
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-
33.060.40.178-2014**

**Технологическая связь.
Руководство по эксплуатации
каналов высокочастотной связи
по линиям электропередачи 35-750 кВ**

Стандарт организации

Дата введения: 21.05.2014

ОАО «ФСК ЕЭС»
2014

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2004.

Сведения о стандарте организации

1. РАЗРАБОТАН: ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».
2. ВНЕСЁН: Департаментом развития систем связи, Департаментом инновационного развития.
3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 21.05.2014 № 236.
4. ВВЕДЁН: ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ОАО «ФСК ЕЭС» по адресу: 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу: yaga-na@fsk-ees.ru.

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведён, тиражирован и распространён в качестве официального издания без разрешения ОАО «ФСК ЕЭС».

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	5
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	5
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	6
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	7
3.1 Термины и определения	7
3.2 Обозначения и сокращения.....	9
4 ТРЕБОВАНИЯ К ПРОВЕДЕНИЮ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ КАНАЛОВ ВЧ СВЯЗИ	11
4.1 ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ПРИЕМКЕ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ КАНАЛОВ ВЧ СВЯЗИ.....	11
4.2 ОРГАНИЗАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ АППАРАТУРЫ И КАНАЛОВ ВЧ СВЯЗИ.....	12
4.3 ПЕРИОДИЧНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ	13
4.4 ПЕРЕЧЕНЬ РАБОТ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ	15
4.5 ДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОВРЕЖДЕНИИ ВЧ КАНАЛА	18
4.6 ОБЪЁМ И УСЛОВИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ВЧ ТРАКТА ПРИ ПОИСКЕ МЕСТА ПОВРЕЖДЕНИЯ	19
5 ПАСПОРТИЗАЦИЯ СИСТЕМ ВЧ СВЯЗИ	19
5.1 ТРЕБОВАНИЯ К ПАСПОРТУ НА СИСТЕМУ ВЧ СВЯЗИ	19
5.2 ТРЕБОВАНИЯ К ПАСПОРТУ ВЧ ТРАКТА	21
5.3 ТРЕБОВАНИЯ К ПАСПОРТУ НА АППАРАТУРУ И КАНАЛ ВЧ СВЯЗИ	21
6 ТРЕБОВАНИЯ К ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ПАРАМЕТРАМ ВЧ ТРАКТА	23
6.1 НОРМЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ВЧ ТРАКТА	23
6.2 НОРМЫ НА ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ОБОРУДОВАНИЯ ОБРАБОТКИ И ПРИСОЕДИНЕНИЯ ВЧ ТРАКТА.....	24
6.3 НОРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ ПОМЕХ ОТ КОРОНЫ В ВЧ ТРАКТЕ.....	25
7 ТРЕБОВАНИЯ К ПАРАМЕТРАМ КОМБИНИРОВАННЫХ И КОМПЛЕКСНЫХ КАНАЛОВ ВЧ СВЯЗИ	27
7.1 НОРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ АНАЛОГОВЫХ КАНАЛОВ.....	27
7.2 НОРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ	31
8 ТРЕБОВАНИЯ К ПАРАМЕТРАМ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КАНАЛОВ И АППАРАТУРЕ ВЧ ЗАЩИТ	32
8.1 НОРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ КАНАЛОВ ВЧ ЗАЩИТЫ НА ВЧ ВХОДЕ/ВЫХОДЕ АППАРАТУРЫ	32
8.2 НОРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДАТЧИКОМ И ЦЕПЕЙ ВЫХОДА ПРИЕМНИКА	34
8.3 РЕГИСТРАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ СОБЫТИЙ	35
8.4 НОРМЫ НА СОПРОТИВЛЕНИЕ ИЗОЛЯЦИИ	35
8.5 НОРМЫ НА ПРОЧНОСТЬ ИЗОЛЯЦИИ	35
9 ТРЕБОВАНИЯ К ПАРАМЕТРАМ КАНАЛОВ УПАСК	35
9.1 НОРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ КАНАЛОВ НА ВЧ ВХОДЕ/ВЫХОДЕ УСТРОЙСТВ	35
9.2 НОРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ ЦЕПЕЙ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕДАЧЕЙ КОМАНД И РАБОТУ ПРИЕМНИКА КОМАНД.....	36
9.3 РЕГИСТРАЦИЯ В ЖУРНАЛЕ СОБЫТИЙ	36
9.4 НОРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ ИЗОЛЯЦИИ	36
9.5 НОРМЫ НА ПАРАМЕТРЫ ПРОЧНОСТИ ИЗОЛЯЦИИ	36
10 МЕТОДЫ ИЗМЕРЕНИЯ НОРМИРУЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЧ ТРАКТОВ И КАНАЛОВ	37
10.1 ОБЩАЯ ЧАСТЬ	37
10.2 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЧ ТРАКТА	39
10.3 ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ОБОРУДОВАНИЯ ОБРАБОТКИ И ПРИСОЕДИНЕНИЯ ВЧ ТРАКТА	41
10.4 ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ УРОВНЕЙ ПОМЕХ ОТ КОРОНЫ В ВЧ ТРАКТЕ	47

10.5	ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ АНАЛОГОВЫХ КАНАЛОВ ВЧ СВЯЗИ КОМБИНИРОВАННОЙ АППАРАТУРЫ	48
10.6	ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦИФРОВЫХ КАНАЛОВ ВЧ СВЯЗИ КОМБИНИРОВАННОЙ АППАРАТУРЫ	50
10.7	ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ КАНАЛОВ ВЧ ЗАЩИТ	51
10.8	ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАНАЛОВ УПАСК	53
10.9	МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ИЗМЕРЕНИЯ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ	55
ПРИЛОЖЕНИЕ А		56
ТРЕБОВАНИЯ К ПАРАМЕТРАМ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ		56
БИБЛИОГРАФИЯ		62

Введение

Настоящий стандарт устанавливает нормы и требования по эксплуатации и техническому обслуживанию аппаратуры уплотнения и оборудования присоединения к ВЛ 35-750 кВ, используемого при организации каналов ВЧ связи, релейной защиты и противоаварийной автоматики, которые следует применять для обеспечения безопасной и надежной работы энергообъектов.

Требования настоящего стандарта являются минимально необходимыми для обеспечения безопасности эксплуатируемого оборудования и систем связи, если они используются по прямому назначению в соответствии с эксплуатационными инструкциями, не противоречащими конструкторской (заводской) документацией, на протяжении срока, установленного технической документацией, с учетом возможных нештатных (аварийных) ситуаций.

Настоящий стандарт должен быть пересмотрен в случаях ввода в действие новых технических регламентов и национальных стандартов, содержащих требования, не учтенные в стандарте, а также при необходимости введения новых требований и рекомендаций, обусловленных развитием техники.

1 Область применения

Настоящий стандарт организации (далее – СТО) предназначен для использования филиалами ОАО «ФСК ЕЭС» - МЭС, ПМЭС при эксплуатации каналов ВЧ связи, релейной защиты и противоаварийной автоматики по ВЛ.

СТО устанавливает требования к эксплуатации каналов связи, релейной защиты и противоаварийной автоматики, в том числе:

- требования к проведению технического обслуживания и эксплуатации каналов и аппаратуры ВЧ связи;
- нормы и методы измерений электрических параметров ВЧ трактов и каналов.

Требования СТО распространяются на каналы ВЧ связи, организованные по ЛЭП напряжением 35 кВ и выше, оборудование ВЧ тракта и аппаратуру уплотнения.

На рисунке 1.1 приведена структурная схема канала ВЧ связи по ВЛ с указанием его составных частей, входящих в область действия СТО.

В СТО приведены нормы и методы измерений к электрическим параметрам ВЧ трактов и каналов, организованных с использованием аппаратуры уплотнения разных видов:

- комбинированная аналоговая;
- комбинированная цифровая;
- специализированная ВЧ защит;
- устройство передачи/приема аварийных сигналов и команд.

ВЧ тракт – комплекс технических средств и среды передачи по ВЛ сигналов различного назначения. ВЧ тракт состоит из следующих устройств:

- ВЧ заградители с элементами настройки;
- конденсаторы связи;
- фильтры присоединения;
- ВЧ кабели;
- разделительные фильтры.

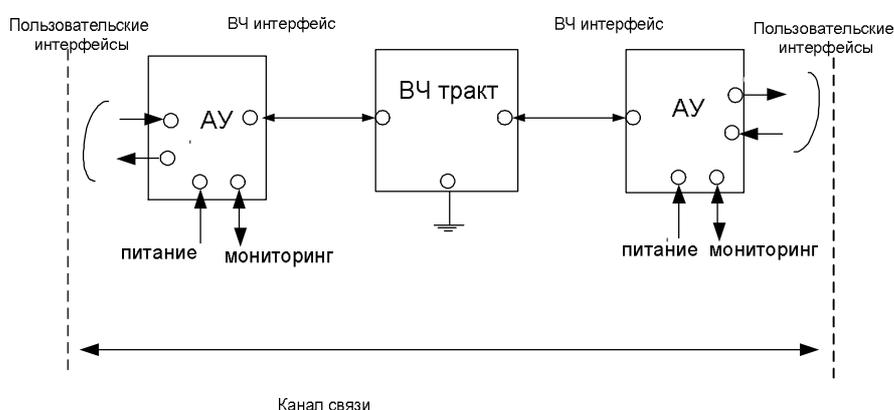


Рисунок 1.1 Структурная схема канала ВЧ связи по ВЛ

2 Нормативные ссылки

ГОСТ 25866-83 Эксплуатация техники. Термины и определения (с Изменением № 1).

ГОСТ Р 50840-95 Передача речи по трактам связи. Методы оценки качества, разборчивости и узнаваемости.

Примечание. При использовании настоящего стандарта целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов в информационной системе общего пользования на официальном сайте национального органа Российской Федерации по стандартизации в сети Интернет или по ежегодно издаваемому информационному указателю "Национальные стандарты", который публикуется по состоянию на 1 января текущего года, а также по соответствующим ежемесячно издаваемым информационным указателям, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.

3 Термины и определения, обозначения и сокращения

3.1 Термины и определения

Амплитудная модуляция с передачей одной боковой полосы частот: амплитудная модуляция с подавлением несущей и одной из боковых частот.

Аппаратура аналоговая: аппаратура, использующая номинальную полосу частот канала для передачи сигналов различных видов информации (речь, телемеханика, данные, сигналы и команды РЗ и ПА) с разделением этих сигналов в частотной области (ЧРС).

Примечание. Сигналы РЗ и ПА передаются при отключении всех или части сигналов, передаваемых в канале. Частоты сигналов РЗ и ПА располагаются в полосе частот отключаемых сигналов.

Аппаратура комбинированная: аппаратура, использующая номинальные полосы (полосу) частот для передачи нескольких видов информации.

Примечание. Обычно это сигналы речи, данных, телемеханики, команд РЗ и ПА.

Аппаратура комплексная: аппаратура, в которой одна часть номинальной полосы частот передачи/приёма используется для передачи информации с ЧРС, а другая часть с ВРС.

Аппаратура специализированная: аппаратура, использующая номинальные полосы (полосу) частот для передачи сигналов только одного вида информации.

Примечание. Обычно это аппаратура каналов ВЧ защиты.

Аппаратура уплотнения: аппаратура для частотного уплотнения линий связи (ВЧ тракта) и предназначенная для создания канала ВЧ связи по ЛЭП.

Аппаратура цифровая: аппаратура, использующая номинальную полосу частот канала для передачи сигналов различных видов информации (речь, телемеханика, данные, команды РЗ и ПА) с разделением этих сигналов во временной области (ВРС).

Примечание. Команды РЗ и ПА передаются при отключении всех сигналов, передаваемых аппаратурой в канале ВРС. Частоты аварийных сигналов и команд РЗ и ПА располагаются в полосе частот аппаратуры.

Базисная полоса частот: элементарная часть общего ВЧ диапазона, имеющая ширину 4 кГц.

Примечание. В аппаратуре с ЧРС базисная полоса частот используется, как правило, для передачи информации по одному каналу ТЧ в одном направлении.

Внеполосный спектр: часть спектра передаваемых сигналов, расположенная вне номинальной полосы частот передатчика аппаратуры.

Время передачи: время, прошедшее между моментами подачи сигнала на вход терминала канала связи и его появлением на выходе корреспондирующего терминала.

Примечание. Для аварийных сигналов и команд это интервал времени с момента поступления напряжения на управляющий вход передатчика до замыкания соответствующей выходной цепи приемника.

ВЧ тракт: составной четырехполосник, в который входят заключенные между ВЧ входом и ВЧ выходом аппаратуры уплотнения и связанные единой

схемой устройства обработки и присоединения (заградители, конденсаторы связи, фильтры присоединения, ВЧ кабели), линии электропередачи и подстанции.

Примечание. В состав ВЧ тракта могут входить разделительные фильтры и шкафы отбора напряжения (на линиях 220 кВ и ниже).

Затухание несогласованности ($a_{нс}$): логарифмическая мера, характеризующая отличие входного сопротивления $Z_{вх}$ аппаратуры или ВЧ тракта (комплексное значение) от номинального сопротивления $Z_{ном}$.

Канал ВЧ защиты: канал ВЧ связи для передачи сигналов дифференциально-фазных защит и защит с ВЧ блокировкой (дистанционных и направленных).

Канал ВЧ связи: канал связи, использующий в качестве среды распространения сигналов провода (фазы и тросы) линии электропередачи.

Канал ВЧ связи аналоговый: канал ВЧ связи, построенный с использованием аналоговой аппаратуры.

Канал ВЧ связи цифровой: канал ВЧ связи, построенный с использованием цифровой аппаратуры.

Канал ВЧ связи комплексный: канал ВЧ связи, построенный с использованием комплексной аппаратуры.

Канал ВЧ связи комбинированный: канал ВЧ связи, построенный с использованием комбинированной аппаратуры.

Канал ВЧ связи специализированный: канал ВЧ связи, построенный с использованием специализированной аппаратуры.

Канал УПАСК: канал ВЧ связи, используемый для передачи:

— отключающих, разрешающих, ускоряющих и блокирующих сигналов РЗ;

— команд противоаварийной и другой автоматики.

Канал тональной частоты: аналоговый канал, по которому передаются сигналы на частотах, располагающихся в тональном диапазоне.

Контрольная частота: частота контрольного сигнала, передаваемого в линию и используемого для автоматической регулировки усиления, автоматической подстройки частоты и других целей.

Номинальная выходная мощность (P_n): пиковая мощность огибающей на ВЧ выходе аппаратуры, на которую рассчитан выходной усилитель мощности и при которой паразитные излучения на выходе аппаратуры удовлетворяют нормам.

Номинальная выходная мощность канала (P_k): часть номинальной выходной мощности аппаратуры, которая используется для передачи сигналов в одном канале многоканальной аппаратуры.

Номинальная полоса частот: полоса частот, равная или кратная базисной, используемая для передачи/приема информации в конкретной аппаратуре.

Примечание. Для каналов ВЧ защит номинальная полоса частот может равняться половине базисной полосы частот.

Номинальная полоса частот канала контрольной частоты: часть полосы частот канала ТЧ, используемая для передачи сигнала КЧ.

Номинальное сопротивление: значение сопротивления, на которое рассчитаны цепи входных и выходных интерфейсов аппаратуры и которое используется при проверке выполнения соответствующих требований к аппаратуре.

Паразитные излучения: излучения на частотах, расположенных вне номинальной полосы частот передатчика аппаратуры, содержащие продукты нелинейных искажений в тракте передачи сигналов.

Система ВЧ связи: комплекс технических средств, обеспечивающих образование линейного тракта и каналов передачи первичной сети.

Примечание. В зависимости от вида сигналов, передаваемых в линейном тракте, системе передачи присваивают названия: аналоговая или цифровая.

Техническое обслуживание: комплекс операций по поддержанию работоспособности канала и аппаратуры.

Терминал: Оконечная аппаратура канала связи.

Уровень мощности абсолютный (дБм): определяется по отношению мощности P_x (мВт) к мощности 1,0 мВт, как:

$$X_{дБм} = 10 \lg (P_x / 1). \quad (3.1)$$

Уровень напряжения абсолютный (дБн): определяется по отношению напряжения U_x (В) к напряжению 0,775 В, как

$$X_{дБн} = 20 \lg (U_x / 0,775). \quad (3.2)$$

Чувствительность: минимальное значение уровня сигнала на входе приемника, при котором аппаратура выполняет свои функции с соблюдением нормированных параметров.

3.2 Обозначения и сокращения

АК	-	автоматический контроль
АМ ОБП	-	амплитудная модуляция с передачей одной боковой полосы частот
АРУ	-	автоматическая регулировка усиления
АС	-	анализатор спектра
АТС	-	автоматическая телефонная станция
АУ	-	аппаратура уплотнения
АЧХ	-	амплитудно-частотная характеристика
БИ пуск	-	безынерционный пуск
ВЛ	-	воздушная линия электропередачи
ВРС	-	временное разделение сигналов
ВЧ	-	высокая частота
ВЧЗ	-	высокочастотный заградитель
ГВП	-	групповое время прохождения
ГИО	-	гололедно-изморозиевые отложения
ГСС	-	генератор стандартных сигналов

ДК	-	диспетчерский коммутатор
ДС	-	дифференциальная система
ДФЗ	-	дифференциально-фазная защита
ДЦ	-	диспетчерский центр
ИИУ	-	избирательный измеритель уровня
ИЛ	-	искусственная линия
ИПН	-	источник постоянного напряжения
ИТ	-	информационные технологии
КС	-	конденсатор связи
КЧ	-	контрольная частота
ЛЭП	-	линия электропередачи
МЗ	-	магазин затуханий
ОС	-	охранный сигнал
ПА	-	противоаварийная автоматика
ПД	-	передача данных
ППЗ	-	полупроводниковая защита
РФ	-	разделительный фильтр
РЗ	-	релейная защита
С/П	-	сигнал/помеха
ТМ	-	телемеханика
ТФ	-	телефония
ТЧ	-	тональная частота
УП	-	устройство присоединения к линии
УПАСК	-	устройство передачи/приема аварийных сигналов и команд
ФП	-	фильтр присоединения
ЦП	-	цифровой поток
ЧМ	-	частотная манипуляция
ЧРС	-	частотное разделение сигналов
ЧХ	-	частотная характеристика
ЭМС	-	электромагнитная совместимость

4 Требования к проведению технического обслуживания и эксплуатации каналов ВЧ связи

4.1 Общие требования к приемке в эксплуатацию каналов ВЧ связи

4.1.1 Приемка в эксплуатацию систем и каналов ВЧ связи производится приемочной комиссией в соответствии с требованиями Порядка приемки в эксплуатацию законченных строительством объектов, изложенным в организационно-распорядительных документах ОАО «ФСК ЕЭС».

