

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 10

ЭКСПЛУАТАЦИЯ КОНТУРНЫХ И ГРУППОВЫХ ЗАЗЕМЛЯЮЩИХ УСТРОЙСТВ ЭЛЕКТРОУСТАНОВОК

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить методы и средства для измерения параметров групповых заземляющих устройств электрооборудования напряжением до 1000В систем электроснабжения.

Провести по заданной методике технический осмотр группового заземляющего устройства, выполнить измерения параметров элементов заземляющего устройства и оценить их пригодность к эксплуатации.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Эффективность функционирования потребителей электрической энергии - электроприемников первой, второй и третьей категории с заземляющими устройствами, объединенных технологическим процессом и размещающихся на определенной территории, в значительной мере зависит от надежности их системы электроснабжения.

На практике, современные системы электроснабжения промышленных и сельскохозяйственных объектов представляют в виде совокупности трансформаторных станций и подстанций, воздушных и кабельных линий электропередачи, основных и резервных источников питания и т.п. с устройствами заземления, работающих на определенной территории или районе (рисунок 1).

Взаимодействие совокупности элементов для достижения поставленного целевого назначения системы определяет процесс ее функционирования, например, при воздействии на объекты района, например, воздушные линии электропередачи разряда молнии.

Применительно к системе электроснабжения таким целевым назначением является бесперебойное снабжение потребителей электрической энергией в нужном количестве и заданного качества. Именно в этом и состоит полезный эффект от системы электроснабжения объектов с устройствами заземления в заданных точках.

Следовательно, совокупность всех функциональных связей физических процессов в группе устройств заземления на заданной площади, необходимых для достижения определенного полезного эффекта – безопасности работников, образует технологический защитный процесс. Целевое назначение системы в виде технологического процесса определяет взаимное расположение отдельных элементов системы, т.е. структуру системы заземления объектов района.

Эксплуатация заземляющих устройств электроэнергетического оборудования системы электроснабжения характеризуется временем действия и местом и охватывает весь период существования изделия с момента изготовления до достижения ими предельного состояния, при котором дальнейшее применение их недопустимо или нецелесообразно, а восстановление неоправданно.

Основными этапами эксплуатации заземляющих устройств электроэнергетического оборудования являются: хранение, транспортирование, подготовка к применению, применение по назначению, техническое обслуживание, ремонт.

В процессе эксплуатации заземляющих устройств систем электроснабжения происходит непрерывное изменение характеристик элементов объекта под воздействием окружающей среды, характера и режима работы, действий обслуживающего персонала и т. д.

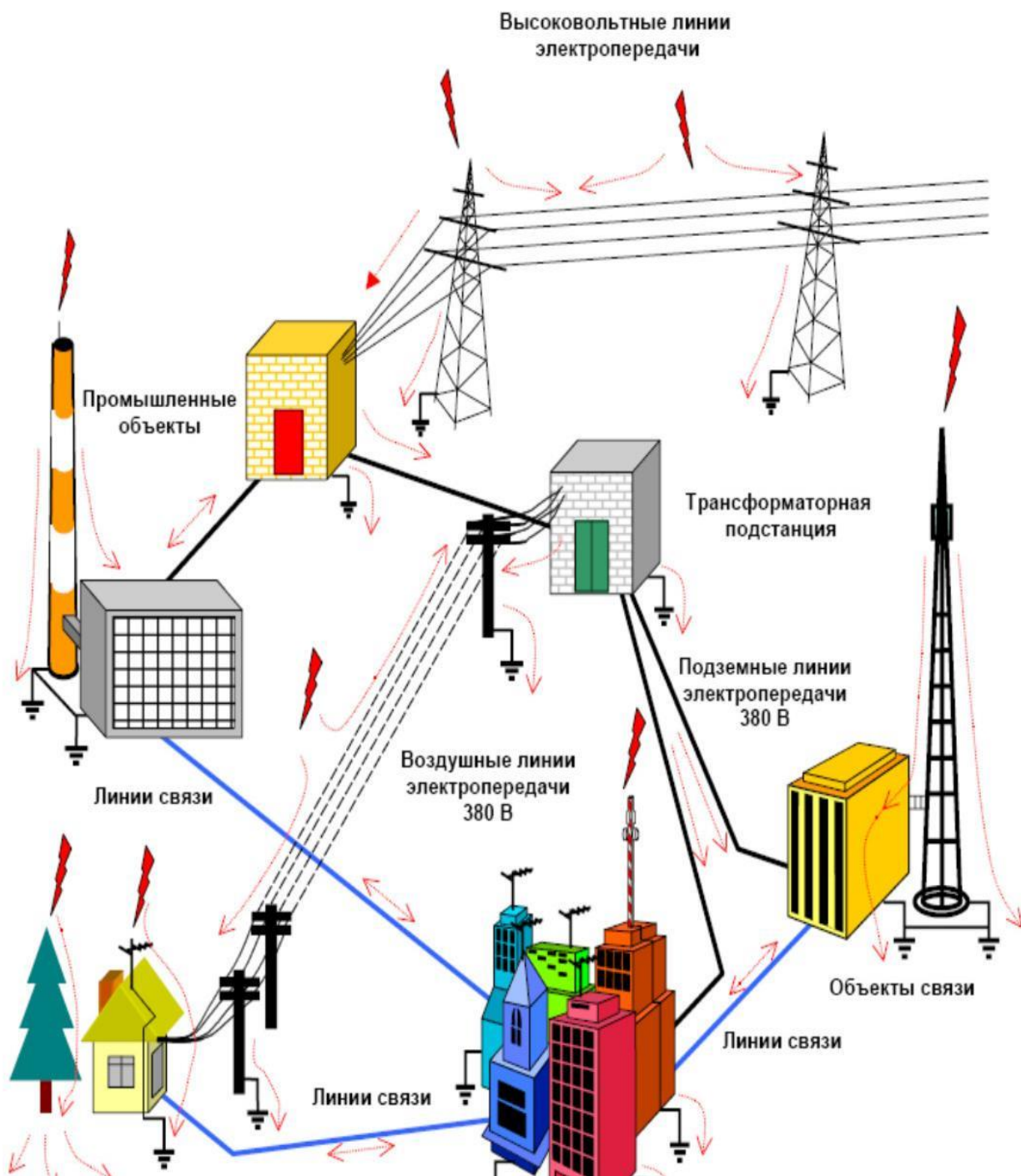


Рисунок 1 - Обобщенная схема системы электроснабжения района

1 Требования к заземляющим устройствам

Заземляющие устройства электроэнергетического оборудования систем электроснабжения должны соответствовать требованиям государственных стандартов, Правил устройства электроустановок, Строительных норм и правил (СНиП), Правил охраны труда при эксплуатации электроустановок (ПОТ ЭЭ) и других нормативно-технических документов (НТД), обеспечивать условия безопасности работников, эксплуатационные режимы работы систем электроснабжения и защиту электроустановок.

Допуск к эксплуатации заземляющих устройств электроэнергетического оборудования осуществляется в соответствии с установленными НТД требованиями.

В Правилах устройства электроустановок даны основные определения, где *заземлитель* - проводящая часть или совокупность соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду.

Соответственно, *искусственный заземлитель* - заземлитель, специально выполняемый для целей заземления, а *естественный заземлитель* - сторонняя проводящая часть, находящаяся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду, используемая для целей заземления.

Таким образом, *заземляющее устройство* - совокупность *заземлителя* и *заземляющих проводников*, где последний - проводник, соединяющий заземляемую часть (точку) с заземлителем.

