

---

ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО  
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ  
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

---



**СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ  
ОАО «ФСК ЕЭС»**

**СТО 56947007-  
33.060.40.125-2012**

---

**Общие технические требования  
к устройствам обработки и присоединения каналов  
ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ**

Стандарт организации

Дата введения: 20.08.2012

Дата введения изменений: 30.09.2014

Дата введения изменений: 08.10.2015

ОАО «ФСК ЕЭС»

2012

## **Предисловие**

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании», объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации - ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения», общие требования к построению, изложению, оформлению, содержанию и обозначению межгосударственных стандартов, правил и рекомендаций по межгосударственной стандартизации и изменений к ним - ГОСТ 1.5-2001, правила построения, изложения, оформления и обозначения национальных стандартов Российской Федерации, общие требования к их содержанию, а также правила оформления и изложения изменений к национальным стандартам Российской Федерации - ГОСТ Р 1.5-2012.

### **Сведения о стандарте организации**

1. РАЗРАБОТАН: ОАО «НТЦ ФСК ЕЭС».
2. ВНЕСЁН: Департаментом развития информационных технологий, Департаментом инновационного развития.
3. УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ: Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 20.08.2012 № 479.
4. ИЗМЕНЕНИЯ ВВЕДЕНЫ: Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 30.09.2014 № 430 в раздел 4 (пункты 4.3.2.3, 4.3.2.4, 4.4.2.4.2, 4.4.2.5).
5. ИЗМЕНЕНИЯ ВВЕДЕНЫ: Приказом ПАО «ФСК ЕЭС» от 08.10.2015 № 397 в раздел 4 (пункты 4.3.1.3.4, 4.3.1.5, 4.3.3.1, 4.3.3.2, 4.3.4, 4.3.4.4, 4.3.6.1, 4.3.7, 4.3.8, Приложение Б).
6. ВВЕДЁН: с изменениями (от 30.09.2014, от 08.10.2015).

Замечания и предложения по стандарту организации следует направлять в Департамент инновационного развития ПАО «ФСК ЕЭС» по адресу: 117630, Москва, ул. Ак. Челомея, д. 5А, электронной почтой по адресу [vaga-na@fsk-ees.ru](mailto:vaga-na@fsk-ees.ru);

Настоящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения  
ПАО «ФСК ЕЭС».

## Оглавление

1	Введение.....	5
2	Нормативные ссылки .....	5
3	Требования к фильтрам присоединения.....	7
3.1	Термины и определения, сокращения.....	7
3.2	Состав ФП и выполняемые функции .....	9
3.3	Технические требования .....	10
3.3.1	Требования по назначению .....	10
3.3.2	Требования к конструкции .....	13
3.3.3	Требования к условиям эксплуатации.....	14
3.3.4	Требования к надежности.....	14
3.3.5	Требования к безопасности .....	14
3.3.6	Требования к механической прочности.....	15
3.3.7	Комплектность .....	15
3.3.8	Требования к маркировке и упаковке.....	15
3.4	Методы испытаний .....	16
3.4.1	Общие условия.....	16
3.4.2	Типовые испытания .....	16
3.4.3	Периодические испытания .....	20
3.4.4	Требования к параметрам измерительных приборов .....	20
4	Требования к ВЧ заградителям.....	22
4.1	Термины и определения, сокращения.....	22
4.2	Состав ВЧЗ и выполняемые функции.....	24
4.3	Технические требования .....	25
4.3.1	Требования по назначению .....	25
4.3.1.1	Требования к ВЧЗ в целом .....	25
4.3.1.2	Требования к реактору .....	27
4.3.1.3	Требования к элементу настройки.....	28
4.3.1.4	Требования к основному защитному устройству.....	29
4.3.1.5	Требования к дополнительному защитному устройству.....	29
4.3.2	Требования к конструкции .....	29
4.3.3	Требования к условиям эксплуатации .....	31

4.3.4	Требования к маркировке и транспортировке.....	31
4.3.5	Требования к надежности.....	32
4.3.6	Требования к безопасности.....	32
4.3.7	Требования к документации.....	32
4.3.8	Требования к сервисным центрам. ....	33
4.4	Методы испытаний.....	33
4.4.1	Общие условия.....	33
4.4.2	Типовые испытания.....	34
4.4.3	Периодические испытания.....	46
4.4.4	Требования к параметрам измерительных приборов. ....	46
5	Требования к конденсаторам связи.....	48
5.1	Термины и определения, сокращения:.....	48
5.2	Выполняемые КС функции.....	49
5.3	Технические требования.....	49
5.3.1	Требования по назначению.....	49
5.3.2	Требования к надежности.....	51
5.3.3	Требования к условиям эксплуатации.....	51
5.3.4	Требования к безопасности.....	51
5.3.5	Требования к маркировке и упаковке.....	52
5.4	Методы испытаний.....	53
5.4.1	Общие условия.....	53
5.4.2	Типовые испытания.....	53
5.4.3	Требования к параметрам измерительных приборов.....	57
6	Библиография.....	59
	Приложение А.....	60
	Приложение Б.....	62

## **1 Введение**

Настоящий стандарт организации устанавливает нормы и требования к устройствам обработки и присоединения к ВЛ 35-750 кВ, используемым для организации каналов высокочастотной (ВЧ) связи с передачей сигналов речи, данных, релейной защиты и противоаварийной автоматики, которые следует применять для обеспечения безопасной и надежной работы энергообъектов, а также методы проверки нормируемых параметров.

Требования даны для каждого из устройств обработки и присоединения (фильтр присоединения, ВЧ заградитель и конденсатор связи).

Требования настоящего стандарта организации являются необходимыми для обеспечения безопасности эксплуатируемого оборудования и систем связи, если они используются по прямому назначению в соответствии с эксплуатационными инструкциями, на протяжении всего срока службы с учетом возможных нештатных (аварийных) ситуаций.

Для повышения надёжности оборудования на предприятиях производителях устройств обработки и присоединения должен быть организован входной контроль материалов и покупных изделий на соответствие комплектующих изделий требованиям действующих ГОСТ и рекомендаций МЭК.

Настоящий стандарт организации должен быть пересмотрен в случаях ввода в действие технических регламентов, национальных стандартов, стандартов организации ПАО «ФСК ЕЭС», содержащих требования, не учтённые в настоящем стандарте организации, а также при необходимости введения новых требований, обусловленных развитием техники.

## **2 Нормативные ссылки**

ГОСТ 1516.1-76 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 3 до 500 кВ. Требования к электрической прочности изоляции (с Изменениями № 1 - 6).

ГОСТ 1516.2-97 Электрооборудование и электроустановки переменного тока на напряжение 3 кВ и выше. Общие методы испытаний электрической прочности изоляции.

ГОСТ 1516.3-96 Электрооборудование переменного тока на напряжения от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции.

ГОСТ 2991-85 Ящики дощатые неразборные для грузов массой до 500 кг. Общие технические условия (с Изменениями № 1 - 2).

ГОСТ 5959-80 Ящики из листовых древесных материалов неразборные для грузов массой до 200 кг. Общие технические условия (с Изменениями № 1 - 2).

ГОСТ 8865-93 (МЭК 85-84) Системы электрической изоляции. Оценка нагревостойкости и классификация.

ГОСТ 9.014-78 Единая система защиты от коррозии и старения. Временная противокоррозионная защита изделий. Общие требования (с Изменениями № 1 - 6).

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 11359-75 Арматура линейная. Ряд разрушающих нагрузок. Соединения деталей. Параметры и размеры (с Изменениями № 1 - 2).

ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (с Изменением № 1).

ГОСТ 12.2.007.0-75 ССБТ. Изделия электротехнические. Общие требования безопасности (с Изменениями № 1 – 4).

ГОСТ 12.2.007.3-75 ССБТ. Электротехнические устройства на напряжение свыше 1000 В. Требования безопасности (с Изменениями № 1 – 4).

ГОСТ 12.2.007.5-75 ССБТ. Конденсаторы силовые. Установки конденсаторные. Требования безопасности (с Изменениями № 1, 2).

ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов (с Изменениями № 1 - 3).

ГОСТ 14254-96 (МЭК 529-89) Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (код IP).

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 – 5).

ГОСТ 15543.1-89 Изделия электротехнические и другие технические изделия. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам (с Изменением № 1).

ГОСТ 15581-80 Конденсаторы связи и отбора мощности для линий электропередачи. Технические условия (с Изменениями № 1 - 2).

ГОСТ 17516.1-90 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам (с Изменениями № 1 - 2).

ГОСТ 18624-73 Реакторы электрические. Термины и определения (с Изменениями № 1 - 2).

ГОСТ 20074-83 (СТ СЭВ 20074-83) Электрооборудование и электроустановки. Метод измерения характеристик и частичных разрядов.

ГОСТ 21242-75 Выводы контактные электротехнических устройств плоские и штыревые. Основные размеры (с Изменениями № 1 – 3).

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

ГОСТ 24297-13 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля.

ГОСТ 24687-81 (СТ СЭВ 2269-80) Трансформаторы силовые и реакторы электрические. Степени защиты.

ГОСТ Р 52002-03 Электротехника. Термины и определения основных понятий.

### **3 Требования к фильтрам присоединения**

#### **3.1 Термины и определения, сокращения**

В настоящем разделе стандарта организации используются термины по ГОСТ Р 52002, а также следующие термины и соответствующие им определения:

№ п/п.	Термин	Определение
1.	Вход «Линия»	Вход фильтра присоединения, который предназначен для соединения фильтра присоединения с низковольтным зажимом конденсатора связи.
2.	Вход «ВЧ кабель»	Вход фильтра присоединения, который предназначен для соединения фильтра присоединения с ВЧ кабелем.
3.	ВЧ параметры фильтра присоединения	Параметры, фактически определяемые для устройства присоединения, в котором конденсатор связи представлен эквивалентным конденсатором без потерь. Параметры (рабочее затухание и

№ п/п.	Термин	Определение
		затухание несогласованности) характеризуют свойства устройства присоединения в рабочей полосе частот ФП.
4.	Зажим «Земля»	Болтовое соединение на корпусе фильтра присоединения, которое предназначено для непосредственного соединения шины «Земля» схемы фильтра присоединения с заземляющим контуром подстанции.
5.	Затухание несогласованности фильтра присоединения	Параметр, характеризующий отличие входного сопротивления фильтра присоединения со стороны линии и ВЧ кабеля от соответствующих номинальных сопротивлений.
6.	Защитное устройство со стороны линии	Разрядник с искровым промежутком и нелинейным сопротивлением или ограничитель перенапряжения, включенный между входом «Линия» и зажимом «Земля».
7.	Защитное устройство со стороны ВЧ кабеля	Разрядник или ограничитель перенапряжения, включенный между входом «ВЧ кабель» и зажимом «Земля».
8.	Конденсатор связи	При определении КС по ГОСТ 15581.
9.	Номинальное сопротивление со стороны линии	Сопротивление, на которое нагружается выход устройства присоединения в сторону линии при определении ВЧ параметров фильтра присоединения.
10.	Номинальное сопротивление со стороны ВЧ кабеля	Сопротивление, на которое нагружается фильтр присоединения со стороны зажима «ВЧ кабель» при определении ВЧ параметров устройства присоединения.
11.	Номинальная пиковая мощность огибающей	Пиковая мощность огибающей, на которую разработан фильтр присоединения.
12.	Полоса пропускания	Полоса частот, в пределах которой рабочее затухание устройства присоединения не более, а затухание несогласованности – не менее норм на указанные величины.
13.	Рабочее затухание фильтра присоединения	Параметр, характеризующий потери в фильтре присоединения.
14.	Рабочий диапазон частот	Диапазон частот, в пределах которого могут располагаться полосы пропускания устройства присоединения.
15.	Схемы присоединения	Схемы присоединения устройства присоединения к проводам (фазам и тросам) ВЛ. Наиболее используемыми схемами присоединения являются схемы присоединения провод - земля и провод – провод.
16.	Устройство присоединения	Четырехполюсник, предназначенный для передачи с заданными параметрами ВЧ сигналов, состоящий из цепочно соединённых между собой конденсатора связи и фильтра присоединения.
17.	Фильтр присоединения	Устройство, образующее совместно с конденсатором связи полосовой фильтр или



№ п/п.	Термин	Определение
		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.

В настоящем разделе стандарта организации приняты следующие сокращения.

- ФП - Фильтр присоединения.
- УП - Устройство присоединения.
- $a_p$  - Рабочее затухание фильтра присоединения.
- $a_{нс}$  - Затухание несогласованности фильтра присоединения.
- $Z_1$  - Номинальное сопротивление со стороны линии.
- $Z_2$  - Номинальное сопротивление со стороны ВЧ кабеля.
- $\Delta f_{пр}$  - Полоса пропускания.
- $p_{ном}$  - Номинальная пиковая мощность огибающей.
- ОПН - Ограничитель перенапряжения нелинейный.
- КС - Конденсатор связи.

### 3.2 Состав ФП и выполняемые функции

В состав ФП должны входить основные функциональные элементы, представленные на рисунке 3.1.

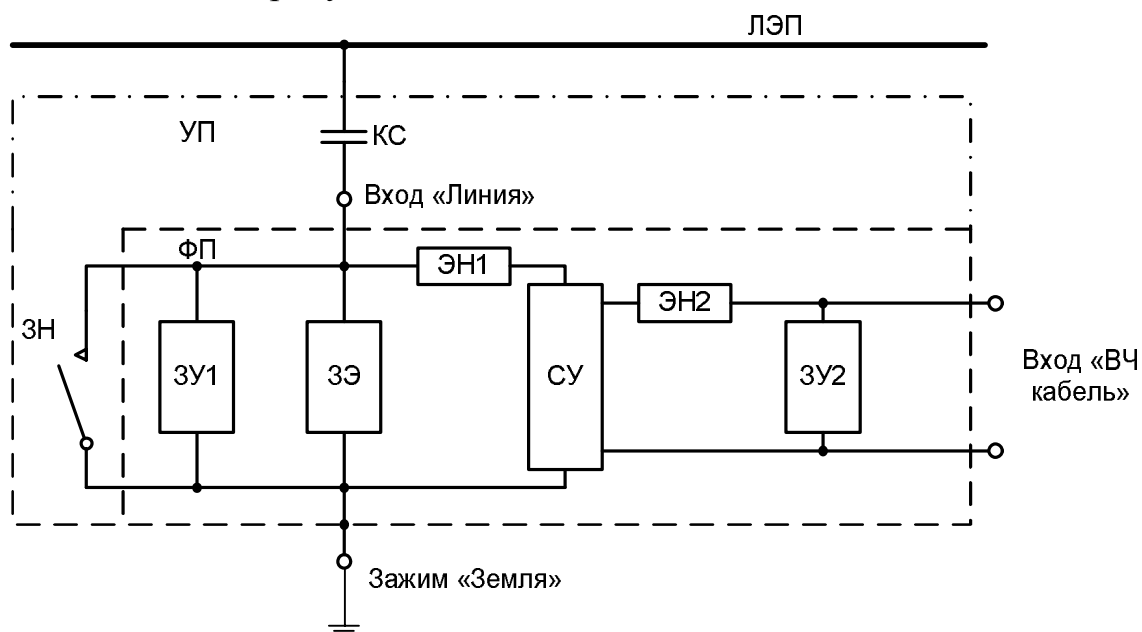


Рисунок 3.1. Блок схема фильтра присоединения

- КС – конденсатор связи.
- ЗН – заземляющий нож, предназначенный для заземления нижней обкладки КС при работах на ФП.
- ЗУ1 – защитное устройство со стороны линии, предназначенное для защиты ФП, аппаратуры уплотнения и ВЧ кабеля от коммутационных и атмосферных перенапряжений, приходящих с ВЛ.

- ЗЭ – заземляющий элемент, предназначенный для заземления нижней обкладки КС для тока промышленной частоты (50 Гц).
- ЭН1 и ЭН2 – элементы настройки, предназначенные для создания вместе с КС схемы фильтра с минимальными потерями в полосе (полосах) пропускания; Элемент ЭН2, кроме того, может быть предназначен для ограничения тока 50 Гц во входных/выходных цепях аппаратуры уплотнения.
- СУ – согласующее устройство, предназначенное для согласования сопротивлений линейного ВЧ тракта и ВЧ кабеля.
- ЗУ2 – защитное устройство со стороны ВЧ кабеля, предназначенное для защиты аппаратуры уплотнения и ВЧ кабеля от повреждений при коммутационных и атмосферных перенапряжениях, приходящих с ВЛ.
- УП – устройство присоединения.

Примечания.

- 1) Указанные функциональные элементы ФП могут существовать как самостоятельные единицы в составе ФП, так и быть частично или полностью объединены.
- 2) Заземляющий нож может не входить в состав ФП. В этом случае должен устанавливаться внешний заземляющий нож.

### 3.3 Технические требования

#### 3.3.1 Требования по назначению

3.3.1.1 Фильтр присоединения (далее – ФП) должен быть рассчитан на работу с конденсатором связи (далее – КС), номинальная емкость которого выбирается в соответствии с Таблицей 3.1 в зависимости от напряжения ВЛ, для которого этот ФП предназначен.

Таблица 3.1

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Номинальная ёмкость присоединения, пФ	Номинальное сопротивление со стороны линии, Ом для схемы					
		фаза - земля	фаза - фаза <sup>1)</sup>	две фазы – земля <sup>1)</sup>	трос - земля	трос-трос <sup>1)</sup>	два троса - земля <sup>1)</sup>
35	4400	450	400	540	-		
110	2200 <sup>2)</sup> и 6400						
220	3200						
330	2140 <sup>2)</sup> и 7000	330	300	400	-		
500	4650	310	275	370			
	17500	-	-	-	550	480	550
750	3000	280	250	340	-	-	-
	17500	-	-	-	550	480	550

Примечания. 1) На одну фазу (один трос); 2) Редко используемые номиналы.

3.3.1.2 ФП должен иметь ряд модификаций, обеспечивающих перекрытие полосами пропускания общего рабочего диапазона частот от 16 до 1000 кГц и осуществление необходимых схем присоединения.

3.3.1.3 ФП (вместе с КС) должен быть рассчитан на работу с номинальным сопротивлением со стороны линии, величина которого должна соответствовать приведённой в Таблице 2.1.

3.3.1.4 ФП должен быть рассчитан на работу с номинальным сопротивлением со стороны ВЧ кабеля, величина которого должна быть 75 Ом для варианта коаксиального кабеля или 150 Ом для варианта симметричного кабеля.

3.3.1.5 Рабочее затухание ФП в полосе пропускания, определенное при нагрузке на номинальные сопротивления, должно быть не более 1,5 дБ.

Примечания. 1) Указанное требование относится как к схемам присоединения фаза – земля или трос – земля (осуществляемых с использованием одного ФП), так и для схем присоединения фаза – фаза, две фазы – земля, трос – трос и два троса – земля (осуществляемых с использованием двух ФП).

