

# **ПРАВИЛА УСТРОЙСТВА ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК**

**Седьмое издание**

**Раздел 1**

**ОБЩИЕ ПРАВИЛА**

## **Глава 1.8. Нормы приемо-сдаточных испытаний**

УТВЕРЖДЕНЫ приказом Минэнерго России от 09.04.2003 N 150

### **Предисловие**

Правила устройства электроустановок (ПУЭ) седьмого издания в связи с длительным сроком переработки выпускаются и вводятся в действие отдельными разделами и главами по мере завершения работ по их пересмотру, согласованию и утверждению.

Настоящий выпуск содержит главу 1.8 "Нормы приемо-сдаточных испытаний" раздела 1 "Общие правила".

Глава 1.8 подготовлена ОАО "Электроцентроналадка" с учетом требований государственных стандартов, строительных норм и правил, рекомендаций ряда монтажно-наладочных организаций. Проект главы рассмотрен рабочей группой и представлен к утверждению Госэнергонадзором Минэнерго России.

Требования Правил устройства электроустановок обязательны для всех организаций независимо от форм собственности и организационно-правовых форм, а также для физических лиц, занятых предпринимательской деятельностью без образования юридического лица.

С 1 сентября 2003 года утрачивает силу глава 1.8 Правил устройства электроустановок шестого издания.

### **Общие положения**

1.8.1. Электрооборудование до 500 кВ, вновь вводимое в эксплуатацию, должно быть подвергнуто приемо-сдаточным испытаниям в соответствии с требованиями настоящей главы. Приемо-сдаточные испытания рекомендуется проводить в нормальных условиях окружающей среды, указанных в государственных стандартах.

При проведении приемо-сдаточных испытаний электрооборудования, не охваченного настоящими нормами, следует руководствоваться инструкциями заводов-изготовителей.

1.8.2. Устройства релейной защиты и электроавтоматики на электростанциях и подстанциях проверяются по инструкциям, утвержденным в установленном порядке.

1.8.3. Помимо испытаний, предусмотренных настоящей главой, все электрооборудование должно пройти проверку работы механической части в соответствии с заводскими и монтажными инструкциями.

1.8.4. Заключение о пригодности оборудования к эксплуатации дается на основании результатов всех испытаний и измерений, относящихся к данной единице оборудования.

1.8.5. Все измерения, испытания и опробования в соответствии с действующими нормативно-техническими документами, инструкциями заводов-изготовителей и настоящими нормами, произведенные персоналом монтажных наладочных организаций непосредственно перед вводом электрооборудования в эксплуатацию, должны быть оформлены соответствующими актами и/или протоколами.

1.8.6. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты обязательно для электрооборудования на напряжение до 35 кВ.

При отсутствии необходимой испытательной аппаратуры переменного тока допускается испытывать электрооборудование распределительных устройств напряжением до 20 кВ повышенным выпрямленным напряжением, которое должно быть равно полуторакратному значению испытательного напряжения промышленной частоты.

1.8.7. Электрооборудование и изоляторы на номинальное напряжение, превышающее номинальное напряжение электроустановки, в которой они эксплуатируются, могут испытываться приложенным напряжением, установленным для класса изоляции данной электроустановки. Измерение сопротивления изоляции, если отсутствуют дополнительные указания, производится:

- аппаратов и цепей напряжением до 500 В - мегаомметром на напряжение 500 В;
- аппаратов и цепей напряжением от 500 В до 1000 В - мегаомметром на напряжение 1000 В;
- аппаратов напряжением выше 1000 В - мегаомметром на напряжение 2500 В.

Испытание повышенным напряжением изоляторов и трансформаторов тока, соединенных с силовыми кабелями 6-10 кВ, может производиться вместе с кабелями. Оценка состояния производится по нормам, принятым для силовых кабелей.

1.8.8. Испытания электрооборудования производства иностранных фирм производятся в соответствии с указаниями завода (фирмы)-изготовителя. При этом значения проверяемых величин должны соответствовать указанным в данной главе.

1.8.9. Испытание изоляции аппаратов повышенным напряжением промышленной частоты должно производиться, как правило, совместно с испытанием изоляции шин распределительного устройства (без расшиновки). При этом испытательное напряжение допускается принимать по нормам для оборудования, имеющего наименьшее испытательное напряжение.

1.8.10. При проведении нескольких видов испытаний изоляции электрооборудования испытанию повышенным напряжением должны предшествовать другие виды ее испытаний.

1.8.11. Испытание изоляции напряжением промышленной частоты, равным 1 кВ, может быть заменено измерением одностороннего значения сопротивления изоляции мегаомметром на 2500 В. Если при этом полученное значение сопротивления меньше приведенного в нормах, испытание напряжением 1 кВ промышленной частоты является обязательным.

1.8.12. В настоящей главе применяются следующие термины:

1. Испытательное напряжение промышленной частоты - действующее значение напряжения частотой 50 Гц, практически синусоидального, которое должна выдерживать изоляция электрооборудования при определенных условиях испытания.

2. Электрооборудование с нормальной изоляцией - электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, подверженных действию грозových перенапряжений при обычных мерах по грозозащите.

3. Электрооборудование с облегченной изоляцией - электрооборудование, предназначенное для применения в электроустановках, не подверженных действию грозových перенапряжений или оборудованных специальными устройствами грозозащиты, ограничивающими амплитудное значение грозových перенапряжений до значения, не превышающего амплитудного значения испытательного напряжения промышленной частоты.

4. Аппараты - выключатели всех классов напряжения, разъединители, отделители, короткозамыкатели, предохранители, разрядники, токоограничивающие реакторы, конденсаторы, комплектные экранированные токопроводы.

5. Ненормированная измеряемая величина - величина, абсолютное значение которой не регламентировано нормативными указаниями. Оценка состояния оборудования в этом случае производится путем сопоставления с данными аналогичных измерений на однотипном оборудовании, имеющем заведомо хорошие характеристики, или с результатами остальных испытаний.

6. Класс напряжения электрооборудования - номинальное напряжение электроустановки, для работы в которой предназначено данное электрооборудование.

### 1.8.13. Синхронные генераторы и компенсаторы

Синхронные генераторы мощностью более 1 МВт напряжением выше 1 кВ, а также синхронные компенсаторы должны испытываться в полном объеме настоящего параграфа.

Генераторы мощностью до 1 МВт напряжением выше 1 кВ должны испытываться по пп.1-5, 7-15 настоящего параграфа.

Генераторы напряжением до 1 кВ независимо от их мощности должны испытываться по пп.2, 4, 5, 8, 10-14 настоящего параграфа.

1. Определение возможности включения без сушки генераторов выше 1 кВ.

Следует производить в соответствии с указанием завода-изготовителя.

2. Измерение сопротивления изоляции.

Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в табл.1.8.1.

Таблица 1.8.1

#### Допустимые значения сопротивления изоляции и коэффициента адсорбции

Испытуемый элемент	Напряжение мегаомметра, В	Допустимое значение сопротивления изоляции, МОм	Примечание
1. Обмотка статора	500, 1000, 2500	Не менее 10 МОм на 1 кВ номинального линейного напряжения.	Для каждой фазы или ветви в отдельности относительно корпуса и других заземленных фаз или ветвей. Значение $R_{60}/R_{15}$ не ниже 1,3
	2500	По инструкции завода-изготовителя.	При протекании дистиллята через обмотку
2. Обмотка ротора	500, 1000	Не менее 0,5 (при водяном охлаждении - с осушенной обмоткой)	Допускается ввод в эксплуатацию генераторов мощностью не выше 300 МВт с неявнополюсными роторами, при косвенном или непосредственном воздушном и водородном охлаждении обмотки, имеющей сопротивление изоляции не ниже 2 кОм при температуре 75 °С или 20 кОм при температуре 20 °С. При большей мощности ввод генератора в эксплуатацию с сопротивлением изоляции обмотки ротора ниже 0,5 МОм (при 10-30 °С) допускается только по согласованию с заводом-изготовителем.
	1000	По инструкции завода-изготовителя.	При протекании дистиллята через охлаждающие каналы обмотки.
3. Цепи	500-1000	Не менее 1,0	

возбуждения генератора и коллекторного возбудителя со всей присоединенной аппаратурой (без обмотки ротора и возбудителя)			
4. Обмотки коллекторных возбудителя и подвозбудителя	1000	Не менее 0,5	
5. Бандажи якоря и коллектора коллекторных возбудителя и подвозбудителя	1000	Не менее 0,5	При заземленной обмотке якоря
6. Изолированные стяжные болты стали статора (доступные для измерения)	1000	Не менее 0,5	
7. Подшипники и уплотнения вала	1000	Не менее 0,3 для гидрогенераторов и 1,0 для турбогенераторов и компенсаторов.	Для гидрогенераторов измерение производится, если конструкция генератора и в заводской инструкции не указаны более жесткие нормы.
8. Диффузоры, щиты вентиляторов и другие узлы статора генераторов	500, 1000	В соответствии с заводскими требованиями	
9. Термодатчики с соединительными проводами, включая соединительные провода, уложенные внутри генератора			
- с косвенным охлаждением обмоток статора	250 или 500	Не менее 1,0	Напряжение мегаомметра - по заводской инструкции
- с непосредственным охлаждением обмоток статора	500	Не менее 0,5	
10. Концевой вывод обмотки статора турбогенераторов серии ТГВ	2500	1000	Измерение производится до соединения вывода с обмоткой статора

3. Испытание изоляции обмотки статора повышенным выпрямленным напряжением с измерением тока утечки по фазам.

Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом. У генераторов с водяным охлаждением обмотки статора испытание производится в случае, если возможность этого предусмотрена в конструкции генератора.

Значения испытательного напряжения приведены в табл.1.8.2.

Таблица 1.8.2

### Испытательное выпрямленное напряжение для обмоток статоров синхронных генераторов и компенсаторов

Мощность генератора, МВт, компенсатора, МВ·А	Номинальное напряжение, кВ	Амплитудное испытательное напряжение, кВ
Менее 1	Все напряжения	$2,4U_{\text{ном.}} + 1,2$
1 и более	До 3,3	$2,4 + 1,2U_{\text{ном.}}$
	Св. 3,3 до 6,6 включит.	$1,28 \times 2,5U_{\text{ном.}}$
	Св. 6,6 до 20 включит.	$1,28(2U_{\text{ном.}} + 3)$
	Св. 20 до 24 включит.	$1,28(2U_{\text{ном.}} + 1)$

Для турбогенераторов типа ТГВ-300 испытание следует производить по ветвям.

Испытательное выпрямленное напряжение для генераторов типа ТГВ-200 и ТГВ-300 соответственно принимаются 40 и 50 кВ.

Для турбогенераторов ТВМ-500 ( $U_{\text{ном.}} = 36,75$  кВ) испытательное напряжение - 75 кВ.

Измерение токов утечки для построения кривых зависимости их от напряжения производится не менее чем при пяти значениях выпрямленного напряжения - от  $0,2 U_{\text{max}}$  до  $U_{\text{max}}$  равными ступенями. На каждой ступени напряжение выдерживается в течение 1 минуты. При этом фиксируются токи утечки через 15 и 60 с.

Оценка полученной характеристики производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

4. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытание проводится по нормам, приведенным в табл.1.8.3.

Таблица 1.8.3

### Испытательное напряжение промышленной частоты для обмоток синхронных генераторов и компенсаторов

Испытуемый элемент	Характеристика или тип генератора	Испытательное напряжение, кВ	Примечание
1. Обмотка статора генератора	Мощность до 1 МВт, номинальное напряжение выше 0,1 кВ	$0,8(2U_{\text{ном.}} + 1)$ , но не менее 1,2	
	Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение до 3,3 кВ	$0,8(2U_{\text{ном.}} + 1)$	

	включительно		
	Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение свыше 3,3 до 6,6 кВ включительно	$0,8 \cdot 2,5U_{\text{НОМ.}}$	
	Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение свыше 6,6 до 20 кВ включительно	$0,8(2U_{\text{НОМ.}} + 3)$	
	Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение свыше 20 кВ	$0,8(2U_{\text{НОМ.}} + 1)$	
2. Обмотка статора гидрогенератора, шихтовка или стыковка частей статора которого производится на месте монтажа, по окончании полной сборки обмотки и изолировки соединений	Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение до 3,3 кВ включительно	$2U_{\text{НОМ.}} + 1$	Если сборка статора производится на месте монтажа, но не на фундаменте, то до установки статора на фундамент его испытания производятся по п.2, а после установки - по п.1 таблицы
	Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение свыше 3,3 до 6,6 кВ включительно	$2,5U_{\text{НОМ.}}$	
	Мощность от 1 МВт и выше, номинальное напряжение свыше 3,3 до 6,6 кВ включительно	$2U_{\text{НОМ.}} + 3$	
3. Обмотка явнополюсного ротора	Генераторы всех мощностей	$8 \cdot U_{\text{НОМ.}}$ возбуждения генератора, но не ниже 1,2 и не выше 2,8 кВ	
4. Обмотка неявнополюсного ротора	Генераторы всех мощностей	1,0	Испытательное напряжение принимается равным 1 кВ тогда, когда это не противоречит требованиям технических условий завода-изготовителя. Если техническими условиями предусмотрены более жесткие нормы испытания, испытательное напряжение

				должно быть повышено.
5. Обмотка коллекторных возбуждителя и подвозбудителя	Генераторы мощностей	всех	$8 \cdot U_{ном.}$ возбуждения генератора, но не ниже 1,2 и не выше 2,8 кВ	Относительно корпуса и бандажей
6. Цепи возбуждения	Генераторы мощностей	всех	1,0	
7. Реостат возбуждения	Генераторы мощностей	всех	1,0	
8. Резистор цепи гашения ноля и АГП	Генераторы мощностей	всех	2,0	
9. Концевой вывод обмотки статора	ТГВ -200, ТГВ-200М,		31,0*, 34,5**	Испытания проводятся до установки концевых выводов на турбогенератор
	ТГВ-300, ТГВ-500		39,0*, 43,0**	

\* Для концевых выводов, испытанных на заводе вместе с изоляцией обмотки статора.

\*\* Для резервных концевых выводов перед установкой на турбогенератор.

Испытанию подвергается каждая фаза или ветвь в отдельности при других фазах или ветвях, соединенных с корпусом.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

При проведении испытаний изоляции повышенным напряжением промышленной частоты следует руководствоваться следующим:

а) испытание изоляции обмоток статора генератора рекомендуется производить до ввода ротора в статор. Если стыковка и сборка статора гидрогенератора осуществляются на монтажной площадке и впоследствии статор устанавливается в шахту в собранном виде, то изоляция его испытывается дважды: после сборки на монтажной площадке и после установки статора в шахту до ввода ротора в статор.

В процессе испытания осуществляется наблюдение за состоянием лобовых частей машины: у турбогенераторов - при снятых торцовых щитах, у гидрогенераторов - при открытых вентиляционных люках;

б) испытание изоляции обмотки статора для машин с водяным охлаждением следует производить при циркуляции дистиллированной воды в системе охлаждения с удельным сопротивлением не менее 100 кОм/см и номинальном расходе;

в) после испытания обмотки статора повышенным напряжением в течение 1 мин у генераторов 10 кВ и выше испытательное напряжение снизить до номинального напряжения генератора и выдержать в течение 5 мин для наблюдения за коронированием лобовых частей обмоток статора. При этом не должно быть сосредоточенного в отдельных точках свечения желтого или красного цвета, появления дыма, тления бандажей и тому подобных явлений. Голубое и белое свечение допускается;

г) испытание изоляции обмотки ротора турбогенераторов производится при номинальной частоте вращения ротора;

д) перед включением генератора в работу по окончании монтажа (у турбогенераторов - после ввода ротора в статор и установки торцевых щитов) необходимо провести контрольное испытание номинальным напряжением промышленной частоты или выпрямленным напряжением, равным  $1,5 U_{ном.}$ . Продолжительность испытаний 1

мин.

5. Измерение сопротивления постоянному току.

Нормы допустимых отклонений сопротивления постоянному току приведены в табл.1.8.4.

Таблица 1.8.4

**Допустимое отклонение сопротивления постоянному току**

Испытуемый объект	Норма
Обмотка статора (измерение производить для каждой фазы или ветви в отдельности)	Измеренные сопротивления в практически холодном состоянии обмоток различных фаз не должны отличаться одно от другого более чем на 2%. Вследствие конструктивных особенностей (большая длина соединительных дуг и пр.) расхождение между сопротивлениями ветвей у некоторых типов генераторов может достигать 5%.
Обмотка ротора	Измеренное сопротивление обмоток не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 2%. У явнополюсных роторов измерение производится для каждого полюса в отдельности или попарно.
Резистор гашения поля, реостаты возбуждения	Сопротивление не должно отличаться от данных завода-изготовителя более чем на 10%.
Обмотки возбуждения коллекторного возбуждителя	Значение измеренного сопротивления не должно отличаться от исходных данных более чем на 2%.
Обмотка якоря возбуждителя (между коллекторными пластинами)	Значения измеренного сопротивления не должны отличаться друг от друга более чем на 10% за исключением случаев, когда это обусловлено схемой соединения.

