ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЕТЕВАЯ КОМПАНИЯ
ЕДИНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ»

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ ОАО «ФСК ЕЭС»

СТО 56947007-29.130.15.105-2011

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОНТРОЛЮ СОСТОЯНИЯ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

Стандарт организации

Дата введения: 14.10.2011

ОАО «ФСК ЕЭС»

2011

Предисловие

Цели и принципы стандартизации в Российской Федерации установлены Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».

Объекты стандартизации и общие положения при разработке и применении стандартов организаций Российской Федерации изложены в ГОСТ Р 1.4-2004 «Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения».

Сведения о стандарте

1 РАЗРАБОТАН: ООО «Научно-производственная фирма. Электротехника: наука и практика» (НПФ ЭЛНАП), Московским энергетическим институтом (МЭИ ТУ), Новосибирским государственным техническим университетом (НГТУ).

2 ВНЕСЁН: Департаментом технологического развития

и инноваций ОАО «ФСК ЕЭС».

3 УТВЕРЖДЁН И ВВЕДЁН В ДЕЙСТВИЕ:

Приказом ОАО «ФСК ЕЭС» от 14.10.2011 № 632.

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

Настоящий стандарт организации не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения ОАО «ФСК ЕЭС»

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Содержание

		Стр.
	Введение	4
1	Область применения……..	5
2	Нормативные ссылки …….....	5
3	Термины и определения……	6
4	Обозначения и сокращения…….....	8
5	Общие положения……..	9
6	Требования, предъявляемые к заземляющим устройствам……..	10
7	Периодичность проверки состояния заземляющих устройств……..	12
8	Методы проверки состояния заземляющих устройств……..	12
8.1	Сбор исходных данных и визуальный контроль……	13
8.2	Измерение сопротивления металлосвязей……..	16
8.3	Определение исполнительной схемы заземляющего устройства……	17
8.4	Определение удельного сопротивления грунта……	19
8.5	Измерение сопротивления заземляющего устройства……...	21
8.6	Определение напряжения на заземляющем устройстве……	23
8.7	Определение напряжения прикосновения…….	25
8.8	Определение распределения потенциалов и токов промышленной частоты по элементам заземляющего устройства при установившихся токах КЗ…….	27
8.9	Определение тепловой устойчивости заземлителей, заземляющих проводников и экранов кабелей……...	30
8.10	Определение распределения импульсных напряжений при коротких замыканиях на землю, ударах молнии в молниеотводы и протекании токов через ограничители перенапряжений……	31
8.11	Определение коррозионного состояния заземляющих проводников и заземлителей……	35
9.	Требования к оформлению результатов контроля состояния заземляющих устройств…….	38
11.	Разработка мероприятий по устранению выявленных дефектов заземляющего устройства…….....	39
12.	Меры безопасности при проведении работ по контролю состояния заземляющих устройств……	40
Приложение А. Паспорт на заземляющее устройство……		41
Приложение Б. Протоколы результатов измерений и расчетов……..		49
Приложение В. Требования к техническим средствам……		61
Приложение Г. Требования к компьютерным программам расчета электрических параметров заземляющих устройств ……		64
Приложение Д. Исполнительная схема заземляющего устройства……		67
Приложение Ж. Справочные материалы……		68
Библиография……		75

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Введение

Стандарт организации ОАО «ФСК ЕЭС» «Методические указания по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок (далее - Методические указания) разработан в соответствии с требованиями Федерального Закона от 27 декабря 2002 г. № 184 ФЗ «О техническом регулировании», «Положения о технической политике ОАО «ФСК ЕЭС», «Норм технологического проектирования подстанций переменного тока с высшим напряжением 35-750 кВ».

Методические указания предназначены для проведения контроля состояния заземляющих устройств в процессе эксплуатации, при новом строительстве, техническом перевооружении и реконструкции объектов ЕНЭС, а также объектов электросетевого хозяйства, присоединяющихся к сетям ЕНЭС.

Методические указания (МУ) учитывают требования действующих в электроэнергетике нормативно-технических документов или отдельных разделов этих документов, относящихся к области применения настоящих МУ. В Методических указаниях использованы требования и нормы, содержащиеся в Федеральных законах, Постановлениях Правительства Российской Федерации, руководящих и нормативно-технических документах Минтопэнерго России и ОАО «ФСК ЕЭС».

Методические указания должны быть пересмотрены в случаях ввода в действие технических регламентов и национальных стандартов, содержащих новые требования, а также при необходимости введения новых требований и норм, обусловленных развитием новой техники.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

1 Область применения

Настоящие Методические указания предназначены для персонала ОАО «ФСК ЕЭС», осуществляющего контроль состояния заземляющих устройств электроустановок объектов электросетевого хозяйства класса напряжения 0,4-750 кВ: электрические подстанции, воздушные и кабельные линии электропередачи, административные и производственные здания и сооружения, а также распространяются на организации, осуществляющие указанные работы по заданию ОАО «ФСК ЕЭС».

В Методических указаниях приведены методы контроля параметров заземляющих устройств электроустановок, обеспечивающих выполнение условий электробезопасности персонала и надежную работу оборудования на объектах электросетевого хозяйства.

В Методических указаниях установлены требования к техническим средствам и компьютерным программам, применяемым при выполнении измерений и расчетов, оформлению результатов контроля заземляющих устройств.

Работы, проводимые в соответствии с Методическими указаниями, выполняет персонал специализированных организаций и испытательных электролабораторий, проектных, строительно-монтажных и наладочных организаций, имеющий необходимые технические средства и право на проведение соответствующих работ.

2 Нормативные ссылки

Настоящие Методические указания разработаны на основе следующей нормативно-технической документации.

Правила устройства электроустановок (ПУЭ)/Минэнерго РФ. - 7-е издание 2002 г.

Правила технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации (ПТЭ ЭС и С РФ)/ Министерство энергетики РФ. 2003.

Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП). 2003.

РД 153-34.0-03.150-00. Межотраслевые правила по охране труда при эксплуатации электроустановок.

РД 34.45-51.300-97. Объем и нормы испытаний электрооборудования. 6-е издание с изменениями и дополнениями.

ГОСТ 12.1.038 - 82. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов.

ГОСТ Р 50571.10-96 (МЭК 364-5-54-80). Электроустановки зданий. Часть 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Глава 54. Заземляющие устройства и защитные проводники.

ГОСТ Р 50571.21-2000 (МЭК 60364-5-548-96). Раздел 548. Заземляющие устройства и системы уравнивания электрических потенциалов в электроустановках, содержащих оборудование обработки информации.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

ГОСТ 50571.18-2000 (МЭК 60364-4-442-93) Ч.4. Требования по обеспечению безопасности. Раздел 442. Защита электроустановок до 1кВ от перенапряжений, вызванных замыканиями на землю в электроустановках выше 1кВ.

ГОСТ 10434-82 Соединения контактные электрические. Классификация. Общие технические требования.

ГОСТ 51317.6.5-2006 (МЭК 61000-6-5-2001). Совместимость технических средств электромагнитная. Устойчивость к электромагнитным помехам технических средств, применяемых на электростанциях и подстанциях. Требования и методы испытаний.

СО 34.35.311.2004. Методические указания по определению электромагнитных обстановки и совместимости на электрических станциях и подстанциях.

СО 34.21.122-2003. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. Минэнерго России.

РД 34.21.122-87 "Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений".

3 Термины и определения

3.1 **вторичное оборудование:** Аппаратура (устройства) релейной защиты и электроавтоматики, противоаварийной автоматики; автоматизированной системы управления технологическим процессом; автоматизированной системы диспетчерского управления; системы сбора и передачи информации; автоматизированной информационно-измерительной системы коммерческого учета электроэнергии; противопожарной системы; охранной сигнализации; видеонаблюдения; система оперативного постоянного тока; система собственных нужд переменного тока 0,4кВ; системы управления и сигнализации вспомогательного оборудования; система диагностики силового оборудования, контрольные кабели и т.п.

3.2 **заземление:** Преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или оборудования с заземляющим устройством.

3.3 **заземляющее устройство:** Совокупность заземлителя и заземляющих проводников.

3.4 **заземлитель:** Проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

3.5 **заземляющий проводник:** Проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

3.6 **замыкание на землю:** Случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей.

3.7 **зона нулевого потенциала (относительная земля):** Часть земли, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

3.8 **зона растекания (локальная земля):** Зона земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала. Термин *земля* следует понимать как *земля в зоне растекания.*

3.9 **искусственный заземлитель:** Заземлитель, специально выполняемый для целей заземления.

3.10 **коррозия заземлителей:** Химическое превращение материала заземлителя (прежде всего его окисление), происходящее при участии внешней среды и стекающих с заземлителя переменных и постоянных токов.

3.11 **напряжение на заземляющем устройстве:** Напряжение, возникающее между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала.

3.12 **напряжение прикосновения:** Напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним человека или животного.

3.13 **напряжение шага:** Напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека.

3.14 **ожидаемое напряжение прикосновения:** Напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями, когда человек или животное их не касается.

3.15 **открытая проводящая часть:** Доступная прикосновению проводящая часть электроустановки, нормально не находящаяся под напряжением, но которая может оказаться под напряжением при повреждении основной изоляции.

3.16 **опорная точка ЗУ:** Точка на заземляющем устройстве, являющаяся наиболее частым местом ввода тока. Такой точкой могут быть – места заземления нейтралей трансформаторов.

3.17 **потенциалоповышающий ток:** Ток, стекающий с заземлителя в землю и создающий напряжение на заземляющем устройстве.

3.18 **разряд статического электричества:** Импульсный перенос электрического заряда между телами с разными электростатическими потенциалами при непосредственном контакте или при сближении их на некоторое, достаточно маленькое расстояние.

3.19 **разность потенциалов на заземляющем устройстве:** Разность потенциалов, возникающая между различными точками заземляющего устройства при коротком замыкании на подстанции, вызванная продольными токами и сопротивлением проводников заземляющей системы.

3.20 **сопротивление заземляющего устройства:** Отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

3.21 **сопротивление неэквипотенциальности:** Разница потенциалов между любыми двумя точками на ЗУ электроустановки, отнесённая к току, протекающему между точками ввода тока в ЗУ.

3.21 **ток замыкания на землю:** Ток, стекающий в землю в месте замыкания.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

3.22 **уравнивание потенциалов:** Электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов. Система уравнивания потенциалов – совокупность проводящих частей и соединительных проводников уравнивания потенциалов.

3.23 **устойчивость к электромагнитной помехе, помехоустойчивость:** Способность ТС сохранять заданное качество функционирования при воздействии на него внешних помех с регламентируемыми значениями параметров в отсутствие дополнительных средств защиты от помех, не относящихся к принципу действия или построения ТС.

3.24 **эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой:** Удельное электрическое сопротивление земли с однородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

3.25 **электромагнитная совместимость технических средств (ЭМС ТС):** Способность ТС функционировать с заданным качеством в заданной электромагнитной обстановке и не создавать недопустимых электромагнитных помех другим ТС.

3.26 **электромагнитная обстановка:** Совокупность электромагнитных явлений, процессов в заданной области пространства, в частотном и временном диапазонах.

3.27 **электромагнитная помеха:** Электромагнитное явление, процесс, которые ухудшают или могут ухудшить качество функционирования ТС.

4 Обозначения и сокращения

ВЛ	- воздушная линия электропередачи
ВЧ	- высокочастотная
ВЭЗ	- вертикальное электрическое зондирование
ГЩУ	- главный щит управления
ЗРУ	- закрытое распределительное устройство
ЗУ	- заземляющее устройство
КЗ	- короткое замыкание
КЛ	- кабельная линия электропередачи
КРУ	- комплектное распределительное устройство
КРУЭ	- комплектное распределительное устройство с элегазовой изоляцией
ОРУ	- открытое распределительное устройство
ОПУ	- общеподстанционный пульт управления
ПС	- подстанция
РУ	- распределительное устройство
РЗА	- релейная защита и автоматика
РЩ	- релейный щит
ТС	- техническое средство
УРОВ	- устройство резервирования отказа выключателей
ЭМС	- электромагнитная совместимость

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

5 Общие положения

Заземляющие устройства электроустановок должны соответствовать требованиям действующих нормативных документов и обеспечивать в течение всего срока службы электроустановки:

- выполнение условий электробезопасности;
- выполнение условий электромагнитной совместимости;
- заземление молниеотводов и ограничителей перенапряжений;
- рабочее заземление нейтрали электрических сетей.

Электробезопасность характеризуется предельно допустимыми значениями напряжения прикосновения и должна быть обеспечена при любых условиях эксплуатации энергообъекта. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения установлены в ГОСТ 12.1.038 – 82 (Приложение Ж).

Заземляющее устройство в соответствии с требованиями ЭМС должно быть выполнено так, чтобы уровни напряжений и токов, воздействующих на вторичное оборудование при коротких замыканиях и коммутация в первичных цепях, не превышали допустимых значений для вторичного оборудования.

Заземляющее устройство молниеотводов и ограничителей перенапряжений должно обеспечивать допустимые уровни грозовых и коммутационных перенапряжений, воздействующих на изоляцию первичного и вторичного оборудования соответствующего класса напряжения.

На всех объектах электросетевого хозяйства ОАО «ФСК ЕЭС» должен быть Паспорт на заземляющее устройство (Приложение А).

В процессе эксплуатации должен проводиться периодический контроль состояния ЗУ в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок», «Правил технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской Федерации», «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» и РД 34.45-51.300-97.

6 Требования, предъявляемые к заземляющим устройствам

Характеристики ЗУ должны отвечать требованиям обеспечения электробезопасности обслуживающего персонала и надежной работы оборудования электроустановки в нормальных и аварийных условиях в течение всего срока службы электроустановки.

Заземляющие устройства объектов электросетевого хозяйства должны обеспечивать следующие эксплуатационные функции электроустановок:

- действие релейных защит от замыкания на землю;
- действие защит от перенапряжений;
- отвод в грунт токов молнии;
- отвод рабочих токов (токов несимметрии и т.д.);
- защиту изоляции низковольтных цепей и оборудования;
- снижение электромагнитных влияний на вторичные цепи;
- защиту подземного оборудования и коммуникаций от токовых перегрузок;

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

- стабилизацию потенциалов относительно земли и защиту от статического электричества;

- обеспечение взрыво- и пожаробезопасности.

Заземляющее устройство электрической подстанции должны обеспечивать нормируемые параметры (табл.1) по условиям обеспечения электробезопасности и ЭМС для нормальных и наиболее опасных аварийных режимов:

- однофазное (двухфазное) короткое замыкание на землю на ПС;
- короткое замыкание на землю на линиях, отходящих от ПС;
- двойное замыкание на землю (замыкание на землю двух фаз в различных точках) в сети с изолированной нейтралью;
- стекание токов молнии и токов через ограничители перенапряжений;
- стекание токов несимметрии и токов шунтирующих реакторов.

При проверке состояния ЗУ должны быть определены параметры ЗУ, указанные в табл.1.

Таблица 1 – Нормируемые (контролируемые) параметры заземляющего устройства

	Нормируемый параметр	**Значение**	**Примечание**
1.	Напряжение прикосновения на всей территории ПС, на рабочих местах.	500 В 65 В	Зависит от времени отключения КЗ по ГОСТ 12.1.038-82 (Приложение Ж). Для времени отключения КЗ основной защитой (не более 0,1с). Для времени отключения КЗ резервной защитой (более 1с).
2.	Напряжение на ЗУ относительно зоны нулевого потенциала.	Не более 10кВ	Если напряжение на ЗУ более 5кВ, то должны быть приняты меры по защите отходящих линий связи и телемеханики, а также по защите от выноса высокого потенциала за территорию ПС по отходящим коммуникациям (трубопроводы, кабели). Напряжение выше 10кВ допускается на заземляющих устройствах, с которых исключен вынос высокого потенциала за пределы зданий и внешних ограждений электроустановок.
3.	Напряжение между какой-либо точкой заземления силового оборудования (при КЗ на землю) и точками ЗУ в месте расположения вторичного оборудования (РЩ, ОПУ и др.), к которому приходят контрольные кабели от силового оборудования.	Не более 2кВ	Для устройств и вторичных кабелей, у которых испытательное напряжение изоляции ниже, (кабели приходят от оборудования на ОРУ) допустимое значение напряжения на ЗУ между оборудованием и местом установки устройств (например, РЩ) принимается равным испытательному напряжению.
4.	Температура нагрева экранов и брони кабелей при КЗ на подстанции.	Кабели с бумажной пропитан-	Зависит от сечения, времени отключения КЗ и определяется расчётом.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

		ной изоляцией на напряжение до 10 кВ – 200^0С, ПВХ и резиновой изоляцией - 150^0С. полиэтиленовой изоляцией - 120^0С	
5.	Импульсный потенциал на ЗУ при коммутациях силового оборудования и КЗ на землю.	Не более 10кВ	Для цепей, заземленных на РУ, импульсный потенциал на ЗУ (с учетом коэффициента затухания) не должен превышать значения испытательного напряжения для оборудования по ГОСТ Р 51317.6.5-2006.
6.	Температура нагрева заземляющих проводников и заземлителей при коротких замыканиях.	Не более 400^0С	Для заземляющих проводников, подсоединённых к аппаратам – не более 300^0С.
7.	Расстояние от ЗУ молниеотводов до оборудования и кабельных трасс вторичных цепей.	Определяется расчетом.	При расчетах принимается средняя пробивная напряженность в грунте 300кВ/м, а в воздухе – 500кВ/м.
8.	Сопротивление контакта между заземляющим проводником и заземляемым оборудованием.	Не более 0,05Ом	-
9.	Коррозионное состояние элементов заземляющего устройства.	Разрушение не более 50% сечения (при выполнении п.6 по температуре нагрева).	Выполняют проверку выборочно со вскрытием грунта.
10.	Сопротивление заземляющего устройства	См. Приложение Ж.	Проверяют для заземляющих устройств, спроектированных по норме на сопротивление. При этом рекомендуется выполнить в полном объёме предписания настоящих МУ. Также должны выполняться требования п.1.7.55 ПУЭ.