2) При значениях температуры окружающего воздуха от плюс 50 °С до плюс 55 °С и от минус 45 °С до минус 50 °С на частотах, лежащих в пределах от нижней частоты полосы пропускания  $f_H$  до  $1,05 f_H$  и от верхней частоты полосы пропускания  $f_B$  до  $0,95 f_B$ , допускается увеличение рабочего затухания до 2,0 дБ.

3.3.1.6 Затухание несогласованности ФП (как со стороны линии, так и со стороны ВЧ кабеля) в полосе пропускания, определенное при нагрузке на соответствующие номинальные сопротивления, должно быть не менее 12,0 дБ, как со стороны линейного, так и со стороны кабельного входов.

Примечания. 1) Указанное требование относится как к схемам присоединения фаза – земля или трос – земля (для одного ФП), так и для схем присоединения фаза – фаза, две фазы – земля, трос – трос и два троса – земля (из двух ФП).

2) При значениях температуры окружающего воздуха от плюс 50 °С до плюс 55 °С и от минус 45 °С до минус 50 °С на частотах, лежащих в пределах от нижней частоты полосы пропускания  $f_H$  до  $1,05 f_H$  и от верхней частоты полосы пропускания  $f_B$  до  $0,95 f_B$ , допускается уменьшение затухания несогласованности до 10 дБ.

3.3.1.7 Значения частот нижних границ полос пропускания ФП и ширина полос пропускания должны быть гармонизированы с этими же параметрами существующих ФП, выпускаемых промышленностью.

3.3.1.8 Заземляющий элемент должен обеспечивать надежное заземление нижней обкладки конденсатора связи. Модуль сопротивления заземляющего элемента на промышленной частоте не должен превышать 20 Ом.

3.3.1.9 Заземляющий элемент должен выдерживать длительный ток промышленной частоты 1,5 А (среднеквадратичное значение) и кратковременный (в течение 0,2 с) ток промышленной частоты 50 А (среднеквадратичное значение).

3.3.1.10 Модуль входного сопротивления ФП со стороны ввода «ВЧ кабель» должен быть на промышленной частоте не менее 50 кОм, если в ФП не реализованы мероприятия, исключающих протекание по петле «жила – экран ВЧ кабеля» тока 50 Гц (при КЗ в высоковольтной сети).

3.3.1.11 Заземляющий нож, если он входит в состав ФП, 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 (среднеквадратичное значение) и кратковременный (в течение не менее 1 с) ток промышленной частоты 16 кА (среднеквадратичное значение).

Положение заземляющего ножа (включён, отключён) должно быть хорошо различимо при внешнем осмотре.

3.3.1.12 Защитное устройство со стороны линии должно иметь следующие параметры:

3.3.1.12.1 При использовании разрядника типа воздушного промежутка с нелинейным сопротивлением:

- напряжение пробоя искрового промежутка на промышленной частоте должно быть 2 кВ (действующее значение);
- разрядник должен выдерживать импульс разрядного тока не менее 5 кА с формой волны 8/20 мкс;
- разрядник должен выдерживать ток промышленной частоты не менее 5 кА (действующее значение) длительностью 0,2 с.

3.3.1.12.2 При использовании ОПН:

- номинальное напряжение ОПН должно быть не менее 1000 В (действующее значение);
- ОПН должен выдерживать импульс волны 8/20 мкс разрядного тока не менее 5 кА;
- ОПН должен обеспечивать остающееся напряжение не более 4 кВ (максимально) при импульсном разрядном токе 5 кА волны 8/20 мкс.

Примечание. По согласованию с заказчиком максимальное значение величины остающегося напряжения ОПН может быть принято 6 кВ.

3.3.1.13 Защитное устройство со стороны ВЧ кабеля должно иметь следующие параметры:

- номинальное напряжение - не менее 400 В;
- остающееся напряжение - не более 3 кВ.

3.3.1.14 Защитные устройства со стороны линии и со стороны ВЧ кабеля должны обеспечивать передачу через ФП ВЧ сигналов с нормированными параметрами сразу же после снижения напряжения внешнего импульсного воздействия (волна 1,2/50 мкс) ниже напряжений срабатывания защитного устройства при условии наличия ВЧ сигнала с напряжением, соответствующем номинальной пиковой мощности ФП.

3.3.1.15 Согласующее устройство, выполненное в виде трансформатора, должно обеспечивать возможность поворота фазы сигнала на 180°.

3.3.1.16 Электрическая изоляция ввода «Линия» относительно земли должна выдерживать напряжение 10 кВ промышленной частоты (среднеквадратичное значение) в течение одной минуты в сухом состоянии и под дождём.

3.3.1.17 Электрическая изоляция между каждой обмоткой согласующего устройства и землей должна выдерживать напряжение 5 кВ промышленной частоты (среднеквадратичное значение) в течение одной минуты.

3.3.1.18 Электрическая изоляция между первичной и вторичной обмотками согласующего устройства (при выполнении согласующего устройства в виде трансформатора) должна выдерживать напряжение 5 кВ

промышленной частоты (среднеквадратичное значение) в течение одной минуты.

3.3.1.19 Электрическая изоляция между клеммой, к которой подключается внутренний проводник ВЧ кабеля, и землей должна выдерживать напряжение 5 кВ промышленной частоты (среднеквадратичное значение) в течение одной минуты.

По требованию заказчика клемма, к которой подключается внешний проводник ВЧ кабеля, должна быть изолирована от земли и электрическая изоляция между этой клеммой и землей должна выдерживать напряжение 5 кВ промышленной частоты (среднеквадратичное значение). При этом согласующее устройство должно быть выполнено в виде трансформатора с незаземленной вторичной обмоткой.

3.3.1.20 Ввод «Линия» фильтра присоединения должен выдерживать приложенное относительно зажима «земля» напряжение волны 1,2/50 мкс равное по величине двойному напряжению срабатывания защитного устройства со стороны линии.

3.3.1.21 Сопротивление изоляции между обмотками согласующего устройства и зажимом «Земля» ФП при напряжении 500 В должно быть не менее:

- 100 МОм при нормальных климатических условиях;
- 1 МОм при относительной влажности воздуха 100 % и температуре 25°C.

3.3.1.22 Номинальная пиковая мощность огибающей ФП должна быть не менее 400 Вт. Затухание нелинейности ФП при номинальной пиковой мощности огибающей должно быть не менее 80 дБ.

### 3.3.2 Требования к конструкции

3.3.2.1 Степень защиты оболочек должна соответствовать IP 54 по ГОСТ 14254.

3.3.2.2 Доступ к элементам схемы ФП в процессе эксплуатации не должен вызывать затруднений.

3.3.2.3 На корпусе ФП должны быть предусмотрены:

- вывод входа «Линия» ФП с возможностью подключения его к конденсатору связи проводом сечением не менее 10 мм<sup>2</sup>;
- болт для подключения зажима «Земля» к контуру заземления;
- воронка для ввода ВЧ кабеля;
- улитка с вентиляционным отверстием;
- четыре ушка для крепления фильтра.

3.3.2.4 Масса ФП должна быть не более 12 кг.

3.3.2.5 Высота корпуса ФП должна быть не более 550 мм, ширина не более 400 мм и глубина не более 350 мм.

3.3.2.6 ФП должен быть рассчитан на работу с коаксиальным ВЧ кабелем с внешним диаметром от 0,7 до 1,5 см. Для подключения ВЧ кабеля должен быть предусмотрен клеммник, рассчитанный на подключение внутреннего проводника (диаметром до 1,5 мм) и внешнего проводника

(экрана) кабеля без применения пайки. Должна быть предусмотрена возможность подключения экрана кабеля, как к «Земле», так и к отдельной клемме, изолированной от земли.

3.3.2.7 Электрическое соединение защитного устройства со стороны линии с линейным выходом ФП должно быть выполнено коротким проводником в виде шины.

3.3.2.8 Должна быть предусмотрена возможность исключения защитного устройства со стороны ВЧ кабеля из схемы ФП.

3.3.2.9 Винтовые соединения должны быть предохранены от самоотвинчивания.

3.3.2.10 Рабочее положение ФП должно быть вертикальное.

3.3.3 Требования к условиям эксплуатации.

3.3.3.1 Вид климатического исполнения ФП УХЛ категории I по ГОСТ 15150. При этом номинальные значения климатических факторов внешней среды следующие:

- верхнее и нижнее рабочие значения температуры окружающего воздуха, соответственно плюс 50 °С и минус 45 °С;

- предельное верхнее и нижнее рабочие значения температуры окружающего воздуха, соответственно плюс 55 °С и минус 50 °С;

- рабочие значения влажности воздуха среднегодовое и верхнее, соответственно 75 % при 15 °С и 100 % при 25 °С;

- интегральная плотность потока солнечной радиации 1125 Вт/м<sup>2</sup>, в том числе потока ультрафиолетовой части спектра (длина волны 280 – 400 нм) – 42 Вт/м<sup>2</sup>.

3.3.3.2 ФП должен быть рассчитан на работу на высоте до 1000 м над уровнем моря.

3.3.3.3 Окружающая среда должна соответствовать атмосфере типа II по ГОСТ 15150.

3.3.3.4 Обслуживание периодическое - не более одного раза в пять лет.

3.3.3.5 ФП должен быть рассчитан на непрерывную работу в течение всего срока службы.

3.3.3.6 ФП должен быть ремонтпригодным.

3.3.4 Требования к надежности

3.3.4.1 Гарантийный срок ФП должен быть не менее 3 лет с момента ввода в эксплуатацию.

3.3.4.2 Нарботка на отказ должна быть не менее 20 лет.

3.3.4.3 Средний срок службы до списания - не менее 20 лет.

3.3.4.4 Среднее время восстановления - не более 2 часов.

3.3.5 Требования к безопасности

3.3.5.1 Конструкция ФП и условия их обслуживания должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.2.007.3, действующим «Правилам устройства электроустановок» (ПУЭ) и «Межотраслевым правилам по охране труда (техники безопасности) при эксплуатации электроустановок с

изменениями и дополнениями».

3.3.5.2 Безопасность работ по техническому обслуживанию ФП должна обеспечиваться замыканием заземляющего ножа.

3.3.5.3 Изделие должно иметь болт для подключения к заземляющему контуру подстанции. На корпусе возле болта заземления должен быть нанесен знак «Заземление». Электрическое сопротивление между болтом и каждой доступной для прикосновения металлической не токоведущей частью изделия не должно быть более 0,1 Ом. Болт не должен иметь лакокрасочное покрытие.

3.3.5.4 Дренажная катушка или первичная обмотка согласующего трансформатора (если дренажная катушка отсутствует) должны быть выполнены медным многожильным проводником, сечение которого должно быть не менее 1 мм<sup>2</sup>.

### 3.3.6 Требования к механической прочности

3.3.6.1 ФП должен выдерживать номинальные рабочие значения механических внешних воздействующих факторов — по ГОСТ 17516.1 для группы механического исполнения М2.

3.3.6.2 ФП должны быть сейсмостойким при воздействии землетрясений интенсивностью 9 баллов по MSK-64 при уровне установки над нулевой отметкой до 10 м.

### 3.3.7 Комплектность

В комплект поставки ФП должны входить:

- фильтр присоединения;
- транспортная тара;
- техническое описание и руководство по эксплуатации;
- паспорт.

### 3.3.8 Требования к маркировке и упаковке

3.3.8.1 На крышке каждого ФП должна быть фирменная планка из стойкого к атмосферным воздействиям материала с обозначением:

- товарного знака предприятия – изготовителя;
- типа изделия;
- порядкового номера, месяца и года выпуска;
- номера технических условий (для ФП отечественного производства);
- номинальной пиковой мощности огибающей;
- схем присоединения к ВЛ;
- ёмкости используемого конденсатора связи;
- номинальных сопротивлений со стороны линии и ВЧ кабеля;
- полосы рабочих частот.

Примечание. Если ФП имеет модификации, обеспечивающие перестройку для работы с разными конденсаторами связи, схемами присоединения к ВЛ, номинальными сопротивлениями со стороны линии и ВЧ кабеля и полосами рабочих частот, последние пять параметров приведенного выше перечисления должны быть исключены. При этом табличка с указанными параметрами должна располагаться в отдельном защищенном от непогоды месте. По требованию заказчика ее дубликат должен располагаться внутри

корпуса.

3.3.8.2 Надписи и знаки маркировки на изделии должны быть чёткими и выполнены краской, не смываемой спирто-бензиновой смесью, рассчитанной на воздействие вредных примесей, вызывающих коррозию.

3.3.8.3 Внутри корпуса изделия должна быть маркировка позиционных обозначений схемных элементов.

3.3.8.4 Транспортная маркировка должна быть выполнена в соответствии с ГОСТ 14192 черной влагостойкой краской. Должны быть нанесены знаки 1, 3, 11, а так же основные и дополнительные информационные данные.

3.3.8.5 Требования к консервации изделия должны соответствовать ГОСТ 9.014 (вариант противокоррозионной защиты ВЗ-0, вариант внутренней упаковки ВУ – 1).

3.3.8.6 Транспортная тара должна соответствовать ГОСТ 5959. При транспортировке морем и труднодоступные районы тара должна соответствовать ГОСТ 2991.

3.3.8.7 Способ упаковки должен исключить возможность перемещения аппаратуры, запасных частей и документации внутри транспортной тары.

3.3.8.8 В каждый ящик (со стороны крышки) должен быть вложен упаковочный лист, содержащий перечень вложения, подписанный лицом, производящим упаковку.

## 3.4 Методы испытаний

### 3.4.1 Общие условия

Испытания должны производиться в следующих стандартных атмосферных условиях.

- Температура: в интервале от плюс 15 °С до плюс 35 °С.
- Относительная влажность: в интервале от 45 % до 75 %.
- Давление воздуха: в интервале от 860 мбар до 1060 мбар.

### 3.4.2 Типовые испытания

#### 3.4.2.1 Рабочее затухание (п. 3.3.1.5)

Схема измерения рабочего затухания ФП  $a_p$  приведена на рисунке 3.2. Конденсатор связи должен быть представлен эквивалентным конденсатором.

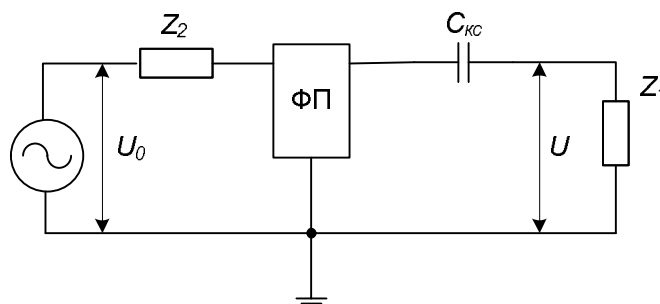


Рисунок 3.2. Схема измерения рабочего затухания ФП

Рабочее затухание рассчитывается по формуле:



$$a_p = 20 \lg \left( \frac{U_0}{2U} \sqrt{\frac{Z_1}{Z_2}} \right), \text{ дБ} \quad (3.1)$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$  равны номинальным сопротивлениям со стороны линии и ВЧ кабеля, соответственно, напряжения  $U_0$  и  $U$  – величины, измеренные вольтметрами, как показано на рисунке 3.2.

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

#### 3.4.2.2 Затухание несогласованности (п. 3.3.1.6)

Схема измерения затухания несогласованности ФП  $a_{нс}$  представлена на рисунке 3.3. Конденсатор связи должен быть представлен эквивалентным конденсатором.

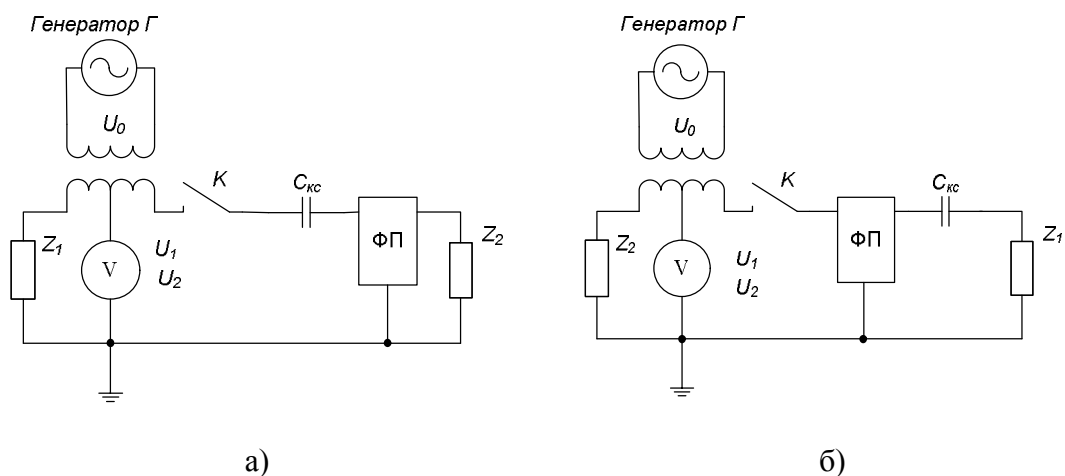


Рисунок 3.3. Схема измерения затухания несогласованности ФП.  
а) со стороны линии; б) со стороны ВЧ кабеля

Затухание несогласованности рассчитывается по формуле:

$$a_{нс} = 20 \lg \left( \frac{U_1}{U_2} \right), \quad (3.2)$$

где  $Z_1$  и  $Z_2$  равны номинальным сопротивлениям со стороны линии и ВЧ кабеля, соответственно,  $U_2$  и  $U_1$  – напряжения, измеренные вольтметром  $V$  с выключателем в позициях соответственно «ВКЛ» и «ВЫКЛ». Напряжение генератора  $U_0$  должно поддерживаться одинаковым в обоих положениях выключателя.

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

#### 3.4.2.3 Заземляющий элемент (пункты 3.3.1.8 и 3.3.1.9).

Модуль сопротивления заземляющего элемента (дренажной катушки или обмоток согласующего трансформатора) измеряется на промышленной частоте 50 Гц методом вольтметра-амперметра.

Допустимое значение тока промышленной частоты (среднеквадратичное

значение) для длительно существующего и кратковременно существующего тока определяется сечением обмоточного провода и может не проверяться.

3.4.2.4 Входное сопротивление на промышленной частоте ФП со стороны ввода «ВЧ кабель» (п. 3.3.1.10).

Модуль входного сопротивления ФП со стороны ввода «ВЧ кабель» измеряется на промышленной частоте 50 Гц методом вольтметра-амперметра.

3.4.2.5 Параметры заземляющего ножа (п. 3.3.1.11).

Заземляющий нож является комплектующим изделием. Проверка соответствия ЗН требованиям нормативно-технических документов производится по документации завода-производителя

3.4.2.6 Параметры защитных устройств (пункты 3.3.1.12 - 3.3.1.14).

Испытания защитных устройств типа ОПН должны быть выполнены в соответствии с техническими условиями на него. Испытания для других типов разрядников должны быть выполнены по процедуре, согласованной между изготовителем и покупателем.

