сети, называемого «опорным» напряжением. При измерении фазограммы прибор должен одновременно синхронно и синфазно измерять мгновенные значения напряжения помех и «опорного» напряжения 50 Гц и сохранять эти значения для создания выборки из достаточно большого числа периодов 50 Гц. Далее соответствующей совместной обработкой значений мгновенных напряжений помех и 50 Гц из полученной выборки производится расчёт и построение зависимости среднеквадратичного напряжения помех от фазового угла напряжения 50 Гц.

При измерениях в схеме рис. 4.4 уровней постоянно действующих помех, в качестве измерительного прибора используют измеритель спектра (избирательный измеритель уровня) AnCom A-7/307, который полностью отвечает необходимым при таких измерениях требованиям:

- детектор прибора имеет характеристики, соответствующие измерениям реального среднеквадратичного значения напряжения при измерениях любого сигнала и помех;
- прибор даёт возможность измерения и отображения панорамы сигналов и помех в заданной частотной области с различной разрешающей способностью (полосой избирательности), которая может варьироваться в пределах от 10 до 500 Гц;
- прибор даёт возможность получения усредненного значения уровня измеряемого сигнала (помех). Усреднение может производиться по результатам нескольких измерении уровня на каждой из измеряемых частот и/или по результатам измерений при «кольцевом» многократном их повторении;
- прибор даёт возможность измерения фазограммы напряжения широкополосных помех в выбранной полосе частот, используя в качестве опорного напряжения 50 Гц напряжение питающей прибор электрической сети.

4.3 Рекомендации по проведению измерений

Рекомендации по проведению измерений можно разделить на общие, касающиеся измерений любого вида помех, и частные, касающиеся особенностей измерений помех разных типов.

4.3.1 Общие рекомендации

Общие методические рекомендации, которые необходимо учитывать при измерениях параметров помех любого вида, следующие:

- **измерения необходимо производить при отключённых передатчиках аппаратуры, подключённых к измеряемому ВЧ кабелю.**

Это необходимо для исключения перегрузки входных цепей измерительного прибора, динамический диапазон которого должен быть рассчитан на измерение и относительно низких уровней. Такие измерения рекомендуется проводить при вводе каналов в эксплуатацию. При повторных измерениях постоянно действующих помех, проводимых в процессе эксплуатации, допускается измерение помех в схеме рис. 4.4 без отключения аппаратуры уплотнения и без нагрузки тракта на 75 Ом. В этом случае следует принять меры для исключения перегрузки входных цепей измерительного прибора и иметь в виду, что измеренные уровни будут примерно на 6 дБ выше, чем, если бы они были измерены в схеме рис. 4.4 с нагрузкой 75 Ом.

- измерения необходимо производить на обоих концах ВЧ тракта.
- уровни должны измеряться в единицах дБм (по мощности).

Результаты измерений должны оформляться протоколом, в котором кроме результатов измерений должны быть указаны: дата измерений, типы и номера измерительных приборов, схема измерений, использованная полоса избирательности прибора, значение линейного напряжения ВЛ во время измерений и погодные условия (в том числе наличие или отсутствие осадков). При записи погодных условий рекомендуется использовать следующие градации: хорошая погода; дождь; мокрый снег; сухой снег; гололед (изморозь). При этом в градацию сухой снег входят: снег, снежная крупа, метель с выпадением снега и просто метель (за исключением низовой метели и поземки, которые не достают проводов).

4.3.2 Частные рекомендации

Частные методические рекомендации, которые следует учитывать при измерениях параметров помех, касаются, в основном, выбора полосы частот, в пределах которой необходимо проводить измерения, полосы избирательности прибора и погодных условий.

- **Измерение постоянно действующих узкополосных помех.**

При измерении постоянно действующих узкополосных помех должны быть выбраны граничные частоты, между которыми будет измеряться панорама помех (диапазон частот), и полоса избирательности прибора.

Диапазон частот, в котором рекомендуется проводить измерения, должен быть не уже полосы, общей для рабочих полос частот используемых фильтров присоединения и ВЧ заградителей.

Полосу избирательности измерения рекомендуется принимать с учетом необходимой селективности и общего времени измерения. Рекомендуемое значение 250 Гц.

На полученной в результате измерений панораме необходимо, по возможности, идентифицировать источники зафиксированных при измерениях узкополосных сигналов. Кроме того, необходимо определить полосы частот, расположенные примерно в начале, середине и конце измеряемого диапазона, в пределах которых отсутствуют узкополосные помехи. Эти полосы должны использоваться при измерении постоянно действующих широкополосных помех, а также временно действующих помех в случаях, когда появится необходимость в таких измерениях:

- **Измерение постоянно действующих широкополосных помех.**

Измерение уровня и характера помех от короны, как правило, должно производиться на частотах, располагающихся примерно в начале, середине и конце рабочего диапазона частот, общего для полос установленных ФП и ВЧЗ. Частоты выбираются, используя результаты измерения панорамы узкополосных помех, таким образом, чтобы вблизи выбранных для измерения частот узкополосные помехи отсутствовали (лежали, по крайней мере, на 10 дБ ниже уровня измеряемых широкополосных помех). Рекомендуется выбрать полосу анализа 4 кГц.

Проверка того, что измеряемый уровень обусловлен широкополосными помехами, может быть осуществлена сравнением уровня помех, измеренного на одной и той же частоте, но при разных полосах избирательности. Измеренные при разных полосах избирательности (Δf_1 и Δf_2) уровни должны соотноситься в соответствии с приведённой ранее формулой (4.1).

Измерение фазограммы (оггибающей среднеквадратичного напряжения помех от фазы напряжения промышленной частоты) производится одновременно с измерением уровня помех. При этом в качестве опорного напряжения желательно брать напряжение той фазы, по которой организован рассматриваемый тракт. Во всяком случае, для «привязки» «пиков» фазограммы к напряжению фазы, необходимо знать напряжение какой фазы используется в качестве опорного.

Если источником измеряемых помех является корона, то эта зависимость должна иметь характерный «треугольный» вид.

Измерения широкополосных помех, проводимые при вводе каналов в эксплуатацию и в рамках ТО, рекомендуется производить при одинаковых погодных условиях (рекомендуется хорошая погода).

При сопоставлении результатов измерений с нормами на уровни помех, результаты измерений следует приводить к полосе 1 кГц по формуле (4.1), в которой Δf_2 принимается равной 1 кГц.

Имея в виду, что помехи от короны являются случайной величиной, результаты измерений, проводимых в разное время при внешне одинаковых погодных условиях, могут различаться. Это

вызывает некоторую неопределённость в сопоставлении результатов измерений с нормой. Тем не менее, если измеренное значение уровня помех существенно не превышает норму, можно считать уровень помех соответствующим норме.

При исследованиях для получения более достоверного вывода о соответствии помех от короны норме, рекомендуется производить измерения при интенсивном дожде или снеге, идущими вблизи подстанции (именно в такую погоду уровни помех наиболее стабильные (повторяющиеся по результатам разных измерений)).

При этом с нормой должен сравниваться измеренный при этих условиях уровень помех, за вычетом 10 дБ.

➤ **Измерение временно действующих широкополосных помех.**

Измерение этого вида помех в рамках эксплуатации производится только для тех помех, появление которых выводит из строя каналы ВЧ связи на достаточно длительное время (периодически возникающие пробои части основной изоляции и пробои искровых промежутков на грозозащитных тросах). Измерение уровня и характера (фазограммы) этих помех должно производиться на одной из частот, выбранных по результатам измерения панорамы узкополосных помех так, чтобы вблизи этих частот узкополосные помехи отсутствовали. Полоса избирательности прибора может быть выбрана в пределах от 3 до 5 кГц.

Оценка среднеквадратичного уровня помех $L_{\text{пом}}$ в любой полосе Δf_2 по его значению, измеренному в полосе Δf_1 , может быть произведена исходя из неравенства:

$$L_{\text{ном.}\Delta f_1} + 10Lg\left[\frac{\Delta f_2}{\Delta f_1}\right] \leq L_{\text{ном.}\Delta f_2} \leq L_{\text{ном.}\Delta f_1} + 20Lg\left[\frac{\Delta f_2}{\Delta f_1}\right], \quad (4.2)$$

Измерение фазограммы помех производится одновременно с измерением уровня помех.

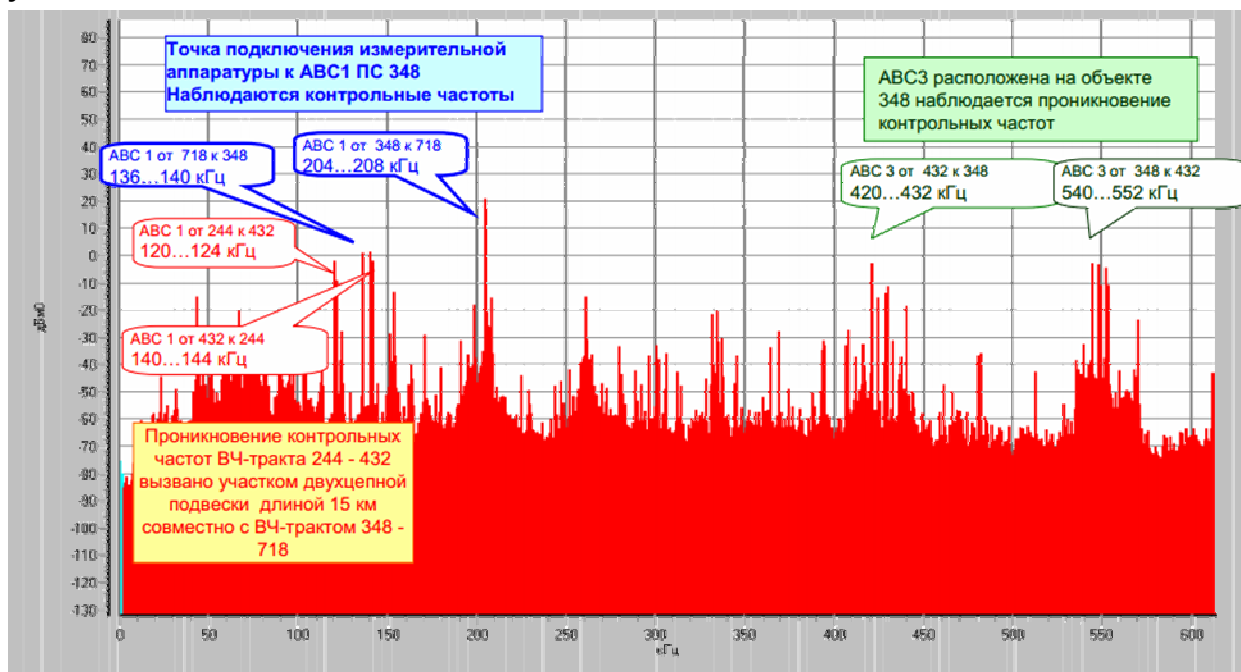
4.4 Методика измерений для AnCom A-7/307

4.4.1 Особенности измерения помех

- измерения необходимо производить на обоих концах ВЧ тракта;
- измерение помех предлагается производить именно в указанном порядке:
 - **Постоянно действующие – узкополосные помехи (панорама и идентификация):** сначала производится измерение панорамы и идентификация узкополосных постоянно действующих помех; настройки прибора выбраны так, чтобы обеспечить время измерения не более 30...60 мин и время усреднения в каждой точке 0,5...1с; рекомендуемая полоса селекции 250 Гц;
 - **Постоянно действующие – широкополосные помехи от короны:** затем, в близкой к частотам приемников ВЧ каналов полосе 4 кГц, свободной от сосредоточенных помех, производится измерение широкополосных помех от короны. Помехи носят случайный характер по этому при их измерении необходимо включить режим усреднения;
 - **Мониторинг временно действующих помех:** при необходимости поиска неисправностей, возникающих при различного вида аварийных ситуациях, для анализа периодичности, времени возникновения и уровня помех производится анализ временных диаграмм всплесков шумов;
- работа на разных диапазонах частот АУ и на разных типах ВЛ (110, 220, 330, 500, 750) предполагает самостоятельную корректировку конфигураций и норм в соответствии с приведенными выше рекомендациями и методиками измерения, рассмотренными в разделе 4.4;
- новые конфигурации создаются на базе предложенных заводских – путем внесения в них изменений и «сохранения как...» под другим именем.

