
ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-
33.060.40.134-2012**

**Типовые технические решения
по системам ВЧ связи**

Стандарт организации

Дата введения: 30.10.2012

ОАО «ФСК ЕЭС»

2012

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27.12.2002 № 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 «Институт «ЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ».

2 ВНЕСЁН: Департаментом развития систем связи,
Департаментом технологического развития и инноваций.

3 УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом
ОАО «ФСК ЕЭС» от 30.10.2012 № 666.

4 ВВЕДЁН: ВПЕРВЫЕ.

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент технологического развития и инноваций по адресу: 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу vaga-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».

Содержание

1 Область применения	5
2 Цель разработки	5
3 Нормативные ссылки	5
4 Термины и определения	7
5 Принятые сокращения	9
6 Основные положения	10
7 Основные типовые требования к системам ВЧ связи, необходимые для разработки задания на проект	11
8 Основные типовые требования к оборудованию и аппаратуре систем ВЧ связи, необходимые для разработки проектов и подготовки конкурсной документации	11
8.1 Общие требования	11
8.2 Функциональные требования к аппаратуре ВЧ каналов РЗ, ПА и связи ...	12
8.3 Технические требования к комбинированной аппаратуре ВЧ каналов РЗ, ПА и связи по ВЛ	13
8.4 Технические требования к специализированной ВЧ аппаратуре для релейной защиты и противоаварийной автоматики	15
8.5 ВЧ заградители	16
8.6 Конденсаторы связи	20
8.7 Емкостные трансформаторы напряжения	23
8.8 Фильтр присоединения	24
8.9 Разделительные фильтры	27
8.10 Требования к коаксиальным радиочастотным кабелям	29
9 Решения по организации электропитания аппаратуры ВЧ связи	29
10 Решения по измерительным приборам для аппаратуры ВЧ связи	30
10 Решения по организации системы управления аппаратурой ВЧ связи	40
11 Решения по резервированию систем ВЧ связи	41
12 Типовые схемы организации ВЧ каналов с обоснованием их использования по схеме фаза-земля, фаза-фаза, фаза-фаза разных линий, с внутрифазным присоединением, трос-земля, трос-трос, тракты с ВЧ обходами, переприемами, отпайками и т.д.	42
Библиография	46
Приложение А	47
Краткие характеристики аппаратуры ВЧ связи различных производителей	47

Приложение Б	49
Краткие характеристики аппаратуры для РЗ и ПА	49
Приложение В	50
Технические характеристики заградителей	50
Приложение Г	54
Данные по конденсаторам связи	54
Типовые схемы присоединения	55

1 Область применения

Типовые технические решения по системам ВЧ связи предназначены для использования при составлении технических заданий на проектирование, при проектировании и разработке конкурсной документации на поставку оборудования обработки и присоединения и аппаратуры систем ВЧ связи.

2 Цель разработки

Настоящий стандарт устанавливает основные требования к ВЧ аппаратуре, оборудованию обработки и присоединения, измерительным приборам, электропитанию, которые должны учитываться при разработке проектных технических решений с использованием систем ВЧ связи по линиям электропередачи для организации ВЧ каналов связи, релейной защиты и противоаварийной автоматики.

Требования настоящего стандарта являются минимально необходимыми для принятия проектных типовых технических решений в системах ВЧ связи по линиям электропередачи с применением аппаратуры, оборудования обработки и присоединения, используемых в соответствии с эксплуатационными инструкциями, не противоречащими конструкторской документации.

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.

3 Нормативные ссылки

ГОСТ 27300-87 Информационно-измерительные системы. Общие требования, комплектность и правила составления эксплуатационной документации (с Изменением № 1).

ГОСТ Р 51725.6-2002 Каталогизация продукции для федеральных государственных нужд. Сети телекоммуникационные и базы данных. Требования информационной безопасности.

ГОСТ Р 50839-2000 Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость средств вычислительной техники и информатики к электромагнитным помехам. Требования и методы испытаний.

ГОСТ 13109-97 Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения.

ГОСТ Р 51317.2.5-2000 (МЭК 61000-2-5-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Электромагнитная обстановка. Классификация электромагнитных помех в местах размещения технических средств.

ГОСТ Р 51317.3.8-99 (МЭК 61000-3-8-97) Совместимость технических средств электромагнитная. Передача сигналов по низковольтным электрическим сетям. Уровни сигналов, полосы частот и нормы электромагнитных помех.

ГОСТ Р 51317.4.1-2000 (МЭК 61000-4-1-2000) Совместимость технических средств электромагнитная. Испытания на помехоустойчивость. Виды испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.2-99 (МЭК 61000-4-2-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электростатическим разрядам. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.3-99 (МЭК 61000-4-3-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к радиочастотному электромагнитному полю. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.4-99 (МЭК 61000-4-4-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к наносекундным импульсным помехам. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.5-99 (МЭК 61000-4-5-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к микросекундным импульсным помехам большой энергии. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.6-99 (МЭК 61000-4-6-96) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51179-98 (МЭК 870-2-1-95) Устройства и системы телемеханики. Часть 2. Условия эксплуатации. Источники питания и электромагнитная совместимость.

ГОСТ Р 51317.4.11-99 (МЭК 61000-4-11-94) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к динамическим изменениям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.28-2000 Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к изменениям частоты питающего напряжения. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.12-99 (МЭК 61000-4-12-95) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к колебательным затухающим помехам. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.14-2000 (МЭК 61000-4-14-99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к колебаниям напряжения электропитания. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.16-2000 (МЭК 61000-4-16-98) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к кондуктивным помехам в полосе частот от 0 до 150 кГц. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 51317.4.17-2000 (МЭК 61000-4-17-99) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к пульсациям напряжения электропитания постоянного тока. Требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 50648-94 (МЭК 1000-4-8-93) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к магнитному полю промышленной частоты. Технические требования и методы испытаний.

ГОСТ Р 50652-94 (МЭК 1004-4-10-93) Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к затухающему колебательному магнитному полю. Технические требования и методы испытаний.

ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды (с Изменениями № 1-4).

ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам.

ГОСТ 23216-78 Изделия электротехнические. Хранение, транспортирование, временная противокоррозионная защита, упаковка. Общие требования и методы испытаний (с Изменениями № 1-3).

ГОСТ 18620-86 Изделия электротехнические. Маркировка (с Изменением № 1).

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов (с Изменениями № 1-2).

ГОСТ 12.2.003-91 ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности.

ГОСТ Р 53315-2009 Кабельные изделия. Требования к пожарной безопасности (с Изменением № 1).

ГОСТ 12.1.030.81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление (с Изменением № 1).

ГОСТ 9920-89 (СТ СЭВ 6465-88, МЭК 815-86, МЭК 694-80) Электроустановки переменного тока на напряжение от 3 до 750 кВ. Длина пути утечки внешней изоляции.

ГОСТ Р 51317.6.5-2006. Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний.

4 Термины и определения

4.1 Высокочастотный канал по линии электропередачи (ВЧ канал) - канал для передачи информации, организованный по проводам (фазным или грозозащитным тросам) линии электропередачи постоянного или переменного токов напряжением 35 кВ и выше.

4.2 Высокочастотный тракт (ВЧ тракт) - составной четырехполюсник, в который входят заключенные между ВЧ входом и ВЧ выходом аппаратуры уплотнения и связанные единой схемой устройства обработки и присоединения, линии электропередачи и подстанции.

ВЧ тракт может быть простым, имеющим только один линейный тракт, состоящий из одной ВЛ (транспонированной или нетранспонированной), или сложным, когда в его состав входят более чем одна ВЛ (с ВЧ обходами), и/или ответвления и/или кабельные вставки.

4.3 Линейный тракт высокочастотного канала - составной четырехполюсник, в который входит часть ВЧ тракта, заключенная между точками подключения устройств присоединения (конденсатора связи с фильтром присоединения) к проводам (фазам, тросам) на концах одной ВЛ или КЛ.

4.4 Устройства обработки и присоединения - устройства, посредством которых обеспечивается возможность работы ВЧ аппаратуры по линии электропередачи при различных режимах сети.

4.5 Устройство обработки - высокочастотный заградитель, включаемый в провод линии для уменьшения ответвления энергии сигналов ВЧ канала в нежелательных направлениях и обеспечения работы ВЧ каналов при различных режимах сети.

4.6 Высокочастотный заградитель - устройство, содержащее силовой реактор, элемент настройки, защитный элемент.

4.7 Устройство присоединения - последовательно включенные между проводами линии и аппаратурой передачи конденсатор связи, фильтр присоединения, разделительные фильтры и высокочастотный кабель, а также устройство их защиты.

4.8 Конденсатор связи - конденсатор, совместно с фильтром присоединения обеспечивающий присоединение аппаратуры связи к фазным проводам или тросам линии электропередачи.

4.9 Фильтр присоединения - устройство, образующее совместно с конденсатором связи полосовой фильтр или фильтр верхних частот. Фильтр присоединения совместно с конденсатором связи обеспечивает передачу через него с заданными параметрами ВЧ сигналов, и отделение аппаратуры уплотнения от воздействия рабочего напряжения сети и всех видов перенапряжений, возникающих в ней.

4.10 Разделительный фильтр - устройство, служащее для обеспечения независимой параллельной работы аппаратуры ВЧ каналов по одному высокочастотному тракту.

4.11 Специализированные ВЧ каналы - ВЧ каналы, предназначенные только для передачи сигналов высокочастотной релейной защиты или сигналов и команд РЗ и ПА.

4.12 ВЧ каналы связи - ВЧ каналы, в которых возможна передача сигналов электросвязи разных типов и назначений (телефонии, сигналов телемеханики, данных).

4.13 Комбинированные ВЧ каналы - ВЧ каналы, в которых возможна передача сигналов электросвязи (телефонии, сигналов телемеханики, данных) и сигналов-команд релейной защиты и/или противоаварийной автоматики.

4.14 Сигнал релейной защиты и противоаварийной автоматики - сигнал в аналоговом или цифровом виде, несущий информацию о значениях

параметров работы ВЛ (напряжение, ток, фаза) и параметров состояния электротехнического оборудования для системы РЗ, для системы ПА дискретный сигнал, несущий информацию для пуска ПА.

4.15 Команда релейной защиты и противоаварийной автоматики - дискретная информация, предписывающая выполнение определенных операций в рамках работы систем РЗ и ПА. Команда может передаваться с помощью одного или комбинации из нескольких сигналов.

4.16 Специализированная ВЧ аппаратура - аппаратура передачи сигналов высокочастотной релейной защиты или сигналов-команд РЗ и ПА.

4.17 Аппаратура ВЧ связи - система уплотнения ВЧ канала, без функций передачи сигналов-команд РЗ и ПА, позволяющая организовать телефонные каналы, а также каналы передачи телеинформации и данных с использованием как встроенных, так и внешних модемов.

4.18 Комбинированная ВЧ аппаратура - аппаратура системы уплотнения комплексного использования для комбинированного ВЧ канала, позволяющая передавать сигналы разных типов и назначений (телефонии, сигналов телемеханики, данных, сигналов-команд РЗ и ПА).

4.19 Рабочие полосы частот ВЧ канала - полосы частот по передаче и приему для специализированной, комбинированной ВЧ аппаратуры и аппаратуры ВЧ связи, назначенные в установленном порядке в диапазоне 16 - 1000 кГц для конкретного ВЧ канала на линии электропередачи.

5 Принятые сокращения

АИИС КУЭ - Автоматизированная информационно-измерительная система контроля и учета электроэнергии.

АРЧМ - Автоматическое регулирование частоты и активной мощности.

АСДУ - Автоматизированная система диспетчерского управления.

АСТУ - Автоматизированная система технологического управления.

АСУТП - Автоматизированная система управления технологическими процессами.

ВЛ - Воздушная линия электропередачи.

ВЧ (канал, тракт) - Высокочастотный (канал, тракт).

ВЧЗ - Высокочастотный заградитель.

ДФЗ - Дифференциально-фазная защита.

ЕНЭС - Единая национальная (общероссийская) электрическая сеть.

ЗП - Задание на проектирование.

ИБП - Источник бесперебойного питания.

КЗ - Короткое замыкание.

КВЛ - Кабельно-воздушная линия.

КЛ - Кабельная линия электропередачи.

КС - Конденсатор связи.

ОЭС - Объединённая энергетическая система.

ПА - Противоаварийная автоматика.

ПС - Подстанция.

РЗ - Релейная защита.

РФ - Разделительный фильтр.
РЩ - Релейный щит.
СОПТ - Система оперативного постоянного тока.
ССПИ - Система сбора и передачи информации.
ТМ - Телемеханика.
ТИ - Телеизмерения.
ТС - Телесигнализация.
ТУ - Телеуправление.
ФП - Фильтр присоединения.

6 Основные положения

6.1 Организация ВЧ тракта на ВЛ и присоединение ВЧ аппаратуры к линии осуществляется различными способами. Основными способами присоединения являются несимметричные и симметричные схемы.

При несимметричной схеме присоединения ВЧ аппаратура включается между проводом (или несколькими проводами) и землей по схемам «фаза - земля», «две фазы - земля», «трос-земля».

При симметричных схемах ВЧ аппаратура подключается между двумя проводами линий («фаза - фаза», «трос - трос», два провода одной фазы). Как правило, применяют схемы «фаза - фаза», «фаза - фаза разных линий».

6.2 ВЧ тракты «трос-земля» и «трос-трос» на основании технико-экономического обоснования и для облегчения электромагнитной обстановки могут использоваться на линиях электропередачи, имеющих проводящие грозозащитные тросы, при условии, что на данных линиях не предусматривается прокладка волоконно-оптических кабелей, встроенных в грозозащитный трос.

6.3 На ВЛ 330 кВ в случаях с затруднением выбора частот и для облегчения электромагнитной обстановки могут использоваться ВЧ тракты «провод-провод» одной фазы (внутрифазный тракт).

6.4 Выбор оптимальных схем присоединения должен выполняться с учетом рекомендаций стандартов [1] [2] [3]:

6.5 При применении на ВЛ для питания электрических измерительных приборов, цепей защиты и сигнализации емкостного трансформатора напряжения, рассчитанного также для передачи высокочастотных сигналов по высоковольтным линиям, должна рассматриваться возможность использования его в устройстве присоединения вместо конденсатора связи.

6.6 Для организации ВЧ каналов по линиям высокого напряжения используется диапазон частот 16-1000 кГц.

Нижняя граница по частоте ограничена параметрами устройств обработки и присоединения, так как на низких частотах для получения удовлетворительных параметров ВЧ тракта необходимы большие значения индуктивностей реакторов заградителей и емкостей конденсаторов связи.

Верхняя граница частотного диапазона обусловлена допустимым значением линейного затухания, возрастающего с увеличением частоты, а

также требованиями по электромагнитной совместимости со средствами связи других ведомств.

При проектировании следует учитывать требования Правил использования диапазона частот 16-1000 кГц при передаче информации по ВЛ, приведённых в [2].

7 Основные типовые требования к системам ВЧ связи, необходимые для разработки задания на проект

7.1 В задании на проект для заключения договора на выполнение проекта строительства, реконструкции энергообъекта или ССПИ для систем диспетчерского, технологического и противоаварийного управления должны быть указаны требования к организации систем ВЧ связи по ВЛ.

Указываются направления организации связи, класс напряжения линий, их тип (ВЛ, КВЛ или КЛ), протяженность. Для каждого ВЧ канала указывается количество требуемых каналов в аппаратуре уплотнения, их информационная нагрузка (вид информации, назначение).

Если ЗП содержит требование разработать и утвердить схему ПС с отходящими линиями или структурную схему информационного обмена ССПИ, в нем должно быть указано об использовании систем ВЧ связи согласно требованиям к передаче информации, изложенным в разделах проекта в части АСДУ, АСТУ, АСУТП, РЗ, ПА, АИИС КУЭ и т.д.

Данными разделами проекта определяются направления организации связи, вид передаваемой информации, ее назначение и объем, а также требования к передаче информации, протоколы обмена и интерфейсы подключения пользовательского оборудования к каналам связи.

7.2 В ЗП должны быть указаны требования к видам используемой ВЧ аппаратуры (специализированная, комбинированная, аппаратура ВЧ связи) для систем связи на ВЛ в зависимости от их класса напряжения.

7.3 ЗП должно содержать перечень разрабатываемых и выполненных, но еще не реализованных проектов с использованием систем ВЧ связи в рассматриваемом регионе, которые должны быть учтены при проектировании.

7.4 В ЗП должно быть требование о предоставлении в проекте заключения о возможности выбора рабочих частот до максимальной частоты диапазона, в котором обеспечивается работа проектируемого ВЧ канала.

7.5 В ЗП должно быть указано о необходимости выполнения требований СТО 56947007-33.060.40.108-2011 «Нормы проектирования систем ВЧ связи», включая требования по оформлению проектной документации и к составу исходных данных для проектирования систем ВЧ связи.