3.4.2.7 Возможность поворота фазы в согласующем трансформаторе (п. 3.3.1.15). Проверяется визуально наличием возможности переключения.

3.4.2.8 Электрическая изоляция элементов ФП на промышленной частоте (пункты 3.3.1.16 – 3.3.1.19). Методы испытаний:

- Ввод «Линия» относительно земли (п. 3.3.1.16).

Схема измерения приведена на рис. 3.4. Ввод «Линия» при испытаниях должен быть изолирован от остальной схемы.

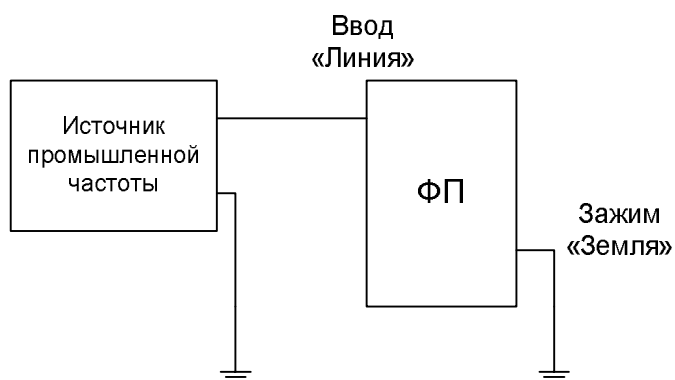
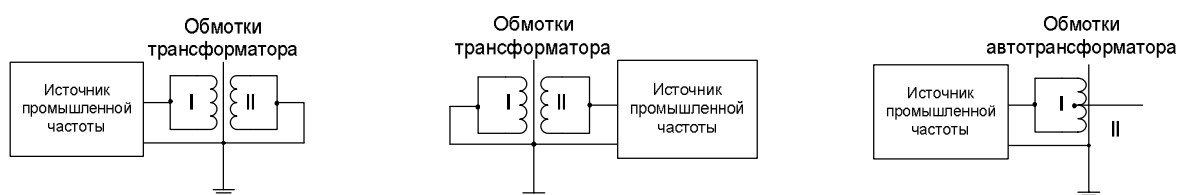


Рисунок 3.4. Схема измерения изоляция ввода «Линия» ФП

- Обмотка трансформатора согласующего устройства относительно земли и между обмотками трансформатора (пункты 3.3.1.17 и 3.3.1.18)

Схема измерения приведена на рисунке 3.5. При наличии в трансформаторе экрана между обмотками он должен быть соединен с землей.



а) б) в)  
 Рисунок 3.5. Схема измерения изоляции трансформатора согласующего устройства ФП. а) и б) – при исполнении согласующего устройства в виде трансформатора с гальванической изоляцией между обмотками; в) – при исполнении согласующего устройства в виде автотрансформатора

- *Электрическая изоляция вводов ВЧ кабеля (п. 3.3.1.19).*

Схема измерения приведена на рисунке 3.6. Ввод ВЧ кабеля при испытаниях должен быть соединен с остальной схемой.

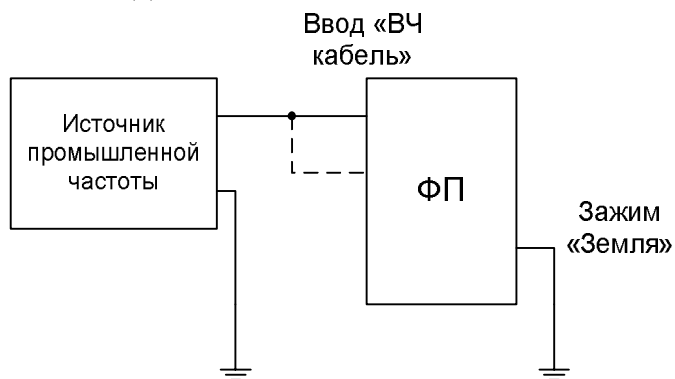


Рисунок 3.6. Схема измерения электрической изоляции между клеммами ВЧ кабеля

#### 3.4.2.9 Импульсная прочность входа «Линия» ФП (п. 3.3.1.20)

Измерение импульсной прочности ФП должно производиться по схеме, приведённой на рисунке 3.7, при отключенном защитном устройстве со стороны линии.

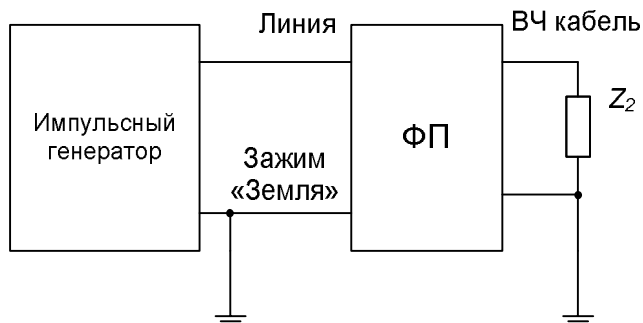


Рисунок 3.7. Схема измерения импульсной прочности входа «Линия» ФП

Должны быть приложены десять импульсов напряжения 1,2/50 мкс (последовательно пять отрицательных и пять положительных импульсов). Пиковая величина напряжения должна выбираться с учетом величины импульсного напряжения пробоя, выбранного типа защитного устройства со стороны линии.

3.4.2.10 Сопротивление изоляции согласующего устройства (п. 3.3.1.21). Испытания производятся по схеме рисунка 2.5, на котором источник промышленной частоты заменяется на мегаомметр.

3.4.2.11 Затухание нелинейности ФП при номинальной пиковой мощности огибающей (п. 3.3.1.22).

Измерение затухания нелинейности ФП при номинальной пиковой мощности огибающей производится по схеме, приведенной на рисунке 3.8. В

этой схеме к выводу «ВЧ кабель» ФП через развязывающие цепи и усилители подключаются два генератора. Частоты сигналов генераторов  $f_1$  и  $f_2$  выбираются так, чтобы сами эти частоты и комбинационные частоты вида  $k_1 f_1 - k_2 f_2$  или  $k_2 f_2 - k_1 f_1$  ( $k=1,2,3$ ) располагались в пределах полосы пропускания ФП как можно ближе к нижнему краю этой полосы. Развязывающие цепи можно реализовать разными способами. На рисунке 3.8 эти цепи реализуются в виде полосовых фильтров, настроенных на частоты генераторов. Фильтры должны обеспечить необходимую развязку между генераторами.

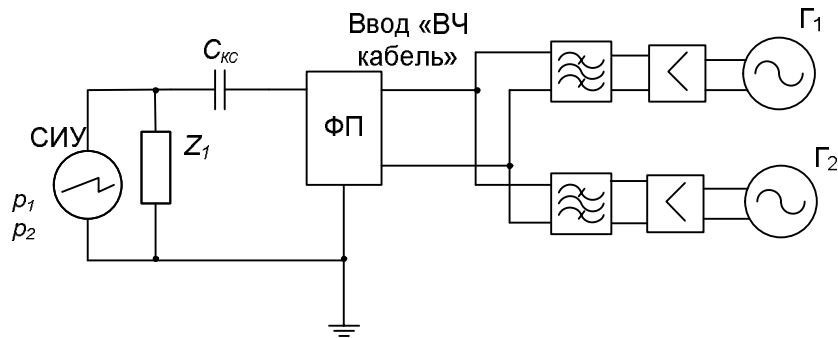


Рисунок 3.8. Схема измерения затухания нелинейности ФП

Уровень каждого из сигналов ( $p_1$  и  $p_2$ ), измеренный на сопротивлении  $Z_1$ , включенном через эквивалентный измерительный конденсатор, должен быть равным одной четверти номинальной пиковой мощности огибающей. С помощью селективного измерителя уровня (СИУ) с полосой избирательности, не превышающей 50 Гц, должны быть измерены продукты нелинейных искажений в виде сигналов на комбинационных частотах.

Испытание должно быть выполнено таким образом, чтобы фактически существующие условия эксплуатации, включая влияние тока промышленной частоты, протекающего через фильтр присоединения, были смоделированы в опыте.

Продукты нелинейности измерительной схемы должны быть на порядок ниже продуктов нелинейности ФП.

### 3.4.3 Периодические испытания

При периодических испытаниях должны производиться проверки следующих параметров:

3.4.3.1 Рабочее затухание по п. 3.3.1.5.

3.4.3.2 Затухание несогласованности по п. 3.3.1.6.

3.4.3.3 Испытания напряжением промышленной частоты по пунктам 3.3.1.17 - 3.3.1.19.

### 3.4.4 Требования к параметрам измерительных приборов

Измерение высоковольтных и сильноточных параметров производится при испытаниях на заводах изготовителях или специализированных центрах, которые и определяют набор необходимых приборов.

Ниже приведён перечень измерительных приборов, предназначенных только для измерения ВЧ характеристик ФП. В перечне приведены требования, которым должен удовлетворять каждый из перечисленных приборов.

### ***Генератор синусоидальных сигналов***

- Диапазон частот:
  - Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.
  - Верхняя граничная частота не менее 1100 кГц.
- Погрешность установки частоты не более 1 Гц.
- Выход симметричный и коаксиальный.
- Номинальное входное сопротивление:
  - Для коаксиального выхода – 75 Ом.
  - Для симметричного выхода – 150 Ом.
  - Нулевое – не более 1 Ом.
- Мощность не менее (+10) дБм.

### ***Избирательный измеритель уровня***

- Диапазон частот:
  - Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.
  - Верхняя граничная частота не менее 1100 кГц.
- Погрешность установки частоты не более 1 Гц.
- Выход симметричный и коаксиальный.
- Номинальное входное сопротивление:
  - Для коаксиального выхода – 75 Ом.
  - Для симметричного выхода – 150 Ом.
  - Высокое – не менее 10 кОм.
- Тип детектора. Детектор среднеквадратичных значений.
- Избирательность:
  - Широкополосные измерения.
  - Измерения в узкой полосе частот 25 Гц.
- Диапазон измерения уровней:
  - Нижняя граница – не более (-40) дБм.
  - Верхняя граница – не менее (+15) дБм.

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

- Диапазон частот:
  - Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.
  - Верхняя граничная частота не менее 1100 кГц.
- Максимальное напряжение на входе 100 В.
- Коэффициент деления 40 дБ с погрешностью не более 0,5 дБ.
- Вход и выход коаксиальный.
- Номинальное входное сопротивление – не менее 10 кОм.

### ***Устройство для измерения затухания несогласованности***

- Диапазон частот:  
Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.  
Верхняя граничная частота - не менее 1100 кГц.
- Диапазон измерения затухания несогласованности:  
Нижняя граница – не более 4 дБ.  
Верхняя граница – не менее 30 дБ.

### ***Мост полных сопротивлений (проводимостей)***

- Диапазон частот:  
Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.  
Верхняя граничная частота - не менее 1100 кГц.
- Диапазон измерения сопротивления (модуль):  
Нижняя граница – не более 10 Ом.  
Верхняя граница – не менее 10 кОм.
- Погрешность измерения фазового угла сопротивления не более пяти градусов.

### ***Усилитель мощности***

- Диапазон частот:  
Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.  
Верхняя граничная частота - не менее 1100 кГц.
- Номинальное внутреннее сопротивление 75 Ом.
- Мощность не менее (+50) дБм.

## **4 Требования к ВЧ заградителям**

### **4.1 Термины и определения, сокращения**

В настоящем разделе стандарта организации используются термины по ГОСТ 18624, а также следующие термины и соответствующие им определения:

№ п/п.	Термин	Определение
1.	Вносимое затухание	Затухание ВЧ сигнала, определяемое шунтирующим действием полного сопротивления ВЧЗ.
2.	Высокочастотный заградитель	Двухполюсник, состоящий из параллельно включенных реактора, защитного устройства и элемента настройки.
3.	Добротность реактора	При определении реактора по ГОСТ 18624.
4.	Дополнительное защитное устройство	Устройство, подключенное параллельно отдельным компонентам схемы элемента настройки для их защиты.
5.	Заграждающее сопротивление	Активная составляющая полного сопротивления ВЧЗ в полосе заграждения.
6.	Индуктивность на промышленной	Индуктивность реактора на промышленной

	частоте	частоте.
7.	Истинная индуктивность	Индуктивность реактора на заданной частоте, определенная с компенсацией влияния собственной емкости.
8.	Кажущаяся индуктивность	Реактивное сопротивление реактора, разделенное на угловую частоту, на которой реактивное сопротивление было определено без компенсации собственной емкости.
9.	Номинальная индуктивность	Величина истинной индуктивности реактора на частоте 100 кГц.
10.	Номинальное вносимое затухание	Затухание ВЧ сигнала, определяемое шунтирующим действием заграждающего сопротивления ВЧЗ.
11.	Номинальный длительный ток	Максимальная величина действующего значения тока промышленной частоты, непрерывно протекающего через реактор, при котором не превышает заданная температура реактора.
12.	Номинальный кратковременный ток	Действующее значение установившегося тока короткого замыкания, протекающего в течение оговоренного времени через реактор без его повреждения, обусловленного как тепловым, так и механическим воздействием.
13.	Основное защитное устройство	Устройство, подключенное параллельно реактору и элементу настройки. Выполняется в виде разрядника, состоящего из последовательно соединенных искрового промежутка и нелинейного сопротивления или ОПН.
14.	Полоса заграждения	Полоса частот, в пределах которой заграждающее сопротивление не ниже нормируемой величины.
15.	Полоса заграждения по полному сопротивлению	Полоса частот, в пределах которой модуль полного сопротивления заградителя не падает ниже нормируемой величины заграждающего сопротивления.
16.	Рабочий диапазон частот	Диапазон частот, в пределах которого могут располагаться полосы частот заграждения ВЧЗ.
17.	Реактор заградителя (реактор)	При определении реактора по ГОСТ 18624.
18.	Собственная емкость	Емкость, которая вместе с истинной индуктивностью реактора определяет частоту собственного резонанса реактора.
19.	Температурный коэффициент	Отношение изменения сопротивления реактора при изменении температуры на 1 °С к сопротивлению при 0 °С.
20.	Ударный ток	Асимметричный пик тока в первый полупериод короткого замыкания, равный действующему значению номинального кратковременного тока, увеличенному в

		2,55 раза.
21.	Центральная частота	Среднегеометрическая частота, определенная по крайним частотам полосы заграждения.
22.	Частота собственного резонанса	Резонансная частота, определяемая истинной индуктивностью и собственной емкостью.
23.	Элемент настройки	Двухполюсник, который, при его подключению к реактору, обеспечивает необходимые заграждающие свойства ВЧЗ.

В настоящем разделе стандарта организации приняты следующие сокращения.

ВЧЗ	-	Высокочастотный заградитель.
ЭН	-	Элемент настройки.
$L_k$	-	Кажущаяся индуктивность.
$L_{50}$	-	Индуктивность на промышленной частоте.
$L_u$	-	Истинная индуктивность.
$L_n$	-	Номинальная индуктивность.
$C_0$	-	Собственная ёмкость.
$f_c$	-	Частота собственного резонанса.
$R_p$	-	Активное сопротивление реактора.
$\alpha$	-	Температурный коэффициент.
$Q_p$	-	Добротность реактора.
$R_z$	-	Заграждающее сопротивление.
$a_{вчз}$	-	Вносимое затухание.
$a_{вчз.n}$	-	Номинальное вносимое затухание.
$\Delta f$	-	Полоса заграждения.
$\Delta f_n$	-	Полоса заграждения по полному сопротивлению.
$f_0$	-	Центральная частота.
$I_{н.дл}$	-	Номинальный длительный ток.
$I_{н.кр}$	-	Номинальный кратковременный ток.
$I_{уд}$	-	Ударный ток.

#### 4.2 Состав ВЧЗ и выполняемые функции

В ВЧЗ должны входить основные функциональные элементы, показанные на рисунке 4.1.



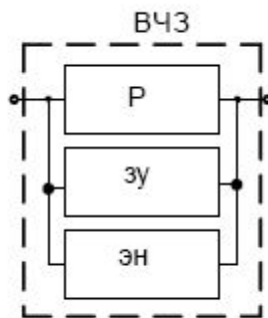


Рисунок 4.1. Блок-схема высокочастотного заградителя

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

Примечания. 1) Одновременно в элементе настройки могут быть не все эти компоненты. Их наличие зависит от требований к ВЧ параметрам ВЧЗ.

2) ЭН не является обязательной составной частью ВЧЗ. В ряде случаев необходимость в ЭН может отсутствовать.

### 4.3 Технические требования

#### 4.3.1 Требования по назначению

##### 4.3.1.1 Требования к ВЧЗ в целом

4.3.1.1.1 ВЧЗ должен давать возможность настройки на полосы заграждения, которые должны обеспечить перекрытие рабочего диапазона частот от 16 до 1000 кГц.

Примечание. По согласованию с заказчиком допускается изготовление ВЧЗ со сниженной верхней частотой полосы заграждения.

4.3.1.1.2 Значения нижних граничных частот полос заграждения ВЧЗ и ширина полос заграждения должны быть гармонизированы с этими же параметрами существующих ВЧЗ, выпускаемых промышленностью.

4.3.1.1.3 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. При этом максимальная величина вносимого затухания не должна превышать 2,6 дБ. Значения характеристического сопротивления ВЛ для разных схем присоединения приведены в Таблице 4.1.

Таблица 4.1

Характеристические сопротивления линии для различных схем присоединения

Номинальное	Характеристическое сопротивление линии для схемы, Ом
-------------	--

напряжение ВЛ, кВ	фаза - земля	фаза - фаза <sup>1)</sup>	две фазы - земля <sup>1)</sup>	трос - земля	трос-трос <sup>1)</sup>	два троса-земля <sup>1)</sup>
35	450	400	540	-		
110						
220						
330	330	300	400			
500	310	275	370	550	480	550
750	280	250	340	550	480	550

Примечание. 1) На каждую фазу (каждый трос).

4.3.1.1.4 Уровень изоляции между жабимами ВЧЗ должен быть рассчитан на:

а) Напряжение промышленной частоты  $U$  на реакторе при протекании по нему номинального кратковременного тока:

$$U = 314L_{50}I_{н.кр}, \quad (4.1)$$

где  $L_{50}$  – индуктивность реактора на промышленной частоте (Гн),

$I_{н.кр}$  – номинальный кратковременный ток (А).

б) Импульсное напряжение, определяемое как большее из:

- напряжения пробоя защитного устройства на фронте импульсной волны;
- остаточного напряжения, вызванного номинальным разрядным током ЗУ.

4.3.1.1.5 Температура любой части ВЧЗ при протекании номинального длительного тока не должна превышать значения, указанного в Таблице 4.2. Нагревостойкость изоляции ВЧЗ должна соответствовать требованиям класса F (155 °С) ГОСТ 8865.