7 Периодичность проверки состояния заземляющих устройств

Периодичность проверки состояния ЗУ следующая:

- проверка ЗУ в полном объеме - не реже 1 раза в 12 лет;

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

- после монтажа, переустройства и капитального ремонта оборудования на подстанциях и линиях электропередачи проверка в той части, где возможно изменение ЗУ в результате проведенных работ;

- измерение напряжения прикосновения в электроустановках, ЗУ которых выполнено по нормам на напряжение прикосновения - после монтажа, переустройства и капитального ремонта ЗУ и изменения токов КЗ, но не реже 1 раза в 6 лет (измерения должны выполняться при присоединенных естественных заземлителях и тросах ВЛ).

Рекомендуется срок очередной проверки устанавливать на основе результатов предыдущих испытаний. Срок проверки назначается лицом, ответственным за эксплуатацию электроустановки на основании рекомендаций организации (или подразделения), выполнивших предыдущие испытания.

8 Методы проверки состояния заземляющих устройств

При проверке состояния ЗУ в полном объеме должны быть выполнены следующие виды работ:

- сбор исходных данных и визуальный контроль;
- измерение сопротивления металлосвязей;
- определение[1] потенциалов и токов нормального режима;
- определение исполнительной схемы заземляющего устройства;
- определение удельного сопротивления грунта;
- определение сопротивления заземляющего устройства;
- определение напряжения на заземляющем устройстве;
- определение напряжения прикосновения;
- определение распределения потенциалов и токов промышленной частоты по элементам заземляющего устройства при установившихся токах КЗ;
- определение тепловой устойчивости заземлителей, заземляющих проводников и экранов кабелей;
- определение распределения импульсных напряжений при коротких замыканиях на землю, ударах молнии в молниеотводы и протекании токов через ограничители перенапряжений;
- определение коррозионного состояния заземляющих проводников и заземлителей.

Методы проверки состояния ЗУ предусматривают проведение измерений и расчетов с целью определения соответствия параметров ЗУ установленным нормам (см. табл.1). Измерения параметров ЗУ выполняют с помощью приборов и устройств для имитации аварийных режимов, требования к которым установлены в Приложении В. Для проведения необходимых расчетов могут быть использованы специальные компьютерные программы, требования к которым изложены в Приложении Г.

Результаты измерений и расчётов должны быть отражены в соответствующих Протоколах. По результатам проведения работы должно быть составлено Заключение о состоянии ЗУ.

[1] Здесь и далее термин «определение» означает сочетание измерений и расчётов.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

8.1 Сбор исходных данных и визуальный контроль

Для проведения работ по проверке состояния ЗУ необходимо выполнить сбор исходных данных (см. табл.2). Исходные данные должны быть предоставлены организацией–заказчиком работы по контролю состояния заземляющего устройства или получены путём визуального контроля.

Таблица 2 - Исходные данные для проверки состояния заземляющего устройства

№ п/п	Наименование исходных данных	Назначение исходных данных	Примечание
1.	Схема первичных соединений электроустановки.	Схему используют для ознакомления с электроустановкой, определения требований к заземляющему устройству и его элементам и расчетов высокочастотной составляющей тока КЗ.	-
2.	Ситуационный план расположения электроустановки. Сведения о выходящих за пределы электроустановки заземлителях и проводящих коммуникациях: присоединение грозозащитных тросов ВЛ к конструкциям электроустановки, соединения оболочек отходящих силовых кабелей и кабелей связи с заземляющим устройством, соединение с ЗУ приходящих в электроустановку металлических трубопроводов.	План используют для выявления: - электропроводящих объектов и коммуникаций за пределами электроустановки и определения направлений разноса измерительных электродов; - мест возможного выноса потенциала; - источников возможных блуждающих токов, распложенные вблизи электроустановки.	-
3.	Значения токов короткого замыкания в сети 110 кВ и выше	Для расчёта напряжения на заземляющем устройстве, напряжений прикосновения, разностей потенциалов по ЗУ и термической стойкости проводников необходимы значения токов однофазного короткого замыкания на ОРУ всех классов напряжений, в составе: полный ток однофазного КЗ и токи в нейтралях трансформаторов и автотрансформаторов.	Дополнительно может быть запрошены данные по токам нулевой последовательности во всех обмотках трансформаторов и токам нулевой последовательности, подтекающие по всем ВЛ.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

4.	Ток двойного замыкания на землю в сети 6-35 кВ	Используется для расчёта разностей потенциалов по ЗУ и проверки термической устойчивости заземляющих проводников, заземлителей и экранов кабелей.	-
5.	Ток однофазного замыкания на землю в сети 6-35 кВ.	Используются для определения напряжений прикосновения на соответствующих РУ.	По схеме и осмотром определяются также номинальные токи реакторов или резисторов, установленных на подстанции.
6.	Время отключения КЗ основными и резервными защитами. Время работы УРОВ.	Для определения допустимых значений напряжений прикосновения, расчёта термической устойчивости заземляющих проводников, экранов и металлических оболочек кабелей.	-
7.	Проектная схема заземляющего устройства) с учётом выполненных реконструкций). Паспорт заземляющего устройства.	Для нового строительства и реконструкции объекта выполняют проверку соответствия ЗУ проекту. Для действующего объекта выполняют проверку соответствия параметров ЗУ и исполнительной схемы паспортным данным.	-
8.	Климатические условия: температура, давление, влажность, осадки, состояние грунта – сухой, влажный и т.д.	Для пересчета к наиболее неблагоприятным условиям.	-
9.	Геоэлектрический разрез площадки электроустановки.	Для расчета параметров ЗУ.	По проекту (результаты предпроектных изысканий).

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

10.	Сведения об объекте, включая: - тип РУ (ОРУ, КРУЭ, КРУ, ЗРУ); - здания и сооружения на территории (ОПУ, РЩ, РУ, АТ), реакторы, вспомогательные здания и сооружения (склады, гаражи, мастерские, маслохозяйство и т.п.); - виды молниеотводов: отдельно стоящие, портальные, сетка, прожекторные мачты, антенные мачты; - материал, профиль, сечение заземлителей и заземляющих проводников; - тип кабельной канализации и кабелей; - трубопроводы; - дороги; - ограждения; - количество отходящих силовых кабелей 6-500 кВ, включая кабельные вставки перед ВЛ; - отходящие кабели связи, телемеханики и т.п.	Для составления исполнительной схемы, расчета параметров ЗУ и разработки проекта реконструкции ЗУ.	-

Визуальным контролем на РУ проверяют наличие и число заземляющих проводников у каждого оборудования и качества монтажа. Болтовые соединения должны быть надежно затянуты, снабжены контргайкой и пружинной шайбой.

Особо выделяют схемы подсоединения заземляющих проводников нейтралей трансформаторов, автотрансформаторных и реакторных групп, у которых не должно быть «пофазного» заземления нулевых точек. Проверяют также наличие соединения с заземляющим устройством подъездных железнодорожных путей и путей перекатки трансформаторов, и определяют наличие электрических шунтов на стыках рельсов.

Визуальным контролем в зданиях определяют качество выполнения основной и дополнительной системы уравнивания потенциалов. Проверяют наличие магистральных заземляющих проводников в помещениях, заземление оборудования, сторонних проводящих частей и закладных металлоконструкций.

При визуальном осмотре производят ознакомление с электроустановкой, выявляют источники возможных блуждающих токов, распложенные вблизи

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

электроустановки (электрифицированная железная дорога, установки катодной защиты) и объекты, не нанесенные на плане.

8.2 Измерение сопротивления металлосвязей

Для определения качества металлосвязи оборудования с ЗУ должны быть проведены измерения переходного сопротивления контактных соединений заземляющих проводников с оборудованием, выполнена проверка целостности присоединения заземляемого оборудования к ЗУ и определена неэквипотенциальность ЗУ.

Контактные соединения проверяют осмотром, простукиванием, а также выборочно измерением переходных сопротивлений мостами, микроомметрами и по методу амперметра-вольтметра.

В соответствии с РД 34.45-51.300-97 качественное присоединение к заземлителю обеспечивается при переходном сопротивлении не более 0,05 Ом.

Схема измерения сопротивления контактных соединений методом амперметра-вольтметра (четырехзажимным измерителем сопротивлений) показана на рис.1. Сопротивления измеряются в первую очередь у болтовых соединений. Рекомендуется измерить все соединения, подверженные вибрации, например, в районе расположения силовых трансформаторов.

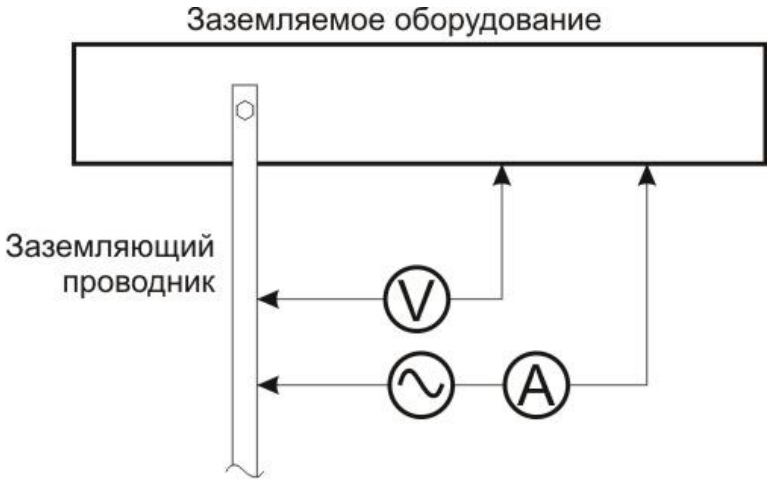


Рис.1 Схема измерения сопротивления контактного соединений

Проверка целостности заземления оборудования должна быть выполнена для всего заземляемого оборудования. Измерение сопротивления металлосвязи производят четырехзажимным способом по методу «амперметра-вольтметра» - организуют отдельно токовую и потенциальную цепи. При этом не допускается намотка проводов токовой и потенциальной цепей на одну катушку. Расстояние между токовой и потенциальной цепями при раскладке их по территории электроустановки должно быть более 1 м. Присоединение каждой цепи к точке измерения производят отдельной струбциной.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

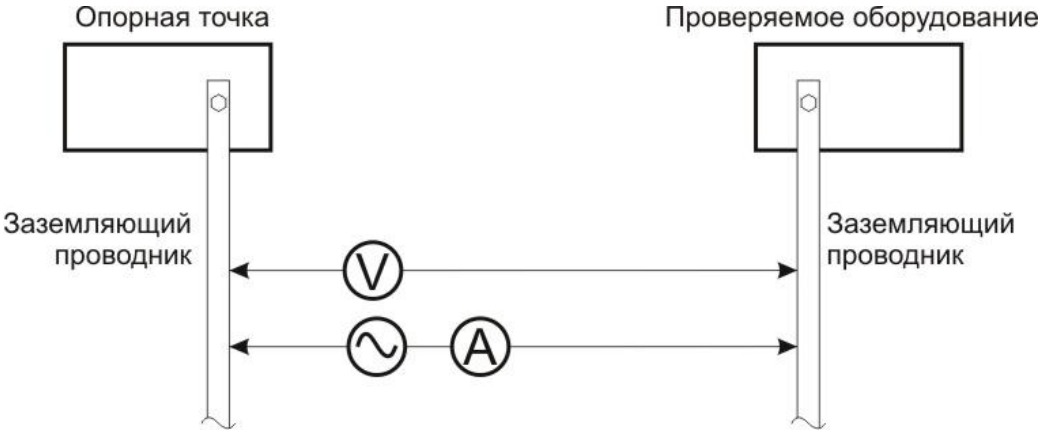


Рис.2 Схема измерения сопротивления металлосвязи

Проверку целостности заземления оборудования выполняют по схеме рис.2 путем измерения сопротивления металлосвязи между проверяемым оборудованием и некоторой опорной точкой (заземляющим проводником) ЗУ, имеющей металлосвязь с ЗУ электроустановки менее 0,05 Ом.

В качестве опорных точек в электроустановках 110 кВ и выше выбирают точки заземления нейтралей силовых трансформаторов (автотрансформаторов) Т(ТА). При наличии двух и более Т(АТ) предварительно следует произвести измерения сопротивлений металлосвязи между точками заземления нейтралей этих Т(АТ). Если ОРУ и силовые Т(АТ) территориально разнесены на значительное расстояние, за опорные точки на ОРУ могут быть приняты заземляющие проводники, имеющие удовлетворительную металлосвязь с точкой заземления нейтралей силовых Т(АТ).

В качестве опорных точек в электроустановках выше 1 кВ с изолированной нейтралью или электроустановках 110 кВ и выше без силовых Т(АТ) должны быть выбраны металлоконструкции, имеющие наибольшее количество заземляющих проводников и естественных заземлителей (металлическое основание ЗРУ, многостоечные металлические порталы и т.п.).

Качество заземления оборудования считается удовлетворительным, если измеренное сопротивление не превышает:

$$R_{мсв}(Ом) < 2\ (кВ) / I^{1}_{КЗ}\ (кА),$$

где $I^{1}_{КЗ}$ – ток КЗ на шинах РУ.

8.3 Определение исполнительной схемы заземляющего устройства

На исполнительной схеме заземляющего устройства должны быть указаны естественные и искусственные заземлители и заземляющие проводники: схема прокладки; материал, профиль (полоса, пруток, стержень, арматура) и поперечное сечение; глубина прокладки заземлителей; места соединений заземлителей и заземляющих проводников с заземлителем.

Схему прокладки заземлителей и заземляющих проводников наносят на рабочий план объекта.

На рабочем плане должны быть показаны: здания и сооружения; силовое оборудование; металлоконструкции; опоры ВЛ; переходные пункты КЛ; молниеотводы и молниезащитные тросы; ОПН и разрядники; прожекторные

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

и антенные мачты; порталы; трубопроводы; кабельная канализация; биологическая защита; клеммные шкафы; сварочные посты; места заземления нейтралей трансформаторов; дороги.

Для зданий должны быть составлены поэтажные рабочие планы размещения оборудования, на которые наносят исполнительную схему внутреннего заземляющего устройства (системы уравнивания потенциалов). На схеме должны быть указаны заземляющие проводники, магистрали заземления, закладные металлоконструкции; межэтажные соединения магистралей заземления и места подключения к внешнему заземляющему устройству.

Трассы прокладки заземлителя и заземляющих проводников в грунте определяют с помощью специальных приборов, позволяющих определить местоположение и глубину залегания подземных коммуникаций (см. Приложение В).

Для определения трассы прокладки заземлителя источник переменного тока подключают к различным удаленным друг от друга точкам ЗУ (рис.3).

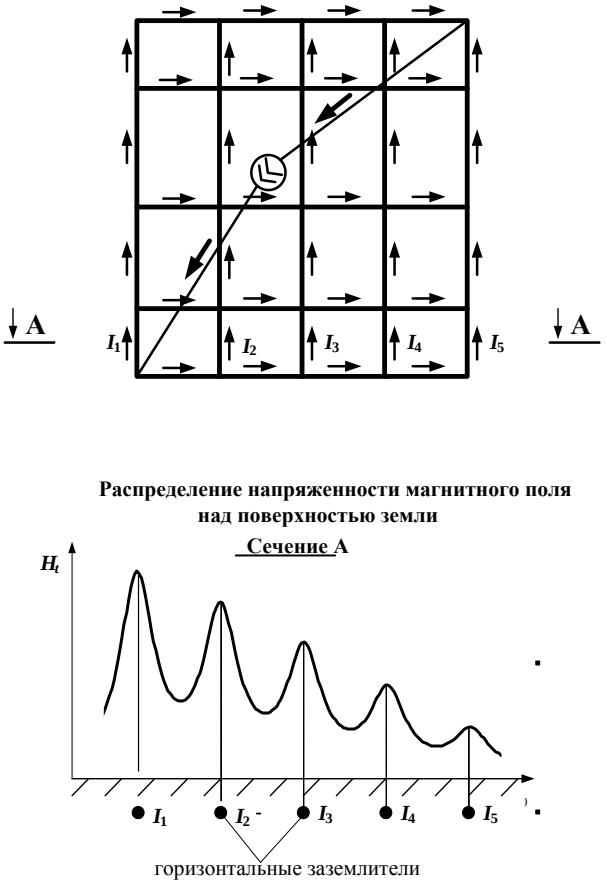


Рис. 3 Определение трассы прокладки заземлителей

С помощью датчика магнитного поля определяют и наносят на рабочий план места прокладки и соединений поперечных и продольных заземлителей. Определяют глубину залегания горизонтальных заземлителей и подземных связей. Для этого с помощью датчика магнитного поля у поверхности земли фиксируется значение напряженности $H=H_1$. Датчик магнитного поля поднимается над землей на высоту h_1, при которой индикатор магнитного поля

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

будет показывать значение $H=0,5H_1$. Глубина залегания проводника заземлителя $l_з= h_1$.

При определении трассы прокладки заземляющих проводников одна из клемм источника переменного тока подключается к точке ЗУ, имеющей нормированное значение сопротивления металлосвязи, а вторая последовательно присоединяется к заземляющим проводникам оборудования, подлежащего заземлению. С помощью датчика магнитного поля определяют и наносят на рабочий план места прокладки и соединений заземляющих проводников с заземлителем.

Определяют и наносят на рабочий план также трассы подземных и наземных естественных элементов ЗУ: броня, экраны и оболочки кабелей, нулевые провода, трубопроводы и металлоконструкции. Источник переменного тока подключают между точками соединения естественного элемента с ЗУ, и с помощью датчика магнитного поля определяют трассу прокладки этого элемента. На исполнительной схеме ЗУ также обозначают места соединений естественных элементов ЗУ с заземлителем и заземляющими проводниками с указанием типа соединений: болтовое, сварное, касание и др.

Для определения отходящих от объекта коммуникаций (трубопроводов, кабелей с броней или оболочкой, рельсовых путей и т.д.) источник переменного тока подключают к ЗУ и токовому электроду, вынесенному за территорию объекта. С помощью датчика магнитного поля определяют отходящие коммуникации и наносят на исполнительную схему ЗУ.