При сравнении значений сопротивлений они должны быть приведены к одинаковой температуре.

6. Измерение сопротивления обмотки ротора переменному току.

Измерение производится в целях выявления витковых замыканий в обмотках ротора, а также состояния демпферной системы ротора. У неявнополюсных роторов измеряется сопротивление всей обмотки, а у явнополюсных - каждого полюса обмотки в отдельности или двух полюсов вместе. Измерение следует производить при подводимом напряжении 3 В на виток, но не более 200 В. При выборе значения подводимого напряжения следует учитывать зависимость сопротивления от значения подводимого напряжения. Сопротивление обмоток неявнополюсных роторов определяют на трех-четырёх ступенях частоты вращения, включая номинальную, и в неподвижном состоянии, поддерживая приложенное напряжение или ток неизменным. Сопротивление по полюсам или парам полюсов измеряется только при неподвижном роторе. Отклонения полученных результатов от данных завода-изготовителя или от среднего значения измеренных сопротивлений полюсов более чем на 3-5% свидетельствуют о наличии дефектов в обмотке ротора. На возникновение витковых замыканий указывает скачкообразный характер снижения сопротивления с увеличением частоты вращения, а на плохое качество в контактах демпферной системы ротора указывает плавный характер снижения сопротивления с увеличением частоты вращения. Окончательный вывод о наличии и числе замкнутых витков следует делать на основании результатов снятия характеристики КЗ и сравнения ее с данными завода-изготовителя.

7. Проверка и испытание электрооборудования систем возбуждения.

Приводятся нормы испытаний силового оборудования систем тиристорного самовозбуждения (далее СТС), систем независимого тиристорного возбуждения (СТН), систем безщеточного возбуждения (БСВ), систем полупроводникового высокочастотного возбуждения (ВЧ). Проверка автоматического регулятора возбуждения, устройств защиты, управления, автоматики и др. производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

Проверку и испытание электромашинных возбуждателей следует производить в соответствии с 1.8.14.

#### 7.1. Измерение сопротивления изоляции.

Значения сопротивлений изоляции при температуре 10-30 °С должны соответствовать приведенным в табл.1.8.5.

Таблица 1.8.5

### Сопротивление изоляции и испытательные напряжения элементов систем возбуждения

Испытуемый объект	Измерение сопротивления изоляции		Значение испытательного напряжения промышленной частоты	Примечание
	Напряжение мегаомметра, В	Минимальное значение сопротивления изоляции, МОм		
<p>1. Тиристорный преобразователь (ТП) цепи ротора главного генератора в системах возбуждения СТС, СТН: токоведущие цепи преобразователей, связанные с тиристорами защитные цепи, вторичные обмотки выходных трансформаторов системы управления и т.д.; примыкающие к преобразователям отключенные разъединители</p> <p>(СТС), первичные обмотки трансформаторов собственных нужд (СТС). В системах с водяным охлаждением ТП вода при испытаниях отсутствует</p>	2500	5	0,8 заводского испытательного напряжения ТП, но не менее 0,8 заводского испытательного напряжения обмотки ротора	<p>Относительно корпуса и соединенных с ним вторичных цепей ТП (первичных обмоток импульсных трансформаторов СУТ, блок-контактов силовых предохранителей, вторичных обмоток трансформаторов делителей тока и т.д.), примыкающих к ТП силовых элементов схемы (вторичных обмоток трансформаторов собственных нужд в СТС, другой стороны разъединителей в СТС ряда модификаций).</p> <p>Тиристоры (аноды, катоды, управляющие электроды) при испытаниях должны быть закорочены, а блоки системы управления тиристорами СУТ выдвинуты из разъемов</p>
2. Тиристорный преобразователь в цепи возбуждения возбуждателя системы	1000	5	0,8 заводского испытательного напряжения ТП, но не менее 0,8	Относительно корпуса и соединенных с ним вторичных цепей ТП, не связанных с силовыми

БСВ: токоведущие части, тиристоры и связанные с ними цепи (см. п.1). Тиристорный преобразователь в цепи возбуждения ВГ системы СТН			испытательного напряжения обмотки возбуждения обращенного генератора или ВГ	цепями (см. п.1). При испытаниях ТП отключен по входу и выходу от силовой схемы; тиристоры (аноды, катоды, управляющие электроды) должны быть закорочены, а блоки СУТ выдвинуты из разъемов
3. Выпрямительная установка в системе ВЧ возбуждения.	1000	5	0,8 заводского испытательного напряжения выпрямительной установки, но не менее 0,8 испытательного напряжения обмотки ротора.	Относительно корпуса. При испытаниях выпрямительная установка отключена от источника питания и обмотки ротора, шины питания и шины выхода (А, В, С, +, -) объединены.
4. Вспомогательный синхронный генератор ВГ в системах СТН:				
- обмотки статора	2500	5,0	0,8 заводского испытательного напряжения обмотки статора ВГ, но не менее 0,8 испытательного напряжения обмотки ротора главного генератора	Относительно корпуса и между обмотками
- обмотки возбуждения	1000	5,0	0,8 заводского испытательного напряжения обмотки возбуждения обращенного генератора или ВГ	Относительно корпуса
5. Индукторный генератор в системе ВЧ возбуждения:				
- рабочие обмотки (три фазы) и обмотка последовательного возбуждения	1000	5,0	0,8 заводского испытательного напряжения обмоток, но не менее 0,8 испытательного напряжения обмотки ротора генератора	Относительно корпуса и соединенных с ним обмоток независимого возбуждения, между обмотками
- обмотки независимого возбуждения	1000	5,0	0,8 заводского испытательного напряжения обмоток	Относительно корпуса и между обмотками независимого возбуждения
6. Подвозбудитель в системе ВЧ	1000	5,0	0,8 заводского испытательного	Каждая фаза относительно других,

возбуждения			напряжения	соединенных с корпусом
7.       Обращенный генератор совместно с вращающимся преобразователем в системе БСВ:  - обмотки якоря совместно с вращающимся преобразователем;  - обмотки возбуждения обращенного генератора	1000      500	5,0      5,0	0,8 заводского испытательного напряжения обмотки якоря      0,8 заводского испытательного напряжения обмотки возбуждения, но не менее 1,2 кВ	Относительно корпуса. Возбудитель отсоединен от ротора генератора; вентили, RC - цепи или варисторы зашунтированы (соединены +, -, шпильки переменного тока); подняты щетки на измерительных контактных кольцах      Относительно корпуса. Обмотки возбуждения отсоединены от схемы
8.       Выпрямительный трансформатор ВТ в системах СТС.  Выпрямительные трансформаторы в системах возбуждения ВГ(СТН) и БСВ:  первичная обмотка  вторичная обмотка	2500      2500  1000	5,0      5,0	0,8 заводского испытательного напряжения обмоток трансформатора;      вторичные обмотки для ВГ и БСВ - не менее 1,2 кВ	Относительно корпуса и между обмотками
9.       Последовательные трансформаторы в системах СТС	2500	5,0	0,8 заводского испытательного напряжения обмоток	Относительно корпуса и между обмотками
10.      Токопроводы, связывающие источники питания (ВГ в системе СТН, ВТ и ПТ в системе СТС), индукторный генератор в ВЧ системе с тиристорными или диодными преобразователями, токопроводы постоянного тока:  - без присоединенной аппаратуры;	2500	10	0,8 заводского испытательного напряжения токопроводов	Относительно "земли" между фазами.

- с присоединенной аппаратурой	2500	5,0	0,8 заводского испытательного напряжения обмотки ротора	Относительно "земли" между фазами.
11. Силовые элементы систем СТС, СТН, ВЧ (источники питания, преобразователи и т.д.) со всей присоединенной аппаратурой вплоть до выключателей ввода возбуждения либо до разъединителей выхода преобразователей (схемы систем возбуждения без резервных возбuditелей):				
- системы без водяного охлаждения преобразователей и с водяным охлаждением при не заполненной водой системе охлаждения;	1000	1,0	1,0 кВ	Относительно корпуса
- при заполненной водой (с удельным сопротивлением не менее 75 кОм·см) системе охлаждения ТП	1000	0,15	1,0 кВ	Блоки системы управления выдвинуты
12. Силовые цепи возбуждения генератора без обмотки ротора (после выключателя ввода возбуждения или разъединителей постоянного тока (см. п.11); устройство АГП, разрядник, силовой резистор, шинопроводы и т.д. Цепи, подключенные к измерительным кольцам в системе БСВ (обмотка ротора отключена)	1000	0,1	0,8 заводского испытательного напряжения ротора	Относительно "земли"

7.2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

Значение испытательного напряжения принимается согласно табл.1.8.5, длительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

7.3. Измерение сопротивления постоянному току обмоток трансформаторов и электрических машин в

системах возбуждения.

Сопротивление обмоток электрических машин (вспомогательный генератор в системе СТН, индукторный генератор в системе ВЧ, обращенный синхронный генератор в системе БСВ) не должно отличаться более чем на 2% от заводских данных; обмоток трансформаторов (выпрямительных в системах СТС, СТН, БСВ; последовательных в отдельных системах СТС) - более чем на 5%. Сопротивления параллельных ветвей рабочих обмоток индукторных генераторов не должны отличаться друг от друга более чем на 15%, сопротивления фаз вращающихся подвозбудителей - не более чем на 10%.

7.4. Проверка трансформаторов (выпрямительных, последовательных, собственных нужд, начального возбуждения, измерительных трансформаторов напряжения и тока).

Проверка производится в соответствии с нормами, приведенными в 1.8.16, 1.8.17, 1.8.18. Для последовательных трансформаторов ПТ определяется также зависимость между напряжением на разомкнутых вторичных обмотках и током статора генератора  $U_{2п.т.} = f(I_{ст.})$ .

Характеристика  $U_{2п.т.} = f(I_{ст.})$  определяется при снятии характеристик трехфазного короткого замыкания генератора (блока) до  $I_{ст.ном.}$ . Характеристики отдельных фаз (при однофазных последовательных трансформаторах) не должны различаться между собой более чем на 5%.

7.5. Определение характеристики вспомогательного синхронного генератора промышленной частоты в системах СТН.

Вспомогательный генератор (ВГ) проверяется в соответствии с п.8 данного параграфа. Характеристика короткого замыкания ВГ определяется до  $I_{ст.ном.}$ , а характеристика холостого хода до  $1,3 U_{ст.ном.}$  с проверкой витковой изоляции в течение 5 мин.

7.6. Определение характеристики индукторного генератора совместно с выпрямительной установкой в системе ВЧ возбуждения.

Производится при отключенной обмотке последовательного возбуждения.

Характеристика холостого хода индукторного генератора совместно с выпрямительной установкой (ВУ),  $[U_{ст.}, U_{ву} = f(I_{н.в.})]$ , где  $I_{н.в.}$  - ток в обмотке независимого возбуждения], определяемая до значения  $U_{ву}$ , соответствующего удвоенному номинальному значению напряжения ротора, не должна отличаться от заводской более чем на 5%. Разброс напряжений между последовательно соединенными вентилями ВУ не должен превышать 10% среднего значения.

Характеристика короткого замыкания индукторного генератора совместно с ВУ также не должна отличаться от заводской более чем на 5%. При выпрямленном токе, соответствующем номинальному току ротора, разброс токов по параллельным ветвям в плечах ВУ не должен превышать  $\pm 20\%$  среднего значения. Определяется также нагрузочная характеристика при работе на ротор до  $I_{рхх} [I_p = f(I_{в.в.})]$ , где  $I_{в.в.}$  - ток возбуждения возбудителя.

7.7. Определение внешней характеристики вращающегося подвозбудителя в системах ВЧ возбуждения.

При изменении нагрузки на подвозбудитель (нагрузкой является автоматический регулятор возбуждения) изменение напряжения подвозбудителя не должно превышать значения, указанного в заводской документации. Разность напряжения по фазам не должна превышать 10%.

7.8. Проверка элементов обращенного синхронного генератора, вращающегося преобразователя в системе БСВ.

Измеряются сопротивления постоянному току переходных контактных соединений вращающегося выпрямителя: сопротивление токопровода, состоящего из выводов обмоток и проходных шпилек, соединяющих обмотку якоря с предохранителями (при их наличии); соединения вентиля с предохранителем; сопротивление самих предохранителей вращающегося преобразователя. Результаты измерения сравниваются с заводскими нормами.

Проверяются усилия затяжки вентиля, предохранителей RC-цепей, варисторов и т.д. в соответствии с заводскими нормами.

Измеряются обратные токи вентиля вращающегося преобразователя в полной схеме с RC-цепями (либо

варисторами) при напряжении, равном повторяющемуся для данного класса. Токи не должны превышать значения, указанные в заводских инструкциях на системы возбуждения.

7.9. Определение характеристик обращенного генератора и вращающегося выпрямителя в режимах трехфазного короткого замыкания генератора (блока).

Измеряются ток статора  $I_{ст}$ , ток возбуждения возбудителя  $I_{в.в.}$ , напряжение ротора  $U_p$ , определяется соответствие характеристик возбудителя  $U_p = f(I_{н.в.})$  заводским. По измеренным токам статора и заводской характеристике короткого замыкания генератора  $I_{ст} = f(I_p)$  определяется правильность настройки датчиков тока ротора. Отклонение измеренного с помощью датчика типа ДТР-П тока ротора (тока выхода БСВ) не должно превышать 10% расчетного значения тока ротора.

7.10. Проверка тиристорных преобразователей систем СТС, СТН, БСВ.

Измерение сопротивления изоляции и испытание повышенным напряжением производятся в соответствии с табл.1.8.5.

Производятся гидравлические испытания повышенным давлением воды тиристорных преобразователей (ТП) с водяной системой охлаждения. Значение давления и время его воздействия должны соответствовать нормам завода-изготовителя на каждый тип преобразователя. Выполняется повторная проверка изоляции ТП после заполнения дисциллятом (см. табл.1.8.3).

Проверяется отсутствие пробитых тиристоров, поврежденных RC-цепей. Проверка выполняется с помощью омметра.

Проверяется целостность параллельных цепей плавкой вставки каждого силового предохранителя путем измерения сопротивления постоянному току.

Проверяется состояние системы управления тиристоров, диапазон регулирования выпрямленного напряжения при воздействии на систему управления тиристоров.

Проверяется ТП при работе генератора в номинальном режиме с номинальным током ротора. Проверка выполняется в следующем объеме:

- распределение токов между параллельными ветвями плеч преобразователей; отклонение значений токов в ветвях от среднеарифметического значения тока ветви должно быть не более 10%;

- распределение обратных напряжений между последовательно включенными тиристорами с учетом коммутационных перенапряжений; отклонение мгновенного значения обратного напряжения от среднего на тиристоре ветви должно быть не более  $\pm 20\%$ ;

- распределение тока между параллельно включенными преобразователями; токи не должны отличаться более чем на  $\pm 10\%$  от среднего расчетного значения тока через преобразователь;

- распределение тока в ветвях одноименных плеч параллельно включенных ТП; отклонение от среднего расчетного значения тока ветви одноименных плеч не должно быть более  $\pm 20\%$ .

7.11. Проверка выпрямительной диодной установки в системе ВЧ возбуждения.

Производится при работе генератора в номинальном режиме с номинальным током ротора. При проверке определяется:

- распределение тока между параллельными ветвями плеч; отклонение от среднего значения должно быть не более  $\pm 20\%$ ;

- распределение обратных напряжений по последовательно включенным вентилям; отклонение от среднего значения должно быть не более  $\pm 20\%$ .

7.12. Проверка коммутационной аппаратуры, силовых резисторов, аппаратуры собственных нужд систем возбуждения.

Проверка производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя и 1.8.34.

7.13. Измерение температуры силовых резисторов, диодов, предохранителей, шин и других элементов

преобразователей и шкафов, в которых они расположены.

Измерения выполняются после включения систем возбуждения под нагрузку. Температуры элементов не должны превышать значений, указанных в инструкциях заводов-изготовителей. При проверке рекомендуется применение тепловизоров, допускается использование пирометров.

#### 8. Определение характеристик генератора:

а) трехфазного КЗ. Характеристика снимается при изменении тока статора до номинального. Отклонения от заводской характеристики должны находиться в пределах погрешности измерения.

Снижение измеренной характеристики, которое превышает погрешность измерения, свидетельствует о наличии витковых замыканий в обмотке ротора.

У генераторов, работающих в блоке с трансформатором, снимается характеристика КЗ всего блока (с установкой закоротки за трансформатором). Характеристику собственно генератора, работающего в блоке с трансформатором, допускается не определять, если имеются протоколы соответствующих испытаний на стенде заводов-изготовителей.