Рассмотрим элементы заземляющего устройства электроэнергетического оборудования систем электроснабжения.

1.1 Заземлители

В качестве естественных заземлителей электроэнергетического оборудования систем электроснабжения используют:

- металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений, находящиеся в соприкосновении с землей;
- металлические трубы водопровода, проложенные в земле;
- обсадные трубы буровых скважин;
- металлические шпунты гидротехнических сооружений, водоводы, закладные части затворов и т. п.;
- рельсовые пути магистральных не электрифицированных железных дорог и подъездные пути при наличии преднамеренного устройства перемычек между рельсами;
- металлические оболочки бронированных кабелей, проложенных в земле.

Оболочки кабелей могут служить единственными заземлителями электроэнергетического оборудования при количестве кабелей не менее двух.

Не допускается использовать в качестве заземлителей электрооборудования:

- алюминиевые оболочки кабелей;
- трубопроводы горючих жидкостей, горючих или взрывоопасных газов и смесей, трубопроводов канализации и центрального отопления.
- железобетонные конструкции зданий и сооружений с предварительно напряженной арматурой, однако это ограничение *не распространяется* на опоры воздушных линий и опорные конструкции открытых распределительных устройств.

Искусственные заземлители могут быть из черной или оцинкованной стали или медными и *не должны* иметь окраски.

Материал и наименьшие размеры заземлителей электроэнергетического оборудования систем электроснабжения должны соответствовать приведенным в таблице 1.

Сечение горизонтальных заземлителей для электроустановок напряжением выше 1000В выбирают по условию термической стойкости при допустимой температуре нагрева 400⁰С (кратковременный нагрев, соответствующий времени действия защиты и отключения выключателя).

В случае опасности коррозии заземляющих устройств электроэнергетического оборудования выполняют одно из следующих мероприятий:

- увеличивают сечения заземлителей и заземляющих проводников с учетом расчетного срока службы;
- применяют заземлители и заземляющие проводники с гальваническим покрытием или медные.

При этом учитывают возможное увеличение сопротивления заземляющих устройств, обусловленное коррозией.

Таблица 1 - Наименьшие размеры заземлителей и заземляющих проводников, проложенных в земле

Материал	Профиль сечения	Диаметр, мм	Площадь поперечного сечения, мм	Толщина стенки, мм
Сталь черная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей;	16	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	100	4
	Угловой	-	100	4
	Трубный	32	-	3,5
Сталь Оцинкованная	Круглый:			
	для вертикальных заземлителей;	12	-	-
	для горизонтальных заземлителей	10	-	-
	Прямоугольный	-	75	3
	Трубный	25	-	2
Медь	Круглый	12	-	-
	Прямоугольный	-	50	2
	Трубный	20	-	2
	Канат многопроволочный	1,8	35	

Траншеи для горизонтальных заземлителей электроэнергетического оборудования должны заполняться однородным грунтом, не содержащим щебня и строительного мусора. Не следует располагать заземлители электроэнергетического оборудования систем электроснабжения в местах, где земля подсушивается под действием тепла трубопроводов и т.п.

1.2 Заземляющие проводники

Сечения заземляющих проводников в электроустановках напряжением до 1000В должны соответствовать требованиям ПУЭ. Наименьшие сечения заземляющих проводников, проложенных в земле, должны соответствовать приведенным в таблицы 1.

Не допускается прокладка в земле алюминиевых неизолированных заземляющих проводников электроэнергетического оборудования.


В электроустановках напряжением выше 1000В сечения заземляющих проводников выбирают такими, чтобы при протекании по ним наибольшего тока однофазного КЗ в электроустановках с эффективно заземленной нейтралью или тока двухфазного КЗ в электроустановках с изолированной нейтралью температура заземляющих проводников не превысила 400⁰С (кратковременный нагрев, соответствующий полному времени действия защиты и отключения выключателя).

В электроустановках напряжением выше 1000В с изолированной нейтралью проводимость заземляющих проводников сечением до 25 мм² по меди или других материалов должна составлять не менее 1/3 проводимости фазных проводников.

Как правило, не требуется применение медных проводников сечением более 25мм², алюминиевых - 35мм², стальных - 120мм².

Для выполнения измерений сопротивления заземляющего устройства электроэнергетического оборудования в удобном месте предусматривают возможность отсоединения заземляющего проводника. В электроустановках напряжением до 1000В таким местом является главная заземляющая шина электроэнергетического оборудования систем электроснабжения. Отсоединение заземляющего проводника должно быть возможно только при помощи инструмента.

Заземляющий проводник электроэнергетического оборудования систем электроснабжения, присоединяющий заземлитель рабочего (функционального) заземления к главной заземляющей шине в электроустановках напряжением до 1000В, должен иметь сечение не менее: медный - 10мм², алюминиевый - 16мм², стальной - 75мм².

У мест ввода заземляющих проводников электроэнергетического оборудования в здания и сооружения выполняют опознавательный знак .

1.3 Главная заземляющая шина

Главную заземляющую шину устанавливают внутри вводного устройства электроустановки напряжением до 1000В или отдельно от него. Внутри вводного распределительного устройства в качестве главной заземляющей шины используют шину РЕ.

При отдельной установке главную заземляющую шину располагают в доступном, удобном для технического обслуживания месте вблизи вводного распределительного устройства. Сечение отдельно установленной главной заземляющей шины должно быть не менее сечения РЕ-проводника питающей кабельной линии.

Главная заземляющая шина электроэнергетического оборудования систем электроснабжения должна быть, как правило, медной. Допускается применение главной заземляющей шины из стали, а *алюминиевых шин не допускается*. В конструкции шины предусматривают возможность индивидуального отсоединения присоединенных к ней проводников, но только с использованием инструмента.

В местах, доступных только квалифицированному персоналу, главную заземляющую шину устанавливают открыто, а в местах, доступных посторонним лицам, шина

должна иметь защитную оболочку - шкаф или ящик с запирающейся на ключ дверцей. На дверце или на стене над шиной должен быть нанесен знак \ominus .

Если здание или сооружение имеет несколько обособленных вводов, главную заземляющую шину электроэнергетического оборудования систем электроснабжения выполняют для каждого вводного устройства. При наличии встроенных трансформаторных подстанций главная заземляющая шина электроэнергетического оборудования систем электроснабжения устанавливается возле каждой из них.

Главная заземляющая шина должна соединяться проводником уравнивания потенциалов, сечение которого должно быть не менее половины сечения РЕ-проводника той линии среди отходящих от щитов низкого напряжения подстанций, которая имеет наибольшее сечение.

Для соединения нескольких главных заземляющих шин электроэнергетического оборудования могут использоваться сторонние проводящие части, если они соответствуют требованиям к непрерывности и проводимости электрической цепи.

1.2 Свойства заземляющих проводников и заземлителя

При эксплуатации электроэнергетического оборудования, вокруг заземляющих проводников образуется *зона нулевого потенциала* (относительная земля) или часть земли, находящаяся вне зоны влияния какого-либо заземлителя, электрический потенциал которой принимается равным нулю, а также *зона растекания* (локальная земля) - зона земли между заземлителем и зоной нулевого потенциала.

При работе системы электроснабжения может возникнуть аварийный режим - *замыкание на землю*, т.е. случайный электрический контакт между токоведущими частями, находящимися под напряжением, и землей.