На исполнительной схеме должны быть указаны места: вскрытия грунта для проверки коррозионного износа заземлителей; контрольных измерений напряжения прикосновения и имитаций КЗ на землю.

Пример исполнительной схемы ЗУ приведен в Приложении Д.

8.4 Определение удельного электрического сопротивления грунта

Характеристики электрической структуры грунта необходимы для расчета параметров заземляющего устройства с учетом наиболее неблагоприятных климатических условий.

Для определения удельного электрического сопротивления грунта проводят измерения по методу вертикального электрического зондирования (ВЭЗ). Метод ВЭЗ позволяет выявить электрическую неоднородность структуры грунта – число и толщину слоев с различными значениями удельного электрического сопротивления грунта.

Перед началом измерений на территории объекта выбирают площадку, свободную от подземных коммуникаций (трубопроводы, бронированные кабели и т. п.) и металлоконструкций, влияющих на результаты измерений.

В центре площадки на поверхности земли по одной прямой линии устанавливают четыре электрода, и собирают электрическую схему, представленную на рис.4. В качестве электродов применяют стальные неокрашенные стержни. Расстояние MN между потенциальными электродами выбирают из условия: $MN < AB/3$. Глубина погружения потенциальных электродов b должна удовлетворять условию: $b < MN/6$. Глубина погружения токовых

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

электродов *d* должна удовлетворять условию *d* < *AB*/6.

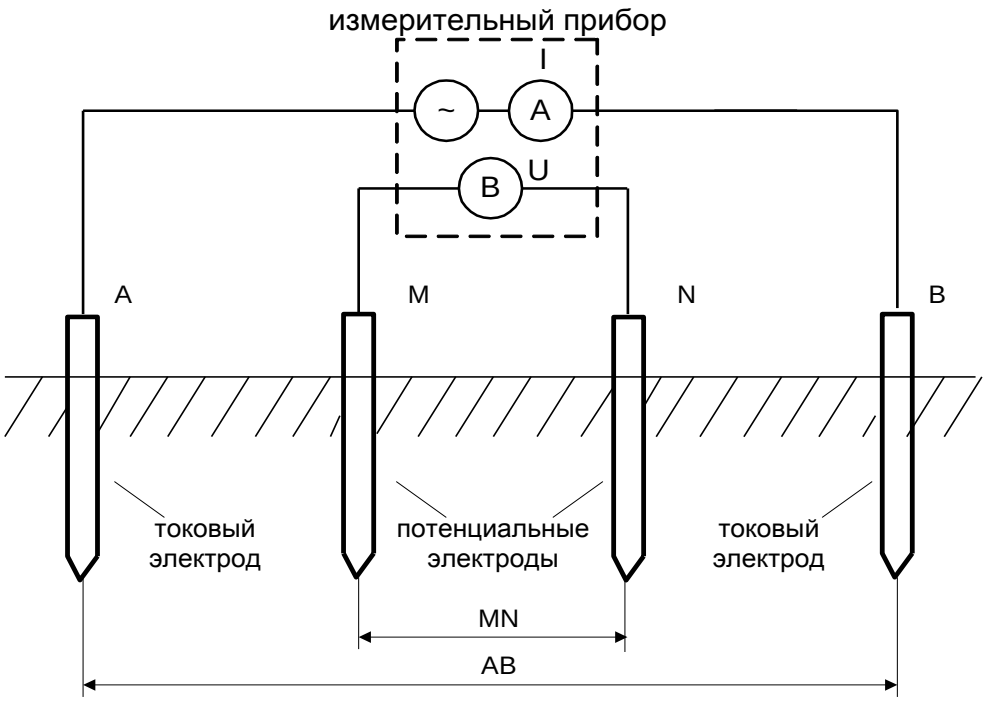


Рис.4 Схема измерительной цепи для определения значений удельного сопротивления грунта

Включают источник тока генерирующего блока прибора, и измеряют значения выходного тока прибора *I* и разности потенциалов *U* между потенциальными электродами. Повторяются следующие измерения при других значениях *AB*. Расстояния *AB и MN* рекомендуется увеличивать в последовательности, указанной в таблице 3. При уменьшении измеряемой величины *U* до значения порога чувствительности вольтметра необходимо увеличить расстояние MN и повторить измерения при том же расстоянии AB, после чего расстояние AB увеличивать далее. Результаты измерений заносятся в таблицу 3.

Таблица 3 - Результаты измерений для определения характеристик электрической структуры грунта по методу ВЭЗ.

№ измерения	*AB/2*, м	*MN*, м	*k, м*	*I*, мА	*U*, мВ	$R_{каж.} = U/I$	$\rho_{каж}$, Ом*м
1	1	0,5	5,890				
2	2	0,5	24,74				
3	3	0,5	56,16				
4	3	2	12,57				
5	4,5	2	30,24				
6	6,0	2	54,98				
7	9,0	2	125,7				
8	15	2	351,9				
9	15	10	62,83				

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

10	25	2	980,2				
11	25	10	188,5				
12	40	10	494,8				
13	65	10	1319				
14	65	40	300,4				
15	100	10	3134				
16	100	40	754,0				

Для каждого измерения определяют «кажущееся» значение удельного сопротивления грунта $\rho_{каж}$ по формуле (следует отметить, что многие приборы измеряют не падение напряжения U между потенциальными электродами, а значение эквивалентного сопротивления $R_{каж} = U/I$):

$$\rho_{каж} = R_{каж} \cdot k = \frac{U}{I} \cdot k,$$

где k – коэффициент установки, приведённый в табл. 3. для каждого из сочетаний разносов электродов.

Результаты расчетов заносятся в таблицу 3. По результатам измерений в билогарифмических координатах строят кривую ВЭЗ – зависимость «кажущегося» удельного сопротивления грунта от полуразноса токовых электродов АВ/2. В результате интерпретации кривых ВЭЗ получают многослойную модель грунта. Если размеры выбранной площадки на территории объекта ограничены, то измерения повторяют за пределами территории объекта. В этом случае для верхних слоев грунта принимают результаты измерений на территории объекта, а для нижних слоев – за пределами объекта.

Характеристики электрической структуры грунта могут быть определены с помощью данных по геоподоснове объекта. Сведения об электрических характеристиках различных грунтов приведены в Приложении Ж.

При проведении расчетов с помощью компьютерных программ можно применять двухслойную модель грунта. Методика приведения многослойного грунта к двухслойной модели приведена в Приложении Ж.

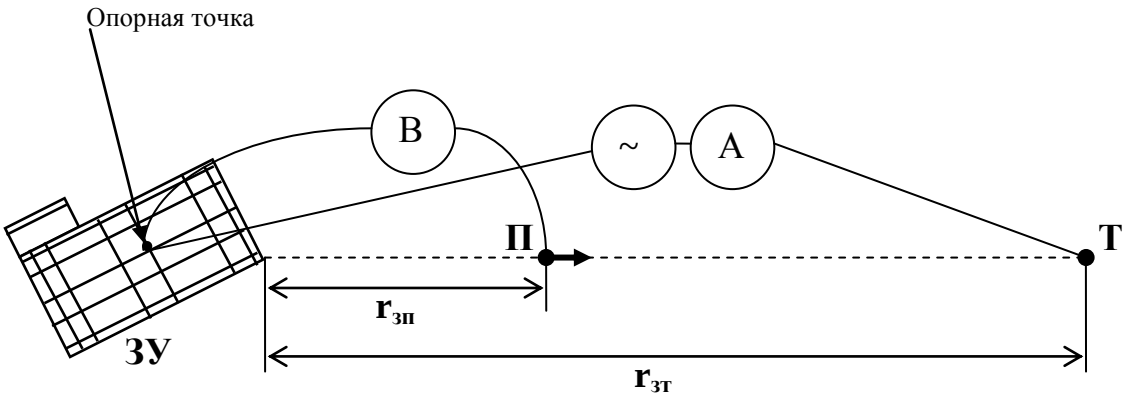
Результаты измерений должны быть приведены к наиболее неблагоприятным климатическим условиям (см. Приложение Ж).

8.5 Измерение сопротивления заземляющего устройства

Измерение сопротивления ЗУ выполняют по методу амперметра-вольтметра. Принципиальная схема измерений приведена на рис.5.

Источник переменного тока подключают к ЗУ объекта (как правило, в опорной точке) и токовому электроду, вынесенному за пределы территории, на которой расположено ЗУ. Вольтметр подключают к ЗУ в той же точке, где подключен источник тока, и к вынесенному потенциальному электроду. Потенциальный электрод размещают на линии, соединяющей опорную точку и токовый электрод. Расстояния до токового и потенциального электродов от края заземлителя выбирают в зависимости от размеров заземлителя и наличия свободной от подземных коммуникаций территории за пределами заземляющего устройства.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру



П – потенциальный электрод, **Т** – токовый электрод

Рис. 5. Схема измерения сопротивления заземляющего устройства

Если ЗУ имеет небольшие размеры, а вокруг него имеется обширная площадь, свободная от линий электропередачи и подземных коммуникаций, то расстояния до электродов выбираются следующим образом: $r_{зт} \geq$ 5Д; $r_{зп}$ =0,5 $r_{зт}$. Здесь Д - наибольший линейный размер ЗУ, характерный для данного типа заземлителя (для заземлителя в виде многоугольника - диагональ ЗУ, для глубинного заземлителя - длина глубинного электрода, для лучевого заземлителя - длина луча).

Если ЗУ имеет большие размеры и отсутствует возможность размещения электродов, как указано выше, токовый электрод следует разместить на расстоянии $r_{зт} \geq$ 3Д. Потенциальный электрод размещается последовательно на расстоянии $r_{зп}$ = 0,1 $r_{зт}$, 0,2 $r_{зт}$, 0,3 $r_{зт}$, 0,4 $r_{зт}$, 0,5 $r_{зт}$, 0,6 $r_{зт}$, 0,7 $r_{зт}$, 0,8 $r_{зт}$, 0,9 $r_{зт}$ и производят измерение значений сопротивления. По данным измерений строят кривую зависимости сопротивления от расстояния потенциального электрода до ЗУ. Если вид полученной зависимости соответствует изображенной на рис.8, а значения сопротивлений, измеренных при положении потенциального электрода на расстояниях 0,4 $L_т$ и 0,6 $L_т$ отличаются не более, чем на 10%, то за сопротивление ЗУ принимают значение сопротивления на расстоянии 0,5 $L_т$. Если кривая немонотонная, что является следствием влияния различных коммуникаций (подземных и надземных), измерения повторяют при расположении электродов в другом направлении от ЗУ.

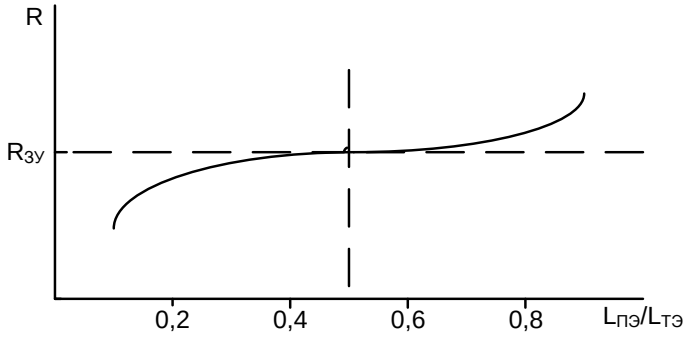


Рис.6 Зависимость измеренного сопротивления от положения потенциального электрода

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Перед началом измерений по исполнительной схеме ЗУ определяют место подключения источника переменного тока к ЗУ и место расположения токового электрода, вынесенного за пределы территории ЗУ. Для исключения возможного влияния посторонних токов на результаты измерений, необходимо проверить наличие напряжения между ЗУ и потенциальным электродом при отключенном источнике измерительного тока. При наличии напряжения от посторонних токов необходимо принять меры к уменьшению его влияния, увеличив измерительный ток или селективность отстройки по частоте. Для уменьшения влияния посторонних токов рекомендуется также изменить направление разноса токового и потенциального электродов.

Измерение сопротивления производят без отсоединения грозозащитных тросов, оболочек отходящих кабелей и других естественных заземлителей. Расстояния от ЗУ до токового и потенциального электродов выбирают в зависимости от размеров ЗУ и характерных особенностей территории вокруг ЗУ.

При производстве измерений в качестве вспомогательных электродов применяют стальные стержни или трубы диаметром до 50 мм. Стержни должны быть очищены от краски, а в месте присоединения соединительных проводников и от ржавчины. Стержни забивают или ввинчивают в грунт на глубину 1,0-1,5 м. В случае необходимости токовый электрод выполняют из нескольких параллельно соединенных электродов, размещаемых по окружности, с расстоянием между ними 1,0-1,5. м.

Для приведения результатов измерения к наихудшим условиям, которые могут быть в эксплуатации, применяется повышающий сезонный коэффициент $К_{сез}$ для определения сопротивления заземляющего устройства (см. Приложение Ж).

Если невозможно обеспечить размещение токового и потенциальных электродов на указанные выше расстояния (например, при расположении объекта в населенном пункте), то измерения проводят при размещении электродов на наибольшем возможном расстоянии от ЗУ. Сопротивление ЗУ определяют расчетом с помощью компьютерной программы (см. Приложение Г). В качестве исходных данных для проведения расчетов используют исполнительную схему ЗУ и результаты измерений удельного сопротивления грунта, приведенные к наиболее неблагоприятным климатическим условиям. Результаты измерений используют для тестирования расчетной схемы.

8.6 Определение напряжения на заземляющем устройстве

Напряжение на ЗУ определяют как произведение измеренного сопротивления заземляющего устройства на потенциалоповышающий ток:

$$U_{зу} = R_{зу} \cdot I_{пп}$$

В качестве потенциалоповышающего тока принимают:

- в электроустановках напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью – ток однофазного замыкания на землю;
- в электроустановках напряжением до 1 кВ с глухо заземлённой нейтралью напряжение на ЗУ не нормируется и не определяется;

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

• в электроустановках напряжением выше 1 кВ, принадлежащих сети с изолированной нейтралью – ток двойного замыкания на землю;

• в электроустановках напряжением выше 1 кВ, принадлежащих сети с эффективно заземлённой нейтралью, но не имеющих заземлённой нейтрали в самой электроустановке – ток однофазного короткого замыкания;

• в электроустановках напряжением выше 1 кВ, принадлежащих сети с эффективно заземлённой нейтралью, и имеющих заземлённые нейтрали силовых трансформаторов в самой электроустановке, – суммарный ток нулевой последовательности, подтекающий по всем присоединениям при коротком замыкании на территории электроустановки.

В последнем случае, если расчётом не определены токи нулевой последовательности во всех ВЛ (всех номинальных напряжений этой сети), потенциалоповышающий ток определяют как геометрическую сумму тока однофазного короткого замыкания на шинах и тока нейтрали (с учётом фазы, рис 9).

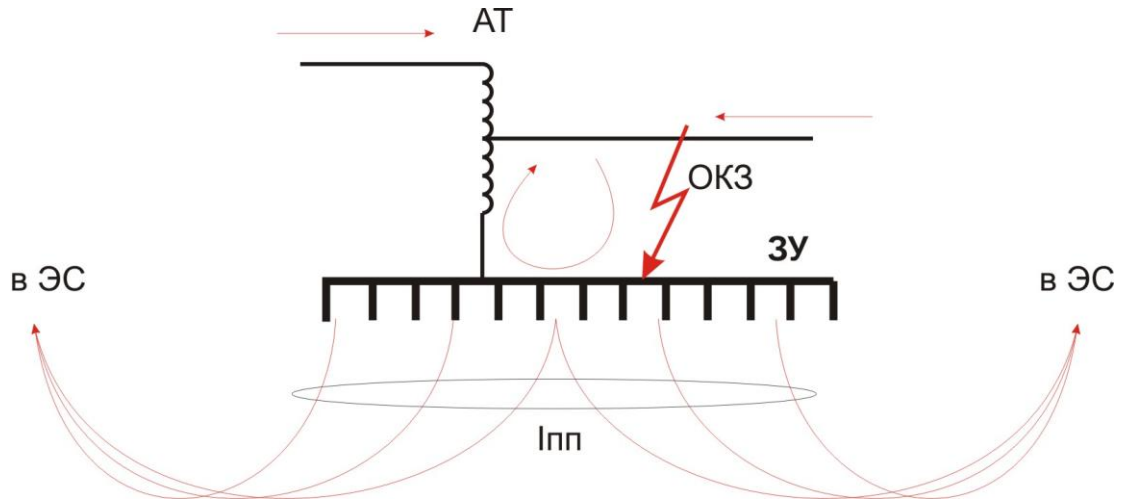


Рис. 6. К определению потенциалоповышающего тока в электроустановках 110 кВ и выше с заземлённой нейтралью

В электроустановках, принадлежащих сети с эффективно заземлённой нейтралью, и имеющих заземлённые нейтрали силовых трансформаторов в самой электроустановке, потенциалоповышающие токи определяются при однофазных коротких замыканиях на шинах всех РУ, и в качестве расчётного тока выбирается наибольший.

Напряжение на ЗУ можно также определить расчетом с помощью компьютерной программы.

В качестве исходных данных для проведения расчетов используют:

- исполнительную схему ЗУ;

- результаты измерений удельного сопротивления грунта, приведенные к наиболее неблагоприятным климатическим условиям;

- значения токов КЗ на землю: при однофазном коротком замыкание на землю в сети с эффективно заземленной нейтралью и двойного замыкания на землю (замыкание на землю двух фаз в различных точках) в сети с изолированной нейтралью.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Если на подстанции имеется несколько РУ различного напряжения, то расчет проводят для режимов КЗ на каждом РУ. По результатам расчетов определяют наибольшее значение напряжения на ЗУ подстанции.

При расчете напряжения на ЗУ в сети с изолированной нейтралью одна из точек двойного замыкания на землю должна быть принята вне ЗУ (на отходящей линии электропередачи, на опоре, ближайшей к ПС, вне подхода, защищённого тросом при его наличии).

8.7 Определение напряжения прикосновения

Напряжение прикосновения в электроустановках напряжением 110кВ и выше измеряют при имитации КЗ на землю, а электроустановках 6-35кВ – при имитации двойного замыкания на землю.