4.1.2 Организация, осуществлявшая монтажные и пуско-наладочные работы, предъявляет комиссии полностью смонтированный и налаженный комплекс оборудования, техническую, проектную и исполнительную документацию на комплекс и его элементы, а также протоколы испытаний каналов и аппаратуры. На этапе проведения приёмочных испытаний проводят:

- а) испытания на соответствие техническому заданию в соответствии с программой и методикой приёмочных испытаний;
- б) анализ результатов испытания и устранение недостатков, выявленных при испытаниях;
- в) оформление акта о приёмке в постоянную эксплуатацию.

4.1.3 Перед установкой аппаратуры ВЧ связи на линии электропередачи:

- должна быть проведена проверка и настройка элементов ВЧ тракта: ВЧ заградителей, фильтров присоединения, конденсаторов связи, разделительных фильтров, ВЧ кабеля;
- рекомендуется провести предварительную проверку в лаборатории (или на заводе изготовителе) функционирования аппаратуры уплотнения и каналов с использованием искусственной линии связи, на соответствие заводским паспортам.

4.1.4 После установки оборудования на линии производится измерение параметров трактов и каналов ВЧ связи согласно разделу 5 настоящего СТО при рабочем (включенном) состоянии ВЛ, входящих в схему тракта. Измерения при других состояниях ВЛ должны проводиться только при обосновании такой необходимости. При этом измерения рекомендуется производить при хорошей погоде. Это обуславливается тем, что:

- расчетные значения параметров, с которыми сравниваются результаты измерений, даются для хорошей погоды;
- необходима унификация условий измерений с целью сопоставления с результатами последующих проверок.

Измерение при плохих погодных условиях рекомендуется производить только как специальные измерения для выявления степени влияния этих условий на параметры ВЧ трактов.

Измерения рекомендуется выполнять в диапазоне частот, являющемся общим для полосы пропускания фильтров присоединения и полосы заграждения ВЧ заградителей.

Шаг по частоте внутри выбранного диапазона должен назначаться таким образом, чтобы достаточно хорошо определить частотные зависимости рабочего затухания и затухания несогласованности тракта. Выбор шага по частоте необходимо производить с учетом степени влияния волн, отражённых от мест нарушения однородности линии, на параметры ВЧ тракта.

Для трактов, у которых расчётная величина неравномерности затухания ВЧ тракта не превышает 2 дБ (обычно это тракты по транспонированным ВЛ напряжением 330 кВ и выше), шаг по частоте рекомендуется выбирать равным 1 кГц. В полосе рабочих частот каналов, работающих по рассматриваемому тракту, измерения рекомендуется производить с шагом не больше чем 0,25 кГц.

Для трактов, у которых расчётная величина неравномерности затухания ВЧ тракта превышает 2 дБ (обычно это тракты по нетранспонированным ВЛ напряжением 110 кВ и ниже, где влияние отражённых волн значительно), шаг по частоте должен выбираться в зависимости от длины ВЛ по формуле:

$$\Delta f_{шага} \leq \frac{75}{4L}, \text{ кГц}, \quad (4.1)$$

где L – суммарная длина участков основной (без учёта длин ответвлений) линии между двумя смежными ПС, км.

При измерениях тракта с ВЧ обходом промежуточной подстанции, кроме измерения параметров для «сквозного» тракта, рекомендуется производить их измерение по участкам, что облегчит поиск повреждённых элементов ВЧ тракта.

4.1.5 Проверка соответствия параметров канала и аппаратуры проектным данным производится в объеме, указанном в настоящем стандарте в зависимости от видов канала. При необходимости выполняется регулировка и установка определённых параметров в соответствии с проектной документацией.

4.2 Организация технического обслуживания и эксплуатации аппаратуры и каналов ВЧ связи

4.2.1 Работы по техническому обслуживанию аппаратуры ВЧ каналов должны производиться в соответствии с Регламентом обслуживания, утвержденным руководством предприятия, в котором должны быть определены:

- организационные мероприятия по техническому обслуживанию в соответствии с настоящим стандартом;
- взаимодействие между различными службами (подразделениями), эксплуатирующими аппаратуру, а также при необходимости с другими заинтересованными организациями.

4.2.2 Периодичность, объем, и способ выполнения необходимых измерений при проведении технического обслуживания и эксплуатации аппаратуры и каналов ВЧ связи должен соответствовать указаниям настоящего раздела. Указания, приведённые в настоящем разделе, могут быть скорректированы в зависимости от технического состояния объектов, местных условий и опыта эксплуатации.

Измерение параметров ВЧ тракта рекомендуется производить при хорошей погоде. При этом допускается выполнять измерения только в пределах рабочих полос частот рассматриваемого канала связи и в рабочем состоянии линии. Частоты, на которых следует производить измерения, для сопоставимости результатов должны совпадать с частотами, на которых производились измерения при вводе канала в эксплуатацию. Сопоставление полученных результатов измерения параметров с результатами, полученными ранее, позволяет сделать вывод об исправности (или неисправности) оборудования, входящего в схему ВЧ тракта.

4.2.3 Ответственность за эксплуатацию комбинированной аппаратуры ВЧ связи, выполняющей передачу/прием аварийных сигналов и команд, должна возлагаться на персонал служб релейной защиты. При необходимости проверок каналов телефонии и данных работы следует выполнять силами СДТУ по согласованным с СРЗА программам.

4.2.4 Работы по техническому обслуживанию аппаратуры ВЧ каналов, установленной на различных объектах, должны проводиться одновременно и согласованно.

4.2.5 Техническое обслуживание аппаратуры и каналов ВЧ защит должно быть совмещено по времени с обслуживанием устройств релейной защиты, а для УПАСК - с обслуживанием устройств РЗ и ПА, передающих и принимающих команды.

4.2.6 При необходимости вывода из работы оборудования канала ВЧ связи оно должен производиться на основании Заявки, в которой должно указываться наименование оборудования, время начала и окончания работы, причина вывода, а также лица, ответственные за проведение работ на оборудовании, смежные подразделения, с которыми необходимо согласование вывода из работы.

4.3 Периодичность технического обслуживания

4.3.1 Комбинированная аппаратура и каналы передачи сигналов речи, телемеханики и данных без передачи/приема аварийных сигналов и команд.

Техническое обслуживание комбинированной аппаратуры и каналов передачи сигналов речи, телемеханики и данных без передачи/приема аварийных сигналов и команд должно иметь следующие виды:

- ТО-1 – ежедневное;
- ТО-2 – ежегодное;
- ТО-3 – раз в три года.

4.3.2 Каналы ВЧ защит

Периодичность технического обслуживания аппаратуры и каналов ВЧ защит должна быть одинаковой с периодичностью обслуживания устройств релейной защиты. В Таблице 4.1 приведена рекомендуемая периодичность для оборудования каналов ВЧ защит в зависимости от элементной базы, использованной при создании устройства РЗ. В таблице приведены следующие виды технического обслуживания:

- К1 – первый профилактический контроль;
- К – профилактический контроль;
- В – профилактическое восстановление (ремонт).

Таблица 4.1 Периодичность проведения технического обслуживания каналов ВЧ защит

Тип устройств РЗ	Количество лет эксплуатации															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Электромеханические	К1	-	-	К	-	-	-	В	-	-	-	К	-	-	-	В
Микроэлектронные	К1	-	К	-	-	В	-	-	К	-	-	В	-	-	К	-
Микропроцессорные	К1	-	-	К	-	-	-	В	-	-	-	К	-	-	-	В

4.3.3 Каналы УПАСК, а также комбинированные каналы с возможностью передачи/приема аварийных сигналов и команд.

Периодичность технического обслуживания каналов УПАСК, а также комбинированных каналов с возможностью передачи/приема аварийных сигналов и команд должна быть одинаковой с периодичностью обслуживания устройств РЗ и ПА. Эта периодичность установлена в зависимости от элементной базы, использованной при создании аппаратуры ПА, по аналогии с рекомендованной для устройств РЗ. Она приведена в Таблице 4.2, где использованы те же обозначения, что и в Таблице 4.1.

Таблица 4.2 Периодичность обслуживания каналов УПАСК

Элементная база	Количество лет эксплуатации															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
микроэлектронная	К1	-	К	-	-	В	-	-	К	-	-	В	-	-	К	-
микропроцессорная	К1	-	-	К	-	-	-	В	-	-	-	К	-	-	-	В

4.3.4 ВЧ кабель, ВЧЗ и ФП

Техническое обслуживание ВЧ кабеля, ВЧЗ и ФП с КС должно проводиться при техническом обслуживании оборудования ЛЭП.

Рекомендуемая периодичность раз в 6 лет.

4.4 Перечень работ при техническом обслуживании

4.4.1 Каналы передачи сигналов речи, телемеханики и данных

4.4.1.1 В рамках ТО-1 производится ежедневный контроль работоспособности и качества каналов путем оперативной проверки дежурными работниками смены служб связи:

— работы каналов телефонной связи;

— наличие в журнале событий (на ближней и удаленной стороне канала) записи о предупредительных и/или аварийных сигналах и причины их появления.

4.4.1.2 В рамках ТО-2 и ТО-3 производятся работы, приведенные в Таблице 4.3.

Таблица 4.3 Перечень работ при различных видах технического обслуживания

№ п/п	Содержание технического обслуживания	Проверяемый параметр	Пункт требований	Пункт методов испытаний	Использование при виде ТО	
					ТО-2	ТО-3
1	Наружная чистка аппаратуры. Проверка заземления и подключения подходящих кабелей	Внешний осмотр	-	-	+	+
2	Проверка основных параметров канала. Анализ записей в журнале событий	Запас по затуханию канала	7.1.2	10.5.2	+	+
		Соотношение С/П (для аналоговых телефонных каналов)	7.1.4.3	10.5.3		
		Коэффициент ошибок общего ЦП (для цифровых каналов)	7.2.6	10.6.5		
3	Проверка параметров аппаратуры и канала.	Уровни передачи сигналов	7.1.1; 7.2.1	10.5.1; 10.6.1	-	+
		АЧХ остаточного затухания и ГВП телефонного канала (для аналоговых телефонных каналов)	7.1.4.5; 7.1.4.6	10.5.5; 10.5.5		

		MOS (для цифровых телефонных каналов)	7.2.7.3	10.6.5		
		Проверка работы предупредительной и аварийной сигнализации)	7.1.7	10.5.7		
		Проверка параметров РФ	6.2.5	10.3.4		
		Уровень помех от короны	6.3	10.4		
		Затухание ВЧ тракта	6.1.2; 6.1.3	10.2.4; 10.2.4		
		Затухание несогласованности ВЧ тракта	6.1.4	10.2.5		
4	Проверка состояния внешнего монтажа	Внешний осмотр	-	-	-	+

Примечания к пунктам 2 и 3 Таблицы 4.3.

- 1) Анализ списка событий в журнале событий должен включать в себя выявление и анализ случаев предупредительной сигнализации о выходе тех или иных параметров канала за установленные пределы и изменения состояния канала (например, переходы от одной скорости ЦП к другой скорости).
- 2) При измерениях рекомендуется использовать возможности встроенных программ измерений.

4.4.1.3 В комбинированной аппаратуре объем работ по проверке передачи/приема аварийных сигналов и команд должен соответствовать требованиям к проверке каналов УПАСК, приведенным в п. 4.4.3.

4.4.1.4 Результаты проверок при проведении ТО-1 должны фиксироваться в оперативном журнале. Результаты проверок при проведении ТО-2 и ТО-3 должны фиксироваться в паспорте канала.

4.4.2 Каналы ВЧ защит

Работы по техническому обслуживанию аппаратуры должны проводиться в соответствии с утвержденной программой.

Перечень работ, которые должны выполняться при различных видах технического обслуживания, приведен в Таблице 4.4. Работы должны выполняться в соответствии с последовательностью, приведенной в таблице.

Таблица 4.4 Перечень работ при различных видах технического обслуживания

№ п/п	Содержание работы	Пункт	Пункт	Работы,
-------	-------------------	-------	-------	---------

		требований	методов испытаний	выполняемые при:		
				К1	К	В
1	Измерение затухания ВЧ тракта	6.1.2; 6.1.3	10.2.4			+
2	Измерение сопротивления изоляции (до и после испытания прочности изоляции)	8.4	10.7.2.7		+	+
3	Испытание прочности изоляции	8.5	10.7.2.7			+
4	Измерение выходного уровня передатчика	8.1.1	10.7.1.1	+	+	+
5	Измерение чувствительности приемника	8.1.2	10.7.1.2		+	+
6	Измерения тока (напряжения) выхода приемника	8.2.4 8.2.6	10.7.2.5	*	*	+
7	Измерение запаса по перекрываемому затуханию канала	8.1.3	10.7.1.3	+	+	+
8	Измерение уровня принимаемого сигнала	8.1.3	10.7.1.3	+	+	+
9	Измерение уставки срабатывания предупредительной сигнализации, проверка аварийной сигнализации.	8.1.4	10.7.1.4		+	+
10	Измерение уровня синусоидальных помех в полосе приема	8.1.5	10.7.1.5	+	+	+
11	Проверка контактного пуска и останова	8.2.1	10.7.2.1	*	*	*
12	Проверка безынерционного пуска	8.2.2	10.7.2.2	*	*	*
13	Проверка управления передатчиком от ППЗ или МП защит	8.2.5	10.7.2.4	*	*	*
14	Проверка работы манипуляции	8.2.3 8.2.7	10.7.2.3 10.7.2.6	*	*	*
15	Проверка правильности регистрации в журнале событий	8.3	10.7.1.4; 10.7.2.1; 10.7.2.4	+	+	+
16	Испытания приемопередатчика в комплекте с ВЧ защитой	*	*	*	*	*

* испытания проводятся по программе работ для релейной защиты.

Результаты измерений должны фиксироваться в паспорте канала.

4.4.3 Каналы УПАСК

Работы по техническому обслуживанию аппаратуры должны проводиться в соответствии с утвержденной программой.

Перечень работ, которые должны выполняться при различных видах технического обслуживания, приведен в Таблице 4.5. Работы должны выполняться в соответствии с последовательностью, приведенной в таблице.

Таблица 4.5 Перечень работ при различных видах технического обслуживания

№	Содержание работы	Пункт	Пункт	Работы,
---	-------------------	-------	-------	---------

п/п		требований	методов испытаний	выполняемые при:		
				К1	К	В
1	Измерение затухания ВЧ тракта	6.1.2;6.1.3	10.2.4			+
2	Измерение сопротивления изоляции (до и после испытания прочности изоляции)	9.4	10.8.2.3		+	+
3	Испытание прочности изоляции	9.5	10.8.2.4			+
4	Измерение выходного уровня передатчика	9.1.1	10.8.1.1	+	+	+
5	Измерение чувствительности приемника	9.1.2	10.8.1.2		+	+
6	Измерение напряжения срабатывания цепей управления передачей команд	9.2.1	10.8.2.1		+	+
7	Установка параметров аппаратуры для каждой команды	9.2.2	10.8.2.2			+
8	Измерение запаса по перекрываемому затуханию канала	9.1.3	10.8.1.3	+	+	+
9	Измерение уровня принимаемого сигнала	9.1.3	10.8.1.3	+	+	+
10	Проверка замыкания выходных цепей приемника команд при их передаче, проверка сигнализации	9.2.3	10.8.1.3	+	+	+
11	Измерение уставки срабатывания предупредительной сигнализации, проверка аварийной сигнализации.	9.1.4	10.8.1.4	+	+	+
12	Измерение уровня помех в полосе приема	9.1.5	10.8.1.5	+	+	+
13	Измерение уровня синусоидальных помех	9.1.6	10.8.1.6	+	+	+
14	Проверка правильности регистрации в журнале событий	9.3	10.8.1.3; 10.8.1.4	+	+	+
15	Испытания передатчика и приемника в комплекте с пусковыми и приемными устройствами.	*	*	*	*	+

* испытания проводятся по программе работ по проверке систем РЗ и ПА.

Результаты измерений должны фиксироваться в паспорте канала.

4.4.4 ВЧ кабель, ВЧЗ и ФП.

Объём технического обслуживания ВЧ кабеля, ВЧЗ и ФП с КС должен соответствовать пунктам 6.2.1 – 6.2.4.

4.5 Действия при повреждении ВЧ канала

4.5.1 В случае нарушения работы ВЧ канала любого назначения, сопровождающегося действием предупредительной или аварийной сигнализации, необходимо в первую очередь локализовать источник повреждения (аппаратуру уплотнения или ВЧ тракт). Это делается путем сопоставления результатов измерений режимов аппаратуры уплотнения на

двух концах линии. При выявлении несоответствия нормам измеренных параметров должны быть проведены дополнительные измерения, которые позволили бы выявить причину этого несоответствия. В дальнейшем следует провести послеаварийную проверку в соответствии с инструкцией по эксплуатации аппаратуры уплотнения или провести измерения параметров ВЧ тракта.

4.5.2 В случаях, когда действие аварийной сигнализации канала ВЧ связи вызвано увеличением затухания ВЧ тракта (уменьшением уровня приема) и это происходит в гололедный сезон, следует информировать соответствующие службы электросетей о возможном образовании ГИО с опасной толщиной стенки.

4.5.3 Все случаи действия сигнализации должны регистрироваться в оперативном журнале.

4.6 Объём и условия измерений ВЧ тракта при поиске места повреждения

4.6.1 О повреждении элементов ВЧ тракта может свидетельствовать значительное отклонение результатов измерения затухания ВЧ тракта и затухания несогласованности от полученных ранее значений (см. п. 10.3).

4.6.2 Причины, вызывающие несоответствие параметров тракта нормам, определяют на основании тщательного анализа характера АЧХ этих параметров и результатов, проведенных при необходимости дополнительных измерений по специально разработанной программе.