Примечание. По согласованию с заказчиком нагревостойкость изоляции ВЧЗ и температура любой его части при протекании номинального длительного тока может соответствовать классам 105 (А), 120 (Е) или 130 (В),

Таблица 4.2

#### Пределы повышения температуры

Класс изоляции и исходная температура, °С	Максимальное возрастание температуры, °С	
	Горячая точка, измеренная прямым методом	Измеренное по увеличению активного сопротивления
155 (F)	135	115

4.3.1.1.6 ВЧЗ должен выдерживать без изменения его загрязжающих свойств нагрев, вызванный номинальным кратковременным током в течение 1 с. При этом температура любой части ВЧЗ не должна превышать значений, указанных в Таблице 4.3.

Примечание. По согласованию с заказчиком температура любой части ВЧЗ при протекании номинального кратковременного тока может соответствовать классам изоляции 105 (А), 120 (Е) и 130 (В).

Таблица 4.3

Максимально допустимые величины средней температуры ВЧЗ ( $\theta_2$ )

Класс изоляции, температура, °С	Величина $\theta_2$ для меди и алюминия, °С
155 (F)	250

4.3.1.1.7 Для ограничения радиопомех от короны на ВЧЗ напряжение начала короны должно быть, по крайней мере, на 15 % выше, чем фазное напряжение сети, для работы в которой предназначен ВЧЗ.

4.3.1.1.8 ВЧЗ должен выдерживать механические усилия, вызванные ударным кратковременным током. Асимметричный пик кратковременного тока в первый полупериод промышленной частоты должен быть в 2,55 раза больше действующего значения номинального кратковременного тока по ГОСТ Р 1516.3.

4.3.1.2 Требования к реактору

4.3.1.2.1 Номинальная индуктивность реактора должна выбираться из ряда: 0,2 – 0,25 – 0,315 – 0,4 – 0,5 – 1,0 – 2,0 (мГн) и не должна быть меньше, чем 97 % заявленной величины.

Примечание. Подчёркнутые значения предпочтительны.

4.3.1.2.2 Индуктивность реактора на промышленной частоте не должна отличаться от номинальной более чем на 10 %.

4.3.1.2.3 Координация значений номинального длительного тока и номинального кратковременного тока реактора должна соответствовать требованиям Таблицы 4.4.

Примечание. Выделенные в Таблице 4.4 значения предпочтительны.

Таблица 4.4

Координация токов реактора

Номинальный длительный ток, А	Номинальный кратковременный ток, кА, (среднеквадратическое значение)		Ударный кратковременный ток, кА (пиковое значение)	
	Серия 1	Серия 2	Серия 1	Серия 2
100	2,5	5	6,38	12,75
200	5	<b>10</b>	12,75	25,5
<b>400</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	25,5	40,8
<b>630</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	40,8	51
<b>800</b>	<b>20</b>	25	51	63,75
1 000	25	<b>31,5</b>	63,75	80,33
<b>1 250</b>	<b>31,5</b>	<b>40</b>	80,33	102
1 600	<b>40</b>	<b>50</b>	102	127,5
<b>2 000</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	102	127,5

Номинальный длительный ток, А	Номинальный кратковременный ток, кА, (среднеквадратическое значение)		Ударный кратковременный ток, кА (пиковое значение)	
	Серия 1	Серия 2	Серия 1	Серия 2
2 500	<u>40</u>	<u>50</u>	102	127,5
<u>3 150</u>	<u>40</u>	<u>50</u>	102	127,5
<u>4 000</u>	<u>63</u>	80	160,65	204

Примечания. 1) В соответствии с рекомендациями МЭК 60353 [5] для номинального кратковременного тока введены две градации (серия 1 и серия 2), которые соответствуют нормальным и повышенным требованиям, предъявляемым к реактору. 2) Предпочтительные значения токов подчеркнуты.

4.3.1.2.4 Добротность реактора должна быть не менее 30 (на частоте 100 кГц).

4.3.1.2.5 Частота собственного резонанса реактора должна быть не ниже:

- 1000 кГц для  $L_n$  меньше или равной 0,5 мГн,
- 800 кГц для  $L_n$  в интервале от 0,5 до 1,0 мГн включительно,
- 750 кГц для  $L_n$  в интервале от 1,0 до 2,0 мГн включительно.

Примечание. По согласованию с заказчиком реакторы могут иметь более низкую частоту собственного резонанса.

4.3.1.2.6 Полные потери мощности реактора должны определяться при номинальном длительном токе. Потери при разных конструкциях реактора должны быть приведены к температуре плюс 75 °С.

4.3.1.2.7 Изоляция между зажимами реактора должна быть рассчитана на импульсное напряжение, определяемое как большее из напряжения пробоя защитного устройства на фронте импульсной волны и остаточного напряжения, вызванного номинальным разрядным током защитного устройства.

4.3.1.3 Требования к элементу настройки.

4.3.1.3.1 Элемент настройки должен обеспечивать настройку ВЧЗ на требуемую полосу заграждения в диапазоне частот от 16 до 1000 кГц.

4.3.1.3.2 Элемент настройки не должен изменять свои свойства при увеличении температуры реактора, при протекании по нему номинального длительного или кратковременного тока. Магнитное поле тока реактора не должно вызывать механического повреждения элемента настройки и заметного изменения заграждающих способностей ВЧЗ.

4.3.1.3.3 Изоляция между зажимами элемента настройки должна быть рассчитана на:

а) напряжение, определяемое по формуле (4.1), увеличенное в 1,3 раза, в течение 5 с;

б) импульсное напряжение, определяемое как большее из напряжения пробоя защитного устройства на фронте импульсной волны и остаточного напряжения, вызванного номинальным разрядным током защитного устройства.

4.3.1.3.4 Конденсаторы, используемые в ЭН, должны проходить квалификационные испытания в соответствии с рекомендациями приложения 2, определяющие возможность применения этих конденсаторов.

4.3.1.4 Требования к основному защитному устройству.

4.3.1.4.1 В качестве основного защитного устройства должен использоваться ОПН.

4.3.1.4.2 Защитное устройство не должно повреждаться и изменять свои свойства при воздействии на него магнитного поля реактора и при увеличении температуры реактора, протекании по нему номинального длительного или кратковременного тока.

4.3.1.4.3 Номинальное напряжение защитного устройства должно быть выше напряжения, определяемого по формуле (4.1).

4.3.1.4.4 Защитное устройство должно выдерживать импульсный ток не менее 5 кА.

4.3.1.4.5 Защитное устройство не должно срабатывать (а также оставаться в сработавшем состоянии после окончания переходного процесса) от напряжения промышленной частоты, создаваемого на ВЧЗ номинальным кратковременным током, и вычисляемого по формуле (4.1).

4.3.1.5 Требования к дополнительному защитному устройству.

4.3.1.5.1 Дополнительное ЗУ должно быть выполнено в виде искрового промежутка. Необходимость установки в схему ЭН и параметры дополнительного ЗУ определяет производитель.

4.3.2 Требования к конструкции

4.3.2.1 Конструкция ВЧЗ должна предусматривать возможность его установки на изолирующих опорах и подвеску на конструкциях подстанции. Система подвески должна быть рассчитана на растягивающее усилие,  $P$ , определяемое неравенством (4.2):

$$P \geq 2M \times 9,81 + 5000, H \quad (4.2)$$

где  $M$  – масса ВЧЗ, кг

4.3.2.2 Подвеску ВЧЗ к конструкциям (линейный портал, опора ВЛ и т.п.) следует производить с использованием двух гирлянд изоляторов. Для исключения возможности раскачивания ВЧЗ при ветровых нагрузках, угол, образованный между осью гирлянды и вертикальной осью ВЧЗ, должен находиться в пределах 30-45°. При этом, во всех случаях, должно быть обеспечено наименьшее расстояние в свету между токоведущими частями ВЧЗ и заземленными частями конструкций в соответствии с требованиями действующих НТД.

4.3.2.3 При диаметре реактора ВЧЗ 600 мм и более подвеска ВЧЗ должна обеспечиваться в двух точках, расположенных в плоскости симметричного сечения реактора. Расстояние между двумя проушинами для подвески на двух гирляндах изоляторов должно быть не менее 600 мм. При диаметре реактора ВЧЗ менее 600 мм крепление двух гирлянд изоляторов к ВЧЗ должно осуществляться в одной точке с использованием двухцепных коромысел.

4.3.2.4 При диаметре реактора ВЧЗ 600 мм и более подвеска ВЧЗ должна обеспечиваться в двух точках. Расстояние между двумя проушинами для подвески на двух гирляндах изоляторов должно быть не менее 600 мм. При диаметре реактора ВЧЗ менее 600 мм подвеска ВЧЗ должна осуществляться в одной точке с обеспечением возможности подвески ВЧЗ с использованием двухцепных коромысел.

4.3.2.5 На каркасе ВЧЗ должны быть выполнены проушины для обеспечения возможности подвески снизу второго заградителя.

4.3.2.6 Прουшины для крепления ВЧЗ к гирляндам изоляторов должны иметь сопрягаемые размеры, соответствующие рядам нагрузок 70 кН (7 тс) и 120 кН (12 тс) по ГОСТ 11359.

4.3.2.7 На нижнем торце каркаса заградителя должны быть присоединительные металлические крепления с отверстиями, соответствующими отверстиям на фланцах опорных изоляторов и шинных опор, к которым крепится ВЧЗ.

4.3.2.8 Допускается изготовление специальных переходных фланцев с присоединительными отверстиями, выполненными по техническим требованиям заказчика.

4.3.2.9 Контактные зажимы ВЧЗ должны быть выполнены в соответствии с требованиями ГОСТ 21242.

4.3.2.10 Контактные пластины выводов ВЧЗ по размерам, числу и диаметрам присоединительных отверстий должны быть согласованы с номенклатурой серийно выпускаемых аппаратных зажимов.

4.3.2.11 Контактные зажимы ВЧЗ должны выдерживать приложенные к их середине усилия в вертикальной и горизонтальных плоскостях, указанные в Таблице 4.5.

Таблица 4.5

Допустимые усилия при подвеске ВЧЗ

Номинальное напряжение ВЛ, кВ	Усилие, Н
110	5000
220	5000
330	7000
500	10000
750	12000

4.3.2.12 Степень защиты оболочек должна соответствовать IP01 по ГОСТ 14254 и ГОСТ 24687.

4.3.2.13 Должна иметься возможность установки на ВЧЗ барьера защиты от птиц. Если эта возможность предусмотрена, то барьер должен допускать проникновение в ВЧЗ сферы, имеющей диаметр не более 16 мм.

#### 4.3.3 Требования к условиям эксплуатации

4.3.3.1 ВЧЗ должен быть предназначен для непрерывной работы на открытом воздухе при температуре окружающей среды от минус 50 °С до плюс 50 °С при воздействии солнечной радиации, дождя, снега, гололеда и пыли, при высоте до 1000 м над уровнем моря. ВЧЗ должен выполнять свои функции после воздействия температуры от минус 60 °С до плюс 60 °С.

Примечание. Применение ВЧЗ на высотах выше 1000 м должно быть согласовано с производителем ВЧЗ.

4.3.3.2 Вид климатического исполнения ВЧЗ У, ХЛ категория размещения 1 по ГОСТ 15150 для эксплуатации на открытом воздухе в атмосфере типа II (промышленная).

4.3.3.3 ВЧЗ должен быть предназначен к работе при частоте сети 50 Гц и форме колебаний, которая может рассматриваться, как синусоидальная.

#### 4.3.4 Требования к маркировке и транспортировке

Маркировка должна быть выполнена на фирменной планке из стойкого к атмосферным воздействиям материала, укрепленная на видном месте. Все обозначения на табличке должны быть нанесены четкими несмываемыми знаками. На табличке должно быть указано:

##### 4.3.4.1 Для реактора:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- тип реактора;
- заводской номер;
- номинальная индуктивность реактора, мГн;
- индуктивность реактора на промышленной частоте, мГн;
- номинальный длительный ток, А;
- номинальный кратковременный ток, кА и длительность этого тока в секундах;

– обозначение технических условий (для отечественных изготовителей);

– месяц и год изготовления;

– масса в кг.

##### 4.3.4.2 Для элемента настройки:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- тип элемента настройки;
- заводской номер;
- нижняя и верхняя частота полосы заграждения, кГц;
- заграждающее сопротивление (минимальная величина), Ом;

- номинальный уровень изоляции, кВ;
- серийный номер и индуктивность реактора, для работы с которой предназначен ЭН;
- обозначение технических условий (для отечественных изготовителей);
- месяц и год изготовления.

#### 4.3.4.3 Для ОПН:

- товарный знак предприятия-изготовителя;
- наименование и тип изделия;
- заводской номер;
- обозначение технических условий (для отечественных изготовителей);
- месяц и год изготовления;
- номинальное напряжение, кВ;
- емкость, измеренная на частоте 100 кГц, пФ;
- масса, кг.

4.3.4.4 Транспортная тара ВЧЗ и транспортировка должны соответствовать ГОСТ 23216.

#### 4.3.5 Требования к надежности

4.3.5.1 Срок службы ВЧЗ должен быть не менее 20 лет.

4.3.5.2 Вероятность безотказной работы ВЧЗ за год при доверительной вероятности 0,8 не должна быть менее 0,995.

4.3.5.3 Гарантийный срок должен быть пять лет со дня поставки и не менее трех лет со дня ввода ВЧЗ в эксплуатацию.

4.3.5.4 Проверка параметров ВЧЗ должна требоваться не чаще одного раза в пять лет в течение срока службы.

#### 4.3.6 Требования к безопасности

4.3.6.1 Конструкция ВЧЗ и условия их обслуживания должны соответствовать требованиям ГОСТ 22261, ГОСТ Р 51350, ГОСТ 12.2.007.3, «Правил устройства электроустановок» (ПУЭ) и «Межотраслевых правил по охране труда (техники безопасности) при эксплуатации электроустановок с изменениями и дополнениями».

#### 4.3.7 Требования к документации.

4.3.7.1. Сопроводительная и эксплуатационная документация и надписи на оборудовании должны быть на русском языке.

4.3.7.2. В комплект документации должны входить:

- руководство по монтажу и эксплуатации;
- паспорт/формуляр.



#### 4.3.8 Требования к сервисным центрам.

4.3.8.1. Сервисные центры создаются предприятиями-производителями или их поставщиками на территории Российской Федерации для выполнения сервисного обслуживания, ремонта или замены изготовленного ими оборудования в период гарантийного и всего срока службы, и подготовки эксплуатационного и ремонтного персонала.

##### 4.3.8.2. Требования к функционированию сервисного центра:

- 1) Наличие помещения, склада запасных частей и ремонтной базы (приборы и соответствующие инструменты) для осуществления гарантийного и послегарантийного ремонта;
- 2) Организация обучения и периодическая аттестация персонала эксплуатирующей организации, с выдачей сертификатов;
- 3) Наличие аттестованных производителем специалистов для осуществления гарантийного и постгарантийного ремонта, сервисное обслуживание;
- 4) Наличие достаточного для обеспечения своевременного (не более 5 суток) ремонта всего спектра поставляемого оборудования аварийного резерва запчастей;
- 5) Обязательные консультации и рекомендации по эксплуатации и ремонту оборудования специалистами сервисного центра;
- 6) Оперативное прибытие специалистов сервисного центра на объекты, где возникают проблемы с установленным оборудованием, в течение 72 часов.
- 7) Поставка любых запасных частей, ремонт и/или замена любого блока оборудования в течение 20 лет от даты окончания Гарантийного срока.
- 8) Срок поставки запасных частей для оборудования, с момента подписания договора на их покупку не более 6 месяцев.

#### 4.4 Методы испытаний

##### 4.4.1 Общие условия

4.4.1.1 Испытания должны проводиться на заводе-изготовителе в нормальных климатических условиях по ГОСТ 15150. При испытаниях ВЧЗ должен находиться в положении, аналогичном тому, в котором он находится в условиях эксплуатации, если не оговорены другие условия.

Примечания. 1) Все оборудование, используемое в измерениях (включая ВЧЗ) должно быть отдалено от пола, металлических поверхностей и объектов, по крайней мере, на два диаметра катушки реактора. Там, где это необходимо, следует учитывать влияние соединительных проводов.

2) Допускается применять другие методы, включая использование инструментов с прямым считыванием, что устраняет или уменьшает вычисления. При этом использованные приборы должны отвечать требованиям необходимой точности и адекватности. При выполнении измерений необходимо обеспечить, минимальную длину петли для исключения влияния внешних полей.

#### 4.4.2 Типовые испытания

##### 4.4.2.1 Заграждающее сопротивление и полоса заграждения (п. 4.3.1.1.3).

Полоса заграждения определяется как полоса частот, в которой заграждающее сопротивление превышает минимально допустимое значение. Заграждающее сопротивление и полное заграждающее сопротивление ВЧЗ может определяться двумя способами:

- С помощью специализированных приборов (например, AnCom А-7, моста полных проводимостей), измеряющих полное сопротивление ВЧЗ и его действительную и мнимую части.
- С помощью упрощенной схемы моста, приведенной на рисунке 4.2.

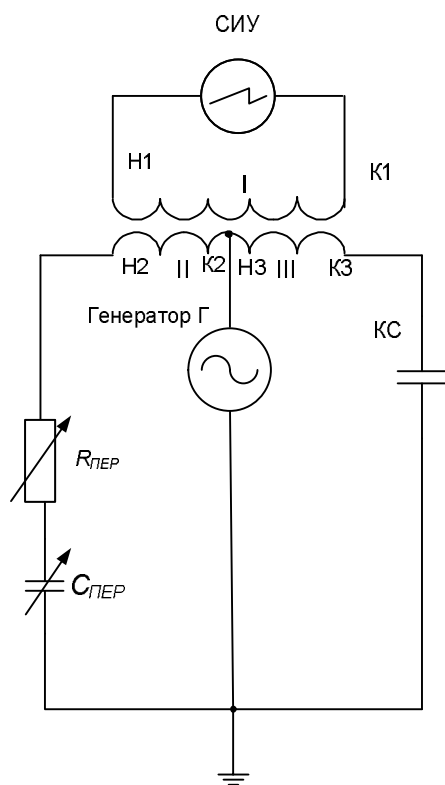


Рисунок 4.2. Схема упрощенного моста при измерениях заграждающего сопротивления

**Измерения с помощью специализированных приборов** Штатным образом на выбранных частотах измеряется полное сопротивление и его действительная и мнимая части.

##### **Измерения с помощью упрощенной схемы моста**

В качестве источника сигнала используют генератор с симметричным выходом и «нулевым» внутренним сопротивлением; в качестве индикатора настройки моста используют селективный измеритель уровня (СИУ) с высокоомным входом и полосой избирательности не более 100 Гц.

Поочередным изменением сопротивлений магазинов сопротивлений ( $R_{\text{ПЕР}}$ ) и емкостей ( $C_{\text{ПЕР}}$ ) добиваются балансировки моста на рисунке 4.3, которая соответствует минимальному показанию индикатора. Балансировка считается выполненной, если уровень, измеряемый индикатором, не менее чем на 35 дБ ниже уровня выхода генератора. Если балансировка не получается, следует изменить положение переключателя  $k_2$ , переведя магазин емкостей из одного плеча моста в другое.