По исполнительной схеме выбирают контрольные точки измерений (не менее 5 для каждого РУ) в местах наибольших значений сопротивления металлосвязи оборудования с ЗУ на рабочих местах и на остальном оборудовании.

Принципиальная схема измерений напряжения прикосновения представлена на рис.7. В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 при измерении напряжения прикосновения в электроустановках напряжением 110кВ и выше сопротивление тела человека моделируется резистором $R_ч$ = 1кОм, а в электроустановках 6-35кВ - $R_ч$ = 1кОм при воздействии до 1с и $R_ч$ = 6кОм при воздействии более 1с. Сопротивление растеканию тока с ног человека должно моделироваться с помощью квадратной пластины размером 25х25см^2, которая располагается на поверхности земли (пола) на расстоянии 0,8-1 м от оборудования, в местах возможного нахождения человека.

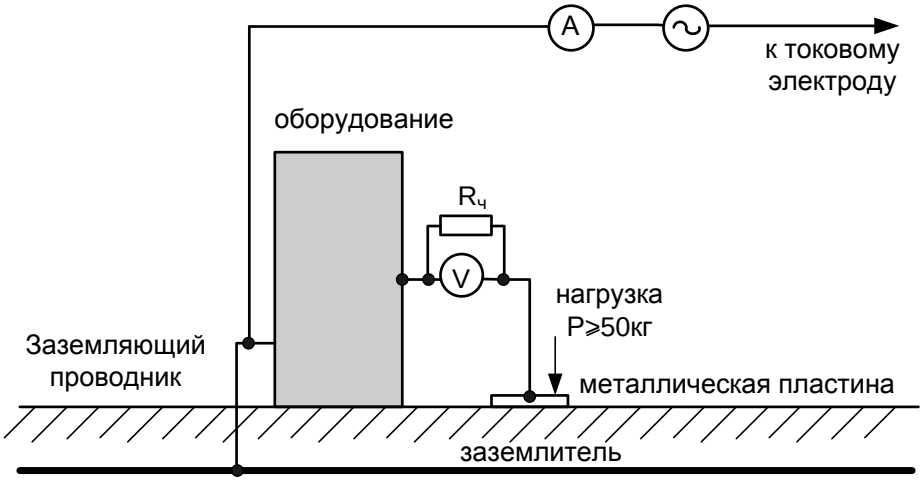


Рис.7 Схема измерения напряжения прикосновения

Токовый электрод размещают таким образом, чтобы возможно точнее имитировать токовую цепь, возникающую при замыкании на землю. При измерении напряжения прикосновения на территории РУ напряжением 110 кВ и выше, питание которого осуществляется от одной или нескольких ВЛ, токовый электрод переносят от края заземлителя не менее, чем на 2Д , где Д -

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

максимальный размер заземлителя. Если подстанция располагается на застроенной территории, то для уменьшения наводки напряжения на токовую цепь рабочим током ВЛ токовый электрод переносят не менее, чем на 200 м от подстанции и в сторону от питающих ВЛ примерно на 100 м. Если измерения выполняют на РУ напряжением 110 кВ, с шин которого осуществляется питание нагрузки, а питание шин в свою очередь осуществляется от автотрансформатора с высшим напряжением 220-1150 кВ, токовый электрод следует присоединять к нейтрали питающего автотрансформатора.

Проводники токовой и потенциальной цепей должны подключаться к заземленному оборудованию отдельными струбцинами. При этом проводник токовой цепи присоединяют к заземляющему проводнику. Проводник потенциальной цепи может быть подсоединен к этому же заземляющему проводнику или к любой точке металлоконструкции, т.е. к месту возможного прикосновения.

При измерении на нерабочем месте токовый вывод прибора присоединяют к заземляющему проводнику корпуса ближайшего оборудования, по которому может протекать ток короткого замыкания.

Напряжение прикосновения определяют по выражению:

$$U_{пр} = I_з * (U_{изм} / I_{изм}),$$

где $I_з$ - значение тока замыкания на землю в месте измерения, а $U_{изм} / I_{изм}$ - сопротивление, измеренное прибором.

Напряжение прикосновения также может быть определено по выражению:

$$U_{пр} = U_{ожид} – U_{осн..} = I_з * (U_{изм} / I_{изм})*R_ч / (R_ч+R_{осн.}),$$

где $U_{ожид}$ – ожидаемое напряжение прикосновения, равное разности потенциалов между заземленными частями оборудования и поверхностью земли (пола) в месте нахождения человека; $U_{осн.}$ – напряжение на сопротивлении основания $R_{осн.}$ -сопротивление растеканию тока с человека. При этом для определения напряжения прикосновения измеряют ожидаемые напряжения прикосновения и сопротивление основания в контрольных точках (рис.8). Определение сопротивления основания рекомендуется проводить у каждой точки измерения. Сопротивление $R_{осн}$ измеряют мегомметром.

По результатам измерений рассчитывают напряжение прикосновения.

При расчетах напряжения прикосновения с помощь компьютерной программы в качестве исходных данных принимают: исполнительную схему ЗУ; значения тока замыкания на землю; удельное сопротивление грунта. Результаты измерений напряжения прикосновения используют для тестирования расчетной модели.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

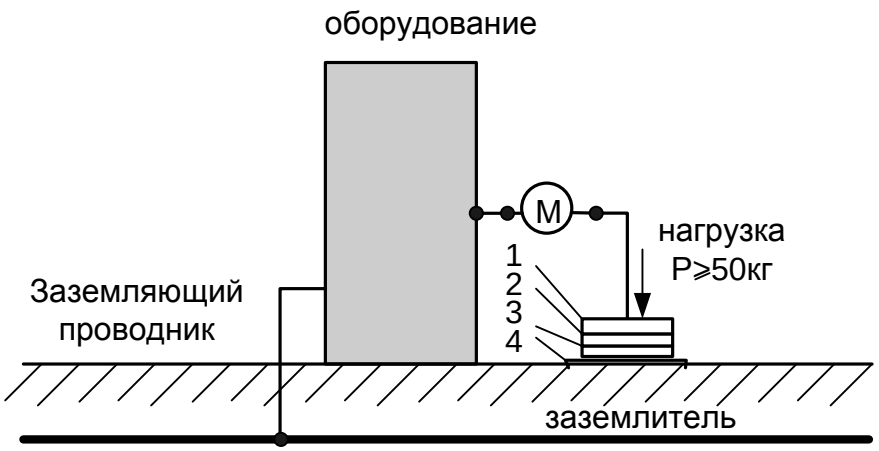


Рис.8 Схема измерения сопротивления основания

М – мегомметр, 1- доска, 2 –поролон, 3 –медная сетка; 4 - мокрая ткань

В соответствии с ГОСТ 12.1.038-82 напряжения прикосновения при нормальном режиме работы электроустановки не должны превышать допустимых значений (для переменного напряжения частотой 50 Гц - 2 В).

Напряжения прикосновения к открытым проводящим частям рекомендуется измерять в следующих местах:

- у мест заземлённых нейтралей трансформаторов (в том числе ТСН), автотрансформаторов, шунтирующих реакторов, а также у мест заземления дугогасящих реакторов или резисторов;
- у калиток внутренних ограждений наружной электроустановки;
- у периферийных открытых проводящих частей электроустановки, в частности, у калиток внешних ограждений;
- у стоек конденсаторов связи.

Ожидаемые напряжения прикосновения измеряют при помощи вольтметра переменного тока с большим внутренним сопротивлением. Один конец вольтметра присоединяют к металлическому штырю, который погружают в грунт на расстоянии 1 м от оборудования, на глубину 0,4 м, другой - к открытой проводящей части. Если измеренное ожидаемое напряжение прикосновения оказывается выше 2 В, производят измерение напряжения прикосновения повторно при шунтировании вольтметра сопротивлением 6 кОм по схеме подсоединения вольтметра по рис.7.

При пофазном заземлении нулевых точек фаз автотрансформаторных групп это напряжение может быть опасным. Измерение напряжения в этом случае следует провести при помощи изолирующей штанги, к которой прикрепляется проводник от вольтметра, предназначенный для подсоединения к оборудованию.

8.8 Определение распределения потенциалов и токов промышленной частоты по элементам заземляющего устройства при установившихся токах КЗ

В сетях с эффективно заземленной нейтралью наибольший ток промышленной частоты протекает по ЗУ при однофазном КЗ. В сетях с изолированной нейтралью протекание большого тока по ЗУ возможно при двойном

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

замыкании на землю. В этом случае ток протекает от точки замыкания на землю одной фазы до точки замыкания на землю другой фазы. Для того чтобы определить возможные уровни воздействующих на вторичное оборудование и кабели напряжений и токов при коротком и двойном замыкании на землю, проводят измерения распределения потенциалов и токов на заземляющем устройстве при имитации этих режимов в соответствии с СО 34.35.311.2004.

На основании исполнительной схемы ЗУ выбирают оборудование, на котором при КЗ на землю ожидается наибольший потенциал. Такими местами являются: оборудование, присоединенное к сетке заземлителя заземляющими проводниками наибольшей длинны; группа оборудования, у которого большое сопротивление металлосвязи с основным заземлителем; оборудование, наиболее удаленное и ближайшее от места установки вторичного оборудования (например, от релейного щита).

Для выбранных наиболее опасных мест имитируют КЗ на корпус оборудования (рис.9) и измеряют распределение потенциалов по заземляющему устройству: в точке КЗ, в местах установки вторичного оборудования и в местах возможного воздействия опасного напряжения на кабели (например, на заземляющих проводниках в кабельных каналах).

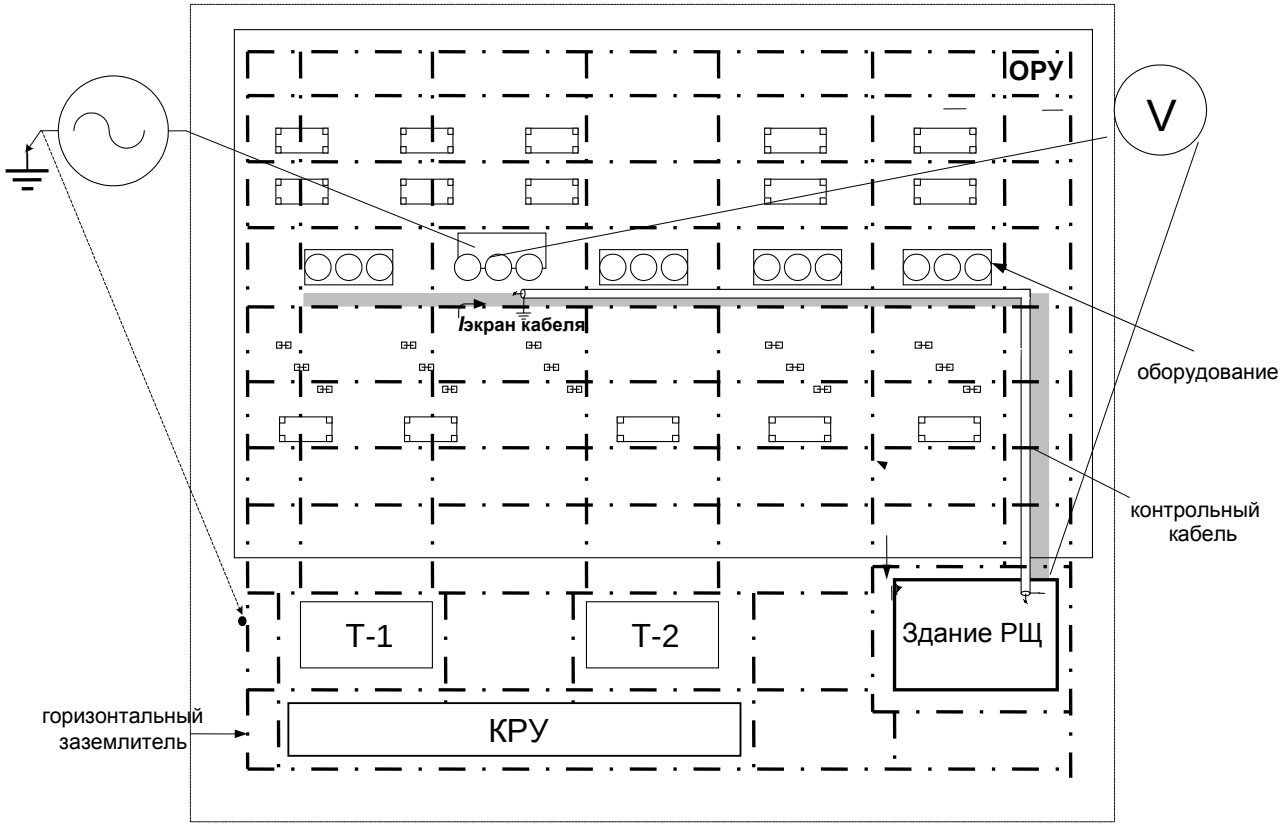


Рис.9. Схема проведения измерений распределения токов и напряжений при имитации КЗ на землю

Имитацию КЗ проводят при помощи генератора переменного тока и комплекта реостатов. Сопротивление реостатов подбирают таким, чтобы распределение токов (в процентном соотношении), протекающих по элемен-

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

там заземляющего устройства (оборудования, нейтралям Т, АТ), было одинаковым с распределением токов при реальных КЗ. Имитация КЗ может быть проведена без применения реостатов. В этом случае имитируют отдельно каждую составляющую тока КЗ: от каждого Т/АТ и от энергосистемы.

При имитации КЗ также измеряют токи, проходящие от оборудования по заземляющему проводнику в заземлитель, по трубопроводам, металлоконструкциям и по кабелям (оболочка, броня, экран). Схема измерения представлена на рис.14.

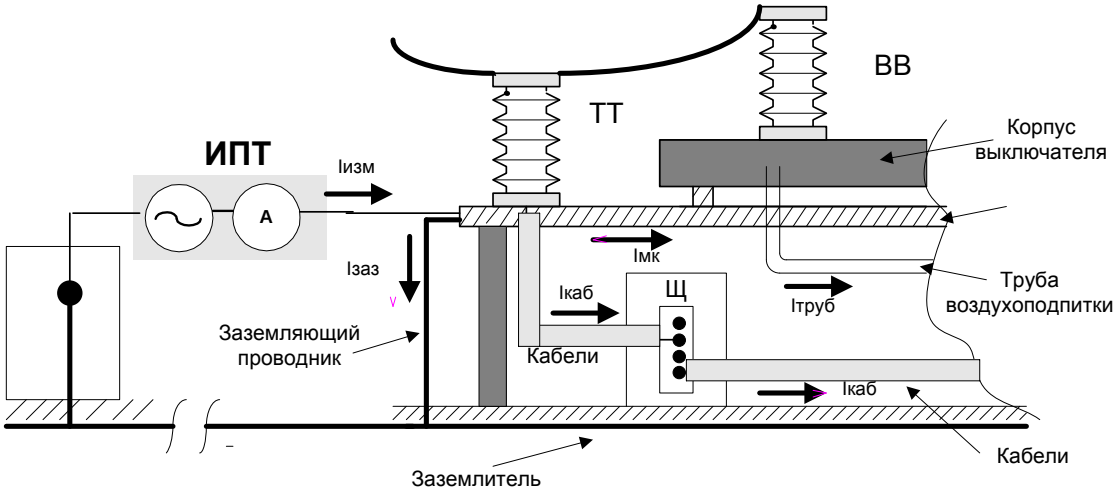


Рис.10 Схема измерения распределения тока по элементам ЗУ при имитации КЗ

Измерения проводят с помощью селективных к частоте источника переменного тока ИПТ токовых клещей. Измеряют ток от ИПТ и в процентах к нему токи, проходящие по естественным и искусственным частям заземляющего устройства.

Значения токов и напряжений, полученные в результате имитационных измерений пересчитывают к реальным значениям тока КЗ. Измерения дополняют расчетами с помощью компьютерной программы. Расчеты проводят при однофазном КЗ в сетях с эффективно заземленной нейтралью и двойном замыкании на землю в сетях с изолированной нейтралью. В качестве исходных данных для определения напряжений и токов, воздействующих на контрольные кабели и вторичное оборудование при КЗ на землю, принимают: исполнительную схему ЗУ; значения токов однофазного короткого замыкания на каждом из РУ напряжением 110 кВ и выше и токов двухфазного замыкания на РУ 6-35 кВ; удельное сопротивление грунта.

Результаты измерений распределения токов и потенциалов по ЗУ при имитации КЗ используют для тестирования расчетной модели.

Полученную схему заземляющего устройства вводят в расчетную программу. В программе воспроизводят имитационные воздействия, выполненные на объекте, и производят сравнение расчетов с измерениями. При расхождении расчетных и экспериментальных значений более, чем на 15%, проводят дополнительные измерения по уточнению параметров схемы заземляющего устройства.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

После достижения совпадения результатов в пределах 15%, считают, что расчетная схема ЗУ соответствует реальной. Далее проводят расчеты распределения напряжений по ЗУ и токов в экранах, оболочке или броне кабелей для каждого из оборудования при удельном сопротивлении грунта, соответствующем наиболее неблагоприятным климатическим условиям.

8.9 Определение тепловой устойчивости заземлителей, заземляющих проводников и экранов кабелей

Допустимые токи короткого замыкания для искусственных заземляющих проводников и заземлителей определяют, исходя из допустимой (по ПУЭ п.1.7.114 не выше 400^0С) температуре нагрева, по формуле:

$$I_{\text{доп}} = \frac{S}{S_{\text{доп}} q},$$

где S – поперечное сечение проводника или экрана кабеля, мм^2;

$S_{\text{доп}}$ – допустимое сечение для тока в 1 кА продолжительностью воздействия 1 секунда;

q – коэффициент, учитывающий продолжительность воздействия тока.

$$q = \begin{cases} \sqrt{t + 0{,}09}, & t < 1\,\text{с} \\ 0{,}8\sqrt{t}, & t > 1\,\text{с} \end{cases}.$$

Значения $S_{\text{доп}}$ приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Допустимое сечение $S_{\text{доп}}$ для проводников при токе 1 кА длительностью 1 с.