8 Основные типовые требования к оборудованию и аппаратуре систем ВЧ связи, необходимые для разработки проектов и подготовки конкурсной документации

8.1 Общие требования

8.1.1 Для передачи речи, телемеханики, данных, сигналов РЗ и ПА должна использоваться многофункциональная каналобразующая аппаратура

с цифровой обработкой сигналов и необходимыми интерфейсными модулями. Для передачи сигналов высокочастотных релейных защит (ДФЗ) должна использоваться специализированная ВЧ аппаратура. При технико-экономическом обосновании или согласно требованиям ЗП возможно использование специализированной ВЧ аппаратуры для передачи сигналов команд РЗ и ПА.

8.1.2 Аппаратура должна иметь возможность контролироваться и управляться с помощью встроенных микропроцессорных устройств и специализированного программного обеспечения с интерфейсом на русском языке.

8.1.3 Аппаратура ВЧ связи должна обеспечивать работу с оборудованием ВЧ обработки и присоединения, отвечающим требованиям СТО 56947007-33.060.40.125-2012 «Основные технические требования к устройствам обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ».

8.1.4 Аппаратура ВЧ связи должна соответствовать требованиям и нормам действующих Типовых технических требований к аппаратуре ВЧ связи и иметь экспертное заключение на использование в электроэнергетике.

8.2 Функциональные требования к аппаратуре ВЧ каналов РЗ, ПА и связи

8.2.1 При организации ВЧ каналов по ВЛ приоритет должен отдаваться использованию многофункциональной комбинированной ВЧ аппаратуры для передачи следующих видов информации, необходимой для управления работой энергосистемы как в нормальных режимах, так и при аварийных ситуациях, а именно:

- речь - для обеспечения оперативно-диспетчерского и технологического управления;

- сигналы телемеханики (ТМ) и АИИС КУЭ;

- передача данных АСУ ТП, АРЧМ;

- факсимиле, электронная почта;

- сигналы РЗ и ПА (не менее 24 команд).

Передача сигналов дифференциально-фазных защит должна осуществляться по ВЧ каналам на специализированной ВЧ аппаратуре.

При необходимости создания ВЧ каналов, предназначенных для передачи только речи, телеинформации и данных рекомендуется использовать аппаратуру ВЧ связи, в которой отсутствуют функции передачи сигналов-команд.

8.2.2 Аппаратура системы ВЧ связи должна обеспечивать:

- возможность создания сложных сетевых топологий (Т-образные схемы, точка - многоточка);

- для аппаратуры ВЧ связи - возможность интеграции в единую сеть управления и диагностики системы связи, для специализированной ВЧ аппаратуры - возможность интеграции в систему АСУТП;

- для комбинированной ВЧ аппаратуры - интеграцию в обе системы: АСУТП и сеть управления связи;

- возможность местного управления конфигурацией и режимами;
- текущий непрерывный контроль параметров передачи/приема канала;
- удаленную диагностику аппаратуры, как по служебным, так и по сторонним каналам связи;

- мониторинг параметров аппаратуры, в том числе трактов передачи и приема с хронологической фиксацией произошедших событий в энергонезависимой памяти.

8.2.3 По функциональным требованиям аппаратура должна соответствовать действующим «Типовым техническим требованиям к аппаратуре ВЧ связи».

8.2.4 Время наработки на отказ должно быть не менее 100 000 часов.
Срок службы - не менее 15 лет.

8.3 Технические требования к комбинированной аппаратуре ВЧ каналов РЗ, ПА и связи по ВЛ

8.3.1 Характеристики оборудования каналообразующей аппаратуры:

- частотный диапазон работы аппаратуры 16-1000 кГц;
- шаг позиционного регулирования рабочих частот каналов в ВЧ диапазоне - 4 кГц;

- шаг позиционирования полос частот специализированных каналов для ВЧ защит в ВЧ диапазоне должен быть 2 кГц;

- выходная мощность - 10, 20, 40 и 80 Вт, но не более 100 Вт;

- ширина номинальной полосы ВЧ канала - $4000 \cdot n$ Гц, где n - число полос по 4 кГц;

- номинальная полоса ТЧ канала 300- 3400 Гц;

- число каналов: 1÷12 аналоговых или от 1 до 24 цифровых;

- встроенные модемы телемеханики;

- возможность подключения внешних модемов передачи данных.

8.3.2 Аппаратура должна осуществлять следующие режимы работы:

- передача речи и телемеханики;

- передача сигналов и команд РЗ и ПА, кроме сигналов ДФЗ;

- передача данных;

- возможность работы передающего и приемного канала сближено/разнесено.

8.3.3 Модемы должны иметь возможность:

- полной дуплексной 2/4-х проводной работы;

- для асинхронных встроенных модемов на скорости 100 - 600 бит/с должна обеспечиваться работа в надтольном спектре канала ТЧ;

- для асинхронных встроенных модемов на скорости 1200 и 2400 бит/с работа в полосе канала ТЧ 0,3 - 2,4 кГц;

- скорость передачи в пределах 9,6 - 320,0 кбит/с модемов, работающих в номинальной полосе ВЧ канала, должна автоматически подстраиваться под параметры ВЧ линии с сохранением максимальных характеристик системы;

- компенсации влияния неоднородностей линии;

- непрерывного наблюдения за передаваемыми данными и за качеством принимаемого сигнала;

- самодиагностики.

8.3.4 Телефонный канал должен иметь следующие интерфейсы:

- 2-х проводный интерфейс FXS для подключения к телефонному аппарату (прямой диспетчерский, удаленный абонент);

- 2-х проводный интерфейс FXO для подключения к АТС (удаленный абонент АТС);

- 4-х проводный интерфейс с E&M сигнализацией;

- поддержка факс-аппаратов с автоматическим переключением режимов работы речь/факс.

8.3.5 Канал передачи данных должен иметь следующие интерфейсы: V.24/RS-232, Ethernet, G.703.1 или X.21, возможность подключения по интерфейсу RS-485.

8.3.6 Телефонные каналы должны иметь систему эхоподавления.

8.3.7 Номинальное значение импедансов всех телефонных интерфейсов должны составлять 600 Ом.

8.3.8 При передаче команд РЗ и ПА аппаратура должна обеспечивать:

- максимально допустимое время передачи команд - до 26 мс;

- вероятность пропуска команды должна быть не более 10^{-4} ;

- вероятность ложного действия должна быть не более 10^{-6} в случае скачкообразного увеличения затухания ВЧ тракта на 22 дБ и воздействия на приемник помех типа белого шума с соотношением сигнал/помеха 6 дБ в полосе 4 кГц;

- внутреннюю диагностику аппаратуры;

- формирование внешнего сигнала при обнаружении неисправности системой диагностики и при пропадании напряжения питания, а также при передаче/приеме команды;

- наличие внутреннего регистратора событий, регистрирующего все события (пуск и прием команд, ввод и вывод команд, контроль состояния ВЧ канала, обнаружения неисправностей системой диагностики и т.д.)

- возможность обмена информацией с АСУТП с использованием стандартного цифрового интерфейса;

- комбинированная и специализированная аппаратура ВЧ каналов РЗ и ПА должна интегрироваться в АСУТП по цифровым интерфейсам;

- синхронизацию внутренних часов аппаратуры от системы единого времени (приемника GPS, ГЛОНАСС).

8.3.9 Климатические условия работы аппаратуры:

Аппаратура должна сохранять работоспособность с сохранением номинальных параметров при следующих условиях окружающей среды:

- температура от 0 °С до плюс 45 °С;

- относительная влажность не более 95% при температуре плюс 25 °С.

Аппаратура передачи сигналов и команд РЗ и ПА в этих условиях должна быть работоспособна без использования систем вентиляции и принудительного охлаждения.

8.3.10 Аппаратура должна размещаться в 19” корпусах для возможности установки в шкафах оснащенных 19” рамой.

8.3.11 Аппаратура должна быть защищена от воздействия брызг воды и проникновения металлических предметов к элементам, находящимся под напряжением. Степень защиты оболочек должна быть не хуже IP31.

8.3.12 Электромагнитная совместимость должна соответствовать ГОСТ Р 51317.6.5.

8.3.13 Обязательно наличие технической и эксплуатационной документации на русском языке в составе, необходимом для монтажа, наладки, технической эксплуатации и обслуживания.

8.3.14 Производство аппаратуры должно соответствовать стандарту ISO9001.

8.3.15 Обязательно наличие сервисного центра, обеспечение технической поддержки и обучения специалистов.

8.3.16 Аппаратура должна отвечать стандартам РФ и МЭК.

8.3.17 По электрической прочности и ЭМС аппаратура должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51317.4.11, ГОСТ Р 51317.4.12, ГОСТ Р 51317.4.2, ГОСТ Р 51317.4.4, ГОСТ Р 51317.4.5, ГОСТ Р 51179, ГОСТ Р 51317.4.14, ГОСТ Р 51317.4.16, ГОСТ Р 51317.4.17, ГОСТ Р 51317.4.28, ГОСТ Р 51317.6.5.

По электробезопасности аппаратура должна соответствовать ГОСТ 12.2.007.0.

8.3.18 На соответствие требованиям электрической прочности, ЭМС и электробезопасности, функциональным требованиям и техническим условиям аппаратура должна иметь экспертное заключение на использование в электроэнергетике.

Краткие технические характеристики аппаратуры, аттестованной для использования в электроэнергетике, представлены в Приложении А.

8.4 Технические требования к специализированной ВЧ аппаратуре для релейной защиты и противоаварийной автоматики

8.4.1 Приемопередатчик должен выполнять следующие функции:

- передачу и прием сигналов защиты;
- автоматический контроль исправности канала связи и наличия запаса по затуханию ВЧ сигнала.

8.4.2 Характеристики оборудования:

- частотный диапазон работы аппаратуры в диапазоне 16-1000 кГц, заявленный производителем аппаратуры;
- мощность на выходе передатчика в диапазонах частот работы аппаратуры, заявленная производителем.

8.4.3 Передача сигналов РЗ по ВЛ должна удовлетворять следующим требованиям:

- время передачи команд определяется шириной полосы пропускания по линейному входу приемника, которая должна составлять не менее 1,3 кГц;

- приемопередатчик сигналов высокочастотных релейных защит должен иметь возможность работы между двумя или тремя концами ВЛ с возможностью выбора частот передачи и приема одинаковых или разнесенных с шагом 0,5 кГц.

- периодический автоматический контроль запаса по затуханию канала связи между всеми его пунктами и непрерывный контроль исправности выходной цепи приемника;

- автоматический контроль исправности канала не должен вызывать появления неинформативных сигналов в АСУ;

- приемопередатчики должны позволять интегрировать их в АСУТП по цифровым интерфейсам с получением осциллограмм токов приема и передачи;

- коэффициент готовности - 0,99 в год;

8.4.4 Мощность, потребляемая приемопередатчиком:

- при запущенном передатчике - не более 200 Вт;

- в режиме приема - не более 100 Вт.

8.4.5 Приемопередатчик РЗ и аппаратура для передачи дискретных сигналов РЗ и ПА должны отвечать требованиям действующих Типовых технических требований к аппаратуре ВЧ связи.

7.4.6 Работа при температуре от 0 °С до плюс 45 °С;

8.4.7 Относительная влажность - до 95 % при температуре плюс 25 °С

8.4.8 Параметры помехоустойчивости аппаратуры должны соответствовать МЭК 60834-1.

8.4.9 Электрическая прочность и ЭМС аппаратуры должна соответствовать требованиям ГОСТ Р 51317.4.11, ГОСТ Р 51317.4.12, ГОСТ Р 51317.4.2, ГОСТ Р 51317.4.4, ГОСТ Р 51317.4.5, ГОСТ Р 51179, ГОСТ Р 51317.4.14, ГОСТ Р 51317.4.16, ГОСТ Р 51317.4.17, ГОСТ Р 51317.4.28, ГОСТ Р 51317.6.5.

8.4.10 По электробезопасности аппаратура должна соответствовать ГОСТ 12.2.007.0.

8.4.11 Аппаратура должна иметь экспертное заключение на использование в электроэнергетике.

Краткие технические характеристики аппаратуры, аттестованной для использования в электроэнергетике, представлены в Приложении Б.

8.5 ВЧ заградители

8.5.1 Для отделения ВЧ тракта передачи сигнала от оборудования высокого напряжения подстанции, которое имеет низкое сопротивление для высоких частот канала связи, в фазный провод линии высокого напряжения должен включаться высокочастотный заградитель (ВЧЗ). Заградитель должен ослаблять влияние входного сопротивления подстанции или ответвления и служить для отделения шунтирующих ВЧ тракт элементов (подстанций и ответвлений), которые при отсутствии заградителей приводят к увеличению затухания тракта.

ВЧЗ состоит из силовой катушки (реактора), по которой проходит рабочий ток линии, элемента настройки и защитного устройства, присоединяемого параллельно катушке и элементу настройки. Силовая катушка заградителя с элементом настройки образуют двухполюсник, имеющий высокое сопротивление на рабочих частотах ВЧ канала, и очень малое сопротивление для тока промышленной частоты 50 Гц.

ВЧЗ должен давать возможность настройки на полосы заграждения в пределах рабочего диапазона 16-1000 Гц.

8.5.2 Высокочастотные свойства заградителя характеризуются полосой заграждения, полосой частот, в которой сопротивление заградителя должно быть не меньше допустимого значения. В полосе заграждения активная составляющая полного сопротивления ВЧЗ должна быть не менее чем в 1,41 раза больше характеристического сопротивления линии, для которой этот ВЧЗ предназначен.

8.5.3 Применяются заградители, рассчитанные на запырание одной или двух узких полос (одно- и двухполосные заградители) либо одной широкой полосы частот в десятки и сотни килогерц (широкополосные заградители).

Ширина полос заграждения пропорциональна индуктивности реактора и обратно пропорциональна заданному сопротивлению заградителя на краях полосы.

Широкополосные заградители должны использоваться в случаях необходимости запырывать частоты нескольких ВЧ каналов, подключенных к одному и тому же проводу линии.

8.5.4 Используются заградители с индуктивностью от 0,1 до 2,0 мГн, так как реализовать реактор с большей индуктивностью затруднительно и нецелесообразно из-за значительного увеличения размеров, массы и стоимости заградителя.

8.5.5 Необходимо учитывать, что рабочий ток заградителя тем выше, чем выше напряжение линии. На ВЛ 35-750 кВ используются заградители на рабочие токи от 100 до 4000 А.

7.5.6 Различные схемы настройки и необходимый диапазон запыряемых частот получают, используя элемент настройки заградителя.

Заградители отличаются по схемам настройки, значениям индуктивностей, допустимым токам силовых катушек (номинальный длительный ток и номинальный кратковременный ток).

При выборе предпочтительной схемы широкополосной настройки следует учитывать, что если силовая катушка имеет большую индуктивность, то применение заградителя по схеме фильтра верхних частот обладает преимуществом за счет более простой схемы и отсутствия ограничения верхнего предела полосы заграждения.

8.5.7 Выбирая тип ВЧЗ необходимо обращать внимание на то, что собственная резонансная частота реактора ВЧЗ всегда должна быть выше верхней рабочей частоты ВЧ канала.

8.5.8 Электродинамическая и термическая стойкость заградителя определяется максимальным током к.з., который он выдерживает.

Электродинамическая стойкость характеризуется ударным током к.з., который равен $\sim 2,55 \cdot I_{к.з.}$. Термическая стойкость характеризуется номинальным кратковременным током - значением установившегося тока к.з., протекающего в течение определенного времени через реактор без его повреждения. Односекундной термической стойкостью заградителя называют ток к.з., который в течение 1 сек. нагревает провода реактора на температуру, соответствующую указанному производителем классу изоляции. При увеличении времени протекания тока, термическая стойкость уменьшается в \sqrt{t} раз.

8.5.9 Напряжение волны перенапряжения, возникающей на воздушной линии, распределяется между реактором, конденсаторами элемента настройки и входным сопротивлением шин ПС. Для защиты конденсаторов настройки и силовой катушки параллельно силовой катушке должен подсоединяться элемент защиты (разрядник или ОПН), ограничивающий напряжение на элементах заградителя до безопасного для них значения.

8.5.10 При выборе заградителя должны учитываться номинальный рабочий ток, ток к.з., напряжение ВЛ, габариты ВЛ и требуемая полоса заграждения.

8.5.11 Параметры заградителя должны соответствовать требованиям [4]

8.5.12 Некоторые данные заградителей серии ВЗ приведены в Приложении В.

В таблице не приведены параметры редко используемых заградителей с индуктивностью 0,1; 0,25; 1,5; мГн с номинальными токами 1600, 3150 А.

8.5.13 Полосу частот заграждения заказывают из стандартного ряда или нестандартную, исходя из требующихся активной составляющей полного сопротивления в полосе заграждения, рабочих частот аппаратуры и имеющейся индуктивности реактора. При этом верхняя частота полосы заграждения определяется по формуле:

$$F_{В.ГР} = \frac{F_{Н.ГР}}{1 - \frac{6,6 \times L_{Реакт.} \times F_{Н.ГР}}{R_{Zmin}}}, \text{ где:}$$

$F_{В.ГР}$ - верхняя граничная частота полосы заграждения, кГц;

$F_{Н.ГР}$ - нижняя граничная частота полосы заграждения, кГц;

$L_{Реакт.}$ - индуктивность реактора на частоте 100 кГц, мГн;

R_{Zmin} - активная составляющая полного сопротивления в полосе заграждения, Ом.