Образуется *напряжение на заземляющем устройстве* - напряжение, возникающее при стекании тока с заземлителя в землю между точкой ввода тока в заземлитель и зоной нулевого потенциала, при работе персонала на электроэнергетическом оборудовании - *напряжение прикосновения*, т.е. напряжение между двумя проводящими частями или между проводящей частью и землей при одновременном прикосновении к ним работника или сельскохозяйственного животного.

Возникает опасное *ожидаемое напряжение прикосновения* - напряжение между одновременно доступными прикосновению проводящими частями электрооборудования, когда работник или сельскохозяйственное животное их не касается.

При техническом обслуживании электроэнергетического оборудования в аварийном режиме системы электроснабжения может возникнуть *напряжение шага* - напряжение между двумя точками на поверхности земли, на расстоянии 1 м одна от другой, которое принимается равным длине шага человека, где *сопротивление заземляющего устройства* - отношение напряжения на заземляющем устройстве к току, стекающему с заземлителя в землю.

На практике применяют понятие «*эквивалентное удельное сопротивление земли с неоднородной структурой*» - удельное электрическое сопротивление земли с неоднородной структурой, в которой сопротивление заземляющего устройства имеет то же значение, что и в земле с неоднородной структурой.

Таким образом, *заземление* - преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки сети, электроустановки или электроэнергетического оборудования систем электроснабжения с заземляющим устройством, а *защитное заземление* - заземление, выполняемое в целях электробезопасности работников.

Рабочее (функциональное) *заземление* - заземление точки или точек токоведущих частей электроустановки, выполняемое для обеспечения работы электроэнергетического оборудования (не в целях электробезопасности персонала объекта).

При эксплуатации защитного заземления применяют понятие «*защитное зануление в электроустановках напряжением до 1000В*» - преднамеренное соединение открытых проводящих частей с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с заземленной точкой источника в сетях постоянного тока, выполняемое в целях электробезопасности персонала систем электроснабжения.

На электроэнергетическом оборудовании должно быть обеспечено *уравнивание потенциалов* - электрическое соединение проводящих частей для достижения равенства их потенциалов, а также *защитное уравнивание потенциалов* - уравнивание потенциалов, выполняемое в целях электробезопасности работников объекта.

При эксплуатации объектов необходимо выполнить *выравнивание потенциалов* - снижение разности потенциалов (*шагового напряжения*) на поверхности земли или пола при помощи защитных проводников, проложенных в земле, в полу или на их поверхности и присоединенных к заземляющему устройству, или путем применения специальных покрытий земли.

В электроустановках систем электроснабжения потребителей устанавливают:

- *защитный (РЕ) проводник* - проводник, предназначенный для целей электробезопасности;
- *защитный заземляющий проводник* - защитный проводник, предназначенный для защитного заземления;
- *защитный проводник уравнивания потенциалов* - защитный проводник, предназначенный для защитного уравнивания потенциалов;
- *нулевой защитный проводник* - защитный проводник в электроустановках до 1000В, предназначенный для присоединения открытых проводящих частей к глухозаземленной нейтрали источника питания;
- *нулевой рабочий (нейтральный) проводник (N)* - проводник в электроустановках до 1000В, предназначенный для питания электроприемников и соединенный с глухозаземленной нейтралью генератора или трансформатора в сетях трехфазного тока, с глухозаземленным выводом источника однофазного тока, с глухозаземленной точкой источника в сетях постоянного тока.
- *совмещенные нулевой защитный и нулевой рабочий (PEN) проводники* - проводники в электроустановках напряжением до 1000В, совмещающие функции нулевого защитного и нулевого рабочего проводников.
- *главная заземляющая шина* - шина, являющаяся частью заземляющего устройства электроустановки до 1000В и предназначенная для присоединения нескольких проводников с целью заземления и уравнивания потенциалов.

Присоединение заземляющих проводников к заземлителю и заземляющим конструкциям должно быть выполнено сваркой, а к главному заземляющему зажиму, корпусам аппаратов, машин и опорам воздушных линий электропередач - болтовым соединением (для обеспечения возможности производства измерений). Контактные соединения электроэнергетического оборудования систем электроснабжения должны отвечать требованиям НТД.

Каждая часть электроустановки системы электроснабжения, подлежащая заземлению или занулению, должна быть присоединена к сети заземления или зануления с

помощью отдельного проводника.

Последовательное соединение заземляющими (зануляющими) проводниками нескольких элементов электроэнергетического оборудования *не допускается*, а сечение заземляющих и нулевых защитных проводников должно соответствовать ПУЭ.

Открыто проложенные заземляющие проводники электроэнергетического оборудования систем электроснабжения должны быть предохранены от коррозии и окрашены в черный цвет.

Для определения технического состояния заземляющего устройства должны проводиться визуальные осмотры видимой части, осмотры заземляющего устройства с выборочным вскрытием грунта, измерение параметров заземляющего устройства в соответствии с нормами испытания электрооборудования (Приложение Б).

Визуальные осмотры видимой части заземляющего устройства систем электроснабжения должны производиться по утвержденному руководителем графику, но не реже 1 раза в 6 месяцев ответственным за электрохозяйство Потребителя или работником им уполномоченным.

При осмотре оценивается состояние контактных соединений между защитным проводником и оборудованием, наличие антикоррозионного покрытия, отсутствие обрывов. Результаты осмотров должны заноситься в паспорт заземляющего устройства.

Осмотры систем заземления с выборочным вскрытием грунта в местах наиболее подверженных коррозии, а также вблизи мест заземления нейтралей силовых трансформаторов, присоединений разрядников и ограничителей перенапряжений должны производиться в соответствии с утвержденным графиком планово-профилактических работ (ППР) электроэнергетического оборудования систем электроснабжения, но не реже одного раза в 12 лет.

Величина участка заземляющего устройства электроэнергетического оборудования систем электроснабжения, подвергающегося выборочному вскрытию грунта, определяется решением технического руководителя Потребителя.

Выборочное вскрытие грунта осуществляется на всех заземляющих устройствах электроустановок Потребителя; для воздушных линий электропередач в населенной местности вскрытие производится выборочно у 2% опор, имеющих заземляющие устройства. В местности с высокой агрессивностью грунта по решению технического руководителя Потребителя может быть установлена более частая периодичность осмотра с выборочным вскрытием грунта.

При вскрытии грунта должна производиться инструментальная оценка состояния заземлителей электроэнергетического оборудования, и оценка степени коррозии контактных соединений. Элемент заземлителя должен быть заменен, если разрушено более 50% его сечения. Результаты осмотров должны оформляться актами.

Для определения технического состояния заземляющего устройства в соответствии с нормами испытаний электроэнергетического оборудования должны производиться измерения:

- сопротивления заземляющего устройства;
- напряжения прикосновения (в электроустановках, заземляющее устройство которых выполнено по нормам на напряжение прикосновения);
- проверка наличия цепи между заземляющим устройством и заземляемыми элементами, а также соединений естественных заземлителей с заземляющим устройством;
- токов короткого замыкания электроустановки, проверка состояния пробивных предохранителей;

- удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства.

Для воздушных линий систем электроснабжения измерения производятся ежегодно у опор, имеющих разъединители, защитные промежутки, разрядники, повторное заземление нулевого провода, а также выборочно у 2% железобетонных и металлических опор в населенной местности.

Измерения должны выполняться в период наибольшего высыхания грунта (для районов вечной мерзлоты - в период наибольшего промерзания грунта). Результаты измерений оформляются протоколами.