Примеры измерений.

Измерения панорамы частотного спектра сигналов, уровней и частот характерных узкополосных помех.

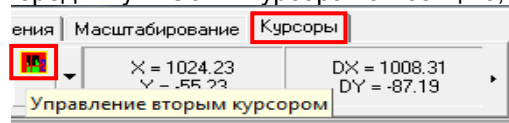


Высокоомное подключение к ВЧ тракту. Серебряные пруды (ПС 348) - Якимовка (ПС 718). «Каширские электрические сети».

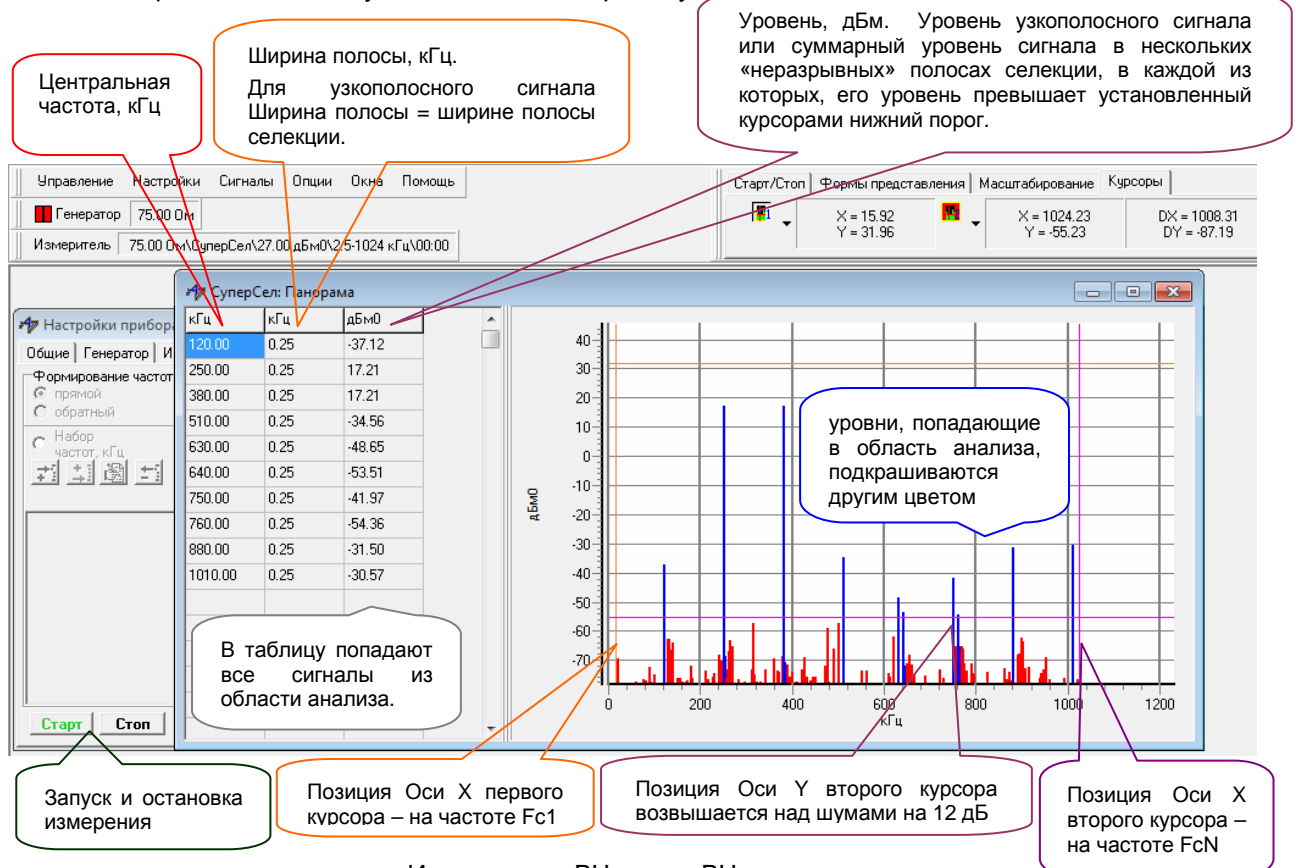
4.4.2 Постоянно действующие – узкополосные помехи (панорама и идентификация)

Измерение

- включить анализатор; подключить ВЧ кабель к анализатору согласно схеме; на противоположном конце тракта к ВЧ кабелю должен быть подключен резистор P75;
- загрузить конфигурацию – заводскую «16-1024 кГц Узкополосные помехи» или свою – из папки \Config\ВЧ_связь\ВЧ_тракт;
- запуск измерения производится нажатием кнопки «Старт» – в заданной области анализа:
 - установить/отредактировать первый курсор – определяет левую и верхнюю границу,
 - установить/отредактировать второй курсор – определяет правую и нижнюю границу,
 - все уровни, попадающие в область анализа, подкрашиваются другим цветом;
- при появлении предупреждения (в нижней части окна программы) о перегрузке:
 - остановить измерения кнопкой «Стоп»,
 - в Настройках прибора → Общие (F4): Измеритель – установить Макс.уровень (максимальное измеряемое мгновенное значение уровня) 47 дБм0 и нажать кнопку «Установить»;
 - запустить измерения нажатием кнопки «Старт»;
- при начальном вводе тракта в эксплуатацию «Н» – установить нижнюю границу области анализа таким образом, чтобы она превышала средний уровень дорожки шумов на 12 дБ (при полосе селекции 250 Гц):
 - окно «Панорама» должно быть активно,
 - панель "Управление" → Курсоры → Управление вторым курсором: стрелками ↓ и ↑ передвинуть Ось Y курсора на позицию, возвышающуюся над шумами на 12 дБ;




- при всех последующих видах обслуживания использовать именно эту, установленную при вводе в эксплуатацию, нижнюю границу;

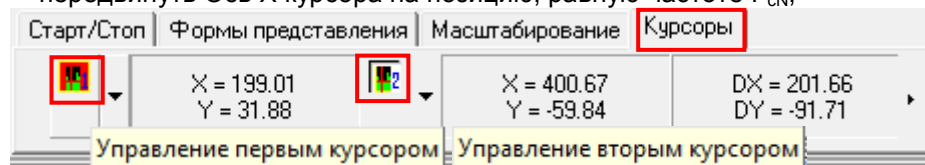


Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт

- по окончании измерений вызвать меню графика в окне «Панорама» двойным кликом (левая клавиша мыши) и выбрать «Сохранить график как маску» – для сравнения с результатами измерений при всех последующих видах обслуживания;
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в HTML-протоколе:
 - после сохранения, открыть файл протокола редактором (например, Word) и заполнить ячейки «Идентифицированный источник помех», присвоив тем самым распознанным источникам узкополосных помех наименования источников их возникновения,
 - сохранить измененный файл HTML-протокола в редакторе.

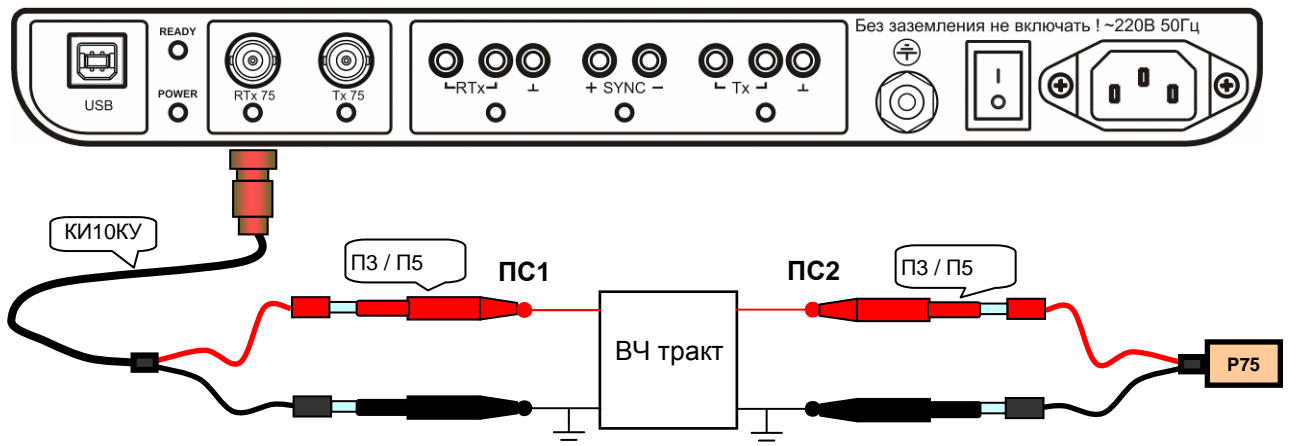
Для измерения узкополосных помех в другом Диапазоне частот оборудования обработки

- Диапазон частот оборудования обработки – полоса частот, в которой одновременно обеспечивается пропускание ФП и заграждение ВЧЗ;
- в загруженной конфигурации остановить измерения кнопкой «Стоп»;
- в Настройках прибора → СуперСел (F9):
Скан. установить Диапазон частот  Скан. от Fc1 200 до FcN 400 кГц оборудования обработки от F_{c1} до F_{cN};
- установить измерительные курсоры в соответствии с Диапазон частот оборудования обработки (окно «Панорама» активное):
 - панель "Управление" → Курсоры → Управление первым курсором: стрелками ← и → передвинуть Ось X курсора на позицию, равную частоте F_{c1},
 - панель "Управление" → Курсоры → Управление вторым курсором: стрелками ← и → передвинуть Ось X курсора на позицию, равную частоте F_{cN},



- панель "Управление" → Масштабирование: выставить более удобный масштаб для графика «Панорама»;
- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «200-400 кГц Узкополосные помехи.cfg», где 200-400 кГц – Диапазон частот оборудования обработки.