Тип проводника	$S_{\text{доп}}$, мм^2/кА
Горизонтальный стальной заземлитель	14,0
Заземляющий проводник из стали, подсоединенный к аппарату	16,5
Горизонтальный медный заземлитель	4,6
Заземляющий проводник из меди, подсоединенный к аппарату	5,4
Арматура железобетона	30,3

Расчёт температуры нагрева медных и алюминиевых экранов контрольных кабелей при коротких замыканиях в электроустановках напряжением 110 кВ и выше при заземлении экранов с двух сторон проводится по выражению:

$$\Delta\Theta = 7 \cdot \left(\frac{U_{нэ}}{L}\right)^{1,5} \cdot \sqrt{\tau}\text{, где}$$

$\Delta\Theta$ - нагрев экрана кабеля (в °С),

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

$U_{нэ}$ – приложенное к заземлённым концам экрана напряжение, обусловленное неэквипотенциальностью заземляющего устройства (В), (измеренное по схеме рис. 13 и пересчитанное на реальный ток КЗ).

L - длина кабеля, (м)

τ – время отключения короткого замыкания, (сек).

Расчет допустимой плотности тока по заземляющему проводнику выполняют на основании п.1.7.126 ПУЭ 7-е издание.

$$i = \frac{I}{S} \le \frac{k}{\sqrt{t}},$$

где i – максимально допустимая плотность тока для защитного проводника;

S - площадь поперечного сечения защитного проводника, мм^2;

I – ток, протекающий по защитному проводнику, А;

t – время протекания тока по защитному проводнику; (соответствует полному времени отключения КЗ – не более 5 с), с;

k - коэффициент, значение которого зависит от материала защитного проводника, изоляции кабеля, начальной и конечной температур нагрева.

Значение k для для защитного проводника; берут из таблицы 1.7.6 ПУЭ. Если тип изоляции кабеля не известен, то берут значения k, соответствующие температуре нагрева 160 ^{o}С.

8.10 Определение распределения импульсных напряжений при коротких замыканиях на землю, ударах молнии в молниеотводы и протекании токов через ограничители перенапряжений

8.10.1 Импульсные помехи при коммутациях силового оборудования и коротких замыканиях на шинах распределительного устройства

При коммутациях (через емкости оборудования на землю) и коротких замыканиях на землю (через место замыкания) в ЗУ проходит импульсный ток высокой частоты. На оборудовании возникает скачок потенциала. Возросший потенциал с определенным коэффициентом ослабления передается по кабелям на входы вторичного оборудования.

Высокочастотную (ВЧ) составляющую тока короткого замыкания имитируют при помощи генератора высокочастотных импульсов. Схема измерений приведена на рис.11. Для измерений выбирают цепи, где ожидается наибольший уровень помех. Такими цепями являются цепи напряжения и тока, дискретные и другие цепи, для которых входное сопротивление на аппаратуре в нормальном режиме больше 1кОм (например, разомкнутый контакт).

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

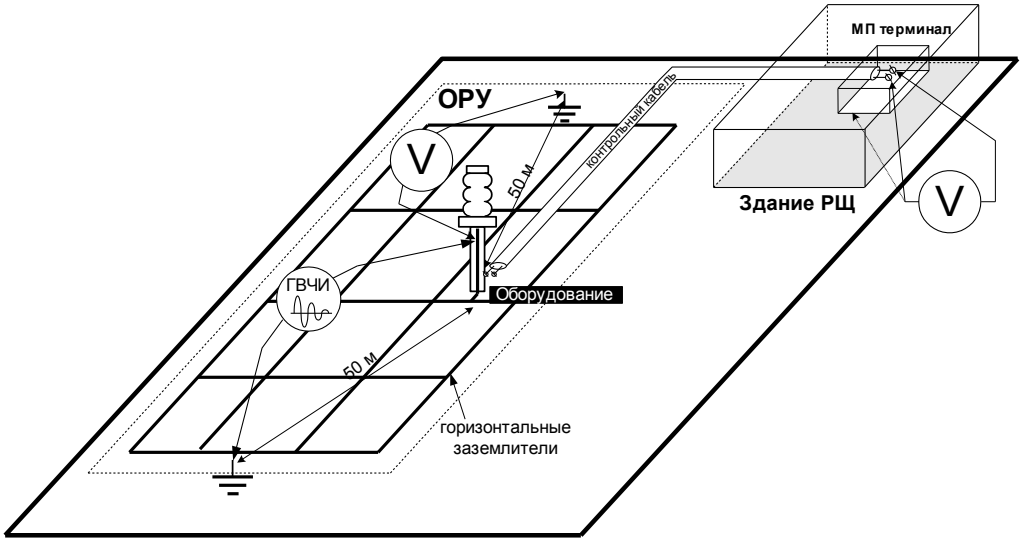


Рис.11 Схема измерений при имитации ВЧ тока короткого замыкания

Генератор высокочастотных импульсов (ГВЧИ) подключают одним выходом к заземляющему проводнику оборудования на РУ, к которому приходят кабели от вторичного оборудования, а второй выход генератора заземляют на расстоянии не менее 50 м от данного оборудования. Необходимое расстояние между оборудованием и электродом определяют по таблице 4.

Таблица 4 – Зависимость расстояния до удаленного электрода от удельного сопротивления грунта

Удельное сопротивление грунта ρ, Ом*м	Необходимое расстояние до удаленного электрода, м
≤1000	50
1000-2000	60
2000-5000	70
5000-10000	80
10000-15000	90

В заземляющий проводник оборудования подают от ГВЧИ колебательный затухающий импульс с амплитудой более 2А , декрементом затухания 3-5, с различной частотой колебаний (не менее трех значений частоты колебаний). На реальных объектах частота колебаний импульсных помех может изменяться от десятков килогерц до десятков мегагерц. Измерения при трех различных частотах позволяют установить зависимость импульсного сопротивления и уровня импульсных помех от частоты. При пересчете к реально-

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

му току используют полученную зависимость для определения импульсного сопротивления на частоте, которая наиболее близка к основной частоте ВЧ составляющей тока КЗ.

На входах вторичного оборудования импульсным вольтметром или осциллографом измеряют фоновые значения помех при выключенном генераторе. Включают генератор и при фиксированных амплитуде и частоте колебаний импульса тока проводят измерения синфазных (провод-земля) и противофазных помех (провод-провод) на клеммах в месте подключения кабелей к вторичному оборудованию импульсным вольтметром или осциллографом.

Одновременно с измерением помех в цепях вторичной коммутации проводят измерение потенциала на заземлении оборудования и определяют импульсное сопротивление ($Z_{имп.\ обор}$) растеканию тока с ЗУ оборудования, как отношение максимальных значений напряжения и тока. Измерение потенциала на заземлении оборудования измеряют с помощью импульсного вольтметра относительно земли на расстоянии не менее 50м (см. табл.4) в противоположном направлении от места заземления генератора.

Допускается из группы однотипного оборудования, например, выключателей, выбрать не менее двух и провести измерение импульсных помех в цепях вторичной коммутации только этих элементов оборудования.

Затем рассчитывают коэффициент передачи:

$К_{ПЕРЕД}=U_{заз.обор}/U_{пом,имит}=I_{имит}*Z_{имп.обор}/U_{пом,имит}$,

показывающий, как уменьшается амплитуда импульса напряжения при прохождении по кабелю от оборудования до вторичного оборудования. Здесь $U_{заз.обор}= I_{имит}*Z_{имп.обор}$ – потенциал на заземлении оборудования, $I_{имит}$ – ток от генератора при имитационных измерениях, $U_{пом,\ имит}$ – помеха во вторичных цепях.

Определение $К_{ПЕРЕД}$ проводят для наиболее близкого и наиболее удаленного оборудования. В промежуточных случаях $К_{ПЕРЕД}$ определяют линейной интерполяцией. Для РУ, где число ячеек превышает 10, необходимо выполнить измерения и на одном-двух промежуточных элементах оборудования. Для трансформаторов напряжения, вторичные цепи которых заземляются на РУ измерения необходимо проводить во всех случаях.

Для каждого оборудования, к которому подходят контрольные кабели, измеряют $Z_{имп.обор}$.

Результаты измерений помех во вторичных цепях пересчитывают к наибольшему возможному значению ВЧ составляющей тока КЗ ($I_{ВЧ}$). Реальный ток КЗ определяют расчетом или для приближенной оценки берут из таблицы 5.

Таблица 5 - Максимальные значения высокочастотной составляющей тока КЗ

$U_н$, кВ	110	220	330	500	750
$I_{ВЧ}$, кА	1,2	2,5	4	6	11

Здесь Uн – номинальное напряжение РУ;

$I_{ВЧ}$ – высокочастотная составляющая тока КЗ.

Напряжение помехи при КЗ определяют, как:

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

$$U_{пом,\ КЗ} = I_{ВЧ} * Z_{имп.обор} / K_{ПЕРЕД}.$$

Полученное значение сравнивают с допустимым для аппаратуры значением (см. ГОСТ Р51317.6.5-2006).

Результаты измерения импульсного сопротивления используют для определения возможности обратного перекрытия с заземления оборудования на вторичные цепи. Перекрытие наиболее вероятно через клеммник на оборудовании, к которому присоединены вторичные цепи. Пробивное напряжение изоляции типовых клеммников при импульсных напряжениях (частота колебаний выше 100кГц) составляет не менее 10кВ. Таким образом, необходимое условие отсутствия обратного перекрытия есть $U_{заз.обор}$ <10кВ.

8.10.2 Импульсные помехи при ударах молнии, связанные с подъемом потенциала заземлителя

Для определения возможного обратного перекрытия изоляции кабелей вторичных цепей проводят измерения распределения потенциалов по земле при имитации удара молнии в молниеприемник с помощью генератора импульсных токов.

На РУ генератор импульсов тока подключают между ЗУ молниеприемника и заземленным электродом на расстоянии не менее 50 м от молниеприемника. Измеряют потенциалы на земле вблизи кабельных каналов и лотков относительно точки, удаленной на расстояние не менее 50 м в направлении противоположном от точки заземления генератора. При имитации удара молнии в здания и сооружения генератор импульсов тока подключают к молниеприемнику (стержень или сетка) наверху здания и к электроду в земле на расстоянии не менее 20 м от здания.

Осуществляют имитацию удара молнии в молниеприемник, и измеряют потенциалы в здании относительно точки, удаленной от здания на расстояние не менее 20м в направлении, противоположном от точки заземления генератора.

Измерения проводят не менее чем при двух различных импульсах тока с временем фронта импульсов тока, отличающихся более чем в 3 раза в диапазоне от 0,25мкс до 10мкс.

Полученные результаты измерений пересчитывают к току молнии в соответствии с СО 34.21.122-2003. Коэффициент пересчета принимают пропорциональным отношению тока молнии к току от генератора при условии, что время фронта и длительность импульса при имитации отличались от нормируемых параметров импульса тока молнии не более, чем на 10%. Если время фронта и длительность импульса при имитации отличались от нормируемых параметров импульса тока молнии более, чем на 10%, производят экстраполяцию результатов измерений при различных импульсах тока к нормируемым значениям времени фронта импульса.

Расчеты распределения импульсных потенциалов проводят при помощи компьютерной программы. Результаты расчета, проведенного для условий имитации, сравнивают с результатами измерений. При расхождении результатов расчетов и измерений более, чем на 20% рекомендуется повторить измерения при других направлениях разноса электродов и уточнить расчет-

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

ную схему и исходные данные для расчета (например, удельное сопротивление грунта).

8.11 Определение коррозионного состояния заземляющих проводников и заземлителей

Коррозионное состояние заземляющих проводников и заземлителей определяют путем выборочного вскрытия и осмотра заземлителей и заземляющих проводников, находящихся под землёй.

Выборочное вскрытие должно проводиться, как правило:

- у мест заземления нейтралей трансформаторов, реакторов, разрядников, ОПН, короткозамыкателей;
- в местах расположения горизонтальных искусственных заземлителей, обеспечивающих металлосвязи между заземляющими устройствами ОРУ разных классов напряжения;
- в местах подсоединения заземляющих проводников, выходящих из зданий, к внешнему заземляющему устройству;
- у оборудования, находящегося на периферии открытой части электроустановки (равномерно по внешнему контуру электроустановки).

Особое внимание следует уделять осмотру заземляющих проводников под поверхностью грунта у места их входа в грунт.

Общее число мест проверки должно быть не менее 10, а для открытых электроустановок большой площади может быть увеличено до $0{,}1\sqrt{S}$, где S-площадь электроустановки в $м^2$.

На основе результатов вскрытия определяют существующие на момент проверки минимальные размеры поперечного сечения заземляющих проводников и заземлителей, и выполняют их проверку на термическую устойчивость (см. п. 8.8). Элемент ЗУ должен быть заменен или усилен, если коррозионное разрушение нарушает его термическую устойчивость.

Если сечение удовлетворяет условию термической устойчивости, то по определенному снижению поперечного сечения заземляющих проводников и заземлителей и сроку эксплуатации ЗУ делают оценку срока снижения сечения до предела термической устойчивости.

Срок следующей проверки назначают на год, предшествующий году снижения сечения до предела термической устойчивости, но не позднее, чем через 12 лет после текущей проверки.

При повышенном коррозионном износе заземляющих проводников и заземлителей для определения дальнейшего срока эксплуатации ЗУ необходимо выполнить измерения и расчеты коррозионных характеристик грунта, а также определение наличия блуждающих постоянных токов.

8.11.1 Определение коррозионных характеристик грунта и расчётная оценка возможного снижения сечения в результате коррозии.

Настоящий раздел относится к заземляющим устройствам, выполненным из стальных заземлителей и стальных заземляющих проводников[2].

---

[2] При иных материалах (медь, лужёная медь и др.) следует проверять коррозию расположенных на тер-

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Коррозионные характеристики грунта определяют путём измерения окислительно-восстановительного потенциала стали в грунте $\varphi_{ов}$ и эквивалентного удельного сопротивления верхнего слоя грунта $\rho_{корр}$. По полученным данным выполняют расчётную оценку возможного снижения сечения в результате коррозии.

Измерение электродного окислительно-восстановительного потенциала стали проводят по схеме, показанной на рис.12.

На схеме показаны: ЭС - медносульфатный электрод сравнения; ЗП – заземляющий проводник в месте измерений; мВ - милливольтметр постоянного напряжения с большим входным сопротивлением (не менее 10 МОм).

Электрод сравнения устанавливают в предварительно очищенный (от травы, щебня и т.п.) и увлажненный грунт на расстоянии 0,5—1 м от пробного электрода. Между ними измеряют разность потенциалов $\varphi_{ов}$, составляющую обычно 200—650 мВ. Если измеренное значение $\varphi_{ов}$ выходит за эти пределы более чем на 100 мВ, или имеет обратный знак, то это означает, что на процессы грунтовой коррозии наложена электрокоррозия блуждающими токами (см. п. 8.12.4).

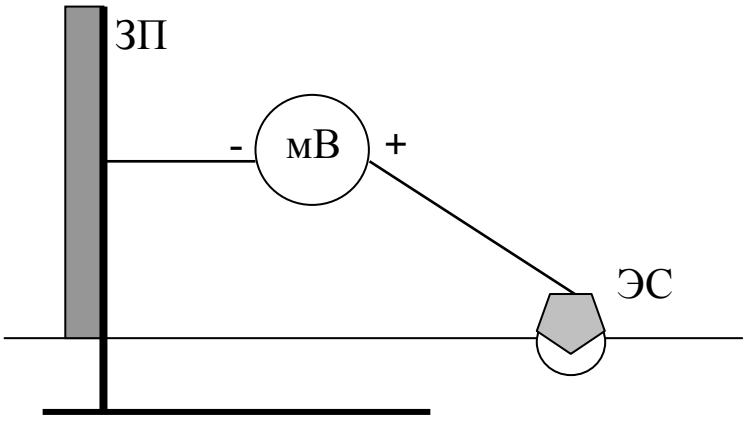


Рис.12 Схема измерения окислительно-восстановительного потенциала стали в грунте

Измерение эквивалентного удельного сопротивления грунта проводят методом пробного электрода. В качестве пробного электрода используют стальной электрод диаметром 10 мм, погружённый в грунт на глубину 0,5 м. Пробный электрод погружается в таком месте, чтобы не образовалось случайного контакта с заземлителем.

Измеряют сопротивление пробного электрода $R_{пэ}$ как сопротивление между пробным электродом и заземляющим устройством. Эквивалентное удельное сопротивление грунта рассчитывают по выражению:

$$\rho_{экв} = 0{,}6\ R_{пэ}$$

ритории электроустановки стальных трубопроводов, алюминиевых оболочек кабелей, арматуры ж/б фундаментов и пр. На эти работы настоящий стандарт не распространяется.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Расчётная оценка возможного снижения сечения в результате коррозии. По измеренному электродному потенциалу и удельному электрическому сопротивлению грунта определяют номер зоны коррозионной опасности $З_к$:

$$З_к = 6{,}167 - 0{,}833 \cdot \ln\left(\frac{|\varphi_{ов}| - 125}{\rho_{экв}}\right)$$

Значения $З_к$, равные 0; 1; 2, соответствуют большой опасности коррозии; значения $З_к$, равные 3 и 4, — средней степени опасности; равные 5 и более — слабой степени опасности. Динамика изменения глубины коррозии во времени для различных коррозионных зон показана на рис. 13.