При выборе заградителя необходимо обращать внимание на то, что активная составляющая полного сопротивления в полосе заграждения должна быть больше характеристического сопротивления линии не менее чем в 1,41 раза, при этом обеспечивается максимальная величина вносимого затухания не более 2,6 дБ. Величины характеристических сопротивлений линий разного класса напряжения для разных схем присоединения приведены в таблице 1.

Таблица 1

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Характеристическое сопротивление линии для схемы, Ом					
	фаза-земля	Фаза-фаза ¹⁾	Две фазы - земля ¹⁾	Трос-земля	Трос-трос ¹⁾	Два троса-земля ¹⁾
35	450	400	540	—		
110						
220						
330	330	300	400			
500	310	275	370	550	480	550
750	280	250	340	550	480	550

Примечание: 1) - в графе таблицы указана величина характеристического сопротивления для каждой фазы (каждого троса).

8.5.14 В составе проектов, где присутствуют организационно-технические решения по системам ВЧ связи, основные требования к аппаратуре представляются в текстовом виде, требования к параметрам оборудования ВЧ обработки и присоединения, представляются в табличном виде. Эти же таблицы должны входить в состав конкурсной документации.

8.5.15 Технические характеристики и требования к высокочастотным заградителям, указываемые на стадии проекта и в конкурсной документации, приведены в Таблице 2.

Технические характеристики (наименование параметра)	Таблица 2 Требования (значение параметра)
1. Основные технические характеристики:	
Изготовитель	*
Заводской тип (марка)	*
Напряжение линии, кВ	**
Номинальный ток, А	**
Номинальная индуктивность на промышленной частоте, мГн	**
Полоса(ы) заграждения (диапазон(ы) частот заграждения), кГц	**
Значение активной составляющей полного сопротивления, Ом	**
Максимально допустимые потери при номинальном токе, кВт	23
Допустимый ток короткого замыкания, кА	**
Ударный ток короткого замыкания, кА	**
2. Технические требования к конструкции, изготовлению:	
Допустимая величина горизонтальной механической нагрузки от тяжения проводов, Н, не менее	1000
Предельно допустимая вертикальная нагрузка на каждый вывод от веса ошиновки, Н, не менее	750
Контактные пластины горизонтальные, крепятся к заградителю по широкой стороне (размеры согласовываются дополнительно)	да
3. Номинальные значения климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543	
Температура окружающего воздуха, °С	
- предельная верхняя рабочая	По региону
- предельная нижняя рабочая	По региону

- максимальная скорость ветра при отсутствии гололеда, м/с	По региону
- максимальная скорость ветра при наличии гололеда, м/с	По региону
- толщина стенки гололеда, мм,	По региону
- климатическое исполнение и категория размещения согласно ГОСТ 15150	По региону
- высота установки над уровнем моря, м	**
4. Требования по надежности:	
Срок службы, не менее лет	20
Вероятность безотказной работы в год, не менее	0,995
Гарантийный срок эксплуатации со дня ввода, лет, не менее	3
5. Комплектность высокочастотного заградителя	
Высокочастотный заградитель в сборе (да, нет)	да
Защитные кольца для предотвращения короны (да, нет)	**
Эксплуатационная документация на русском языке, экз.	да
6. Маркировка, упаковка, транспортировка, условия хранения	
Маркировка, упаковка и консервация по ГОСТ 18620, ГОСТ 14192, ГОСТ 23216, ГОСТ 24634	
Условия транспортирования:	
Любыми видами транспорта, кроме морских перевозок, при $t_{\text{воздуха}}$ от -50 °С до +50 °С	
Условия хранения: в помещениях с естественной вентиляцией	
Срок хранения без переконсервации один год.	
7. Требования по сертификации:	
Наличие Российских Сертификатов безопасности и соответствия (да, нет)	да
Наличие ТУ согласованных ОАО РАО «ЕЭС России» или ОАО «ФСК ЕЭС» (да, нет)	да
Наличие экспертного заключения о проведении аттестации оборудования, технологий, материалов и систем согласно Методике проведения аттестации оборудования, технологий, материалов и систем в электросетевом комплексе и Порядку проведения аттестации оборудования, технологий, материалов и систем в электросетевом комплексе, утвержденным приказом ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» от 20.08.2012 № 484/401 (да, нет)	да
Параметры, отмеченные *, должны быть предоставлены изготовителем. Параметры, отмеченные **, определяются проектом.	

8.6 Конденсаторы связи

8.6.1 Одним из основных элементов схемы присоединения аппаратуры связи к линиям электропередачи является конденсатор связи высокого напряжения. Конденсатор должен обеспечивать передачу сигналов ВЧ связи в диапазоне 16 - 1000 кГц при максимальной пиковой мощности огибающей ВЧ сигнала не менее 400 Вт.

8.6.2 Конденсатор связи, включаемый на полное напряжение сети, должен обладать достаточной электрической прочностью. Максимальное рабочее напряжение конденсатора должно быть при номинальном напряжении элемента:

- 66/√3 - макс. напряжение ≥ 44 кВ;
- 110/√3 - макс. напряжение ≥ 78 кВ
- 166/√3 - макс. напряжение ≥ 110 кВ

188/√3 - макс. напряжение ≥ 125 кВ.

8.6.3 Для лучшего согласования входного сопротивления линии и устройства присоединения емкость конденсатора должна быть достаточно большой. Номинальные емкости конденсаторов, используемых на линиях различного класса напряжения должны соответствовать величинам, указанным в таблице 3.

Таблица 3

Номинальное напряжение элемента КС, кВ	Номинальная емкость конденсатора, нФ / отклонение емкости от номинального значения, %	Число последовательно включенных конденсаторов в КС для ВЛ с номинальным напряжением, кВ					
		35	110	220	330	500	750
66/√3	4,4/(+10; -5) %	1	-	-	-	-	-
110/√3	6,4/(+10; -5) %	-	1	2	-	-	-
166/√3	14/(±5) %	-	-	-	2	3	-
188/√3	12/(±5) %	-	-	-	-	-	4

8.6.4 Если фазное напряжение ВЛ больше номинального напряжения единичного конденсатора, то должна составляться батарея из последовательно соединенных конденсаторов, устанавливаемых один на другой.

8.6.5 Конденсаторы, имеющие в обозначении типа букву «П», содержат в своей конструкции изолирующую подставку для установки на фундаменте, а имеющие букву «В» - вывод для присоединения аппаратного зажима ошиновки.

Конденсаторы в фарфоровой армированной крышке в составе обозначения типа конденсатора имеют букву «А».

Конденсаторы так же изготавливают в полимерной крышке с длиной пути утечки внешней изоляции, соответствующей III степени загрязнения по ГОСТ 9920.

Параметры конденсаторов связи должны соответствовать требованиям стандарта [4].

8.6.6 Паразитная емкость между выводом низкого напряжения конденсатора и выводом «Земля», и изолирующих подставок не должна превышать 100 пФ.

8.6.7 Проводимость утечки между выводом низкого напряжения конденсатора и выводом «Земля» не должна превышать $0,2 \times 10^{-10}$ См. Это же требование относится к изолирующей подставке КС.

8.6.8 Значение тангенса угла потерь конденсатора, измеренное при температурах плюс 20 и плюс 60 °С и номинальном напряжении частоты 50 Гц, должно быть не более 3×10^{-3} .

8.6.8 Конденсаторы связи должны иметь экспертное заключение на использование в электроэнергетике.

Некоторые данные по конденсаторам приведены в Таблице 4.

Таблица 4

Тип конденсатора	Номинальное действующее напряжение, кВ	Емкость конденсатора, пФ	Линейное действующее напряжение, кВ	Число элементов на фазу	Ёмкость присоединения, пФ
СМР-66/ $\sqrt{3}$ -4,4У1	38	4400	110	2	2200
СМРБ-66/ $\sqrt{3}$ -4,4У1			110	2	2200
СМП-110/ $\sqrt{3}$ -6,4У1	63,5	6400	110	1	6400
СМПБ-110/ $\sqrt{3}$ -6,4У1			110	1	6400
СМРБ-110/ $\sqrt{3}$ -6,4У1			220	2	3200
			330	3	2140
СМИ-166/ $\sqrt{3}$ -14У1	96	14000	330	2	7000
СМБ-166/ $\sqrt{3}$ -14У1			500	3	4650
СМИ-188/ $\sqrt{3}$ -12У1	109	12000	750	4	3000

8.6.8 В составе проектов по организационно-техническим решениям по ВЧ связи, основные требования к параметрам оборудования ВЧ обработки и присоединения должны быть выполнены в табличном виде.

8.6.9 Технические характеристики и требования к конденсаторам связи, указываемые на стадии проекта, показаны в Таблице 5.

Технические характеристики (наименование параметра)	Требования (значение параметра)
1. Основные технические характеристики:	
Изготовитель	*
Заводской тип (марка)	*
Номинальное напряжение, кВ	**
Количество последовательно включенных конденсаторов связи, шт	**
Общее количество конденсаторов связи, шт	**
Номинальная емкость КС на промышленной частоте со стороны ФП, пФ	**
Тангенс угла потерь не более	3×10^{-3}
2. Технические требования к конструкции, изготовлению и материалам:	
Допустимая величина горизонтальной механической нагрузки от натяжения проводов, Н, не менее	490
Предельно допустимая вертикальная нагрузка на каждый вывод от веса ошиновки, Н, не менее	3920
Наличие контактных клемм для крепления аппаратных зажимов (размеры согласовываются дополнительно)	да
Наличие вывода для подсоединения ВЧ канала	да
Сейсмостойкость, баллы по шкале MSK-64	**
Удельная длина пути утечки внешней изоляции по ГОСТ 9920, см/кВ, не менее	1,6
3. Номинальные значения климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543	
Температура окружающего воздуха, °С	

- предельная верхняя рабочая	По региону
- предельная нижняя рабочая	По региону
Максимальная скорость ветра при отсутствии гололеда, м/с	По региону
Максимальная скорость ветра при наличии гололеда, м/с	По региону
Толщина стенки гололеда, мм,	По региону
Климатическое исполнение (У, ХЛ) и категория размещения и по ГОСТ 15150	По региону
Высота установки над уровнем моря, м	**
4. Требования по надежности:	
Средний срок службы, лет	30
Вероятность безотказной работы за 20 лет не менее	0,9
Гарантийный срок эксплуатации с момента ввода не менее, лет	3
5. Комплектность конденсатора связи	
Конденсатор связи в сборе (да, нет)	да
Эксплуатационная документация на русском языке, экз.	да
6. Требования по сертификации:	
Наличие Российских Сертификатов безопасности и соответствия (да, нет)	да
Наличие ТУ согласованных с ОАО РАО «ЕЭС России» или ОАО «ФСК ЕЭС» (да, нет)	да
Наличие экспертного заключения о проведении аттестации оборудования, технологий, материалов и систем согласно Методике проведения аттестации оборудования, технологий, материалов и систем в электросетевом комплексе и Порядку проведения аттестации оборудования, технологий, материалов и систем в электросетевом комплексе, утвержденным приказом ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» от 20.08.2012 № 484/401 (да, нет)	да
Параметры, отмеченные *, должны быть предоставлены изготовителем. Параметры, отмеченные **, определяются проектом.	

8.7 Емкостные трансформаторы напряжения

8.7.1 Трансформаторы являются масштабными измерительными преобразователями и предназначены для выработки сигнала измерительной информации для электрических измерительных приборов, цепей защиты и сигнализации, а также обеспечивают возможность организации ВЧ тракта в электрических сетях переменного тока частотой 50 Гц для систем ВЧ связи.

На ВЛ от 330 кВ и выше, как правило, в целях работы системы релейной защиты требуется наличие на линии емкостных трансформаторов напряжения (НДЕ). В этих случаях в устройствах присоединения ВЧ каналов вместо конденсаторов связи используются емкостные трансформаторы напряжения. Требование к величине суммарной емкости на выходе в сторону фильтра присоединения у данного емкостного трансформатора задается в проектном решении по ВЧ связи. Также указывается требование в отношении полосы частот, в которой должна иметься возможность организации ВЧ связи при подключении к НДЕ, и требование к величине затухания, вносимого НДЕ в тракт ВЧ канала.

Требования к параметрам емкостных трансформаторов напряжения, используемых для ВЧ связи, должны соответствовать СТО 56947007-

33.060.40.125-2012 «Основные технические требования к устройствам обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ».

8.7.3 Трансформаторы серии НДЕ состоят из емкостного делителя напряжения, электромагнитного устройства, разъединителя и разрядника.

Емкостный делитель напряжения состоит из конденсаторов связи и совмещенных конденсаторов связи и отбора мощности, соединенных последовательно и установленных друг на друга, и экрана.

Делители напряжения емкостные используются для компенсации емкостных трансформаторов напряжения классов напряжения 110, 220, 330, 500, 750 кВ. Делители состоят из конденсаторов, обеспечивающих понижение высоковольтного напряжения для питания электромагнитного устройства и осуществляющих ВЧ связь на частотах от 24 до 1000 кГц по линиям электропередач переменного тока частоты 50 Гц.

Технические данные и описание конструкции НДЕ должны браться из эксплуатационных документов предприятий-изготовителей этих аппаратов.

8.8 Фильтр присоединения

8.8.1 Для токов высокой частоты фильтр присоединения совместно с конденсатором связи согласует сопротивление высокочастотного кабеля с входным сопротивлением линии электропередачи и образует фильтр для передачи токов высокой частоты в линию с малыми потерями.

Ток высокой частоты, проходя через конденсатор связи по первичной обмотке фильтра присоединения на землю, наводит во вторичной обмотке напряжение, которое через конденсатор и соединительную линию попадает на вход аппаратуры связи.

Фильтр присоединения с конденсатором связи образует полосовой фильтр или фильтр верхних частот. ФП должен обеспечивать передачу ВЧ сигналов с заданными параметрами и отделение аппаратуры уплотнения от воздействия рабочего напряжения сети и всех видов перенапряжений, возникающих в ней.

8.8.2 Фильтры присоединения должны соответствовать требованиям стандарта [4]

8.8.3 При обрыве или плохом контакте в цепи фильтра присоединения, конденсатор связи может оказаться под полным напряжением линии.

В целях безопасности все работы на фильтре должны производиться при заземлении нижней обкладки конденсатора специальным заземляющим ножом.

Заземляющий нож должен обеспечивать надежное заземление нижней обкладки конденсатора связи. Сопротивление заземляющего ножа во включенном состоянии на промышленной частоте не должно превышать 0,1 Ом. Заземляющий нож должен выдерживать длительное протекание тока промышленной частоты 300 А и кратковременный (в течение не менее 1 с) ток промышленной частоты 16 кА.

8.8.4 Согласованием входного сопротивления ВЧ аппаратуры связи и линии достигаются минимальные потери энергии ВЧ сигнала.

Согласование с воздушной линией (ВЛ), имеющей сопротивление 280 - 450 Ом, не всегда удается выполнить полностью, так как при ограниченной емкости конденсатора связи фильтр с характеристическим сопротивлением со стороны линии, равным характеристическому сопротивлению ВЛ, может иметь узкую полосу пропускания.

Основным требованием при получении нужной полосы пропускания является величина затухания несогласованности ФП в полосе пропускания, определенная при нагрузке на соответствующие номинальные сопротивления линии и ВЧ кабеля, которая должна быть не менее 12,0 дБ, как со стороны линейного, так и со стороны кабельного входов.

8.8.5 Фильтр присоединения должен подключаться к конденсатору связи проводом сечением не менее 10 мм².

8.8.5 Фильтр присоединения соединяется с ВЧ аппаратурой высокочастотным кабелем. К одному кабелю может быть подключено несколько полукомплектов ВЧ аппаратуры. В этом случае для ослабления взаимных влияний между аппаратурой должны применяться разделительные фильтры. При параллельном подключении аппаратуры связи и аппаратуры РЗ и ПА включение разделительных фильтров обязательно.

Разделительные фильтры так же применяются, где возможно взаимное влияние ВЧ каналов, для увеличения переходного затухания между ВЛ, и выполняются по рекомендациям [2]

8.8.6 Основные данные фильтров присоединения типов ФПМР, ФПФ, ФПО приведены в [2].

Основные данные фильтров типа ФПМ приведены в Таблице 7.

Номер модификации	Емкость присоединения, пФ	Линейное напряжение, кВ	Номинальное сопротивление со стороны ВЛ, Ом	Входное сопротивление фильтра, Ом	Таблица 7
					Полоса пропускания, кГц
1	2200	110	450	587	74–193
2					116–1000
3	6400	110	450	581	36–256
4					51–1000
5					36–63
6	3200	220	450	581	50–124
7					76–1000
8	7000	330	330	439	36–124
9					47–1000
10					36–64
11	4650	500	310	405	50–127
12					75–1000
13	3000	750	280	362	36–48
14					45–65
15					50–76
16					60–103
17					80–180
18	125–1000				

8.8.7 В составе проектов по организационно-техническим решениям по ВЧ связи, основные требования к параметрам оборудования ВЧ обработки и присоединения, должны быть выполнены в табличном виде.

8.8.8 Технические характеристики и требования к фильтрам присоединения на стадии проекта показаны в Таблице 8.