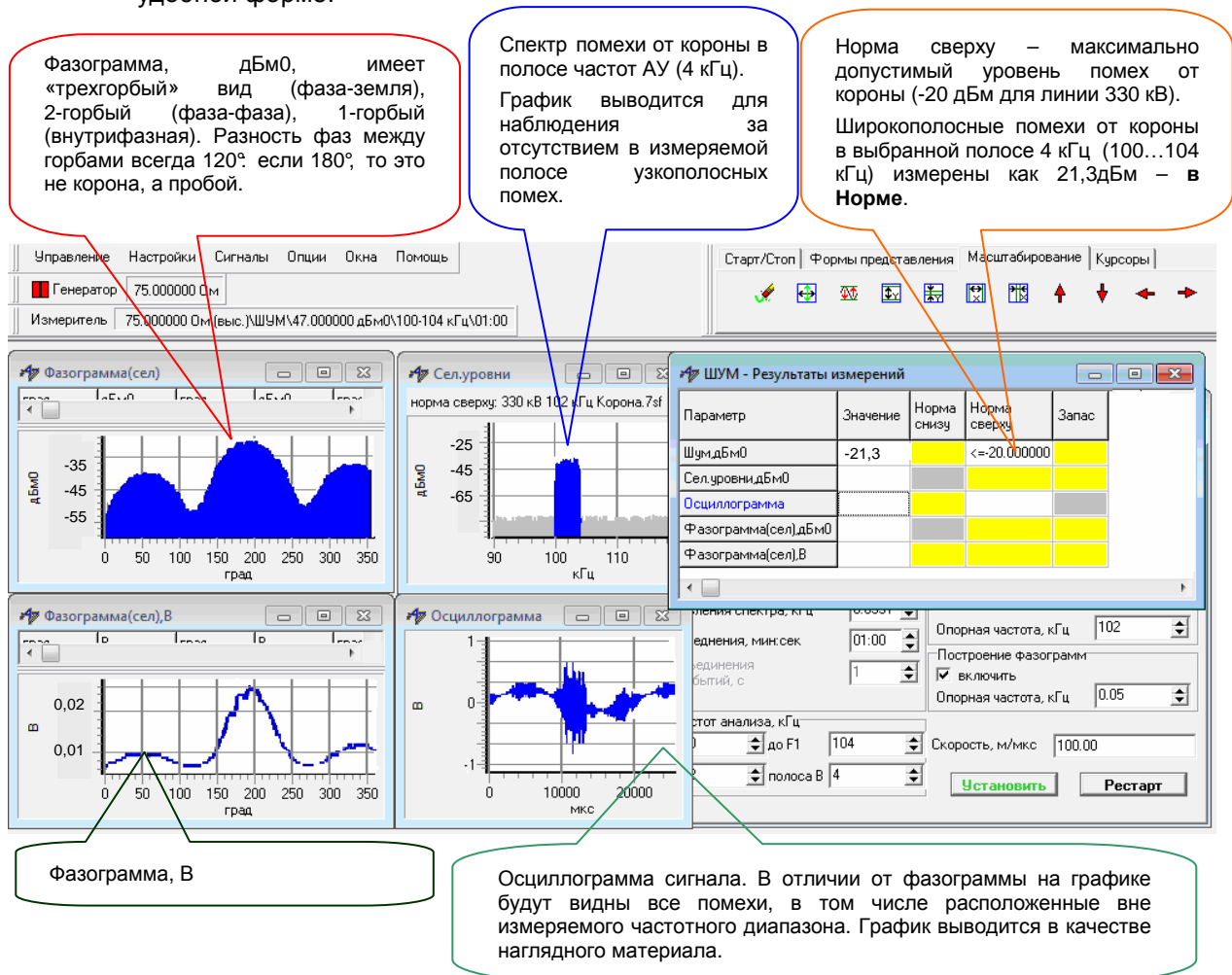
Схема подключения к анализатору



4.4.3 Постоянно действующие – широкополосные помехи от короны

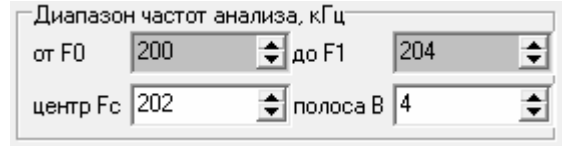
Измерение

- включить анализатор; **Внимание!** Анализатор должен быть подключен к сети ~220 В / 50 Гц. Рекомендуется подключение к фазе, на которой проводится измерение шумов – т.к. сигнал напряжения питания используется для синхронизации измерений;
- подключить ВЧ кабель к анализатору согласно схеме; на противоположном конце тракта к ВЧ кабелю рекомендуется подключить резистор P75;
- загрузить конфигурацию – заводскую «330 кВ 102 кГц Широкополосные помехи от короны» (что соответствует измерению в полосе 100...104 кГц и установленным нормам для ВЛ 330 кВ) или свою – из папки \Config\ВЧ_связь\ВЧ_тракт;
 - измерения необходимо проводить в полосе частот (4кГц) близкой к частотам приемников ВЧ каналов, свободной от сосредоточенных помех (см. результаты измерений «Постоянно действующие – узкополосные помехи»);
- запуск измерения с проверкой параметра «Шум, дБм0» на соответствие Норме (значение «Нормы сверху» зависит от напряжения ВЛ) производится сразу по загрузке конфигурации;
- при выходе характеристики за установленную норму, в окне «Шум – Результаты измерений» Значение параметра «Шум, дБм0» изменится с «Нормы» на **«Ненорма»**;
- подтверждение природы широкополосной помехи: фазограмма (среднеквадратичное напряжение и уровень помехи в зависимости от фазы сигнала опорной частоты 50 Гц) должна иметь характерный «трехгорбый» вид (фаза-земля);
- по окончании измерений сохранить результаты для последующего анализа в любой удобной форме.



Для измерения помех от короны в другой полосе 4 кГц

- в загруженной конфигурации, в Настройках прибора → Измеритель (F6) установить Диапазон частот анализа, кГц от F0 ($F_C - B/2$) до F1 ($F_C + B/2$), для чего задать
 - центральную частоту F_C , причем полученная F1 не должна превышать 512 кГц (особенности прибора),
 - ширину полосы диапазона частот анализа B оставить равной 4 кГц,
 - нажать кнопку «Установить»;
- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «330 кВ 202 кГц Широкополосные помехи от короны.cfg», где 202 кГц – Центральная частота F_C .



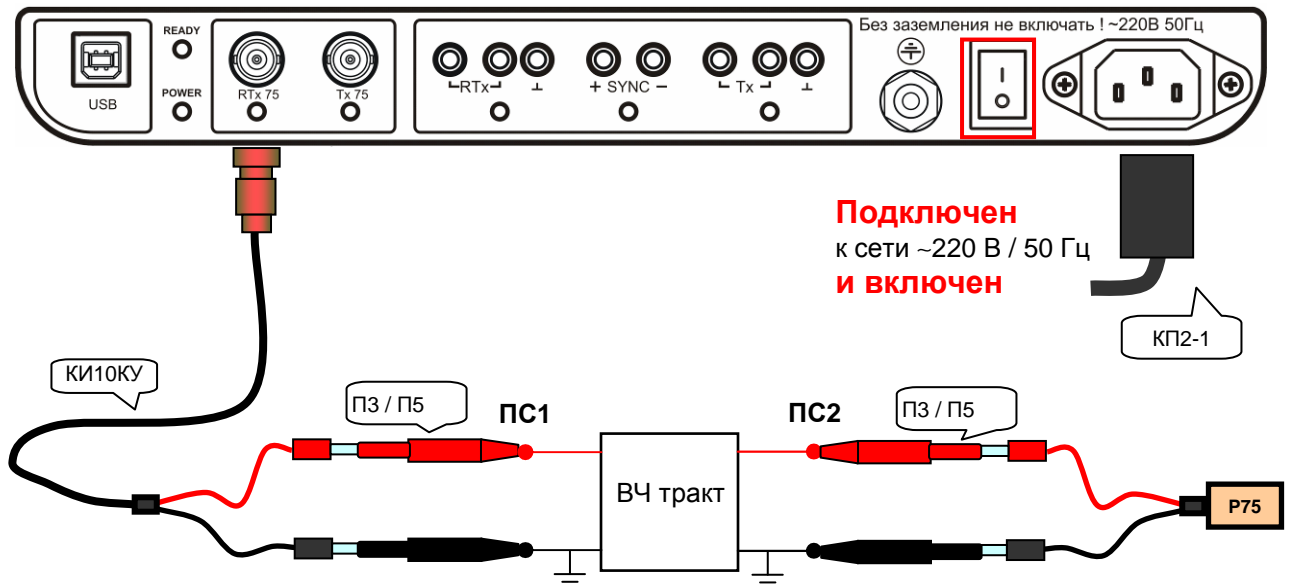
Для установки Нормы на помехи от короны – для других Номинальных напряжений линии

- в загруженной конфигурации, в меню «Сигналы → Шум: настройка параметров» изменить значения параметра «Шум, дБм0 → Норма Сверху»;
- рекомендуется в качестве Норм использовать результаты расчетов по программе WinNoise (для ВЛ 330 кВ и выше, с поправкой 6дБ для полосы 4 кГц); допускается использовать нормы, приведенные в таблице:

Номинальные напряжения линии, кВ	110	220	330	500	750
Шум, дБм0 и Макс.Шум, дБм0 → Норма Сверху	-32	-22	-20	-14	-13

- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «330 кВ 102 кГц Широкополосные помехи от короны», где 330 кВ – Номинальное напряжение измеряемой линии.

Схема подключения к анализатору

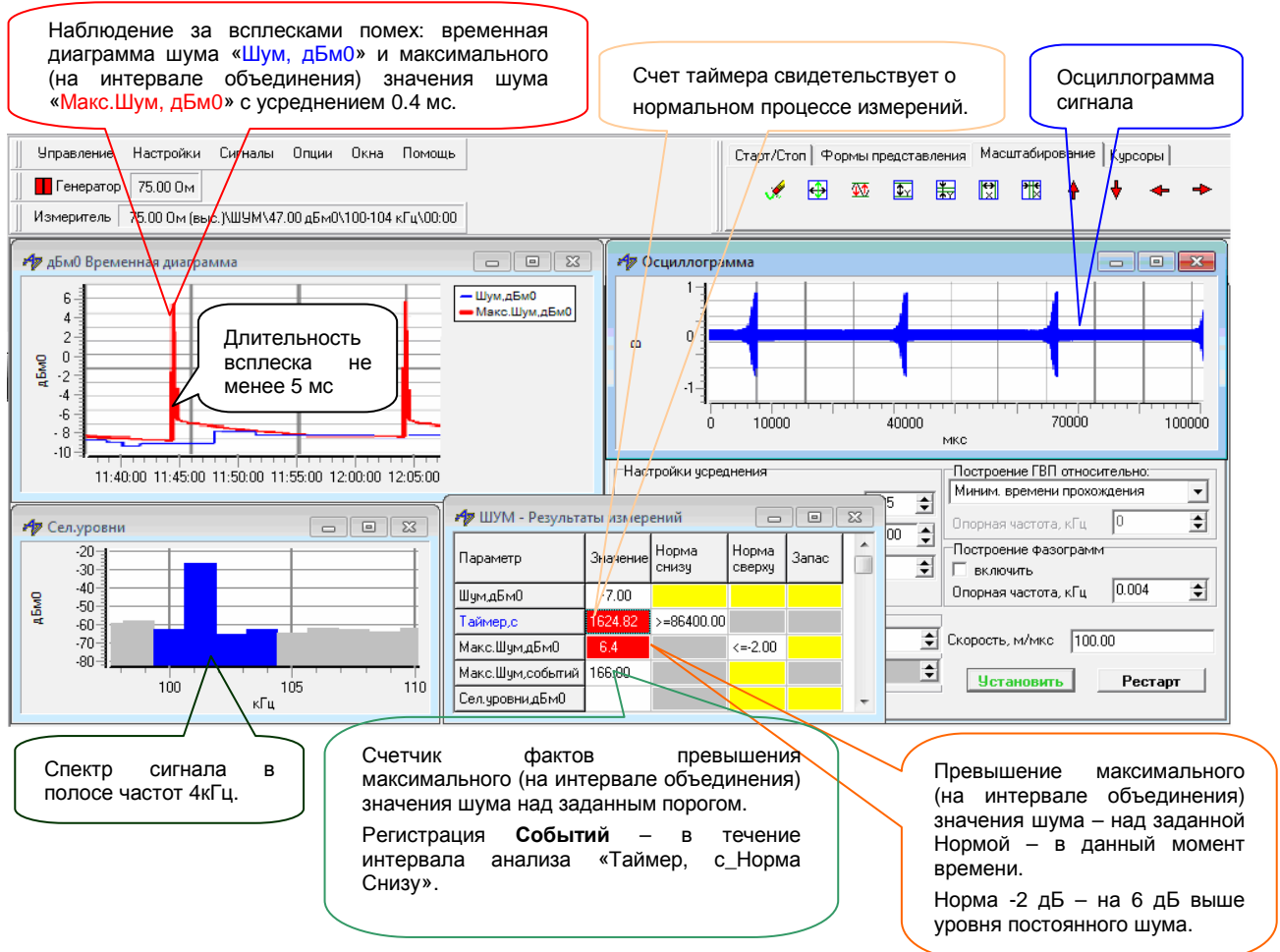


4.4.4 Мониторинг временно действующих помех

Измерение предназначено для анализа периодичности, времени возникновения и уровня временно действующих помех, возникающих при различного вида аварийных ситуациях;