У синхронных компенсаторов без разгонного двигателя снятие характеристик трехфазного КЗ производится на выбеге в том случае, если отсутствует характеристика, снятая на заводе;

б) холостого хода. Подъем напряжения номинальной частоты на холостом ходу производить до 130% номинального напряжения турбогенераторов и синхронных компенсаторов, до 150% номинального напряжения гидрогенераторов. Допускается снимать характеристику холостого хода турбо- и гидрогенератора до номинального тока возбуждения при пониженной частоте вращения генератора при условии, что напряжение на обмотке статора не будет превосходить 1,3 номинального. У синхронных компенсаторов разрешается снимать характеристику на выбеге. У генераторов, работающих в блоке с трансформаторами, снимается характеристика холостого хода блока; при этом генератор возбуждается до 1,15 номинального напряжения (ограничивается трансформатором). Характеристику холостого хода собственно генератора, отсоединенного от трансформатора блока, допускается не снимать, если имеются протоколы соответствующих испытаний на заводе-изготовителе. Отклонение характеристики холостого хода от заводской не нормируется, но должно быть в пределах погрешности измерения.

#### 9. Испытание междувитковой изоляции.

Испытание следует производить подъемом напряжения номинальной частоты генератора на холостом ходу до значения, соответствующего 150% номинального напряжения статора гидрогенераторов, 130% - турбогенераторов и синхронных компенсаторов. Для генераторов, работающих в блоке с трансформатором, - см. указания п.9. При этом следует проверить симметрию напряжений по фазам. Продолжительность испытания при наибольшем напряжении - 5 мин.

Испытание междувитковой изоляции рекомендуется производить одновременно со снятием характеристики холостого хода.

#### 10. Измерение вибрации.

Вибрация (размах вибросмещений, удвоенная амплитуда колебаний) узлов генератора и их электромашинных возбудителей не должна превышать значений, приведенных в табл. 1.8.6.

Таблица 1.8.6

### Предельные значения вибрации генераторов и их возбудителей

Контролируемый узел	Вибрация, мкм, при частоте вращения ротора, об/мин						Примечание
	до 100	от 100 до 187,5	от 187,5 до 375	от 375 до 750	150	300	
1. Подшипники	180	150	100	70	50*	30*	Вибрация подшипников

турбогенераторов и возбудителей, крестовины со встроенными в них направляющими подшипниками гидрогенераторов вертикального исполнения							турбогенераторов, их возбудителей и горизонтальных гидрогенераторов измеряется на верхней крышке подшипников в вертикальном направлении и у разъема - в осевом и поперечном направлениях. Для вертикальных гидрогенераторов приведенные значения вибрации относятся к горизонтальному и вертикальному направлениям.
2. Контактные кольца ротора турбогенераторов	-	-	-	-	-	200	Вибрации измеряются в горизонтальном и вертикальном направлениях.

\* при наличии аппаратуры контроля виброскорости производится ее измерение, среднеквадратическое значение виброскорости не должно превышать  $2,8 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$  по вертикальной и поперечной осям и  $4,5 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$  - по продольной оси.

Вибрация подшипников синхронных компенсаторов с номинальной частотой вращения ротора 750-1500 об/мин не должна превышать 80 мкм по размаху вибросмещений или  $2,2 \text{ мм} \cdot \text{с}^{-1}$  по среднеквадратическому значению вибрационной скорости.

11. Проверка и испытание системы охлаждения.

Производится в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

12. Проверка и испытание системы маслоснабжения.

Производится в соответствии с инструкцией завода-изготовителя.

13. Проверка изоляции подшипника при работе генератора (компенсатора).

Производится путем измерения напряжения между концами вала, а также между фундаментной плитой и корпусом изолированного подшипника. При этом напряжение между фундаментной плитой и подшипником должно быть не более напряжения между концами вала. Различие между напряжениями более чем на 10% указывает на неисправность изоляции.

14. Испытание генератора (компенсатора) под нагрузкой.

Нагрузка определяется практическими возможностями в период приемо-сдаточных испытаний. Нагрев статора при данной нагрузке должен соответствовать паспортным данным.

15. Определение характеристик коллекторного возбудителя.

Характеристика холостого хода определяется до наибольшего (потолочного) значения напряжения или значения, установленного заводом-изготовителем.

Снятие нагрузочной характеристики производится при нагрузке на ротор генератора не ниже номинального тока возбуждения генератора. Отклонения характеристик от заводских должны быть в пределах допустимой погрешности измерений.

16. Испытание концевых выводов обмотки статора турбогенератора серии ТГВ.

Помимо испытаний, указанных в табл.1.8.1 и 1.8.3, концевые выводы с конденсаторной стеклоэпоксидной изоляцией подвергаются испытаниям по пп.16.1 и 16.2.

#### 16.1. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь ( $\operatorname{tg} \delta$ ).

Измерение производится перед установкой концевого вывода на турбогенератор при испытательном напряжении 10 кВ и температуре окружающего воздуха 10-30°C.

Значение  $\operatorname{tg} \delta$  собранного концевого вывода не должно превышать 130% значения, полученного при измерениях на заводе. В случае измерения  $\operatorname{tg} \delta$  концевого вывода без фарфоровых покрышек его значение не должно превышать 3%.

#### 16.2. Проверка газоплотности.

Испытание на газоплотность концевых выводов, испытанных на заводе давлением 0,6 МПа, производится давлением сжатого воздуха 0,5 МПа.

Концевой вывод считается выдержавшим испытание, если при давлении 0,3 МПа падение давления не превышает 1 кПа/ч.

#### 17. Измерение остаточного напряжения генератора при отключении АГП в цепи ротора.

Значение остаточного напряжения не нормируется.

#### 18. Испытание генератора (компенсатора) под нагрузкой.

Нагрузка определяется практически возможностями в период приемо-сдаточных испытаний. Нагрев статора при данной нагрузке должен соответствовать данным завода-изготовителя.

### 1.8.14. Машины постоянного тока

Машины постоянного тока мощностью до 200 кВт, напряжением до 440 В следует испытывать по пп.1, 2, 4в, 8; все остальные - дополнительно по пп.3, 4а, 5 настоящего параграфа.

Возбудители синхронных генераторов и компенсаторов следует испытывать по пп.1-6, 8 настоящего параграфа.

Измерение по п.7 настоящего параграфа следует производить для машин, поступивших на место монтажа в разобранном виде.

#### 1. Определение возможности включения без сушки машин постоянного тока.

Следует производить в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

#### 2. Измерение сопротивления изоляции.

##### а) Сопротивление изоляции обмоток.

Измерение производится при номинальном напряжении обмотки до 0,5 кВ включительно мегаомметром на напряжении 500 В, а при номинальном напряжении обмотки выше 0,5 кВ - мегаомметром на протяжении 1000 В.

Измеренное значение сопротивления изоляции должно быть не менее приведенного в табл.1.8.7.

Таблица 1.8.7

### Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции обмоток машин постоянного тока

Температура обмотки, °С	Сопротивление изоляции $R_{60}$ ", Мом, при
-------------------------	---

	номинальном напряжении машин, В				
	230	460	650	750	900
10	2,7	5,3	8,0	9,3	10,8
20	1,85	3,7	5,45	6,3	7,5
30	1,3	2,6	3,8	4,4	5,2
40	0,85	1,75	2,5	2,9	3,5
50	0,6	1,2	1,75	2,0	2,35
60	0,4	0,8	1,15	1,35	1,6
70	0,3	0,5	0,8	0,9	1,0
75	0,22	0,45	0,65	0,75	0,9

б) Сопротивление изоляции бандажей.

Измерение производится относительно корпуса и удерживаемых ими обмоток.

Измеренное значение сопротивления изоляции должно быть не менее 0,5 Мом.

3. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытание производится по нормам, приведенным в табл.1.8.8. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин. Обмотки машин мощностью менее 3 кВт допускается не испытывать.

Таблица 1.8.8

### Испытательное напряжение промышленной частоты изоляции машин постоянного тока

Испытуемый объект	Характеристика электрической машины	Испытательное напряжение, кВ
Обмотка	Машины всех мощностей	$8 U_{ном}$ , но не ниже 1,2 и не выше 2,8
Бандажи якоря	То же	1
Реостаты и пускорегулировочные резисторы (испытание может проводиться совместно с цепями возбуждения)	-	1 (Изоляцию можно испытывать совместно с изоляцией цепей возбуждения)

4. Измерение сопротивления постоянному току:

а) обмоток возбуждения. Значение сопротивления должно отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 2%;

б) обмотки якоря (между коллекторными пластинами). Значения сопротивлений должны отличаться одно от

другого не более чем на 10% за исключением случаев, когда колебания обусловлены схемой соединения обмоток;

в) реостатов и пускорегулировочных резисторов. Измеряется общее сопротивление, проверяется целостность отпаек. Значения сопротивлений должны отличаться от данных завода-изготовителя не более чем на 10%.

5. Снятие характеристики холостого хода и испытание витковой изоляции.

Подъем напряжения следует производить: для генераторов постоянного тока до 130% номинального напряжения; для возбuditелей - до наибольшего (потолочного) или установленного заводом-изготовителем напряжения. При испытании витковой изоляции машин с числом полюсов более четырех среднее напряжение между соседними коллекторными пластинами должно быть не выше 24 В. Продолжительность испытания витковой изоляции - 3 мин.

Отклонение данных полученной характеристики от значений заводской характеристики должно находиться в пределах погрешности измерения.

6. Снятие нагрузочной характеристики.

Следует производить для возбuditелей при нагрузке до значения не ниже номинального тока возбуждения генератора. Отклонение от заводской характеристики не нормируется.

7. Измерение воздушных зазоров между полюсами. Измерения производятся у машин мощностью 200 кВт и более. Размеры зазора в диаметрально противоположных точках должны отличаться один от другого не более чем на 10% среднего размера зазора. Для возбuditелей турбогенераторов 300 МВт и более это отличие не должно превышать 5%.

8. Испытание на холостом ходу и под нагрузкой.

Определяется предел регулирования частоты вращения или напряжения, который должен соответствовать заводским и проектным данным.

### 1.8.15. Электродвигатели переменного тока

Электродвигатели переменного тока напряжением до 1 кВ испытываются по пп.2, 4б, 5, 6.

Электродвигатели переменного тока напряжением выше 1 кВ испытываются по пп.1-6.

1. Определение возможности включения без сушки электродвигателей напряжением выше 1 кВ.

Электродвигатели переменного тока включаются без сушки, если значение сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции не ниже указанных в табл.1.8.9.

Таблица 1.8.9

#### Допустимые значения сопротивления изоляции и коэффициента абсорбции для обмоток статора электродвигателей

Мощность, номинальное напряжение электродвигателя, вид изоляции обмоток	Критерии оценки состояния изоляции обмотки статора	
	Значение сопротивления изоляции, МОм	Значение коэффициента абсорбции $R_{60}/R_{15}$
1. Мощность более 5 МВт, терморезистивная и микалентная компаундированная изоляция	При температуре 10-30 °С сопротивление изоляции не ниже 10 МОм на 1 кВ номинального линейного	Не менее 1,3 при температуре 10-30 °С

	напряжения	
2. Мощность 5 МВт и ниже, напряжение выше 1 кВ, терморезистивная изоляция		
3. Двигатели с микалентной компаундированной изоляцией, напряжение выше 1 кВ, мощностью от 1 до 5 МВт включительно, а также двигатели меньшей мощности наружной установки с такой же изоляцией напряжением выше 1 кВ	Не ниже значений, указанных в табл.1.8.10.	Не менее 1,2
4. Двигатели с микалентной компаундированной изоляцией, напряжение выше 1 кВ, мощностью более 1 МВт, кроме указанных в п.3	Не ниже значений, указанных в табл.1.8.10.	-
5. Напряжение ниже 1 кВ, все виды изоляции	Не ниже 1,0 Мом при температуре 10-30 °С	-
6. Обмотка ротора	0,2	-
7. Термоиндикаторы с соединительными проводами, подшипники	В соответствии с указаниями заводов-изготовителей	

2. Измерение сопротивления изоляции.

Допустимые значения сопротивления изоляции электродвигателей напряжением выше 1 кВ должны соответствовать нормам, приведенным в табл.1.8.10.

Таблица 1.8.10

**Наименьшие допустимые значения сопротивления изоляции для электродвигателей (табл.1.8.9, пп.3, 4)**

Температура обмотки, °С	Сопротивление изоляции $R_{60}$ , МОм, при номинальном напряжении обмотки, кВ		
	3-3,15	6-6,3	10-10,5
10	30	60	100
20	20	40	70
30	15	30	50
40	10	20	35
50	7	15	25
60	5	10	17
75	3	6	10

У синхронных электродвигателей и электродвигателей с фазным ротором на напряжение 3 кВ и выше или мощностью более 1 МВт производится измерение сопротивления изоляции ротора мегаомметром на напряжение

1000 В. Измеренное значение сопротивления должно быть не ниже 0,2 МОм.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

Производится на полностью собранном электродвигателе.

Испытание обмотки статора производится для каждой фазы в отдельности относительно корпуса при двух других, соединенных с корпусом. У двигателей, не имеющих выводов каждой фазы в отдельности, допускается производить испытание всей обмотки относительно корпуса.

Значения испытательных напряжений приведены в табл.1.8.11. Продолжительность приложения испытательного напряжения 1 мин.

Таблица 1.8.11

### Испытательные напряжения промышленной частоты для обмоток электродвигателей переменного тока

Испытуемый элемент	Мощность электродвигателя, кВт	Номинальное напряжение электродвигателя, кВ	Испытательное напряжение, кВ
1. Обмотка статора	Менее 1,0	Ниже 0,1	$0,8(2U_{НОМ.} + 0,5)$
	От 1,0 и до 1000	Ниже 0,1	$0,8(2U_{НОМ.} + 1)$
		Выше 0,1	$0,8(2U_{НОМ.} + 1)$ , но не менее 1,2
	От 1000 и более	До 3,3 включительно	$0,8(2U_{НОМ.} + 1)$
	От 1000 и более	Свыше 3,3 до 6,6 включительно	$0,8 \cdot 2,5U_{НОМ.}$
От 1000 и более	Свыше 6,6	$0,8(2U_{НОМ.} + 3)$	
2. Обмотка ротора синхронных электродвигателей, предназначенных для непосредственного пуска, с обмоткой возбуждения, замкнутой на резистор или источник питания.			8-кратное $U_{НОМ.}$ системы возбуждения, но не менее 1,2 и не более 2,8
3. Обмотка ротора электродвигателя с фазным ротором.	-	-	$1,5U_p^*$ , но не менее 1,0
4. Резистор цепи гашения поля синхронных двигателей.	-	-	2,0
5. Реостаты и пускорегулирующие резисторы.	-	-	$1,5U_p^*$ , но не менее 1,0

\*  $U_p$  напряжение на кольцах при разомкнутом неподвижном роторе и номинальном напряжении на статоре.

4. Измерение сопротивления постоянному току.

Измерение производится при практически холодном состоянии машины.

а) Обмотки статора и ротора\*

\* Сопротивление постоянному току обмотки ротора измеряется у синхронных электродвигателей и асинхронных электродвигателей с фазным ротором.

Измерение производится у электродвигателей на напряжение 3 кВ и выше. Приведенные к одинаковой температуре измеренные значения сопротивлений различных фаз обмоток, а также обмотки возбуждения синхронных двигателей не должны отличаться друг от друга и от исходных данных более чем на 2%.

б) Реостаты и пускорегулировочные резисторы

Для реостатов и пусковых резисторов, установленных на электродвигателях напряжением 3 кВ и выше, сопротивление измеряется на всех ответвлениях. Для электродвигателей напряжением ниже 3 кВ измеряется общее сопротивление реостатов и пусковых резисторов и проверяется целостность отпаяк.

Значения сопротивления не должны отличаться от исходных значений более чем на 10%.

5. Проверка работы электродвигателя на холостом ходу или с ненагруженным механизмом.

Продолжительность проверки не менее 1 часа.

6. Проверка работы электродвигателя под нагрузкой.

Производится при нагрузке, обеспечиваемой технологическим оборудованием к моменту сдачи в эксплуатацию. При этом для электродвигателя с регулируемой частотой вращения определяются пределы регулирования. Проверяется тепловое и вибрационное состояние двигателя.

### **1.8.16. Силовые трансформаторы, автотрансформаторы, масляные реакторы и заземляющие дугогасящие реакторы (дугогасящие катушки)**

Маслонаполненные трансформаторы мощностью до 630 кВА испытываются по пп.1, 2 (только сопротивление изоляции), 11-14.

Маслонаполненные трансформаторы мощностью до 1,6 МВ·А испытываются по пп.1, 2, 4, 9, 11-14.

Маслонаполненные трансформаторы мощностью более 1,6 МВ·А, а также трансформаторы собственных нужд электростанций независимо от мощности испытываются в полном объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

Сухие и заполненные негорючим жидким диэлектриком трансформаторы всех мощностей испытываются по пп.1-7, 12, 14.

1. Определение условий включения трансформаторов.

Следует производить в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

2. Измерение характеристик изоляции.