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

$$r_x = R_{\text{МАГ}}; \quad x_x = \frac{1}{\omega C_{\text{МАГ}}}; \quad Z_x = \sqrt{(r_x^2 + x_x^2)}. \quad (4.3)$$

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

Для определения только полного заграждающего сопротивления (модуля полного сопротивления) ВЧЗ можно использовать схему на рисунке 4.3. При измерениях сопротивление  $R$  изменяют так, чтобы напряжение  $U_R$  стало равным  $U_{\text{ВЧЗ}}$ . В этом случае полное сопротивление ВЧЗ будет равно значению  $R$ . Генератор в этой схеме должен иметь симметричный выход.

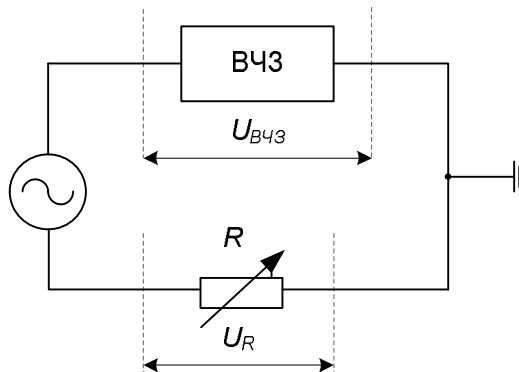


Рисунок 4.3. Схема измерения модуля полного сопротивления ВЧЗ

#### 4.4.2.2 Испытание прочности изоляции ВЧЗ импульсным напряжением (п. 4.3.1.1.4.b).

Испытание выполняется одним из двух методов, выбор которого определяется соглашением между изготовителем и покупателем. Возможно выполнение испытаний обоими методами. Схема испытаний приведена на рисунке 4.4.

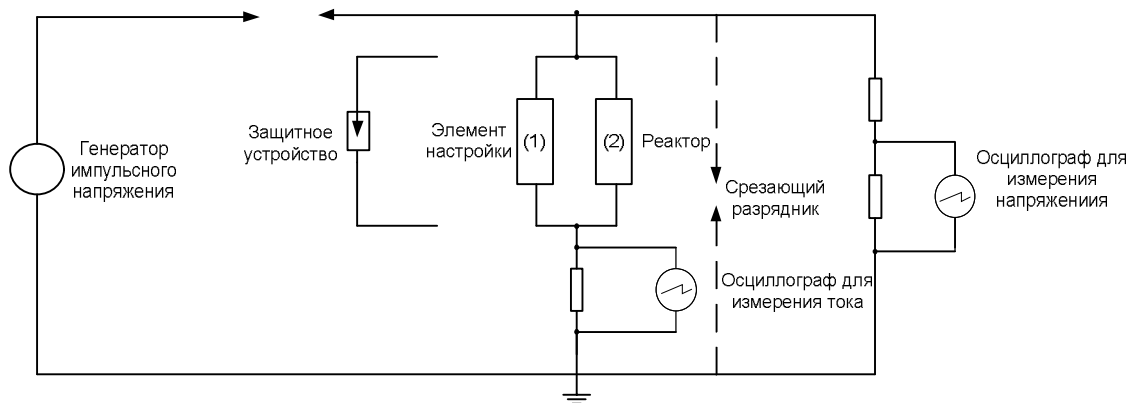


Рисунок 4.4. Схема испытаний прочности изоляции заградителя импульсным напряжением

#### 4.4.2.2.1 Метод 1:

Испытание выполняется с заменой защитного устройства, на другое с импульсным пробивным напряжением, по крайней мере, на 30 % выше, чем у штатного защитного устройства, поставляемого с ВЧЗ. Оно должно быть того же типа и конструкции и установлено так же, как и штатное. Верхний предел напряжения пробоя этого защитного устройства должен соответствовать ближайшей высшей величине номинального напряжения, приведённого в МЭК 60099-1.

Примечание. Если необходимые требования к испытаниям не могут быть выполнены из-за характеристик защитного устройства, можно использовать шаровой разрядник.

На зажимы ВЧЗ должно быть подано напряжение со скоростью нарастания не менее 200 кВ/мкс и амплитудой, которая гарантирует срабатывание защитного устройства на фронте волны (при этом в схеме рисунка 3.5 вместо срезающего разрядника должно быть включено защитное устройство).

Испытательная процедура:

Испытательное напряжение поочередно должно быть подано на каждый из зажимов ВЧЗ при заземлении другого зажима.

Записи осциллограмм должны быть получены для напряжений и токов в точках, показанных на рисунке 3.5.

Последовательность испытаний.

Подается:

а) Один импульс с напряжением, примерно равным 50 % пробивного напряжения защитного устройства.

б) Пять положительных и пять отрицательных полных импульсных напряжений с указанными выше параметрами.

с) Повторение пункта а).

Существенные изменения в заграждающих свойствах ВЧЗ до и после испытаний импульсным напряжением, а также изменения в записях осциллограмм, указывают на повреждение изоляции или на другие повреждения, появившиеся в результате испытаний.

#### 4.4.2.2.2 Метод 2:

Испытание выполняется с отключенным защитным устройством (но с подключенным элементом настройки).

Волна 1,2/(10-50) мкс должна быть приложена к зажимам ВЧЗ. Пиковое напряжение импульса должно быть, по крайней мере, на 30 % больше, чем пробивное напряжение на фронте волны или остаточное напряжение при номинальном разрядном токе (принимается наибольшая из этих величин).

Испытательное напряжение должно быть подано на каждый из зажимов ВЧЗ при заземлении другого жжима.

Записи осциллограмм должны быть получены для напряжений и токов в точках, показанных на рисунке 4.4.

Последовательность испытаний.

Подается:

а) Один импульс с пиковым напряжением, равным примерно 50 % требуемого пикового напряжения, определенного как указано выше.

б) Один 100 % импульс.

с) Два положительных и два отрицательных 100 % срезанных импульса с предразрядным временем 5 мкс и длительностью среза импульса 0,4 мкс.

д) Три положительных и три отрицательных 100 % импульсов 1,2/(10-50) мкс.

е) Повторение пункта а).

Существенные изменения в загряздающих свойствах ВЧЗ до и после испытаний импульсным напряжением, а также изменения в записях осциллограмм, указывают на ненормальности с изоляцией или на другие повреждения, появившиеся в результате испытаний.

Примечание. Срезающий разрядник, показанный на рисунке 4.5, включается только при испытаниях срезанным импульсом.

4.4.2.3 Испытания ВЧЗ при номинальном длительном токе  $I_{н.дл}$  (пункты 4.3.1.1.5 и 4.3.1.2.6).

При испытаниях номинальным длительным током определяется подъем температуры реактора (средняя величина, определенная по увеличению сопротивления и прямыми измерениями в горячей точке) и потери на промышленной частоте.

4.4.2.3.1 Измерение подъема температуры реактора (п. 4.3.1.1.5).

Испытания должны проводиться при номинальном длительном токе  $I_{н.дл}$ . В случае, если по какой-либо причине это невозможно, может использоваться величина  $I_t$ , которая должна быть не меньше 90 % номинального значения.

Величина подъема температуры  $\theta_n$ , которая имела бы место при протекании номинального длительного тока, рассчитывается по формуле:

$$\theta_n = \theta_t \left( \frac{I_{н.дл.}}{I_t} \right)^{1,6} \quad (4.4)$$

где:

$I_{н.дл}$  – номинальный длительный ток,

$I_t$  – длительный ток во время испытаний,

$\theta_t$  – фактический подъем температуры при токе  $I_t$ .

Испытания должны продолжаться до тех пор, пока температура любой части ВЧЗ будет увеличиваться не более чем на 2 % в течение двух последовательных ежечасных измерений.

а) Определение средней величины подъема температуры по увеличению измеренного сопротивления.

Повышение температуры, обусловленное протеканием  $I_{н.дл}$ , устанавливается по результатам измерения сопротивления реактора  $R_1$  прямо перед началом испытания (при температуре окружающей среды  $\theta_1$ ) и тем, каким оно стало сразу после испытания ( $R_2$ ).

Так как между завершением испытания и измерением сопротивления реактора проходит некоторый период времени, рекомендуется провести, по крайней мере, четыре измерения сопротивления с интервалом между измерениями не более трех минут. По результатам этих измерений должен быть построен график зависимости измеренных значений сопротивления от времени. Экстраполируя полученную кривую, как это показано на рисунке 4.5, получают величину сопротивления в момент завершения испытания.

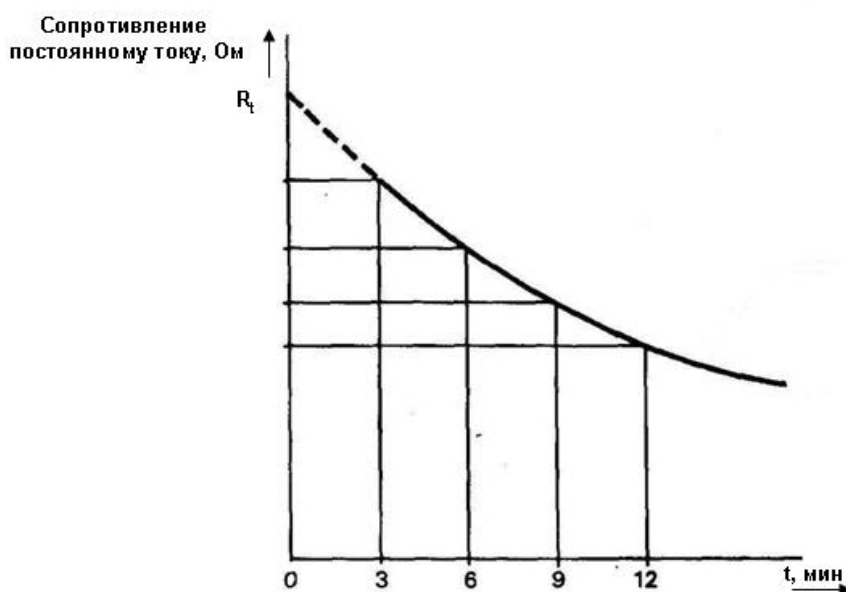


Рисунок 4.5. График зависимости измеренных значений сопротивления от времени

Температура  $\theta_2$  реактора (в градусах Цельсия) в конце испытательного периода рассчитывается по значениям измеренных сопротивлений  $R_2$  и  $R_1$  по формулам, приведенным в Таблице 4.6:

Таблица 4.6

Материал провода	Формула для расчета $\theta_2$
Алюминий	$\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} (225 + \theta_1) - 225$

Медь	$\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} (235 + \theta_1) - 235$
Алдрей	$\theta_2 = \frac{R_2}{R_1} (278 + \theta_1) - 278$

Примечание. В формулах:  $\theta_1$  (в градусах Цельсия) - температура реактора перед началом испытания; Значения температурного коэффициента материала проводника  $\alpha$  ( $T = 1/\alpha$ ) при получении формул Таблицы 4.6 приняты в соответствии с данными Таблицы 4.7.

Таблица 4.7

Величины  $\alpha$  и  $T$  для алюминия, меди и алдрея

Материал провода	$\alpha = 1/T (1/^\circ\text{C})$	$T = 1/\alpha (^\circ\text{C})$
Алюминий	0,00444	225
Медь	0,00426	235
Алдрей	0,00360	278

Средний подъем температуры равен разнице между заключительной температурой  $\theta_2$  и температурой окружающей среды.

б) Определение подъема температуры в горячей точке:

Измерение температуры производят, по крайней мере, в пяти точках, расположенных как показано на рисунке 4.6.

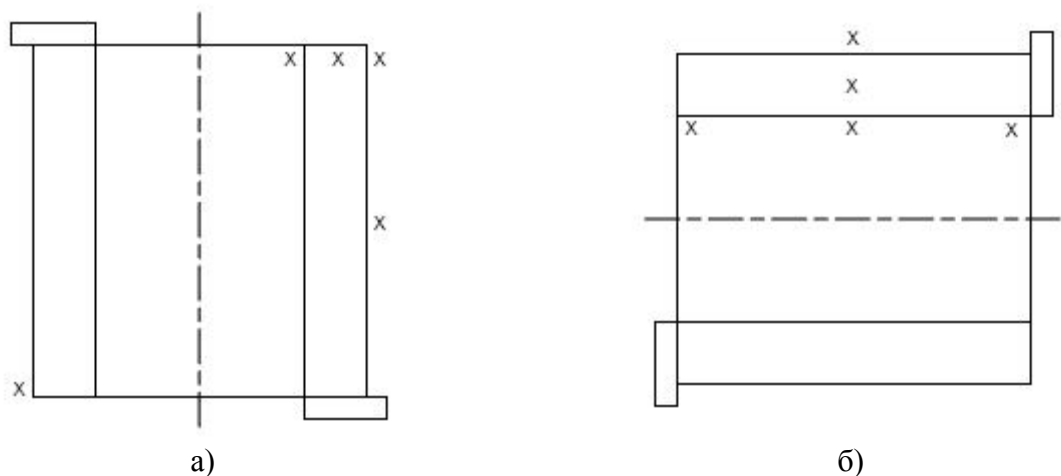


Рисунок 4.6. Расположение точек измерений температуры: а) – при вертикальном положении реактора; б) - при горизонтальном положении реактора

Подъем температуры в горячей точке – это разница между самой высокой из измеренных значений температуры, полученных по завершению испытания, и температуры окружающей среды.

Для измерения повышения температуры можно использовать термопары, термометры, термочувствительную бумагу или другие подходящие устройства. Измеряющее устройство должно быть размещено на катушке (на поверхности провода).

#### 4.4.2.3.2 Измерение полных потерь (п. 4.3.1.2.6).

Рекомендуется, чтобы потери были измерены при температуре обмотки, находящейся в области температуры 75°C. Если это невозможно, то потери могут быть определены по результатам измерения при «холодном» ВЧЗ (температура  $\theta$  °C):

$$P_w = I_{н.дл.}^2 R K_1 + (P_c - I_{н.дл.}^2 R) K_2, \quad (4.5)$$

где:

$P_w$  – расчетные полные потери для 75 °C,

$I_{н.дл.}$  – номинальный длительный ток промышленной частоты,

$R$  – сопротивление постоянному току для  $\theta$  °C,

$K_1$  = коэффициент для приведения сопротивления постоянному току на температуру  $\theta$  °C к температуре 75 °C:

$$K_1 = \frac{T + 75}{T + \theta}, \quad (4.6)$$

где:

$T=1/\alpha$  (см. Таблицу 4.7).

$P_c$  – измеренные полные потери для  $\theta$  °C (холодное состояние),

$K_2$  – коэффициент для приведения потерь от вихревых токов к температуре 75 °C.

Значения коэффициента  $K_2$  могут быть получены из измерений при типовых тестах ВЧЗ с аналогичной конструкцией, как:

$$K_2 = \frac{P_{wt} - I_{н.дл.}^2 R_t K_1}{P_{ct} - I_{н.дл.}^2 R_t}, \quad (4.7)$$

где:

$P_{wt}$  – измеренные полные потери при 75 °C,

$P_{ct}$  – измеренные потери при  $\theta$  °C,

$R_t$  – сопротивление постоянному току при  $\theta$  °C.

4.4.2.4 Испытания ВЧЗ при номинальном кратковременном токе  $I_{н.дл.}$  (пункты 4.3.1.1.6 и п. 4.3.1.1.8).

Цель испытания проверка способности ВЧЗ противостоять тепловым и механическим воздействиям, при номинальном кратковременном токе  $I_{н.кр}$  и ударном токе. При испытаниях ВЧЗ должен быть полностью укомплектован, то есть элемент настройки и защитные устройства должны быть присоединены к реактору.

4.4.2.4.1 Испытание термической стойкости ВЧЗ (п. 4.3.1.1.6).

Термическая стойкость ВЧЗ должна быть проверена при воздействии номинального кратковременного тока  $I_{н.кр}$  в течение 1 с.

Результат испытания определяется визуальным осмотром и измерением загрязжающих свойств ВЧЗ до и после испытаний.



Если испытательное оборудование не позволяет провести испытание при  $I_{н.кр}$ , то термическая стойкость может быть проверена при токе  $I$  в течение времени  $t$  (от 0,5 с до 2 с), при котором  $I^2 t$  – не меньше, чем  $I_{н.кр}^2 t_N$  ( $t_N=1$  с). При этом температура  $\theta_1$  не должна превышать температуру  $\theta_2$ , указанную в Таблице 4.3.

Температура  $\theta_1$ , рассчитывается как:

$$\theta_1 = \theta_0 + k J^2 t 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}, \quad (4.8)$$

где:

$\theta_0$  – начальная температура,  $^\circ\text{C}$ ,

$J$  – плотность тока КЗ,  $\text{A}/\text{мм}^2$ ,

$t$  – продолжительность теста, с,

$k$  ( $^\circ\text{C} \times \text{мм}^4$ )/( $\text{A}^2 \times \text{с}$ ) – функция от  $\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ , определяемая в соответствии с Таблицей 4.8.

Начальная температура  $\theta_0$  является суммой окружающей температуры и подъема температуры, определенного измерением сопротивления.

Значения коэффициента  $k$ 

$\frac{1}{2}(\theta_2 + \theta_0)$ , °C	$k$	
	Медь	Алюминий
140	7,41	16,5
160	7,80	17,4
180	8,20	18,3
200	8,59	19,1
220	8,99	20,0
240	9,38	20,9
260	9,78	21,8

#### 4.4.2.4.2 Испытание механической стойкости ВЧЗ (п. 4.3.1.1.8).

Способность ВЧЗ выдерживать механические усилия должна быть проверена при воздействии ударного кратковременного тока. Первый пик ударного тока должен быть не менее чем в 2,55 раза больше номинального кратковременного тока. Продолжительность воздействующего тока должна быть, по крайней мере, пять периодов промышленной частоты.

Способность ВЧЗ выдерживать испытание должна быть определена визуальным осмотром (отсутствие деформации реактора) и измерением заграждающих свойств ВЧЗ до и после испытаний.

#### 4.4.2.5 Измерение радиопомех (п. 4.3 .1.1.7)

Измерение напряжения радиопомех, генерируемых ВЧЗ в условиях эксплуатации, производится по схеме, приведенной на рисунке 4.7. Измеритель помех должен производить измерение сигнала в диапазоне частот от 0,5 до 1,5 МГц в полосе пропускания 9 кГц и иметь входное сопротивление 150 Ом. Он должен иметь квазипиковый детектор. Испытания должны проводиться в условиях чистой и сухой окружающей среды. Фоновые помехи не должны превышать 50 мкВ. Напряжение начала короны фиксируется по увеличению уровня помех над фоновыми.