4.6.3 При анализе частотных зависимостей рабочего затухания и затухания несогласованности тракта необходимо учитывать, что разные элементы, входящие в ВЧ тракт (фильтры присоединения с конденсаторами связи, ВЧ кабели, разделительные фильтры и заградители), при их неисправности и неправильном выборе их параметров влияют на частотные зависимости параметров тракта по-разному.

4.6.4 При необходимости разработки специальной программы измерений в этой программе должны быть определены условия проведения измерений (необходимые переключения на линиях, входящих в состав ВЧ тракта, диапазон частот, интервал между частотами, на которых производятся измерения, и т.д.). Эти условия должны разрабатываться с учетом характера различия результатов измерений и предварительно полученной расчётом зависимости затухания (затухания несогласованности) ВЧ тракта от частоты.

5 Паспортизация систем ВЧ связи

5.1 Требования к паспорту на систему ВЧ связи

5.1.1 Паспорт системы ВЧ связи является одной из важнейших частей технической документации, в которой приводятся необходимые данные по рассматриваемой системе, образующей ее аппаратуру и ВЧ тракту.

Эксплуатационная надежность систем ВЧ связи по ЛЭП в значительной мере определяется качеством этой документации и уровнем организации технического обслуживания системы и входящего в нее оборудования.

5.1.2 Паспорт системы ВЧ связи по ЛЭП должен содержать:

- схему организации системы ВЧ связи;
- наименование аппаратуры и дату ее изготовления;
- дату ввода аппаратуры в эксплуатацию;
- заводские технические характеристики аппаратуры;
- заводские эксплуатационные характеристики аппаратуры при ее вводе в эксплуатацию;
- данные о выходе аппаратуры из строя за время эксплуатации (причины этого выхода и мероприятия по восстановлению работы аппаратуры);
- паспорт ВЧ тракта, включающий паспорта на ВЧ заградитель, фильтр присоединения;
- паспорт на аппаратуру и канал ВЧ связи.

5.1.3 Схема организации системы ВЧ связи должна содержать.

5.1.3.1 Данные по организации ВЧ систем на фазах и тросах ЛЭП, входящих в ВЧ тракт паспортизируемой ВЧ системы, включая эту систему. Для каждой из ВЧ систем должны быть указаны рабочие фазы, тип аппаратуры, полосы рабочих частот. При наличии ВЧ обходов на общей схеме организации ВЧ каналов по ЛЭП приводится схема организации связи на ВЧ обходе (с переприятием или выделением НЧ каналов на подстанции ВЧ обхода) либо просто ВЧ обход, указывается оборудование обработки и присоединения на ВЧ обходе.

В случаях организации связи по ВЧ каналу на линиях с ответвлениями в схеме должен приводиться перечень аппаратуры и оборудования, устанавливаемых на ответвлении, как на рабочей, так и нерабочих фазах. Для паспортизируемой ВЧ системы перечисляются виды передаваемой по ней информации при использовании многоканальной аппаратуры уплотнения ВЧ канала, указываются виды информации, передаваемые в каждом канале.

5.1.3.2 Данные по организации ВЧ тракта с указанием:

- схем ЛЭП, входящих в ВЧ тракт в трехфазном исполнении с обозначением фаз на энергообъектах.

Для каждой ЛЭП должны быть указаны (согласно данным паспорта):

- класс напряжения;
- марка фазных проводов и грозозащитного троса, количество проводов в фазе и тросе, количество тросов на ВЛ;
- протяженность ЛЭП;
- перечень типов опор ВЛ с количеством опор каждого типа;
- расположение фаз и тросов и координаты их подвески на промежуточной опоре того типа, который чаще всего применяется;

- наличие ответвлений от ВЛ, количество, протяженность каждого ответвления, расстояния от ПС до ответвления и между ответвлениями с указанием их на схеме ЛЭП;
- 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;
- схема транспозиции фаз и тросов (экранов КЛ) с длинами однородных участков ВЛ (КЛ) между транспозициями; обозначение названия фаз на каждом участке;
- удельное сопротивление грунта вдоль трассы ВЛ;
- толщина стенки гололедаообразования и изморози на данной ВЛ (с периодичностью их образования один раз в 5 лет), либо район по гололеду;
- типов используемых КС, ФП и ВЧЗ для каждой из фаз с указанием полос пропускания ФП и заграждения ВЧЗ.

5.2 Требования к паспорту ВЧ тракта

5.2.1 Паспорт ВЧ тракта должен содержать:

5.2.1.1 Результаты измерений и расчетов частотных характеристик параметров ВЧ тракта, организованного по рабочей фазе (в полосе частот обработки ВЛ):

- рабочего затухания;
- затухания несогласованности с обеих сторон ВЧ тракта.

Должны быть приведены результаты измерений как полученные при вводе канала в эксплуатацию, так и при измерениях, проведенных в процессе эксплуатации.

5.2.1.2 Результаты измерений на выходе ВЧ тракта с обеих его сторон спектра узкополосных помех (от других каналов и радиостанций) и результаты измерений и расчетов уровня широкополосных помех (от короны). Измерение должно производиться в пределах полосы частот аппаратуры обработки ВЛ.

5.2.1.3 Паспорта установленных на рабочей фазе ВЧЗ и ФП с КС с указанием:

- их типов и заводских номеров;
- частотных характеристик параметров, измеренных как при первой настройке, так и при повторных проверках в процессе эксплуатации.

5.2.1.4 Дополнительные материалы, характеризующие особенности ВЧ тракта данной системы связи (переходное затухание подстанций на ближнем и дальнем концах, частотные характеристики затухания при коммутации силового оборудования и т. д.).

5.3 Требования к паспорту на аппаратуру и канал ВЧ связи

5.3.1 Паспорт на аппаратуру и канал ВЧ связи должен содержать:

5.3.1.1 Общие сведения о канале и аппаратуре, в том числе:

- номер и наименование канала и наименование (номера) оконечных ПС, между которыми организован канал;
- дату ввода канала в эксплуатацию;
- тип аппаратуры уплотнения и заводские номера;
- номинальные полосы частот передачи/приема со ссылкой на документ с разрешением на использование этих полос частот (решение проектного института, энергосистемы);
- виды передаваемой информации и ее назначение;
- состав аппаратуры (типы и номера блоков).

5.3.1.2 Параметры комбинированного канала и аппаратуры:

1) Сторона ВЧ:

- уровни передачи различных передаваемых сигналов;
- уровни различных сигналов на входе приёмника (после ВЧ фильтра приёма) с указанием затухания включённых аттенюаторов;
- запас по затуханию канала.

2) Абонентские интерфейсы.

Необходимый объем информации по абонентским интерфейсам зависит от их типа:

a) *Интерфейс для передачи речи:*

- вид окончаний (четырёхпроводный или двухпроводный);
- тип абонентского интерфейса (АТС, ДК, телефон);
- уровни передачи/приема;
- частотная характеристика остаточного затухания (только для аналоговой аппаратуры);
- стабильность остаточного затухания каналов в условиях коммутации высоковольтного оборудования ВЧ (для сложных ВЧ трактов);

— уровень шума.

b) *Интерфейс ПД и ТМ:*

- тип интерфейса;
- скорость передачи;
- уровни передачи/приема;
- коэффициент ошибок;
- краевые искажения (для ТМ).

c) *Интерфейс РЗ и ПА* (при наличии функции передачи/приема аварийных сигналов и команд):

- в соответствии с п. 5.3.1.4.

5.3.1.3 Канал ВЧ защиты (данные для двух приемопередатчиков).

1) ВЧ вход/выход:

- выходные уровни передатчиков;
- уровни чувствительности приемников;
- уровни принимаемых сигналов;
- запас по перекрываемому затуханию канала;

—уровень принимаемого сигнала при срабатывании предупредительной сигнализации;

2) Цепи управления передатчиком и цепи выхода приемника:

— тип ВЧ защиты;

— напряжение пуска, останова;

— напряжение безынерционного пуска;

— напряжение полной манипуляции;

— значение тока (напряжения) выхода приемника (при отсутствии/наличии сигнала);

— сопротивление изоляции.

5.3.1.4 Канал УПАСК (данные аппаратуры для двух концов канала).

1) ВЧ вход/выход:

— выходные уровни передатчиков (сигнал команды/охранный сигнал);

— уровни чувствительности приемников;

— уровни принимаемых сигналов (сигнал команды/охранный сигнал);

— запас по перекрываемому затуханию канала;

— уровень срабатывания предупредительной сигнализации;

2) Цепи управления передачей команд:

— номера и назначение каждой команды;

— напряжение срабатывания цепи управления каждой команды;

— сопротивление изоляции.

6 Требования к электрическим параметрам ВЧ тракта

6.1 Нормы на электрические параметры ВЧ тракта

6.1.1 ВЧ тракт характеризуется следующими параметрами:

— рабочее затухание (его зависимость от частоты – АЧХ затухания);

— неравномерность затухания в полосе частот канала связи, вызванная волнами, отраженными от мест нарушения однородности ЛЭП;

— затухание несогласованности входного сопротивления с номинальным значением этого сопротивления (его зависимость от частоты).

6.1.2 Рабочее затухание ВЧ тракта.

За норму на АЧХ рабочего затухания ВЧ тракта должна приниматься его расчётная характеристика, определённая с использованием точных методов расчета (например, по программе WinTrakt).

6.1.3 Неравномерность затухания ВЧ тракта.

Неравномерность частотной зависимости рабочего затухания ВЧ тракта в базисной полосе частот 4 кГц не должна превышать 4 дБ. Общий характер частотной зависимости рабочего затухания должен соответствовать расчётной зависимости, полученной с использованием точных методов расчета (например, по программе WinTrakt).

6.1.4 Затухание несогласованности входного сопротивления с его номинальным значением.

Среднее значение затухания несогласованности входного сопротивления в рабочих полосах частот аппаратуры, работающей по рассматриваемому ВЧ тракту, не должно быть меньше 10 дБ. Общий характер частотной зависимости затухания несогласованности должен соответствовать расчётной зависимости, полученной с использованием точных методов расчета (например, по программе WinTrakt). При значительной неравномерности частотной характеристики затухания несогласованности, вызванное отражёнными волнами, его минимальное значение не должно быть меньше 4 дБ.

6.2 Нормы на электрические параметры оборудования обработки и присоединения ВЧ тракта

6.2.1 Высокочастотный заградитель.

6.2.1.1 Нормы на минимально допустимую величину активной составляющей полного сопротивления ВЧЗ в полосе заграждения заградителя ($R_{3.мин}$, Ом) приведены в Таблице 6.1.

Таблица 6.1

Напряжение ВЛ, кВ	Схема присоединения:		
	Фаза-земля	Фаза-Фаза	Внутрифазная ⁴⁾
35 - 220	650	570	-
330 ¹⁾	480	430	290
500 ²⁾	440	400	-
750 ³⁾	400	360	-

Примечания. 1) Фаза расщеплена на 2 составляющих провода; 2) Фаза расщеплена на 3 составляющих провода; 3) Фаза расщеплена на 5 составляющих провода; 4) внутрифазный тракт организуется только по изолированным проводам расщепленной фазы ВЛ 330 кВ.

6.2.1.2 Общий характер зависимости полного сопротивления и его активной составляющей должны соответствовать данным предприятия изготовителя, а при их отсутствии - расчетным зависимостям, полученным с использованием точных методов расчета (например, по программе WinTrakt).

6.2.1.3 Напряжение срабатывания защитных элементов (разрядников или ограничителей напряжения) должны соответствовать данным предприятия изготовителя.

6.2.2 Конденсатор связи.

Параметрами КС, которые используются при их проверке в рамках эксплуатации, являются:

— ёмкость конденсатора не должна отличаться от номинального значения более чем на (+10/-5) % для КС на номинальное напряжение 220 кВ и ниже и ± 5 % для номинального напряжения КС 330 кВ и выше.

— тангенс угла потерь ($\text{tg } \delta$) не должен превышать 0,8 %;

— сопротивление изоляции должно быть не менее 1000 МОм.

6.2.3 Фильтр присоединения

6.2.3.1 Нормы на ВЧ параметры:

- рабочее затухание ФП должно быть не более 1,5 дБ;
- затухание несогласованности как со стороны ВЧ кабеля, так и со стороны ВЛ, должно быть не менее 12 дБ. Нормы на ВЧ параметры должны выдерживаться в пределах заданной производителем полосы пропускания ФП.

6.2.3.2 Общий характер зависимости рабочего затухания и затухания несогласованности ФП должны соответствовать данным предприятия изготовителя, а при их отсутствии - расчетным зависимостям, полученным с использованием точных методов расчета (например, по программе WinTrakt).

6.2.3.3 Напряжение срабатывания защитных элементов (разрядников или ограничителей напряжения) должны соответствовать данным предприятия изготовителя.

6.2.4 ВЧ кабель и его параметры:

- рабочее затухание должно соответствовать нормам для используемого типа ВЧ кабеля с учетом его длины.
- входное сопротивление при нагрузке кабеля на 75 Ом должно быть равно 75 ± 3 Ом.
- сопротивление изоляции должно быть не менее 100 МОм/км.

6.2.5 Разделительный фильтр и его параметры:

- рабочее затухание РФ в пределах номинальных полос передачи/приёма канала, работающего через РФ, должно быть не более 1 дБ.
- затухание, вносимое в тракт параллельно включённой аппаратуры РЗ и/или ПА в пределах её номинальных полос передачи/приёма, должно быть не более 1 дБ.
- сопротивление изоляции РФ должно быть не менее 100 МОм.

6.3 Нормы на параметры помех от короны в ВЧ тракте

6.3.1 Уровень помех от короны является случайной величиной. Напряжение помех, распределено по нормальному закону. Нормированию подлежат:

- номинальный уровень помех, который определяется для частоты 100 кГц, в полосе 1 кГц и при вероятности того, что этот уровень будет превышен, равной 50 % ($p_{\text{пом.50\%}}$);
- вероятность превышения уровня помех номинального уровня $p_{\text{пом.50\%}}$ на заданную величину Δp .

6.3.2 Нормы, регламентирующие номинальный уровень помех от короны ($p_{\text{пом.50\%}}$) на фазных проводах линии электропередачи разного класса напряжения в полосе 1 кГц, приведены в Таблице 6.2.

Таблица 6.2

Напряжение, кВ	Число проводов в фазе	Уровень помех $p_{\text{пом.50\%}}$, дБм ^{1), 2)}
110	1	-38
220	1	-28
330	2	-26

500	3	-21
750	4	-18
	5	-20

Примечания.

- 1) Уровень помех дан для линий с проводами, прошедшими процесс старения.
- 2) Уровень помех дан для схемы присоединения «средняя фаза-земля» и «фаза средняя - фаза крайняя». Для схемы присоединения «крайняя фаза-земля» уровень помех уменьшается на 3 дБ.

6.3.3 Уровень помех для частоты f , отличной от 100 кГц (для ВЛ напряжением 220 кВ и выше), определяется по формуле (6.1); уровень помех в полосе Δf , отличной от 1 кГц, определяется по формуле (6.2):

$$P_{номf} = p_{ном100} - k_f \lg(f10^{-2}) \quad (6.1)$$

$$P_{ном\Delta f} = p_{ном} + 10 \lg(\Delta f) \quad (6.2)$$

В формулах (6.1) и (6.2):

$p_{пом.100}$ – уровень помех на частоте 100 кГц, принимаемый равным $p_{пом.50\%}$;

f – частота, для которой требуется определить помехи, кГц;

$k_f = 5$ (для ВЛ 220 кВ и внутрифазного тракта по ВЛ 330 кВ);

$k_f = 7$ (для ВЛ 330 кВ);

$k_f = 8,5$ (для ВЛ 500 – 750 кВ);

Δf – полоса частот, для которой требуется определить помехи, кГц.

6.3.4 Вероятность того, что уровень помех будет превышать величину ($p_{пом.50\%} + \Delta p$) при разных значениях Δp приведена на рисунке 6.1.

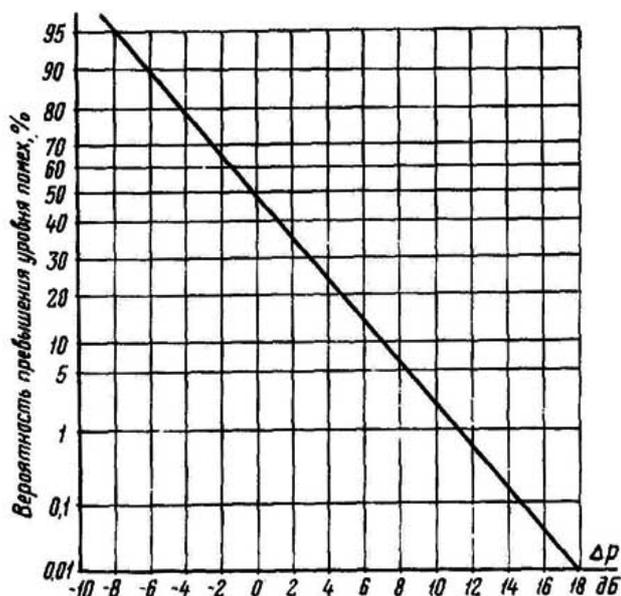


Рисунок 6.1 Кривая для определения вероятности превышения уровня помех над уровнем ($p_{пом.50\%} + \Delta p$)

6.3.5 Для ВЛ 330 кВ и выше в качестве нормы на уровень помех для конкретной ВЛ вместо данных Таблицы 6.2 рекомендуется принимать результат расчёта по программам, использующим точные методы расчета

помех от короны (например, по программе WinNoise).

6.3.6 При прохождении трассы ВЛ в районе с повышенной загрязнённостью атмосферы промышленными выбросами номинальный уровень помех увеличивается против определённого по Таблице 6.2 на 8-10 дБ. При этом зависимость вероятности появления помех рис. 6.1 не действительна.

7 Требования к параметрам комбинированных и комплексных каналов ВЧ связи

7.1 Нормы на параметры аналоговых каналов

7.1.1 Уровни различных сигналов на ВЧ выходе должны соответствовать рекомендуемым заводом изготовителем аппаратуры.

7.1.2 Запас по затуханию канала должен быть не меньше величины, определённой в проектной документации на рассматриваемый канал. Не рекомендуется, чтобы установленная величина запаса по затуханию превышала нормированное значение более чем на 3 дБ.