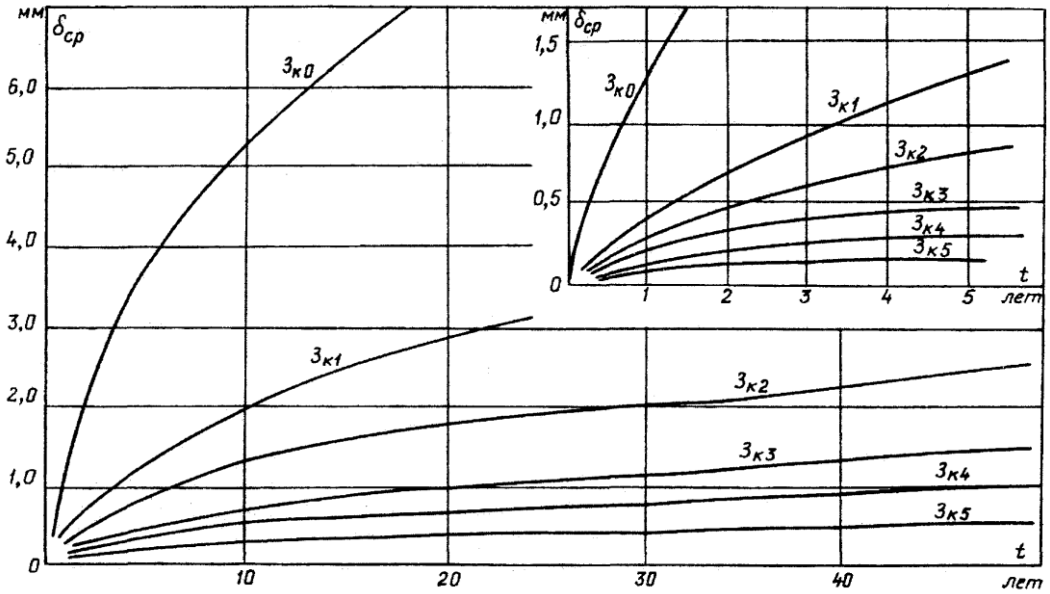


Рис.13 Зависимость глубины коррозии стальных заземлителей ($\delta_{ср}$) от времени для различных коррозионных зон

По кривым рис.13, зная срок с момента сооружения подстанции, можно сделать прогноз коррозионного уменьшения сечения заземлителей. Расчётное значение коррозии проверяют вскрытием заземлителя в точках измерения. В первую очередь вскрытие производится в тех точках, где по результатам измерений вычислен наименьший номер коррозионной зоны $З_к$.

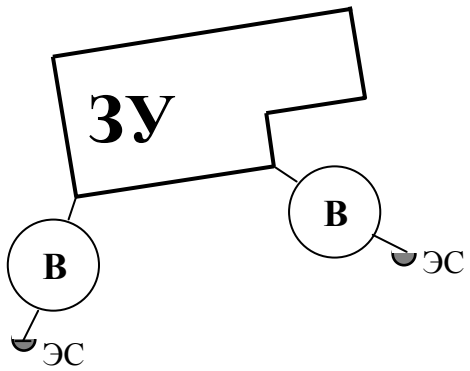
Количественную оценку степени коррозионного износа производят путем измерения характерных размеров, зависящих от вида коррозии. Эти размеры определяют после удаления с поверхности элемента продуктов коррозии. При сплошной поверхностной коррозии характерными размерами являются линейные размеры поперечного сечения проводника (диаметр, толщина, ширина), измеряемые штангенциркулем. При местной язвенной коррозии измеряется глубина отдельных язв (например, с помощью штангенциркуля), а также площадь язв на контролируемом участке. Глубину коррозии определяют сравнением измеренных поперечных размеров элемента с проектными значениями.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Измеренная глубина коррозии должна быть, как правило, меньше расчётной. Если среднее значение глубины коррозии превышает расчётное, следует провести определение наличия блуждающих постоянных токов.

8.11.2 Определение наличия блуждающих постоянных токов.

Предварительное определение наличия блуждающих постоянных токов производят при измерении окислительно-восстановительного потенциала (см. п. 8.11.1). При отличии измеренных значений $\varphi_{ов}$ от характерных проводятся дополнительные измерения на периферии ЗУ по схеме, показанной на рис.14.



Электрифицированная железная дорога – источник блуждающих токов

Рис. 14 Определение наличия блуждающих токов на ЗУ

Измерения по рис.14 проводят при помощи вольтметра постоянного тока с большим входным сопротивлением и медносульфатного электрода сравнения ЭС. Медносульфатный электрод устанавливается на расстоянии 3-5 м от края ЗУ, вольтметр подключается к ЗУ и ЭС. Подключение клемм вольтметра остаётся постоянным в процессе измерений. Измерения проводят в разных точках периферии ЗУ. Признаком наличия блуждающего постоянного тока является изменение знака потенциала ЗУ при изменении точки измерения, или в момент прохождения электровоза.

При наличии блуждающих токов в проект реконструкции ЗУ должны быть включены меры и средства защиты.

9 Требования к оформлению результатов контроля состояния заземляющих устройств

По результатам проведенного контроля состояния ЗУ составляют Технический отчет, в котором должны быть представлены:

- характеристика объекта;
- результаты измерений и расчетов;
- анализ результатов проверки состояния ЗУ;
- заключение о соответствии ЗУ требованиям электробезопасности и ЭМС.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

В Заключении рекомендуется указать на соответствие/не соответствии ЗУ требованиям нормативных документов: ПУЭ, ПТЭ, ПТЭЭП, ГОСТ 12.1.038-82, ГОСТ Р 50571.10-96, ГОСТ Р 50571.21-2000, ГОСТ 50571.18-2000, СО 34.21.122-2003, РД 34.21.122-87.

К отчету должны прилагаться Протоколы измерений и расчетов (см. Приложение Б) и исполнительная схема ЗУ.

Должен быть составлен Паспорт на ЗУ, в котором рекомендуется отразить следующее:

- исполнительная схема ЗУ, выполненная в масштабе с указанием магистралей искусственного заземлителя, заземляемого оборудования, мест присоединения заземляющих проводников к ЗУ (на исполнительной схеме должны быть показаны все подземные и наземные связи ЗУ);
- дата ввода ЗУ в эксплуатацию (дата реконструкции или ремонта ЗУ);
- основные параметры заземлителя (материал, профиль, сечение проводников);
- данные по сопротивлению ЗУ;
- удельное сопротивление грунта;
- данные по напряжению прикосновения;
- данные по сопротивлению связи оборудования с ЗУ;
- степень коррозии искусственных заземлителей;
- сведения по электромагнитной совместимости;
- ведомость дефектов, обнаруженных в ходе текущих проверок;
- сведения по устранению замечаний и дефектов ЗУ;
- заключение о пригодности ЗУ к эксплуатации.

В Приложении А приведен образец Паспорта на ЗУ энергообъекта.

10 Разработка мероприятий по устранению выявленных дефектов заземляющего устройства

Дефекты заземляющего устройства, выявленные при обследовании состояния ЗУ, должны быть своевременно устранены.

В техническом отчете должны быть разработаны рекомендации по устранению грубых дефектов, влияющих на безопасность персонала, и приводящих к тяжелым последствиям при возникновении КЗ на землю в электроустановке: незаземленное оборудование, высокое значение металлосвязи оборудования с ЗУ, между РУ различного напряжения, ЗУ зданий ОПУ (РЩ) с внешним заземлителем.

Если по результатам обследования ЗУ установлено, что для обеспечения нормированных параметров ЗУ (см. п.6 табл.1) необходимо выполнить работы по изменению конфигурации заземлителя, должен быть разработан рабочий проект реконструкции ЗУ. В проекте должна быть представлена сметная документация на проведение работ по реконструкции ЗУ.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

11. Меры безопасности при проведении работ по контролю состояния заземляющего устройства

Работы должны выполняться в соответствии с действующей нормативно-технической документацией, а именно:

- Межотраслевыми правилами по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок ПОТ РМ-016-2001 РД 153-34.0-03.150-00;
- Правилами устройства электроустановок;
- Правилами технической эксплуатации электрических станций и сетей Российской федерации;
- Правилами пожарной безопасности для энергетических предприятий РД 153-34.0-03.301-00 (ВППБ 01-02-95*).

Организация, которая выполняет работы по контролю состояния ЗУ, должна иметь: право на проведение таких работ; квалифицированный персонал, способный выполнить требуемый объем работ, имеющий квалификационную группу по ТБ, средства защиты, комплект оборудования и компьютерных программ, необходимых для производства работ в полном объеме.

Работы по измерениям электрических характеристик ЗУ должны выполняться по нарядам или распоряжениям.

При измерениях на действующих РУ с использованием вынесенных токовых и потенциальных электродов должны приниматься меры по защите от воздействия полного напряжения на заземлителе при стекании с него тока однофазного КЗ на землю.

При сборке измерительных схем следует сначала присоединять провод к вспомогательному электроду (токовому, потенциальному) и лишь затем к соответствующему измерительному прибору.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Приложение А

Паспорт заземляющего устройства подстанции

_____

(наименование организации: ОАО «ФСК ЕЭС», МЭС, ПМС)

"УТВЕРЖДАЮ"
Главный инженер _____ (наименование организации)
_____ Ф.И.О. (подпись)
«___» _____ 20___г.

ПАСПОРТ

заземляющего устройства подстанции № _____

(№ и название подстанции)

РАЗРАБОТАН	СОГЛАСОВАНО
_____ (наименование организации)	Начальник службы подстанций _____ Ф.И.О. (подпись)
Руководитель организации	Начальник службы РЗиА
_____ Ф.И.О. (подпись)	_____ Ф.И.О. (подпись)
«___» _____ 20___г.	«___» _____ 20___г.

20___г.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Дата ввода в эксплуатацию ЗУ подстанции № _____	_____ (год)
Дата капитального ремонта (реконструкции)	_____ (месяц, год)
Материал заземлителей и заземляющих проводников	_____ (сталь, медь)
Профиль заземлителей и заземляющих проводников	_____ (полоса, стержень)
Сечение заземляющих проводников	_____ ($мм^2$)
Сечение заземлителей	_____ ($мм^2$)
Глубина залегания заземлителей	_____ (м)
Исполнительные схемы заземляющего устройства: _____ (название чертежей) _____ (название чертежей) _____ (название чертежей)	

Электробезопасность:

Заземляющее устройство ПС № ……. «……..» соответствует требованиям электробезопасности. .

Электромагнитная совместимость:

Заземляющее устройство ПС №….. «……..» соответствует требованиям электромагнитной совместимости. .

Решение о пригодности заземляющего устройства подстанции к эксплуатации:

Заземляющее устройство ПС №…… «……..» пригодно к эксплуатации.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Приложение 1
к Паспорту заземляющего устройства
подстанции №… «……»

ВЕДОМОСТЬ ДЕФЕКТОВ

№	Дата проверки	Оборудование или группа оборудования	Обнаруженные недостатки	Устранение замечаний		
				Организация исполнитель	Отметка	Дата
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*	*7*
Пример заполнения						
1	Октябрь 2004г.	Разъединитель ЛР ВЛ-1	Не заземлен		Заземлен	15.11.2004г.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Результаты проверки заземляющего устройства подстанции №…. «……»

№	Наименование объекта	Дата проверки	Сопротивление ЗУ (Ом)	Напряжение на ЗУ, кВ	Степень коррозии заземлителя не более %	Пригодность ЗУ к эксплуатации	Дата следующей проверки	Примечания
Пример заполнения								
1	ОРУ-110/35 кВ	2004 г. ноябрь	0,28± 0,03	4,4	20	Пригодно	2016г.	-

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Результаты проверки металлосвязи оборудования с заземлителем подстанции №….. «……)

№	Оборудование	Дата проверки	Наличие металлосвязи оборудования с ЗУ	Сопротивление металлосвязи между оборудованием с заземлителем (Ом)	Степень коррозии не более %	Пригодность заземлителя оборудования к эксплуатации	Дата следующей проверки	Примечания
Пример заполнения								
1	Все оборудование подстанции	2004 г. ноябрь	есть	0,04 ± 0,01	20	пригодно	2016г.	

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Результаты контрольных измерений напряжения прикосновения на ПС №….. «……»

№	Наименование объекта	Дата проверки	Расчетный ток КЗ., кА	Время срабатывания защиты, сек.	Наибольшее значение напряжения прикосновения, В	Соответствие нормативным документам	Дата следующей проверки
Пример заполнения							
1	ОРУ-110 кВ	2004 г. ноябрь	11,062	0,1	до 500В – все оборудование	соответствует	2016г.
2	ОРУ-110 кВ	2004 г. ноябрь	11,062	>1,0	до 65В - разъединители	соответствует	2016г.
3	ОРУ-35 кВ	2004 г. ноябрь	3,161	0,1	до 500В – все оборудование	соответствует	2016г.
4	ОРУ-35 кВ	2004 г. ноябрь	3,161	>1,0	до 65В - разъединители	соответствует	2016г.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Результаты проверки электромагнитной обстановки на ПС …. «……)

Дата проверки	Напряжение на ЗУ при КЗ на ОРУ, кВ	Разность потенциалов между точкой КЗ и РЩ, кВ	Наибольший ток в экране кабеля, А	Уровни импульсных помех в цепях РЗА (общ./диф.), кВ				Потенциал на шине вблизи кабельного канала при ударе молнии, кВ	Соответствие нормативным документам	Дата следующей проверки
				ТН	ТТ	Упр.	Сигн.			
Пример заполнения										
ноябрь 2004 г.	4,4	0,5	200	0,1 / 0,1	0,3 / 0,1	0,2 / 0,1	0,2 / 0	менее 150 кВ	соответствует	2016г.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Сведения об изменениях после ремонта или реконструкции

Перечень изменений	Вид работ (замена оборудования, ремонт, реконструкция)	Время проведения работ	Организация исполнитель	Отметка о внесении изменений в исполнительную схему ЗУ
1	2	3	4	5

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Приложение Б
Образцы протоколов

Исполнитель_____ Заказчик:_____
(наименование организации, предприятия) (наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории_____ Объект:_____
действительно до_____

1.	Температура воздуха вне помещения	° С	Влажность воздуха	%	Атмосферное давление	мм. рт. ст.
2.	Измерения проведены приборами		Заводской номер		Дата очередной поверки	

Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой	-	
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное	-	
Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В	-	
Режим нейтрали	-	
Ток замыкания на землю		А
Удельное сопротивление грунта	- ρ верхнего слоя – _____ Ом·м, ρ нижнего слоя – ____ Ом·м, толщина верхнего слоя –_____м.	

ПРОТОКОЛ № __ от «» _____20__ г.

Наличие и качество металлосвязей оборудования с заземляющим устройством

№	Оборудование	Наличие металлосвязи оборудования с заземлителем					Сопротивление металосвязи, Ом	Степень коррозии заземляющих проводников, %	Пригодность к эксплуатации	Дата следующей проверки
		Кол-во заземляющих проводников		Растекание тока КЗ по элементам заземляющего устройства , %						
				Заземлитель	Кабели	Металлоконстр.				
1	*2*	*3*		*4*	*5*	*6*	*7*	*8*	*9*	*10*

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Измерения провели:

_____

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_____

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____

(должность) (подпись) (Ф.И.О.) МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель_____ **Заказчик:**_____
(наименование организации, предприятия) (наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории **Объект:**_____
действительно до _____

1.	Температура воздуха вне помещения	° С	Влажность воздуха	%	Атмосферное давление	мм. рт. ст.
2.	Измерения проведены приборами		заводской номер		дата очередной поверки	
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой				-		
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное				-		

ПРОТОКОЛ № __ от «___» _____20___ г.

Удельное сопротивление грунта

№	Место измерений	Глубина слоя, м	Удельное сопротивление грунта, Ом·м	Примечания
1.				
2.				
3.				

Эквивалентные значения удельного сопротивления грунта ρ, приведенные к двухслойной модели составили: ρ верхнего слоя – ___ Ом·м, ρ нижнего слоя – ___ Ом·м, толщина верхнего слоя – ____ м.

Эквивалентные значения удельного сопротивления грунта ρ, приведенные к двухслойной модели с учетом наибольшего промерзания (высыхания) составили:

ρ верхнего слоя – ___Ом·м, ρ нижнего слоя – ___ Ом·м, толщина верхнего слоя – ___ м.

Измерения провели:

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____
(должность)

(должность) (подпись) (Ф.И.О.) МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель_____
(наименование организации, предприятия)

Заказчик:_____
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории_____

Объект:_____

действительно до_____

1.	Температура воздуха вне помещения	° С	Влажность воздуха	%	Атмосферное давление	мм. рт. ст.
2. 3.	Измерения проведены приборами		Заводской номер		Дата очередной поверки	
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой			-			
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное			-			
Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В			-			
Режим нейтрали			-			
Ток замыкания на землю				А		
Удельное сопротивление грунта			- ρ верхнего слоя – Ом·м, ρ нижнего слоя – Ом·м, толщина верхнего слоя – м.			

ПРОТОКОЛ № __ от «___» _____200_ г.

Сопротивление заземляющего устройства

№	Наименование объекта	Сопротивление ЗУ, Ом	Сопротивление ЗУ без отходящих коммуникаций, Ом	Пригодность к эксплуатации	Дата следующей проверки	Примечания
1						

Испытания провели:

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.) МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель_____ **Заказчик:**_____
(наименование организации, предприятия) (наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории действительно до _____ **Объект:**_____

1	Температура воздуха вне помещения	° С	Влажность воздуха	%	Атмосферное давление	мм. рт. ст.
2	Измерения проведены приборами		заводской номер		дата очередной поверки	
Характер грунта: влажный, сухой				-		
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное				-		
Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше, ниже 1000 В				-		
Режим нейтрали				-		
Ток замыкания на землю					А	
Время срабатывания защит				основная – 0,1 сек; резервная – более 1 сек.		
Удельное сопротивление грунта				- ρ верхнего слоя – Ом·м, ρ нижнего слоя – Ом·м, толщина верхнего слоя – м.		

ПРОТОКОЛ № 4 от «__» _____ 200_ г.

Результаты измерений напряжений прикосновения в контрольных точках

№	Оборудование и присоединение		Нормативное значение, В	Измеренное значение, В	Заключение
1	*2*	*3*	*4*	*5*	*6*
1.					
2.					