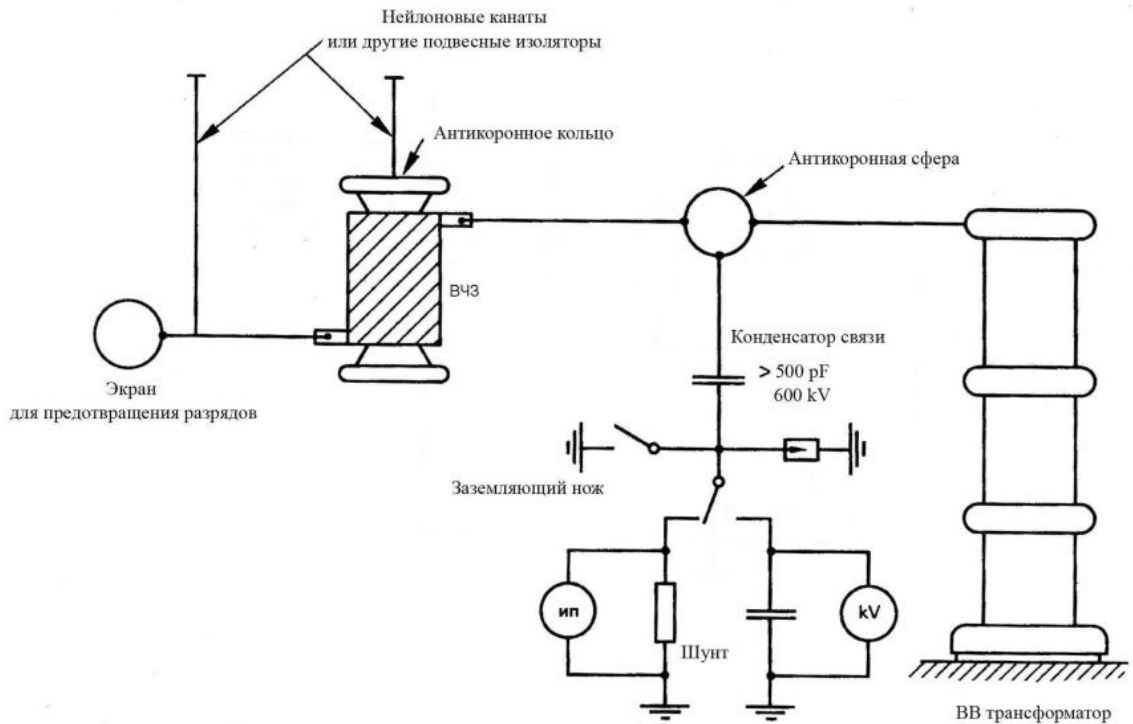


Рисунок 4.7. Схема измерения напряжения радиопомех, генерируемых ВЧЗ

#### 4.4.2.6 Номинальная индуктивность и добротность реактора (пункты 4.3.1.2.1 и 4.3.1.2.4).

При измерениях рекомендуется, чтобы заградитель был отделен от земли и любых металлических конструкций, на расстояние, по крайней мере, не менее одного внешнего диаметра реактора. Близость земли и металла в любой форме может влиять на точность измерения. Все соединительные провода должны быть как можно короче, а их сечение должно быть не менее  $2,5 \text{ мм}^2$ .

Измерения могут производиться двумя методами:

- С помощью специализированных приборов (например, AnCom A-7, моста полных проводимостей), позволяющих измерить полное сопротивление ВЧЗ и его действительную и мнимую части.
- С помощью упрощенной схемы моста.

#### **Измерения с помощью специализированных приборов**

На частотах  $f_1 = 70 \text{ кГц}$  и  $f_2 = 140 \text{ кГц}$  штатным образом измеряется мнимая и действительная части полной проводимости реактора  $y_1$  и  $g_1$  и  $y_2$  и  $g_2$  (соответственно для частот  $f_1 = 70000 \text{ Гц}$  и  $f_2 = 140000 \text{ Гц}$ ).

Номинальная индуктивность  $L_n$ , (Гн) вычисляется по полученным значениям  $y_1$  и  $y_2$  (См), по формуле:

$$L_n = \left( \frac{f_2}{f_1} - \frac{f_1}{f_2} \right) \times \frac{1}{2\pi f_1 \left( y_1 \frac{f_2}{f_1} - y_2 \right)}, \quad (4.9)$$

Добротность  $Q$  вычисляется по полученным значениям  $g_1$  и  $g_2$  (См) по формуле:

$$Q = \frac{(2\pi f_1 g_1 + 2\pi f_2 g_2) L_H}{2} \quad (4.10)$$

### Измерения с помощью упрощенной схемы моста

Упрощенная схема моста приведена на рисунке 4.8.

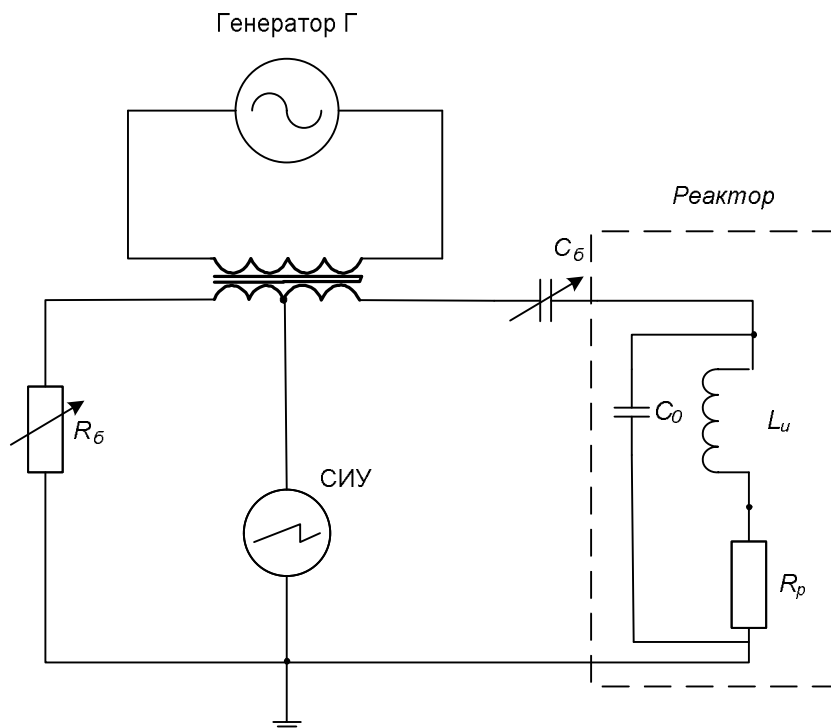


Рисунок 4.8. Схема упрощенного моста при измерениях номинальной индуктивности и добротности

На этой схеме реактор, включенный в одно из плеч моста, представлен своей эквивалентной схемой, в которой  $C_0$  – собственная емкость реактора,  $L_u$  – истинная индуктивность реактора,  $R_p$  – эквивалентное активное сопротивление реактора на измеряемой частоте.

Мост балансируется на частотах  $f_1 = 70$  кГц и  $f_2 = 140$  кГц с помощью переменного конденсатора  $C_\delta$  и резистора  $R_\delta$ .

Балансировка моста производится последовательным итерационным изменением емкости конденсатора  $C_\delta$  и сопротивления резистора  $R_\delta$  до получения минимальных показаний измерителя СИУ на каждой из частот. СИУ должен иметь полосу избирательности не более 100 Гц.

Номинальная индуктивность  $L_H$  (Гн) вычисляется по полученным при балансировке моста значениям  $C_\delta$  (Ф). ( $C_{\delta.1}$  – для частоты  $f_1 = 70000$  Гц и  $C_{\delta.2}$  – для частоты  $f_2 = 140000$  Гц) по формуле:

$$L_H = \frac{1}{4\pi^2(C_{\delta 1} - C_{\delta 2})} \left( \frac{1}{f_1^2} - \frac{1}{f_2^2} \right) \quad (4.11)$$

Добротность  $Q$  вычисляется по полученным значениям  $R_{\delta 1}$  и  $R_{\delta 2}$  (Ом) по формуле:

$$Q = \frac{\left( \frac{2\pi f_1}{R_{\delta 1}} + \frac{2\pi f_2}{R_{\delta 2}} \right) L_H}{2} \quad (4.12)$$

#### 4.4.2.7 Индуктивность реактора на промышленной частоте (п. 4.3.1.2.2).

Методом вольтметра-амперметра измеряется сопротивление реактора на промышленной частоте или любой частоте до 100 Гц. Индуктивность реактора определяется делением полученного значения сопротивления на угловую частоту.

#### 4.4.2.8 Частота собственного резонанса реактора (п. 4.3.1.2.5).

Измерения производится по схеме, приведенной на рисунке 4.9. Генератор должен иметь симметричный выход. Для исключения влияния паразитных ёмкостей реактора  $C_{П.1}$  и  $C_{П.2}$  измерение частоты собственного резонанса реактора  $f_0$  производят три раза:

- при заземлении нижнего вывода реактора (частота  $f_1$ );
- при заземлении верхнего вывода реактора (частота  $f_2$ );
- без заземления реактора (частота  $f_3$ ).

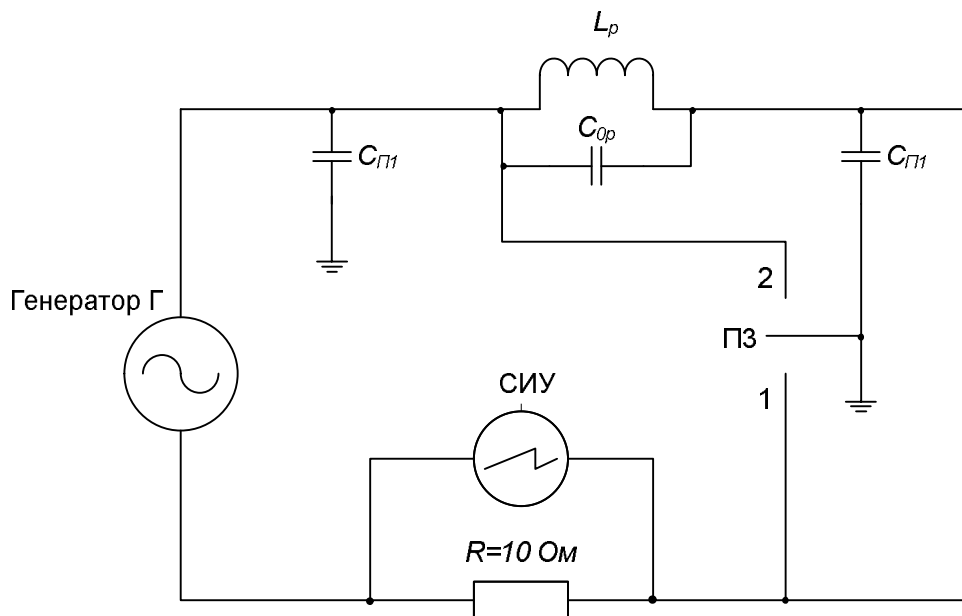


Рисунок 4.9. Схема измерений частоты собственного резонанса реактора

Определение частоты собственного резонанса реактора выполняется следующим образом:

- Переключатель П поочередно устанавливается в положение «1» (заземляется нижний вывод реактора), «2» (заземляется верхний вывод реактора) и «3» (выводы реактора не заземляются);
- Для каждого положения переключателя П определяется частота генератора Г, при которой показания селективного измерителя уровня СИУ минимальны (частоты  $f_1$ ,  $f_2$  и  $f_3$ ).
- По формуле (4.13) рассчитывается собственная резонансная частота реактора  $f_0$ .

$$f_0 = \frac{f_1 f_2}{A \sqrt{1 + \sqrt{1 - \left(A \frac{f_3}{f_1 f_2}\right)^2}}}, \quad (4.13)$$

Где А

$$A = \sqrt{f_1^2 + f_2^2 - f_3^2}$$

4.4.2.9 Уровень изоляции реактора при импульсных воздействиях (п. 4.3.1.2.7).

Испытания проводятся только в случае изготовления реактора без элемента настройки. Методика их проведения такая же, как для ВЧЗ в целом (см. испытания по п. 4.3.1.1.4).

4.4.2.10 Испытание прочности изоляции элемента настройки напряжением промышленной частоты (п. 4.3.1.3.3, а).

К элементу настройки, отсоединенному от реактора, в течение 5 с, прикладывается испытательное напряжение равное увеличенному в 1,3 раза напряжению, определенному по формуле (4.1).

#### 4.4.3 Периодические испытания

4.4.3.1 Измерение заграждающего сопротивления (п. 4.4.2.1).

4.4.3.2 Измерение индуктивности реактора на промышленной частоте (п. 4.4.2.6).

4.4.3.2 Измерение номинальной индуктивности реактора (п. 4.4.2.7).

4.4.3.3 Испытание элемента настройки напряжением промышленной частоты (п. 4.4.2.10).

#### 4.4.4 Требования к параметрам измерительных приборов.

Измерение высоковольтных и сильноточных параметров производятся при испытаниях на заводах изготовителей или специализированных центрах, которые и определяют набор необходимых приборов.

Ниже приведён перечень измерительных приборов, предназначенных только для измерения ВЧ характеристик ВЧЗ. В перечне приведены требования, которым должен удовлетворять каждый из перечисленных приборов.

### ***Генератор синусоидальных сигналов***

- Диапазон частот:
  - Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.
  - Верхняя граничная частота не менее 1100 кГц.
- Погрешность установки частоты не более 1 Гц.
- Выход симметричный и коаксиальный.
- Номинальное внутреннее сопротивление:
  - Для коаксиального выхода – 75 Ом.
  - Для симметричного выхода – 150 Ом.
  - Нулевое – не более 1 Ом.
- Мощность не менее (+10) дБм.

### ***Избирательный измеритель уровня***

- Диапазон частот:
  - Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.
  - Верхняя граничная частота не менее 1100 кГц.
- Погрешность установки частоты не более 1 Гц.
- Выход симметричный и коаксиальный.
- Номинальное входное сопротивление:
  - Для коаксиального выхода – 75 Ом.
  - Для симметричного выхода – 150 Ом.
  - Высокое – не менее 10 кОм.
- Тип детектора. Детектор среднеквадратичных значений.
- Избирательность:
  - Широкополосные измерения.
  - Измерения в узкой полосе частот (25 Гц).
- Диапазон измерения уровней:
  - Нижняя граница – не более (- 40) дБм.
  - Верхняя граница – не менее (+15) дБм.

### ***Мост полных сопротивлений (проводимостей)***

- Диапазон частот:
  - Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.
  - Верхняя граничная частота не менее 1100 кГц.
- Диапазон измерения сопротивления (модуль):
  - Нижняя граница – не более 10 Ом.
  - Верхняя граница – не менее 10 кОм.
- Погрешность измерения фазового угла сопротивления не более пяти градусов.

## 5 Требования к конденсаторам связи

### 5.1 Термины и определения, сокращения:

В настоящем разделе стандарта организации применяются термины по ГОСТ 15581, а также следующие термины и соответствующие им определения:

№ п/п.	Термин	Определение
1.	Батарея конденсаторов	Комплект конденсаторных единиц, соединённых последовательно.
2.	Вывод низкого напряжения	Вывод, предназначенный для подключения к фильтру присоединения.
3.	Вывод «Земля»	Вывод, предназначенный для присоединения к земле.
4.	Единичный конденсатор	Набор (сборка) соединенных секций в одном корпусе с выводами наружу, составляющий отдельное изделие.
5.	Истинная ёмкость	Ёмкость идеального конденсатора, равная емкости реального конденсатора на частоте 50 Гц.
6.	Кажущаяся ёмкость	Реактивное сопротивление конденсатора, разделенное на угловую частоту, на которой реактивное сопротивление было определено без компенсации собственной индуктивности.
7.	Конденсатор	Единичный конденсатор или батарея конденсаторов, когда нет необходимости в разделении этих терминов.
8.	Конденсатор связи	При определении КС по ГОСТ 15581.
9.	Конденсаторный элемент (секция)	Устройство, состоящее из двух электродов, разделённых диэлектриком.
10.	Линейный вывод	Вывод, предназначенный для соединения с проводом ВЛ.
11.	Номинальная емкость	При определении по ГОСТ 15581.
12.	Номинальное напряжение	При определении по ГОСТ 15581.
13.	Номинальная температурная категория конденсатора	Диапазон температуры окружающего воздуха, для которой конденсатор разработан.
14.	Паразитная емкость вывода низкого напряжения	Ёмкость между выводом низкого напряжения и выводом «Земля».
15.	Паразитная емкость изолирующей подставки	Ёмкость между выводами (крышками) изолирующей подставки.
16.	Потери мощности конденсатора	Активная мощность, рассеиваемая в конденсаторе.
17.	Проводимость утечки вывода низкого напряжения	Активная проводимость между выводом низкого напряжения и выводом «Земля».
18.	Проводимость утечки изолирующей подставки	Активная проводимость между выводами (крышками) изолирующей подставки.
19.	Собственная индуктивность	Индуктивность, которая вместе с истинной ёмкостью КС определяет частоту



		собственного резонанса КС.
20.	Тангенс угла потерь	При определении по ГОСТ 15581.
21.	Температурный коэффициент емкости	Изменение емкости в диапазоне изменения температур, отнесенное к значению диапазона температур.
22.	Частота собственного резонанса	Частота, на которой комбинация истинной ёмкости и собственной индуктивности приводит к резонансу.
23.	Эквивалентное последовательное сопротивление конденсатора	Сопротивление резистора, который будучи соединен последовательно с истинной ёмкостью и собственной индуктивностью, давало бы потерю энергии, имеющую место в реальном конденсаторе на заданной частоте.

В настоящем разделе стандарта организации приняты следующие сокращения.

- КС - Конденсатор связи.
- ЕТН - Ёмкостной трансформатор напряжения.
- $C_n$  - Номинальная емкость конденсатора.
- $U_n$  - Номинальное напряжение конденсатора.
- $C_u$  - Истинная ёмкость.
- $C_k$  - Кажущаяся ёмкость.
- $L_0$  - Собственная индуктивность.
- $f_c$  - Частота собственного резонанса.
- $R_э$  - Эквивалентное последовательное сопротивление конденсатора.
- $tg\delta$  - Тангенс угла потерь конденсатора.

## 5.2 Выполняемые КС функции

Конденсатор связи предназначен для подключения ФП к находящемуся под высоким напряжением проводу ВЛ переменного тока, обеспечивая необходимую защиту ФП и аппаратуры уплотнения от напряжения промышленной частоты. Совместно с ФП КС образует полосовой фильтр с полосой пропускания, в пределах которой обеспечивается передача ВЧ сигналов с заданными параметрами.

В качестве конденсатора связи может использоваться ЕТН.

## 5.3 Технические требования

### 5.3.1 Требования по назначению

В разделе не рассматриваются требования к электрической прочности изоляции конденсаторов и уровню частичных разрядов, которые должны соответствовать общим нормам ГОСТ 1516.1, ГОСТ 1516.2, ГОСТ 1516.3, ГОСТ 9920 и ГОСТ 20074.

При использовании ЕТН в качестве КС, к ЕТН в комплекте с электромагнитным устройством применимы все изложенные ниже требования.