7.1.3 Диапазон регулирования и рабочая точка системы автоматического регулирования усиления должна устанавливаться так, чтобы работа АРУ обеспечивала постоянство уровня тональных сигналов с точностью $\pm 0,5$ дБ при уменьшении затухания ВЧ тракта относительно затухания, определённого при хорошей погоде, на величины не менее 5 дБ и увеличении затухания на величину не менее запаса по затуханию канала.

Примечание. Под хорошей погодой подразумевается солнечная или малооблачная погода без осадков.

7.1.4 Четырёхпроводные/двухпроводные окончания телефонного канала (нормы приведены для каналов при выключенных компандерах или без них).

7.1.4.1 Уровни для четырёхпроводных окончаний:

— передача: (-13,0) дБм;

— приём: (+4,0) дБм.

7.1.4.2 Уровни для двухпроводных окончаний:

— передача: 0 дБм;

— приём: (- 7) дБм.

7.1.4.3 Соотношение уровней сигнала и помехи для широкополосных помех от короны при плохих погодных условиях должно быть не менее 26 дБ, при хороших погодных условиях - не менее 35 дБ.

Примечание. Под плохими погодными условиями подразумевается сильный дождь или снег. Под хорошей погодой подразумевается солнечная или малооблачная погода без осадков.

7.1.4.4 Соотношение уровней сигнала и узкополосных помех от других каналов при затухании тракта, равном сумме расчётного затухания и запаса по затуханию, должно быть не менее 35 дБ.

7.1.4.5 Частотная характеристика относительного остаточного затухания (относительно значения на частоте 1020 Гц) должна укладываться в

шаблоны, представленные на рисунках 7.1÷7.3.

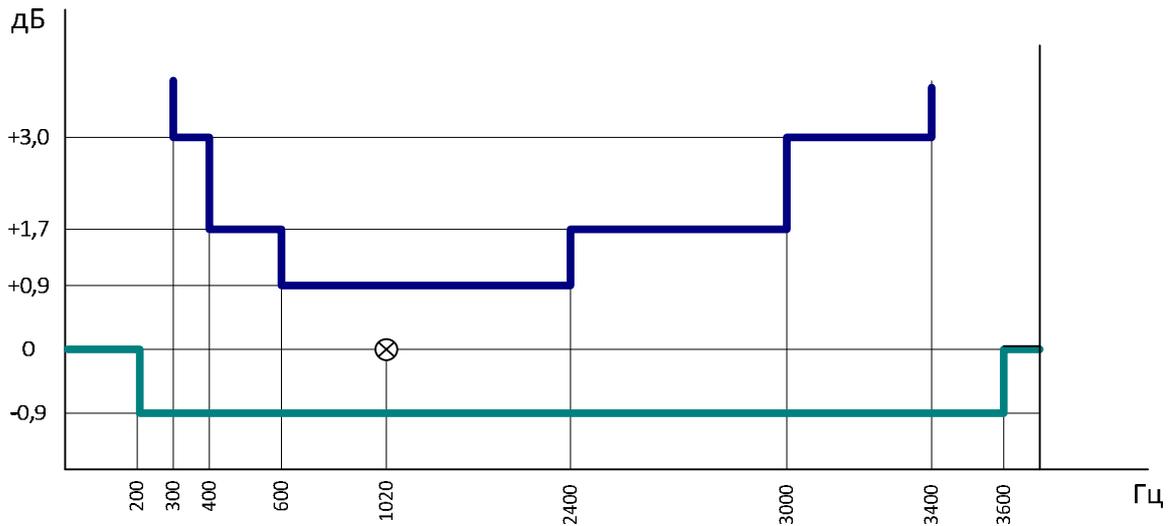


Рисунок 7.1 Шаблон нормирования частотной характеристики относительного остаточного затухания телефонного канала с эффективно передаваемой полосой частот 300 - 3400 Гц

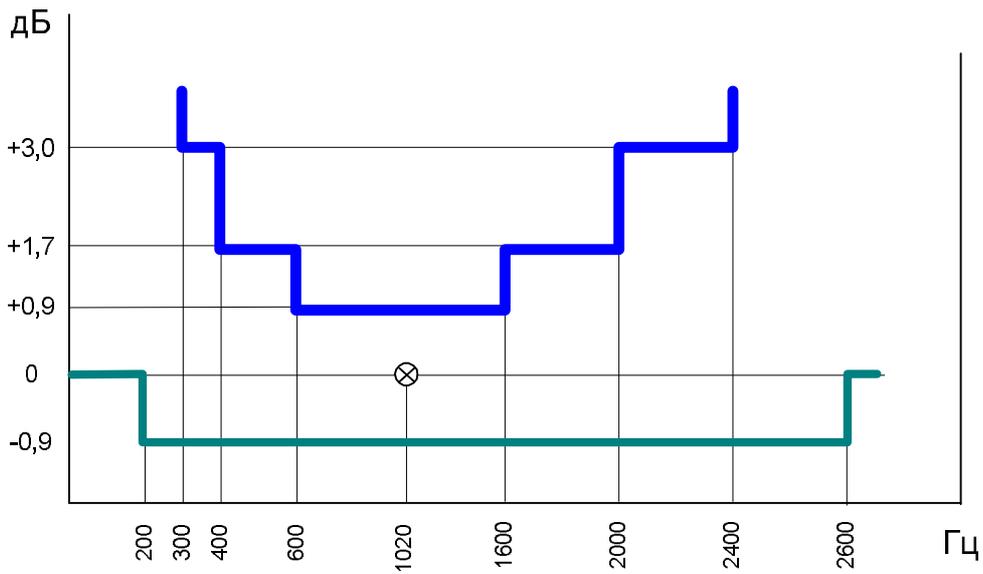


Рисунок 7.2 Шаблон нормирования частотной характеристики относительного остаточного затухания телефонного канала с эффективно передаваемой полосой частот 300 - 2400 Гц

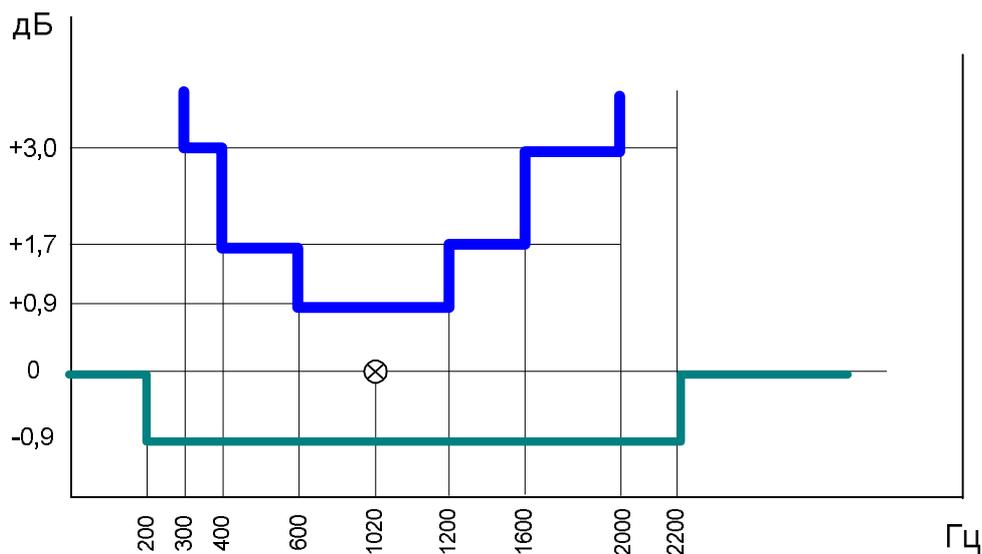


Рисунок 7.3 Шаблон нормирования частотной характеристики относительного остаточного затухания телефонного канала с эффективно передаваемой полосой частот 300 - 2000 Гц

7.1.4.6 Частотная характеристика относительного группового времени прохождения (относительно значения на частоте 1900 Гц) должна укладываться в шаблоны, представленные на рисунках 7.4-7.6.

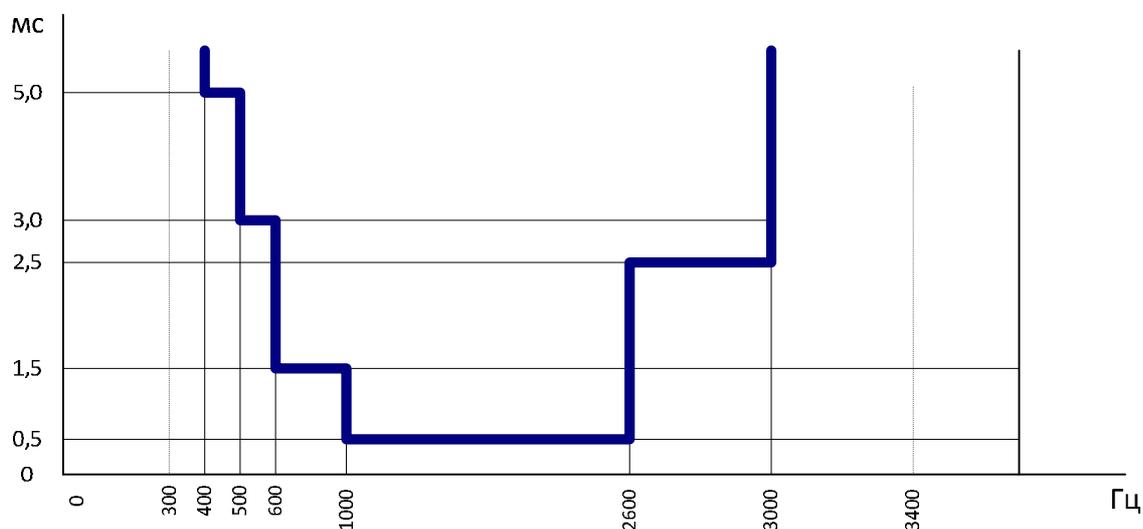


Рисунок 7.4 Шаблон нормирования искажения ГВП телефонного канала с эффективно передаваемой полосой частот 300 - 3400 Гц

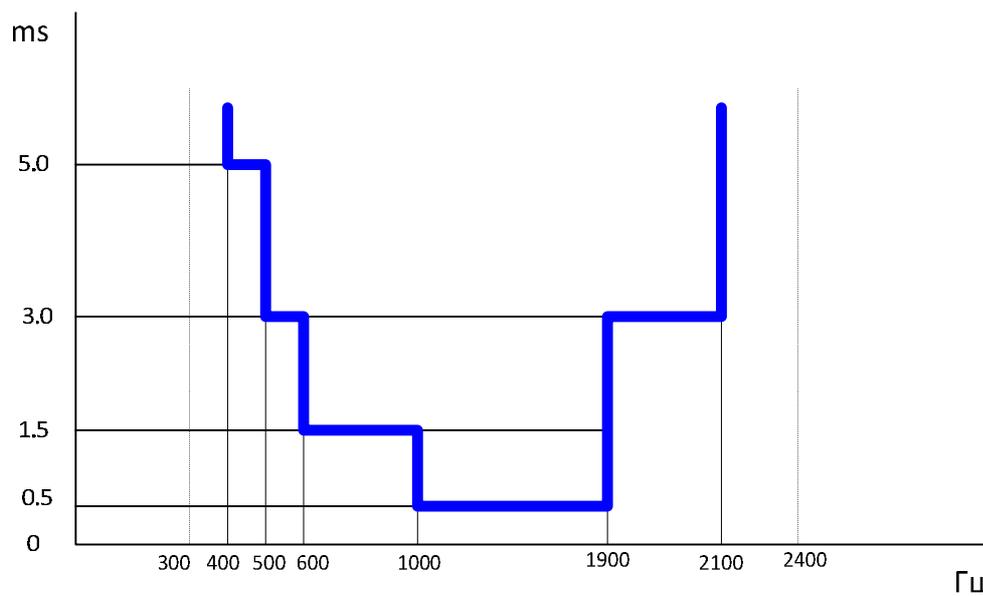


Рисунок 7.5 Шаблон нормирования искажения ГВП телефонного канала с эффективно передаваемой полосой частот 300 - 2400 Гц

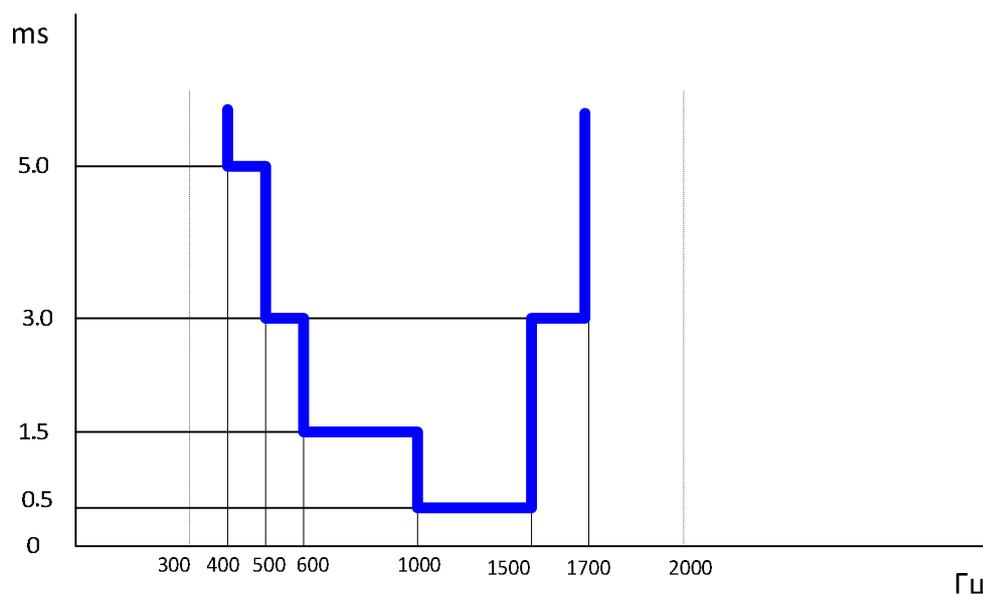


Рисунок 7.6 Шаблон нормирования искажения ГВП телефонного канала с эффективно передаваемой полосой частот 300 - 2000 Гц

7.1.4.7 Максимально допустимое время задержки сигнала в составном телефонном канале с переприёмами должно быть не более 150 мс.

7.1.5 Входные/выходные параметры сигналов для выносных модемов передачи данных и телемеханики.

7.1.5.1 Уровни на входе/выходе четырехпроводных окончаний канала ТЧ для выносных модемов должны быть:

— передача от модема в канал ТЧ: от 0 до минус 20 дБм (в зависимости от типа модема и длины соединительной линии между модемом и аппаратурой уплотнения);

— приём от канала ТЧ в сторону модема: от 0 до минус 20 дБм (в зависимости от типа модема и длины соединительной линии между модемом и аппаратурой уплотнения).

7.1.5.2 Норма на соотношение уровней сигнала и широкополосной помехи от короны определяется как сумма заявляемой производителями модема величины для белого шума и поправки, определяемой по п. 7.2.4. Полученная норма должна быть обеспечена при плохих погодных условиях. При хороших погодных условиях измеренное соотношение должно быть на 9 дБ больше нормы (определение условий погоды см. п. 7.1.4.3).

7.1.6 Входные и выходные параметры сигналов на интерфейсах встроенных модемов передачи данных и телемеханики.

7.1.6.1 Уровни входных и выходных сигналов интерфейсов встроенных модемов должны соответствовать требованиям интерфейсов RS 232 C, RS-422 или RS-485.

7.1.6.2 Коэффициент ошибок в канале ПД и ТМ должен соответствовать необходимому для нормального функционирования системы, но не более 10^{-3} . Краевые искажения не должны превышать 12 % при соотношении сигнал/помеха, определяемом производителем.

7.1.7 Пороговые значения уставок срабатывания сигнализации снижения уровня приема и соотношения сигнал/шум должны устанавливаться в соответствии с рекомендациями завода изготовителя аппаратуры и нормами на канал связи.

7.1.8 7.1.8. При использовании комбинированной аппаратуры ВЧ связи с передачей/приемом аварийных сигналов и команд дополнительно к указанным выше нормам на эту аппаратуру должны выполняться нормы раздела 9.1.4 и 9.2.

7.2 Нормы на параметры цифровых каналов

7.2.1 Уровни сигналов КЧ и цифрового потока на ВЧ выходе должны соответствовать величинам, рекомендуемым заводом изготовителем аппаратуры.

7.2.2 Запас по затуханию канала должен быть не меньше величины, определённой в проектной документации на рассматриваемый канал. Не рекомендуется, чтобы установленная величина запаса по затуханию превышала нормированное значение более чем на 3 дБ.

7.2.3 Рабочая точка системы автоматического регулирования усиления (АРУ) должна устанавливаться так, чтобы при передаче цифрового потока с максимальной из заявленных скоростей система АРУ обеспечивала при коэффициенте ошибок не более 10^{-6} работу канала при следующих изменениях затухания ВЧ тракта относительно затухания, определённого при хорошей погоде (определение условий погоды см. п. 7.1.4.3):

— уменьшение, затухания на величину не менее 5 дБ;

— увеличение затухания на величину не менее запаса по затуханию канала.

7.2.4 Соотношение уровней сигнала (для рассматриваемой скорости ЦП) и широкополосной помехи от короны на входе приёмника при наихудших погодных условиях должно быть не менее величины, указанной изготовителем для помехи типа белый шум, увеличенной на значения:

- 0 дБ - для ВЛ 35-110 кВ;
- 4 дБ - для ВЛ 220 кВ;
- 6 дБ - для ВЛ 330 кВ и выше.

При хороших погодных условиях измеренное соотношение сигнала и помехи от короны должно быть не менее чем на 9 дБ больше приведенных выше норм (определение условий погоды см п. 7.1.4.3).

7.2.5 Соотношение уровней сигнала и узкополосных помех от других каналов при затухании канала, соответствующем расчётному запасу по затуханию, должно быть не менее величины, указанной для рассматриваемой скорости ЦП.

7.2.6 Максимально допустимое число ошибок на бит в общем цифровом потоке при отсутствии особых требований не должно превышать 10^{-6} .

7.2.7 Нормы на телефонные каналы.