Технические характеристики (наименование параметра)	Таблица 8 Требования (значение параметра)
1. Основные технические характеристики:	
Изготовитель	*
Заводской тип (марка)	*
Напряжение линии, кВ	**
Полоса пропускания, кГц	**
Номинальное входное сопротивление со стороны ВЛ (Z1), Ом	**
Номинальное входное сопротивление со стороны ВЧ кабеля (Z2), Ом	75
Затухание несогласованности со стороны линии и ВЧ кабеля в полосе пропускания, дБ	12
Входное сопротивление со стороны ВЛ на промышленной частоте, Ом	не более 5
Рабочее затухание в полосе пропускания, не более, дБ	1,5
Номинальная пиковая мощность ВЧ сигнала на входе фильтров, Вт	200
Емкость конденсатора связи, пФ	**
2. Технические требования к конструкции:	
Масса, кг не более	12
Наличие ограничителя перенапряжения (да, нет)	да
3. Номинальные значения климатических факторов внешней среды по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543	
Температура окружающего воздуха, °С	
- предельная верхняя рабочая	По региону
- предельная нижняя рабочая	По региону
Максимальная скорость ветра при отсутствии гололеда, м/с	По региону
Максимальная скорость ветра при наличии гололеда, м/с	По региону
Толщина стенки гололеда, мм,	По региону
Климатическое исполнение (У, ХЛ) и категория размещения и по ГОСТ 15150	По региону
Высота установки над уровнем моря, м	**
4. Требования по надежности:	
Срок службы, лет, не менее	20
Гарантийный срок эксплуатации с момента ввода не менее, лет	3
5. Комплектность фильтра присоединения	
Фильтр присоединения в сборе (да, нет)	да
Эксплуатационная документация на русском языке, экз.	да
6. Требования по сертификации:	
Наличие Российских сертификатов безопасности и соответствия (да, нет)	да
Наличие ТУ согласованных РАО «ЕЭС России» или ОАО «ФСК ЕЭС» (да, нет)	да
Наличие экспертного заключения о проведении аттестации оборудования, технологий, материалов и систем согласно Методике проведения аттестации оборудования, технологий, материалов и систем в электросетевом комплексе и Порядку проведения аттестации	да

оборудования, технологий, материалов и систем в электросетевом комплексе, утвержденным приказом ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» от 20.08.2012 № 484/401 (да, нет)

Параметры, отмеченные *, должны быть предоставлены изготовителем.

Параметры, отмеченные **, определяются проектом.

8.9 Разделительные фильтры

8.9.1 Каналы РЗ и ПА, требуют обязательного применения разделительных фильтров (РФ) для защиты от замыкания в цепях параллельно включенной аппаратуры других ВЧ каналов, работающих через общее устройство присоединения.

8.9.2 При параллельном подключении ВЧ аппаратуры связи и ВЧ аппаратуры, предназначенной для передачи сигналов команд РЗ или ПА, разделительные фильтры на соответствующих частотах каждого из каналов РЗ и ПА должны включаться в шунтирующие цепи других каналов.

8.9.3 РФ должен обеспечивать возможность круглосуточной работы в закрытом помещении в климатических условиях по ГОСТ 15150 (интервал температур от 0°C до +45°C при относительной влажности не более 95 % при 25 °C).

7.9.4 Разделительный фильтр должен иметь возможность:

- работы в схеме канала «фаза-земля»;

- работы в схеме канала «фаза-фаза»;

- присоединения к оборудованию ВЧ связи, РЗ и ПА с номинальным входным сопротивлением 75 Ом.

8.9.5 Мощность тока высокой частоты в полосе пропускания должна быть не менее 250 ВА.

8.9.6 Вносимое затухание на частотах поста ВЧ защиты при замыкании входных цепей аппаратуры связи - не более 0,9 дБ.

8.9.7 Вносимое затухание в канал связи на частотах, отстоящих в пределах $\pm 10\%$ от рабочей частоты поста защиты - не более 0,9 дБ.

8.9.8 Технические характеристики и требования к разделительным фильтрам на стадии проект показаны в Таблице 9.

Технические характеристики (наименование параметра)	Таблица 9 Требования (значение параметра)
1 Основные технические характеристики	
1.1 Соответствие требованиям Правил устройства электроустановок (ПУЭ) 7-е издание, Правилам по сертификации, Системе сертификации электрооборудования, Госстандарта России	Да
1.2 Набор частот настройки в диапазоне, кГц	16-1000
1.3 Возможность перестройки частоты фильтра в допустимых пределах в условиях эксплуатации	Да
1.4 Затухание, вносимое фильтром при включении его в ВЧ тракт последовательно с нагрузкой 75 Ом на частотах, отстоящих от частоты настройки фильтра в обе стороны на 10 % и более, дБ	≤ 1
1.5 Затухание, вносимое фильтром при включении его в ВЧ тракт параллельно с нагрузкой 75 Ом в полосе частот ± 2 кГц относительно	≤ 1

частоты настройки фильтра, дБ

1.6 Изменение затухания при температурах 1 °С и 35 °С от величины затухания в нормальных условиях, дБ ≤0,5

2 Технические требования к конструкции

2.1 Рабочий температурный диапазон, °С от +1 до +45

2.2 Влажность, % от 45 до 80

3 Требования по надежности

3.1 Срок службы не менее, лет 20

4 Требования по безопасности

4.1 Наличие Российских Сертификатов безопасности Да

4.2 Наличие экспертного заключения согласно Методике проведения аттестации оборудования, технологий, материалов и систем в электросетевом комплексе и Порядку проведения аттестации оборудования, технологий, материалов и систем в электросетевом комплексе, утвержденным приказом ОАО «ФСК ЕЭС» и ОАО «Холдинг МРСК» от 20.08.2012 № 484/401 (да, нет) Да

8.9.9 Основные данные фильтров типа ФРМР приведены в Таблице 10.

Таблица 10

Коды фильтров	Диапазон частот перестройки, кГц	Коды фильтров	Диапазон частот перестройки, кГц
ФРМР- 36 - ФРМР- 37	36 - 37	ФРМР-194 - ФРМР- 203	194 - 203
ФРМР- 38 - ФРМР- 39	38 - 39	ФРМР-204 - ФРМР-213	204 - 213
ФРМР- 40 - ФРМР- 42	40 - 42	ФРМР-214 - ФРМР-224	214 - 224
ФРМР- 43 - ФРМР- 44	43 - 44	ФРМР-225 - ФРМР-235	225 - 235
ФРМР- 45 - ФРМР- 46	45 - 46	ФРМР-236 - ФРМР-246	236 - 246
ФРМР- 47 - ФРМР- 49	47 - 49	ФРМР-247 - ФРМР-259	247 - 259
ФРМР- 50 - ФРМР- 51	50 - 51	ФРМР-260 - ФРМР-272	260 - 272
ФРМР- 52 - ФРМР- 54	52 - 54	ФРМР-273 - ФРМР-285	273 - 285
ФРМР- 55 - ФРМР- 57	55 - 57	ФРМР-286 - ФРМР-300	286 - 300
ФРМР- 58 - ФРМР- 60	58 - 60	ФРМР-301 - ФРМР-315	301 - 315
ФРМР- 61 - ФРМР- 63	61 - 63	ФРМР-316 - ФРМР-331	316 - 331
ФРМР- 64 - ФРМР- 66	64 - 66	ФРМР-332 - ФРМР-348	332 - 348
ФРМР- 67 - ФРМР- 69	67 - 69	ФРМР-349 - ФРМР-365	349 - 365
ФРМР- 70 - ФРМР- 72	70 - 72	ФРМР-366 - ФРМР-383	366 - 383
ФРМР- 73 - ФРМР- 76	73 - 76	ФРМР-384 - ФРМР-403	384 - 403
ФРМР- 77 - ФРМР- 80	77 - 80	ФРМР-404 - ФРМР-423	404 - 423
ФРМР- 81 - ФРМР- 84	81 - 84	ФРМР-424 - ФРМР-443	424 - 443
ФРМР- 85 - ФРМР- 88	85 - 88	ФРМР-444 - ФРМР-466	444 - 466
ФРМР- 89 - ФРМР- 93	89 - 93	ФРМР-467 - ФРМР-489	467 - 489
ФРМР- 94 - ФРМР- 97	94 - 97	ФРМР-490 - ФРМР-514	490 - 514
ФРМР- 98 - ФРМР- 102	98 - 102	ФРМР-515 - ФРМР-539	515 - 539
ФРМР-103 - ФРМР-107	103 - 107	ФРМР-540 - ФРМР-566	540 - 566
ФРМР-108 - ФРМР-113	108 - 113	ФРМР-567 - ФРМР-600	567 - 600
ФРМР-114 - ФРМР-118	114 - 118	ФРМР- 601- ФРМР 632	601 - 632
ФРМР-119 - ФРМР-124	119 - 124	ФРМР -633 - ФРМР -665	633 - 665
ФРМР-125 - ФРМР-130	125 - 130	ФРМР- 666 - ФРМР-701	666 - 701

ФРМР-131 - ФРМР-137	131 - 137	ФРМР-702 - ФРМР 738	702 - 738
ФРМР-138 - ФРМР-144	138 - 144	ФРМР-739 - ФРМР 777	739 - 777
ФРМР-145 - ФРМР-151	145 - 151	ФРМР-778 - ФРМР 818	778 - 818
ФРМР- 152 - ФРМР- 159	152 - 159	ФРМР-819 - ФРМР 862	819 - 862
ФРМР-160 - ФРМР-167	160 - 167	ФРМР-863 - ФРМР 907	863 - 907
ФРМР-168 - ФРМР-175	168 - 175	ФРМР-908 - ФРМР 955	908 - 955
ФРМР- 176 - ФРМР- 184	176 - 184	ФРМР-956 - ФРМР 1000	956 - 1000
ФРМР- 185 - ФРМР 193	185 - 193		

8.10 Требования к коаксиальным радиочастотным кабелям

8.10.1 Как правило, присоединение ВЧ аппаратуры к фильтру присоединения осуществляется коаксиальным радиочастотным кабелем с волновым сопротивлением 75 Ом.

8.10.2 Диаметр внутреннего проводника кабеля должен быть не более 2,5 мм.

Внешний диаметр кабеля должен быть не более 15,0 мм.

8.10.3 Испытательное напряжение изоляции частотой 50 Гц, кВ должно быть не менее 2,5 кВ в течение 1 минуты.

8.10.4 Кабель должен прокладываться в лотках или трубах. Как правило, используется кабель РК 75-9-12, допускается использование кабеля РК 75-7-319ф-С, имеющего меньшее километрическое затухание.

8.10.5 Кабель не должен поддерживать горения. Класс пожарной опасности кабелей по ГОСТ Р 53315.

8.11 Для подготовки конкурсной документации приводятся те же требования к параметрам оборудования ВЧ связи и организационно-технические решения, что и в проектной документации, а также ведомости проектируемого оборудования.

9 Решения по организации электропитания аппаратуры ВЧ связи

9.1 Аппаратура ВЧ связи относится к электроприемникам особой группы 1 категории.

9.2 Выбор схемы организации электропитания ВЧ аппаратуры производится в зависимости от её назначения.

9.3 Для комбинированной аппаратуры ВЧ связи должна быть возможность получения электропитания, как от сети переменного тока, так и от сети постоянного тока. При электропитании от сети переменного тока аппаратура должна удовлетворять следующим характеристикам переменного тока:

- номинальное напряжение 230 В;
- допустимое отклонение напряжения от +10 % до -15 %;
- номинальная частота 50 Гц;
- допустимое отклонение частоты ± 5 %;
- форма синусоидальная с коэффициентом искажения не более 10 %.

9.4 При электропитании от источников постоянного тока аппаратура должна удовлетворять следующим характеристикам источников постоянного тока:

- номинальное напряжение 220 В, 110 В, 60 В и 48 В;

- допустимое отклонение напряжения от +10 % до -20 %;
- пульсации не более 5 %;
- помехи, генерируемые источником питания не более 3 мВ псоф.

9.5 Для специализированной аппаратуры имеется необходимость электропитания от источника постоянного напряжения

- номинальные напряжения 220 В, 110 В; - допустимые отклонения напряжения +10 %/-20 %;
- пульсация не более 12 %.

9.6 Допускается использование аппаратуры по заказу на заданное напряжение питания.

9.7 Комбинированная и специализированная ВЧ аппаратура должна выдерживать без повреждений и возникновения ложных команд пропадание и восстановление любого из вторичных напряжений электропитания.

9.8 Перерывы питания длительностью до 500 мс не должны вызывать ложных команд или перезагрузки процессора комбинированной или специализированной ВЧ аппаратуры.

9.9 Комбинированная и специализированная ВЧ аппаратура должна нормально функционировать при изменениях напряжения электропитания, соответствующих требованиям стандарта МЭК 60834-1.

9.10 Аппаратура ВЧ связи, устанавливаемая в существующем или проектируемом помещении аппаратной связи, должна получать электропитание 48 В постоянным током или переменным током от источника бесперебойного питания (ИБП).

9.11 При пропадании напряжения во внешней сети переменного тока ИБП должен обеспечивать электропитание аппаратуры, в зависимости от установки аппаратуры на обслуживаемой или необслуживаемой ПС, в течение 3 - 6 часов (определяется проектом).

9.12 Мощность ИБП выбирается с учетом состава размещенного оборудования и резерва на развитие.

9.13 Исполнение ИБП - промышленное.

9.14 Рекомендуется использование централизованного единого ИБП для всей аппаратуры ВЧ связи, устанавливаемой в аппаратной связи.

9.15 Для систем электропитания должны быть предусмотрены устройства управления, контроля, сигнализации, устройства защиты, распределительные щиты, заземление и другие необходимые средства.

9.16 ВЧ аппаратура РЗ и ПА, устанавливаемая на РЩ, должна получать электропитание от системы СОПТ. Вопросы организации бесперебойного питания системы СОПТ рассматриваются отдельным разделом проекта.

10 Решения по измерительным приборам для аппаратуры ВЧ связи

10.1 В состав измерительных приборов должны входить:

ВЧ тестер.

Осциллограф.

Генератор.

Устройство тестирования сигналов РЗ и ПА.

Милливольтметр.

Логический пробник.

Портативный измеритель.

Селективный измеритель уровня.

10.2 **ВЧ тестер** должен обеспечивать измерения ВЧ токов и ВЧ напряжений, как отдельно, так и совместно.

Технические требования:

- диапазон частот измеряемых сигналов: 16...2500 кГц;
- внутреннее сопротивление входов тока: не более 1,5 Ом;
- максимально-допустимое входное напряжение: 200 В;
- пределы измерения напряжения: 200 мВ, 2 В, 20 В, 200 В;
- пределы измерения тока: 2 А;
- основная погрешность при измерении синусоидального тока или напряжения: + (0,5 % от показаний + 0,5 % от предела);
- непрерывная работа от свежезаряженных батарей: не менее 24 ч;
- диапазон температур окружающей среды: 0...45 °С.

10.3 **Осциллограф**

Технические требования:

- два входа - полоса частот 60, 100 или 200 МГц;
- до 2,5 ГС/с - снятие измерений в реальном времени на вход;
- автоматическая синхронизация измерений, полный набор ручных режимов синхронизации, а также внешняя синхронизация;
- автоматическое снятие показаний и воспроизведение;
- аккумуляторные батарейки на 5 часов непрерывной работы;
- симметричные изолированные входы до 1000 В;
- не менее 24 автоматических измерений осциллограммы.

10.4 **Генератор**

Генератор должен удовлетворять следующим требованиям:

- диапазон частот от 16 кГц до 10 МГц;
- ЦАП с разрешением по вертикали 12 бит;
- частота дискретизации 200 МГц;
- погрешность не более $\pm 1 \cdot 10^{-6}$;
- в память генераторов должно быть заложено не менее 27 различных стандартных форм сигнала, среди которых синусоидальный, меандр, импульс со скважностью до 1000, треугольник, пила, постоянное смещение, логарифмический, экспоненциальный, $\sin x / x$, кардиосигнал и т.д.;
- возможность подключения к генератору модуля с дополнительными ячейками памяти;
- наличие различных режимов работы: внешняя или внутренняя амплитудная модуляция, частотная модуляция, импульсная модуляция, фазовая модуляция, режим качания частоты.