5.3.1.1 Конденсатор должен обеспечивать передачу сигналов каналов ВЧ связи в диапазоне частот от 16 до 1000 кГц при максимальной пиковой мощности огибающей ВЧ сигнала не менее 400 Вт.

При использовании в качестве конденсатора связи ЕТН, рабочий диапазон частот, определяется частотной зависимостью входного сопротивления электромагнитного устройства и может быть меньше указанного выше.

5.3.1.2 Номинальное напряжение конденсатора должно выбираться из ряда, указанного в Таблице 5.1.

5.3.1.3 Если фазное напряжение ВЛ больше номинального напряжения единичного конденсатора, то должна составляться батарея из нескольких последовательно соединенных конденсаторов, установленных один на другой. Число этих конденсаторов для ВЛ разного класса напряжения указано в Таблице 5.1.

Таблица 5.1

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

5.3.1.4 Номинальная ёмкость конденсаторов должна выбираться в соответствии с Таблицей 5.1. Погрешность емкости конденсаторов не должна превышать значений, указанных в Таблице 5.1.

5.3.1.5 Кажущаяся емкость конденсатора на частоте 1000 кГц в диапазоне рабочей температуры не должна превышать номинальную емкость более чем на 50 %, что соответствует частоте собственного резонанса элемента конденсатора не менее 1400 кГц.

5.3.1.6 Эквивалентное последовательное сопротивление конденсатора на частоте 1000 кГц в диапазоне рабочих температур не должно превышать 40 Ом.

5.3.1.7 Конденсаторы связи должны без повреждения или ухудшения параметров выдерживать длительный высокочастотный ток не менее 1,2 А (среднеквадратичное значение).

Примечание. Этот ток соответствует мощности 400 Вт для номинального характеристического сопротивления ВЛ 750 кВ, равного 280 Ом.

5.3.1.8 Паразитная емкость между выводом низкого напряжения конденсатора и выводом «Земля» не должна превышать 100 пФ.

5.3.1.9 Это же требование относится к изолирующей подставке КС.

5.3.1.10 Проводимость утечки между выводом низкого напряжения

конденсатора и выводом «Земля» не должна превышать  $0,2 \times 10^{-10}$  См.

5.3.1.11 Это же требование относится к изолирующей подставке КС.

5.3.1.12 Значение тангенса угла потерь конденсатора, измеренное при температурах 20 и 60 °С и номинальном напряжении частоты 50 Гц, должно быть не более  $4 \times 10^{-4}$ .

### 5.3.2 Требования к надежности

5.3.2.1. Вероятность безотказной работы конденсаторов за 20 лет - не менее 0,9. Средний срок службы конденсаторов должен быть не менее 30 лет.

5.3.2.2. Гарантийный срок эксплуатации КС должен быть не менее трех лет с момента ввода в эксплуатацию.

### 5.3.3 Требования к условиям эксплуатации

5.3.3.1 Вид климатического исполнения конденсатора связи должен быть У1, ХЛ1 и Т1 по ГОСТ 15150.

5.3.3.2 Номинальные значения климатических факторов по ГОСТ 15150 и ГОСТ 15543.1, при этом верхнее рабочее значение температуры окружающего воздуха:

- 45 °С для вида климатического исполнения У1 и ХЛ1;
- 55 °С для вида климатического исполнения Т1.

5.3.3.3 Конденсатор связи предназначен для работы в невзрывобезопасной окружающей среде, не содержащей агрессивных газов и паров в концентрациях, разрушающих металлы и изоляцию.

### 5.3.4 Требования к безопасности

5.3.4.1 Конденсаторы должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.1.004, ГОСТ 12.2.007.0, ГОСТ 12.2.007.5.

5.3.4.2 Класс защиты конденсаторов – I по ГОСТ 12.2.007.0.

5.3.4.3 Конденсаторы не должны устанавливаться в пожароопасных и взрывоопасных помещениях.

5.3.4.4 Для подъема и перемещения конденсатора и подставки на верхней крышке должны устанавливаться съёмные крюки или рым-болты.

5.3.4.5 Между конденсатором и опорным фундаментом должна находиться подставка на класс напряжения 10 кВ.

5.3.4.6 Выводы «Земля» конденсаторов и подставок должны присоединяться к заземляющим устройствам с помощью заземляющей шины сечением не менее  $48 \text{ мм}^2$ .

5.3.4.7 При измерениях и испытаниях конденсаторов:

- между выводами линейным и низкого напряжения – должны быть заземлены выводы низкого напряжения и «Земля»;

- между выводами низкого напряжения и «Земля» – должны быть соединены между собой линейный вывод и вывод низкого напряжения;

Должно быть обеспечено надёжное соединение токоведущих частей с любыми металлическими частями или выводами конденсаторов для фиксации их потенциалов.

5.3.4.8 Перед прикосновением к токоведущим частям конденсатора должен быть произведён индивидуальный разряд конденсатора последовательным замыканием всех выводов накоротко заземлённой металлической шиной, укреплённой на изолирующей штанге.

5.3.4.9 В случае, когда конденсаторы не подключены к электрическому устройству, но находятся в зоне действия электрического поля, все выводы конденсатора должны быть закорочены перемычкой, которая снимается при подключении.

#### 5.3.5 Требования к маркировке и упаковке

5.3.5.1 Конденсаторы должны иметь маркировочную табличку с указанием:

- товарного знака предприятия-изготовителя;
- знака соответствия по ГОСТ 15581;
- номинальной ёмкости, в пикофарадах;
- номинального напряжения, в киловольтах;
- идентификационного номера и года изготовления (год может быть частью идентификационного номера или быть в кодовой форме);
- номинальной частоты, в герцах;
- температурной категории;
- уровня изоляции. Уровень изоляции должен быть дан двумя числами, разделенными косой линией. Первое число – нормированное испытательное переменное одноминутное напряжение (для  $U_m$  меньше 300 кВ), или нормированное испытательное импульсное коммутационное напряжение (для  $U_m$  больше 300 кВ), в киловольтах. Второе число – нормированное испытательное импульсное грозовое напряжение в киловольтах;
- массы, в килограммах;
- обозначения технических условий (для отечественных изготовителей).

5.3.5.2 Изолирующие подставки должны иметь маркировочную табличку с указанием:

- товарного знака предприятия-изготовителя;
- знака соответствия;
- наименования и тип подставки;
- идентификационного номера и года изготовления (год может быть частью идентификационного номера или быть в кодовой форме);
- массы, в килограммах;
- обозначения технических условий (при их наличии).

5.3.5.3 Маркировка должна быть стойкой к механическим и климатическим воздействиям в течение всего срока службы.

5.3.5.4 Упаковка конденсаторов и подставок – по ГОСТ 23216.

5.3.5.5 Транспортная тара – по ГОСТ 2991.

## 5.4 Методы испытаний

### 5.4.1 Общие условия

Все испытания и измерения, кроме случаев, для которых указаны другие условия, должны проводиться при нормальных климатических условиях:

- температуре окружающего воздуха  $(25 \pm 10) \text{ }^\circ\text{C}$ ;
- атмосферном давлении 84-106,7 кПа (630-800 мм рт. ст.);
- относительной влажности воздуха до 80 %.

### 5.4.2 Типовые испытания

#### 5.4.2.1 Измерение емкости на промышленной частоте (п. 5.3.1.4).

Измерение ёмкости конденсаторов производится между линейным выводом и выводом низкого напряжения. Измерение производится мостом переменного тока при напряжении, величина которого находится в пределах от 0,9 до 1,1 номинального.

При измерении должны быть исключены ошибки из-за гармоник. Погрешность измерения емкости не должна превышать 0,5 %.

Перед испытанием производят предварительное измерение ёмкости при действующем значении напряжения не более 10 кВ частоты 50 Гц для выявления изменений емкости в результате пробоя одной или более секций.

При необходимости приведение измеренного значения емкости к значению при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  производится по графику зависимости емкости от температуры (рисунок 5.1).

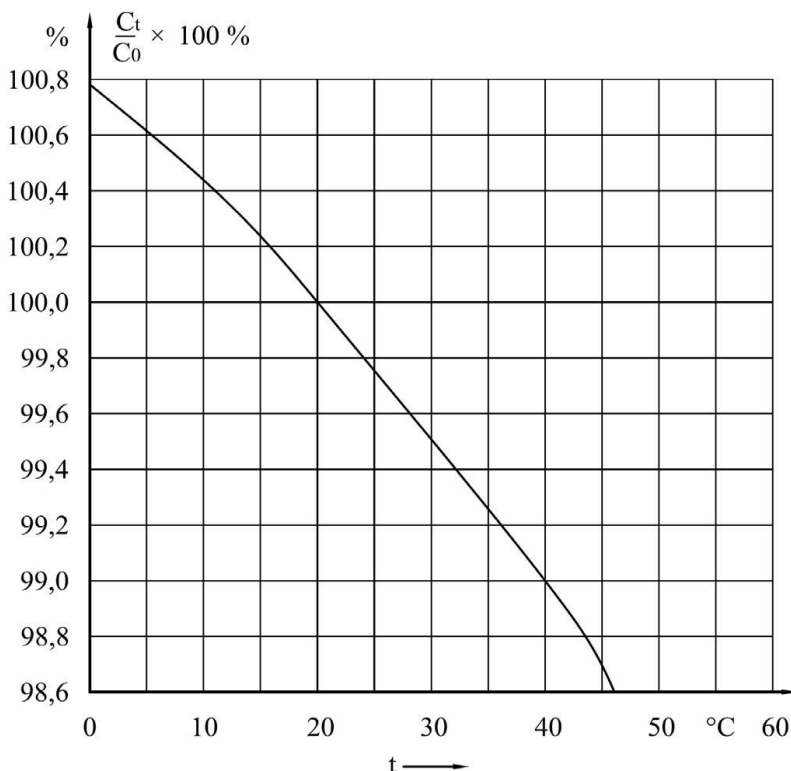


Рисунок 5.1. График зависимости емкости от температуры.  $C_t$  – ёмкость при температуре  $t$ ,  $C_0$  – ёмкость при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$

#### 5.4.2.2 Измерение кажущейся емкости и эквивалентного

последовательного сопротивления (пункты 5.3.1.5 и 5.3.1.6).

Измерения емкости и сопротивления в эквивалентной последовательной схеме КС могут производиться двумя методами:

- с помощью специализированных приборов (например, AnCom А-7 и моста полных проводимостей), позволяющих измерить полное сопротивление конденсатора и его действительную и мнимую части.
- с помощью упрощенной схемы моста.

**Измерения с помощью специализированных приборов**

На частоте  $f_1 = 1000$  кГц штатным образом измеряется мнимая ( $y_1$ ) и действительная ( $g_1$ ) части полной проводимости конденсатора в эквивалентной параллельной схеме.

По полученным значениям  $y_1$  и  $g_1$  (См) вычисляется кажущаяся емкость  $C_k$ , (Ф) и эквивалентное последовательное сопротивление  $R_s$  в эквивалентной последовательной схеме:

$$C_k = \frac{g_1^2 + y_1^2}{\omega_1 y_1}, \tag{5.1}$$

$$R_s = \frac{g_1}{g_1^2 + y_1^2}. \tag{5.2}$$

**Измерения с помощью упрощенной схемы моста**

Упрощенная схема моста приведена на рисунке 5.2.

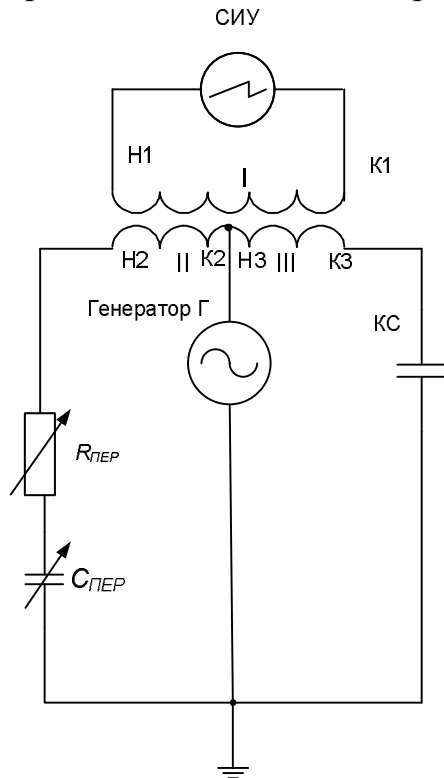


Рисунок 5.2. Схема измерения упрощенной схемой моста

Измерения мостом с упрощенной схемой позволяет измерить величину кажущейся емкости  $C_k$  и сопротивления  $R_3$ . Для сбалансированного моста:

$$\begin{aligned} C_k &= C_{пер}, \\ R_3 &= R_{пер}. \end{aligned} \quad (5.3)$$

Ёмкости и индуктивности, обусловленные соединительными проводами в схеме измерений должны быть минимальными. Необходимо уменьшать емкость конденсатора связи относительно земли. Особое внимание должно быть обращено на экранирование измерительного оборудования и, при необходимости, присоединений.

Если паразитная емкость и индуктивность схемы измерений оказывают заметное влияние, то это должно быть учтено при вычислении результатов измерений.

Измерение ВЧ емкости на частоте 1000 кГц может быть заменено на измерение частоты собственного резонанса конденсатора.

Определение частоты собственного резонанса производят в схеме, приведенной на рисунке 5.3.

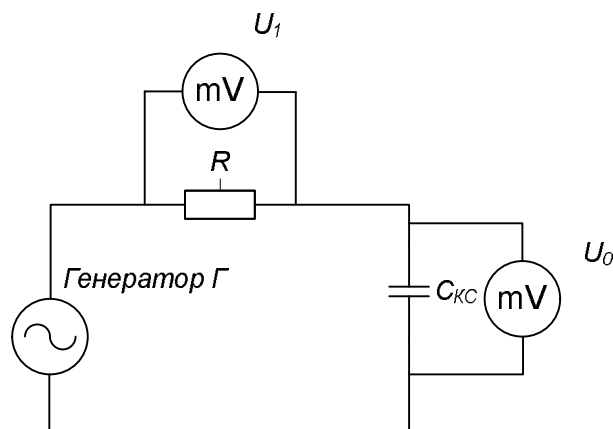


Рисунок 5.3. Измерение частоты собственного резонанса КС

Изменением частоты измерительного генератора добиваются резонанса в проверяемом конденсаторе, соответствующего наименьшему значению  $U_0$  показаний селективного вольтметра mV ( $U_{0,мин}$ ). При этом напряжение  $U_1$  на резисторе  $R$  сопротивлением 25 Ом должно быть неизменным.

Затем определяют значения частот  $f_1$  и  $f_2$  выше и ниже резонансной частоты соответственно, при которых значения напряжения  $U_0$  (соответственно  $U_{01}$  и  $U_{02}$ ) равны между собой и в 1,41 раза больше напряжения  $U_{0,мин}$  на резонансной частоте.

Частота собственного резонанса конденсатора  $f_p$  определяют по формуле:

$$f_p = \sqrt{f_1 \times f_2} \quad (5.4)$$

Погрешность определения частоты собственного резонанса должна быть не более 10 %.

#### 5.4.2.3 Длительный ток высокой частоты (п. 5.3.1.7).

Измерения производятся подачей синусоидального сигнала от

измерительного генератора с усилителем между линейным выводом и выводом низкого напряжения КС. Частота сигнала устанавливается равной 30 кГц и 1000 кГц. Ток высокой частоты устанавливается равным 1,2А. Время воздействия сигнала - не менее 10 часов. Непосредственно до и после опыта производится измерение ёмкости на промышленной частоте (п. 5.2.1.4). Измеренная до и после проведения опыта величина ёмкости должна быть одинаковой (с точностью до погрешности её измерения).

5.4.2.4 Измерение паразитных ёмкостей конденсатора и подставок (п. 5.3.1.8).

Измерения должны проводиться между выводом низкого напряжения и «Земля» конденсатора и между выводами подставок.

Измерения должны проводиться при действующем значении напряжения 5 - 10 кВ частоты 50 Гц мостом переменного тока с погрешностью измерения не превышающей 10 %.

5.4.2.5 Измерение проводимостей утечки конденсатора и подставок (п. 5.3.1.9).

Измерения должны проводиться между выводами низкого напряжения и «Земля» конденсатора и между выводами подставок.

Измерения производятся согласно схеме, приведенной на рисунке 5.4.

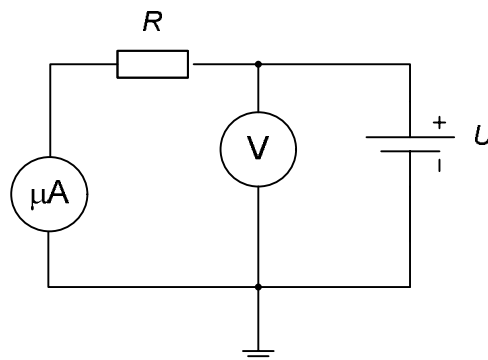


Рисунок 5.4. Измерение активной проводимости между выводом низкого напряжения и выводом «Земля».  $U$  – источник напряжения постоянного тока,  $\mu A$  – микроамперметр,  $V$  – электрический вольтметр,  $R$  – испытуемый конденсатор или подставка

На конденсатор или подставку подаётся напряжение постоянного тока 15 кВ с коэффициентом пульсации не более 1 %. Погрешность средств измерения напряжения не должна превышать 3 %.

Через  $(1 \pm 0,1)$  мин. производится измерение напряжения и тока утечки.

Расчёт проводимости утечки  $g$  производится по формуле:

$$g = \frac{I_{ут}}{U_{исп}}, \quad (5.5)$$

где:

$U_{исп}$  – измеренное значение испытательного напряжения,

$I_{ут}$  – измеренное значение тока утечки.

После проведения измерения конденсатор должен быть разряжен.



#### 5.4.2.6 Измерение тангенса угла потерь конденсаторов (п. 5.3.1.10).

Измерение тангенса угла потерь конденсаторов между линейным выводом и выводом низкого напряжения производят при напряжении от 0,9 до 1,1 номинального частоты 50 Гц мостом переменного тока. При измерении должны быть исключены ошибки из-за гармоник.

Измерение производят после выдержки конденсаторов при нормальной температуре ( $\pm 5$ ) °С.

Погрешность измерения тангенса угла потерь не должна превышать  $3 \times 10^{-4}$ .

Погрешность определения изменения тангенса угла потерь при всех измерениях должна находиться в пределах  $(\pm 1) \times 10^{-4}$ .

#### 5.4.3 Требования к параметрам измерительных приборов

Измерение высоковольтных параметров производятся при испытаниях на заводах изготовителях или специализированных центрах, которые и определяют набор необходимых приборов.

Ниже приведён перечень измерительных приборов, предназначенных только для измерения ВЧ характеристик КС. В перечне приведены требования, которым должен удовлетворять каждый из перечисленных приборов.