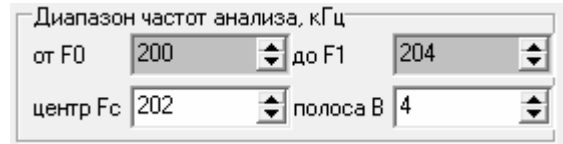
Измерение

- включить анализатор;
- подключить ВЧ кабель к анализатору согласно схеме; на противоположном конце тракта к ВЧ кабелю должен быть подключен резистор R75;
- загрузить конфигурацию – заводскую «330 кВ 102 кГц Контроль всплесков помех» или свою – из папки \Config\ВЧ_связь\ВЧ_тракт;
 - измерения необходимо проводить в полосе частот (4кГц) близкой к частотам приемников ВЧ каналов, свободной от сосредоточенных помех (см. результаты измерений «Постоянно действующие – узкополосные помехи»),
 - установить в меню «Сигналы → Шум: настройка параметров» Норму на параметр «Макс.Шум, дБм0 → Норма Сверху» на 6 дБ выше уровня постоянно действующих широкополосных помех (Шум, дБм0);
- **Событие** – факт превышения максимального (на интервале объединения от 0,1 до 10 с) значения шума «Макс.Шум, дБм0» над заданным порогом «Макс.Шум, дБм0_Норма Сверху»;
- регистрация событий производится в течение интервала анализа «Таймер, с_Норма Снизу»;
- при выходе характеристики за установленную норму, в окне «Шум – Результаты измерений» Значение параметра «Макс.Шум, дБм0» изменится с «Нормы» на **«Ненорма»**;
- при проведении измерения актуально использование такой возможности анализатора, как «Сохранение результатов измерений в файле» («видео ролик») – кнопка «Rec», вкладка «Старт / Стоп».



Для мониторинга временно действующих помех в другой полосе частот

- в загруженной конфигурации, в Настройках прибора → Измеритель (F6) установить Диапазон частот анализа, кГц от F0 (Начальная частота) до F1 (Конечная частота):
 - ширину полосы диапазона частот анализа В оставить равной 4 кГц,
 - нажать кнопку «Установить»;
- сохранить конфигурацию в той же папке под новым информативным именем для последующих оперативных измерений, например, «330 кВ 202 кГц Контроль всплесков помех.cfg», где 202 кГц – Центральная частота F_с.



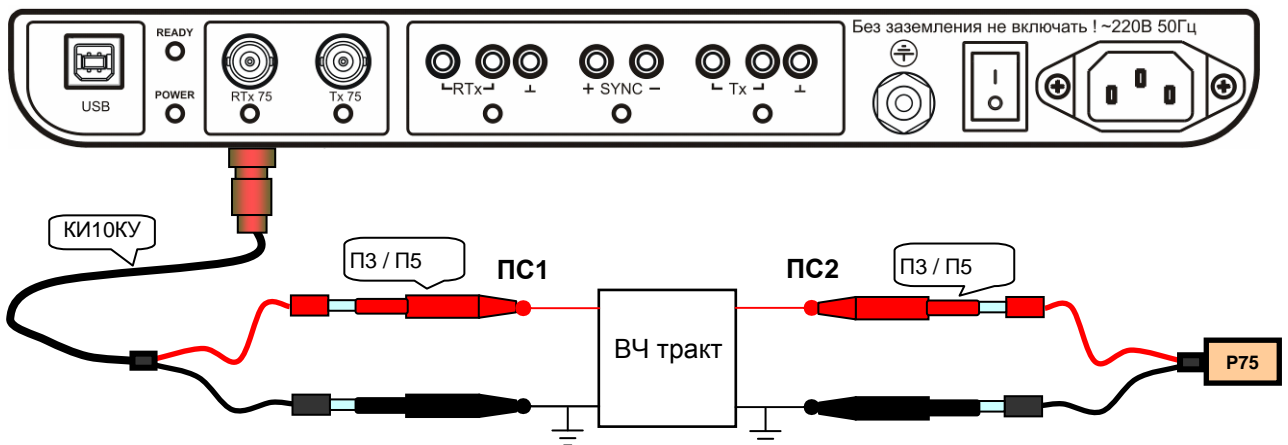
Регулировка глубины анализа – Интервал объединения случайных событий, с

- на установленном пользователем «Интервале объединения случайных событий» фиксируется максимальный уровень, который и индицируется как «Макс.Шум,дБм0»;
- в большинстве случаев целесообразно устанавливать Интервал объединения случайных событий 0,1 с;
- для изменения Интервала
 - в загруженной конфигурации, в Настройках прибора → Измеритель (F6) установить параметр «Интервал объединения случайных событий, с» от 0,1 до 10 с,
 - нажать кнопку «Установить»
 - чем меньше значение интервала объединения, тем больше глубина анализа.

Регулировка длительности анализа – Таймер, с

- время, в течение которого будут регистрироваться возникающие **События**;
- в загруженной конфигурации, в меню «Сигналы → Шум: настройка параметров» изменить значение параметра
 - Таймер, с → Норма Снизу.

Схема подключения к анализатору



4.5 Определение причин несоответствия уровня помех ожидаемым значениям

Из временно действующих широкополосных помех, поиск мест возникновения которых представляет интерес для эксплуатации, являются помехи от частичного пробоя основной изоляции и пробоя искровых промежутков подвесной изоляции грозозащитных тросов. Выявление этих помех, в той или иной степени повышающих общий уровень помех, производят на основании анализа измеренной фазограммы.

Измерение фазограммы производится одновременно с измерением уровня помех. Если имеет место частичные пробои высоковольтной изоляции или перекрытие искровых промежутков изоляторов тросов, то в фазограмме на фоне широкополосных помех от короны можно выделить два всплеска. Эти всплески сдвинуты на 10 мс и располагаются вблизи моментов времени, когда напряжение на фазе с поврежденной изоляцией или на тросе проходит около положительного и отрицательного максимумов. По месту расположения всплесков на полученной фазограмме, которая строится с использованием опорного напряжения известной фазы (А, В или С) сети 220 В, от которой питается прибор, можно определить на тросе или на фазе и на каком тросе (или какой фазе) происходит пробой и, тем самым, установить источник помех.

Амплитуда всплесков зависит от мощности источника. Как правило, если источником измеряемых помех является перекрытие искровых промежутков изоляторов тросов, помехи от всех остальных источников на фазограмме практически не видны. Помехи такого рода выводит из действия все каналы, работающие в прилегающем к месту расположения источника помех районе. Линию, на которой происходит пробой, определяют по величине уровня помех, измеренного на разных линиях. При этом для возможности сопоставления уровней, измерения должны проводиться с одинаковой полосой избирательности и, желательно, на примерно одинаковых частотах.

4.6 Расчет параметров помех в программе WinNoise

Программа позволяет рассчитывать параметры, характеризующие помехи от короны на проводах линий переменного и постоянного тока, а именно:

- частотные зависимости уровней помех в трактах с любыми возможными схемами подключения к фазам и тросам воздушных линий электропередачи;
- зависимости среднеквадратичного напряжения помех от фазы напряжения промышленной частоты для линий переменного тока (фазограммы). Такие расчёты являются важными в том случае, если по проектируемому или действующему ВЧ каналу, будет осуществляться передача цифровой информации.

Программа позволяет рассчитывать указанные выше параметры в диапазоне частот от 10 до 1000 кГц;

Для ЛЭП переменного тока максимальное число цепей – 3 (то есть общее число фаз до 9-ти), число тросов – до двух на цепь (то есть общее число тросов до шести). Для ЛЭП постоянного тока число полюсов - до двух и число тросов – до двух.

Алгоритм, по которому построена программа, базируется на модальной теории распространения сигналов по неоднородным многопроводным ВЛ и использует для расчёта понятие генерации (функции возбуждения) помех. Расчёты производятся с учетом всех падающих и отраженных от мест нарушения однородности ВЛ волн.

Программа позволяет рассчитывать параметры помех для ВЧ тракта, имеющего схему практически любой сложности.

Программа позволяет учитывать при расчётах:

- наличие внутрифазного тракта с особенностями расчёта помех во внутрифазном тракте;
- периодические неоднородности, влияющие на условия распространения сигнала по ЛЭП – емкости фаз и тросов на опоры ВЛ;
- изменение генерации на проводах ВЛ, вызванное теми или иными причинами на разных участках трассы линии. С помощью задания разной генерации на разных участках линии можно, например, рассчитать помехи для линии, проходящей в горных условиях или по трассе с местным загрязнением атмосферы вблизи промышленного объекта. Кроме того, повышение генерации помех может быть обусловлено дождем над частью линии переменного тока (для ППТ дождь уменьшает генерацию, что тоже может быть учтено заданием изменения генерации).

Результаты расчёта представляются в виде таблиц или графиков, которые можно при необходимости распечатать или передать через буфер обмена Windows в какой-либо редактор. Имеется возможность представления на одном рисунке результатов нескольких расчётов как по одному, так и по разным трактам.

Программу рекомендуется использовать для расчета помех от короны в трактах о ВЛ 330 кВ и выше.

Описание работы с ПО WinNoise см. Руководство по пользованию «Программы для расчета ВЧ-трактов по ЛЭП «WinTrakt» и «WinNoise»» Часть 2.

5 Паспорт на ВЧ тракт

5.1 Общие соображения по паспортизации ВЧ тракта

При разработке паспорта на ВЧ тракт авторы руководствовались следующими соображениями:

Эксплуатирующие организации должны быть заинтересованы в паспортизации, которая должна:

- не только обеспечивать проведение формализованных однотипных проверок ВЧ трактов на предприятиях отрасли,
- но и облегчать поиск повреждений при эксплуатации,
- и в отдельных случаях удешевить саму эксплуатацию, например, при периодическом обслуживании ВЧЗ вместо его снятия с ВЛ для контроля, измеряется входное сопротивление ВЧ тракта и при отсутствии изменений в измерениях по сравнению с измерениями при вводе в эксплуатацию – разрешается признать ВЧЗ исправным.