10.5 **Милливольтметр**

Милливольтметр должен удовлетворять техническим характеристикам, указанным в Таблице 11:

Таблица 11

Переменное напряжение

Диапазон напряжений	10мкВ...100В
Предел измерения	300мкВ/1мВ/.../100В (12 п/диапазонов, шаг 1-3)
Диапазон рабочих частот	Нормальная область: 20Гц...200кГц Рабочие области: 10Гц...20Гц, 200кГц...1МГц
Режим измерения	Канал 1, канал 2, каналы 1+2
Уровень по напряжению	
Диапазон уровней	минус 90дБ...41дБ
Предел измерения	минус 70дБ/.../40дБ (12 п/диапазонов, шаг 10дБ)
Погрешность измерения	±3%
Относительный уровень	1В(0дБ)
Уровень по мощности	
Диапазон уровней	минус 90дБ...41дБ
Предел измерения	минус 70дБ/.../40дБ (12 п/диапазонов, шаг 10дБ)
Погрешность измерения	±3%
Относительное сопротивление	600 Ом (1мВт)
Аналоговый индикатор	
Класс точности	1,5
Общие данные	
Напряжение питания	115В/230В ±10%, 50/60 Гц

10.6 Логический пробник

Технические требования:

Напряжение постоянного тока

Таблица 12

Диапазон	Точность	Разрешение
200 мВ	+ (0,5 % + 2 ед. счета)	100 мВ
2 В	+ (0,8 % + 2 ед. счета)	1 мВ
20 В		10 мВ
200 В		100 мВ
500 В	+ (1,0 % + 3 ед. счета)	1 В

Входное сопротивление: 10 МОм

Максимальное входное напряжение: 500 В

Напряжение переменного тока

Таблица 13

Диапазон	Точность	Разрешение
2 В	+ (0,8 % + 4 ед. счета)	1 мВ
20 В	+ (1,0 % + 4 ед. счета)	10 мВ
200 В		100 мВ
500 В	+ (1,5 % + 5 ед. счета)	1 В

Входное сопротивление: 10 МОм

Максимальное напряжение на входе: 500 В среднеквадратичного переменного тока.

Диапазон частот: 40Гц - 400Гц.

Калибровка: Среднее, (калиброванное в эффективных значениях синусоидального сигнала).

Постоянный ток

Таблица 14

Диапазон	Точность	Разрешение
----------	----------	------------

200 мА	+ (1,5 % + 3 ед. счета)	100 мВ
--------	-------------------------	--------

Защита от перегрузок: предохранитель 200 мА/250 В.

Максимальное падение напряжения: 800 мВ.

Переменный ток.

Таблица 15

Диапазон	Точность	Разрешение
200 мА	+ (2,5 % + 5 ед. счета)	100 мВ

Защита от перегрузок: предохранитель 200 мА/250 В.

Максимальное падение напряжения: 800 мВ.

Диапазон частот: 40 Гц - 400 Гц.

Калибровка: Среднее, (калиброванное в эффективных значениях синусоидального сигнала).

Сопротивление

Таблица 16

Диапазон	Точность	Разрешение
200 Ом	+ (1,0 % + 3 ед.счета)	0,1 Ом
2К Ом	+ (0,8 % + 2 ед.счета)	1 Ом
20К Ом		10 Ом
200К Ом		100 Ом
2М Ом		1К Ом
20М Ом	+ (2,0 % + 5 ед.счета)	10К Ом

Защита от перегрузок: 15 сек. макс. - 220 В эффективных на всех диапазонах.

Максимальное напряжение на разомкнутых щупах: 0,45 В.

10.7 Портативный измеритель.

Портативный измеритель должен обеспечивать:

- погрешность не более 1.0%, R-10-3Ом...20МОм, L-10-7Гн...200Гн, C-100нФ...20мФ;

- измерение сопротивления, ёмкости, индуктивности;

- высокое разрешение (0.1мкГн, 0.1пФ, 1мОм);

- измерение тангенса угла потерь.

Технические характеристики:

Индуктивность:

- диапазоны: 0-200 мкГн-200 Гн, 7 диапазонов;

- наибольшее разрешение: 0.1 мкГн;

- точность: 1 % + 2 ед.от. до 3 % + 2 ед.от. в зависимости от диапазона измерения.

Емкость:

- диапазоны: 0-200 пФ-20 мФ, 9 диапазонов;

- наибольшее разрешение: 0.1 пФ;

- точность: 1 % +10 ед.от. до 2 % + 2 ед.от. в зависимости от диапазона измерения.

Сопротивление:

- диапазоны: 0-2 -20 МОм, 8 диапазонов;

- наибольшее разрешение: 0.001 Ом;

- точность: 1 % + 2 ед.от. до 2 % + 2 ед.от. в зависимости от диапазона измерения.

10.8 Селективный измеритель уровня.

Таблица 17

Селективный измеритель уровня:	
Частотный диапазон	5 Гц до 5 МГц
Точность по частоте	± 5 ppm во всем температурном диапазоне
Точность по амплитуде	± 0,05 % диапазона, ± 0,05 % изм. значения
Тип входов (несимметричные) и разъем	дифференциально изолированные, BNC
Настройки полосы пропускания	3Гц, 25Гц, 100 Гц, 2,1 кГц, 3,1 кГц, широкополосный
Вход высокого уровня сигнала:	
Максимальный сигнал	± 300 Впик
Входной импеданс	1 Мом ± 5 % // 30 пФ
Вход 75 Ом:	
Максимальный сигнал	± 10 Впик
Входной импеданс	50 Ом ± 1 % // 30 пФ; 75 Ом ± 1 % // 30 пФ; 600 Ом ± 1 % // 30 пФ; 1 Мом ± 1 % // 30 пФ.
Вход (балансный):	
Максимальный сигнал	± 10 Впик
Входной импеданс	50 Ом ± 1 % // 30 пФ; 75 Ом ± 1 % // 30 пФ; 600 Ом ± 1 % // 30 пФ; 1 Мом ± 1 % // 30 пФ.
Тип входа	Дифференциальный
Селективный генератор уровня:	
Тип генератора	Прямой цифровой синтез (DDS), одночастотный, режим свипирования
Тип сигнала	Синусоида, прямоугольный, треугольный, белый шум
Точность по частоте	± 5 ppm во всем температурном диапазоне
Точность по амплитуде	± 1 %
Выход высокого уровня сигнала:	
Частотный диапазон	От 5 Гц до 5 МГц
Выходной уровень	2 Вт в 50 Ом (10 В rms)
Выходной импеданс	75 Ом ± 2 %
Выход низкого уровня сигнала:	
Частотный диапазон	От 5 Гц до 5 МГц
Выходной уровень	5 В rms на высокий импеданс
Выходной импеданс	50 Ом ± 2 % макс. + 18 дБм; 75 Ом ± 2 % макс. + 16 дБм; 600 Ом ± 2 % макс. + 7 дБм
Таймер задержки сдвига частоты	От 0 до 1 с (с шагом 1 мс)
Анализатор импеданса:	
Диапазон значений импеданса	от 100 Ом до 100 кОм
Точность	± 0,2 % + 2 % МГц
Функции	Измерение параметров индуктивности, емкости, сопротивления, tgΔ, QF. Компенсация влияния измерительных кабелей. Построение графика Импеданс-Частота
Оциллограф:	
Частота выборки	5 Мвыб/с
Временная развертка	От 5 мкс/дел до 5 с/дел

Запуск	Авто, Нормальный, Единичный
Предзапуск	Нет, 25 %, 50 %, 75 %
Второй вход	± 10 Впик, 1 Мом ± 5 % // 30 пФ
Измеритель КСВ:	
Точность	1% от изм. значения до 1 МГц; 5% от изм. значения от 1 МГц до 5 МГц.
Функции	Прямая мощность, отраженная мощность, % отраженной мощности, частота тестирования.
Измеритель АЧХ:	
Частотный диапазон	От 5 Гц до 5 МГц
Точность по усилению (Gain)	0,02 дБ < 1 кГц; 0,05 дБ < 10 кГц; 0,1 + 0,001 дБ/кГц
Точность по фазе	0,02° < 10 кГц; 0,02° + 0,003°/кГц
Общие данные:	
Шаг перестройки частоты	До 2000 шагов перестройки для всех функций свипирования
Сохранение данных в памяти	До 1000 настроек прибора отдельных результатов измерений, результатов свипирования.
Интерфейс	USB, RS 232, LAN
Текущее время	Сохранение штампа времени и даты измерения
Хранение данных	Внутренняя память 1 Гбайт. Интерфейс для внешнего USB-накопителя.
Питание	9-12 В. Адаптер АС от сети ~ 220 В
Диапазон температуры эксплуатации	От - 5° до + 50 °С

10.9 Рекомендуется также использование комплексных измерительных приборов - анализаторов ВЧ связи.

10.9.1 Анализаторы предназначены для измерений:

- ВЧ трактов (в том числе составных), образованных по ВЛ и высоковольтным подземным кабелям: без вывода из эксплуатации (кроме ВЧ каналов РЗ и ПА), с частичным или полным выводом элементов тракта из эксплуатации, при различных схемах организации тракта (фаза-земля, фаза-фаза, грозозащитные тросы, расщепленная фаза);

- оборудования присоединения и кабелей связи: высокочастотных заградителей с элементами настройки, фильтров присоединения, разделительных фильтров, ВЧ кабелей связи (коаксиальных и симметричных);

- оборудования ВЧ связи (включая ВЧ аппаратуру РЗ и ПА);

- аналоговых каналов, в том числе тональной частоты, образованных оборудованием ВЧ связи.

10.9.2 Анализатор должен обеспечивать работу в автономном режиме и под управлением персонального компьютера.

10.9.3 Анализатор состоит из блоков:

- блок анализатора;

- блок коммутации.

Блок анализатора:

- генератор измерительных сигналов;

- измеритель уровней.

Характеристики генератора

Генератор анализатора должен обеспечивать формирование гармонического измерительного сигнала с характеристиками, указанными в таблице 18:

Таблица 18

Нагрузка	Собственное сопротивление генератора, Ом	Минимальный уровень формируемого гармонического сигнала, дБм (встроенный аттенюатор 40 дБ)	Максимальный уровень формируемого гармонического сигнала, дБм
75 Ом, несимметричная	75	- 48±0,2	24±0,2
75 Ом, несимметричная	не более 5 (низкоомный режим)	- 42±0,2	30±0,2
150 Ом, симметричная	150	- 46±0,2	26±0,2

Дополнительная погрешность формирования уровня измерительного сигнала должна составлять не более $\pm 0,2$ дБ при наличии на выходе постоянно действующих посторонних гармонических сигналов с частотой, лежащей в диапазоне 16-1024 кГц, и максимальным уровнем 35 дБм на несимметричном выходе (собственное сопротивление генератора 75 Ом).

Характеристики измерителя:

Анализатор должен обеспечивать измерение уровня сигнала в диапазоне -90...20 дБм и в диапазоне -60...50 дБм при использовании встроенного аттенюатора 30 дБ.

Погрешность измерения уровня гармонического измерительного сигнала должна составлять не более $\pm 0,2$ дБ при наличии на входе постоянно действующих посторонних гармонических помех с частотой, лежащей в диапазоне 16... 1024 кГц при отстройке от измерительной частоты не менее чем на 5 полос селекции измерителя и при максимальном уровне до 50 дБм.

Погрешность измерения анализатором уровня гармонического сигнала при наличии на входе сигнала помехи типа «белый шум» не должна выходить за пределы, указанные в таблице 19:

Таблица 19

Соотношение сигнал (измеренный в минимальной полосе селекции) / помеха (измеренная в полосе 4 кГц), дБ	Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения уровня для указанных частотных диапазонов (в каждом из которых при измерениях устанавливается минимальная полоса селекции), дБ		
	до 1024 кГц	до 512 кГц	до 256 кГц
0	$\pm 0,7$	$\pm 0,5$	$\pm 0,3$

-3	±1	±0,7	±0,5
-6	±1,5	±1	±0,7

Измеритель анализатора должен обеспечивать автоматическое измерение рабочего затухания с использованием гармонического измерительного сигнала в условиях действия помехи типа «белый шум».

При установленной минимальной полосе селекции погрешность измерения не должна не выходить за пределы, указанные в таблице 20:

Таблица 20

Соотношение сигнал (измеренный в минимальной полосе селекции) / помеха типа «белый шум» (измеренная в полосе 4 кГц), дБ	Пределы допускаемой дополнительной погрешности измерения рабочего затухания для указанных частотных диапазонов (в каждом из которых при измерениях устанавливается минимальная полоса селекции), дБ		
	до 1024 кГц	до 512 кГц	до 256 кГц
0	±1	±0,7	±0,5
-3	±1,5	±1	±0,7
-6	не	±1,5	±1

Измеритель анализатора должен обеспечивать автоматическое измерение рабочего затухания в условиях действия гармонической помехи.

Анализатор должен обеспечивать измерение уровня помехи типа «белый шум».

Уровень помехи должен измеряться с погрешностью, не превышающей указанной в таблице 21:

Таблица 21

Частотный диапазон, кГц	Пределы допускаемой погрешности измерения уровня помех типа «белый шум», дБ
до 1024	±1,5
до 512	±1
до 256	± 1

Анализатор должен обеспечивать измерение зависимости уровня помехи в заданной полосе частот от фазы сигнала промышленной частоты. Результаты должны представляться в виде зависимости уровня от фазы на одном периоде частоты промышленной сети.

Диапазон частот из ряда 128, 256, 512 кГц.

Диапазон измеренных значений уровня помехи от -20 дБм до 40 дБм.

Погрешность измерения уровня помехи ±2 дБ.

Анализатор должен обеспечивать измерение частотной характеристики модуля полного сопротивления, его действительной и мнимой составляющих, а так же затухания несогласованности по отношению к 75 Ом с погрешностями, указанными в таблице 22:

Таблица 22

Измеряемая характеристика	Диапазон измерени	Пределы допускаемой погрешности измерения	Примечания
---------------------------	-------------------	---	------------

Модуль полного сопротивления, действительная и мнимая составляющие, Ом	37...300	± 3 % относительно максимального из измеренных значений действительной и мнимой составляющих; ± 10 % относительно максимального из измеренных значений действительной и мнимой составляющих в условиях действия помех: широкополосной помехи с уровнем не более -15 дБм в полосе 64 кГц или гармонической помехи с уровнем не более 7 дБм	Измерения входа аппаратуры уплотнения и входа ВЧ тракта
Затухание несогласованности, дБ	4...45	$\pm 0,5$ дБ в диапазоне 4...20 дБ; $\pm 1,0$ дБ в диапазоне 20...45 дБ в условиях действия помех: широкополосной помехи с уровнем не более -15 дБм в полосе измерения 64 кГц или гармонической помехи с	
Модуль полного сопротивления, действительная и мнимая состав., Затухание несогласованности, дБ	37...1300 4...45	± 3 % относительно максимального из измеренных значений действительной и мнимой составляющих $\pm 0,5$ дБ в диапазоне 4...20 дБ; $\pm 1,0$ дБ в диапазоне 20...45 дБ	Измерение ФП со стороны ВЧ кабеля и со стороны ЛЭП
Модуль полного сопротивления, действительная и мнимая состав. Ом	200...1300	± 3 % относительно максимального из измеренных значений действительной и мнимой составляющих	Измерение ВЧЗ
Модуль полного сопротивления и действительная составляющая, Ом	1300...100 00	± 5 % относительно максимального из измеренных значений действительной и мнимой составляющих	Измерения при наличии неисправностей

Анализатор с использованием встроенного моста должен обеспечивать измерение частотной зависимости затухания несогласованности ВЧ тракта по отношению к 75 Ом в диапазоне от 4 до 45 дБ с допустимой погрешностью:

- $\pm 0,5$ дБ в диапазоне 4...20 дБ;
- $\pm 1,0$ дБ в диапазоне 20...45 дБ;

в условиях присутствия на входе ВЧ тракта:

- гармонической помехи с соотношением сигнал/помеха более -50 дБ и отстройкой сигнала помехи от измерительной частоты не менее чем на 5 минимальных полос селекции измерителя или

- помехи типа «белый шум» с соотношением сигнал (измеренный в минимальной полосе селекции) / помеха (измеренная в полосе 4 кГц) более 0 дБ.

9.9.4 Блок коммутации включает:

- магазин эквивалентов конденсаторов связи: 2.14, 2.2, 3.0, 3.2, 4.4, 4.65, 6.4, 7.0, 7.5, 17.5 нФ;

- магазин эквивалентов волнового сопротивления ЛЭП: 200, 260, 280, 290, 300, 310, 330, 400, 450, 480, 550;

- переключатели рода работ, обеспечивающие согласованное и высокоомное, коаксиальное и симметричное подключение;

- соединители, обеспечивающие коммутацию между отдельными узлами блока и подключение к генератору и измерителю коаксиальных (75 Ом) или симметричных (150 Ом) внешних цепей;

- нагрузочные резисторы 75 Ом (60 Вт) и 150 Ом (30 Вт).

9.9.5 Анализатор должен проводить измерения, как без внесения в ВЧ тракт измерительных сигналов, так и с внесением.

Без внесения измеряются:

- панорама частотного спектра сигналов (помех);

- уровень и частота характерных гармонических составляющих спектра;

- среднеквадратичный уровень в заданной полосе частот;

- квазипиковые уровни коммутационных и прочих случайных помех с длительностью не менее 5 мс;

- зависимость уровня помех в заданной полосе частот от фазы напряжения промышленной частоты (помехи от коронного разряда на проводах ВЛ).

С внесением в ВЧ тракт измерительных сигналов помимо указанных выше параметров измеряются:

- частотная характеристика рабочего затухания с автоматической синхронизацией измерителя и генератора (гармонический измерительный сигнал);

- АЧХ и ГВП (многочастотный измерительный сигнал);

- частотные характеристики в заданной полосе частот:

- затухания несогласованности,

- входного сопротивления по отношению к номиналу,

- модуля полного входного сопротивления ВЧ тракта,

- действительной и мнимой части полного входного сопротивления.