На главных понизительных подстанциях и трансформаторных подстанциях, где отсоединение заземляющих проводников от оборудования невозможно по условиям обеспечения категорийности электроснабжения, техническое состояние заземляющего устройства должно оцениваться по результатам измерений и в соответствии с НТД.

После реконструкции и ремонта заземляющих устройств электроэнергетического оборудования, при обнаружении разрушения или перекрытия изоляторов ВЛ электрической дугой проводят измерения параметров заземляющих устройств - сопротивление заземляющего устройства, напряжение прикосновения, а также проверку наличия цепи между заземлителями и заземляемыми элементами.

При необходимости должны приниматься меры по доведению параметров заземляющих устройств электроэнергетического оборудования систем электроснабжения до нормативных величин.

На каждое, находящееся в эксплуатации, заземляющее устройство системы электроснабжения должен быть заведен паспорт, содержащий:

- исполнительную схему устройства с привязками к капитальным сооружениям;
- указания связей с надземными и подземными коммуникациями и с другими заземляющими устройствами;
- дату ввода в эксплуатацию;
- основные параметры заземлителей (материал, профиль, линейные размеры);
- величину сопротивления растеканию тока заземляющего устройства;
- удельное сопротивление грунта;
- при необходимости, данные по напряжению прикосновения;
- данные по степени коррозии искусственных заземлителей;
- данные по сопротивлению металлических связей оборудования с заземляющим устройством;
- ведомость осмотров и выявленных дефектов;
- информацию по устранению замечаний и дефектов.

К паспорту каждого заземляющего устройства электроэнергетического оборудования должны быть приложены результаты:

- визуальных осмотров;
- осмотров со вскрытием грунта;
- протоколы измерения параметров заземляющего устройства;
- данные о характере ремонтов;
- изменениях, внесенных в конструкцию устройства.

Для проверки соответствия токов плавления предохранителей или уставок расцепителей автоматических выключателей току короткого замыкания в электроустановках систем электроснабжения должна проводиться проверка срабатывания защиты.

После каждой перестановки электроэнергетического оборудования в электро-

установках напряжением до 1000В перед его включением необходимо проверить срабатывание защиты при коротком замыкании, при этом использование земли в качестве фазного или нулевого провода в электроустановках до 1000В *не допускается*.

При использовании в электроустановке системы электроснабжения устройств защитного отключения (УЗО) должна осуществляться его проверка в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя и нормами испытаний электрооборудования (ПТЭЭП. Приложение 3).

Системы электроснабжения напряжением до 1000В с изолированной нейтралью должны быть защищены пробивным предохранителем. Предохранитель может быть установлен в нейтрали или фазе на стороне низшего напряжения трансформатора. При этом должен быть предусмотрен контроль за его целостностью.

1.3 Характеристика технических мероприятий на заземляющем устройстве

Основными техническим мероприятиями, проводимыми при эксплуатации систем электроснабжения районных сетей с устройствами заземления, являются технические обслуживания и плановые ремонты электроэнергетического оборудования.

Техническое обслуживание является основным профилактическим мероприятием, необходимым для обеспечения надежной работы заземляющих устройств электроэнергетического оборудования между плановыми ремонтами. Качественно организованное техническое обслуживание позволяет сократить общий объем работ по эксплуатации заземляющих устройств электрооборудования до минимума.

В техническом обслуживании предусмотрен эффективный и качественный уход за заземляющими устройствами электроэнергетического оборудования.

Техническое обслуживание заземляющих устройств электроэнергетического оборудования включает:

- проведение визуальных осмотров;
- систематический контроль за исправным техническим состоянием электроустановок;
- соблюдение правил эксплуатации, инструкций заводов-изготовителей и местных эксплуатационных инструкций;
- устранение мелких неисправностей, не требующих отключения электроэнергетического оборудования систем электроснабжения;
- регулировку; продувку; смазку.
- быстрое, не требующее ремонта восстановление работоспособности отключившегося оборудования или участка сети.

Правильно организованное техническое обслуживание заземляющих устройств - гарантия безотказной работы электроэнергетического оборудования систем электроснабжения районных сетей. Техническое обслуживание должно проводиться в соответствии с действующими НТД и инструкциями заводов-изготовителей.

При отсутствии заводской документации инструкции по техническому обслуживанию заземляющих устройств должны разрабатываться и утверждаться непосредственно на предприятии, эксплуатирующем систему электроснабжения объекта.

Визуальный осмотр является составной частью всех работ, связанных с техническим обслуживанием заземляющими устройствами электроэнергетического оборудования систем электроснабжения. Осмотр выполняется с целью выявления признаков возможных неисправностей, проверки состояния монтажа и т. п.

Периодичность осмотров назначается в зависимости от сложности и важности электроэнергетического оборудования, а также от места его расположения и характера окружающей среды. При возникновении аварийных ситуаций и отключении электроустановок систем электроснабжения проводят внеочередные осмотры.

Очистка. В условиях эксплуатации очистку электроэнергетического оборудования и уход за его внешним видом необходимо рассматривать как обязательное техническое мероприятие, осуществляемое систематически. Очистка должна предшествовать всем другим операциям по техническому обслуживанию.

Объем работ по очистке определяется конкретным видом электроэнергетического оборудования систем электроснабжения, а общими техническими мероприятиями являются: удаление пыли и грязи, влаги, следов коррозии, подтеков масла и т. п.

Операции по очистке проводятся с помощью пылесосов; сухих щеток; кистей; ветоши, смоченной предусмотренным для данного оборудования растворителем и т. п. Все окрашенные поверхности протирают ветошью, смоченной трансформаторным маслом. Грязь и затвердевшие отложения удаляют деревянными скребками. После проведения мойки (в случае необходимости) следует тщательно удалить капельки влаги и продуть оборудование сжатым воздухом.

Крепежные работы. Соединение деталей электроэнергетического оборудования систем электроснабжения в основном осуществляется резьбовым способом. В процессе эксплуатации заземляющих устройств может иметь место ослабление затяжки вследствие самопроизвольного отвинчивания за счет вибрации, смятие рабочих поверхностей резьбы.

Основная задача крепежных работ состоит в сохранении стабильности предварительной затяжки соединений.

При выполнении технического обслуживания проводят осмотр соединений и их подтяжку, заменяют утерянные или пришедшие в негодность детали новыми. Необходимо учитывать, что периодическое подтягивание резьбовых соединений без необходимости может привести к нарушению затяжки. Поэтому подтягивать необходимо лишь ослабленные соединения.

Для восстановления требуемой затяжки следует пользоваться динамометрическим ключом. Определение ослабленных резьбовых соединений выполняют, постукивая молотком по гайкам и головкам болтов. Ослабленное соединение издает характерный дребезжащий звук.

Испытания преследуют цель контроля эксплуатационной надежности и безопасности обслуживания электроэнергетического оборудования систем электроснабжения и своевременного обнаружения и предупреждения возникновения аварийных ситуаций. Сюда следует отнести, например, испытания электрической прочности изоляции, измерения сопротивления заземления и удельного сопротивления грунта электроэнергетического оборудования систем электроснабжения.

Испытания хотя и не исключают повреждений, которые могут произойти в процессе их проведения, в тоже время в значительной мере предупреждают возможность неожиданного выхода из строя того или иного электроэнергетического оборудования систем электроснабжения в процессе их применения по назначению.