7.2.7.1 Максимально допустимое время задержки сигнала в канале для передачи речи без переприёмов должно быть не более 150 мс.

7.2.7.2 Максимально допустимое время задержки сигнала в составном телефонном канале с переприёмами должно быть не более:

- 150 мс для каналов оперативно-диспетчерской связи;
- 300 мс для каналов административно-технологической связи.

Примечание. По договоренности между производителем и потребителем максимально допустимое время задержки в основном телефонном канале для оперативно-диспетчерской связи может быть увеличено до 200 мс, например, для связи с оперативно-выездными бригадами, дежурными небольших подстанций.

7.2.7.3 Качество канала сжатой речи MOS (согласно ITU-T P.862) должно быть не ниже 3,5.

7.2.8 При использовании комбинированной аппаратуры ВЧ связи с передачей/приемом аварийных сигналов и команд дополнительно к указанным выше нормам на эту аппаратуру должны выполняться нормы раздела 9.2.

8 Требования к параметрам специализированных каналов и аппаратуре ВЧ защит

8.1 Нормы на параметры каналов ВЧ защиты на ВЧ входе/выходе аппаратуры

8.1.1 Выходной уровень передатчика задается проектом.

8.1.2 Значение чувствительности приемника задается проектом. Минимально допустимые значения чувствительности даны в п. 8.1.6.

8.1.3 Минимально допустимый уровень приема сигнала защиты в нормальных климатических условиях должен быть выше уровня

чувствительности на значение запаса по перекрываемому затуханию. Запас по затуханию ВЧ тракта должен превышать расчетное затухание, обусловленное гололедно-изморозиевыми отложениями на 8 дБ (при специальном обосновании 5 дБ). Не рекомендуется, чтобы установленная величина запаса по затуханию превышала нормированное значение более чем на 3 дБ.

8.1.4 Значение уставки срабатывания предупредительной сигнализации при автоконтроле (снижения уровня приема относительно значения, измеренного в нормальных климатических условиях) задается проектом или службой релейной защиты СО. Как правило, принимаются значения снижения от 6 до 10 дБ, но не менее расчетного затухания, обусловленного гололедно-изморозиевыми отложениями. При обрыве ВЧ канала должна срабатывать аварийная сигнализация.

8.1.5 Разность между уровнем чувствительности приемника (п. 8.1.2) и измеренными уровнями любых синусоидальных помех в полосе приема должна быть не меньше значения, указанного производителем аппаратуры.

8.1.6 Минимально допустимый уровень чувствительности (дБм) приемников каналов дифференциально-фазных защит с интегральным реагирующим органом приведен в Таблице 8.1, а.

Таблица 8.1, а

Тип защиты	Схема присоединения к ВЛ	Напряжение ВЛ, кВ					
		110	220	330	500	750 ¹⁾	1150
<i>Электромеханические типов</i> ДФЗ-201, ДФЗ-503, ДФЗ-504, ДФЗ-2, ДФЗ-401, ДФЗ-402 ДФЗ-501	Средняя фаза-земля нетранспонированной ВЛ	-9,5	-6,4	-4,4	+0,6	+1,6 / +3,6	+0,6
	Крайняя фаза - земля нетранспонированной ВЛ	-9,5	-9,4	-7,4	-2,4	-1,4 / +0,6	-2,4
	Фаза А-земля и фаза В –земля транспонированной ВЛ	-	-6,4	-4,4	+0,6	+1,6 / +3,6	+0,6
<i>Микропроцессорные типов</i> ШЭ 2710 582, ШЭ 2607 081-089, ШЭ 2710 538							
Примечание. 1) Числитель - для расщепления фазы на 5 проводов, знаменатель - на 4 провода							

Минимально допустимый уровень чувствительности (дБм) приемников каналов дифференциально-фазных защит с детекторным реагирующим органом, а также направленных защит с ВЧ блокировкой приведен в Таблице 8.1, б.

Таблица 8.1, б

Тип защиты	Схема присоединения к ВЛ	Напряжение ВЛ, кВ					
		110	220	330	500	750 ¹⁾	1150
Дифференциально-фазные <i>Микроэлектронные типов</i> ПДЭ-2003 НДЗ-751 <i>Микропроцессорные типов</i> ШЛ 2604, ШЛ 2704	Средняя фаза-земля нетранспонированной ВЛ	-5,0	-1,9	+0,1	+5,1	+6,1 / +8,1	+5,1
	Крайняя фаза - земля нетранспонированной ВЛ	-5,0	-2,0	-2,0	+2,1	+3,1 / +5,1	+5,1
	Фаза А-земля и фаза В – земля транспонированной ВЛ	-	-2,0	-2,0	+2,1	+3,1 / +5,1	+5,1
Направленные защиты <i>Электромеханические типов</i> ПЗ-151, ПЗ-158, ПЗ-159, ПЗ-212, ЭПЗ-1643, ЭПЗ-1636 <i>Микроэлектронные типов</i> ПДЭ-2802 <i>Микропроцессорные типов</i> ШЭ 2607 031 ШЭ 2607 032 ШЛ 2607	Средняя фаза-земля нетранспонированной ВЛ	-20	-15,5	-13,5	-	-	-
	Крайняя фаза-земля нетранспонированной ВЛ	-20	-16	-14	-	-	-
Примечание. 1) Числитель - для расщепления фазы на 5 проводов, знаменатель - на 4 провода							

8.2 Нормы на параметры цепей управления передатчиком и цепей выхода приемника

При работе с электромеханическими защитами должно быть:

8.2.1 Напряжение контактного пуска и останова 220/110/24 В (допуск - плюс 10%, минус 20 %).

8.2.2 Напряжение безынерционного пуска $3 \div 5,5$ В.

8.2.3 Напряжение полной манипуляции $5 \div 15$ В.

8.2.4 Токи выхода приемника:

При отсутствии ВЧ сигнала на входе приемника (при АМ) или при приеме сигнала неблокирующей частоты (при ЧМ):

— для дифференциально-фазной защиты 20 или 10 мА (± 5 %);

— для дистанционной или направленной защиты ($0 \div 1$) мА.

При наличии на входе приемника непрерывного ВЧ сигнала (при АМ) или при приеме сигнала блокирующей частоты (при ЧМ):

- для дифференциально-фазной защиты $(0 \div 1) \text{ мА}$;
- для дистанционной или направленной защиты $20 \text{ мА} (\pm 5 \%)$.

При работе с полупроводниковыми и микропроцессорными защитами должно быть:

8.2.5 Напряжение управления $(21,6 \div 28,8) / (0 \div 5) \text{ В} (\pm 5 \%)$.

8.2.6 Напряжения на выходе приемника:

— низкий логический уровень $(0 \div 1) \text{ В}$ - при отсутствии ВЧ сигнала на входе приемника (при АМ) или при приеме сигнала неблокирующей частоты (при ЧМ);

— высокий логический уровень $(15 \div 24) \text{ В}$ - при наличии на входе приемника непрерывного ВЧ сигнала (при АМ) или приеме сигнала блокирующей частоты (при ЧМ).

8.2.7 Для приемопередатчиков, использующих ЧМ, разность между длительностями импульсов и пауз на выходе приемника должна регулироваться в пределах от 5° до 30° программными средствами. Устанавливаемое значение разности задается службой релейной защиты.

8.3 Регистрация в журнале событий

Должна производиться регистрация в энергонезависимой памяти явлений, характеризующих работу приемопередатчика (пуск, предупредительная и аварийная сигнализация) с дискретностью 1 мс .

8.4 Нормы на сопротивление изоляции

Сопротивление изоляции относительно корпуса цепей электропитания, сигнализации, контактного пуска передатчика, тока выхода приемника должно быть не менее 1 МОм .

8.5 Нормы на прочность изоляции

Испытательное напряжение прочности изоляции относительно корпуса цепей с рабочим напряжением выше 60 В в условиях эксплуатации должно быть 1000 В переменного тока промышленной частоты в течение 1 мин .

9 Требования к параметрам каналов УПАСК

9.1 Нормы на параметры каналов на ВЧ входе/выходе устройств

9.1.1 Выходные уровни передатчика при передаче команд и охранного сигнала задаются проектом.

9.1.2 Значение чувствительности приемника задается проектом.

9.1.3 Минимально допустимый уровень приема сигнала команды в нормальных климатических условиях для случая, когда команды должны передаваться через место короткого замыкания на линии, должен быть выше уровня чувствительности на значение запаса по перекрываемому затуханию. Запас по затуханию ВЧ тракта должен быть равен сумме расчетного затухания, обусловленного гололедно-изморозиевыми отложениями, и величины:

- при схеме присоединения «фаза-земля» 22 дБ;
- при схеме присоединения «фаза-фаза» 8 дБ.

Для случая, когда команды должны передаваться по исправной линии, запас по затуханию должен быть равен расчетному затуханию, обусловленному гололедно-изморозиевыми отложениями, но не менее 9 дБ.

Не рекомендуется, чтобы установленная величина запаса по затуханию превышала нормированное значение более чем на 3 дБ.

9.1.4 Значение уставки срабатывания предупредительной сигнализации при контроле канала (снижения уровня приема ОС относительно значения, измеренного в нормальных климатических условиях) задается проектом или соответствующей службой защиты. Как правило, принимаются значения снижения от 6 до 10 дБ, но не менее расчетного затухания, обусловленного гололедно-изморозиевыми отложениями. При обрыве ВЧ канала должна срабатывать аварийная сигнализация.

9.1.5 Отношение сигнал/помеха должно быть не менее 6 дБ (сигнал команды/помеха в полосе 4 кГц).

9.1.6 Разность между уровнем чувствительности приемника (п. 9.1.2) и измеренными уровнями любых синусоидальных помех в полосе приема должна быть не меньше значения, указанного производителем аппаратуры.

9.2 Нормы на параметры цепей управления передачей команд и работу приемника команд

9.2.1 Значения напряжения срабатывания цепей управления передачей команд должны находиться в диапазоне:

- (158÷170) В при номинальном напряжении 220 В;
- (79÷85) В при номинальном напряжении 110 В.

9.2.2 Значения параметров аппаратуры для каждой команды: времени задержки на передачу команд (антидребезг), продолжительности передачи команды, времени задержки на возврат замкнутых выходных цепей приемника задаются проектом или соответствующей службой защиты.

9.2.3 При передаче команд и уровне принимаемого сигнала на входе приемника, равном или превышающем чувствительность, должны срабатывать выходные цепи приемника команд. Должна происходить внешняя сигнализация передачи любой команды и приема любой команды.

9.3 Регистрация в журнале событий

Должна производиться регистрация в энергонезависимой памяти явлений, характеризующих работу аппаратуры (пуск команд, прием команд, действие предупредительной и аварийной сигнализации) с дискретностью 1 мс.

9.4 Нормы на параметры сопротивления изоляции

Сопротивление изоляции относительно корпуса цепей: электропитания, сигнализации, управления передачей команд, выходов команд должно быть не менее 1 МОм.

9.5 Нормы на параметры прочности изоляции

Испытательное напряжение прочности изоляции относительно корпуса цепей с рабочим напряжением выше 60 В в условиях эксплуатации должно быть 1000 В переменного тока промышленной частоты в течение 1 мин.

10 Методы измерения нормируемых параметров ВЧ трактов и каналов

10.1 Общая часть

10.1.1 Эквивалентная схема генератора сигналов с внутренним сопротивлением Z_1 и уровнем ЭДС, равным L_0 представлена в виде, показанном на рисунке 10.1, а.

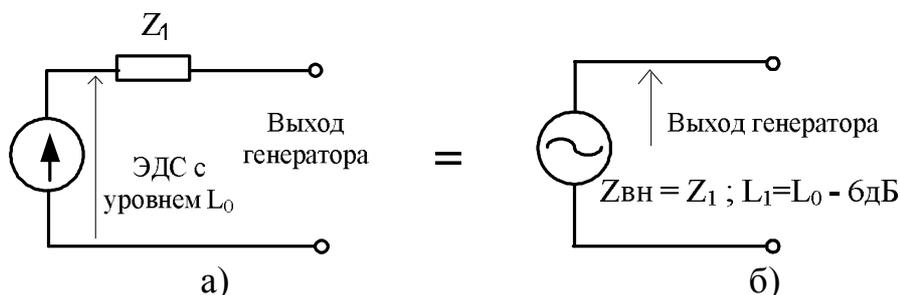


Рисунок 10.1 Эквивалентная схема генератора (а) и её представление современным генератором (б)

В современных генераторах (рисунок 10.1, б) устанавливаемый уровень выхода L_1 отображается как уровень ЭДС за вычетом 6 дБ (то есть равен уровню на выходе генератора при нагрузке на согласованное сопротивление Z_1).

10.1.2 Рабочее затухание четырехполюсника, включённого, в общем случае, между источником с внутренним сопротивлением Z_1 и нагрузкой с сопротивлением Z_2 измеряют в схеме рисунке 10.2.

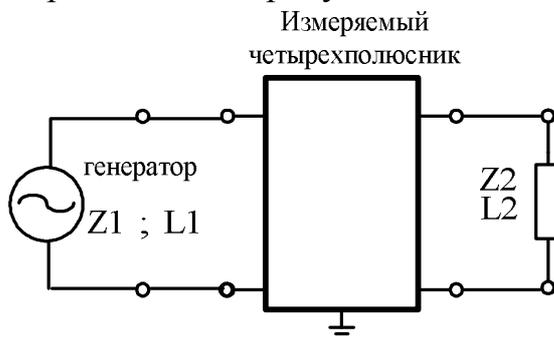


Рисунок 10.2 Схема измерения рабочего затухания четырехполюсника. Рабочее затухание четырехполюсника, измеренное в схеме рисунка 10.2 при известных уровнях L_1 и L_2 , выраженных в дБн, определяется как:

$$a_p = L_1(\text{дБн}) - L_2(\text{дБн}) + 10 \lg(Z_2/Z_1), \text{ дБ.} \quad (10.1)$$

В том случае, когда внутреннее сопротивление используемого генератора не соответствует требуемой величине Z_1 , создаётся схема эквивалентного генератора (рисунок 10.1, а). На рисунке 10.3 показано измерение рабочего затухания четырёхполюсника при использовании схемы эквивалентного генератора.

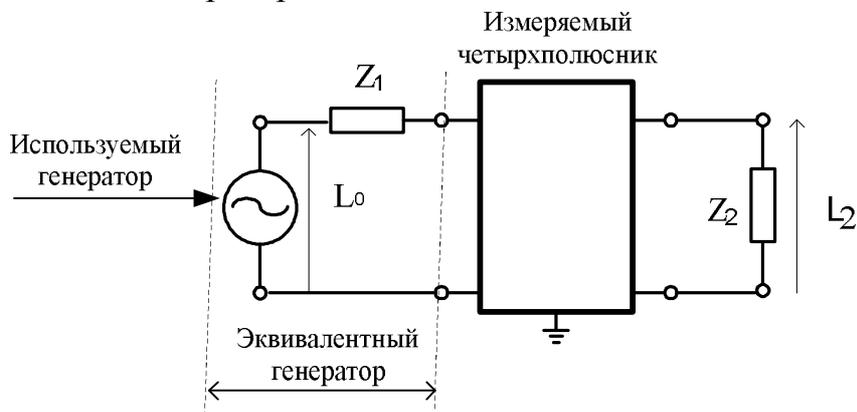


Рисунок 10.3 Схема измерения рабочего затухания четырёхполюсника с эквивалентным генератором

При измерении по этой схеме рабочее затухание четырёхполюсника при известных уровнях L_0 и L_2 определяется как:

$$a_p = L_0(\text{дБн}) - 6 - L_2(\text{дБн}) + 10 \lg(Z_2/Z_1), \text{ дБ} \quad (10.2)$$

В частном, когда внутреннее сопротивление генератора Z_1 и сопротивление нагрузки четырёхполюсника Z_2 одинаковы ($Z_1 = Z_2$), формула (10.2) записывается, как:

$$a_p = L_1 - L_2, \text{ дБ}. \quad (10.3)$$

При этом уровни L_1 и L_2 могут быть измерены как в виде абсолютных уровней по мощности, так и в виде абсолютных уровней по напряжению.

Ниже, при описании измерения рабочего затухания, будет использоваться схема рисунка 10.2 и формулы (10.2) и (10.3). При этом имеется в виду наличие измерительного генератора с необходимым внутренним сопротивлением.

10.1.3 При проверке параметров канала связи в лаборатории измерения производятся при соединении двух полукомплектов в канал через искусственную линию в соответствии с рисунком 10.4.

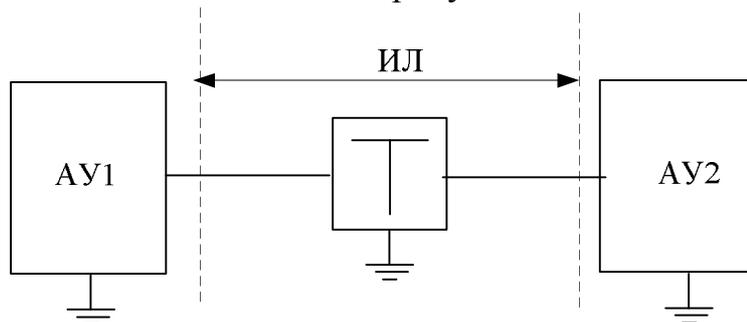


Рисунок 10.4 Схема измерения параметров аппаратуры при работе в канале

Затухание ИЛ при проведении тестов определяется в соответствии с рекомендациями МЭК 60495 как:

$$a_{ил}(\partial Б) = L_{ном}(\partial Бм) - 15 - 20 \lg n, \quad (10.4)$$

где $L_{ном}$ – номинальная выходная мощность аппаратуры (пиковая мощность огибающей), n – число базисных полос частот в номинальной полосе частот аппаратуры.

Примечание. В некоторых специально оговариваемых случаях требуемое затухание ИЛ может отличаться от определяемого по (10.4).

10.1.4 Приведенные схемы измерений нормируемых параметров могут быть изменены с учётом схемной реализации проверяемой аппаратуры, но без искажения принципов, положенных в основу методики проведения измерений. В тех случаях, когда для измерения параметров могут быть использованы специализированные измерительные приборы, предпочтение следует отдавать этим приборам.