Измерения провели:

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.) МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель_____
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории__

действительно до_____

Заказчик:_____
(наименование организации, предприятия)

Объект:_____

Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В	-	
Режим нейтрали	-	
Ток замыкания на землю		А
Удельное сопротивление грунта	- ρ верхнего слоя – Ом·м, ρ нижнего слоя – Ом·м, толщина верхнего слоя – м. С учетом промерзания грунта в зимний период	

ПРОТОКОЛ № __«__» _____ 200_ г.
Результаты расчетов напряжения на заземляющем устройстве

№	Наименование объекта	Сопротивление растеканию тока, Ом	Напряжение на заземляющем устройстве, кВ	Параметры грунта	Соответствие нормативным документам	Примечания
1				ρ верхнего слоя – Ом·м, ρ нижнего слоя – Ом·м, толщина верхнего слоя – м.		

Расчеты провел:

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель:_____
(наименование организации, предприятия)

Заказчик:_____
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории

Объект:_____

действительно до _____

Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше, ниже 1000 В	-	
Режим нейтрали	-	
Ток замыкания на землю		А
Удельное сопротивление грунта	- ρ верхнего слоя – Ом·м, ρ нижнего слоя – Ом·м, толщина верхнего слоя – м. С учетом промерзания грунта в зимний период	

ПРОТОКОЛ № __«__» _____ 200_ г.

Результаты расчета напряжений прикосновения

№	Наименование объекта	Время срабатывания защиты, с	Наибольшее значение напряжения прикосновения, В	Соответствие нормативным документам
1	ОРУ (на всем оборудовании)	0,1	до	
2	ОРУ (на рабочих местах)	> 1,0	до	

Расчеты провел:

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель _____
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: _____
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории

действительно до _____

Объект:_____

Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В	-	
Режим нейтрали	-	
Ток замыкания на землю		А

ПРОТОКОЛ № __ от «__» _____20__ г.

Результаты расчета термического нагрева заземляющих проводников

№	Наименование объекта	Время срабатывания защиты, с	Минимальное сечение заземляющих проводников на объекте, мм^2		Допустимое сечение заземляющих проводников, мм^2		Соответствие нормативным документам
			Заземляющие проводники, подсоединенные к силовому оборудованию	Проводники горизонтального заземлителя	Заземляющие проводники, подсоединенные к силовому оборудованию	Проводники горизонтального заземлителя с учетом растекания в две стороны	
1							

Расчеты провел:

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель: _____ **Заказчик:**_____

(наименование организации, предприятия) (наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории **Объект:**_____

действительно до_____

1	Температура воздуха вне помещения	° С	Влажность воздуха	%	Атмосферное давление	мм. рт. ст.
2	Измерения проведены приборами		заводской номер		дата очередной поверки	

Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой	-
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное	-
Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В	-
Режим нейтрали	-
Ток замыкания на землю	А
Время срабатывания защит	0,1 сек
Удельное сопротивление грунта	- ρ верхнего слоя – Ом·м, ρ нижнего слоя – Ом·м, толщина верхнего слоя – м.
Рассматриваемый тип контрольного кабеля, сечение экрана	КВВГэ, ~ 1 мм^2

ПРОТОКОЛ № __ от «__» _____20__ г.

Токи и напряжения промышленной частоты, воздействующие на вторичное оборудование при КЗ

Трасса	Место приложения воздействия	Напряжение на кабеле, кВ		Токи по экранам кабелей, А		Соответствие нормативным документам
		допустимое	измеренное	допустимое	измеренное	

Измерения провели:

_____ ___ _____

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_____ ___ _____

(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____ _____

(должность) (подпись) (Ф.И.О.) МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель _____
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: _____
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории действительно до _____

Объект:_____

1.	Температура воздуха вне помещения	° С	Влажность воздуха	%	Атмосферное давление	мм. рт. ст.
2.	Измерения проведены приборами		заводской номер		дата очередной поверки	

Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой	-
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное	-
Заземляющее устройство применяется для электроустановок напряжением выше 1000 В	-
Режим нейтрали	-
Ток замыкания на землю	А
Удельное сопротивление грунта	- ρ верхнего слоя – Ом·м, ρ нижнего слоя – Ом·м, толщина верхнего слоя – м.

ПРОТОКОЛ № __ от «___» _____20__ г.

Импульсные помехи, вызванные подъемом потенциала на заземляющем устройстве

Вид цепей	Оборудование	Измеренное значение напряжения (порт подключения кабеля), мВ	Частота колебаний импульса тока, МГц	Ток генератора, А	Пересчет к реальным воздействиям		Соответствие 3 степени жесткости по ГОСТ Р 51317.4.12-99
					ВЧ составляющая тока КЗ, кА	Напряжение на устройстве (порт подключения кабеля), кВ	
Помеха синфазная							
Помеха противофазная							

Измерения провели:

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

М.П.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель _____
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: _____
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории действительно до _____

Объект:_____

1.	Температура воздуха вне помещения	° С	Влажность воздуха	%	Атмосферное давление	мм. рт. ст.
2. 3.	Измерения проведены приборами типа		Заводской номер		Дата очередной поверки	
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой			-			
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное			-			
Удельное сопротивление грунта			- ρ верхнего слоя – Ом·м, ρ нижнего слоя – Ом·м, толщина верхнего слоя – м.			

ПРОТОКОЛ № __ от «__» _____ 20__ г.

Импульсное напряжение, воздействующее на контрольные кабели и оборудование при ударах молнии

№ молниеприемника	Ток молнии, кА	Длительность фронта, мкс	Наибольший потенциал на заземлителе вблизи кабельного канала, кВ	Импульсное сопротивление, Ом	Допустимый уровень, кВ	Заключение	Примечание
Молниеотводы, стоящие рядом с кабельными каналами							
Молниеотводы, расположенные от кабельных каналов на расстоянии больше 3м.							

Измерения провели:

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Исполнитель _____
(наименование организации, предприятия)

Заказчик: _____
(наименование организации, предприятия)

Свидетельство о регистрации электролаборатории действительно до _____

Объект:_____

1.	Температура воздуха вне помещения	° С	Влажность воздуха	%	Атмосферное давление	мм. рт. ст.
2. 3.	Измерения проведены приборами типа		Заводской номер		Дата очередной поверки	
Характер грунта: влажный, средней влажности, сухой			-			
Количество осадков, предшествующее моменту измерения: большое, небольшое, незначительное			-			
Удельное сопротивление грунта			- ρ верхнего слоя – Ом·м, ρ нижнего слоя – Ом·м, толщина верхнего слоя – м.			

ПРОТОКОЛ № __ от «» _____20__ г.
Обследование коррозионного состояния заземляющего устройства

Номер точки на схеме ЗУ	Сопротивление пробного электрода, Ом	Электрохимический потенциал, ±мВ	Расчётное сопротивление грунта, Ом·м	Расчётный номер коррозионной зоны	Прогнозируемая глубина коррозии, мм	Размеры сечения проводника	Измеренная глубина коррозии, мм	№ фотографии коррозионного разрушения (прилагаются к протоколу)

Измерения провели:

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Утверждаю:

_____ _____ _____
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

МП

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Приложение В

Требования к техническим средствам

Для проведения работ по контролю состояния ЗУ необходимо иметь комплект технических средств, позволяющий выполнить в полном объеме все измерения, предусмотренные в разделе 8 настоящего стандарта.

Общие требования.

Технические средства должны:

- быть безопасны для персонала;
- не вызывать нарушений в работе действующей электроустановки;
- надежно выполнять свои функции в условиях жесткой электромагнитной обстановки;
- иметь паспорт и руководство по эксплуатации по установленной форме.

Все измерительные приборы должны быть сертифицированы и включены в Госреестр, как средства измерений, и проходить метрологическую поверку.

Технические средства должны применяться в соответствии с их назначением, с учетом технических характеристик, погрешностей измерений и условий применения, указанных в технической документации.

Приборы для определения потенциалов нормального режима.

Вольтметр переменного тока.

Входное сопротивление прибора – не менее 1 МОм.

Разрешение прибора 0,001 В в диапазоне до ±10 В. Наибольшее измеряемое напряжение – не менее 100 В.

Приборы для измерения сопротивлений металлосвязей и заземляющего устройства, и для измерений напряжения прикосновения.

Разрешение прибора 0,01 Ом в диапазоне до 10 Ом. Наибольшее измеряемое сопротивление – не менее 1000 Ом.

Прибор должен иметь отдельные токовые и потенциальные цепи (измерение по методу «амперметра-вольтметра». Предпочтение следует отдавать раздельно выполненным генератору с амперметром и вольтметром.

Частота измерительного тока должна лежать в пределах 50±10 Гц. В иных случаях должны даваться поправочные коэффициенты к результатам измерений (или автоматическое приведение результатов к промышленной частоте).

Коэффициент селективности по отношению к частоте 50Гц не менее 100.

Выдерживаемые (без выхода из строя) внешние напряжения:

в потенциальной цепи - 380 В, частотой 50 ГЦ, в течение 1 минуты;

в токовой цепи – 30В, в течение 1 минуты.

Напряжения помех в токовой и потенциальной цепях, при которых погрешность измерения не превышает паспортную:

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

- в диапазоне измерений до 10 Ом – 10 В переменного (50 Гц) и постоянного напряжения;

- в диапазоне измерений выше 10 Ом – 50 В переменного (50 Гц) и постоянного напряжения.

Трассопоисковые приборы для определения исполнительной схемы ЗУ.

Определение трассы заземлителя и глубины прокладки не менее 2м с погрешностью не более 10%.

Коэффициент селективности не менее 100.

Чувствительность не менее 20мА/м.

Приборы для измерения удельного электрического сопротивления грунта.

Измерение удельного сопротивления грунта методом ВЭЗ.

Диапазон измеряемых значений от 1 Ом*м до 40кОм*м

Глубина зондирования не менее 100 м.

Погрешность измерений не более 10%.

Приборы для определения распределения потенциалов и токов промышленной частоты по элементам заземляющего устройства при установившихся токах КЗ.

Генератор переменного тока частотой 50±10 Гц от 0 до не менее 5А для имитации КЗ.

Селективный амперметр на диапазон измеряемых значений от 1мА до 5А с погрешностью не более 5%.

Селективный вольтметр на диапазон измеряемых значений от 1мВ до 40 В.

Коэффициент селективности не менее 100.

Приборы для определения распределения импульсных напряжений.

1. Генератор импульсов тока для имитации высокочастотной составляющей тока КЗ.

Форма выходного импульса напряжения генератора - затухающая синусоида.

Частота выходного импульса напряжения генератора в режиме холостого хода, МГц - 0,5±0,1; 1±0,1; 2±0,2.

Максимальная амплитуда выходного импульса напряжения генератора в режиме холостого хода, В - 1000±100.

Импульсный амперметр на диапазон измеряемого тока во внешней нагрузке от 1А до 10А с погрешностью не более 15%.

2. Генератор импульсов тока для имитации тока молнии.

Форма выходного импульса напряжения генератора – апериодическая.

Длительность фронта генерируемых импульсов, мкс – от 0,25 до 10.

Длительность генерируемых импульсов по уровню 0,5 от амплитуды не менее 20 мкс.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Максимальная амплитуда выходного импульса напряжения генератора в режиме холостого хода, В - 1000 ± 100

Импульсный амперметр на диапазон измеряемого тока во внешней нагрузке от 1А до 10А с погрешностью не более 15%.

3. Импульсный вольтметр на диапазоны измерений амплитуд импульса напряжения - от 0,5 до 200 с погрешностью не более 15%.

Вольтметр постоянного напряжения для измерения электрохимического потенциала.

Разрешение прибора 0,001 В в диапазоне до ±10 В. Наибольшее измеряемое напряжение – не менее 100 В.

Входное сопротивление прибора – не менее 1 МОм.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Приложение Г

Требования к компьютерным программам расчета электрических параметров заземляющих устройств

Установленный в настоящем стандарте объем расчетов электрических параметров заземляющих устройств может быть выполнен при помощи компьютерных программ, обеспечивающих выполнение всех расчетов или при помощи нескольких программ, выполняющих каждая определенную часть расчетов.

Компьютерные программы должны иметь свидетельство о регистрации в Роспатенте РФ.

Допускается проводить расчеты при помощи специальных расчетных методик, содержащих расчетные формулы, диаграммы, графики и т.п. материалы, позволяющие упростить выполнение расчетов.

Перечень нормируемых параметров, подлежащих расчету:

- Сопротивление ЗУ ($R_{ЗУ}$, Ом);
- Напряжение прикосновения ($U_{пр}$, В);
- Наибольшее значение напряжения на ЗУ при однофазном КЗ на РУ, с учетом составляющих тока КЗ через нейтрали АТ/Т.
- Распределение напряжения по сетке ЗУ с возможностью определения разности потенциалов для любых 2-х точек ЗУ.
- Распределение напряжения по сетке ЗУ при двойных КЗ в сети с изолированной нейтралью (два замыкания на территории ЗУ или одно замыкание вне ЗУ, одно – на территории ЗУ).
- Распределение тока по ЗУ ($I_{ЗУ}$, А).
- Распределение токов в проводниках сетки ЗУ, в т.ч. в экранах и оболочках кабелей .
- Распределение токов в элементах ЗУ, расположенных не в грунте.
- Распределение высокочастотной составляющей тока КЗ по сетке ЗУ.
- Импульсное напряжение на сетке ЗУ ($U_{имп}$, кВ).
- Наибольшее импульсное напряжение на сетке ЗУ при разрядах молнии в молниезащиту ОРУ.
- Распределение напряжения по сетке ЗУ при разрядах молнии в молниезащиту РУ.

Структура расчетной модели ЗУ как объекта моделирования.

ЗУ представляет трехмерный (3D) объект, включающий элементы ЗУ, фундаменты зданий, инженерные коммуникации, расположенные в воздухе.

В расчетной модели должны быть также отображено: расположение высоковольтного оборудования на ОРУ, включая положение АТ/Т на ОРУ и точки заземления их нейтралей, места установки защитных аппаратов (ОПН, РВ), положение на ОРУ кабельных каналов, конфигурацию фундаментов зданий, расположенных на ОРУ (план, глубину залегания), расположение ограждения ПС.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Расчетная модель ЗУ должна позволять как минимум полное описание ОРУ одного класса напряжения, связи с ОРУ других классов напряжения, связи сетки ЗУ с ОПУ и РЩ. В комплексных программах рекомендуется иметь возможность полного описания всех элементов ЗУ всех ОРУ для данной ПС.

Взаимное влияние нескольких ЗУ, расположенных на ОРУ разных классов напряжения может производиться как путем моделирования полной сетки всех ЗУ, так и путем замены некоторых ЗУ их эквивалентными сопротивлениями.

Расчетные параметры грунта.

Рекомендуется использовать двухслойную модель грунта с учетом сезонных изменений верхнего слоя.

Использование более сложных (трехмерных) моделей грунта требуется в случаях, когда на территории ОРУ или ПС имеются участки грунта с резко (в несколько раз) отличающимися удельными параметрами грунта.

Для построения расчетной модели грунта необходимы данные по удельному сопротивлению слоев грунта до глубины около $(3 \div 4)\sqrt{S}$.

Должна иметься возможность изменения удельных сопротивлений и мощности слоев грунта в ходе расчета одного ЗУ.

Параметры проводящих частей, входящих в состав ЗУ.

Электрические параметры (удельное сопротивление и магнитная проницаемость) проводников сетки ЗУ, проводящих частей, расположенных на территории ОРУ и имеющих электрический контакт с ЗУ как минимум в 2-х точках.

Электрические параметры оболочек (заземленных экранов) кабелей.

Программа должна иметь возможность учета и изменения заданных пользователем диаметров проводников, их удельного сопротивления и магнитной проницаемости на любом этапе расчета.

Требования по точности расчета.

Погрешность расчета параметров ЗУ определяется точностью задания исходных данных и погрешностью алгоритма. Исходные данные, как правило, имеют погрешность, намного превышающую погрешности алгоритма программы.

Допустимо применений любых методик и математических моделей, обеспечивающих расчет нормируемых параметров ЗУ, а также решение тестовых задач с погрешностью не более 5%.

Погрешности расчета, связанные с приближенным решением задачи, не должны превышать 5%

Специальные (рекомендуемые) требования.

Возможность учета кривой намагничивания.

Возможность расчета индуктивности с учетом токов, протекающих в ошиновке.

Сервисные возможности.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Удобный графический интерфейс ввода данных на основе САПР и авторских алгоритмов. Визуализация результатов 3D графиками в стационарных режимах.

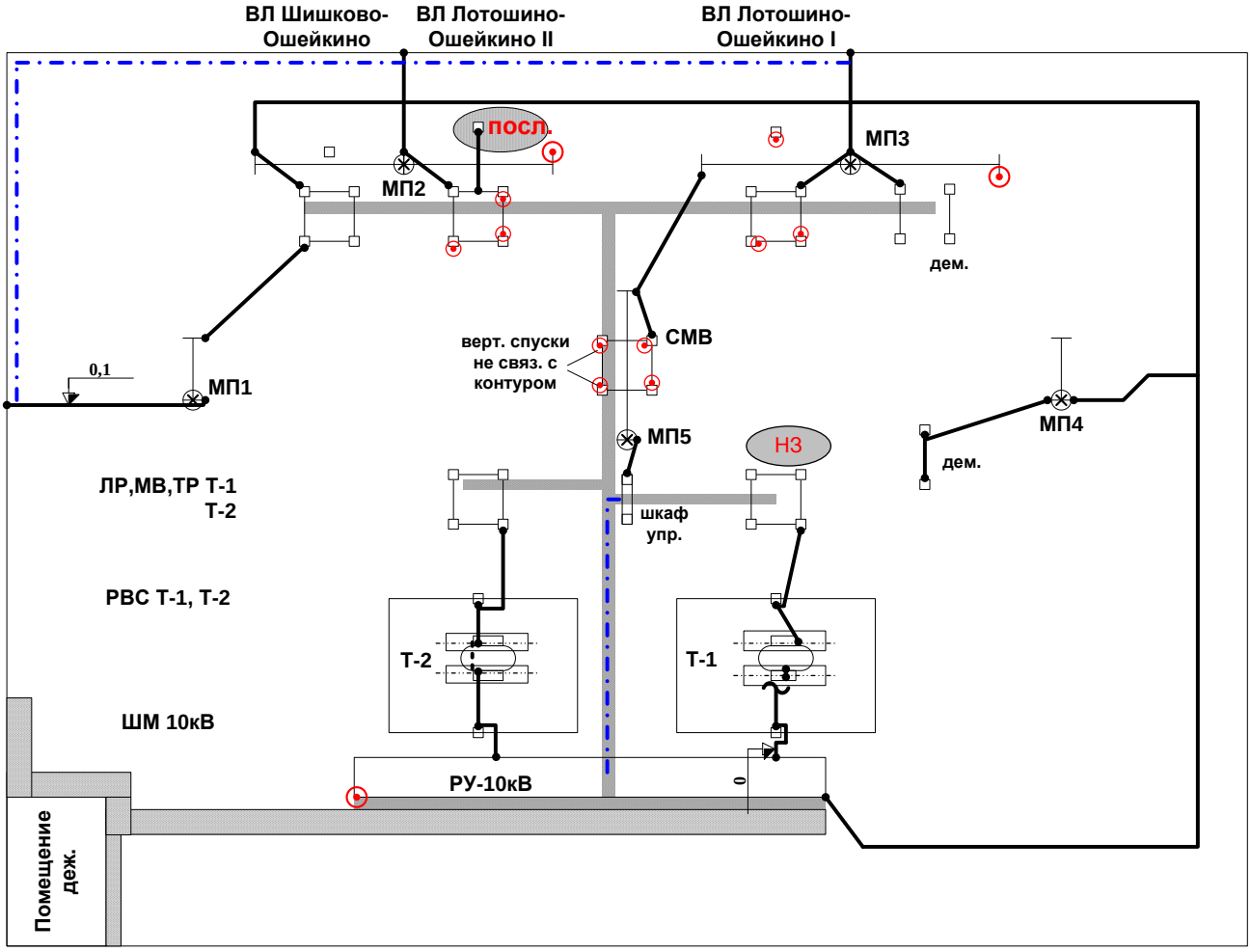
Возможность сохранения результатов на любом этапе расчета ЗУ.