Обеспечение нормирующей базой:

- объемы испытаний и их периодичность, перечень контролируемых параметров и нормы на них должны соответствовать руководящим документам отрасли, в том числе проекту стандарта организации ОАО «ФСК ЕЭС» «Технологическая связь. Руководство по эксплуатации цифровых и аналоговых каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ».

Обеспечение измерительной техникой:

- перечень измеряемых параметров и требования к их точности должны поддерживаться широко распространенными в отрасли приборами;
- соответствующие приборы должны иметь:
 - «Свидетельство об утверждении типа средств измерений» выданное Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии;
 - экспертное заключение ОАО "ФСК ЕЭС";
 - свидетельство о поверке.

Методологическое обеспечение процесса проведения измерений:

- наличие методик проведения измерений с файлами автоматической настройки приборов на проведение каждого конкретного измерения;
- наличие методических рекомендаций по организации проведения измерений на ВЧ тракте;
- наличие методик определения причин несоответствия результатов измерения параметров тракта их ожидаемым значениям;
- обеспечение сравнимости результатов полученных при проектировании ВЧ трактов, вводе их в эксплуатацию, периодическом обслуживании и поиске повреждений. Что возможно только:
 - при жесткой регламентации методики проведения измерения, основные пункты которой должны приводятся непосредственно в паспорте (частотные диапазоны, уровни сигналов, полосы избирательности, шаг по частоте и т.п.);
 - сохранения результатов измерения должно осуществляться в связке с настройками прибора на момент измерения и в форматах, обеспечивающих использование этих результатов для нормирования при последующих измерениях.

Структурированность системы паспортизации:

- структура паспортов должна строиться по принципу вложенности «матрешки»: вершина «паспорта на ВЧ каналы», в них входит «паспорт на ВЧ тракт», в который включаются «паспорта на устройства обработки и присоединения»;
- по мере развития паспортизации должна обеспечиваться возможность перехода на «электронные паспорта».

5.2 Пример паспорта на ВЧ тракт

Предприятие	Сети «АБС»
Название ВЧ тракта, концевых ПС и напряжения ВЛ на концевых ПС, кВ	ВЧ тракт: «Иваново» (ПС1, 110кВ) - «Сидорово» (ПС2, 110кВ)

ПАСПОРТ НА ВЧ ТРАКТ

1 Общая часть

Дата паспортизации ВЧ тракта при вводе в эксплуатацию	10.10.10
Диапазон частот оборудования обработки (полоса частот, в которой одновременно обеспечивается пропускание ФП и заграждение ВЧЗ), кГц	200 - 400
Номинальные полосы частот каналов, работающих по ВЧ тракту, кГц	240 -244, 276 - 280

1.1 Объем испытаний и их периодичность

- для комбинированной аппаратуры и каналов передачи сигналов телефонной информации, телемеханики данных – периодичность технического обслуживания раз в три года (ТО-3). Для каналов ВЧ защит и каналов передачи сигналов и команд РЗ и ПА – периодичность обслуживания определяется типом оборудования;
- виды обслуживания, при которых проводятся измерения: при вводе в эксплуатацию (Н), техническом обслуживании (К) и поиске повреждения (В).

Измерения	Вид обслуживания
Частотная характеристика рабочего затухания	Н, К, В
Частотная характеристика затухания несогласованности входного сопротивления	Н, К, В
Частотные характеристики входного сопротивления (X,Y,Z)	Н, К, В
Широкополосные постоянно действующие помехи (от короны)	Н, К, В
Узкополосные постоянно действующие помехи (панорама и идентификация)	Н, К, В
Временно действующие широкополосные помехи	В

1.2 Описание ВЧ тракта

Описание (Приложение 1) должно включать разделы:

- структурная схема ВЧ тракта:
 - структурная схема должна выполняться в соответствии с СТО 56947007-33.060.40.134-2012 «Типовые технические решения по системам ВЧ связи» и СТО 56947007-33.060.40.108-2011 «Нормы проектирования систем ВЧ связи»;
- перечень установленного оборудования (по подстанциям):
 - паспорта на установленное оборудование должны входить в паспорт на ВЧ тракт в качестве приложений, дата выполнения соответствующих проверок вносится в графу «Дата проверки» и должна контролироваться на предмет необходимости проведения очередного технического обслуживания.
- описание элементов ВЧ тракта

1.3 Результаты расчета ВЧ тракта

Результаты расчета приводятся в Приложении 2 «Расчет ВЧ тракта».

1.4 Рекомендации по проведению измерений

1.4.1 Погодные условия

- рекомендуемые градации погодных условий: хорошая погода летом, дождь, сильный дождь, хорошая погода зимой, снег, сильный снег, гололед (изморозь);
- при обслуживании «Н» и «К» погодные условия должны соответствовать «хорошая погода летом» или «хорошая погода зимой» - что обеспечивает сопоставимость результатов измерений, как между различными обслуживанием, так и с расчетные значения и нормами;
- при обслуживании «В» фактические погодные условия необходимо внести в таблицу.

Подстанция	Погодные условия

1.4.2 Условия измерения

- состояние ВЛ при измерениях – рабочее (включена), ответвления подключены;
- каналобразующая аппаратура должна быть отключена от измеряемого ВЧ тракта;
- при измерениях затухания несогласованности, полного сопротивления и помех противоположный конец ВЧ тракта должен быть нагружен на активное сопротивление 75 Ом;
- измерения характеристики рабочего затухания проводятся только в одном (любом) направлении, все остальные измерения проводятся со стороны всех концевых подстанций;
- рекомендуемые установки измерительных приборов:
 - уровень генератора +10дБм,
 - ширина полосы избирательности измерителя 25Гц («Панорамы помех» - 250Гц),
 - шаг по частоте 0,25кГц,
 - измерения должны проводиться в полосе частот оборудования обработки;
- при анализе результатов измерения частотных характеристик рабочего затухания, затухания несогласованности и входного сопротивления необходимо учитывать искажение характеристик, вносимое постоянно действующими узкополосными помехами;
- при измерении тракта с ВЧ обходом промежуточной подстанции рекомендуется проводить измерение, как полного тракта, так и измерение отдельных участков;
- при измерениях необходимо указывать число ВЛ, которые были включены на каждой из ПС на рассматриваемом напряжении.

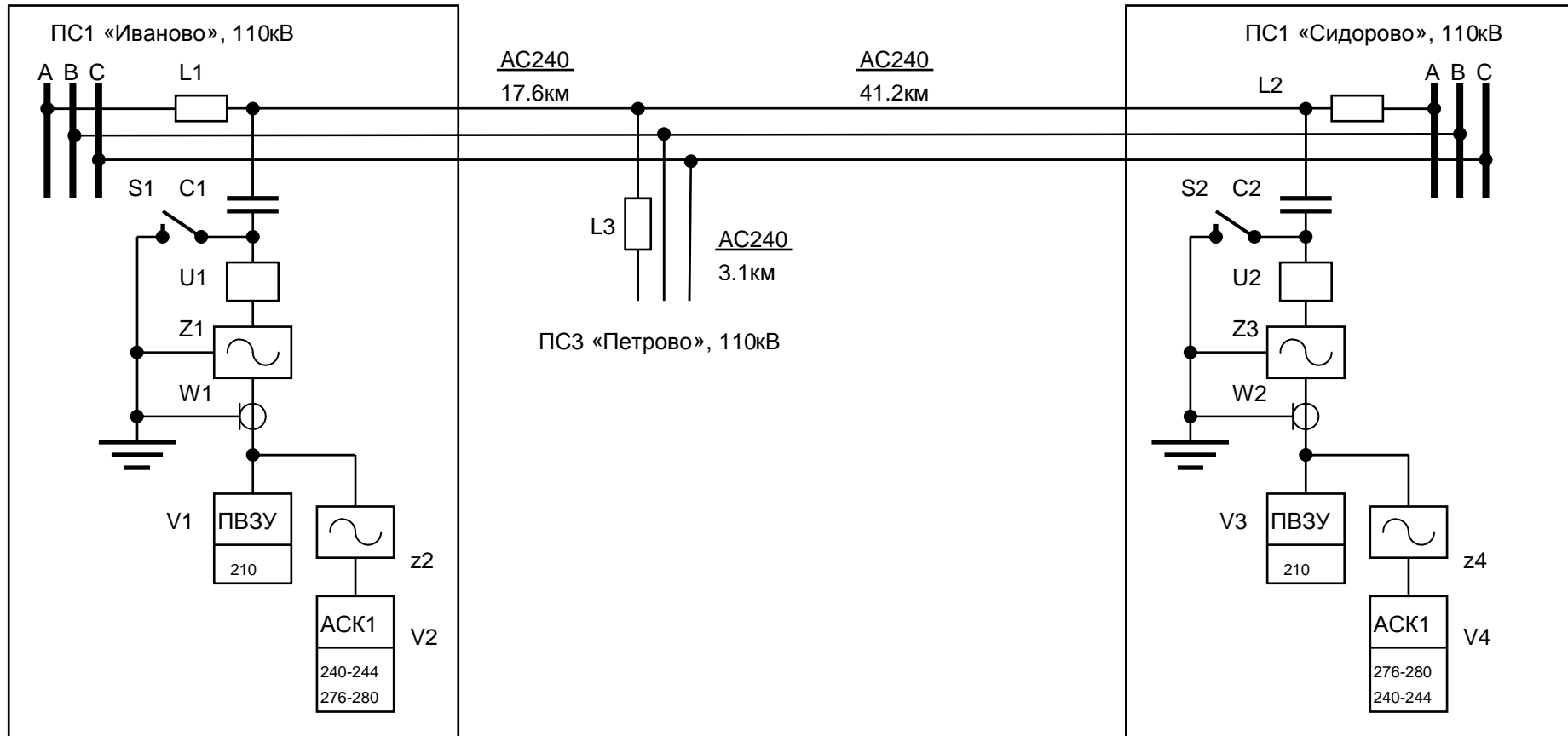
Подстанция	Число включенных ВЛ

1.4.3 Анализ результатов измерения

- результаты измерений при вводе в эксплуатацию заносятся в Приложение 3, при всех последующих обслуживании добавляются соответственно Приложения 4, 5 и т.д.
- при обслуживании «Н» за норму принимаются расчетные характеристики (например, полученные с помощью программ WinTrakt и WinNoise),
- при обслуживании «К» и «В» результаты измерений должны сравниваться с результатами, полученными при обслуживании «Н». Несоответствия должны быть описаны, а причина их появления обоснована.