Поскольку при испытаниях эксплуатационный персонал одновременно готовится к возможным восстановительным работам, то, как правило, испытания ведут к снижению времени перерывов в электроснабжении из-за ремонта.

Для большей части оборудования систем электроснабжения испытания не пла-

нируются как самостоятельная операция, а входят в состав плановых профилактических мероприятий.

Ремонты. Плановые ремонты являются основным видом управления техническим состоянием и восстановлением ресурса электроэнергетического оборудования систем электроснабжения. Плановые ремонты реализуются в виде капитального (КР), среднего (СР) и текущего (ТР) ремонтов.

Капитальный ремонт – ремонт, выполняемый для восстановления исправности и полного или близкого к полному восстановлению ресурса изделия с заменой или восстановлением любых частей вплоть до базовых узлов электроэнергетического оборудования систем электроснабжения. Это наиболее сложный и полный по объему вид ремонта электроэнергетического оборудования систем электроснабжения.

При этом производится полная разборка оборудования или вскрытие сети, восстановление или замена изношенных элементов или участков, ремонт базовых деталей, обмоток, коммутационных устройств.

Проводится регулировка, наладка и полная программа испытаний согласно Правил технической эксплуатации или эксплуатационных инструкций с доведением всех характеристик и параметров оборудования или сетей до номинальных паспортных данных, с обеспечением работоспособности на период времени до очередного капитального ремонта.

Капитальный ремонт требует остановки электроэнергетического оборудования систем электроснабжения и отключения сетей. Ремонт включает в себя производство всех работ по текущему и среднему ремонтам, а также дополнительных работ, определяемых технологией капитального ремонта.

Для наиболее ответственного электроэнергетического оборудования при проведении капитального ремонта может учитываться ведомость дефектов, составляемая по результатам ранее проведенных профилактических мероприятий на объекте.

Средний ремонт – ремонт, выполняемый для восстановления исправного состояния и частичного восстановления ресурса изделия с заменой или восстановлением частей ограниченной номенклатуры и контроля состояния согласно требованиям нормативно-технической документации. Указанный вид ремонта электроэнергетического оборудования, например, проводится для трансформаторов в том случае, если нет необходимости производить расшихтовку магнитопровода.

Текущий ремонт – ремонт, выполняемый для обеспечения или восстановления работоспособности изделия и состоящий в замене и (или) восстановлении отдельных частей электроэнергетического оборудования.

При этом виде ремонта путем проверки, очистки, замены быстро изнашиваемых частей, наладки и регулировки оборудование и сети поддерживаются в работоспособном состоянии в период гарантированной наработки. Как правило, текущий ремонт проводится без разборки основных узлов и без вскрытия подземных и скрытых сетей.

Перечни типовых работ для проведения текущего и капитального ремонтов электроэнергетического оборудования систем электроснабжения приводятся в соответствующих инструкциях. На капитальный и средний ремонты составляются ведомости дефектов и сметы затрат.

Устранение непредвиденных повреждений и аварий оборудования систем электроснабжения осуществляется в ходе внеплановых ремонтов. Постановка оборудования на внеплановый ремонт проводится без предварительного назначения.

При проведении внепланового ремонта заменяются или восстанавливаются

только те элементы, которые явились причиной отказа или в которых выявлено прогрессирующее развитие дефекта.

Основной задачей внепланового ремонта является восстановление работоспособности оборудования систем электроснабжения и скорейшее возобновление электроснабжения потребителей, если оно было прервано.

При построении системы технических обслуживаний и ремонтов электроэнергетического оборудования большое значение имеет выбор стратегии выполнения работ, которая устанавливает основные технические принципы обслуживания и тем самым определяет затраты труда, средств и времени на проведение работ.

При эксплуатации систем электроснабжения возможны три стратегии обслуживания электроэнергетического оборудования: «нулевая», регламентированная, по текущему состоянию.

«Нулевая» стратегия предполагает выполнение ремонтных работ только после выхода электроэнергетического оборудования из строя. В этом случае показатели надежности электроустановок систем электроснабжения могут оказаться низкими.

Сущность стратегии регламентированного обслуживания заземляющего устройства в том, что эксплуатационные мероприятия проводятся с периодичностью и с объемом работ в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

По своему содержанию этот вид обслуживания заземляющих устройств является групповым, так как базируется на осредненном опыте эксплуатации однотипных групп электрооборудования.

Недостаток такого подхода в том, что заземляющее устройство может выйти из строя в период между очередными текущими ремонтами.

Плановая система обслуживания заземляющих устройств хорошо себя зарекомендовала и широко применяется при эксплуатации электроэнергетического оборудования систем электроснабжения.

Техническое обслуживание электроэнергетического оборудования систем электроснабжения по текущему состоянию основывается на том, что контроль состояния *не выполняется* с периодичностью и в объеме, установленном НТД.

При этом момент начала проведения мероприятий и объем восстановительных работ определяется только неудовлетворительным техническим состоянием составных частей электроустановки.

Указанная стратегия обслуживания заземляющих устройств по текущему состоянию является наиболее эффективной и прогрессивной, а для ее внедрения требуются:

- современные методы и средства диагностики;
- высокая квалификация обслуживающего персонала;
- эффективные методы и способы работы специализированных обслуживающих организаций.

Наиболее эффективной формой организации ремонтов оборудования систем электроснабжения является централизованная форма, при которой текущий и капитальный ремонты осуществляются специализированными подразделениями самого предприятия или подрядной организации.

1.4 Методы контроля технического состояния

В «Методических указаниях по контролю состояния заземляющих устройств электроустановок» приведены методы измерения, контроля и испытаний заземляющих устройств трансформаторных подстанций и опор воздушных линий электропередач, а

также методы проверки пробивных предохранителей и цепи «фаза - нуль» (в электроустановках напряжением до 1000В) в процессе эксплуатации электроэнергетического.

Основными параметрами, характеризующими состояние заземляющих устройств электроэнергетического оборудования являются:

- сопротивление электроустановок трансформаторных подстанций, электростанций и опор воздушных линий электропередач;
- напряжение на заземляющих устройствах при стекании с него тока замыкания на землю;
- напряжение прикосновения для электроустановок напряжением выше 1000В с эффективно заземленной нейтралью, кроме опор воздушных линий электропередач.

Дополнительными характеристиками заземляющих устройств электроэнергетического оборудования систем электроснабжения, с помощью которых выполняют оценку его технического состояния в процессе эксплуатации, являются качество и надежность соединения его элементов, соответствие сечения и проводимости элементов требованиям ПУЭ, а также интенсивность коррозионного разрушения материалов.

1.4.1 Проверка технического выполнения элементов заземляющего устройства

В процессе эксплуатации контроль технического состояния элементов заземляющих устройств осуществляют путем проверки:

- соответствия выполнения элементов требованиям НТД;
- надежности соединения заземлителей с заземляемыми элементами и естественными заземлителями;
- коррозионного состояния, находящихся в земле элементов;
- напряжения на элементах при стекании тока замыкания на землю;
- состояния пробивных предохранителей;
- цепи «фаза - нуль» в электроустановках напряжением до 1000В с глухим заземлением нейтрали;
- измерения сопротивления объекта контроля;
- измерения сопротивления заземлителей опор;
- напряжения прикосновения на опорах воздушных линий.

1.4.2 Проверка визуальным осмотром

При эксплуатации электрооборудования, визуальную проверку проводят с целью контроля качества технического обслуживания, при проведении ремонтных работ на предмет соответствия сечения, заземляющих проводников требованиям ПУЭ.