10.1.5 Допускается применять другие методы, включая использование приборов с прямым считыванием измеряемого параметра. При этом использованные приборы должны отвечать требованиям по точности.

10.2 Измерение параметров ВЧ тракта

10.2.1 Измерения рабочего затухания и затухания несогласованности, а в ряде случаев и модуля входного сопротивления тракта, могут производиться:

- с помощью специализированных приборов, измеряющих непосредственно эти параметры (например, AnCom A-7, Ретом ВЧ);
- с использованием специальных схем измерения.

Измерения с помощью специализированных приборов производятся в соответствии с рекомендациями заводов изготовителей.

Ниже описываются измерения с использованием специальных схем.

10.2.2 Измерение параметров ВЧ тракта должно производиться при включённом (рабочем) состоянии ВЛ, входящих в схему тракта. Рекомендуется производить измерения и при других коммутационных состояниях линий (ВЛ отключена от шин ПС и не заземлена, отключена от шин ПС и заземлена за заградителями).

10.2.3 Для исключения влияния сигналов измерительного генератора на приемники каналов ВЧ защит и каналов УПАСК, работающих в прилегающей электрической сети, рекомендуется устанавливать уровень передачи генератора как можно меньше (не более +10 дБм). Уверенную фиксацию уровня сигнала, принимаемого при измерениях от измерительного генератора необходимо обеспечивать не увеличением мощности генератора, а выбором соответствующей ширины полосы избирательности измерителя уровня (рекомендуется выбирать такую ширину полосы избирательности, чтобы соотношение измеряемого сигнала и широкополосной помехи было бы не

менее 8 дБ).

10.2.4 Рабочее затухание (пункты 6.1.2, 6.1.3) измеряют по схеме рисунка 11.2, в которой сопротивления Z_1 и Z_2 принимаются одинаковыми и равными номинальному значению сопротивления ВЧ тракта (обычно $Z_1=Z_2=75$ Ом).

Рабочее затухание определяется по значениям уровней L_1 и L_2 по формуле (10.3).

Измерение рабочего затухания производится для одного направления передачи сигнала, так как величина рабочего затухания от направления передачи сигнала не зависит.

10.2.5 Затухание несогласованности (п. 6.1.4) измеряют по схеме рисунка 10.5.

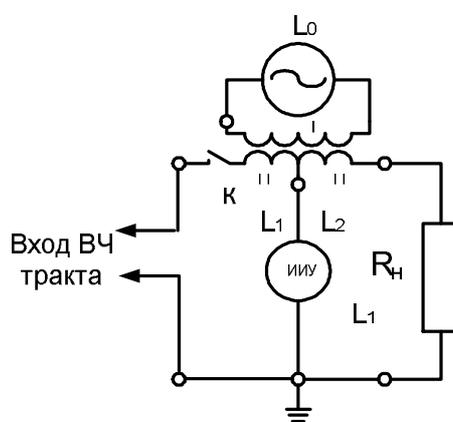


Рисунок 10.5 Принципиальная схема измерения затухания несогласованности входного сопротивления ВЧ тракта

Измерительный генератор должен иметь симметричный выход с «нулевым» внутренним сопротивлением; в качестве индикатора настройки моста должен использоваться избирательный измеритель уровня (ИИУ) с высокоомным входом и минимально возможной шириной полосы избирательности (не более 100 Гц).

Измерения производят, контролируя уровень на выходе генератора L_0 , который должен оставаться неизменным, в следующей последовательности:

— ключ **К** отключен. Измеряют уровень L_1 в диагонали моста в этом режиме);

— ключ **К** включен. Измеряют уровень L_2 в диагонали моста в этом режиме.

Затухание несогласованности определяется по результатам измерений как разность уровней, измеренных при выключенном и включенном ключе **К**

$$a_{нс} = L_1 - L_2. \quad (10.5)$$

Измерение затухания несогласованности производится с обоих концов ВЧ тракта. При этом на противоположном конце ВЧ такт должен быть нагружен на резистор 75 Ом.

На рисунке 10.6 приведена схема измерений модуля входного сопротивления ВЧ тракта (входное сопротивление ВЧ тракта на схеме представлено в виде сопротивления $Z_{\text{вх. тракта}}$).

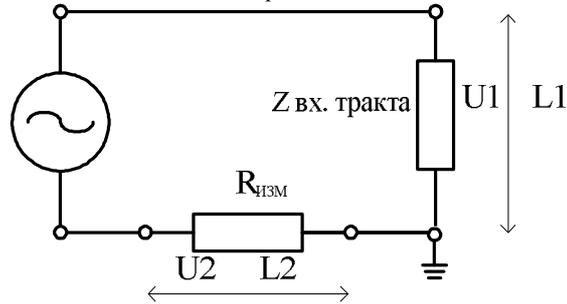


Рисунок 10.6 Схема измерения модуля входного сопротивления ВЧ тракта

Генератор, используемый при измерениях, должен быть с симметричным выходом.

Измерительное сопротивление $R_{\text{изм}}$ рекомендуется выбирать в пределах от 1 до 10 Ом.

Модуль входного сопротивления определяют по результатам измерения уровней по напряжению L_1 и L_2 как:

$$\left| Z_{\text{вх. тракта}} \right| = R_{\text{изм}} 10^{0,05(L_1 - L_2)}, \text{ Ом.} \quad (10.6)$$

Измерение уровней L_1 и L_2 необходимо производить избирательным измерителем уровня с шириной полосы избирательности не более 100 Гц, чтобы максимально отстроится от внешних помех, которые присутствуют на выходе ВЧ тракта.

10.3 Измерения параметров оборудования обработки и присоединения ВЧ тракта

10.3.1 Параметры высокочастотного заградителя (п. 6.2.1) измеряются следующим способом.

Заградитель при измерениях может находиться или на месте его установки на ВЛ или «на земле». При измерениях «на земле» ВЧЗ должен располагаться в том же положении, что и на ВЛ, и быть отдаленным от пола, металлических поверхностей и объектов, не менее чем на два диаметра катушки реактора. При выполнении измерений необходимо обеспечить, минимальную длину измерительных шнуров.

Полное сопротивление ВЧЗ и его активная и реактивная составляющие могут определяться:

- с помощью специализированных приборов, измеряющих полное сопротивление ВЧЗ и его действительную и мнимую части (например, AnCom А-7);
- с помощью упрощенной схемы моста, приведенной на рисунке 10.7.

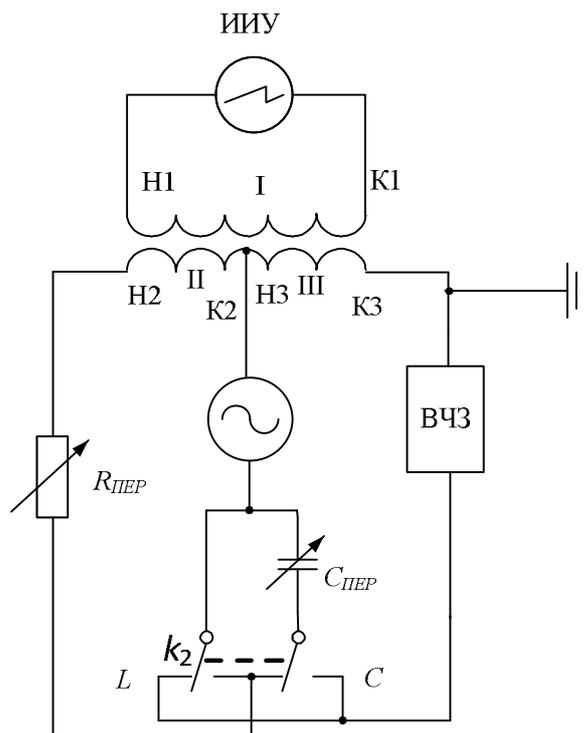


Рисунок 10.7 Схема измерения сопротивления ВЧЗ

При измерениях в качестве источника сигнала должен использоваться генератор с симметричным выходом и «нулевым» внутренним сопротивлением, в качестве индикатора настройки моста - ИИУ с высокоомным входом и полосой избирательности не более 100 Гц.

Для каждой из частот, на которых производится измерение, поочередным изменением сопротивления магазинов сопротивлений ($R_{\text{ПЕР}}$) и емкостей ($C_{\text{ПЕР}}$) добиваются балансировки моста, которая соответствует минимальному показанию индикатора. Балансировка считается выполненной, если уровень, измеряемый индикатором, не менее чем на 35 дБ ниже уровня выхода генератора. Если балансировка не получается, следует изменить положение переключателя k_2 , переведя магазин емкостей из одного плеча моста в другое.

Измеряемые значения составляющих r_x и x_x и модуль полного сопротивления Z_x определяются как:

$$r_x = R_{\text{МАГ}}; \quad x_x = \frac{1}{\omega C_{\text{МАГ}}}; \quad Z_x = \sqrt{(r_x^2 + x_x^2)}. \quad (10.7)$$

Характер реактивной составляющей определяется по тому, в каком плече моста включен магазин емкостей при достижении баланса моста. Если магазин емкостей $C_{\text{ПЕР}}$ находится в плече магазина сопротивлений $R_{\text{ПЕР}}$, то реактивная составляющая x_x имеет емкостной характер. В противном случае реактивная составляющая x_x имеет индуктивный характер.

При необходимости определения только полного заграждающего сопротивления (модуля полного сопротивления) ВЧЗ можно использовать

схему рисунка 10.8. При измерениях сопротивление R изменяют так, чтобы напряжение U_R стало равным $U_{ВЧЗ}$. В этом случае полное сопротивление ВЧЗ будет равно значению R . Генератор в этой схеме должен иметь симметричный выход.

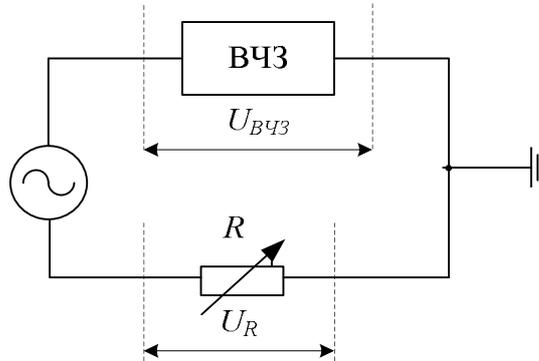


Рисунок 10.8 Схема измерения модуля полного сопротивления ВЧЗ

Измерение сопротивления ВЧЗ должно быть выполнено на нескольких частотах в пределах полосы заграждения ВЧЗ, включая нижнюю и верхнюю граничные частоты полосы заграждения.

10.3.2 Параметры фильтра присоединения (п. 6.2.3) могут определяться:

- с помощью специализированных приборов, измеряющих рабочее затухание и затухание несогласованности ФП (например, AnCom А-7, Ретом ВЧ);

- с помощью специальных схем.

При измерениях конденсатор связи $C_{КС}$ должен быть представлен эквивалентным конденсатором с той же ёмкостью и без потерь.

Сопротивления Z_1 и Z_2 , между которыми производятся измерения, должны быть равны номинальным сопротивлениям ФП со стороны ВЧ кабеля — 75 Ом, и со стороны ВЛ, определённого в соответствии с Таблицей 10.1.

Таблица 10.1 Значения номинальных сопротивлений ФП ($R_{ном}$, Ом) со стороны ВЛ

Напряжение ВЛ, кВ	Схема присоединения		
	Фаза-земля	Фаза-Фаза	Внутрифазная ⁴⁾
35 - 220	450	400	-
330 ¹⁾	330	300	200
500 ²⁾	310	280	-
750 ³⁾	280	250	-

Примечания.

1) фаза расщеплена на 2 составляющих провода;

2) фаза расщеплена на 3 составляющих провода;

3) фаза расщеплена на 5 составляющих проводов;

4) внутрифазный тракт организуется только по изолированным проводам расщепленной фазы ВЛ 330 кВ.

Ниже рассматриваются измерения параметров ФП с помощью специальных схем.

Рабочее затухание ФП (a_p) измеряется в соответствии с принципиальной схемой рисунка 10.9.

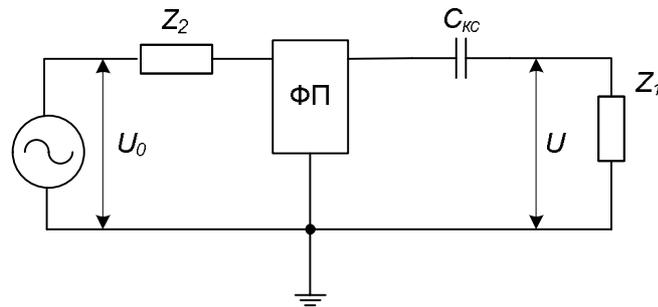


Рисунок 10.9 Схема измерения рабочего затухания ФП
Рабочее затухание рассчитывается по формуле:

$$a_p = 20 \text{ Lg} \left(\frac{U_0}{2U} \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} \right), \quad \text{дБ} . \quad (10.8)$$

Измерение рабочего затухания должно быть выполнено на нескольких частотах в пределах полосы пропускания ФП, включая нижнюю и верхнюю граничные частоты полосы пропускания.

Затухание несогласованности ФП ($a_{нс}$) определяется в схеме рисунка 10.10.

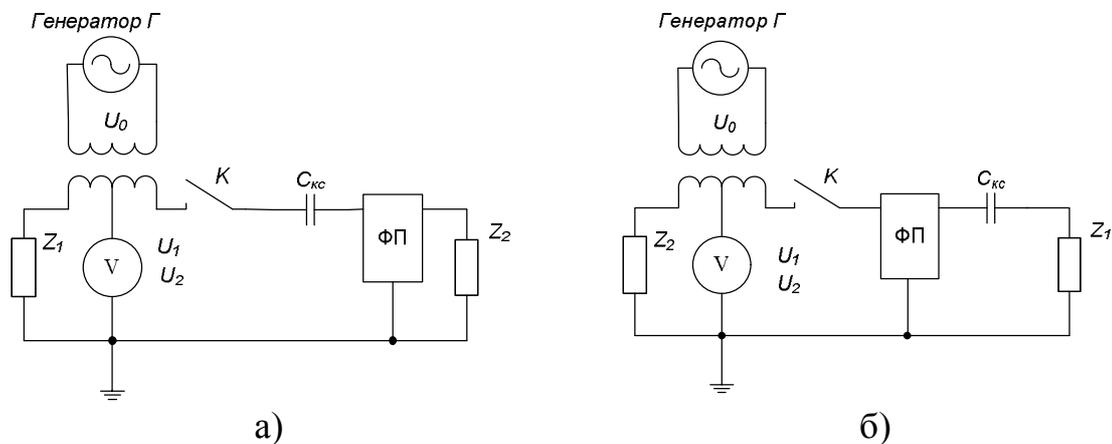


Рисунок 10.10 Схема измерения затухания несогласованности ФП. а) со стороны линии; б) со стороны ВЧ кабеля

Затухание несогласованности рассчитывается по формуле:

$$a_{нс} = 20 \text{ Lg} \left(\frac{U_1}{U_2} \right), \quad \text{дБ} . \quad (10.9)$$

В формуле (10.9) U_1 и U_2 – напряжения, измеренные вольтметром V с выключателем в позициях соответственно «ВЫКЛ» и «ВКЛ». Напряжение генератора U_0 должно поддерживаться одинаковым в обоих положениях выключателя.

Измерение затухания несогласованности должно быть выполнено на нескольких частотах в пределах полосы пропускания ФП, включая нижнюю и верхнюю граничные частоты полосы пропускания.

10.3.3 Параметры ВЧ кабеля (п. 6.2.4) измеряются следующим способом.

Измерения параметров производятся в широком диапазоне частот 20-1000 кГц.

Рабочее затухание ВЧ кабеля измеряют по схеме рисунка 10.2, в которой измеряемым четырёхполюсником является ВЧ кабель, а сопротивления Z_1 и Z_2 принимаются одинаковыми и равными номинальному сопротивлению ВЧ кабеля (обычно $Z_1=Z_2=R=75$ Ом). Затухание определяется по полученным при измерениях уровням L_1 и L_2 по формуле (10.3).

Полученные измерениями величины a_p в рассматриваемом диапазоне частот должны для каждой из частот f соответствовать номинальной величине рабочего затухания $a_{н.раб}(f)$:

$$a_{п.ном}(f) = \alpha_{каб}(f)L_{каб}, \quad \text{дБ}, \quad (10.10)$$

где $L_{каб}$ - длина кабеля, км; $\alpha_{каб}(f)$ - расчётное километрическое затухание рассматриваемого типа кабеля для частоты f , дБ/км.

Модуль входного сопротивления ВЧ кабеля измеряют по схеме рисунка 10.6, в котором вместо входа ВЧ тракта ($Z_{вх.тракта}$) должен быть вход ВЧ кабеля ($Z_{вх.каб}$). Измерительное сопротивление $R_{изм}$ в этой схеме рекомендуется выбирать в пределах от 1 до 10 Ом. Противоположный конец ВЧ кабеля должен быть нагружен на резистор 75 Ом.

Модуль входного сопротивления кабеля определяют по результатам измерения напряжений U_1 и U_2 как:

$$Z_{вх.каб} = R_{изм} \frac{U_1}{U_2}, \quad \text{Ом}. \quad (10.11)$$

Генератор, используемый при измерениях, должен быть с симметричным выходом.

Полученные измерениями величины $Z_{вх.каб}$ во всём рассматриваемом диапазоне частот должны быть близки к 75 Ом.

10.3.4 Параметры разделительного фильтра (п. 6.2.5) измеряются следующим способом.

Для сигналов, проходящих через разделительный фильтр, этот фильтр характеризуется рабочим затуханием. Для сигналов, которые разделительный фильтр блокирует, этот фильтр характеризуется вносимым в параллельно включенный тракт затуханием, обусловленным шунтирующим действием входного сопротивления РФ.

Рабочее затухание РФ измеряют по схеме рисунка 10.2, в которой измеряемым четырёхполюсником является РФ, а сопротивления Z_1 и Z_2 принимаются одинаковыми и равными номинальному сопротивлению ВЧ

тракта (обычно $Z_1=Z_2=R=75$ Ом). Затухание определяется по полученным при измерениях уровням L_1 и L_2 по формуле (10.3). Измерения производятся в полосе частот каналов, работающих через РФ.