2 Приложение 1 Описание ВЧ тракта

2.1 Структурная схема ВЧ тракта



Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт

2.2 Перечень установленного оборудования

Обознач. на схеме	Наименование	Тип	Заводской №	Дата проверки	Дата проверки
<i>ПС1, концевая</i>					
L1	ВЧ заградитель с ЭН	ВЗ-630-0,5 100-600кГц	554	01.05.2010	
C1	Конденсатор связи	СМПВ-110/3-6,4	332	02.05.2010	
Z1	Фильтр присоединения	ФПС-6400 200-400кГц	774	03.05.2010	
W1	ВЧ кабель	РК-9-13, 93м	-	04.05.2010	
U1	Шкаф отбора напряжения	ШОНс-301	12345		
S1	Однополюсный разъединитель	РВО-10/400	-	-	
V1	Аппаратура РЗ	ПВЗУ-Е	-	-	
z2	Фильтр разделительный	ФПС-6400 210кГц	774	03.05.2010	
V2	Аппаратура связи	АСК1	-	-	
<i>ПС2, концевая</i>					
L2	ВЧ заградитель с ЭН	ВЗ-630-0,5 100-600кГц	555	01.05.2010	
C2	Конденсатор связи	СМПВ-110/3-6,4	333	02.05.2010	
Z3	Фильтр присоединения	ФПС-6400 200-400кГц	775	03.05.2010	
W2	ВЧ кабель	РК-9-13, 193м	-	04.05.2010	
U2	Шкаф отбора напряжения	ШОНс-301	12346		
S2	Однополюсный разъединитель	РВО-10/400	-	-	
V3	Аппаратура РЗ	ПВЗУ-Е	-	-	
z4	Фильтр разделительный	ФПС-6400 210кГц	775	03.05.2010	
V4	Аппаратура связи	АСК1	-	-	
<i>Ответвление в сторону ПС3</i>					
L3	ВЧ заградитель с ЭН	ВЗ-630-0,5 100-600 кГц, 80м	954	01.05.2010	
<i>Ремонты и замена оборудования</i>					
ПС1, Z1	Фильтр присоединения	ФПС-6400 200-400кГц	Замена 999	03.05.2011	
<i>ПСх, промежуточная</i>					

2.3 Описание элементов ВЧ тракта

Структурная схема ВЧ тракта приведена в разделе 2.1 Приложения 1 «Описание ВЧ тракта».

Описание подстанций	ПС1	ПС2	ПС3
Перечень установленного оборудования на для каждой из фаз с указанием полос пропускания ФП и заграждения ВЧЗ	Перечень приведен в разделе 2.2 «перечень установленного оборудования» Приложения 1 «Описание ВЧ тракта»		
Общее число линий на сборных шинах того же напряжения	ПС1 – 4 линии	ПС2 – 2 линии	ПС3 – 1 линии

Описание ВЛ	Участок от ПС1 до ответвления на ПС3	Участок от ПС2 до ответвления на ПС3	Ответвление на ПС3
Класс напряжения, кВ	110		
Длина участка, км	17.6	41,2	3.1
Марка фазных проводов и количество проводов в фазе	АС-240, не расщеплен		
Грозозащитный трос, количество проводов	С-70, один провод		
Перечень типов опор, количество на участке	Треугольная, 58	Треугольная, 137	Треугольная, 10
Координаты подвески фаз и тросов на промежуточной опоре того типа, который чаще всего применяется, с обозначением фаз			
Тип высоковольтного кабеля (для КЛ), координаты его расположения в земле, протяженность, то же для кабельных вставок в составе ВЛ с указанием их мест нахождения по трассе ВЛ	Не используется		
Схема транспозиции фаз и тросов (экранов КЛ) с длинами однородных участков ВЛ (КЛ) между транспозициями; обозначение названия фаз на каждом участке	Не используется		
Удельное сопротивление грунта вдоль трассы ВЛ	100 Ом*м		
Толщина стенки гололедаобразования и изморози (с периодичностью их образования один раз в 5 лет), либо район по гололеду	1см		
Стрела провиса, м	15		

3 Приложение 2 Результаты расчета ВЧ тракта



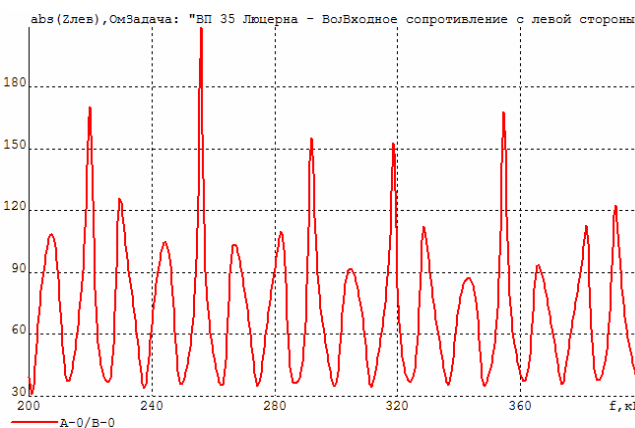
Рабочее затухание



Затухание несогласованности со стороны ПС1



Затухание несогласованности со стороны ПС2



Полное сопротивление (Z) со стороны ПС1



Полное сопротивление (Z) со стороны ПС2

4 Приложение 3. Результаты измерений при вводе в эксплуатацию

4.1 Результаты проверки

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

4.2 Используемые при проверке средства измерения и оборудование

Тип средства измерения	Наименование	Заводской номер	Дата очередной поверки
Анализатор	AnCom A-7	009.5555	10.11.10

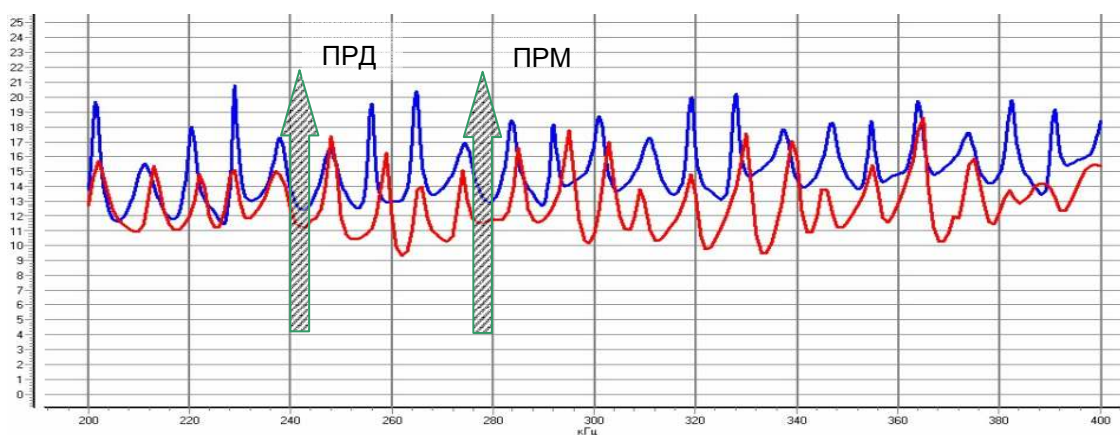
4.3 Условия измерений

Подстанция	Погодные условия
Оконечная подстанция ПС1	Хорошая погода летом
Оконечная подстанция ПС2	Хорошая погода летом
Промежуточная подстанция	-

Подстанция	Число включенных ВЛ
Оконечная подстанция ПС1	1
Оконечная подстанция ПС2	1

4.4 Частотная характеристика рабочего затухания

- неравномерность в полосах частот работы ВЧ каналов не должна превышать 4дБ для диапазона 4кГц.

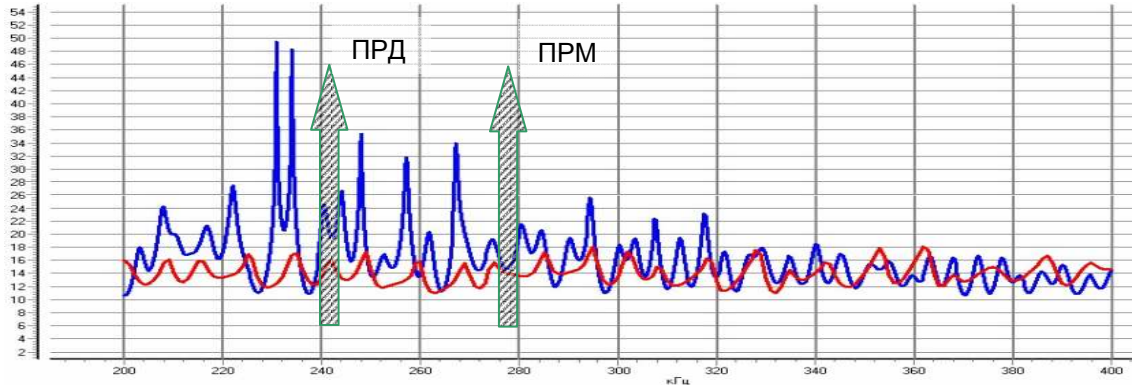


Кривая синего цвета – расчетное значение рабочего затухания, красного цвета – измеренное. Генератор на стороне ПС2, измеритель на стороне ПС1

4.5 Частотная характеристика затухания несогласованности входного сопротивления

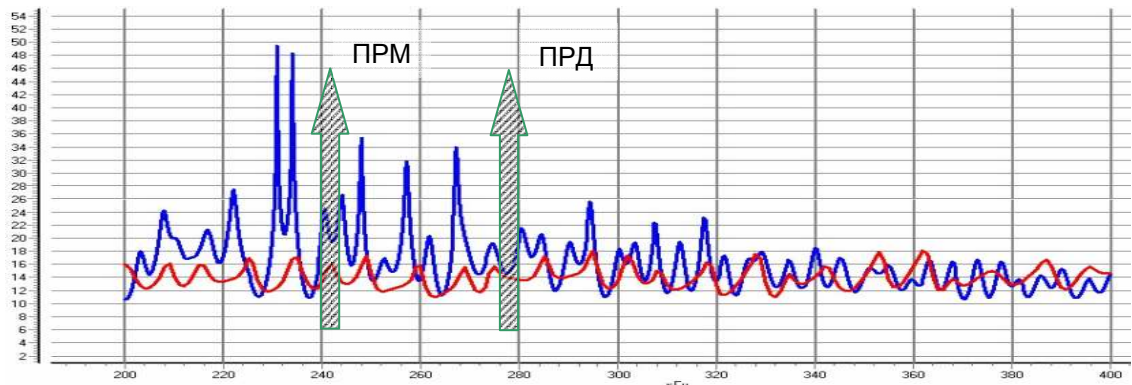
- среднее значение затухания несогласованности входного сопротивления в полосах частот работы ВЧ каналов не должна быть менее 10дБ, в отдельных случаях допускается не менее 4дБ.