Измерение сечения проводников производится штангенциркулем и сравнивается с расчетным значением. Сечение заземляющих проводников определяют по формуле (мм²)

$$S_{зп} \geq I_3 \sqrt{\frac{(\tau + 0,1)}{60}}, \quad (1)$$

где I_3 - ток замыкания на землю (ток, стекающий в землю через место замыкания), А;

τ - время отключения замыкания на землю, (время действия основной защиты и время работы выключателя), с.

При техническом обслуживании особое внимание уделяют заземляющим проводникам от нейтралей силовых трансформаторов, короткозамыкателей, шунтирующих и дугогасящих реакторов. Сечение заземляющих проводников должно соответствовать максимальному для эксплуатируемой трансформаторной подстанции.

В процессе эксплуатации уменьшение сечения по причине коррозии происходит, как правило, непосредственно под поверхностью грунта, поэтому при контроле объекта в обязательна выборочная проверка заземляющих проводников со вскрытием грунта на глубину около 20см.

Коррозионные повреждения проводников на большей глубине, а также в сварных соединениях выявляют при измерениях напряжений прикосновения и проверке металлических связей.

На практике, к заземляющему устройству трансформаторной подстанции подсоединяют грозозащитный трос воздушной линии, в этом случае ток замыкания через трос на землю возрастает и может быть равен для стальных тросов $0,2I_3$, а для сталеалюминевых - $0,7I_3$. При этом, ток однофазного КЗ, на воздушной линии вблизи трансформаторной подстанции, равен току КЗ на открытом распределительном устройстве объекта. Если ток, стекающий в землю через место замыкания, допускает другое время действия основной защиты и время работы выключателя, то его определяют по выражению:

$$I_{доп\tau} = \frac{1,05I_{доп}}{\sqrt{(\tau + 0,1)}} \quad (2)$$

При визуальном контроле технического состояния заземляющего устройства электрооборудования проводят проверку болтовых соединений, которые должны быть надежно затянуты, снабжены контргайкой и пружинной шайбой.

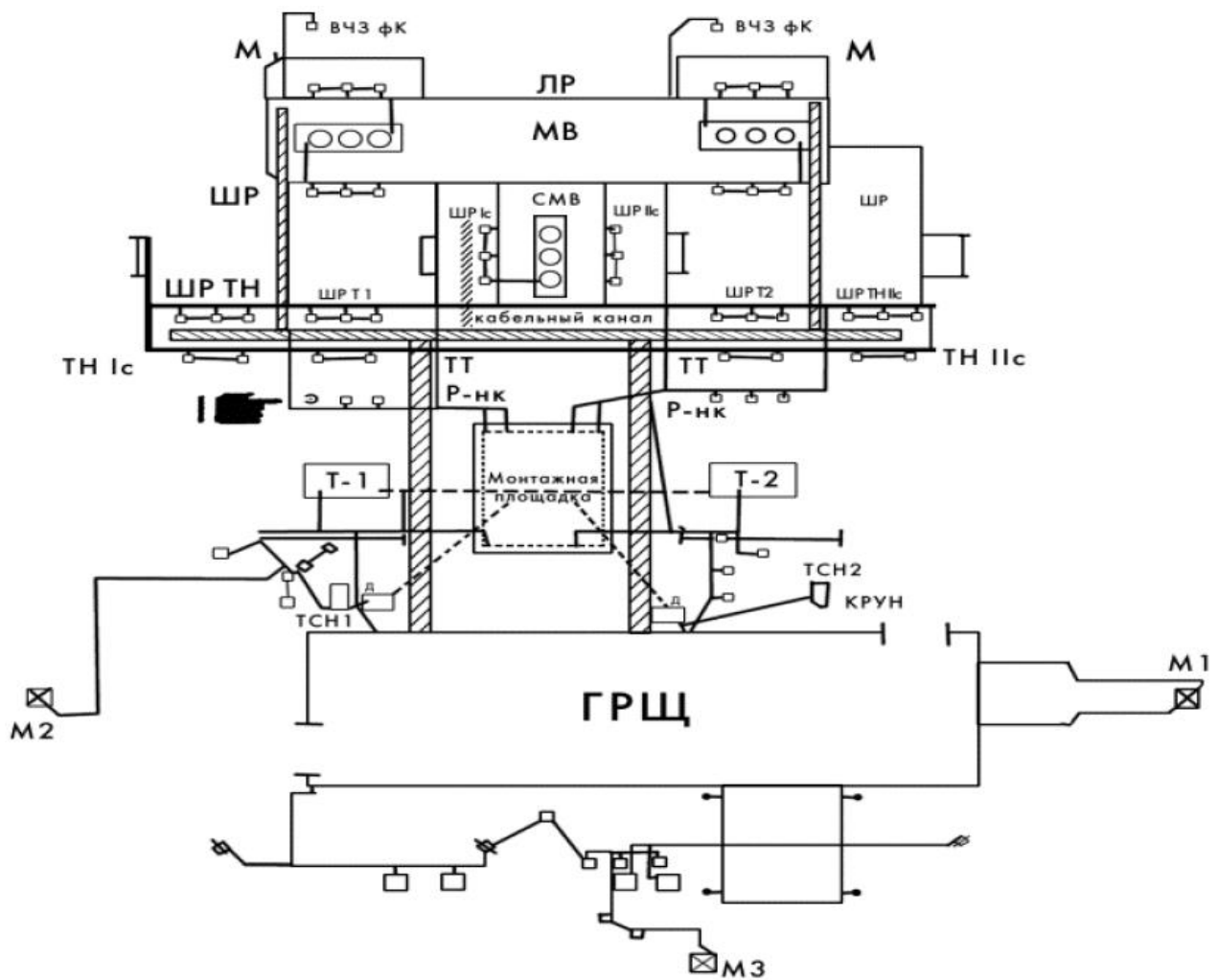
1.4.3 Определение реальной схемы устройства заземления

В процессе эксплуатации объекта проверяют «Рабочий план размещения заземляющего устройства объекта», на котором в масштабе нанесены:

- территория объекта с электроустановками, включая сооружения, здания и отдельно установленное оборудование, которое заземлено;
- магистрали заземляющего устройства и точки присоединения к нему электроэнергетического оборудования;
- кабельные каналы, колодцы, трубопроводы;
- ограждения оборудования объекта;
- автомобильные и пешеходные дороги.

Рассмотрим обобщенную план - схему размещения оборудования с заземляющим устройством на плане трансформаторной подстанции (рисунок 2).

Контроль технического состояния трасс прокладки искусственных заземлителей в грунте объекта осуществляют специализированными измерительными комплексами. В устройстве источник переменного тока с рабочей частотой 400Гц подключается к двум разнесенным по территории подстанции точкам заземляющего устройства исследуемой электроустановки. Проводят проверку работоспособности и калибровку измерительной аппаратуры в соответствии с инструкцией по эксплуатации.



	кабельный канал;
	горизонтальный заземлитель;
	наземное соединение с заземляющим устройством;
	указатель незаземленного оборудования;
	портал;
	молниеотвод;
	присоединение заземляющего проводника к оборудованию
	обрыв заземляющего проводника

Рисунок 2 - Обобщенная план - схема размещения электрооборудования с заземляющим устройством трансформаторной подстанции

В комплексе подключают измеритель напряженности магнитного поля определяют фон излучения магнитного поля на территории трансформаторной подстанции при отключенном источнике переменного тока:

- на уровне грунта;
- в местах присоединения шин заземления к оборудованию объекта;
- над кабельными каналами, под кабельными лотками;
- в местах прокладки трубопроводов и выхода силовых, информационных и сигнальных кабелей из зданий объекта.