Совместимость разных программ расчета ЗУ. Должна быть реализована возможность сохранения геометрии задачи в одном из стандартных форматов обмена графической информацией.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Приложение Д

Пример исполнительной схемы заземляющего устройства подстанции 35/10кВ



Условные обозначения:

- шина горизонтального заземлителя
- место присоединения оборудования к заземлителю
- кабельный канал
- ограда
- портал
- кабель последовательно присоединенное оборудование (посл.)
- молниеприемник
- обрыв спуска заземляющего проводника
- 0,3 — глубина залегания шин заземлителя (м)
- обрыв шины горизонтального заземлителя
- рельсы
- бетон
- НЗ — указание незаземленного оборудования

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Приложение Ж

Справочные материалы

П.Ж.1 Предельно допустимые уровни напряжения прикосновения и токов.

Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, установлены для путей тока от одной руки к другой и от руки к ногам (ГОСТ 12.1.038-82).

В таблицах П.Ж.1-П.Ж.3 даны зависимости предельно допустимых уровней напряжения прикосновения в зависимости от времени воздействия для нормальных и аварийных режимов.

Таблица П.Ж.1 - Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов, протекающих через тело человека, при нормальном (неаварийном) режиме (продолжительность воздействия не более 10 мин в сутки)

Род тока	U, В	I, мА
	не более	
Переменный 50 Гц	2,0	0,3
Постоянный	8,0	1,0

Примечание: Для лиц, выполняющих работу в условиях высоких температур (выше 25°С) и влажности (более 75%) приведенные в таблице значения должны быть уменьшены в три раза.

Таблица П.Ж.2 - Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения при аварийном режиме электроустановок, напряжением до 1кВ с глухозаземленной или изолированной нейтралью и выше 1кВ с изолированной нейтралью

	Предельно допустимое напряжение прикосновения U, В											
Время воздействия	0,01 0,08	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	Св 1,0
Переменный 50 Гц	650	500	250	165	125	100	85	70	65	55	50	36
Постоянный	650	500	400	350	300	250	240	230	220	210	200	40

Таблица П.Ж.3- Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения при аварийном режиме электроустановок с частотой тока 50 Гц, напряжением выше 1000 В, с глухим заземлением нейтрали

Продолжительность воздействия t, с	**Предельно допустимый уровень напряжения прикосновения U, В**
До 0,1	500
0,2	400
0,5	200
0,7	130
1,0	100
Св. 1,0 до 5,0	65

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Предельно допустимые значения напряжения шага в ГОСТ 12.1.038-82 не установлены. На практике в качестве допустимого значения напряжения шага принимают напряжение прикосновения.

В российских нормативных документах не установлены предельно допустимые значения импульсных (при ударе молнии) напряжений прикосновения. Согласно стандарту МЭК 1662 предельно допустимое значение энергии импульса, при котором вероятность возникновения вентрикулярной фибрилляции не превышает 2%, составляет 6 Дж. При этом напряжение прикосновения не должно превышать 6кВ.

П.Ж.2 Методика приведения многослойной модели грунта к двухслойной

Полученная экспериментально кривая ВЭЗ – зависимость удельного сопротивления грунта ρ от половины расстояния между токовыми электродами D сопоставляется с теоретическими кривыми «кажущегося» значения ρ для двухслойного грунта, рассчитываемыми по формуле:

$$\rho = \rho_1 \left(1 + 2 \sum_{n=1}^{\infty} \left(\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2 + \rho_1} \right)^n \frac{1}{\sqrt{\left(1 + \left(\frac{4nh}{D} \right)^2 \right)^3}} \right).$$

h – глубина раздела слоев, м;

ρ_1, ρ_2 – удельное сопротивление грунта верхнего и нижнего слоев соответственно, Ом*м.

Значения h, ρ_1, ρ_2, при которых теоретическая кривая наиболее близка к кривой ВЭЗ, принимаются, соответственно, в качестве значений толщины верхнего слоя грунта и удельного сопротивлений верхнего и нижнего слоев грунта. Определение значений h, ρ1, ρ2 может быть проведено с помощью численных методов высшей математики, например, методом наименьших квадратов.

Для приведения многослойной модели грунта к двухслойной может быть применен, так называемый, метод палеток. Кривая должна быть представлена в логарифмических координатах и наложена на расчетную кривую – палетку (рис.П.Ж.1).

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

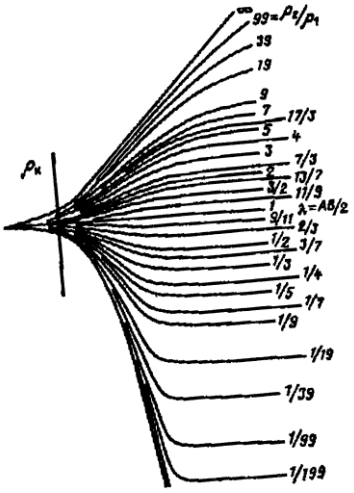


Рис. П.Ж.1 Палетки ВЭЗ

Перемещая экспериментальную кривую ВЭЗ по палеткам, добиваются наилучшего совпадения с одной из палеток. Значения h, ρ_1, ρ_2 определяют в соответствии с этой палеткой.

В таблице П.Ж.4 приведены сведения об удельном сопротивлении различных грунтов, необходимые для проведения расчетов на основании данных о геоподоснове.

Таблица П.Ж.4- Рекомендуемые расчетные значения удельного электрического сопротивления

Слой земли	Сопротивление земли, Ом·м
Песок (при температуре выше 0° С): сильно увлажненный грунтовыми водами умеренно увлажненный влажный слегка влажный сухой	 10-60 60-130 130-400 400-1500 1500-4200
Суглинок: сильно увлажненный грунтовыми водами (при температуре выше 0° С) промерзший слой (при температуре -5° С)	 10-60 60-190
Глина (при температуре выше 0° С)	20-60
Торф: при температуре около 0° С при температуре выше 0° С	 40-50 1040
Солончаковые почвы (при температуре выше 0°	15-25
Щебень: сухой мокрый	 Не менее 5000 Не менее 3000
Дресва (при температуре выше 0° С)	5500
Гранитное основание (при температуре выше 0° С)	22500

П.Ж.3 Справочные данные по сезонным коэффициентам

Для приведения результатов измерений удельного сопротивления грунта к наиболее неблагоприятным климатическим условиям применяют се-

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

зонные коэффициенты, значения которых для различных типов грунтов приведены в таблице П.Ж.5

Таблица П.Ж.5 - Сезонные коэффициенты удельного сопротивления грунта $К_{\rho\ сезона.}$

Тип грунта	Сезонный коэффициент удельного сопротивления грунта при влажности		
	малой	средней	большой
Глина	2	3	10
Супесь, суглинок	3	5	20
Песок	3	10	50

Для приведения результатов измерений сопротивления ЗУ к наиболее неблагоприятным климатическим условиям применяют сезонные коэффициенты, значения которых приведены в таблице П.Ж.6.

Таблица П.Ж.6- Сезонные коэффициенты для определения сопротивления заземлителей

			Сезонные коэффициенты в географических районах								
Значение корня квадратного из площади ЗУ √S, м	Электрическое строение грунта	$К_\rho$	Европейская часть южнее 48-й параллели			Европейская часть и Западная Сибирь между 48 и 57-й параллелями, Ленинградская, Новгородская, Сахалинская обл., Приморский край			Остальная территория России		
			при длине вертикальных электродов, м								
			0-6	30	50	0-6	30	50	0-6	30	50
10	Грунтовые воды	3	1,4	1,3	1,0	1,5	1,5	1,1	1,1	1,9	1,2
		20	1,9	1,5	1,1	2.8	2,1	1,1	5,4	4,8	1,4
		50	2,0	1,6	1,1	4,0	2,2	1,1	10	8,5	1,4
	Однородный	3	1,1	1,1	1,0	1,4	1.1	1.0	2.0	1,4	1,0
		20	1,4	1,1	1.0	4.4	1.2	1.0	9,2	5,9	1,0
		50	1,8	1.1	1.0	9,5	1.3	1.0	22	14	1.0
	Подстилающие породы, скальные	3	1.2	1.0	1,0	2.3	1.0	1.0	2.7	2.6	1.0
		20	2.9	1.1	1.0	13	1,1	1.0	17	16	1,0
		50	5.7	1.1	1.0	32	1.1	1.0	43	40	1.0
50	Грунтовые воды	3	1,2	1,1	1,0	1,2	1,2	1,0	1,5	1,5	1,2
		20	1,4	1,2	1,0	1,7	1.7	1,1	2,5	2,9	1,3
		50	1,5	1,3	1,1	2.3	2,0	1.1	3,9	4,5	1,3
	Однородный	3	1.1	1.1	1.0	1.3	1.2	1.0	1.5	1,3	1.0
		20	1.3	1.1	1.0	3.2	1.9	1.0	4.5	4,5	1.0
		50	1.6	1.2	1.0	6.8	2,2	1,0	11	10	1,0

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

	Подстилающие породы, скальные	3	1.2	1.1	1,0	2,1	1.3	1.0	2.4	2,4	1.0
		20	2.5	1.5	1.1	11	1.6	1.0	14	14	1.0
		50	4.8	2.0	1.1	28	1.6	1.0	35	35	1.0
500	Грунтовые воды	3	1,1	1,1	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1
		20	1,3	1,1	1,0	1,4	1.4	1,3	1,6	1,8	1,4
		50	1,3	1,2	1,0	1,8	1,8	1.4	2,3	2,5	1,6
	Однородный	3	1.1	1.0	1.0	1.2	1.2	1.2	1.3	1,4	1.2
		20	1.2	1.1	1.0	2,9	2,7	1.5	3,9	4,0	1.6
		50	1.5	1.2	1.0	5.8	4,7	1,6	8,4	8,6	1,7
	Подстилающие породы, скальные	3	1.2	1.1	1,0	2,0	1.8	1.2	2.2	2,3	1.2
		20	2.2	1.4	1.0	11	5.4	1.3	13	13	1.3
		50	4.1	1,5	1.0	25	10	1.5	31	31	1.5

П.Ж.4 Справочные данные по наибольшим допустимым сопротивлениям заземляющих устройств

Значения наибольших допустимых сопротивлений заземляющих устройств различных электроустановок в соответствии с ПУЭ и РД 34.45-51.300-97 приведены в таблице П.Ж.7.

Таблица П.Ж.7- Наибольшие допустимые сопротивления заземляющих устройств

Вид электроустановки	**Характеристика заземляемого объекта**	**Характеристика заземляющего устройства**	**Сопротивление, Ом**
1. Электроустановки напряжением выше 1 кВ, кроме ВЛ[1)]	Электроустановка сети с эффективно заземленной нейтралью	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	0,5
	Электроустановка сети с изолированной нейтралью при использовании заземляющего устройства только для установки выше1 кВ	Искусственный заземлитель вместе с подсоединенными естественными заземлителями	$250/I$[2)] но не более 10
	Электроустановка сети с изолированной нейтралью при использовании заземляющего устройства для электроустановки до 1 кВ	Искусственный заземлитель с подсоединенными естественными заземлителями	$125/I$[2)] при этом должны быть выполнены требования к заземлению установки до 1 кВ
	Подстанция с высшим напряжением 20-35 кВ при установке молниеотвода на трансформаторном портале	Заземлитель подстанции	4, без учета заземлителей, расположенных вне контура заземления ОРУ

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

	Отдельно стоящий молниеотвод	Обособленный заземлитель	80
2. Электроустановки напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью, кроме ВЛ[3)]	Электроустановка с глухозаземленными нейтралями генераторов или трансформаторов или выводами источников однофазного тока	Искусственный заземлитель с подключенными естественными заземлителями и учетом использования заземлителей повторных заземлений нулевого провода ВЛ до 1 кВ при количестве отходящих линий не менее двух при напряжении источника, В: трехфазный/однофазный 660/380 380/220 220/127 Заземлитель, расположенный в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора или вывода источника однофазного тока при напряжении источника, В: трехфазный/однофазный 660/380 380/220 220/127	 2 4 8 15 30 60
3. ВЛ напряжением выше 1 кВ[4)]	Опоры, имеющие грозозащитный трос или другие устройства грозозащиты, железобетонные и металлические опоры ВЛ 35 кВ и такие же опоры ВЛ 3-20 кВ в населенной местности, а также заземлители электрооборудования, установленного на опорах ВЛ 110 кВ и выше	Заземлитель опоры при удельном эквивалентном сопротивлении *p,* Ом·м: до 100; более 100 до 500; более 500 до 1000; более 1000 до 5000; более 5000	 10[5)] 15[5)] 20[5)] 30[5)] $6 \cdot 10^{-3} p$[5)]
	Электрооборудование, установленное на опорах ВЛ 3-35 кВ	Заземлитель опоры	$250/I$[2)], но не более 10
	Железобетонные и металлические опоры ВЛ 3-20 кВ в ненаселенной местности	Заземлитель опоры при удельном сопротивлении грунта *p,* Ом/м: до 100; более 100	 30[5)] $0{,}3p$[5)]
	Трубчатые разрядники и	Заземлитель разрядника	

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

	защитные промежутки ВЛ 3-220 кВ	или защитного промежутка при удельном сопротивлении грунта *р*, Ом-м: не выше 1000; более 1000	 10 15
	Разрядники на подходах ВЛ к подстанциям с вращающимися машинами	Заземлитель разрядника	5
4. ВЛ напряжением до 1кВ[3)]	Опора ВЛ с устройством грозозащиты	Заземлитель опоры для грозозащиты	30
	Опоры с повторными заземлителями нулевого рабочего провода	Общее сопротивление заземления всех повторных заземлений при напряжении источника, В: трехфазный/однофазный 660/380 380/220 220/127 Заземлитель каждого из повторных заземлений при напряжении источника, В: трехфазный/однофазный 660/380 380/220 220/127	 5 10 20 15 30 60

[1)]Для электроустановок выше 1 кВ при удельном сопротивлении грунта *р* более 500 Ом·м допускается увеличение сопротивления в 0,002/) раз, но не более десятикратного.

[2)]*I* - расчетный ток замыкания на землю, А.

В качестве расчетного тока принимается:

- в сетях без компенсации емкостного тока - ток замыкания на землю;
- в сетях с компенсацией емкостного тока:
  - для заземляющих устройств, к которым присоединены дугогасящие реакторы, - ток, равный 125% номинального тока этих реакторов;
  - для заземляющих устройств, к которым не присоединены дугогасяшяе реакторы, ток замыкания на землю, проходящий в сети при отключении наиболее мощного из дугогасящих реакторов или наиболее разветвленного участка сети.

[3)]Для установок и ВЛ напряжением до 1 кВ при удельном сопротивлении грунта *р* более 100 Ом-м допускается увеличение указанных выше норм в 0,01*р* раз, но не более десятикратного.

[4)]Сопротивление заземлителей опор ВЛ на подходах к подстанциям должно соответствовать требованиям Правил устройства электроустановок.

[5)]Для опор высотой более 40 м на участках ВЛ, защищенных тросами, сопротивление заземлителей должно быть в 2 раза меньше приведенных в таблице.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру

Библиография

1. Бургсдорф В.В. и Якобс А.И. Заземляющие устройства электроустановок. М.: Энергоатомиздат, 1987.

2. Долин П.А. Основы техники безопасности в электроустановках. М.: Энергоатомиздат, 1984.

3. Колечицкий Е.С. Основы расчета заземляющих устройств: Учебное пособие – М.: Издательство МЭИ, 2001.

4. Целебровский Ю.В. Заземляющие устройства электроустановок высокого напряжения. Новосибирск, Изд-во НЭТИ, 1987.

5. Дьяков А.Ф., Максимов Б.К., Борисов Р.К., Кужекин И.П., Жуков А.В. Электромагнитная совместимость в электроэнергетике и электротехнике. /Под редакцией Дьякова А.Ф. -М.: Энергоатомиздат. 2003.

6. Карякин Р.Н. Заземляющие устройства электроустановок. Справочник. –М.: ЗАО «Знергосервис», 1998.

7. Базуткин В.В., Ларионов В.П., Пинталь Ю.С. Техника высоких напряжений: Изоляция и перенапряжения в электрических системах. М.: Энергоатомиздат, 1986.

Важные пункту документа можно найти по ссылке на Энергетик.ру