4.5.1 Со стороны подстанции ПС1



Кривая синего цвета – расчетное значение несогласованности входного сопротивления со стороны ПС1, красного цвета - измеренное

4.5.2 Со стороны подстанции ПС2

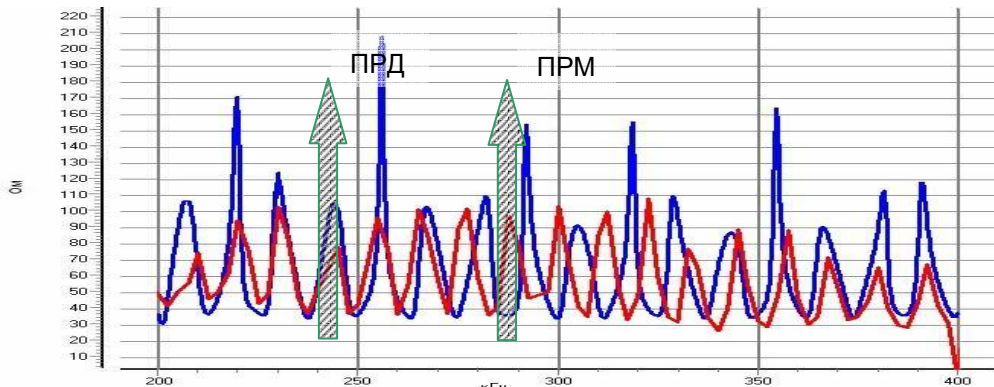


Кривая синего цвета – расчетное значение несогласованности входного сопротивления со стороны ПС2, красного цвета - измеренное

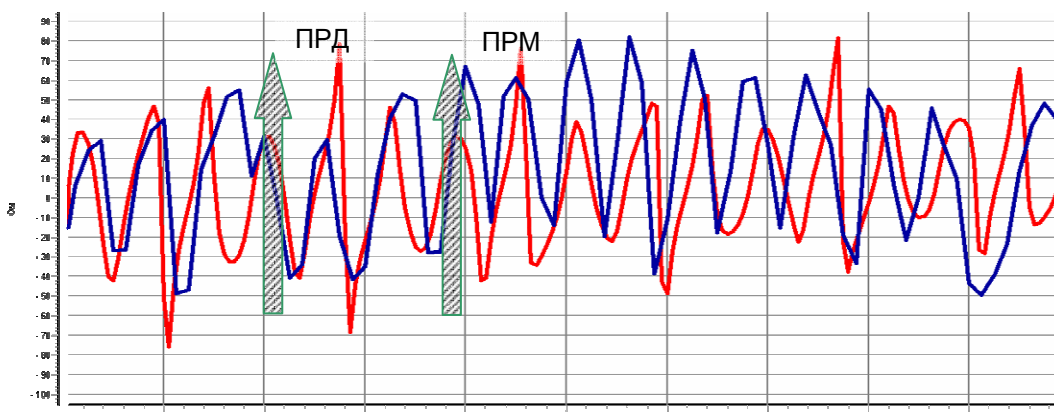
4.6 Частотные характеристики входного сопротивления (Z, R, X)

- результаты измерения позволяют облегчить диагностику отказов при эксплуатации, в частности диагностику состояния ВЧЗ по анализу изменения составляющих комплексного сопротивления входного тракта.

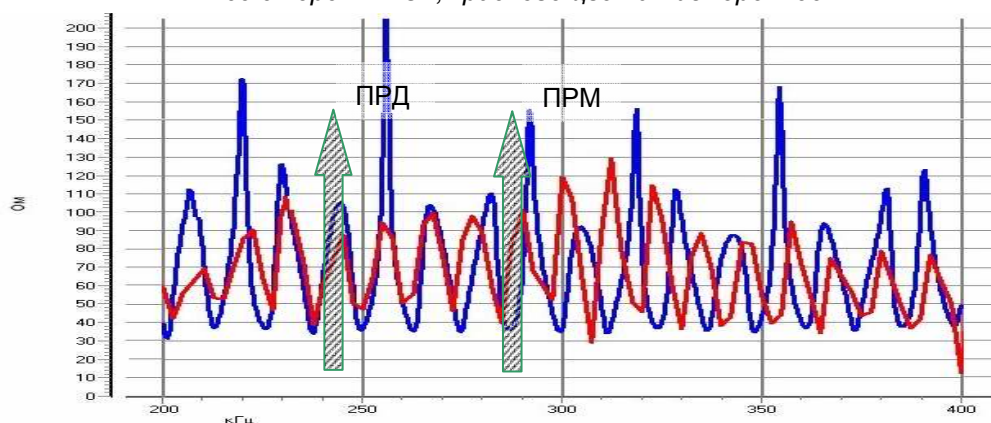
4.6.1 Характеристика со стороны подстанции ПС1



Кривая синего цвета – расчетное значение активной составляющей сопротивления (R) со стороны ПС1, красного цвета - измеренное

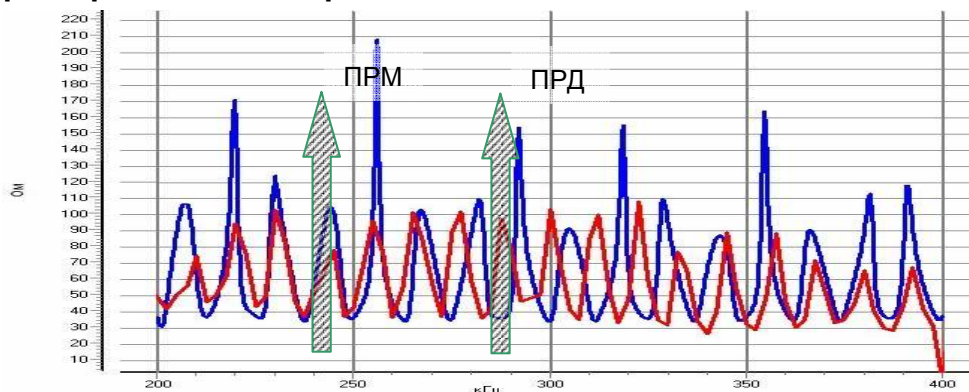


Кривая синего цвета – расчетное значение реактивной составляющей сопротивления (X) со стороны ПС1, красного цвета - измеренное

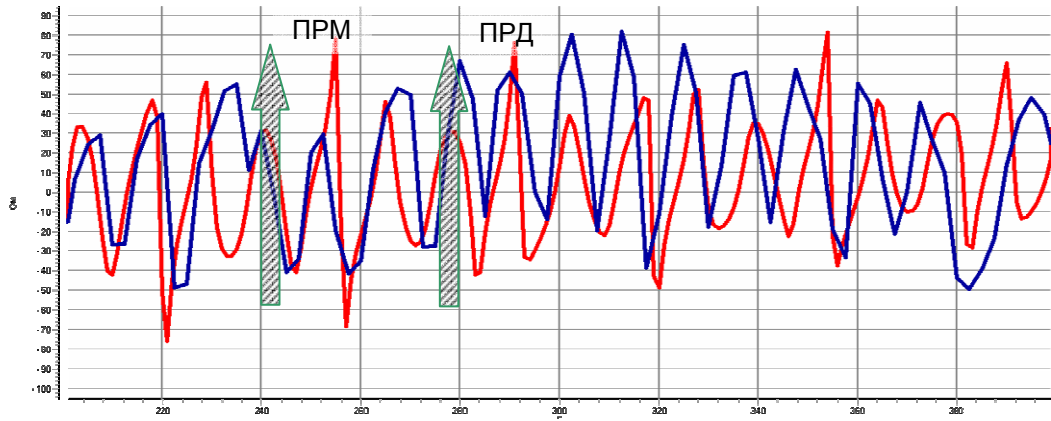


Кривая синего цвета – расчетное значение полного сопротивления (Z) со стороны ПС1, а красного цвета - измеренное

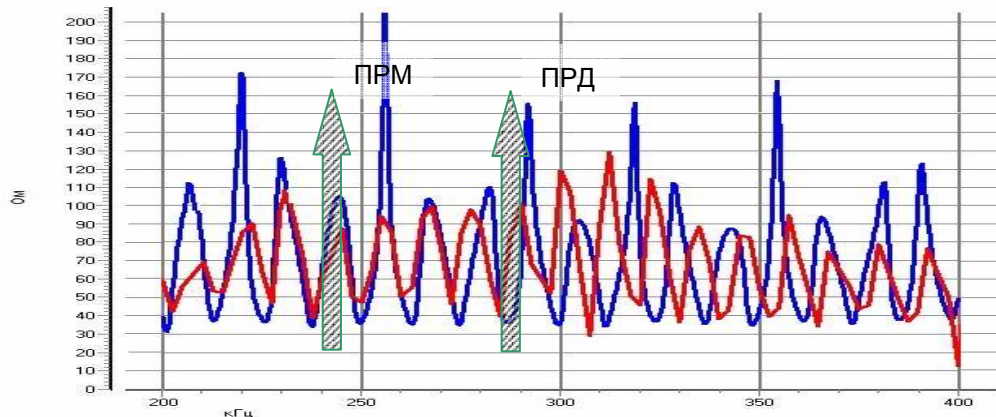
4.6.2 Характеристика со стороны подстанции ПС2



Кривая синего цвета – расчетное значение активной составляющей сопротивления (R) со стороны ПС2, красного цвета - измеренное



Кривая синего цвета – расчетное значение реактивной составляющей сопротивления (X) со стороны ПС2, красного цвета - измеренное



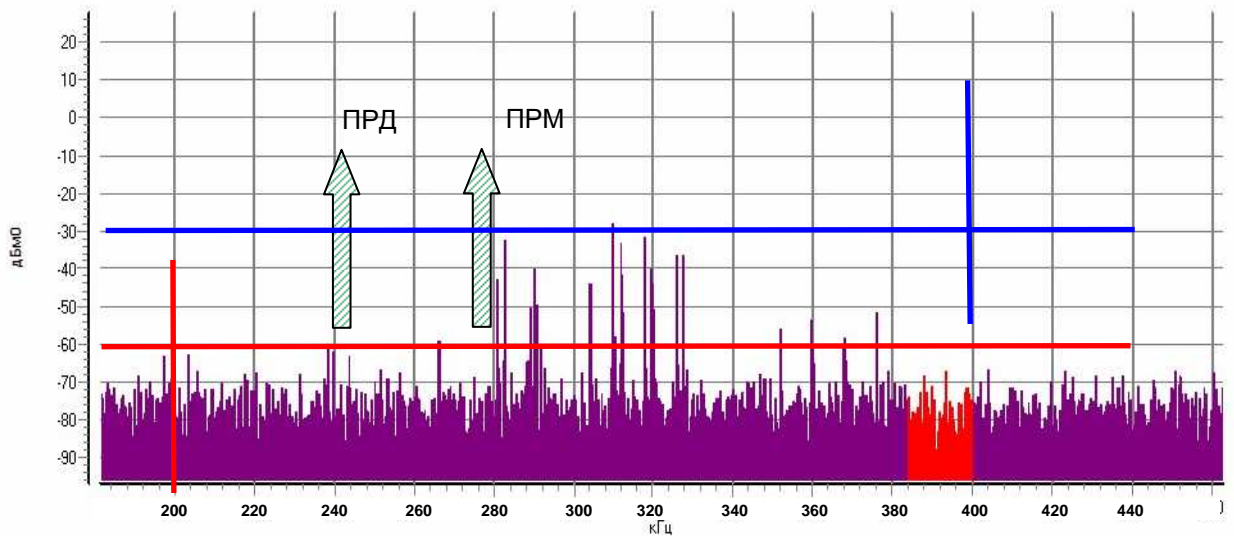
Кривая синего цвета – расчетное значение полного сопротивления (Z) со стороны ПС2, красного цвета - измеренное

4.7 Измерение узкополосных постоянно действующих помех

- при измерениях должны быть идентифицированы узкополосные помехи, уровень которых при обслуживании «Н» должен превышать уровень шумов на 12дБ, а при последующих проверках, должен быть равен выбранному при обслуживании «Н».