Фиксируется наибольшее значение фона излучения магнитного поля и устанавливается такое значение источника переменного тока, чтобы уровень магнитного поля полезного сигнала превышал максимальное фоновое не менее чем в 10 раз.

Определяется трасса прокладки магистралей заземления без вскрытия грунта. Источник переменного тока подключается к удаленным одна от другой точкам ЗУ и с помощью источника напряженности магнитного поля (ИНМП) определяются и наносятся на план места прокладки и соединений поперечных и продольных заземлителей.

Определяются подземные и наземные (через броню и оболочки кабелей, нулевые провода, трубопроводы и металлоконструкции) связи оборудования с ЗУ. Один из выводов источника переменного тока подключается к ЗУ, а второй последовательно присоединяется к заземляющим проводникам оборудования, подлежащего заземлению. Установленные связи наносятся на план. Определяется глубина залегания горизонтальных заземлителей и подземных связей. Для этого с помощью датчика источника напряженности магнитного поля у поверхности земли фиксируется значение напряженности H_1 . Датчик ИНМП поднимается над землей на высоту h_1 при которой индикатор ИНМП будет показывать значение $0,5H_1$. Глубина залегания шины заземлителя $I_3 = h_1$.

1.5 Проверка технического состояния соединения элементов заземляющего устройства

Проверку технического состояния контактных соединений и металлических связей оборудования с заземляющим устройством осуществляют в:

- цепи заземления нейтралей силовых трансформаторов;
- цепи заземления короткозамыкателей;
- цепи заземления шунтирующих и дугогасящих реакторов;
- местах соединения грозозащитных тросов с опорами и конструкциями открытых распределительных устройств;
- местах соединения заземляемого оборудования с устройством.

Контактные соединения проверяются осмотром, простукиванием, а также измерением переходных сопротивлений мостами, микроомметрами и по методу «амперметра - вольтметра».

Значения сопротивления контактов не нормируется, но практикой установлено, что качественное присоединение к заземлителю обеспечивается при переходном сопротивлении не более 0,05 Ом.

Проверка металлических связей электрооборудования с заземляющим устройством выполняется как на рабочих, так и на нерабочих местах. Если заземляющий проводник не подсоединен к заземляющему устройству (нет металлической связи), измеренное значение напряжения во много раз отличается от значений, измеренных на соседних корпусах оборудования.

1.5.1 Проверка коррозионного состояния элементов заземляющего устройства

Заземляющие устройства электроэнергетического оборудования подвергаются совместному воздействию грунтовой коррозии, а также токов короткого и двойного замыкания на землю. Воздействие больших токов ускоряет разрушение естественных и искусственных заземлителей.

На электроэнергетическом оборудовании разрушаются:

- трубопроводы хозяйственного водоснабжения и аварийного пожаротушения;
- заземляющие проводники в местах входа в грунт, непосредственно под поверхностью грунта;
- сварные соединения в грунте;
- горизонтальные заземлители;
- нижние концы вертикальных электродов.

Разрушения бывают локальными, местными и общими.

Локальные коррозионные повреждения заземляющих проводников выявляются при осмотрах (в основном со вскрытием грунта), а также при измерениях напряжения прикосновения и проверке металлических связей.

Местная коррозия характеризуется появлением на поверхности проводника отдельных, иногда множественных, повреждений в форме язв или кратеров, глубина и поперечные размеры которых соизмеримы и колеблются в пределах от долей миллиметра до нескольких миллиметров. Общая коррозия возникает в грунтах с большой коррозионной активностью. Для сплошной поверхностной коррозии характерно равномерное по всей поверхности проводника проникновение в глубь металла с соответствующим уменьшением размеров поперечного сечения элемента.

После механического удаления продуктов коррозии поверхность металла оказывается шероховатой, но без очевидных язв, точек коррозии или трещин. Количественная оценка степени коррозионного износа производится выборочно по участкам элемента заземляющего устройства путем измерения характерных размеров, зависящих от вида 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 (штангенциркулем), а также площадь язв на контролируемом участке заземления. Элемент заземляющего устройства должен быть заменен, если разрушено более 50% его сечения.

Для выявления тенденции коррозии и прогнозирования срока службы заземлителей рекомендуется произвести:

- измерения электрохимического окислительно-восстановительного потенциала;
- измерения удельного сопротивления грунта;
- анализ блуждающих токов в земле.

ПРОГРАММА РАБОТЫ

4.1 Оборудование рабочего места

1. Элементы группового заземляющего устройства трансформаторной подстанции.
2. Учебный макет группового заземляющего устройства подстанции.
3. Цифровой измеритель сопротивления групповых заземляющих устройств, молниезащиты, проводников соединения к земле и выравнивания потенциалов MRU-101.
4. Провод измерительный 25 и 50 м на катушке с разъемами.
5. Провод измерительный 1,2 м с острым зондом.
6. Провод измерительный 2,2 м разъемами «банан».
7. Зонд измерительный для забивки в грунт (30 см).
8. Зажим «Крокодил» изолированный.
9. Кабель для зарядки аккумуляторов (для MRU-101).
10. Кабель последовательного интерфейса RS-232.
11. Оборудование лаборатории.

4.2 Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с оборудованием рабочего места.
2. По инструкции подготовить прибор для MRU-101 к работе.
3. По заданной трех или четырех проводной схеме, в соответствии с инструкцией по эксплуатации MRU-101, выполнить пункты 4 и 5.
4. Подключить цифровой прибор MRU-101 к макету группового заземляющего устройства.
5. Произвести измерение сопротивления элементов группового заземляющего устройства.
6. Заполнить протоколы измерений сопротивления макетов групповых заземляющих устройств трансформаторной подстанции.

4.3 Оформление отчета по лабораторному практикуму

В отчете должны быть представлены следующие материалы:

1. Цель работы и следующие сведения из теории:
 - требования к элементам заземляющих устройств – заземлителям, заземляющим проводникам, главной заземляющей шине;
 - свойства заземляющих проводников и заземлителя;
 - характеристика технических мероприятий на устройстве;
 - три стратегии обслуживания заземляющих устройств;
 - методы контроля технического состояния заземляющих устройств;
 - Проверка технического состояния соединения элементов.
2. Схемы произведенных измерений.
3. Протоколы измерений сопротивления макетов групповых заземляющих устройств.
4. Выводы по работе.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. От чего зависит эффективность функционирования потребителей?
2. Чем характеризуется эксплуатация заземляющих устройств электроэнергетического оборудования системы электроснабжения?
3. Перечислите основные этапы эксплуатации заземляющих устройств электроэнергетического оборудования?
4. Какими документами определяются требования к заземляющим устройствам?
5. Дайте определение заземлителю.
6. Чем отличается искусственный заземлитель от естественного заземлителя?
7. Дайте определение заземляющему устройству электроэнергетического оборудования систем электроснабжения.
8. Что используют в качестве естественных заземлителей электроэнергетического оборудования систем электроснабжения?
9. Что не допускается использовать в качестве заземлителей электрооборудования?
10. Что такое напряжение на заземляющем устройстве?
11. Что такое ожидаемое напряжение прикосновения?
12. Что такое напряжение шага?
13. Чем отличается заземление от защитного заземления?
14. Что такое рабочее (функциональное) заземление?
15. Что такое «защитное зануление в электроустановках напряжением до 1000В»?
16. Чем отличается уравнивание потенциалов от выравнивания потенциалов?
17. Что должно быть установлено в электроустановках потребителей?
18. Какие измерения должны проводиться для определения технического состояния заземляющего устройства?
19. Что должен содержать паспорт на заземляющее устройство?
20. Что включает техническое обслуживание заземляющих устройств электроэнергетического оборудования?
21. Назовите три стратегии обслуживания заземляющих устройств?
22. Какая стратегия обслуживания заземляющих устройств наиболее эффективна и почему?
23. Что проверяют при выполнении контроля технического состояния элементов заземляющих устройств?