Для трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно мощностью до 10 МВ·А и дугогасящих реакторов сопротивление изоляции обмоток должно быть не ниже следующих значений:

$T_{обм}, ^\circ C$	10	20	30	40	50	60	70
$R_{60}, MOm$	450	300	200	130	90	60	40

Сопротивление изоляции сухих трансформаторов при температуре 20-30 °С должно быть для обмоток с

номинальным напряжением:

- до 1 кВ включительно - не менее 100 МОм;
- более 1 кВ до 6 кВ - не менее 300 МОм;
- более 6 кВ - не менее 500 МОм.

Для остальных трансформаторов сопротивление изоляции, приведенное к температуре измерений на заводе-изготовителе, должно составлять не менее 50% исходного значения.

Значения тангенса угла диэлектрических потерь ( $\operatorname{tg} \delta$ ), приведенные к температуре измерений на заводе-изготовителе, не должны отличаться от исходных значений в сторону ухудшения более чем на 50%.

Измерение сопротивления изоляции и  $\operatorname{tg} \delta$  должно производиться при температуре обмоток не ниже:

10 °С - у трансформаторов напряжением до 150 кВ;

20 °С - у трансформаторов напряжением 220-750 кВ.

Измерение  $\operatorname{tg} \delta$  трансформаторов мощностью до 1600 кВА не обязательно.

Измерение сопротивления изоляции доступных стержней шпилек, бандажей, полубандажей ярем и прессующих колец относительно активной стали и электростатических экранов, относительно обмоток и магнитопровода производится в случае осмотра активной части. Измеренные значения должны быть не менее 2 МОм, а изоляции ярмовых балок не менее 0,5 МОм. Измерения производятся мегаомметром на напряжение 1000 В.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции обмоток вместе с вводами. Испытательные напряжения приведены в табл.1.8.12. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции обмоток маслонаполненных трансформаторов не обязательно.

Испытание повышенным напряжением промышленной частоты изоляции обмоток сухих трансформаторов обязательно и производится по нормам табл.1.8.12 для аппаратов с облегченной изоляцией.

Импортные трансформаторы разрешается испытывать напряжениями, указанными в табл.1.8.12, лишь в тех случаях, если они не превышают напряжения, которым данный трансформатор был испытан на заводе.

Таблица 1.8.12

**Испытательное напряжение промышленной частоты внутренней изоляции силовых маслонаполненных трансформаторов и реакторов с нормальной изоляцией и трансформаторов с облегченной изоляцией (сухих и маслонаполненных)**

Класс напряжения обмотки, кВ	Испытательное напряжение по отношению к корпусу и другим обмоткам, кВ для изоляции	
	нормальной	облегченной
От 0,05 до 1	4,5	2,7
3	16,2	9
6	22,5	15,4
10	31,5	21,6
15	40,5	33,5

20	49,5	-
35	76,5	-

Испытательное напряжение заземляющих реакторов на напряжение до 35 кВ аналогично приведенным для трансформаторов соответствующего класса;

б) изоляции доступных стяжных шпилек, прессующих колец и ярмовых балок. Испытание следует производить в случае осмотра активной части. Испытательное напряжение 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

#### 4. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

Производится на всех ответвлениях. Сопротивление должно отличаться не более чем на 2% от сопротивления, полученного на таком же ответвлении других фаз, или от данных завода-изготовителя.

Значение сопротивления обмоток однофазных трансформаторов после температурного перерасчета не должно отличаться более чем на 5% от исходных значений.

#### 5. Проверка коэффициента трансформации.

Производится на всех ступенях переключения. Коэффициент трансформации должен отличаться не более чем на 2% от значений, полученных на том же ответвлении на других фазах, или от данных завода-изготовителя. Для трансформаторов с РПН разница между коэффициентами трансформации не должна превышать значения ступени регулирования.

#### 6. Проверка группы соединения трехфазных трансформаторов и полярности выводов однофазных трансформаторов.

Производится, если отсутствуют паспортные данные или есть сомнения в достоверности этих данных. Группа соединений должна соответствовать паспортным данным и обозначениям на щитке.

#### 7. Измерение потерь холостого хода.

Измерения производятся у трансформаторов мощностью 1000 кВ·А и более при напряжении, подводимом к обмотке низшего напряжения, равно указанному в протоколе заводских испытаний (паспорте), но не более 380 В. У трехфазных трансформаторов потери холостого хода измеряются при однофазном возбуждении по схемам, применяемым на заводе-изготовителе.

У трехфазных трансформаторов при вводе в эксплуатацию соотношение потерь на разных фазах не должно отличаться от соотношений, приведенных в протоколе заводских испытаний (паспорте), более чем на 5%.

У однофазных трансформаторов при вводе в эксплуатацию отличие измеренных значений потерь от исходных не должно превышать 10%.

##### 7.1. Измерение сопротивления короткого замыкания ( $Z_K$ ) трансформатора.

Измерение производится у трансформаторов 125 МВ·А и более.

Для трансформаторов с устройством регулирования напряжения под нагрузкой  $Z_K$  измеряется на основном и обоих крайних ответвлениях.

Значения  $Z_K$  не должны превышать значения, определенного по напряжению КЗ ( $u_K$ ) трансформатора на основном ответвлении более чем на 5%.

#### 8. Проверка работы переключающего устройства.

Производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

#### 9. Испытание бака с радиаторами.

Испытаниям подвергаются все трансформаторы, кроме герметизированных и не имеющих расширителя. Испытание производится:

- у трансформаторов напряжением до 35 кВ включительно - гидравлическим давлением столба масла, высота которого над уровнем заполненного расширителя составляет 0,6 м, за исключением трансформаторов с волнистыми баками и пластинчатыми радиаторами, для которых высота столба масла принимается равной 0,3 м;

- у трансформаторов с пленочной защитой масла - созданием внутри гибкой оболочки избыточного давления воздуха 10 кПа;

- у остальных трансформаторов - созданием избыточного давления азота или сухого воздуха 10 кПа в надмасляном пространстве расширителя.

Продолжительность испытания во всех случаях - не менее 3 ч. Температура масла в баке при испытаниях трансформаторов напряжением до 150 кВ включительно - не ниже 10 °С, остальных - не ниже 20 °С.

Трансформатор считается маслостойким, если осмотром после испытания течь масла не обнаружена.

10. Проверка устройств охлаждения.

Режим пуска и работы охлаждающих устройств должен соответствовать указаниям завода-изготовителя.

11. Проверка средств защиты масла.

Производится в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

12. Фазировка трансформаторов.

Должно иметь место совпадение по фазам.

13. Испытание трансформаторного масла.

Свежее масло перед заливкой вновь вводимых трансформаторов, прибывающих без масла, должно быть испытано по показателям пп.1-6, 7-12 табл.1.8.33.

У трансформаторов напряжением до 35 кВ масло рекомендуется испытывать по показателям пп.1-7 табл.1.8.33, допускается не производить испытания по пп.3, 6 и 7 табл.1.8.33.

У трансформаторов напряжением 110 кВ и выше масло испытывается по пп.1-7 табл.1.8.33, а у трансформаторов с пленочной защитой масла - дополнительно по п.10.

У трансформаторов с РПН масло из бака контактора устройства регулирования напряжения под нагрузкой испытывается в соответствии с инструкцией завода-изготовителя РПН.

Из герметизированных трансформаторов проба масла не отбирается.

У трансформаторов напряжением 110 кВ и выше, а также блочных трансформаторов собственных нужд, рекомендуется производить хроматографический анализ растворенных в масле газов.

Масло из трансформаторов, прибывающих на монтаж с маслом при наличии удовлетворяющих нормам показателей заводского испытания, проведенного не более чем за 6 месяцев до включения трансформатора в работу, разрешается испытывать только по показателям пп.1 и 2 табл.1.8.33.

У трансформаторов мощностью до 630 кВА проверку масла допускается производить только по пп.1 и 2 (визуально) табл.1.8.33.

14. Испытание включением толчком на номинальное напряжение.

В процессе 3-5-кратного включения трансформатора на номинальное напряжение не должны иметь место явления, указывающие на неудовлетворительное состояние трансформатора.

Трансформаторы, смонтированные по схеме блока с генератором, рекомендуется включать в сеть под напряжением с нуля.

15. Испытание вводов.



Бумажно-бакелитовая	3,0	2,5	2,0	-	-	-	-
Основная бумажно-масляная конденсаторная изоляция	-	2,5	2,0	1,0	Не более 150% от измеренного на заводе, но не выше 0,8		

У каскадных трансформаторов тока  $\text{tg } \delta$  основной изоляции измеряется для трансформатора тока в целом. При неудовлетворительных результатах таких измерений  $\text{tg } \delta$  основной изоляции дополнительно производится измерение по ступеням.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты 50 Гц.

3.1. Испытание повышенным напряжением основной изоляции.

Значения испытательного напряжения основной изоляции приведены в табл.1.8.16. Длительность испытания трансформаторов тока - 1 мин.

Допускается проведение испытаний трансформаторов тока совместно с ошиновкой. Трансформаторы тока напряжением более 35 кВ не подвергаются испытаниям повышенным напряжением.

3.2. Испытание повышенным напряжением изоляции вторичных обмоток.

Значение испытательного напряжения для изоляции вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями принимается равным 1 кВ.

Продолжительность приложения испытательного напряжения - 1 мин.

4. Снятие характеристик намагничивания.

Характеристика снимается повышением напряжения на одной из вторичных обмоток до начала насыщения, но не выше 1800 В.

При наличии у обмоток ответвлений характеристика снимается на рабочем ответвлении.

Снятая характеристика сопоставляется с типовой характеристикой намагничивания или с характеристиками намагничивания исправных трансформаторов тока, однотипных с проверяемыми.

Отличия от значений, измеренных на заводе-изготовителе, или от измеренных на исправном трансформаторе тока, однотипном с проверяемым, не должны превышать 10%.

Допускается снятие только трех контрольных точек.

5. Измерение коэффициента трансформации.

Отклонение измеренного коэффициента от указанного в паспорте или от измеренного на исправном трансформаторе тока, однотипном с проверяемым, не должно превышать 2%.

6. Измерение сопротивления вторичных обмоток постоянному току.

Измерение проводится у трансформаторов тока на напряжение 110 кВ и выше.

Отклонение измеренного сопротивления обмотки постоянному току от паспортного значения или от измеренного на других фазах не должно превышать 2%. При сравнении измеренного значения с паспортными данными измеренное значение сопротивления должно приводиться к заводской температуре. При сравнении с другими фазами измерения на всех фазах должны проводиться при одной и той же температуре.

7. Испытания трансформаторного масла.

При вводе в эксплуатацию трансформаторов тока трансформаторное масло должно быть испытано в соответствии с требованиями табл.1.8.33 пп.1 + 6, а у герметичных и по п.10.

У маслонаполненных каскадных трансформаторов тока оценка состояния трансформаторного масла в каждой ступени проводится по нормам, соответствующим рабочему напряжению ступени.

8. Испытание встроенных трансформаторов тока.

Производится по пп.1, 3.2, 4÷6. Измерение сопротивления изоляции встроенных трансформаторов тока производится мегаомметром на напряжение 1000 В.

Измеренное сопротивление изоляции без вторичных цепей должно быть не менее 10 МОм.

Допускается измерение сопротивления изоляции встроенных трансформаторов тока вместе со вторичными цепями. Измеренное сопротивление изоляции должно быть не менее 1 МОм.

### 1.8.18. Измерительные трансформаторы напряжения

1. Электромагнитные трансформаторы напряжения.

1.1. Измерение сопротивления изоляции обмоток.

Измерение сопротивления изоляции обмотки ВН трансформаторов напряжения производится мегаомметром на напряжение 2500 В.

Измерение сопротивления изоляции вторичных обмоток, а также связующих обмоток каскадных трансформаторов напряжения производится мегаомметром на напряжение 1000 В.

Измеренные значения сопротивления изоляции должны быть не менее приведенных в табл.1.8.15.

Таблица 1.8.15

#### Сопротивление изоляции трансформаторов напряжения

Класс напряжения, кВ	Допустимые сопротивления изоляции, МОм, не менее		
	Основная изоляция	Вторичные обмотки*	Связующие обмотки*
3-35	100	50(1)	1
110-500	300	50(1)	1

\* Сопротивления изоляции вторичных обмоток приведены:

без скобок - при отключенных вторичных цепях;

в скобках - совместно с подключенными вторичными цепями.

1.2. Испытание повышенным напряжением частоты 50 Гц.

Испытание изоляции обмотки ВН повышенным напряжением частоты 50 Гц проводится для трансформаторов напряжения с изоляцией всех выводов обмотки ВН этих трансформаторов на номинальное напряжение.

Значения испытательного напряжения основной изоляции приведены в табл.1.8.15.

Длительность испытания трансформаторов напряжения - 1 мин.

Значение испытательного напряжения для изоляции вторичных обмоток вместе с присоединенными к ним цепями принимается равным 1 кВ.

Продолжительность приложения испытательного напряжения - 1 мин.

### 1.3. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

Измерение сопротивления обмоток постоянному току производится у связующих обмоток каскадных трансформаторов напряжения.

Отклонение измеренного сопротивления обмотки постоянному току от паспортного значения или от измеренного на других фазах не должно превышать 2%. При сравнении измеренного значения с паспортными данными измеренное значение сопротивления должно приводиться к температуре заводских испытаний. При сравнении с другими фазами измерения на всех фазах должны проводиться при одной и той же температуре.

### 1.4. Испытание трансформаторного масла.

При вводе в эксплуатацию трансформаторов напряжения масло должно быть испытано в соответствии с требованиями табл.1.8.32 пп.1 ÷ 6.

У маслонаполненных каскадных трансформаторов напряжения оценка состояния масла в отдельных ступенях проводится по нормам, соответствующим рабочему напряжению ступени.

#### 2. Емкостные трансформаторы напряжения.

##### 2.1. Испытание конденсаторов делителей напряжения.

Испытание конденсаторов делителей напряжения проводятся в соответствии с требованиями раздела 1.8.27.

##### 2.2. Измерение сопротивления изоляции электромагнитного устройства.

Измерение сопротивления изоляции обмоток проводится мегаомметром на 2500 В.

Сопротивление изоляции не должно отличаться от указанного в паспорте более чем на 30% в худшую сторону, но составлять не менее 300 МОм.

##### 2.3. Испытание электромагнитного устройства повышенным напряжением частоты 50 Гц.

Испытаниям подвергается изоляция вторичных обмоток электромагнитного устройства.

Испытательное напряжение - 1,8 кВ.

Длительность приложения напряжения - 1 мин.

##### 2.4. Измерение сопротивления обмоток постоянному току.

При вводе в эксплуатацию измерение сопротивления обмоток постоянному току производится на всех положениях переключающего устройства.

Измеренные значения, приведенные к температуре при заводских испытаниях, не должны отличаться от указанных в паспорте более чем на 5%.

##### 2.5. Измерение тока и потерь холостого хода.

Измерение тока и потерь холостого хода производится при напряжениях, указанных в заводской документации.

Измеренные значения не должны отличаться от указанных в паспорте более чем на 10%.

##### 2.6. Испытание трансформаторного масла из электромагнитного устройства.

Значение пробивного напряжения масла должно быть не менее 30 кВ.

При вводе в эксплуатацию свежее сухое трансформаторное масло для заливки (доливки) электромагнитного устройства должно быть испытано в соответствии с требованиями табл.1.8.33 пп.1 ÷ 6.

##### 2.7. Испытание вентильных разрядников.

Проводятся согласно указаниям раздела 1.8.31.

### 1.8.19. Масляные выключатели

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) подвижных и направляющих частей, выполненных из органических материалов. Производится мегаомметром на напряжение 2500 В.

Сопротивление изоляции не должно быть меньше значений, приведенных ниже:

Номинальное напряжение выключателя, кВ	3-10	15-150	220-500
Сопротивление изоляции, МОм	1000	3000	5000

б) вторичных цепей, электромагнитов включения и отключения и т.п. Производится в соответствии с 1.8.37.

2. Испытание вводов.

Производится в соответствии с 1.8.34.

3. Оценка состояния внутрибаковой изоляции и изоляции дугогасительных устройств.

Оценка производится у баковых масляных выключателей на напряжение 35 кВ в том случае, если при измерении  $\operatorname{tg} \delta$  вводов на полностью собранном выключателе получены повышенные значения по сравнению с нормами, приведенными в табл.1.8.30.

Внутрибаковая изоляция и изоляция дугогасительных устройств подлежат сушке, если исключение влияния этой изоляции снижает измеренный  $\operatorname{tg} \delta$  более чем на 4% (абсолютное значение).

4. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции выключателей относительно корпуса или опорной изоляции. Производится для выключателей напряжением до 35 кВ. Испытательное напряжение для выключателей принимается в соответствии с данными табл.1.8.16. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

Таблица 1.8.16

#### Испытательное напряжение промышленной частоты для внешней изоляции аппаратов

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ, для аппаратов с изоляцией			
	нормальной керамической	нормальной органической	облегченной керамической	облегченной органической
3	24	21,6	13	11,7
6	32	28,8	21	18,9
10	42	37,8	32	28,8
15	55	49,5	48	43,2
20	65	58,5	-	-
35	95	85,5	-	-

Аналогичному испытанию должна подвергаться изоляция межконтактных разрывов масляных выключателей 6-10 кВ.

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов включения и отключения. Значение испытательного напряжения 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

5. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов масляных выключателей. Измеряется сопротивление токоведущей системы полюса выключателя и отдельных его элементов. Значение сопротивления контактов постоянному току должно соответствовать данным завода-изготовителя;

б) шунтирующих резисторов дугогасительных устройств. Измеренное значение сопротивления должно отличаться от заводских данных не более чем на 3%;

в) обмоток электромагнитов включения и отключения, значение сопротивлений обмоток должно соответствовать указаниям заводов-изготовителей.

6. Измерение временных характеристик выключателей.

Измерение временных характеристик производится для выключателей всех классов напряжения. Измерение скорости включения и отключения следует производить для выключателей 35 кВ и выше, когда это требуется инструкцией завода-изготовителя. Измеренные характеристики должны соответствовать указаниям заводов-изготовителей.

7. Измерение хода подвижных частей (траверс) выключателя, вжима контактов при включении, одновременности замыкания и размыкания контактов.

Полученные значения должны соответствовать указаниям заводов-изготовителей.

8. Проверка регулировочных и установочных характеристик механизмов, приводов и выключателей.

Производится в объеме и по нормам инструкций заводов-изготовителей и паспортов для каждого типа привода и выключателя.

9. Проверка действия механизма свободного расцепления.

Механизм свободного расцепления привода должен позволять производить операции отключения на всем ходе контактов, т.е. в любой момент от начала операции включения.

10. Проверка минимального напряжения (давления) срабатывания выключателей.

Проверка минимального напряжения срабатывания производится пополюсно у выключателей с пополюсными приводами.

Минимальное напряжение срабатывания должно соответствовать нормам, установленным заводами - изготовителями выключателей. Значение давления срабатывания пневмоприводов должно быть на 20-30% меньше нижнего предела рабочего давления.

11. Испытание выключателей многократными опробованиями.

Многократные опробования выключателей - выполнение операций включения и отключения и сложных циклов (ВО без выдержки времени обязательны для всех выключателей; ОВ и ОВО обязательны для выключателей, предназначенных для работы в режиме АПВ) должны производиться при номинальном напряжении на выводах электромагнитов. Число операций и сложных циклов, подлежащих выполнению выключателем, должно составлять:

- 3-5 операций включения и отключения;

- 2-3 цикла каждого вида.

12. Испытание трансформаторного масла выключателей.

У баковых выключателей всех классов напряжений и малообъемных выключателей 110 кВ и выше испытание масла производится до и после заливки масла в выключатели.

У малообъемных выключателей до 35 кВ масло испытывается до заливки в дугогасительные камеры.

Испытание масла производится в соответствии с табл.1.8.33 пп.1, 3, 4, 5.

13. Испытание встроенных трансформаторов тока. Производится в соответствии с 1.8.17.

### 1.8.20. Воздушные выключатели

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей, изолирующих тяг и воздухопроводов выключателей всех классов напряжений. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

В случае необходимости измерение сопротивления изоляции опорных изоляторов, изоляторов гасительных камер и отделителей следует производить с установкой охранных колец на внешней поверхности.

Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в табл.1.8.17.

Таблица 1.8.17

#### Наименьшее допустимое сопротивление опорной изоляции и изоляции подвижных частей воздушных выключателей

Испытуемый объект	Сопротивление изоляции, МОм, при номинальном напряжении выключателя, кВ		
	До 10	15-150	220 и выше
Опорный изолятор, воздухопровод и тяга (каждое в отдельности), изготовленные из фарфора	1000	3000	5000

б) вторичных цепей, обмоток электромагнитов включения и отключения. Производится в соответствии с 1.8.37.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции выключателей. Обязательно для выключателей до 35 кВ. Опорную фарфоровую изоляцию выключателей следует испытывать повышенным напряжением промышленной частоты в соответствии с табл.1.8.16. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с 1.8.37.

3. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов воздушных выключателей всех классов напряжения. Измерению подлежит сопротивление контактов каждого элемента гасительной камеры, отделителя в отдельности. Наибольшие допустимые значения сопротивления контактов воздушных выключателей приведены в табл.1.8.18.

Таблица 1.8.18

#### Предельные значения сопротивлений постоянному току контактных систем воздушных выключателей

Тип выключателя	Сопротивление контура полюса, мкОм, не более
ВВН-330-15	460

ВВ-330Б	380
ВВ-500Б	500
ВВБ-110, ВВБМ-110Б, ВВБК-110Б	80
ВВД-220Б, ВВБК-220Б	300
	600
ВВБ-500А	900
ВВБ-750А	1200
ВНВ-330-40, ВНВ-330-63, ВНВ-500-40, ВНВ-500-63	150
ВНВ-750	230

Примечания:

1. Предельные значения сопротивлений одного элемента (разрыва) гасительной камеры и отделителя и одного дугогасительного устройства модуля: выключателей серии ВВН - 20 мкОм, серий ВВУ, ВВБ, ВВД, ВВБК - 80 мкОм, серии ВНВ - 70 мкОм.

2. У выключателей типа ВВ напряжением 330-500 кВ значения сопротивлений следующих участков токоведущих контуров не должны превышать:

50 мкОм - для шин, соединяющих гасительную камеру с отделением;

80 мкОм - для шины, соединяющей две половины отделителя;

10 мкОм - для перехода с аппаратного вывода отделителя на соединительную шину.

3. Значения сопротивлений каждого разрыва дугогасительного устройства выключателей 330-750 кВ серии ВНВ не должны превышать 35 мкОм.

б) обмоток электромагнитов включения и отключения выключателей. Устанавливается для каждого типа выключателей согласно данным завода-изготовителя.

в) результаты измерений сопротивления элементов делителей напряжения и шунтирующих резисторов должны соответствовать заводским нормам, приведенным в таблице 1.8.19.

Таблица 1.8.19

### Нормируемые значения сопротивлений постоянному току омических делителей напряжения и шунтирующих резисторов

Тип выключателя	Сопротивления одного элемента, Ом
ВВН-110-6	150±5
ВВШ-110Б, ВВШ-150Б	150 <sup>+4</sup> <sub>-2</sub>
ВВН-154-8, ВВН-220-10, ВВН-220-15, ВВН-330-15	15000±150
ВВ-330, ВВ-500	14140±140
ВВУ-35	4,6-0,25
ВВУ-110Б	5±0,3 (нижний модуль)

	100±2 (верхний модуль)
ВВБ-110, ВВБ-220Б	100±2
ВВБМ-110Б, ВВД-220Б	50±1
ВВБК-110Б, ВВБК-220Б	47,5 <sup>+1</sup> <sub>-0,5</sub>
ВНВ-330-63, ВНВ-500-63	75 <sup>+1</sup> <sub>-3</sub>

Примечание. Сопровитления шунтирующих резисторов, подлежащих установке на одном полюсе выключателя, не должны отличаться друг от друга более чем допускается заводской инструкцией.

#### 4. Проверка характеристик выключателя.

Характеристики выключателя, снятые при номинальном, минимальном и максимальном рабочих давлениях при простых операциях и сложных циклах, должны соответствовать данным завода-изготовителя.

#### 5. Проверка минимального напряжения срабатывания выключателя.

Электромагниты управления воздушных выключателей должны срабатывать при напряжении не более  $0,7 \cdot U_{ном.}$  при питании привода от источника постоянного тока и не более  $0,65 \cdot U_{ном.}$  при питании от сети переменного тока через выпрямительные устройства и наибольшем рабочем давлении сжатого воздуха в резервуарах выключателя. Напряжение на электромагниты должно подаваться толчком.

#### 6. Испытание выключателя многократным включением и отключением.

Количество операций и сложных циклов, выполняемых каждым выключателем, устанавливается согласно табл.1.8.20.

Таблица 1.8.20

### Условия и число опробований выключателей при наладке

Операция или цикл	Давление при опробовании	Напряжения на выводах	Число операций и циклов
1. Включение	Наименьшее срабатывание	Номинальное	3
2. Отключение	То же	То же	3
3. ВО	"	"	2
4. Включение	Наименьшее рабочее	"	3
5. Отключение	То же	"	3
6. ВО	"	"	2
7. Включение	Номинальное	"	3
8. Отключение	То же	"	3
9. ОВ	"	"	2
10. Включение	Наибольшее рабочее	0,7 номинального	2

11. Отключение	То же	То же	2
12. ВО	"	Номинальное	2
13. ОВО	"	То же	2
14. ОВО	Наименьшее для АПВ	"	2

Примечание. При выполнении операций и сложных циклов (пп.4-9,12-14) должны быть сняты зачетные осциллограммы.

7. Испытание конденсаторов делителей напряжения воздушных выключателей.

Производится в соответствии с 1.8.30.

### 1.8.21. Элегазовые выключатели

1. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления.

Измерение должно выполняться согласно указаниям раздела 1.8.37.

2. Испытание изоляции выключателя.

2.1. Испытание изоляции должно выполняться напряжением промышленной частоты согласно табл.1.8.16. Допускается не производить испытание выключателей, заполненных элегазом на заводе-изготовителе и не подлежащих вскрытию в течение всего срока службы.

2.2. Испытание изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления должно выполняться в соответствии с указаниями раздела 1.8.37.

3. Измерение сопротивления постоянному току.

3.1. Измерение сопротивления главной цепи. Сопротивление главной цепи должно измеряться как в целом всего токоведущего контура полюса, так и отдельно каждого разрыва дугогасительного устройства.

Измеренные значения должны соответствовать нормам завода-изготовителя.

Измерения не производятся у выключателей, заполненных элегазом на заводе-изготовителе и не подлежащих вскрытию в течение всего срока службы.

3.2 Измерение сопротивления обмоток электромагнитов управления и добавочных резисторов в их цепи. Измеренные значения сопротивлений должны соответствовать нормам завода-изготовителя.

4. Проверка минимального напряжения срабатывания выключателей.

Выключатели должны срабатывать при напряжении не более  $0,85 \cdot U_{ном}$  при питании привода от источника постоянного тока;  $0,7 \cdot U_{ном}$  при питании привода от сети переменного тока при номинальном давлении элегаза в полостях выключателя и наибольшем рабочем давлении в резервуарах привода. Напряжение на электромагниты должно подаваться толчком.

5. Испытание конденсаторов делителей напряжения.

Испытания должны выполняться согласно указаниям 1.8.30.

Значение измеренной емкости должно соответствовать норме завода-изготовителя.

6. Проверка характеристик выключателя.

При проверке работы элегазовых выключателей должны определяться характеристики, предписанные заводскими инструкциями. Результаты проверок и измерений должны соответствовать паспортным данным.

#### 7. Испытание выключателей многократными опробованиями.

Многократные опробования - выполнение операций включения и отключения и сложных циклов (ВО без выдержки времени между операциями - для всех выключателей; ОВ и ОВО - для выключателей, предназначенных для работы в режиме АПВ) - должны производиться при различных давлениях сжатого воздуха в приводе и напряжениях на выводах электромагнитов управления с целью проверки исправности действия выключателей согласно таблице 1.8.20. Производятся при номинальном напряжении на выводах электромагнитов привода или при номинальном давлении сжатого воздуха привода.

Число операций и сложных циклов, подлежащих выполнению выключателем, должно составлять:

- 3-5 операций включения и отключения;

- 2-3 цикла каждого вида.

#### 8. Проверка герметичности.

Проверка герметичности производится с помощью течеискателя. При испытании на герметичность щупом течеискателя обследуются места уплотнений стыковых соединений и сварных швов выключателя.

Результат испытания на герметичность считается удовлетворительным, если течеискатель не показывает утечки. Испытание производится при номинальном давлении элегаза.

#### 9. Проверка содержания влаги в элегазе.

Содержание влаги в элегазе определяется перед заполнением выключателя элегазом на основании измерения точки росы. Температура точки росы элегаза должна быть не выше минус 50 °С.

#### 10. Испытание встроенных трансформаторов тока.

Испытания должны выполняться в соответствии с указаниями 1.8.17.

### 1.8.22. Вакуумные выключатели

#### 1. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления.

Измерение производится согласно указаниям раздела 1.8.37.

#### 2. Испытание изоляции повышенным напряжением частоты 50 Гц.

##### 2.1. Испытание изоляции выключателя.

Значение испытательного напряжения принимается согласно табл.1.8.16.

##### 2.2. Испытание изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления.

Испытания производятся согласно указаниям раздела 1.8.37.

#### 3. Проверка минимального напряжения срабатывания выключателя.

Электромагниты управления вакуумных выключателей должны срабатывать:

- электромагниты включения при напряжении не более  $0,85 \cdot U_{ном.}$  ;

- электромагниты отключения при напряжении не более  $0,7 \cdot U_{ном.}$  .

#### 4. Испытание выключателей многократными опробованиями.

Число операций и сложных циклов, подлежащих выполнению выключателем при номинальном напряжении на выводах электромагнитов, должно составлять:

- 3-5 операций включения и отключения;

- 2-3 цикла ВО без выдержки времени между операциями.

5. Измерение сопротивления постоянному току, измерение временных характеристик выключателей, измерение хода подвижных частей и одновременности замыкания контактов.

Производятся, если это требуется инструкцией завода-изготовителя.

### **1.8.23. Выключатели нагрузки**

1. Измерение сопротивления изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления.

Производится в соответствии с 1.8.37.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции выключателя нагрузки. Производится в соответствии с табл.1.8.16.;

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с 1.8.37. 3.

3. Измерение сопротивления постоянному току:

а) контактов выключателя. Производится измерение сопротивления токоведущей системы полюса и каждой пары рабочих контактов. Значение сопротивления должно соответствовать данным завода-изготовителя;

б) обмоток электромагнитов управления. Значение сопротивления должно соответствовать данным завода-изготовителя:

4. Проверка действия механизма свободного расцепления.

Механизм свободного расцепления проверяется в работе в соответствии с 1.8.19, п.9.

5. Проверка срабатывания привода при пониженном напряжении.

Производится в соответствии с 1.8.19, п.10.

6. Испытание выключателя нагрузки многократным опробованием.

Производится в соответствии с 1.8.19 п.11.

### **1.8.24. Разъединители, отделители и короткозамыкатели**

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) поводков и тяг, выполненных из органических материалов. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не ниже значений, приведенных в 1.8.19, п.1а;

б) многоэлементных изоляторов. Производится в соответствии с 1.8.35;

в) вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с 1.8.37.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции разъединителей, отделителей и короткозамыкателей. Производится в соответствии с табл.1.8.16;

б) изоляции вторичных цепей и обмоток электромагнитов управления. Производится в соответствии с 1.8.37.

3. Измерение сопротивления постоянному току:

а) измерение должно выполняться между точками "контактный вывод - контактный вывод". Результаты

измерений сопротивлений должны соответствовать заводским нормам, а при их отсутствии - данным табл.1.8.21;

б) обмоток электромагнитов управления. Значения сопротивления обмоток должны соответствовать данным заводов-изготовителей.

Таблица 1.8.21

### Наибольшее допустимое сопротивление постоянному току контактной системы разъединителей и отделителей

Тип разъединителя (отделителя)	Номинальное напряжение, кВ	Номинальный ток, А	Сопротивление, мкОм
РОНЗ	500	2000	200
РЛН	35-200	600	220
Остальные типы	Все классы напряжения	600	175
		1000	120
		1500-2000	50

4. Измерение вытягивающихся усилий подвижных контактов из неподвижных.

Производится у разъединителей и отделителей 35 кВ. Измерение значения вытягивающих усилий при обезжиренном состоянии контактных поверхностей должны соответствовать данным завода-изготовителя.

5. Проверка работы разъединителя, отделителя и короткозамыкателя.

Аппараты с ручным управлением должны быть проверены выполнением 5 операций включения и 5 операций отключения.

Аппараты с дистанционным управлением должны быть также проверены выполнением 5 операций включения и такого же числа операций отключения при номинальном напряжении на выводах электромагнитов и электродвигателей управления.

6. Определение временных характеристик.

Производится у короткозамыкателей при включении и у отделителей при отключении. Измеренные значения должны соответствовать данным завода-изготовителя.

7. Проверка работы механической блокировки.

Блокировка не должна позволять оперирование главными ножами при включенных заземляющих ножах, и наоборот.

### 1.8.25. Комплектные распределительные устройства внутренней и наружной установки (КРУ и КРУН)

Нормы испытаний элементов КРУ: масляных выключателей, измерительных трансформаторов, выключателей нагрузки, вентильных разрядников, предохранителей, разъединителей, силовых трансформаторов и трансформаторного масла - приведены в соответствующих параграфах настоящей главы.