9.9.6 Анализатор должен позволять контролировать и настраивать различные виды ВЧ оборудования, как с аналоговым, так и с цифровым преобразованием сигналов.

9.9.7 Удобство применения анализатора должно обеспечиваться:

- широким выбором форм представления результатов измерений на экране ПК или LCD экране анализатора;

- возможностью сохранения результатов измерений и параметров настройки анализатора в виде:

- файлов первичных данных;

- сохранение графиков;

- таблиц дискретных измерений значений характеристик в текстовом виде;

- экспорт данных для вторичной обработки (например, в Microsoft Excel);

- протокола измерений (ручной режим, автопротоколирование, протокол выполнения сценария).

- возможностью сравнения полученных графических результатов измерений с вводимыми в виде шаблонов заданными показателями или ранее полученными результатами измерений.

10 Решения по организации системы управления аппаратурой ВЧ связи

10.1 Управление и мониторинг состояния аппаратуры ВЧ связи осуществляется с использованием Системы управления (СУ) оборудования ВЧ связи.

10.2 Система управления должна обеспечивать:

В части управления оборудованием:

10.2.1 Конфигурацию:

- процессорного модуля;
- универсального НЧ интерфейса;
- интерфейса РЗ и ПА.

10.2.2 Настройку и тестирование:

- фильтра передатчика;
- фильтра приемника;
- ВЧ дифсистемы / ВЧ сумматора;
- усилителя мощности.

10.2.3 Возможность загрузки программного обеспечения аппаратуры с дальнейшей возможностью обновления, изменения конфигурации удаленно;

10.2.4 Интеграцию со вспомогательными средствами:

- эквалайзера (для автоматического измерения и коррекция передаточной характеристики канала с графическим отображением на дисплее амплитудно-частотной характеристики).

10.2.5 Измерение спектра (Отображение на дисплее спектров сигналов в НЧ каналах)

10.2.6 Формирование сигналов (Для настройки, тестирования и ввода в эксплуатацию)

10.3 В части мониторинга оборудования:

10.3.1 Настройку правил сбора и обработки сообщений от объектов мониторинга.

10.3.2 Возможность циклического опроса сигналов аварий всех ВЧ устройств в сети через встроенный служебный канал (от 100 бит/с) и по протоколу SNMP.

10.3.3 Фильтрацию, сортировку, взаимосвязь аварийных сообщений в соответствии с заданными правилами.

10.3.4 Сбор и сохранение всех событий, получаемых от объектов мониторинга в единой базе данных реального времени.

10.3.5 Возможность отображения статистической информации в текстовом и графическом виде для различных категорий пользователей на основе прав доступа.

10.4 В части системных требований:

10.4.1 Поддержку до 65000 терминалов (устройств ВЧ) с уникальными сетевыми адресами.

10.4.2 Подключение к аппаратуре с использованием интерфейсов:

- RS-232 (9600, 19200, 57600 бит/с);
- Ethernet 10/100 Base-T.

10.4.3 Поддержку смешанных сетей.

10.4.4 Доступ пользователей к СУ с помощью web-браузера, с использованием защищенных соединений.

10.4.5 Управление оборудованием и предоставление собранной информации пользователям на основе ролей и прав доступа:

- персонализацию доступа;
- фиксирование на внутренней или внешней носитель любых изменений конфигурации оборудования с указанием характера и времени изменения, имени пользователя, IP-адреса.

10.4.6 Функционирование в непрерывном круглосуточном режиме работы в полном объеме функций системы.

При возникновении сбоев в аппаратном обеспечении, включая аварийное отключение электропитания, автоматическое восстановление работоспособности после устранения сбоев и перезапуска программного обеспечения (за исключением случаев повреждения рабочих носителей информации).

10.4.7 Поддержку функции автоматического и принудительного резервного копирования базы данных на внешний носитель, либо на удаленную систему (Backup).

10.4.8 Поддержку механизма экспорта данных в файлы стандартных офисных приложений.

10.4.9 Система мониторинга должна обеспечивать обмен данными с системой мониторинга телекоммуникационной инфраструктурой (СМТР) и Системой учета телекоммуникационных ресурсов (СУТР) с использованием стандартных интерфейсов обмена данных - ASCII, XML, и др.

11 Решения по резервированию систем ВЧ связи

11.1 Все каналы передачи оперативной информации должны резервироваться (дублироваться). ВЧ каналы, если при этом выполняются требования по надежности и готовности каналов передачи оперативной информации и сигналов-команд РЗ и ПА, могут резервироваться с применением других видов связи (ВОЛС, КЛС).

11.2 При невозможности использования для резервирования каналов альтернативных видов связи, основной и резервный ВЧ каналы должны быть, наиболее независимыми друг от друга.

11.3 Для каждого вида защиты линии электропередачи должен быть свой отдельный канал. В случае если микропроцессорная защита линии электропередачи работает в дублированном режиме (одновременная передача информации по двум каналам), следует организовывать два канала.

11.4 Переключение резервируемых блоков внутри аппаратуры должно быть автоматическое и обеспечиваться программным обеспечением аппаратуры.

12 Типовые схемы организации ВЧ каналов с обоснованием их использования по схеме фаза-земля, фаза-фаза, фаза-фаза разных линий, с внутрифазным присоединением, трос-земля, трос-трос, тракты с ВЧ обходами, переприемами, отпайками и т.д.

12.1 Все схемы присоединения к проводам (фазам или грозозащитным тросам) линий электропередачи можно разделить на две группы:

- присоединение между проводами и землей (несимметричная схема).

Это, как правило, схемы «фаза - земля», «трос - земля».

- присоединение между проводами (симметричная схема).

Это, как правило, схемы «фаза - фаза», «трос - трос», внутрифазное или внутритросовое присоединение соответственно к изолированным проводам расщепленной фазы или троса.

Пример варианта организации систем ВЧ связи приведен на рис. 1.

Вариант схемы организации систем ВЧ связи в каждом проекте индивидуален и выполняется согласно заданию на проект строительства, реконструкции энергообъекта или ССПИ, а также согласно требованиям передачи информации разделов проекта в части АСДУ, АСТУ, АСУТП, РЗ, ПА, АИИС КУЭ и т.д.

Вариант схемы всегда зависит от:

- расположения объектов, охватываемых проектируемыми системами ВЧ связи, в отношении друг друга на электрических сетях региона проектирования;

- конфигурации этих электрических сетей;

- используемых ВЛ различных классов напряжения;

- наличия действующих ВЧ каналов;

- необходимости либо возможности использования той или иной схемы подключения;

- конструктивных особенностей линий электропередачи (одноцепная, двухцепная, подвеска проводов горизонтальная, треугольная или на двухцепных опорах, с транспозицией проводов или без, с отпайками и т.д.);

- необходимости создания ВЧ обходов;

- необходимости отбора информации на подстанции ВЧ обхода;

- необходимости создания ВЧ канала до подстанции на отпайке и т.д.

12.2 При выборе типа схем присоединения к фазам ВЛ необходимо принимать во внимание следующие соображения:

Схема «фаза-земля» наиболее экономична и рекомендуется к использованию для всех видов каналов, если нет обоснованного решения по применению схемы «фаза-фаза».

Схему «фаза-фаза» можно предлагать в случаях, если требуется:

- организация ВЧ тракта по линиям напряжения 110 кВ и ниже со сложной схемой, и получение надежного ВЧ канала;

- организация ВЧ тракта по длинной ВЛ напряжением 220 кВ и выше, и при этом затухание тракта по схеме «фаза-земля» слишком велико;

- организация каналов РЗ и ПА, и при схеме присоединения «фаза-земля» невозможно обеспечить требуемый запас по затуханию.

- организация цифровых ВЧ каналов.

Присоединение «фаза-земля» показано на рис. 2, варианты присоединения «фаза-фаза» приведены на рис.3 и рис. 6.

Схема «фаза-фаза» разных линий может быть использована на двухцепных линиях, если есть требование обеспечивать работу ВЧ канала в случае, когда одна из ВЛ будет выведена в ремонт и нет возможности организовать резервный канал (рис. 4).

Схема с внутрифазным присоединением может быть использована на ВЛ напряжением 330 кВ при условии установки на выбранной фазе изолирующих распорок. Эта схема присоединения имеет гладкую частотную зависимость затухания, оно не зависит от коммутационного состояния ВЛ, но при этой схеме прирост затухания больше подвержен влиянию от гололедно-изморозиевых отложений.

При выборе схемы подключения и рабочих частот ВЧ канала следует учитывать "Правила использования диапазона частот 16-1000 кГц при передаче информации по ВЛ", приведённые в [2].

12.3 При выборе схемы организации ВЧ тракта также следует учитывать рекомендации раздела 3.2 стандарта [1], касающихся выбора рабочего провода (при присоединении фаза-земля) или рабочих проводов (при присоединении фаза-фаза) и по ограничениям диапазонов частот, передаваемых по тракту.

12.4 Выбор схемы присоединения к ВЛ («фаза-земля» или «фаза-фаза») должен производиться с учетом следующих требований:

- затухание тракта и уровень помех от короны на выходе тракта должны быть такими, чтобы для организуемого по данному тракту ВЧ канала обеспечить необходимое соотношение сигнала и помехи при нормируемом запасе по затуханию, согласно требованиям [2];

- максимальная неравномерность входного сопротивления, затухания и группового времени запаздывания тракта, вызванная многократно отраженными от мест нарушения однородности ВЛ волнами, не должна превышать допустимую для канала связи, организуемого по рассматриваемому тракту, согласно требованиям [2];

- нестабильность входного сопротивления, затухания и группового времени запаздывания тракта, вызванная переключениями высоковольтного оборудования на подстанциях, входящих в схему тракта, не должна превышать допустимую, согласно требованиям [2].

12.5 Как правило, для трактов с простой схемой рекомендуется применять присоединения к ВЛ по схеме «фаза-земля». Для трактов по ВЛ 220 кВ и ниже со сложной схемой (в схему тракта входят более одного ответвления или обхода, ответвление и обход, кабельные вставки) предпочтительным является выбор схемы присоединения «фаза-фаза».

12.6 Для уменьшения затухания и коэффициентов отражения на ответвлении, не используемом для организации связи, обычно устанавливают загрядители, включаемые в ответвления в месте его подключения к основной линии. Обработка фазы, не используемой для связи на ответвлении, показана на рис. 10.

Если подвеска заградителей в месте подключения ответвления или на расстоянии от этого места, не превышающего $l_{дон}=15/fv$, определяемого согласно пункту 2.5.3.1 [2], невозможна, то используют заградители и фильтры присоединения, включаемые в конце ответвления на ПС. При этом фильтры присоединения должны быть нагружены со стороны зажимов «ВЧ кабель» на резистор с сопротивлением 75 Ом и мощностью 100 Вт. Пример такой схемы приведён на рис. 11.

12.7 Ответвление, неиспользуемое для организации связи, может не обрабатываться при соблюдении следующих условий:

- может не учитываться возможность заземления конца ответвления (например, для каналов РЗ);
- подстанция на конце ответвления в рассматриваемом диапазоне частот может быть заменена эквивалентной емкостью, согласно [2];
- длина ответвления не превышает $l_{отв.дон}$, определяемой по формуле 5.3 в разделе 5.2 [1].

12.8 Если для организации тракта с обходом используется схема присоединения «фаза-земля», то рекомендуется использовать фильтры присоединения с трансформаторной схемой и выбирать схему включения обмоток трансформатора и рабочие частоты канала связи таким образом, чтобы передаваемые по тракту полосы частот находились вне зоны повышенного затухания п. 2.5.4.1 [2].

12.9 При наличии на ВЧ обходе параллельно подключенной аппаратуры уплотнения, входящей в ВЧ канал, но не оканчивающийся на этой ПС, а продолжающийся за эту ПС (рис. 2.17 в [2]), ее рекомендуется подключать к обходу или через Г-образный удлинитель или через специально разработанные согласующие устройства, входящие в состав ФП. Ориентировочные значения сопротивлений $R1$ и $R2$ Г-образного удлинителя и значения затухания, вносимого в сквозной тракт и в тракт, оканчивающийся на обходе, приведены на рис. 2.17 в [2]. Примером такого случая может служить схема с использованием аппаратуры ВЧ связи типа АВС-РС на распределительных сетях.

12.10 Если при параллельном включении аппаратуры на одном конце тракта с ВЧ обходом один из ВЧ каналов оканчивается на ПС ВЧ обхода либо имеет обход на другую линию, то на частотах аппаратуры уплотнения данного канала последовательно в цепь обхода рекомендуется включать полосовой разделительный фильтр, как это показано на рисунках 2.17 а и 2.17 б [2].

РФ должен пропускать частоты транзитного канала и запирает частоты канала, оканчивающегося на обходе. При такой схеме обеспечивается улучшение всех параметров ВЧ тракта каналов, а также снижаются уровни мешающих частот в энергосистеме. Пример схемы в случае с ВЧ каналом, оканчивающимся на ВЧ обходе, приведён на рис. 9.

12.11 Для ВЧ каналов с обходами подстанций при параллельном подключении аппаратуры нескольких каналов к одной фазе рекомендуется группировать частоты каналов с различным количеством обходов и разделять полосы частот этих каналов с помощью РФ, включаемых в ВЧ обход. РФ

должны пропускать через обход частоты транзитных каналов и запирают частоты каналов, заканчивающихся на подстанции с обходом. При такой схеме обеспечиваются лучшие частотные характеристики ВЧ тракта и большее значение переходного затухания подстанции в месте обхода для частот ближних каналов.

12.12 В ВЧ каналах, организованных по фазным проводам и грозозащитным тросам ВЛ, допускается совмещение передачи сигналов команд РЗ и ПА, а также их передача с другими видами информации (голос, телемеханика, данные) в одном ВЧ канале.

В ВЧ каналах, организованных по грозотросам, не допускается передача сигналов ВЧ защит ВЛ (ДФЗ). При коротком замыкании на фазных проводах ВЛ наводится перенапряжение на грозотросах, которое может привести к пробоем искровых промежутков в разрядниках грозотросов с образованием в ВЧ канале интенсивной широкополосной ВЧ помехи. Во время короткого замыкания на ВЛ это может привести к отказу в работе ВЧ каналов релейной защиты, организованных на грозотросе.

12.13 Каналы ВЧ защиты (ДФЗ) с каналами РЗ и ПА (на специализированной или комбинированной аппаратуре), как правило, должны организовываться с присоединением к отдельным (разным) фазам ВЛ.

12.14 Параллельное подключение аппаратуры каналов телефонной связи, передачи данных и сигналов телемеханики и аппаратуры специализированных и комбинированных каналов, по которым передаются сигналы, связанные с защитой и противоаварийной автоматикой, должно осуществляться через разделительные фильтры. РФ должен включаться в тракт канала телефонной связи и телемеханики и запирает частоты каналов, по которым передаются сигналы защиты и противоаварийной автоматики согласно п. 1.1.58 и рисунку 1-1 [2]. Пример подключения показан на рис. 7.

12.15 Параллельное подключение аппаратуры специализированных ВЧ каналов РЗ и ПА должно осуществляться через РФ, включаемые в тракт каждого канала. Пример подключения показан на рис. 6.

12.16 При организации ВЧ трактов по КВЛ должны учитываться рекомендации п.2.5.5 РУ

12.17 При организации ВЧ каналов по КЛ должно использоваться специальное устройство ВЧ присоединения.

12.18 ВЧ каналы по КЛ организуются только в том случае, когда КЛ заходит на открытое распределительное устройство (ОРУ). Как правило, это ВЧ каналы для РЗ.

12.19 На транзитных линиях сверхвысокого напряжения (СВН) допускается установка на нерабочей фазе заградителя, с целью увеличения переходного затухания и облегчения ЭМС в диапазоне низких частот, используемых для релейной защиты и противоаварийной автоматики, с соответствующим обоснованием по результатам расчетов.

Допускается обработка нерабочей фазы, если при выходе из строя оборудования обработки и присоединения действующего ВЧ канала по требованию Заказчика необходимо предусмотреть оперативное подключение

аппаратуры РЗ и ПА на другую фазу. Такой случай возможен, если, при выводе в ремонт канала РЗ и ПА, линия транзита СВН на длительное время остается без каналов данного назначения, что не допускается.

12.20 Нормативные требования по электрическим расчетам ВЧ каналов, выбору рабочих частот и к техническим решениям схем ВЧ каналов должны выполняться согласно указаниям стандарта [2]

Должны учитываться приведенные в стандарте [2] рекомендации по использованию методик расчета, нормированные показатели характеристик ВЧ канала, данные ВЧ аппаратуры, оборудования обработки и присоединения, а также требования к выполнению отдельных схем присоединения.

12.21 При проектировании систем ВЧ связи следует руководствоваться стандартом [3]

Типовые схемы присоединения и схема организации связи по ВЧ каналам приведены в Приложении Д.

Библиография

1. 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».

2. СТО 56947007-33.060.40.045-2010 Руководящие указания по выбору частот ВЧ каналов по линиям электропередачи 35, 110, 220, 330, 500 и 750 кВ, ОАО «ФСК ЕЭС».

3. СТО 56947007-33.060.40.108-2011 Нормы проектирования систем ВЧ связи, ОАО «ФСК ЕЭС».