##### ***Генератор синусоидальных сигналов***

- Диапазон частот:
  - Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.
  - Верхняя граничная частота не менее 1100 кГц.
- Погрешность установки частоты не более 1 Гц.
- Выход симметричный и коаксиальный.
- Номинальное внутреннее сопротивление:
  - Для коаксиального выхода – 75 Ом.
  - Для симметричного выхода – 150 Ом.
  - Нулевое – не более 1 Ом.
- Мощность не менее (+10) дБм.

##### ***Избирательный измеритель уровня***

- Диапазон частот:
  - Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.
  - Верхняя граничная частота не менее 1100 кГц.
- Погрешность установки частоты не более 1 Гц
- Выход симметричный и коаксиальный.
- Номинальное входное сопротивление:
  - Для коаксиального выхода – 75 Ом.
  - Для симметричного выхода – 150 Ом.
  - Высокое – не менее 10 кОм.
- Тип детектора. Детектор среднеквадратичных значений.
- Избирательность:

Широкополосные измерения.

Измерения в узкой полосе частот (25 Гц).

- Диапазон измерения уровней:
  - Нижняя граница – не более (-40) дБм.
  - Верхняя граница – не менее (+15) дБм.

***Мост полных сопротивлений (проводимостей)***

- Диапазон частот:
  - Нижняя граничная частота – не более 16 кГц.
  - Верхняя граничная частота не менее 1100 кГц.
- Диапазон измерения сопротивления (модуль):
  - Нижняя граница – не более 10 Ом.
  - Верхняя граница – не менее 10 кОм.
- Погрешность измерения фазового угла сопротивления не более пяти градусов.

## 6 Библиография

1. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) – 7 издание. Утверждены Приказом Минэнерго России от 08.07.2002 № 204.
2. Межотраслевые правила по охране труда (техники безопасности) при эксплуатации электроустановок с изменениями и дополнениями», М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2004.
3. МЭК 60481 (1974). Устройства присоединения каналов высокочастотной связи по линиям электропередачи (IEC 60481 (1974) Coupling devices for power line carrier systems).
4. МЭК 60353 (1989-10) Фильтры заграждающие линейные для систем питания переменного тока (с Изменением № 1), (IEC 60353 (1989) /(2002) Line traps for a. c. power systems.. Amendment 1 (2002-04). «Amendment 1. Line traps for a. c. power systems».
5. МЭК 60358-1 (2012) Конденсаторы разделительные и емкостные делители. Часть 1. Общие правила (IEC 60358-1 (2012) Coupling capacitors and capacitor dividers - Part 1: General rules).
6. МЭК 60663(1980) Системы носителей тока (с одной боковой полосой) в электросети. Проектирование (IEC/TR 60663 (1980) Planning of (single-sideband) power line carrier systems).

**Порядок  
применения стандарта организации при выполнении работ по  
проектированию и закупке оборудования**

Все требования, приведенные в разделах 3-5 настоящего стандарта организации, должны быть учтены при разработке новых устройств.

При выполнении работ по проектированию оборудования и при проведении закупок устройств обработки и присоединения каналов ВЧ связи по ВЛ 35-750 кВ должны приниматься во внимание, в первую очередь, параметры и требования, приведенные в Таблице П.1.

Таблица П.1

№ п/п	Параметр, требование	Пункт технических требований стандарта организации	Обозначение параметра	Единица измерения	Рекомендации по использованию требований	
					В проектной документации	В закупочной документации
<b>Фильтры присоединения</b>						
1.	Номинальная емкость КС	3.3.1.1.	$C_{кc}$	пФ	+	+
2.	Рабочий диапазон частот и полосы пропускания	3.3.1.2.	$\Delta f_{пр}$	кГц	+	+
3.	Номинальное сопротивление со стороны линии	3.3.1.3.	$Z_1$	Ом	+	-
4.	Номинальное сопротивление ФП со стороны ВЧ кабеля	3.3.1.4 75 Ом	$Z_2$	Ом	+	-
5.	Рабочее затухание	3.3.1.5 $\leq 1,5$ дБ	$A_p$	дБ	+	+
6.	Затухание несогласованности	3.3.1.6. $\geq 12$ дБ	$A_{нс}$	дБ	+	+
7.	Модуль входного сопротивления со стороны ВЧ кабеля на частоте 50 Гц	3.3.1.10 $\geq 50$ кОм		кОм	+	+
8.	Вид защитного устройства со стороны линии	3.3.1.12.			+	+
9.	Номинальное напряжение защитного устройства со стороны ВЧ кабеля	3.3.1.13 $\geq 400$ В			+	+
10.	Номинальная пиковая мощность огибающей сигнала	3.3.1.22	$P_{ном}$	Вт, дБм	+	+
11.	Условия эксплуатации	3.3.3			+	+
<b>ВЧ заградители</b>						
1.	Общий диапазон частот	4.3.1.1.1		кГц	+	+

№ п/п	Параметр, требование	Пункт технических требований стандарта организации	Обозначение параметра	Единица измерения	Рекомендации по использованию требований	
					В проектной документации	В закупочной документации
2.	Минимальное значение заграждающего сопротивления и полосы заграждения	4.3.1.1.3	Rз Δf	Ом, кГц	+	+
3.	Устойчивость к механическим усилиям ВЧЗ при ударном токе	4.3.1.1.8	I <sub>уд</sub>	А	+	+
4.	Номинальная индуктивность реактора	4.3.1.2.1	L <sub>н</sub>	мГн	+	+
5.	Индуктивность реактора на промышленной частоте	4.3.1.2.2	L <sub>50</sub>	мГн	+	-
6.	Номинальный длительный ток	4.3.1.2.3	I <sub>н.дл</sub>	А	+	+
7.	Номинальный кратковременный ток	4.3.1.2.3	I <sub>н.кр</sub>	кА	+	+
8.	Частота собственного резонанса	4.3.1.2.5	f <sub>с</sub>	кГц	+	-
9.	Полные потери мощности реактора	4.3.1.2.6		Вт	+	+
10.	Условия эксплуатации	4.3.3			+	+
<b>Конденсаторы связи</b>						
1.	Диапазон частот	5.3.1.1.		кГц	+	+
2	Номинальное напряжение	5.3.1.2.	U <sub>н</sub>	кВ	+	+
3	Число последовательно включенных конденсаторов	5.3.1.3.			+	-
4	Номинальная емкость	5.3.1.4.	C <sub>н</sub>	нФ	+	+
5	Значение тангенса угла потерь	5.3.1.12.	tgδ.		+	+
6	Условия эксплуатации	5.3.3			+	+

## Требования к входному контролю конденсаторов ЭН

П2.1 В Приложении приводятся требования к входному контролю конденсаторов ЭН и метод проверки выполнения этих требований. Требования относятся к конденсаторам, используемым в типовых схемах элемента настройки ВЧЗ:

- одночастотная, рис. П.2.1,
- фильтр верхних частот (ФВЧ), рис. П.2.2,
- двухконтурная, рис. П.2.3,
- двухчастотная, рис. П.2.4,
- трехконтурная, рис. П.2.5.

П2.1.1 Конденсаторы  $C_{10}$ ,  $C_{20}$ ,  $C_{30}$ , показанные на рисунках П2.1.1...П2.1.5, и используемые для формирования блоков С1, С2, С3, должны быть соединены в последовательные цепи, состоящие из  $n_1$ ,  $n_2$  и  $n_3$  конденсаторов (соответственно). Конденсаторы в каждой из цепей должны быть одного типоминнала.

П2.1.2 Конденсаторы должны обеспечивать устойчивость к воздействию многократными биполярными импульсами с пиковым значением напряжения  $U_{БП}$ , определяемым по формуле (П2.1):

$$\frac{U_{БП}}{n} = U_{БПтест} \geq \frac{K \cdot U_{ЗУ}}{n}, \quad (\text{П2.1})$$

где

$U_{ЗУ}$  – остаточное напряжение основного защитного устройства при разрядном токе 20 кА с формой импульса 8/20 мкс или пробивное напряжение на фронте волны (принимается наибольшая из этих величин)

$U_{БПтест}$  – напряжение биполярного воздействия, выдерживаемое конденсатором при проведении теста в соответствии с П2.2,

$n$  – количество последовательно включенных конденсаторов,

$K$  – коэффициент запаса.

Количество биполярных импульсов должно быть не менее 100000.

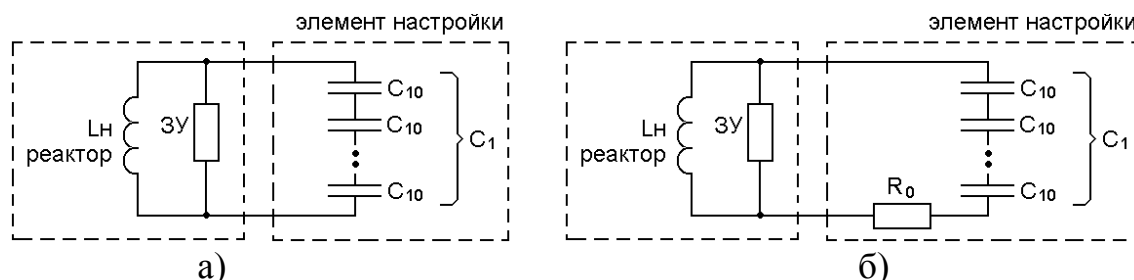


Рис. П2.1 одночастотная а) резонансная, б) притупленная.

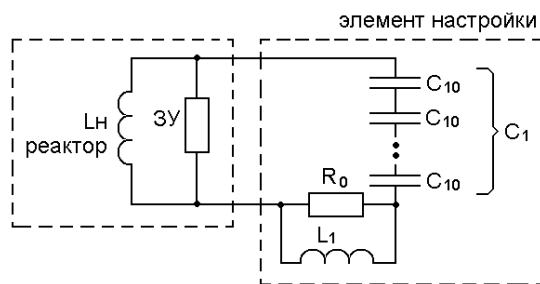


Рис. П2.2 ФВЧ.

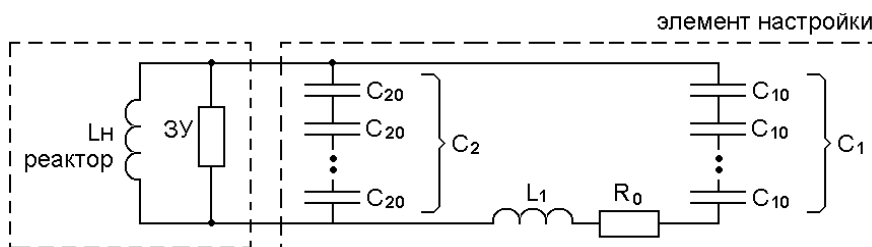
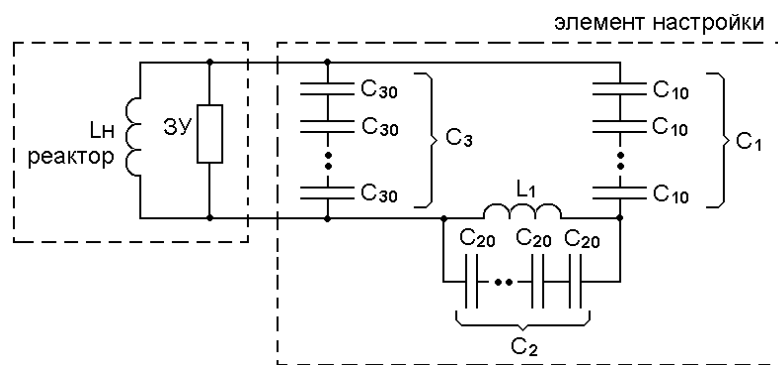
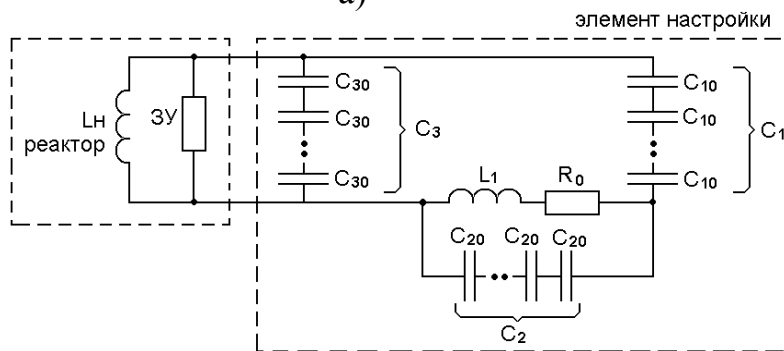


Рис. П2.3 двухконтурная.



а)



б)

Рис. П2.4 двухчастотная а) резонансная, б) притупленная.

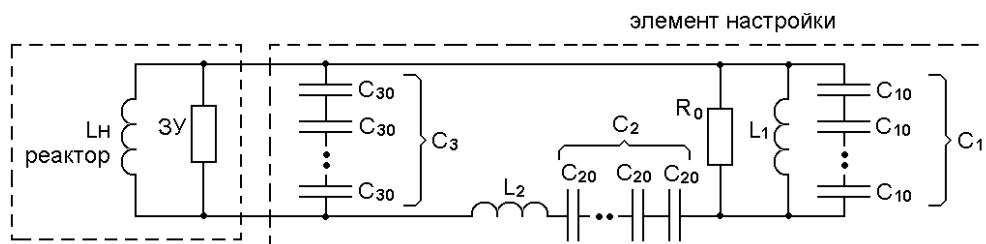


Рис. П2.5 трехконтурная.

## П2.2 Метод испытаний

Испытания проводятся однократно для каждого конкретного типономинала конденсатора, воздействию подвергается один конденсатор. Целью теста является определение зависимости срока службы конденсатора от величины приложенного биполярного напряжения. Срок службы измеряется количеством импульсов с частотой следования 50 Гц. Схема испытательной установки показана на рис. П2.6.

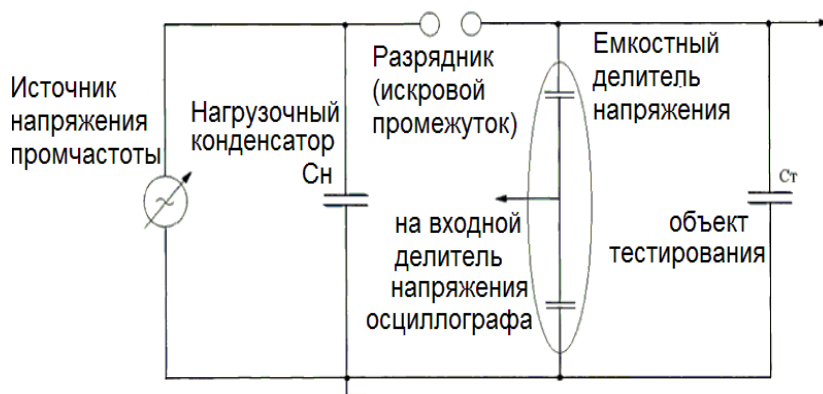


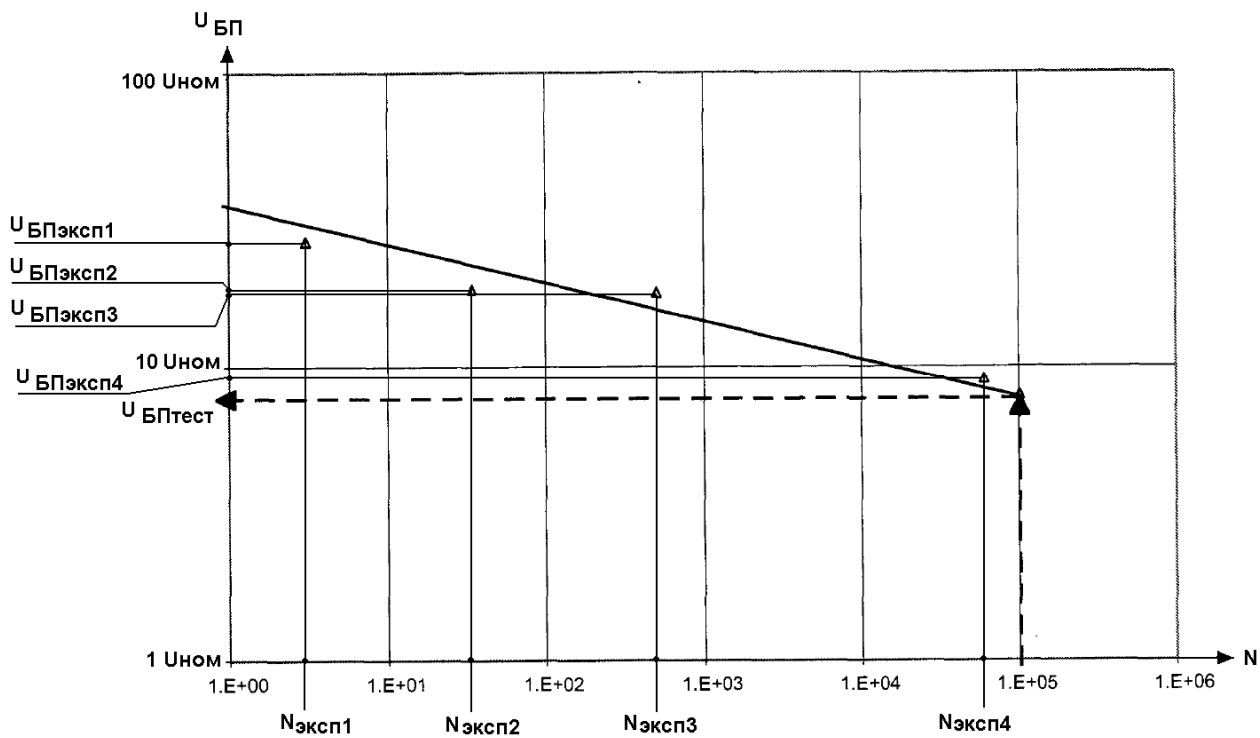
Рис. П2.6 Схема испытательной установки.

#### П2.2.1 Требования к тестовым импульсам:

- частота следования 50 Гц (период 20 мс),
- скорость нарастания фронта  $\frac{\Delta U}{\Delta t} \geq \frac{40кВ}{мкс} = \frac{40В}{нс}$ ,
- под пиковым напряжением биполярного импульса понимается значение от нуля до максимума,
- один биполярный импульс состоит из положительного и отрицательного пиков.

П2.2.2 Тест должен быть проведен минимум для четырех значений пикового напряжения биполярных импульсов. Зависимость срока службы конденсатора может быть построена как аппроксимированная прямая линия к экспериментальным точкам. При этом следует учесть, аппроксимация должна быть проведена в логарифмическом масштабе см. рис. П2.7.





$U_{\text{БПэксп } i}$  – пиковое значения напряжения в ходе теста,  
 $N_{\text{эксп } i}$  – соответствующие количество импульсов, при которых зафиксирован отказ конденсатора,  
 $i$  – номер эксперимента.  
 $U_{\text{БПтест}}$  - значение напряжения, полученное при аппроксимации, соответствующее 100000 биполярным импульсам.

Рис. П2.7 Зависимость срока службы конденсатора от приложенного биполярного напряжения.