Установленный уровень идентификации (должен совпадать для ПС1 и ПС2), дБм	-55
---	-----

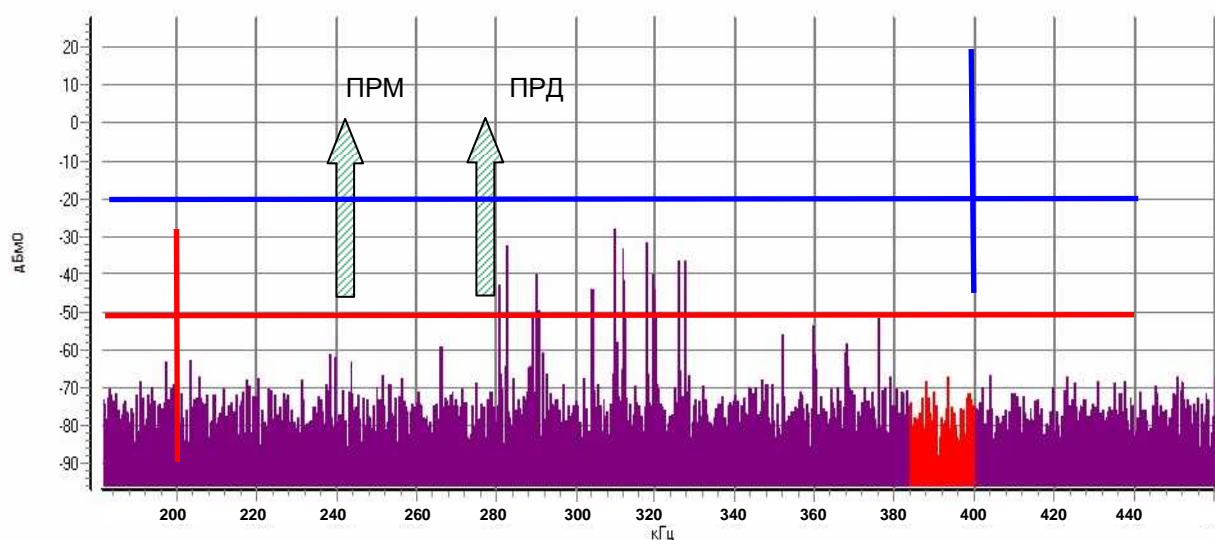
4.7.1 Со стороны подстанции ПС1



Панорама помех

Частота, кГц	Ширина полосы, кГц	Уровень, дБм	Идентифицированный источник помех	
282,5	узкополосный	-43	Канал на аппаратур xxx между ПС2 и ПС3, фаза В	КЧ1
283,5	узкополосный	-32		КЧ2
288-292	3,8	-35	Канал на аппаратуре АВС1 между ПС1 и ПС2, фаза В	Канал ТЧ
306	узкополосный	-44	Неопознанный источник помех	
310,5	узкополосный	-28	Канал на аппаратуре ууу между ПС1 и ПС3, фаза В	КЧ1
313,5	узкополосный	-32		
318,5	узкополосный	-32	Канал на аппаратуре zzz между ПС1 и ПС3, фаза С	ОС
319,5	узкополосный	-40		
325	узкополосный	-42	Канал на аппаратуре kkk между ПС21 и ПС22 фаза А, канал имеет общий двухцепный участок с ВЧ трактом между ПС1 и ПС2	КЧ1
327	узкополосный	-42		

4.7.2 Со стороны подстанции ПС2



Панорама помех

Частота, кГц	Ширина полосы, кГц	Уровень, дБм	Идентифицированный источник помех	
282,5	узкополосный	-43	Канал на аппаратур xxx между ПС2 и ПС3, фаза В	КЧ1
283,5	узкополосный	-32		КЧ2
288-292	3,8	-35	Канал на аппаратуре АВС1 между ПС1 и ПС2, фаза В	Канал ТЧ
306	узкополосный	-44	Неопознанный источник помех	
310,5	узкополосный	-28	Канал на аппаратуре ууу между ПС1 и ПС3, фаза В	КЧ1
313,5	узкополосный	-32		
318,5	узкополосный	-32	Канал на аппаратуре zzz между ПС1 и ПС3, фаза С	ОС
319,5	узкополосный	-40		
325	узкополосный	-42	Канал на аппаратуре kkk между ПС21 и ПС22 фаза А, канал имеет общий двухцепный участок с ВЧ трактом между ПС1 и ПС2	КЧ1
327	узкополосный	-42		

4.8 Измерение широкополосных постоянно действующих помех (от короны)

- уровни помех от короны нормируются: в полосе частот 1кГц, измеренные на частоте 100кГц, для схемы «средняя фаза – земля» и «фаза средняя – фаза крайняя» (для схемы «крайняя фаза – земля норма на уровень помех уменьшается на 3 дБ), при 50% вероятности того, что этот уровень будет превышен;
- измерения должны проводиться с полосой избирательности 4кГц, с расположением её в пределах полосы частот приемника ВЧ канала или в пределах полосы частот близкой к частотам приемника и свободной от сосредоточенных помех»;
- приведенные ниже нормы рассчитаны для ширины полосы 4кГц (+6дБ), отличие частоты измерения от 100кГц не учитывается:

Номинальные напряжения линии, кВ	110	220	330	500	750
Максимально допустимый уровень помех, дБм	-32	-22	-20	-14	-13

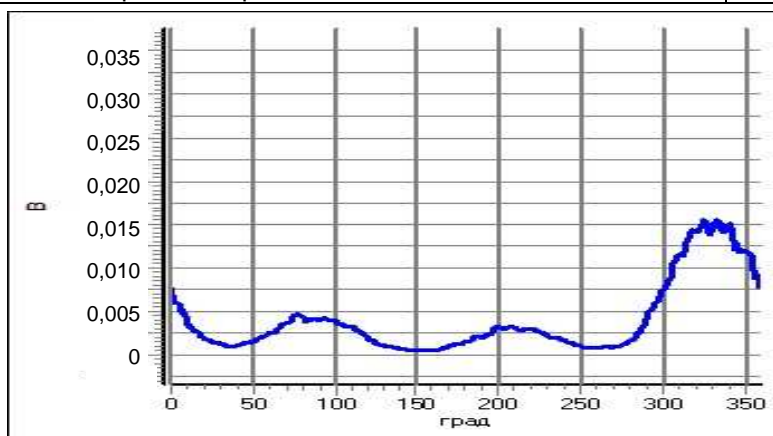
- для подтверждения природы широкополосной помехи одновременно с измерение уровня помехи необходимо проводить измерение фазограммы (зависимости огибающей среднеквадратичного напряжения от фазы напряжения промышленной частоты), которая должна иметь характерный вид:

Тип подключения	Вид кривой	Период повторение горбов
фаза-земля и фаза-фаза	«трёхгорбый»	120°/6.7мс
Внутрифазное	«одногорбый»	360°/20мс
Фаза-фаза, крайние, горизонтальное расположение фаз, не транспонированная ВЛ	«двухгорбый»	120°, 240°/ 6.7, 13,3мс

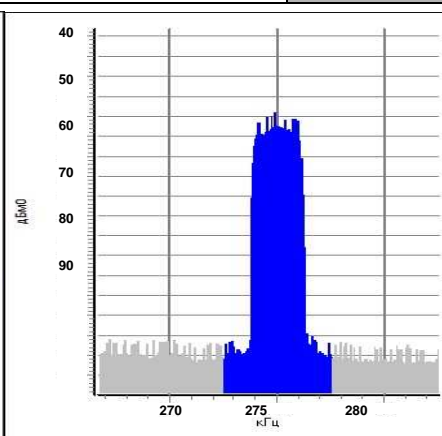
- если уровень помех превышает норму или их вид не соответствует виду помехи от короны – необходимо провести дополнительные исследования для выявления причины и устранения источника помех.

4.8.1 Со стороны подстанции ПС1

Параметр	Измеренное значение	Норма
Измеряемая полоса частот, кГц	276 - 280	
Уровень шума, дБм	-38	-32
Фаза опорного напряжения 50 Гц	С	



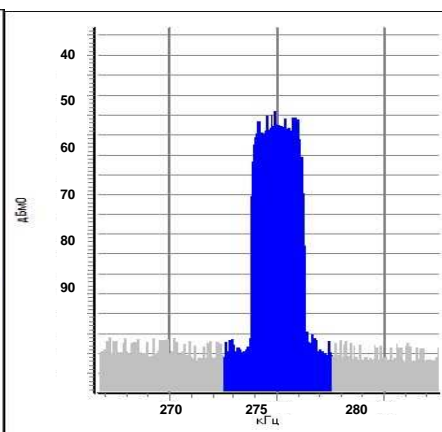
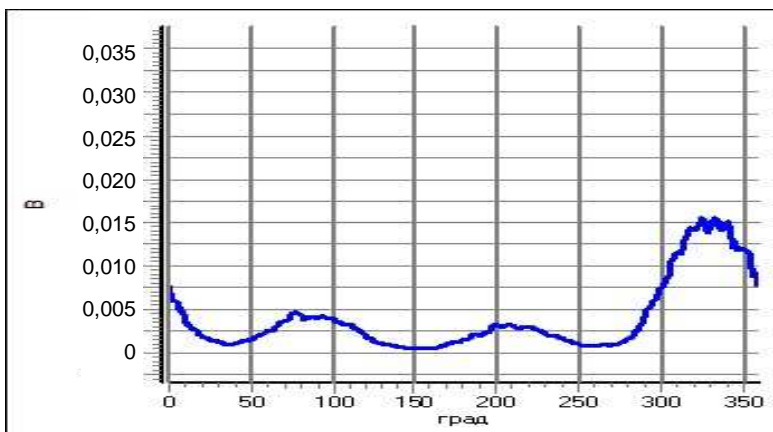
Зависимость напряжения шумов от фазы частоты 50Гц со стороны ПС1



Уровни помех в полосе измеряемых частот

4.8.2 Со стороны подстанции ПС2

Параметр	Измеренное значение	Норма
Измеряемая полоса частот, кГц	276...280	
Уровень шума, дБм	-38	-32
Фаза опорного напряжения 50 Гц	С	



Зависимость напряжения шумов от фазы частоты 50Гц со стороны ПС2

Уровни помех в полосе измеряемых частот

5 Приложение 4. Результаты измерений при обслуживании

Измерения при обслуживании аналогичны измерениям, проводимым при вводе в эксплуатацию. Полученные результаты сравниваются с результатами измерений, проводимым при вводе в эксплуатацию.

6 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 аппаратуры уплотнения (АУ) для ВЧ связи: комбинированной (аналоговой и цифровой) и специализированной (передача сигналов ВЧ защит, передача сигналов команд РЗ и ПА).

Выражаем особую благодарность руководителю отдела ВЧ связи НТЦ «Энергосвязь» Онанко Анатолию Федоровичу и руководителю сектора ВЧ связи ООО «НПФ «Модем» Назарову Юрию Валерьевичу за предоставленные результаты натуральных измерений анализатором AnCom A-7/307.

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

- производителей оборудования присоединения;
- производителей аппаратуры уплотнения ВЧ связи, ВЧ защит, ВЧ постов РЗ и ПА;
- лаборатории и иные организации, оказывающие услуги по проведению пусконаладочных и ремонтных работ в сфере ВЧ связи по ЛЭП;
- эксплуатационные службы и проектные организации.

ООО «Аналитик-ТС» осуществляет комплексные поставки измерительных приборов для ВЧ связи и ПО для расчета ВЧ трактов (WinTrakt, WinNoise).

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

www.analytic.ru

Скачать электронную версию

сайт AnCom

Google books



Ищите <Библиотека AnCom> в



www.analytic.ru/products/29/articles/

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

Измерения в ВЧ связи. ВЧ тракт / под ред. Ю.П. Шкарина. – изд. 1.- М.: Библиотека AnCom, 2014. – 84с.



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 трактов 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».