4. СТО 56947007- 33.060.40.125-2012 Основные технические требования к устройствам обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ.

5. Типовые технические требования к аппаратуре ВЧ связи, 2007 г.

6. СТО 56947007-29.240.10.028-2009 Нормы технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35 кВ-750 кВ (НТП ПС), ОАО «ФСК ЕЭС».

7. СТО 56947007-29.240.55.016-2008 Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35 кВ и выше (НТП ВЛ), ОАО «ФСК ЕЭС».

8. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). 7-е издание. Утверждены приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.

9. Правила по сертификации. Система сертификации ГОСТ Р. Правила проведения сертификации электрооборудования. Госстандарт России, Москва, 1999 г.

Приложение А
(справочное)

Краткие характеристики аппаратуры ВЧ связи различных производителей

Таблица А.1

Аппаратура	ETL600 АББ	PowerLink Сименс	PLC42-ОСН ТТC Marconi	ЕТ-8 “Iskra SYSEN
Количество каналов	1÷4 аналоговых каналов или 8 цифровых	1÷3 аналоговых каналов или 12 цифровых	1÷3 аналоговых каналов	1÷3 аналоговых каналов
Скорость передачи данных	До 320 кбит/с (в полосе 32 кГц)	76,8 кбит/с (в полосе 8 кГц)	96 кбит/с (в полосе 24 кГц)	3х1200 бод в полосе 12 кГц
Максимальная загрузка канала 4 кГц	1 речевой канал + 600/1200 бод	1 речевой канал + 600 бод	1 речевой канал + 3х200 бод	1 речевой канал + 300 бод
Используемая полоса частот кГц	4,8,12,16,20,24,32	4,8,12	4,8,12,16,24	4,8,12
Передача команд РЗ и ПА	24 команды	28 команд	15 команд	-
Диапазон частот кГц	24-1000	24-800	20-1000	20-1000
Мощность передатчика, Вт	10,20,40,80	20,40,80	10,20,40,80	20,40,80
Напряжение питания, В	АС:220 DC:48,60,110,220	АС:220 DC:48,60,110,220	АС:220 DC:48,60,110,220	АС:220 DC:48,60,110,220

Таблица А.1 (продолжение)

Аппаратура	АКСТ РЗПА «Линия-Ц» ОАО «ШТЗ»	ТриТон Уралэнергосервис	АВС-ЦМ(Р) НПФ Модем	ЦВК-16 НПФ Модем
Количество каналов	12 аналоговых каналов или 24 цифровых	1÷2 аналоговых канала	1÷2 аналоговых каналов или 6 цифровых	1÷2 аналоговых каналов 6 цифровых
Скорость передачи данных	69,75 кбит/с (в полосе 24 кГц)		19,2 Кбит/с	9600 бод
Максимальная загрузка канала 4 кГц	1 речевой канал + 2400 бод	1 речевой канал + 600 бод	1 речевой канал + ТМ 600 бод	1 речевой канал + ТМ 1200 бод
Используемая полоса частот кГц	4, 8, 12, 16, 20, 24, 48	4/8,12/16	4/8/12	4/8/12
Передача команд РЗ и ПА	4 РЗ и не менее 20 ПА	32 команды	-	-
Диапазон частот кГц	20-1000	16-1000	24-1000	24-1000
Мощность передатчика, Вт	20,40,80		40,80	40,80
Напряжение питания, В	110-220 перемен. 48...60 пост	110/220 пост.	160-242	160-242

Приложение Б
(справочное)

Краткие характеристики аппаратуры для РЗ и ПА

Таблица Б.1

Аппаратура	ПВЗУ-Е Уралэнергосервис	УПК-Ц ПроСофт	АВАНТ Р400 ПроСофт	АВАНТ К400 ПроСофт	АВАНТ РЗСК ПроСофт	АКА «КЕДР» Уралэнергосервис
Диапазон частот, кГц	24-1000	24-1000	24-1000	24-1000	20-1000	24-1000
Полоса рабочих частот, кГц	2	4	4	4	2 - передача только сигналов ВЧ защит 4-2-х концевая схема 8-3-х концевая схема	4
Количество передаваемых команд		8-32	8	32	1 сигнал ВЧ защиты и до 4-х команд. Без передачи сигнала защиты - до 8-ми команд	8/16/24/32
Время передачи команды, мс		25	15÷20	15÷20	в отсутствие работы защиты 22 мс - одновременно с работой ВЧБ 22 мс - одновременно с работой ДФЗ 28 мс	25
Речевая связь	В период наладки	-	В период наладки	В период наладки	В период наладки	-
Передача сигналов телемеханики	-	200 бод (независимо от команд)	200 бод (при отсутствии команд)	1200 бод (при отсутствии команд)	-	200 бод
Напряжение питания, В	Пост. 110/220	90-270	90-270	90-270	Пост. 220, 110	110/220
Потребляемая мощность, Вт	80	95 прд. 25 прм.	100	100	не более 120	70 прд. 30 прм.
Масса, кг	20	10 прд. 9 прм	12	12	12	17 прд. 16 прм.

Технические характеристики заградителей

Таблица В.1

Тип заградителя Характеристики	ВЗ-100-0,5	ВЗ-200-0,5	ВЗ-400-0,25	ВЗ-630-0,25	ВЗ-630-0,5	ВЗ-630/40/102-0,5	ВЗ-630-1,0
Номинальный длительный ток, А	100	200	400	600	630	630	630
Номинальная индуктивность реактора L, мГн	0,5	0,5	0,25	0,25	0,5	0,5	1,0
Индуктивность реактора на частоте 50 Гц, мГн	0,521	0,51	0,251	0,253	0,548	0,54	1,08
Индуктивность реактора на частоте 100 кГц, мГн	0,51	0,508	0,25	0,252	0,533	0,55	1,0
Собственная емкость, пФ	19	22	27	45	23	23	55
Номинальный кратковременный ток КЗ, кА, (МЭК серия 1 / серия 2)	2.5/5	4.7/10	10/16	10/16	16/20	40	16/20
Ударный ток КЗ, кА, МЭК серия 1 /серия 2	6.5/12.7	12/25.5	25.5/41	25.5/41	41/51	102	41/51
Номинальное напряжение, кВ	6-35	6-110	35-110	35-110	35-220	35-220	35-220
Тип защиты	ОПН	ОПН	ОПН	ОПН	ОПН	ОПН	ОПН
Тип элемента настройки	ЭН-0,5	ЭН-0,5	ЭН-0,25	ЭН-0,25	ЭН-0,5	ЭН-0,5	ЭН-1,0
Максимально допустимые потери, кВт	1,0	1,7	2,0	2,4	5,0	5,0	6,8
Масса, кг	11	18	36	58	146	184	165/253
Высота, мм	820	820	750	750	1436	1191	750/162
Диаметр, мм	316	316	410	410	1060	980	1060/139

Технические характеристики заградителей типа ВЗ

Таблица В.1 (продолжение)

Тип заградителя Характеристики	ВЗ-1250-0,5	ВЗ-1250-1,0	ВЗ-2000-0,5	ВЗ-2000-1,0	ВЗ-4000-0,5
Номинальный длительный ток, А	1250	1250	2000	2000	4000
Номинальная индуктивность реактора L, мГн	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5
Индуктивность реактора на частоте 50 Гц, мГн	0,5	1,1	0,540	1,031	0,524
Индуктивность реактора на частоте 100 кГц, мГн	0,49	1,04	0,52	1,0	0,508
Собственная емкость, пФ	100	80	86	50	100
Номинальный кратковременный ток КЗ, кА, (МЭК серия 1 / серия 2)	31,5 / 40	31,5 / 40	40 / 50	40 / 50	63 / 80
Ударный ток КЗ, кА, МЭК серия 1 /серия 2	80 / 102	80 / 102	102/128	102/128	161/204
Номинальное напряжение, кВ	110-330	110-330	330-750	330-750	500-750
Тип защиты	ОПН	ОПН	ОПН	ОПН	ОПН
Тип элемента настройки	ЭН-0,5	ЭН-1,0	ЭН-0,5	ЭН-1,0	ЭН-0,5
Максимально допустимые потери, кВт	8,5	17	16	23	40
Масса, кг	260	334	415	580	1200
Высота, мм	1465	1710	1608	1700	1638
Диаметр, мм	1205	1540	1205	1540	1310

Данные по заградителям DLTC ABB

Таблица В.2

Характеристики					
Номинальный длительный ток, А	400	630	800	1000	1250
Номинальная индуктивность реактора L, мГн	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,315	0,315	0,315	0,315	0,315
	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Номинальный кратковременный ток КЗ, кА, Стандарт IEC1 Стандарт IEC2 Стандарт ANSI	10	16	20	25	31,5
	16	20	25	31,5	40
	15	-	20	-	36
Ударный ток КЗ, кА, Стандарт IEC1 Стандарт IEC2 Стандарт ANSI	25,5	41	51	64	80,5
	41	51	64	80,5	102
	38,5	-	51	-	92
Масса, кг	-	120*	-	-	225*
Высота, мм	-	1404*	-	-	1241*
Диаметр, мм	-	790*	-	-	1054*

*

Для модификации заградителя с индуктивностью 0,5 мГн

Стандарт IEC - высокочастотные заградители для сетей переменного напряжения

Стандарт ANSI - требования к высокочастотным заградителям

Данные по заградителям DLTC ABB

Таблица В.2 (продолжение)

Характеристики					
Номинальный длительный ток, А	1600	2000	2500	3150	4000
Номинальная индуктивность реактора L, мГн	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	0,315	0,315	0,315	0,315	0,315
	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Номинальный кратковременный ток КЗ, кА, Стандарт IEC1 Стандарт IEC2 Стандарт ANSI	40	40	40	40	63
	50	50	50	50	80
	44	63	-	63	80
Ударный ток КЗ, кА, Стандарт IEC1 Стандарт IEC2 Стандарт ANSI	102	102	102	102	161
	128	128	128	128	204
	112	161	-	161	204
Масса, кг	-	296*	-	-	966*
Высота, мм	-	1152*	-	-	1916*
Диаметр, мм	-	1128*	-	-	2200*

* Для модификации заградителя с индуктивностью 0,5 мГн

Стандарт IEC - высокочастотные заградители для сетей переменного напряжения

Стандарт ANSI - требования к высокочастотным заградителям

Приложение Г
(справочное)

Данные по конденсаторам связи

Таблица Г.1

Элемент конденсатора	Номинальное напряжение, кВ	Емкость, пФ	Испыт. напряжение, кВ	Линейное напряжение, кВ	Число элементов на фазу	Емкость присоединения, пФ	Высота, мм	Диаметр, мм	Масса, кг
СМР-110/√3-0,0022У1	63,5	2200	215	110	1	2200	1160	450	265
СМР-66/√3-0,0044У1	38	4400	100	35	1	4400	890	280	68
СМР-66/√3-0,0044ХЛ1				35	1	890	280	68	
СМРБ-66/√3-0,0044У1				110	2	2200	890	280	83
СМП-66/√3-4,4У1				35	1	4400	1300	280	106
СМПБ-66/√3-4,4У1				35	1	1300	280	122	
СМК-110/√3-0,0064У1	63,5	6400	215	110	1	6400	1170	330	140
СМРБ-110/√3-0,0064У1				220	2	3200	1380	330	180
СМР-110/√3-0,0064ХЛ1				330	3	2140	1380	330	210
СМП-110/√3-6,4У1				110	1	6400	1580	330	190
СМР-166/√3-0,014У1	96,0	14000	262	330	2	7000	1375	730	765
СМР-166/√3-0,014У1				500	3	4650	1876	730	818
СМР-166/√3-0,014ХЛ1				110	3	1876	730	818	
СМИ-188/√3-0,012У1	109	12000	950	750	4	3000	1370	730	900
ОМР-15-0,107У1*	15	107000	55	500	1	4450	455	730	345
СОМИ-15-0,105У1*		105000		750	1	2916	455	730	412

* Отбор мощности от ВЛ 500 кВ и конденсаторный трансформатор напряжения ВЛ 750 кВ

Типовые схемы присоединения

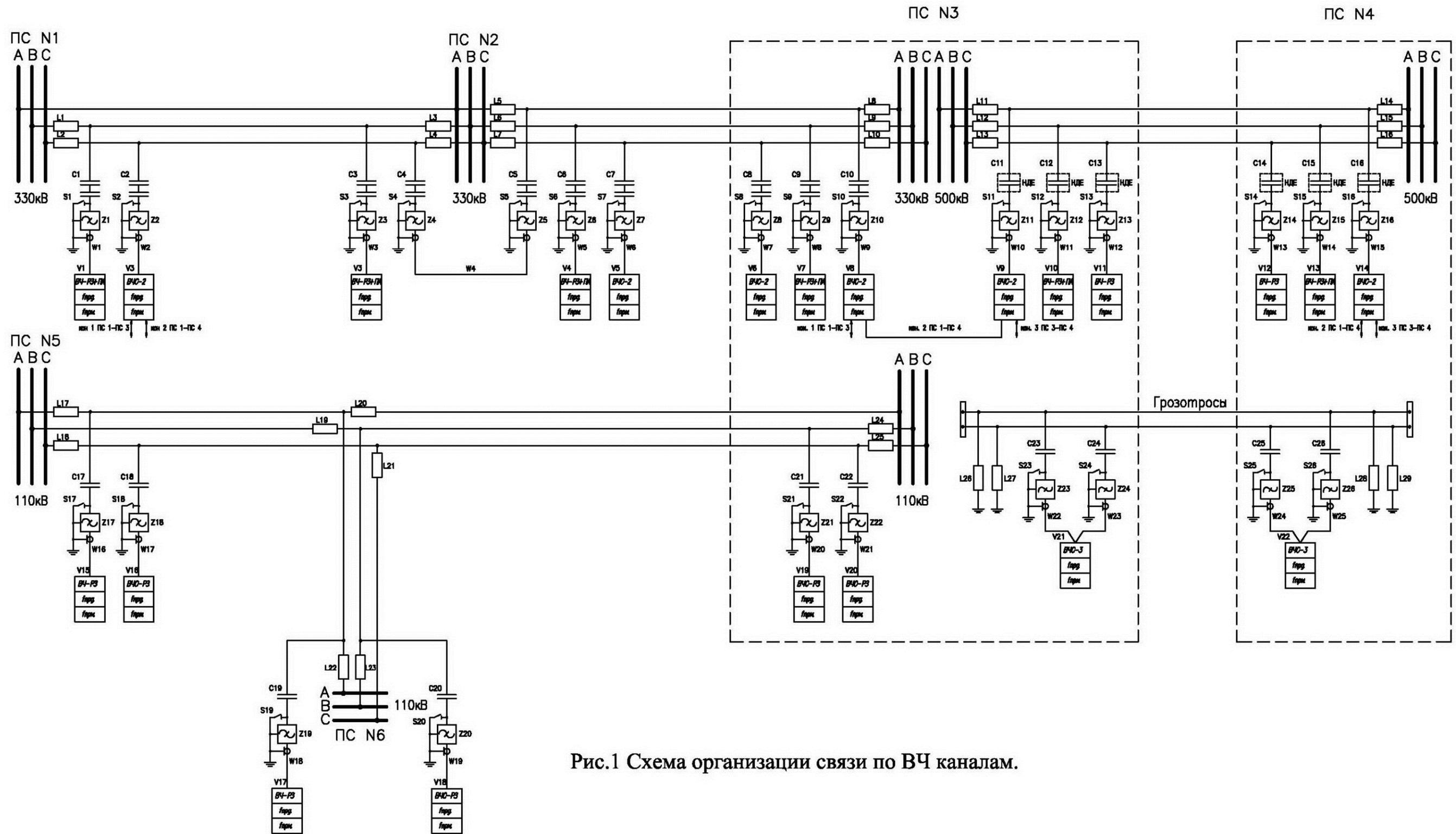


Рис.1 Схема организации связи по ВЧ каналам.