В том случае, когда разделительный фильтр является двухполюсником, при измерении рабочего затухания он представляется как неполный четырехполюсник в виде, представленном на рисунке 10.11.

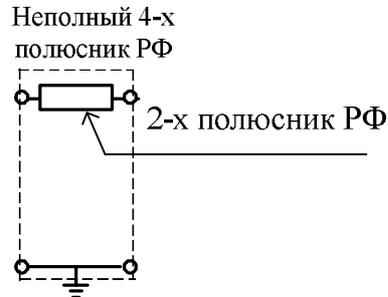


Рисунок 10.11 Представление двухполюсника разделительного фильтра неполным четырехполюсником

Вносимое затухание РФ, обусловленное шунтирующим действием его входного сопротивления, измеряется по схеме, показанной на рисунке 10.12.

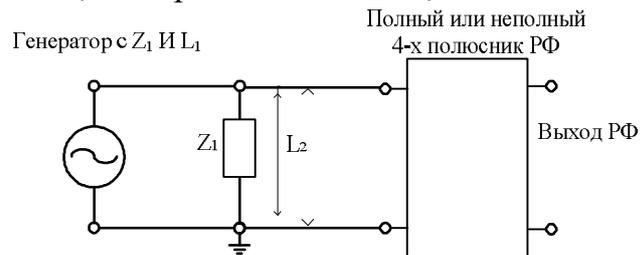


Рисунок 10.12 Измерение затухания, вносимого РФ в параллельно включенный тракт

В этой схеме используемый генератор должен иметь внутреннее сопротивление Z_1 , равное 75 Ом и должен указывать уровень выхода на согласованную нагрузку L_1 .

Вносимое затухание РФ определяется по формуле:

$$a_{\text{вн. РФ}} = L_1 - L_2, \quad (10.12)$$

где L_2 – уровень, измеренный на входе РФ прибором с высоким входным сопротивлением.

Этот уровень измеряют при двух значениях нагрузки на выходе РФ:

- при нагрузке выхода РФ на реально существующую схему;
- при коротком замыкании выхода РФ.

За величину вносимого затухания принимается максимальная из измеренных.

Измерения производятся в полосе частот каналов, работающих параллельно каналам, включённым за РФ.

Сопротивление изоляции (п. 6.2.5) измеряется мегаомметром на 1000 В.

10.4 Измерение параметров уровней помех от короны в ВЧ тракте

Измерение уровня помех может производиться:

- с помощью специализированных приборов, измеряющих спектр сигналов в заданном диапазоне частот (например, AnCom А-7, Ретом ВЧ);
- с использованием избирательного измерителя уровня.

Измерения должны производиться с полосой избирательности измерителя от 400 Гц до 4000 Гц. Частота, на которой производятся измерения, должна располагаться в полосе частот приемника рассматриваемого канала или в непосредственной близости от этой полосы. Частота измерения должна выбираться так, чтобы на этой частоте отсутствовали узкополосные помехи. Проверка того, что измеряемый уровень обусловлен практически только помехами от короны, производится сравнением уровней помех, измеренных при разных полосах избирательности измерителя уровня. Уровни, измеренные на одной и той же частоте настройки ИИУ, но при разных полосах избирательности, должны соотноситься в соответствии с формулой (10.13):

$$P_{\text{ном } \Delta f_2} = P_{\text{ном } \Delta f_1} + 10 \lg \left(\frac{\Delta f_2}{\Delta f_1} \right). \quad (10.13)$$

Кроме того, эта проверка может производиться по характеру зависимости огибающей помех от фазы напряжения промышленной частоты.

Так как уровень помех зависит от напряжения на линии, ширины полосы избирательности измерителя уровня и от условий погоды, результаты измерений должны сопровождаться указанием линейного напряжения ВЛ в момент измерений; полосы избирательности измерителя уровня и характера погоды, при которой производились измерения. При записи рекомендуются использовать следующие градации погодных условий:

- хорошая погода летом (солнечная или малооблачная погода без дождя);
- дождь;
- сильный дождь;
- хорошая погода зимой (солнечная или малооблачная погода без снега);
- снег;
- сильный снег.

Наиболее стабильные результаты измерения уровня помех (повторяющиеся по полученным данным) получаются при измерениях, произведенных при плохих погодных условиях (интенсивный дождь или снег вблизи подстанции).

Поэтому для определения соответствия уровня помех на рассматриваемой линии нормам (пункты 6.3.2 – 6.3.5), измерения следует производить при плохих погодных условиях, причем с нормой сравнивается

результат измерения уровня, уменьшенный на 11 дБ. Отличие на 2 дБ считается допустимым.

10.5 Измерение параметров аналоговых каналов ВЧ связи комбинированной аппаратуры

10.5.1 Выходная мощность передатчика (п. 7.1.1) для различных сигналов измеряется по схеме рисунка 10.13, а, при нагрузке выхода на номинальное сопротивление аппаратуры Z_n (обычно 75 Ом).

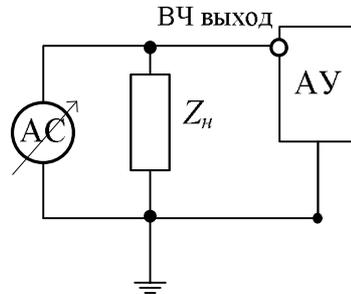


Схема измерения спектра передаваемых сигналов
Рисунок 10.13, а

Измерение производится избирательным измерителем уровня или анализатором спектра с высокоомным входом. ИИУ настраивают на частоту сигнала при достаточно узкой полосе избирательности прибора (например, 25 Гц).

Уровень выхода может быть измерен как в абсолютных единицах по мощности (дБм), так и в абсолютных единицах по напряжению (дБн). Переход от одних единиц к другим производится с учётом соотношения между этими уровнями по формуле

$$L(\text{дБм}) = L(\text{дБн}) + 10 \lg \left(\frac{600}{Z_n} \right), \quad (10.14)$$

где Z_n – сопротивление нагрузки, на котором производится измерение.

Так как уровни сигналов на выходе аппаратуры обычно больше максимального предела измерений АС или ИИУ, измерение производится с использованием дополнительного аттенюатора с высокоомным входом и с затуханием (35-40) дБ. Как правило, такой аттенюатор имеется в составе аппаратуры. Если в аппаратуре аттенюатор отсутствует, то необходимо использовать внешний аттенюатор.

При измерениях, производимых в лаборатории, допустимо применение схемы рисунка 10.13, б. При этом затухание ИЛ должно быть установлено не менее 30 дБ.

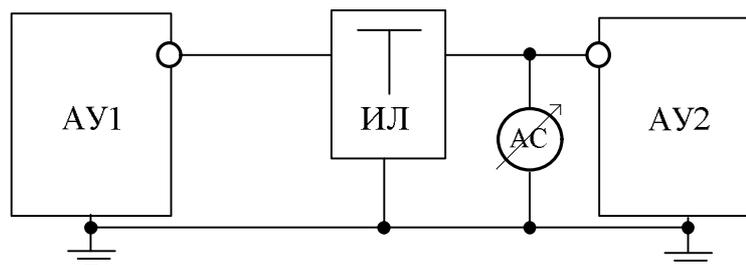


Схема измерения спектра передаваемых сигналов при соединении в канал через ИЛ

Рисунок 10.13, б

Измерение запаса по перекрываемому затуханию (п. 7.1.2) и установка рабочей точки АРУ (п. 7.1.3) выполняется в схеме рисунка 10.14. МЗ должен быть рассчитан на выходную мощность аппаратуры и должен иметь возможность изменения затухания степенями не более 1 дБ без разрыва тракта.

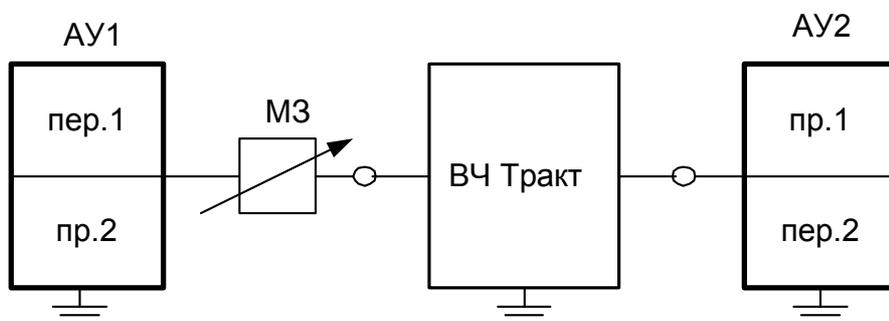


Рисунок 10.14 Схема измерения запаса по затуханию в канале в направлении от передатчика № 1 к приёмнику № 1

Измерение производится в хорошую погоду для обоих направлений передачи сигнала (на рисунке приведена схема измерения запаса по затуханию для направления передатчик № 1 - приёмник № 1). При определении запаса по затуханию для другого направления передачи МЗ включается в цепь передатчика № 2, а контроль за работоспособностью производится по работе приемника № 2).

При определении запаса по затуханию и правильности установки рабочей точки АРУ по увеличению затухания тракта методика проведения измерений следующая:

- затухание МЗ изменяется от 0 до такого значения, при котором на выходе приёмника № 1 телефонного канала соотношение сигнал/помеха не станет равным 26 дБ;

- запас по затуханию для направления от передатчика № 1 к приёмнику № 1 принимается равным полученному значению введенного затухания.

Если запас по затуханию намного больше расчётной величины, рекомендуется уменьшить чувствительность приемника аппаратуры.

При определении установки рабочей точки АРУ с уменьшением затухания тракта это уменьшение имитируют соответствующим изменением затухания аттенюаторов, устанавливаемых за приёмным фильтром приёмника № 1 аппаратуры.

10.5.2 Уровни сигналов и соотношение сигнал/широкополосная помеха в телефонном канале (пункты 7.1.4.1 – 7.1.4.3) измеряются в схеме рис. 10.14 при выключенном магазине затухания МЗ. Измерения производятся для четырёхпроводного или двухпроводного окончания телефонного канала.

В телефонном канале передаётся сигнал с частотой 1020 Гц и с номинальным уровнем передачи. На выходе приёмника измеряется уровень

сигнала и (в отсутствие сигнала) уровень помех. Измерение проводится или при хороших погодных условиях или при сильном дожде в районе подстанции, где установлен приёмник. В первом случае разность уровней сигнала и помехи должна быть не менее 35 дБ, во втором случае - не менее 26 дБ.

10.5.3 Соотношение сигнал/узкополосная помеха в телефонном канале (п. 7.1.4.4) измеряется для четырёхпроводного или двухпроводного окончаний телефонного канала. Схема канала при проверке соотношения для приёмника № 1 приведена на рис.10.14. Затухание МЗ устанавливается равным запасу по затуханию. В телефонном канале передаётся сигнал с частотой 1020 Гц и с номинальным уровнем передачи. На выходе приёмника с помощью ИИУ или АС с полосой избирательности не более 100 Гц измеряется уровень сигнала и уровни узкополосных помех от других каналов. Измерение проводится при хороших погодных условиях. Определяется и соотносится с нормой разность измеренных уровней сигнала 1020 Гц и максимального из полученных уровней узкополосных помех.

10.5.4 АЧХ остаточного затухания (п. 7.1.4.5), ЧХ группового времени прохождения (п. 7.1.4.6), время задержки (п. 7.1.4.7) измеряются с использованием соответствующих приборов (например, AnCom 7).

10.5.5 Параметры интерфейсов встроенных модемов (п. 7.1.6) измеряются с использованием соответствующих приборов (например, AnCom 7).

10.5.6 Пороговые значения уставок срабатывания сигнализации. (п. 7.1.7) измеряют в схеме рис. 10.14 (для терминала АУ2). Проверка производится вводом затухания МЗ до появления соответствующей сигнализации. При её появлении измеряется полученное пороговое значение уровня приёма (соотношения С/Ш).

10.6 Измерение параметров цифровых каналов ВЧ связи комбинированной аппаратуры

10.6.1 Выходная мощность передатчика для сигналов КЧ и цифрового потока (п. 7.2.1) измеряется аналогично п. 10.5.1.

В качестве измерительного прибора для измерения уровня КЧ используется избирательный измеритель уровня с достаточно узкой полосой избирательности, а при измерении уровня ЦП - анализатор спектра с возможностью определения интегрального уровня в заданной полосе частот (например, AnCom7). Измерение производится в хорошую погоду

10.6.2 Измерение запаса по перекрываемому затуханию (п. 7.2.2) и установка рабочей точки АРУ (п. 7.2.3) выполняются аналогично п. 10.5.2.

Критерием достаточности введённого затухания МЗ является коэффициент ошибок ЦП приёмника № 1, равный 10-6.

10.6.3 Соотношение уровней сигнала и широкополосной помехи для ЦП (п. 7.2.4) измеряется с помощью анализатора спектра. Измерение выполняется

на входе блока приёма после приемного фильтра аппаратуры и аттенюаторов, устанавливающих положение рабочей точки АРУ. Измеряется уровень приема сигнала цифрового потока. После этого отключают противоположный передатчик и в той же полосе частот измеряют интегральный уровень помех.

Соотношение сигнал/помеха определяется как разность измеренных уровней.

Измерение проводится или при хороших погодных условиях или при сильном дожде в районе подстанции, где установлен приёмник. В первом случае разность измеренных уровней сигнала ЦП и помехи должна быть не менее чем на 9 дБ больше нормы, во втором случае - не менее принятой нормы.

10.6.4 Соотношение уровней сигнала и узкополосной помехи для ЦП (п. 7.2.5) измеряется в схеме рисунка 10.14. Затухание МЗ устанавливается равным нормируемому запасу по затуханию. Измерение производится в той же точке, что и в п. 10.6.3. С помощью АС измеряется уровень сигнала ЦП. После этого отключают противоположный передатчик и в той же полосе частот измеряют уровни узкополосных помех от других каналов (с помощью АС или ИИУ с полосой избирательности не более 100 Гц).

Определяется и соотносится с нормой разность измеренных уровней сигнала ЦП и максимального из полученных уровней узкополосных помех.

10.6.5 Число ошибок на бит в общем цифровом потоке (п. 7.2.6), время задержки сигнала в телефонном канале (п. 7.2.7) и качество канала сжатой речи MOS измеряются с использованием соответствующих приборов (например, AnCom 7).

10.7 Измерение параметров специализированных каналов ВЧ защит

10.7.1 Параметры ВЧ входа/выхода (п. 8.1)

10.7.1.1 Выходной уровень передатчика (п. 8.1.1) измеряется при нагрузке на 75 Ом с помощью избирательного измерителя уровня при пуске передатчика кнопкой. Регулировка уровня, при необходимости, производится регулируемыми элементами в аппаратуре или программными средствами.

10.7.1.2 Чувствительность приемника (п. 8.1.2) измеряется и регулируется с помощью генератора синусоидальных сигналов с внутренним сопротивлением 75 Ом. Частота ГСС устанавливается:

- при использовании амплитудной манипуляции равной средней частоте полосы приемника;

- при использовании частотной манипуляции равной частоте блокирующего сигнала.

При регулировке чувствительности выходной уровень ГСС устанавливается равным требуемому значению чувствительности. Выход ГСС подключается к входу приемника. Регулируемыми элементами или программными средствами чувствительность приемника регулируется так,

чтобы фиксировалось изменение тока или напряжения выхода приемника до значений, соответствующих наличию сигнала на его входе.

При измерении чувствительности выход ГСС подключается к входу приемника. Выходной уровень ГСС регулируется от минимума до момента установления на выходе приемника значений тока или напряжения, соответствующих наличию сигнала на его входе. В этот момент значение выходного уровня ГСС соответствует чувствительности приемника.

10.7.1.3 Запас по перекрываемому затуханию (п. 8.1.3) измеряется по аналогии с п. 10.5.2. Особенность измерения в канале защиты состоит в следующем. Передатчик на одном из концов линии пускается (при использовании ЧМ - на частоте блокирующего сигнала). При затухании МЗ, равном нулю, фиксируются значения тока или напряжения на выходе приемника на противоположном конце канала. Затухание МЗ увеличивается до значения, при котором на выходе приёмника начинается изменение тока или напряжения. Затухание, введенное на МЗ, соответствует запасу по перекрываемому затуханию в канале защиты. Измерение повторяется в обратном направлении канала.

10.7.1.4 Работа предупредительной и аварийной сигнализации (п. 8.1.4) проверяется в схеме рисунка 10.14. На приемопередатчиках устанавливается заданная уставка срабатывания предупредительной сигнализации. Приводится в действие система автоконтроля. На МЗ последовательно увеличивается затухание от нуля и фиксируется значение, при котором срабатывает предупредительная сигнализация. Проверяется срабатывание аварийной сигнализации при обрыве канала. В процессе работы проверяется регистрация в журнале событий (п. 8.3).

10.7.1.5 Уровень синусоидальных помех в полосе приема (п. 8.1.5) измеряется с помощью анализатора спектра на ВЧ входе приемопередатчика. Полоса пропускания ИИУ устанавливается 100 Гц.

10.7.2 Проверка параметров цепей управления передатчиком и выхода приемника (п. 8.2) выполняется при опробовании взаимодействия приемопередатчика с релейной частью защиты в процессе наладки и проверки комплекса релейной защиты.

10.7.2.1 Напряжение контактного пуска и останова (п. 8.2.1) подается либо от защиты, либо от приемопередатчика, измеряется вольтметром. В процессе работы проверяется регистрация в журнале событий (п. 8.3).

10.7.2.2 Напряжение безынерционного пуска (п. 8.2.2) подается от защиты, измеряется вольтметром.

10.7.2.3 Напряжение манипуляции (п. 8.2.3) подается от защиты, измеряется вольтметром. Регулировка напряжения полной манипуляции выполняется либо встроенным потенциометром, либо программными средствами.

10.7.2.4 Напряжение управления (п. 8.2.5) подается от релейной защиты, измеряется осциллографом. В процессе работы проверяется

регистрация в журнале событий (п. 8.3).

10.7.2.5 Параметры выходов приемника (пункты 8.2.4, 8.2.6) проверяются в работающем канале по схеме рисунка 10.14 при затухании МЗ равном нулю. Выход приемника, соединяется с устройством релейной защиты, либо нагружен на эквивалентное сопротивление. Измерение производится с помощью миллиамперметра или вольтметра при незапущенном и запущенном противоположном передатчике.