1. Измерение сопротивления изоляции:

а) первичных цепей. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ.

Сопротивление изоляции полностью собранных первичных цепей КРУ с установленным в них оборудованием и узлами должно быть не менее 100 МОм.

При неудовлетворительных результатах испытаний измерение сопротивления производится поэлементно, при этом сопротивление изоляции каждого элемента должно быть не менее 1000 МОм; испытание комплектных распределительных устройств, заполненных элегазом на заводе-изготовителе и не подлежащих вскрытию в течение всего срока службы, не производится;

б) вторичных цепей. Производится мегаомметром на напряжение 500-1000 В.

Сопротивление изоляции каждого присоединения вторичных цепей со всеми присоединенными аппаратами (реле, приборами, вторичными обмотками трансформаторов тока и напряжения и т.п.) должно быть не менее 0,5 МОм.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) изоляции первичных цепей ячеек КРУ и КРУН. Испытательное напряжение полностью смонтированных ячеек КРУ и КРУН при вкваченных в рабочее положение тележках и закрытых дверях указано в табл.1.8.22.

Таблица 1.8.22

### Испытательное напряжение промышленной частоты изоляции ячеек КРУ и КРУН

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ, ячейки с изоляцией	
	керамической	из твердых органических материалов
до 0,69	1	1
3	24	21,6
6	32	28,8
10	42	37,8
15	55	49,5
20	65	58,5
35	95	85,5

Длительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин;

б) изоляции вторичных цепей. Производится напряжением 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

3. Измерение сопротивления постоянному току.

Сопротивление разъемных и болтовых соединений постоянному току должно быть не более значений, приведенных в табл.1.8.23.

Таблица 1.8.23

### Допустимые значения сопротивлений постоянному току элементов КРУ

Измеряемый элемент*	Допустимые значения сопротивления
---------------------	-----------------------------------

1. Втычные контакты первичной цепи	Допустимые значения сопротивления контактов приведены в заводских инструкциях. В случаях, если значения сопротивления контактов не приведены в заводских инструкциях, они должны быть не более:  для контактов на 400 А - 75 мкОм;  для контактов на 630 А - 60 мкОм;  для контактов на 1000 А - 50 мкОм;  для контактов на 1600 А - 40 мкОм;  для контактов на 2000 А и выше - 33 мкОм;
2. Связь заземления выдвижного элемента с корпусом	Не более 0,1 Ом

\* Измерение выполняется, если позволяет конструкция КРУ.

#### 4. Механические испытания.

Производятся в соответствии с инструкциями завода-изготовителя. К механическим испытаниям относятся:

а) вкатывание и выкатывание выдвижных элементов с проверкой взаимного вхождения разъединяющих контактов, а также работы шторок, блокировок, фиксаторов и т.п.;

б) проверка работы и состояния контактов заземляющего разъединителя.

### 1.8.26. Комплектные токопроводы (шинопроводы)

Объем и нормы испытаний оборудования, присоединенного к токопроводу и шинопроводу (генератор, силовые и измерительные трансформаторы и т.п.), приведены в соответствующих параграфах настоящей главы.

#### 1. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытательное напряжение изоляции токопровода при отсоединенных обмотках генератора, силовых трансформаторов напряжения устанавливается согласно табл.1.8.24.

Таблица 1.8.24

### Испытательное напряжение промышленной частоты изоляции токопроводов

Класс напряжения, кВ	Испытательное напряжение, кВ, токопровода с изоляцией	
	фарфоровой	смешанной (керамической) и из твердых органических материалов
До 0,69	1	1
6	32	28,8
10	42	37,8
15	55	49,5

35	95	85,5
----	----	------

Длительность приложения нормированного испытательного напряжения к токопроводу - 1 мин.

2. Проверка качества выполнения болтовых и сварных соединений.

Выборочно проверяется затяжка болтовых соединений токопровода, производится выборочная разборка 1-2 болтовых соединений токопровода с целью проверки качества выполнения контактных соединений.

Сварные соединения подвергаются осмотру в соответствии с инструкцией по сварке алюминия или при наличии соответствующей установки - контролю методом рентгено- или гаммадефектоскопии или другим рекомендованным заводом-изготовителем способом.

3. Проверка состояния изоляционных прокладок.

Производится у токопроводов, оболочки которых изолированы от опорных металлоконструкций. Проверка целостности изоляционных прокладок осуществляется путем сравнительных измерений падения напряжения на изоляционных прокладках секции фазы или измерения тока, проходящего в металлоконструкциях между станинами секций. Критерии отсутствия короткозамкнутых контуров в токопроводах генераторного напряжения приведены в табл.1.8.25.

Таблица 1.8.25

### Критерии отсутствия короткозамкнутых контуров в токопроводах

Конструкция токопровода	Проверяемый узел	Критерий оценки состояния	Примечание
С непрерывными экранами	Изоляция экранов или коробов токопровода от корпуса трансформатора и генератора при:		
	- непрерывном воздушном зазоре (щели) между экранами токопровода и корпусом генератора;	Отсутствие металлического замыкания между экранами и корпусом генератора.	При визуальном осмотре
	- односторонней изоляции уплотнений экранов и коробов токопровода от корпуса трансформатора и генератора;	Целостность изоляционных втулок, отсутствие касания поверхностями экранов или коробов (в местах изолировки) корпусов трансформатора и генератора.	При визуальном осмотре
	- двухсторонней изоляции уплотнений съемных экранов и коробов токопровода, подсоединенных к корпусу трансформатора и генератора.	Сопrotивление изоляции съемного экрана или короба относительно корпуса трансформатора и генератора при демонтированных стяжных шпильках и заземляющих проводниках должно быть не менее 10 кОм	Измеряется мегаомметром на напряжение 500 В
Секционированные	Изоляция резиновых компенсаторов экранов	Зазор в свету между болтами соседних	При визуальном

	токопроводов от корпуса трансформатора и генератора.  Изоляция резиновых уплотнений съемных и подвижных экранов.	нажимных колец резинового компенсатора должен быть не менее 5 мм.  Сопротивление изоляции экрана относительно металлоконструкций при демонтированных стяжных шпильках должно быть не менее 10 кОм	осмотре  Измеряется мегаомметром на напряжение 500 В
Все типы с двухслойными прокладками станин экранов	Изоляционные прокладки станин экранов	Сопротивление изоляции прокладок относительно металлоконструкций должно быть не менее 10 кОм	1. Измеряется мегаомметром на напряжение 500 В  2. Состояние изоляционных втулок болтов крепления станин проверяется визуально
Все типы	Междуфазные разъединителей и заземлителей	Тяги должны иметь изоляционные вставки или другие элементы, исключающие образование короткозамкнутого контура	При визуальном осмотре

4. Осмотр и проверка устройства искусственного охлаждения токопровода.

Производится согласно инструкции завода-изготовителя.

### 1.8.27. Сборные и соединительные шины

Шины испытываются в объеме:

на напряжение до 1 кВ - по пп.1, 3-5;

на напряжение выше 1 кВ - по пп.2-6.

1. Измерение сопротивления изоляции подвесных и опорных фарфоровых изоляторов.

Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ только при положительной температуре окружающего воздуха.

Сопротивление каждого изолятора или каждого элемента многоэлементного изолятора должно быть не менее 300 Мом.

2. Испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытание изоляции проводится согласно табл.1.8.24.

Продолжительность испытания - 1 мин.

### 3. Проверка качества выполнения болтовых контактных соединений.

Производится выборочная проверка качества затяжки контактов и вскрытие 2-3% соединений. Измерение переходного сопротивления контактных соединений следует производить выборочно на 2-3% соединений. Контактные соединения на ток более 1000 А рекомендуется проверять в полном объеме.

Падение напряжения или сопротивление на участке шины (0,7-0,8 м) в месте контактного соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления участка шин той же длины более чем в 1,2 раза.

### 4. Проверка качества выполнения опрессованных контактных соединений.

Опрессованные контактные соединения бракуются, если:

а) их геометрические размеры (длина и диаметр опрессованной части) не соответствуют требованиям инструкции по монтажу соединительных зажимов данного типа;

б) на поверхности соединителя или зажима имеются трещины, следы значительной коррозии и механических повреждений;

в) кривизна опрессованного соединителя превышает 3% его длины;

г) стальной сердечник опрессованного соединителя смещен относительно симметричного положения более чем на 15% длины прессуемой части провода.

Следует произвести выборочное измерение переходного сопротивления 3-5% опрессованных контактных соединений. Падение напряжения или сопротивление на участке соединения не должно превышать падения напряжения или сопротивления на участке провода той же длины более чем в 1,2 раза.

### 5. Контроль сварных контактных соединений.

Сварные контактные соединения бракуются, если непосредственно после выполнения сварки будут обнаружены:

а) пережог провода наружного повива или нарушение сварки при перегибе соединенных проводов;

б) усадочная раковина в месте сварки глубиной более 1/3 диаметра провода.

### 6. Испытание проходных изоляторов.

Производится в соответствии с 1.8.34.

## 1.8.28. Сухие токоограничивающие реакторы

### 1. Измерение сопротивления изоляции обмоток относительно болтов крепления.

Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм.

### 2. Испытание опорной изоляции реакторов повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытательное напряжение опорной изоляции полностью собранного реактора принимается согласно табл.1.8.24.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

Испытание опорной изоляции сухих реакторов повышенным напряжением промышленной частоты может производиться совместно с изоляторами ошиновки ячейки.

## 1.8.29. Электрофильтры

### 1. Измерение сопротивления изоляции обмоток трансформатора агрегата питания.

Сопротивление изоляции обмоток напряжением 380/220 В с подсоединенными к ним цепями должно быть не менее 1 МОм.

Сопротивление изоляции обмоток высокого напряжения не должно быть ниже 50 МОм при температуре 25 °С или не должно быть менее 70% значения, указанного в паспорте агрегата.

2. Испытание изоляции цепей 380/220 В агрегата питания.

Испытание изоляции производится напряжением 2 кВ частотой 50 Гц в течение 1 мин. Элементы, работающие при напряжении 60 В и ниже, должны быть отключены.

3. Измерение сопротивления изоляции кабеля высокого напряжения.

Сопротивление изоляции, измеренное мегаомметром на напряжение 2500 В, не должно быть менее 10 МОм.

4. Испытание изоляции кабеля высокого напряжения.

Испытание производится напряжением 75 кВ постоянного тока в течение 30 мин.

5. Испытания трансформаторного масла.

Предельно допустимые значения пробивного напряжения масла: до заливки - 40 кВ, после - 35 кВ. В масле не должно содержаться следов воды.

6. Проверка исправности заземления элементов оборудования.

Производится проверка надежности крепления заземляющих проводников к заземлителю и следующим элементам оборудования: осадительным электродам, положительному полюсу агрегата питания, корпусу электрофильтра, корпусам трансформаторов и электродвигателей, основанию переключателей, каркасам панелей и щитов управления, кожухам кабеля высокого напряжения, люкам лазов, дверкам изоляторных коробок, коробкам кабельных муфт, фланцам изоляторов и другим металлическим конструкциям согласно проекту.

7. Проверка сопротивления заземляющих устройств.

Сопротивление заземлителя не должно превышать 4 Ом, а сопротивление заземляющих проводников (между контуром заземления и деталью оборудования, подлежащей заземлению) - 0,1 Ом.

8. Снятие вольт-амперных характеристик.

Вольт-амперные характеристики электрофильтра (зависимость тока короны полей от приложенного напряжения) снимаются на воздухе и дымовом газе согласно указаниям табл.1.8.26.

Таблица 1.8.26

### Указания по снятию характеристик электрофильтров

Испытуемый объект	Порядок снятия вольт-амперных характеристик	Требования к результатам испытаний
1. Каждое поле на воздухе	Вольт-амперная характеристика снимается при плавном повышении напряжения с интервалами изменения токовой нагрузки 5-10% номинального значения до предпробойного уровня. Она снимается при включенных в непрерывную работу механизмах встряхивания электродов и дымососах	Пробивное напряжение на электродах должно быть не менее 40 кВ при номинальном токе короны в течение 15 мин
2. Все поля электрофильтра	То же	Характеристики, снятые в начале и конце 24 ч

на воздухе		испытания, не должны отличаться друг от друга более чем на 10%
3. Все поля электрофильтра на дымовом газе	Вольт-амперная характеристика снимается при плавном повышении напряжения до предпробойного уровня (восходящая ветвь) с интервалами изменения токовой нагрузки 5-10% номинального значения и при плавном снижении напряжения (нисходящая ветвь) с теми же интервалами токовой нагрузки. Она снимается при номинальной паровой нагрузке котла и включенных в непрерывную работу механизмах встряхивания электродов	Характеристики, снятые в начале и конце 72 ч испытания не должны отличаться друг от друга более чем на 10%

### 1.8.30. Конденсаторы

Конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением ниже 1 кВ испытываются по пп.1, 4, 5; конденсаторы для повышения коэффициента мощности напряжением 1 кВ и выше испытываются по пп.1, 2, 4, 5; конденсаторы связи, отбора мощности и делительные конденсаторы испытываются по пп.1-4; конденсаторы для защиты от перенапряжений и конденсаторы продольной компенсации испытываются по пп.1, 2, 4, 5.

#### 1. Измерение сопротивления изоляции.

Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Сопротивление изоляции между выводами и относительно корпуса конденсатора.

#### 2. Измерение емкости.

Производится при температуре 15-35 °С. Измеренная емкость должна соответствовать паспортным данным с учетом погрешности измерения и приведенных в таблице 1.8.27 допусков.

Таблица 1.8.27

### Допустимое изменение емкости конденсатора

Наименование	Допустимое изменение измеренной емкости конденсатора относительно паспортного значения, %
Конденсаторы связи отбора мощности и делительные	±5
Конденсаторы для повышения коэффициента мощности и конденсаторы, используемые для защиты от перенапряжения	±5
Конденсаторы продольной компенсации	+5 -10

#### 3. Измерение тангенса угла диэлектрических потерь.

Измерение производится на конденсаторах связи, конденсаторах отбора мощности и конденсаторах делителей напряжения.

Измеренное значение  $\operatorname{tg} \delta$  не должно превышать 0,3% (при температуре 20 °С).

4. Испытание повышенным напряжением.

Испытывается изоляция относительно корпуса при закороченных выводах конденсатора.

Значение и продолжительность приложения испытательного напряжения регламентируется заводскими инструкциями.

Испытательные напряжения промышленной частоты для различных конденсаторов приведены ниже:

Конденсаторы для повышения коэффициента мощности с номинальным напряжением, кВ	Испытательное напряжение, кВ
0,22	2,1
0,38	2,1
0,5	2,1
1,05	4,3
3,15	15,8
6,3	22,3
10,5	30,0
Конденсаторы для защиты от перенапряжения типа	
СММ-20/3-0,107	22,5
КМ2-10,5-24	22,5-25,0

Испытания напряжением промышленной частоты могут быть заменены одномоментным испытанием выпрямленным напряжением удвоенного значения по отношению к указанным испытательным напряжениям.

5. Испытание батареи конденсаторов трехкратным включением.

Производится включением на номинальное напряжение с контролем значений токов по каждой фазе. Токи в различных фазах должны отличаться один от другого не более чем на 5%.

### 1.8.31. Вентильные разрядники и ограничители перенапряжений\*

\* Испытания ОПН, не указанных в настоящем разделе, следует проводить в соответствии с инструкцией по эксплуатации завода-изготовителя.

1. Измерение сопротивления разрядников и ограничителей перенапряжения.

Измерение проводится:

на разрядниках и ОПН с номинальным напряжением менее 3 кВ - мегаомметром на напряжение 1000 В.

на разрядниках и ОПН с номинальным напряжением 3 кВ и выше - мегаомметром на напряжение 2500 В.

Сопrotивление разрядников PBN, PBП, PBO, CZ должно быть не менее 1000 МОм.

Сопrotивление элементов разрядников PBC должно соответствовать требованиям заводской инструкции.

Сопrotивление элементов разрядников PBM, PBPД, PBMГ, PBMK должно соответствовать значениям, указанным в таблице 1.8.28.

Сопrotивление ограничителей перенапряжений с номинальным напряжением 110 кВ и выше должно быть не менее 3000 МОм и не должно отличаться более чем на  $\pm 30\%$  от данных, приведенных в паспорте.

Сопrotивление изоляции изолирующих оснований разрядников с регистраторами срабатывания измеряется мегаомметром на напряжение 2500 В. Значение измеренного сопротивления изоляции должно быть не менее 1 МОм.

Сопrotивление ограничителей перенапряжений с номинальным напряжением до 3 кВ должно быть не менее 1000 МОм.