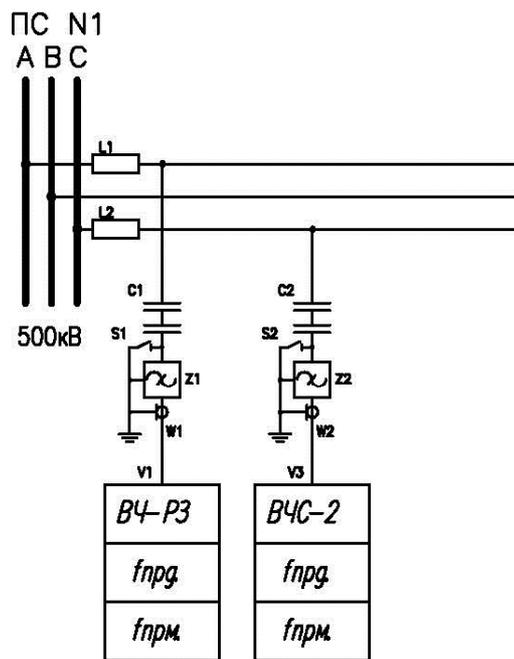


Рис. 2 Присоединение "фаза-земля"

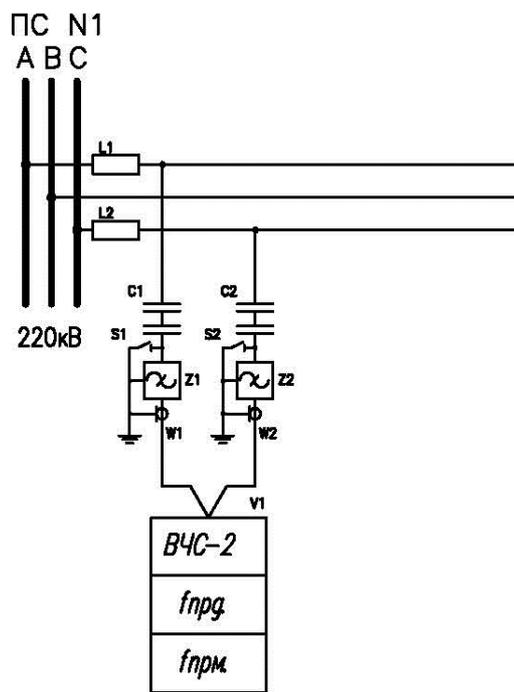


Рис. 3 Присоединение "фаза-фаза"

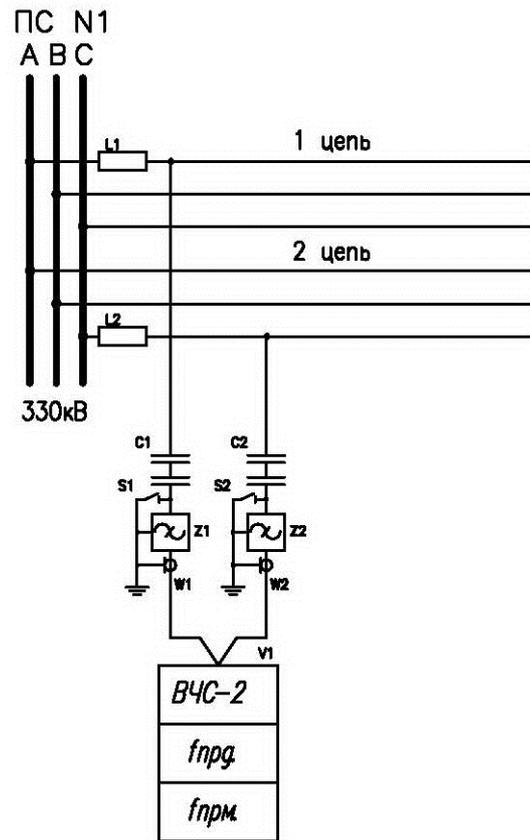


Рис. 4 Присоединение "фаза-фаза разных линий"

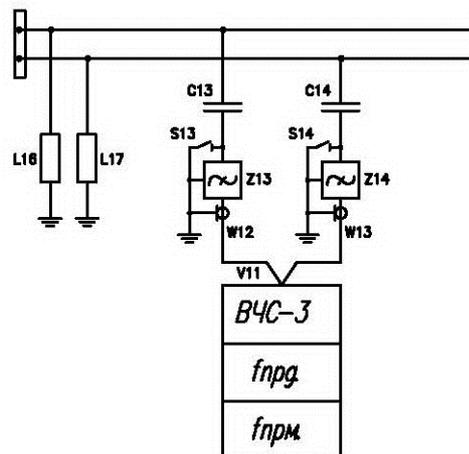


Рис. 5 Присоединение "трос - трос"

Примечание:

 - Условное обозначение места окончания грозотросов на портале ячейки ВЛ.

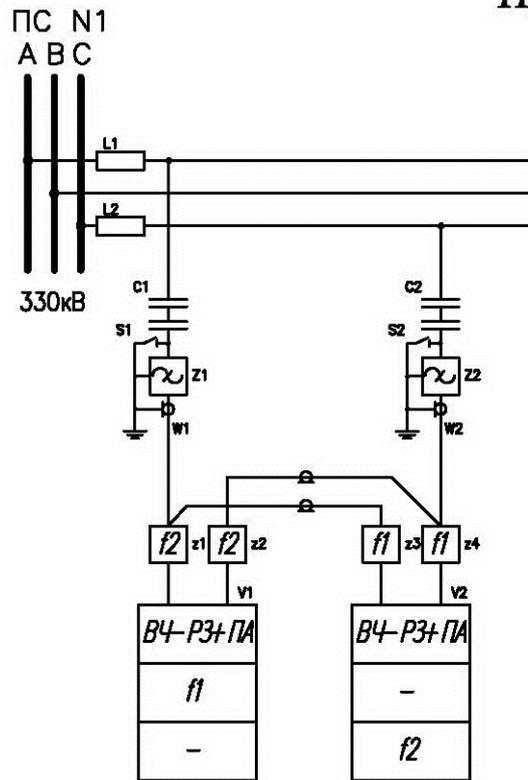


Рис. 6 Присоединение "фаза-фаза" аппаратуры с отдельным исполнением приемника и передатчика.

Примечание: f_1 —средняя частота полосы частот передатчика, f_2 —средняя частота полосы частот приемника.

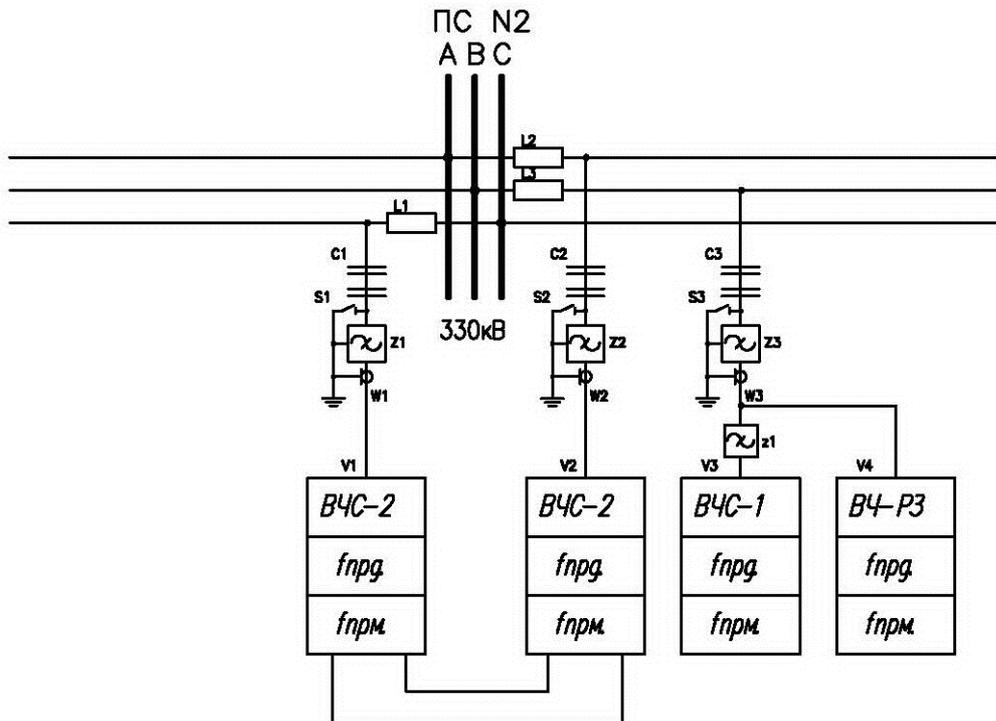


Рис. 7 "Жесткий" переключатель и параллельная работа

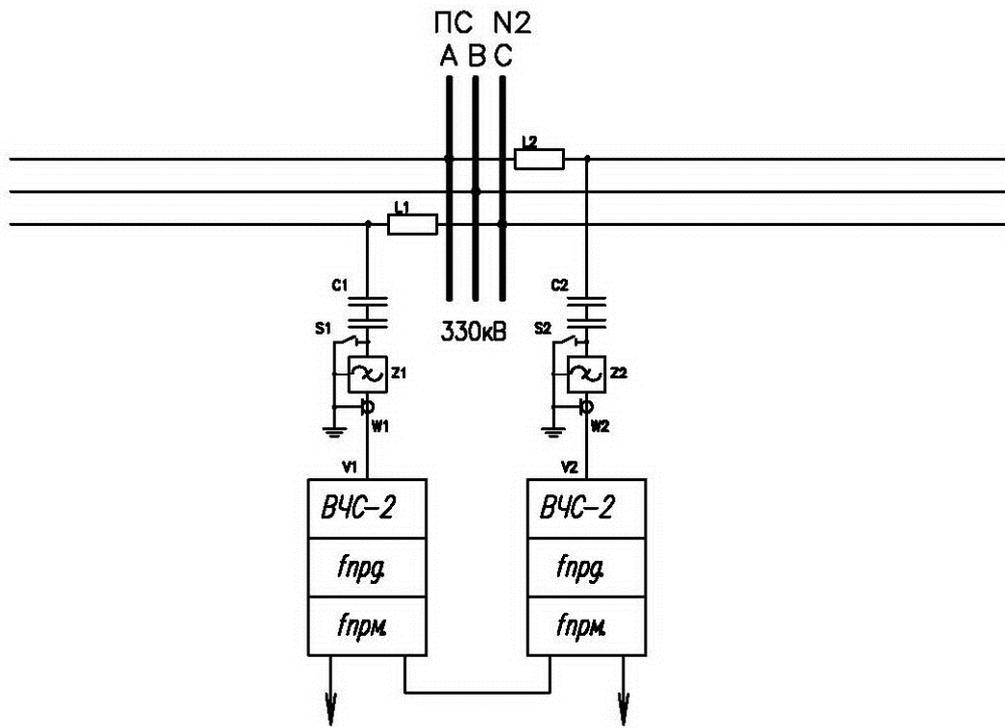


Рис. 8 Переустройство с выделением канала.

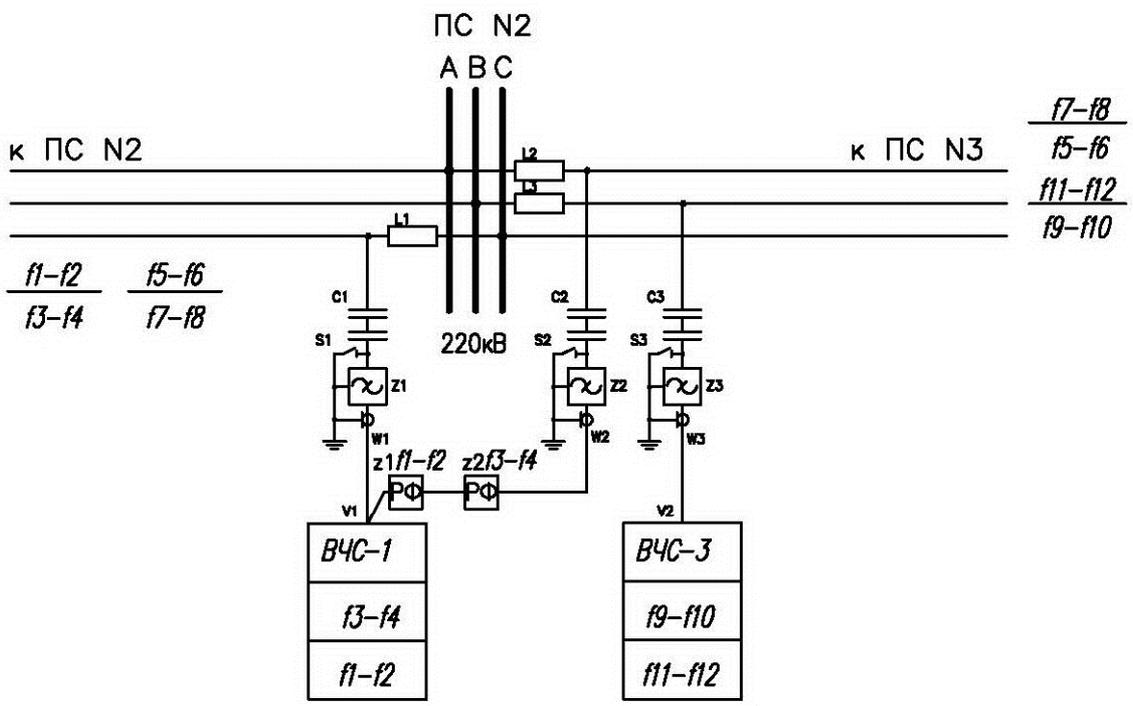


Рис. 9 ВЧ обход подстанции с ВЧ каналом, оканчивающимся на ПС ВЧ обхода.

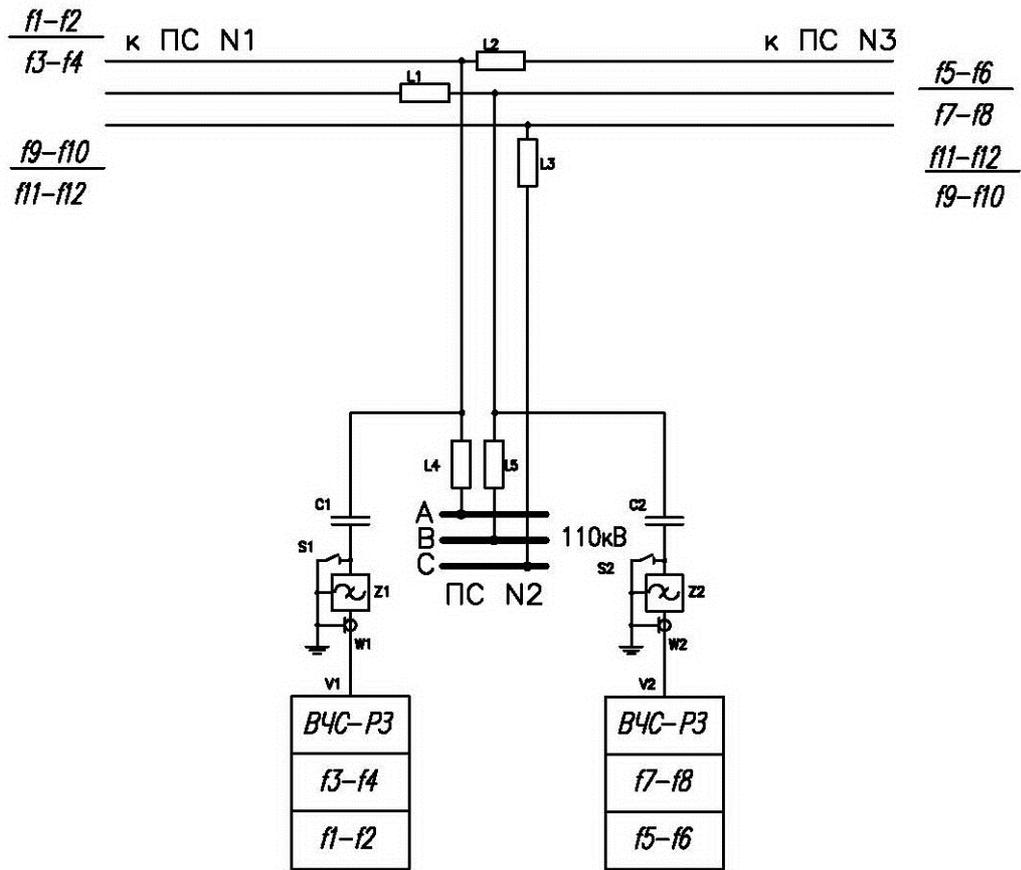


Рис. 10 Обработка ответвления

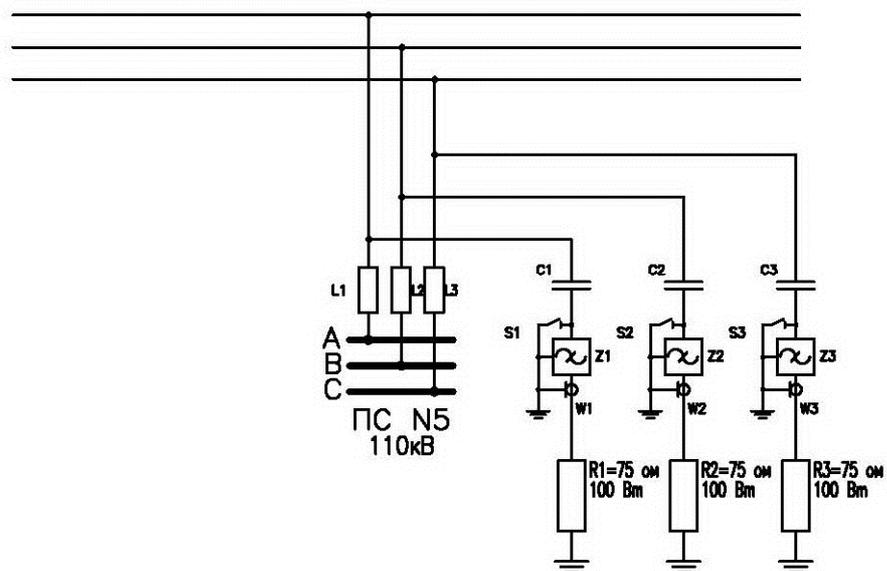


Рис. 11 Обработка ответвления при отсутствии ВЧ аппаратуры на ПС ответвления и невозможности установки заградителей на отпаечной опоре.