10.7.2.6 Соотношение длительностей импульсов и пауз на выходе приемника (п. 8.2.7) измеряется с помощью осциллографа, подключенного к выходу приемника. Выход приемника, соединяется с устройством релейной защиты, либо нагружен на эквивалентное сопротивление. Проверяется возможность регулировки скважности импульсов.

10.7.2.7 Сопротивление изоляции цепей относительно корпуса (п. 8.4) измеряется мегаомметром с напряжением 1000 В. Прочность изоляции цепей относительно корпуса (п. 8.5) испытывается с помощью испытательной установки.

10.8 Измерение параметров каналов УПАСК

10.8.1 Параметры ВЧ входа/выхода (п. 9.1).

10.8.1.1 Выходной уровень передатчика (п. 9.1.1) измеряется при нагрузке 75 Ом с помощью избирательного измерителя уровня при передаче ОС и команд. При использовании двухчастотного последовательного кода измерение выходного уровня производится с помощью осциллографа. Регулировка уровня при необходимости производится регулируемыми элементами аппаратуры или программными средствами.

10.8.1.2 Чувствительность приемника (п. 9.1.2) измеряется и регулируется с помощью генератора синусоидальных сигналов с внутренним сопротивлением 75 Ом. Приемник переводится в режим настройки. Частота ГСС устанавливается равной частоте одной из команд.

При регулировке чувствительности выходной уровень ГСС устанавливается равным заданному значению чувствительности. Выход ГСС подключается к входу приемника. Регулируемыми элементами или программными средствами чувствительность приемника регулируется так, чтобы фиксировался прием команды. Проверка производится для всех команд и при необходимости регулировка корректируется таким образом, чтобы все они были приняты.

При измерении чувствительности выход ГСС подключается к входу приемника. Выходной уровень ГСС регулируется от минимума до момента фиксации приема команды. Проверка производится для всех команд.

Описанная методика может применяться для аппаратуры, использующей при передаче команд одночастотный код. Для аппаратуры, использующей двух-, трехчастотный или более сложный код, регулировка и проверка должны проводиться в процессе измерения перекрываемого затухания (п. 10.8.1.3).

10.8.1.3 Метод измерения запаса по перекрываемому затуханию (п. 9.1.3) и схема измерения даны в п. 10.5.2. Для канала передачи команд отличие состоит в том, что при последовательной передаче команд затухание МЗ увеличивается от нуля до максимального значения, при котором приёмником на другом конце канала фиксируется прием всех переданных команд. Передача каждой команды должна производиться не менее 20 раз при номинальном значении напряжения управления. При этом проверяется замыкание выходных цепей приемника, а также действие сигнализации передачи и приема команд (п. 9.2.3).

Значение затухания, введенного на МЗ, соответствует запасу по перекрываемому затуханию в канале передачи команд. При затухании МЗ, равном нулю, и при передаче ОС и непрерывной команды измеряется уровень принимаемых сигналов на входе приемника с помощью избирательного измерителя уровня.

В процессе работы проверяется регистрация передачи и приема команд в журнале событий (п. 9.3).

Измерение повторяется в обратном направлении канала.

10.8.1.4 Работа предупредительной и аварийной сигнализации при увеличении затухания ВЧ тракта (п. 9.1.4) проверяется в схеме рисунка 10.14. На приемнике устанавливается заданная уставка срабатывания предупредительной сигнализации. При передаче ОС измеряется с помощью ИИУ уровень ОС на входе приемника при затухании МЗ равном нулю. Последовательно увеличивается затухание МЗ от нуля до значения, при котором срабатывает предупредительная сигнализация. Проверяется срабатывание аварийной сигнализации при обрыве канала.

В процессе работы проверяется регистрация в журнале событий (п. 9.3).

10.8.1.5 Проверка соотношения сигнал/помеха (п. 9.1.5) производится в схеме рисунка 10.14. При отключенном передатчике измеряется уровень помех на входе приемника с помощью анализатора спектра в полосе частот 4 кГц, совпадающей с полосой приемника. При передаче длительной команды и введенном на МЗ затухании, равном заданному запасу по перекрываемому затуханию канала (п. 9.1.3), измеряется уровень сигнала на входе приемника с помощью ИИУ с полосой пропускания 100 Гц.

10.8.1.6 Уровень синусоидальных помех в полосе приема (п. 9.1.6) измеряется на ВЧ входе приемника с помощью ИИУ с полосой пропускания 100 Гц.

10.8.2 Параметры входов управления передачей команд.

10.8.2.1 Значения напряжения срабатывания цепей управления передачей команд (п. 9.2.1) проверяются путем подачи на эти цепи постоянного напряжения от регулируемого источника. Передача команд фиксируется по работе сигнализации.

10.8.2.2 Установка параметров аппаратуры для каждой команды:

времени задержки на передачу команд (антидребезг), продолжительности передачи команды, времени задержки на возврат замкнутых выходных цепей приемника (п. 9.2.2) производится путем конфигурирования программными средствами.

10.8.2.3 Сопротивления изоляции цепей относительно корпуса (п. 9.4) измеряется мегаомметром на 1000 В.

10.8.2.4 Прочности изоляции цепей относительно корпуса (п. 9.5) испытывается с помощью испытательной установки.

10.9 Методы обработки материалов измерения и оценка результатов

10.9.1 Результаты измерений должны оформляться протоколом, в котором указываются: дата измерений; состояние погоды и температура воздуха; схема измеряемого ВЧ тракта; типы и номера ВЧЗ и ФП с КС; типы и номера аппаратуры уплотнения; типы и номера измерительных приборов и другие данные, необходимые для анализа результатов измерений. Дополнительно необходимо указывать наличие снегопада и гололедно-изморозиевых отложений, если они были во время измерений (хотя бы в районе конечных подстанций).

10.9.2 По ходу проведения измерений производят выборочную обработку результатов и сравнение экспериментально полученных и расчетных данных. При значительном расхождении сравниваемых величин следует провести дополнительные уточняющие измерения. При измерении ВЧ тракта возможными причинами расхождения могут быть ошибки, допущенные на этапе проектирования при выборе схемы ВЧ тракта, или неправильно выполненный монтаж оборудования. Примером неправильно выполненного монтажа может быть подключение к разным фазам по концам линии (для коротких линий 220 кВ и ниже) или обработка ответвления, сделанная на «нерабочей» вместо «рабочей» фазе.

10.9.3 Если при проверках в рамках ТО результаты измерений рабочего затухания и затухания несогласованности ВЧ тракта мало отличаются от полученных ранее (для затухания - не более чем на 1 - 2 дБ), можно считать, что все элементы, входящие в схему ВЧ тракта, исправны. Если отличия превышают величину 3 дБ, следует производить специальные измерения для определения причин отклонения от нормы параметров ВЧ тракта.

10.9.4 Параметры канала и аппаратуры, измеренные в процессе эксплуатации, сравниваются с данными измерений, выполненных при вводе канала в эксплуатацию. Изменения параметров не должны выходить за пределы допустимых. При более значительных изменениях, обусловленных неисправностью аппаратуры, следует выявить их причины и при необходимости заменить неисправный блок.

Приложение А

Требования к параметрам измерительных приборов.

Ниже приведены требования к измерительным приборам, предназначенным для измерения ВЧ параметров каналов и аппаратуры ВЧ связи, при проведении тестовых проверок в процессе эксплуатации.

Та или иная часть измерительных приборов может входить в измерительный комплекс, объединяющий их в единое целое.

1. Генератор синусоидальных сигналов

- Диапазон частот:
нижняя граничная частота – не более 0,04 кГц;
верхняя граничная частота не менее 1000 кГц.
- Допускается раздельное исполнение генератора (НЧ и ВЧ).
- Погрешность установки частоты не более $\pm (2 \cdot 10^{-6} F + 0,02)$ Гц.
- Погрешность формирования уровня не более $\pm 0,2$ дБ.
- Выход симметричный (для всего диапазона) и коаксиальный (для диапазона 16 кГц и выше).
- Номинальное внутреннее сопротивление:
для коаксиального выхода – 75 Ом и нулевое (не более 3 Ом);
для симметричного выхода – 150, 600 Ом и нулевое (не более 3 Ом).
- Мощность не менее (+10) дБм.
- Возможность совместного с ИИУ измерения ЧХ в автоматическом режиме.

2. Избирательный измеритель уровня

- Диапазон частот:
нижняя граничная частота – не более 0,04 кГц;
верхняя граничная частота не менее 1000 кГц.
- Допускается раздельное исполнение измерителя (НЧ и ВЧ).
- Погрешность установки частоты не более $\pm (2 \cdot 10^{-6} F + 0,02)$ Гц.
- Погрешность измерения уровня не более $\pm 0,2$ дБ.
- Вход симметричный (для всего диапазона) и коаксиальный (для диапазона 16 кГц и выше).
- Номинальное входное сопротивление:
для коаксиального входа – 75 Ом и высокое (не менее 20 кОм);
для симметричного входа – 150 Ом, 600 Ом (для диапазона 0,04 - 16 кГц) и высокое (не менее 20 кОм).
- Тип детектора – детектор среднеквадратичных значений.
- Избирательность:
широкополосные измерения;
измерения в узкой полосе частот не более 25 Гц.
- Диапазон измерения уровней:
нижняя граница – не более (-80) дБм (для диапазона 0,04 - 16 кГц); не более (-50) дБм (для диапазона 16 кГц и выше);
верхняя граница – не менее (+15) дБм.

- Возможность усреднения результатов измерений.
- Возможность совместного с Генератором измерения ЧХ в автоматическом режиме.

3. Анализатор спектра

- Диапазон частот:
нижняя граничная частота – не более 16 кГц;
верхняя граничная частота не менее 1000 кГц.
- Погрешность установки частоты не более $\pm (2 \cdot 10^{-6} F + 0,02)$ Гц.
- Погрешность измерения уровня не более $\pm 0,2$ дБ.
- Вход симметричный и коаксиальный.
- Номинальное входное сопротивление:
для коаксиального входа – 75 Ом и высокое (не менее 20 кОм);
для симметричного входа – 150 Ом и высокое (не менее 20 кОм).
- Тип детектора - детектор среднеквадратичных значений.
- Спектральное разрешение не более 10 Гц (в диапазоне до 1024 кГц);
- Диапазон измерения уровней:
нижняя граница – не более (-40) дБм;
верхняя граница – не менее (+15) дБм.
- Возможность определения в заданной полосе частот мощности измеренного спектра.
- Возможность усреднения результатов измерений.

4. Делитель напряжения (для измерения высоких уровней с помощью избирательного измерителя уровня)

- Диапазон частот:
нижняя граничная частота – не более 16 кГц;
верхняя граничная частота - не менее 1000 кГц.
- Максимальное напряжение синусоидального сигнала на входе 100 В.
- Коэффициент деления 40 дБ с погрешностью не более 0,2 дБ.
- Вход и выход коаксиальный.
- Номинальное входное сопротивление – не менее 20 кОм.

5. Измеритель затухания несогласованности

- Диапазон частот:
нижняя граничная частота – не более 0,04 кГц;
верхняя граничная частота - не менее 1000 кГц.
- Тип измерительного входа: коаксиальный и симметричный.
- Диапазон измерения затухания несогласованности:
нижняя граница – не более 4 дБ;
верхняя граница – не менее 30 дБ.

6. Мост полных сопротивлений (проводимостей)

- Диапазон частот:
нижняя граничная частота – не более 16 кГц;

верхняя граничная частота - не менее 1000 кГц.

- Диапазон измерения сопротивления (модуль):

нижняя граница – не более 10 Ом;

верхняя граница – не менее 10 кОм.

- Погрешность измерения фазового угла сопротивления не более пяти градусов.

7. *Магазин затухания*

- Допустимое длительно воздействующее синусоидальное напряжение ВЧ сигнала на входе/выходе - не менее 50 В.

- Диапазон рабочих частот 16-1000 кГц.

- Номинальное характеристическое сопротивление 75 Ом.

- Затухание несогласованности характеристического сопротивления с его номинальным значением - не менее 30 дБ.

- Рабочее затухание должно устанавливаться в пределах от 0 до 50 дБ с шагом 1 дБ. Погрешность установки затухания не более 0,2 дБ.

- Изменение затухания должно производиться без разрыва цепи.

8. *Цифровой осциллограф*

- Число каналов – не менее 2.

- Полоса пропускания – не менее 50 МГц.

- Максимальная частота дискретизации не менее 1 Гвыб./сек.

- Длина записи не менее 500 мс.

- Число записей в памяти не менее 10.

9. *Измеритель краевых искажений*

- Измерения должны проводиться при передаче посылок с длительностями 1:1, 1:3, 3:1, 1:7 и 7:1.

- Скорости передачи должны выбираться из ряда: 50, 100, 200, 300 и 2400 бит/с.

- Должна иметься возможность измерений с организацией шлейфов.

10. *Тестер цифрового потока*

- Измерение параметров цифровых стыков, соответствующих рек. ITU-T G.703, 2048 кбит/с.

- Линейный код HDB3, AMI.

- Входное/выходное сопротивление 120 Ом.

- Обнаружение ошибок и аварийных ситуаций; измерение показателей ошибок согласно рекомендациям ITU-T G.821, G.826, M.2100.

- Два канала формирования и приема ЦП.

- Измерение уровня, отклонения частоты, джиттера входного сигнала.

- Псевдослучайные и программируемые битовые последовательности.

- Стресс-тестирование: ввод ошибок и джиттера, смещение частоты.

- Генерация и анализ сигналов ТЧ и речевых сигналов в заданном КИ.

- Измерение параметров стыков, соответствующих рекомендациям RS-232C и RS-485 для скоростей от 150 до 115200 бит/с. (Измерение показателей ошибок согласно рекомендации ITU-T G.821 (BER-тестер)).

- Измерение параметров стыка Ethernet (2 порта Gigabit Ethernet; Проверки в соответствии с RFC 2544 и RFC 1242; при применении на цифровых подстанциях поддержка МЭК 61850 (SV, GOOSE, MMS) и IEC62439-3.4 (PRP).

11. Измеритель качества передачи речи

- Измерение качества передачи речи по критерию Mean Opinion Score (MOS) для систем, использующих вокодеры и/или коммутацию пакетов должны производиться в соответствии с рекомендациями ITU-T P.862.

- Используемые речевые последовательности должны соответствовать ГОСТ Р 50840.

12. Мегаомметр

- Предел измерения 200 МОм.

- Напряжение 1000 В.

13. Установка для испытания прочности изоляции

- Максимальное напряжение 2000 В переменного тока 50 Гц.

14. Источник постоянного напряжения регулируемый

- Максимальное напряжение не менее 250 В.

- Максимальный выходной ток не менее 2 А.

- Относительная погрешность установки напряжения (тока) не более 5 %.

15. Амперметр – вольтметр многопредельный

- Измерение постоянного и переменного (50 Гц) тока.

- Пределы шкал измерения напряжения от 2,5 В до 500 В.

- Пределы шкал измерения тока от 0,1 А до 3 А.

- Относительная погрешность при измерении - не более 1,5 %.

- Входное сопротивление вольтметра не менее 800 кОм.

Библиография

1. Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации. Утверждены Приказом Минэнерго России от 19.06.2003 № 229.
2. СТО 56947007-33.040.20.141-2012 Правила технического обслуживания устройств релейной защиты, автоматики, дистанционного управления и сигнализации подстанций 110-750 кВ, ОАО «ФСК ЕЭС».
3. СТО 56947007-33.060.40.045-2010 Руководящие указания по выбору частот высокочастотных каналов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ, ОАО «ФСК ЕЭС».
4. СТО 56947007-33.060.40.052-2010 Методические указания по расчету параметров и выбору схем высокочастотных трактов по линиям электропередачи 35-750 кВ переменного тока, ОАО «ФСК ЕЭС».
5. СТО 56947007-29.120.40.102-2011 Методические указания по инженерным расчетам в системах оперативного постоянного тока для предотвращения неправильной работы дискретных входов микропроцессорных устройств релейной защиты и автоматики, при замыканиях на землю в цепях оперативного постоянного тока подстанций ЕНЭС, ОАО «ФСК ЕЭС».
6. СТО 56947007- 33.060.40.108-2011 Нормы проектирования систем ВЧ связи, ОАО «ФСК ЕЭС».
7. СТО 56947007-33.060.40.125-2012 Общие технические требования к устройствам обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ, ОАО «ФСК ЕЭС».
8. Нормы на электрические параметры каналов ТЧ магистральной и внутризональных первичных сетей. Утверждены Приказом Минсвязи России от 15.04.1996 № 43.
9. Типовой регламент взаимодействия субъекта электроэнергетики и ОАО «СО ЕЭС» при техническом и оперативном обслуживании средств диспетчерского и технологического управления. Утвержден Приказом ОАО «СО ЕЭС» от 18.12.2012 № 493.
10. Типовые технические требования к аппаратуре ВЧ-связи. Утверждены Техническим Директором ОАО РАО «ЕЭС России» П.Ф. Вайнзихером 10.07.2007.

11. МЭК 60495 (1993) Аппаратура оконечная ВЧ-связи с одной боковой полосой (Single sideband power-line carrier terminals).
12. МЭК 60663 (1980) Системы носителей тока (с одной боковой полосой) в электросети. Проектирование (Planning of (single-sideband) power line carrier systems).
13. МЭК 60353 (1989) Фильтры заграждающие линейные для систем питания переменного тока (Line traps for a. c. power systems).
14. МЭК 60481 (1974) Устройства присоединения каналов высокочастотной связи по линиям электропередачи (Coupling devices for power line carrier systems).
15. МЭК 60834-1 (1999) Аппаратура телезащиты силовых систем. Эксплуатационные характеристики и испытания. Часть 1. Системы управления (Teleprotection equipment of power systems - Performance and testing - Part 1: Command systems).
16. МЭК 60834-2 (1993) Аппаратура телезащиты силовых систем. Эксплуатационные характеристики и методы испытаний. Часть 2: Системы аналогового сравнения (Performance and testing of teleprotection equipment of power systems; part 2: analogue comparison systems).
17. ITU-T P.862.3:2007. Руководство по применению объективного измерения качества на основе Рекомендаций P.862.1, P.862.2. Международный союз электросвязи.