### Значение сопротивлений вентильных разрядников

Тип разрядника или элемента	Сопротивление, МОм	
	не менее	не более
PBM-3	15	40
PBM-6	100	250
PBM-10	170	450
PBM-15	600	2000
PBM-20	1000	10000
Элемент разрядника PBMГ		
110М	400	2500
150М	400	2500
220М	400	2500
330М	400	2500
400	400	2500
500	400	2500
Основной элемент разрядника PBMK-330, 500	150	500
Вентильный элемент разрядника PBMK-330,500	0,010	0,035
Искровой элемент разрядника PBMK-330, 500	600	1000
Элемент разрядника PBMK-750М	1300	7000
Элемент разрядника PBMK-1150 (при температуре не менее 10 °С в сухую погоду)	2000	8000

Сопrotивление ограничителей перенапряжения с номинальным напряжением 3-35 кВ должно соответствовать требованиям инструкций заводов-изготовителей.

Сопrotивление ограничителей перенапряжений с номинальным напряжением 110 кВ и выше должно быть не

менее 3000 МОм и не должно отличаться более чем на  $\pm 30\%$  от данных, приведенных в паспорте.

2. Измерение тока проводимости вентильных разрядников при выпрямленном напряжении.

Измерение проводится у разрядников с шунтирующими сопротивлениями. При отсутствии указаний заводоизготовителей токи проводимости должны соответствовать приведенным в табл.1.8.29.

Таблица 1.8.29

**Допустимые токи проводимости вентильных разрядников при выпрямленном напряжении**

Тип разрядника или элемента	Испытательное выпрямленное напряжение, кВ	Ток проводимости при температуре разрядника 20 °С, мкА	
		не менее	не более
РВС-15	16	200	340
РВС-20	20	200	340
РВС-33	32	450	620
РВС-35	32	200	340
РВМ-3	4	380	450
РВМ-6	6	120	220
РВМ-10	10	200	280
РВМ-15	18	500	700
РВМ-20	28	500	700
РВЭ-25М	28	400	650
РВМЭ-25	32	450	600
РВРД-3	3	30	85
РБРД-6	6	30	85
РВРД-10	10	30	85
Элемент разрядника РВМГ-110 М, 150 М, 220 М, 330 М, 400, 500	30	1000	1350
Основной элемент разрядника РВМК-330, 500	18	1000	1350
Искровой элемент разрядника РВМК-330, 500	28	900	1300
Элемент разрядника РВМК-750 М	64	220	330
Элемент разрядника РВМК-1150	64	180	320

Примечание. Для приведения токов проводимости разрядников к температуре +20 °С следует внести поправку,

равную 3% на каждые 10 градусов отклонения (при температуре больше 20 °С поправка отрицательная).

3. Измерение тока проводимости ограничителей перенапряжений.

Измерение тока проводимости ограничителей перенапряжений производится:

- для ограничителей класса напряжения 3-110 кВ при приложении наибольшего длительно допустимого фазного напряжения;

- для ограничителей класса напряжения 150, 220, 330, 500 кВ при напряжении 100 кВ частоты 50 Гц.

Предельные значения токов проводимости ОПН должны соответствовать инструкции завода-изготовителя.

4. Проверка элементов, входящих в комплект приспособления для измерения тока проводимости ограничителя перенапряжений под рабочим напряжением.

Проверка электрической прочности изолированного вывода производится для ограничителей ОПН-0330 и 500 кВ перед вводом в эксплуатацию.

Проверка производится при плавном подъеме напряжения частоты 50 Гц до 10 кВ без выдержки времени.

Проверка электрической прочности изолятора ОФР-10-750 производится напряжением 24 кВ частоты 50 Гц в течение 1 мин.

Измерение тока проводимости защитного резистора производится при напряжении 0,75 кВ частоты 50 Гц. Значение тока должно находиться в пределах 1,8-4,0 мА.

### **1.8.32. Трубчатые разрядники**

1. Проверка состояния поверхности разрядника.

Производится путем осмотра перед установкой разрядника на опору. Наружная поверхность разрядника не должна иметь трещин и отслоений.

2. Измерение внешнего искрового промежутка.

Производится на опоре установки разрядника. Искровой промежуток не должен отличаться от заданного.

3. Проверка расположения зон выхлопа.

Производится после установки разрядников. Зоны выхлопа не должны пересекаться и охватывать элементы конструкции и проводов, имеющих потенциал, отличающийся от потенциала открытого конца разрядника.

### **1.8.33. Предохранители, предохранители-разъединители напряжением выше 1кВ**

1. Испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытательное напряжение устанавливается согласно табл.1.8.24.

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин. Испытание опорной изоляции предохранителей повышенным напряжением промышленной частоты может производиться совместно с испытанием изоляторов ошиновки ячейки.

2. Проверка целостности плавких вставок и токоограничивающих резисторов.

Проверяются:

омметром - целостность плавкой вставки;

визуально - наличие маркировки на патроне и соответствие тока проектным данным.

3. Измерение сопротивления постоянному току токоведущей части патрона предохранителя-разъединителя.  
Измеренное значение сопротивления должно соответствовать значению, указанному заводом-изготовителем.
4. Измерение контактного нажатия в разъёмных контактах предохранителя-разъединителя.  
Измеренное значение контактного нажатия должно соответствовать указанным заводом-изготовителем.
5. Проверка состояния дугогасительной части патрона предохранителя-разъединителя.  
Измеряется внутренний диаметр дугогасительной части патрона предохранителя-разъединителя.
6. Проверка работы предохранителя-разъединителя.

Выполняется 5 циклов операций включения и отключения предохранителя-разъединителя. Выполнение каждой операции должно быть успешным с первой попытки.

### 1.8.34. Вводы и проходные изоляторы

1. Измерение сопротивления изоляции.

Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ у вводов с бумажно-масляной изоляцией. Измеряется сопротивление изоляции измерительной и последней обкладок вводов относительно соединительной втулки. Сопротивление изоляции должно быть не менее 1000 МОм.

2. Измерение  $\text{tg } \delta$  и емкости изоляции.

Производится измерение  $\text{tg } \delta$  и емкости изоляции:

- основной изоляции вводов при напряжении 10 кВ;
- изоляции измерительного конденсатора ПИН ( $C_2$ ) и/или последних слоев изоляции ( $C_3$ ) при напряжении 5 кВ.

Предельные значения  $\text{tg } \delta$  приведены в табл.1.8.30.

Таблица 1.8.30

#### Предельные значения $\text{tg } \delta$

Тип и зона изоляции ввода	Предельные значения $\text{tg } \delta$ , %, для вводов номинальным напряжением, кВ			
	35	110-150	220	330-750
Бумажно-масляная изоляция ввода: основная изоляция ( $C_1$ ) и изоляция конденсатора ПИН ( $C_2$ ); последние слои изоляции ( $C_2$ );	-	0,7	0,6	0,6
	-	1,2	1,0	0,8
Твердая изоляция ввода с масляным заполнением, основная изоляция ( $C_1$ )	1,0	1,0	-	-
Бумажно-бакелитовая изоляция ввода с мастичным заполнением: основная изоляция	3,0	-	-	-

(C <sub>1</sub> )				
-------------------	--	--	--	--

Предельное увеличение емкости основной изоляции составляет 5% относительно измеренной на заводе-изготовителе.

Нормируются значения  $\operatorname{tg} \delta$ , приведенные к температуре 20 °С. Приведение производится в соответствии с инструкцией по эксплуатации ввода.

3. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытание является обязательным для вводов и проходных изоляторов на напряжение до 35 кВ.

Испытательное напряжение для проходных изоляторов и вводов, испытываемых отдельно или после установки в распределительном устройстве, принимается согласно табл.1.8.31.

Таблица 1.8.31

### Испытательное напряжение промышленной частоты вводов и проходных изоляторов

Номинальное напряжение, кВ	Испытательное напряжение		
	керамические изоляторы, испытываемые отдельно	аппаратные вводы и проходные изоляторы с основной керамической или жидкой изоляцией	аппаратные вводы и проходные изоляторы с основной бакелитовой изоляцией
3	25	24	21,6
6	32	32	28,8
10	42	42	37,8
15	57	55	49,5
20	68	65	58,5
35	100	95	85,5

Испытание вводов, установленных на силовых трансформаторах, следует производить совместно с испытанием обмоток по нормам, принятым для силовых трансформаторов (см. табл.1.8.12).

Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения для вводов и проходных изоляторов 1 мин.

Ввод считается выдержавшим испытание, если при этом не наблюдалось пробоя, перекрытия, скользящих разрядов и частичных разрядов в масле (у маслонаполненных вводов), выделений газа, а также если после испытания не обнаружено местного перегрева изоляции.

4. Проверка качества уплотнений вводов.

Производится для негерметичных маслонаполненных вводов напряжением 110 кВ и выше с бумажно-масляной изоляцией путем создания в них избыточного давления масла 0,1 МПа. Продолжительность испытания 30 мин. При испытании не должно наблюдаться признаков течи масла. Допустимое снижение давления за время испытаний не более 5%.

5. Испытание трансформаторного масла из маслонаполненных вводов.

Производится испытание залитого масла по показателям пп.1-6 табл.1.8.33.

У герметичных вводов испытание масла не производится.

### 1.8.35. Подвесные и опорные изоляторы

Для опорно-стержневых изоляторов испытание повышенным напряжением промышленной частоты не обязательно.

Электрические испытания стеклянных подвесных изоляторов не производятся. Контроль их состояния осуществляется путем внешнего осмотра.

1. Измерение сопротивления изоляции подвесных и многоэлементных изоляторов.

Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ только при положительных температурах окружающего воздуха. Проверку изоляторов следует производить непосредственно перед их установкой в распределительных устройствах и на линиях электропередачи. Сопротивление изоляции каждого подвесного фарфорового изолятора или каждого элемента штыревого изолятора должно быть не менее 300 МОм.

2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты:

а) опорных одноэлементных изоляторов. Для изоляторов внутренней и наружной установок значения испытательного напряжения приводятся в табл.1.8.32;

Таблица 1.8.32

#### Испытательное напряжение опорных одноэлементных изоляторов

Испытуемые изоляторы	Испытательное напряжение, кВ, для номинального напряжения, электроустановки, кВ					
	3	6	10	15	20	35
Изоляторы, испытываемые отдельно	25	32	42	57	68	100
Изоляторы, установленные в цепях шин и аппаратов	24	32	42	55	65	95

б) опорных многоэлементных и подвесных изоляторов. Вновь устанавливаемые штыревые и подвесные изоляторы следует испытывать напряжением 50 кВ, прикладываемым к каждому элементу изолятора. Допускается не производить испытание подвесных изоляторов.

Длительность приложения нормированного испытательного напряжения - 1 мин.

### 1.8.36. Трансформаторное масло

1. Анализ масла перед заливкой в оборудование.

Каждая партия свежего, поступившего с завода трансформаторного масла должна перед заливкой в оборудование подвергаться однократным испытаниям по показателям, приведенным в табл.1.8.33. Значения показателей, полученные при испытаниях, должны быть не хуже приведенных в таблице.

Таблица 1.8.33

## Предельно допустимые значения показателей качества трансформаторного масла

Показатель качества масла и номер стандарта на метод испытания	Свежее сухое масло перед заливкой в оборудование	Масло непосредственно после заливки в оборудование
1. Пробивное напряжение по ГОСТ 6581-75, (кВ) не менее, электрооборудование:		
до 15 кВ включительно	30	25
до 35 кВ включительно	35	30
от 60 кВ до 150 кВ	60	55
от 220 кВ до 500 кВ	65	60
2. Кислотное число ГОСТ 5985-79 мг КОН на 1 г масла, не более, электрооборудование:		
до 220 кВ	0,02	0,02
выше 220 кВ	0,01	0,01
3. Температура вспышки в закрытом тигле по ГОСТ 6356-75, °С, не ниже	135	135
4. Влагосодержание по ГОСТ 7822-75, % массы (г/т), не более ГОСТ 1547-84 качественно	0,001% (10 г/т)	0,001% (10 г/т)
а) трансформаторы с пленочной или азотной защитой, герметичные маслonaполненные вводы и измерительные трансформаторы	0,001 (10)	0,001 (10)
б) силовые и измерительные трансформаторы без специальных защит масла, негерметичные вводы	0,002% (20)	0,0025% (25)
в) электрооборудование при отсутствии требований предприятий-изготовителей по количественному определению данного показателя	отсутствует	отсутствует
5. Содержание механических примесей ГОСТ 6370-83 и РТМ 17216-71 электрооборудование		
до 220 кВ включительно	отсутствие	отсутствие
свыше 220 кВ, %, не более	0,0008	0,0008
6. Тангенс угла диэлектрических потерь ГОСТ 6581-75, %, не более, при 90 °С	1,7	2,0
7. Водорастворимые кислоты и щелочи по ГОСТ 6307-75	отсутствие	отсутствие
8. Содержание антиокислительной присадки по РД 34.43.105-89	0,2	0,18
9. Температура застывания по ГОСТ		

20287-91		
	°С, не выше	-45
	арктическое масло	-60
10. Газосодержание, % объема, не более, по РД 34.43.107-95		0,5
11. Стабильность против окисления по ГОСТ 981-75 для силовых и измерительных трансформаторов от 110 до 220 кВ		
а) содержание осадка, % массы, не более		0,01
б) кислотное число окисленного масла, мг КОН на 1 г масла, не более		0,1

## 2. Анализ масла перед включением оборудования.

Масло, отбираемое из оборудования перед его включением под напряжением после монтажа, подвергается сокращенному анализу в объеме, указанном в соответствующих параграфах данной главы и указаниях заводоизготовителей.

### 1.8.37. Электрические аппараты, вторичные цепи и электропроводки напряжением до 1 кВ

Электрические аппараты и вторичные цепи схем защит, управления, сигнализации и измерения испытываются в объеме, предусмотренном настоящим параграфом. Электропроводки напряжением до 1 кВ от распределительных пунктов до электроприемников испытываются по п.1.

#### 1. Измерение сопротивления изоляции.

Сопротивление изоляции должно быть не менее значений, приведенных в табл.1.8.34.

Таблица 1.8.34

### Допустимые значения сопротивления изоляции

Испытуемый элемент	Напряжение мегаомметра, В	Наименьшее допустимое значение сопротивления изоляции, МОм
1. Шины постоянного тока на щитах управления и в распределительных устройствах (при отсоединенных цепях)	500-1000	10
2. Вторичные цепи каждого присоединения и цепи питания приводов выключателей и разъединителей <sup>1)</sup>	500-1000	1
3. Цепи управления, защиты, автоматики и измерений, а также цепи возбуждения машин постоянного тока, присоединенные к силовым цепям	500-1000	1
4. Вторичные цепи и элементы при питании от отдельного	500	0,5

источника или через разделительный трансформатор, рассчитанные на рабочее напряжение 60 В и ниже <sup>2)</sup>		
5. Электропроводки, в том числе осветительные сети	1000	0,5
6. Распределительные устройства <sup>4)</sup> , щиты и токопроводы (шинопроводы)	500-1000	0,5

1) Измерение производится со всеми присоединенными аппаратами (катушки приводов, контакторы, пускатели, автоматические выключатели, реле, приборы, вторичные обмотки трансформаторов тока и напряжения и т.п.).

2) Должны быть приняты меры для предотвращения повреждения устройств, в особенности микроэлектронных и полупроводниковых элементов.

3) \* Сопротивление изоляции измеряется между каждым проводом и землей, а также между каждыми двумя проводами.

\* Сноска <sup>3)</sup> в таблице отсутствует. - Примечание "КОДЕКС".

4) Измеряется сопротивление изоляции каждой секции распределительного устройства.

## 2. Испытание повышенным напряжением промышленной частоты.

Испытательное напряжение для вторичных цепей схем защиты, управления, сигнализации и измерения со всеми присоединительными аппаратами (автоматические выключатели, магнитные пускатели, контакторы, реле, приборы и т.п.) 1 кВ. Продолжительность приложения нормированного испытательного напряжения 1 мин.

## 3. Проверка действия автоматических выключателей.

3.1. Проверка сопротивления изоляции. Производится у выключателей на номинальный ток 400 А и более. Значение сопротивления изоляции - не менее 1 МОм.

3.2. Проверка действия расцепителей. Проверяется действие расцепителя мгновенного действия. Выключатель должен срабатывать при токе не более 1,1 верхнего значения тока срабатывания выключателя, указанного заводом-изготовителем.

В электроустановках, выполненных по требованиям раздела 6, глав 7.1 и 7.2, проверяются все вводные и секционные выключатели, выключатели цепей аварийного освещения, пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения, а также не менее 2% выключателей распределительных и групповых сетей.

В других электроустановках испытываются все вводные и секционные выключатели, выключатели цепей аварийного освещения, пожарной сигнализации и автоматического пожаротушения, а также не менее 1% остальных выключателей.

Проверка производится в соответствии с указаниями заводов-изготовителей. При выявлении выключателей, не отвечающих установленным требованиям, дополнительно проверяется удвоенное количество выключателей.

## 4. Проверка работы автоматических выключателей и контакторов при пониженном и номинальном напряжениях оперативного тока.

Значение напряжения срабатывания и количество операций при испытании автоматических выключателей и контакторов многократными включениями и отключениями приведены в табл.1.8.35.

Таблица 1.8.35

### **Испытание контакторов и автоматических выключателей многократными включениями и отключениями**

Операция	Напряжение оперативного тока, % номинального	Количество операций
Включение	90	5
Отключение	80	5

5. Устройства защитного отключения (УЗО), выключатели дифференциального тока (ВДТ) проверяются в соответствии с указаниями завода-изготовителя.

6. Проверка релейной аппаратуры. Проверка реле защиты, управления, автоматики и сигнализации и других устройств производится в соответствии с действующими инструкциями. Пределы срабатывания реле на рабочих уставках должны соответствовать расчетным данным.

7. Проверка правильности функционирования полностью собранных схем при различных значениях оперативного тока.

Все элементы схем должны надежно функционировать в предусмотренной проектом последовательности при значениях оперативного тока, приведенных в табл.1.8.36.

Таблица 1.8.36

### **Напряжение оперативного тока, при котором должно обеспечиваться нормальное функционирование схем**

Испытуемый объект	Напряжение оперативного тока, % номинального	Примечание
Схемы защиты и сигнализации в установках напряжением выше 1кВ	80, 100	-
Схемы управления в установках напряжением выше 1 кВ: испытание на включение	90, 100	-
то же, но на отключение	80, 100	-
Релейно-контакторные схемы в установках напряжением до 1кВ	90, 100	Для простых схем кнопка - магнитный пускатель проверка работы на пониженном напряжении не производится.
Бесконтактные схемы на логических элементах	85, 100, 110	Изменение напряжения производится на входе в блок питания.

### **1.8.38. Аккумуляторные батареи**

1. Измерение сопротивления изоляции.

Измерение производится вольтметром (внутреннее сопротивление вольтметра должно быть точно известно,

класс не ниже 1).

При полностью снятой нагрузке должно быть измерено напряжение батареи на зажимах и между каждым из зажимов и землей.

Сопротивление изоляции  $R_x$  вычисляется по формуле

$$R_x = R_g \left( \frac{U}{U_1 + U_2} - 1 \right),$$

где  $R_g$  - внутреннее сопротивление вольтметра;  $U$  - напряжение на зажимах батареи;  $U_1$  и  $U_2$  - напряжение между положительным зажимом и землей и отрицательным зажимом и землей.

Сопротивление изоляции батареи должно быть не менее указанного ниже:

Номинальное напряжение, В	24	48	110	220
Сопротивление, кОм	60	60	60	150

2. Проверка емкости отформованной аккумуляторной батареи.

Полностью заряженные аккумуляторы разряжают током 3- или 10-часового режима.

Емкость аккумуляторной батареи, приведенная к температуре +25 °С, должна соответствовать данным завода-изготовителя.

3. Проверка электролита.

Плотность электролита каждого элемента в конце заряда и разряда батареи должны соответствовать данным завода-изготовителя. Температура электролита при заряде должна быть не выше +40 °С.

4. Химический анализ электролита.

Электролит для заливки кислотных аккумуляторных батарей должен готовиться из серной аккумуляторной кислоты сорта А по ГОСТ 667-73 и дистиллированной воды по ГОСТ 6709-72.

Содержание примесей и нелетучего остатка в разведенном электролите не должно превышать значений, приведенных в табл.1.8.37.

Таблица 1.8.37

### Нормы на характеристики серной кислоты и электролита для аккумуляторных батарей

Показатель	Нормы для серной кислоты	Нормы для электролита	
	Высшего сорта	Разведенная свежая кислота для заливки в аккумуляторы	Электролит из работающего аккумулятора
1. Внешний вид	Прозрачная	Прозрачная	
2. Интенсивность окраски (определяется колориметрическим способом), мл	0,6	0,6	1
3. Плотность при температуре 20 °С, г/см <sup>3</sup>	1,83÷1,84	1,18±0,005	1,2÷1,21

4. Содержание железа, %, не более	0,005	0,006	0,008
5. Содержание нелетучего остатка после прокаливания, %, не более	0,02	0,03	-
6. Содержание окислов азота, %, не более	0,00003	0,00005	-
7. Содержание мышьяка, %, не более	0,00005	0,00005	-
8. Содержание хлористых соединений, %, не более	0,0002	0,0003	0,0005
9. Содержание марганца, %, не более	0,00005	0,00005	-
10. Содержание меди, %, не более	0,0005	0,0005	-
11. Содержание веществ, восстанавливающих марганцевоокислый калий, мл 0,01Н раствора $KMnO_4$ , не более	4,5	-	-
12. Содержание суммы тяжелых металлов в пересчете на свинец, %, не более	0,01	-	-

Примечание. Для дистиллированной воды допускается наличие тех же примесей, что допускает ГОСТ 667-73 для аккумуляторной кислоты, но в 10 раз меньшей концентрации.

#### 5. Измерение напряжения на элементах.

Напряжение отстающих элементов в конце разряда не должно отличаться более чем на 1-1,5% от среднего напряжения остальных элементов, а количество отстающих элементов должно быть не более 5% их общего количества в батарее. Значение напряжения в конце разряда должно соответствовать данным завода-изготовителя.

### 1.8.39. Заземляющие устройства

#### 1. Проверка элементов заземляющего устройства.

Проверку следует производить путем осмотра элементов заземляющего устройства в пределах доступности осмотра. Сечения и проводимости элементов заземляющего устройства, включая главную заземляющую шину, должны соответствовать требованиям настоящих Правил и проектным данным.

#### 2. Проверка цепи между заземлителями и заземляемыми элементами.

Следует проверить сечения, целостность и прочность проводников, их соединений и присоединений. Не должно быть обрывов и видимых дефектов в заземляющих проводниках, соединяющих аппараты с заземлителем. Надежность сварки проверяется ударом молотка.

#### 3. Проверка состояния пробивных предохранителей в электроустановках до 1 кВ.

Пробивные предохранители должны быть исправны и соответствовать номинальному напряжению электроустановки.

#### 4. Проверка цепи фаза - нуль в электроустановках до 1 кВ с системой TN.

Проверка производится одним из следующих способов:

- непосредственным измерением тока однофазного замыкания на корпус или нулевой защитный проводник;
- измерением полного сопротивления цепи фаза - нулевой защитный проводник с последующим вычислением тока однофазного замыкания.

Кратность тока однофазного замыкания на землю по отношению к номинальному току предохранителя или расцепителя автоматического выключателя должно быть не менее значения, указанного в главе 3.1 ПУЭ.

#### 5. Измерение сопротивления заземляющих устройств.

Значения сопротивления заземляющих устройств с подсоединенными естественными заземлителями должны удовлетворять значениям, приведенным в соответствующих главах настоящих Правил и таблице 1.8.38.

Таблица 1.8.38

### Наибольшие допустимые значения сопротивлений заземляющих устройств

Вид электроустановки	Характеристика электроустановки	Сопротивление, Ом
1. Подстанции и распределительные пункты напряжением выше 1 кВ	Электроустановки электрических сетей с глухозаземленной и эффективно заземленной нейтралью.	0,5
	Электроустановки электрических сетей с изолированной нейтралью, с нейтралью, заземленной через дугогасящий реактор или резистор.	$250/I_p^*$
2. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1 кВ	Заземляющие устройства опор ВЛ (см. также 2.5.129-2.5.131)	
	при удельном сопротивлении грунта, $\rho$ , Ом·м:	10
	- до 100	15
	- более 100 до 500	20
	- более 500 до 1000	30
	- более 1000 до 5000	$\rho \cdot 6 \cdot 10^{-3}$
	Заземляющие устройства опор ВЛ с разрядниками на подходах к распределительным устройствам с вращающимися машинами	см. главу 4.2
3. Электроустановки напряжением до 1 кВ	Электроустановки с источниками питания в электрических сетях с глухозаземленной нейтралью (или средней точкой) источника питания (система TN):	
	- в непосредственной близости от нейтрали	15/30/60**
	- с учетом естественных заземлителей и повторных заземлителей отходящих линий	2/4/8**
	Электроустановки в электрических сетях с изолированной нейтралью (или средней точкой) источника питания (система IT)	$50/I^{***}$ , более 4 Ом не требуется

4. Воздушные линии электропередачи напряжением до 1 кВ	Заземляющие устройства опор ВЛ с повторными заземлителями PEN (PE) - проводника	30
--	---	----

$I_p^*$  - расчетный ток замыкания на землю;

\*\* - соответственно при линейных напряжениях 660, 280, 220 В;

$I^{***}$  - полный ток замыкания на землю.

6. Измерение напряжения прикосновения (в электроустановках, выполненных по нормам на напряжение прикосновения).

Измерение напряжения прикосновения производится при присоединенных естественных заземлителях.

Напряжение прикосновения измеряется в контрольных точках, в которых эти значения определены расчетом при проектировании (см. также 1.7.91).

### 1.8.40. Силовые кабельные линии

Силовые кабельные линии напряжением до 1 кВ испытываются по пп.1, 2, 7, 13, напряжением выше 1 кВ и до 35 кВ - по пп.1-3, 6, 7, 11, 13, напряжением 110 кВ и выше - в полном объеме, предусмотренном настоящим параграфом.

1. Проверка целостности и фазировки жил кабеля. Проверяются целостность и совпадение обозначений фаз подключаемых жил кабеля.

2. Измерение сопротивления изоляции. Производится мегаомметром на напряжение 2,5 кВ. Для силовых кабелей до 1 кВ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Для силовых кабелей выше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется. Измерение следует производить до и после испытания кабеля повышенным напряжением.

3. Испытание повышенным напряжением выпрямленного тока.

Испытательное напряжение принимается в соответствии с табл.1.8.39.

Таблица 1.8.39

#### Испытательное напряжение выпрямленного тока для силовых кабелей

Кабели с бумажной изоляцией на напряжение, кВ										
2	3	6	10	20	35	110	150	220	330	500
12	18	36	60	100	175	285	347	510	670	865
Кабели с пластмассовой изоляцией на напряжение, кВ					Кабели с резиновой изоляцией на напряжение, кВ					
1*	3	6	10	110	3	6	10			
5,0	15	36	60	285	6	12	20			

\* Испытания выпрямленным напряжением одножильных кабелей с пластмассовой изоляцией без брони (экранов), проложенных на воздухе, не производятся.

Для кабелей на напряжение до 35 кВ с бумажной и пластмассовой изоляцией длительность приложения

полного испытательного напряжения составляет 10 мин.

Для кабелей с резиновой изоляцией на напряжение 3-10 кВ длительность приложения полного испытательного напряжения составляет 5 мин. Кабели с резиновой изоляцией на напряжение до 1 кВ испытаниям повышенным напряжением не подвергаются.

Для кабелей на напряжение 110-500 кВ длительность приложения полного испытательного напряжения составляет 15 мин.

Допустимые токи утечки в зависимости от испытательного напряжения и допустимые значения коэффициента асимметрии при измерении тока утечки приведены в табл.1.8.40. Абсолютное значение тока утечки не является браковочным показателем. Кабельные линии с удовлетворительной изоляцией должны иметь стабильные значения токов утечки. При проведении испытания ток утечки должен уменьшаться. Если не происходит уменьшения значения тока утечки, а также при его увеличении или нестабильности тока испытание производить до выявления дефекта, но не более чем 15 мин.

Таблица 1.8.40

### Токи утечки и коэффициенты асимметрии для силовых кабелей

Кабели напряжением, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Допустимые значения токов утечки, мА	Допустимые значения коэффициента асимметрии ( $I_{\max} / I_{\min}$ )
6	36	0.2	8
10	60	0.5	8
20	100	1.5	10
35	175	2.5	10
110	285	Не нормируется	Не нормируется
150	347	То же	То же
220	610	"	"
330	670	"	"
500	865	"	"

При смешанной прокладке кабелей в качестве испытательного напряжения для всей кабельной линии принимать наименьшее из испытательных напряжений по табл.1.8.39.

#### 4. Испытание напряжением переменного тока частоты 50 Гц.

Такое испытание допускается для кабельных линий на напряжение 110-500 кВ взамен испытания выпрямленным напряжением.

Испытание производится напряжением  $(1,00-1,73)U_{\text{ном}}$ . Допускается производить испытания путем включения кабельной линии на номинальное напряжение  $U_{\text{ном}}$ . Длительность испытания - согласно указаниям завода-изготовителя.

5. Определение активного сопротивления жил. Производится для линий 20 кВ и выше. Активное сопротивление жил кабельной линии постоянному току, приведенное к  $1 \text{ мм}^2$  сечения, 1 м длины и температуре  $+20 \text{ }^\circ\text{C}$ , должно быть не более 0,0179 Ом для медной жилы и не более 0,0294 Ом для алюминиевой жилы. Измеренное сопротивление (приведенное к удельному значению) может отличаться от указанных значений не более чем на 5%.

6. Определение электрической рабочей емкости жил.

Производится для линий 20 кВ и выше. Измеренная емкость не должна отличаться от результатов заводских испытаний более чем на 5%.

7. Проверка защиты от блуждающих токов.

Производится проверка действия установленных катодных защит.

8. Испытание на наличие нерастворенного воздуха (пропиточное испытание).

Производится для маслонаполненных кабельных линий 110-500 кВ. Содержание нерастворенного воздуха в масле должно быть не более 0,1%.

9. Испытание подпитывающих агрегатов и автоматического подогрева концевых муфт.

Производится для маслонаполненных кабельных линий 110-500 кВ.

10. Проверка антикоррозионных защит.

При приемке линий в эксплуатацию и в процессе эксплуатации проверяется работа антикоррозионных защит для:

- кабелей с металлической оболочкой, проложенных в грунтах со средней и низкой коррозионной активностью (удельное сопротивление грунта выше 20 Ом/м), при среднесуточной плотности тока утечки в землю выше 0,15 мА/дм<sup>2</sup>;

- кабелей с металлической оболочкой, проложенных в грунтах с высокой коррозионной активностью (удельное сопротивление грунта менее 20 Ом/м) при любой среднесуточной плотности тока в землю;

- кабелей с незащищенной оболочкой и разрушенными броней и защитными покровами;

- стального трубопровода кабелей высокого давления независимо от агрессивности грунта и видов изоляционных покрытий.

При проверке измеряются потенциалы и токи в оболочках кабелей и параметры электрозащиты (ток и напряжение катодной станции, ток дренажа) в соответствии с руководящими указаниями по электрохимической защите подземных энергетических сооружений от коррозии.

Оценку коррозионной активности грунтов и естественных вод следует производить в соответствии с требованиями ГОСТ 9.602-89.

11. Определение характеристик масла и изоляционной жидкости.

Определение производится для всех элементов маслонаполненных кабельных линий на напряжение 110-500 кВ и для концевых муфт (вводов в трансформаторы и КРУЭ) кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение 110 кВ.

Пробы масел марок С-220, МН-3 и МН-4 и изоляционной жидкости марки ПМС должны удовлетворять требованиям норм табл.1.8.41 и 1.8.42.

Таблица 1.8.41

**Нормы на показатели качества масел марок С-220, МН-3 и МН-4 и изоляционной жидкости марки ПМС**

Показатель качества масла	Для вновь вводимой линии		
	С-220, 5РА	МН-3, МН-4	ПМС
Пробивное напряжение в стандартном сосуде, кВ, не менее	45	45	35

Степень дегазации (растворенный газ), не более	0,5	0,1	-
--	-----	-----	---

Примечание. Испытания масел, не указанных в табл.1.8.39, производить в соответствии с требованием изготовителя.

Таблица 1.8.42

### Тангенс угла диэлектрических потерь масла и изоляционной жидкости (при 100, %, не более, для кабелей на напряжение, кВ

110	150-220	330-500
0,5/0,8*	0,5/0,8*	0,5/-

\* В числителе указано значение для масел марок С-220, в знаменателе - для МН-3, МН-4 и ПМС

Если значения электрической прочности и степени дегазации масла МН-4 соответствуют нормам, а значения  $\operatorname{tg} \delta$ , измеренные по методике ГОСТ 6581-75, превышают указанные в табл.1.8.42, пробу масла дополнительно выдерживают при температуре 100 °С в течение 2 ч, периодически измеряя  $\operatorname{tg} \delta$ . При уменьшении значения  $\operatorname{tg} \delta$  проба масла выдерживается при температуре 100 °С до получения установившегося значения, которое принимается за контрольное значение.

12. Измерение сопротивления заземления.

Производится на линиях всех напряжений для концевых заделок, а на линиях 110-500 кВ, кроме того, для металлических конструкций кабельных колодцев и подпиточных пунктов.

### 1.8.41. Воздушные линии электропередачи напряжением выше 1кВ

1. Проверка изоляторов.

Производится внешним осмотром.

2. Проверка соединений проводов.

Производится согласно 1.8.27.

3. Измерение сопротивления заземления опор, их оттяжек и тросов.

4. Производится в соответствии с 1.8.39 и указаниями главы 2.4.

Текст документа сверен по:  
официальное издание  
М.: ЗАО "Энергосервис", 2003