ПРОТОКОЛ № _____

Измерение сопротивления контура группового заземления

_____ (указать название объекта)

Заказчик _____

Район края _____ Дата «__» _____ 201__ г.

1. Характеристика грунта и его состояние _____

2. Состояние погоды _____

3. Измерения выполнены _____

4. Измерения проведено цифровым прибором типа _____

5. На напряжение _____ заводской № _____

6. Приспособления: два стальных электрода длиной по _____ м.
Провода ПР _____ длиной $L_1 =$ _____ м; длиной $L_2 =$ _____ м.

7. Ф.И.О. и должность лица выполнявшего работы _____

Данные измерения

№	Место измерения	Сопротивление, Ом	Примечание
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Выполнил: старший бригады _____ (_____)

Проверил: ответственный за объект _____ (_____)

Приложение Б

Цифровой прибор MRU-101 для измерений сопротивления заземляющих устройств опор ВЛ с неизолированными проводами

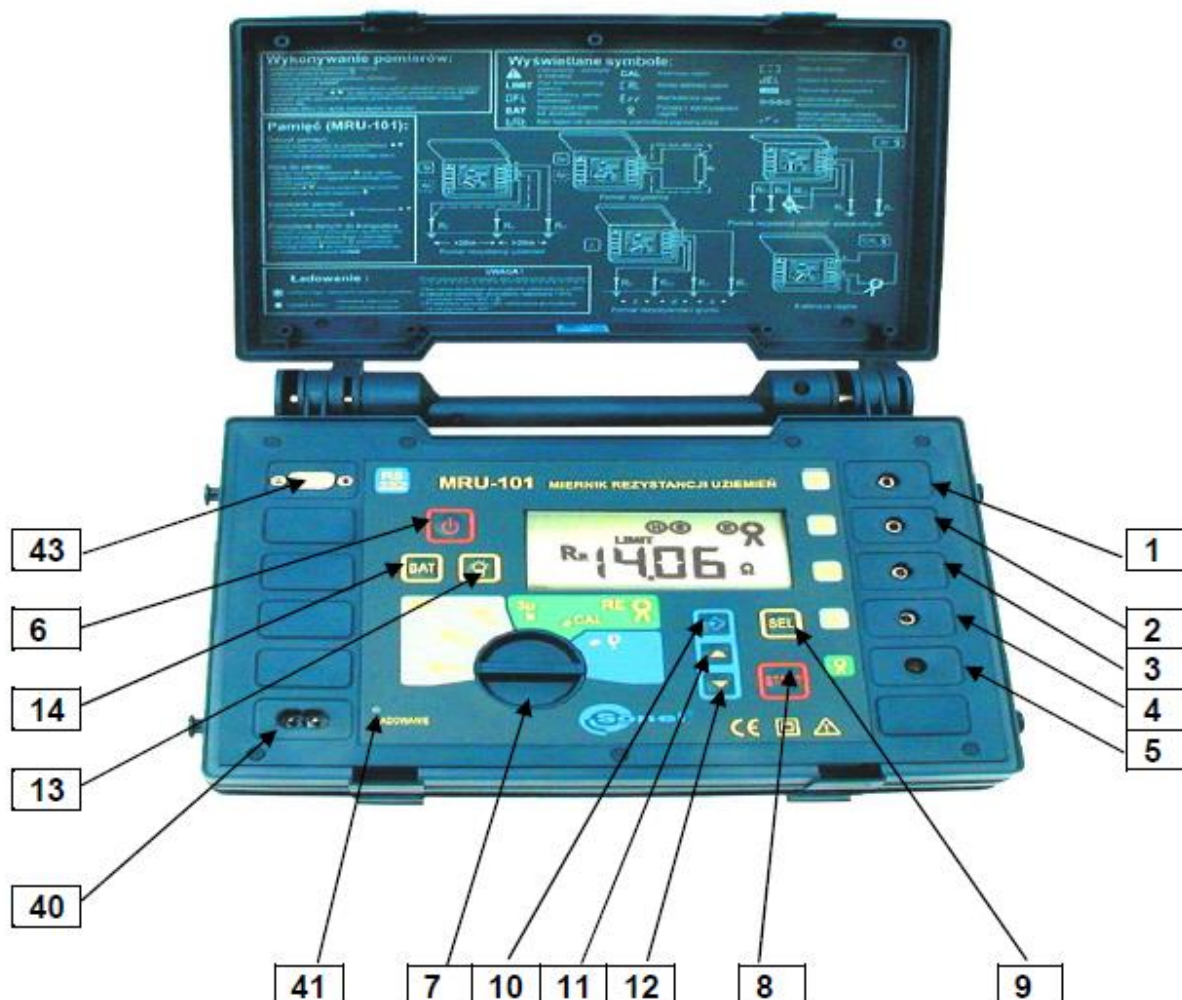


Рисунок 1Г - Передняя панель измерителя MRU-101

Технические характеристики прибора MRU-101:

- измерение сопротивления устройств заземления в трех или четырех полюсной схеме;
- измерение удельного сопротивления грунта с возможностью учета расстояния между электродами (автоматическое вычисление и показ удельного сопротивления в $\text{Om}\cdot\text{м}$);
- измерение сопротивления с использованием двух - или четырех полюсной методики;
- проверка напряжений помех (переменный и постоянный ток) со схемой, блокирующей измерение сопротивления, когда помехи слишком высоки;
- проверка сопротивления измерительных щупов перед измерением, чтобы *обеспечить* требуемую точность измерения;

- память для 300 измерений с передачей сохраненных данных в компьютер (смартфон);
- легко читаемый жидкокристаллический дисплей со способностью отображения в фоновом режиме и подсвечивания;
- питание от аккумуляторной батареи с подзарядкой или Ni-Cd пакет батарей;
- встроенное зарядное устройство;
- подача сигналов разрядки батареи более допустимого уровня;
- автоматическое выключение питания неактивного прибора (AUTO-OFF);
- герметичное исполнение корпуса прибора.

Гнезда на передней панели

- 1. Измерительное гнездо H.* Для соединения с измерительным щупом, предназначенным для вывода тестового тока, используемого для измерений сопротивления.
- 2. Измерительное гнездо S.* Для соединения дополнительного потенциального щупа и при измерениях удельного сопротивления грунта.
- 3. Измерительное гнездо ES.* Для соединения дополнительного потенциального щупа при измерениях сопротивления устройств заземления и удельного сопротивления грунта по четырех полюсной схеме. Это гнездо также используется при измерениях сопротивления по двух - и четырех полюсной схеме.
- 4. Измерительное гнездо E.* При измерениях сопротивления гнездо соединяется с измерительным щупом для вывода измерительного тока, при измерениях удельного сопротивления грунта - с одним из измерительных щупов.
- 5. Разъем для подключения кабеля измерительных клещей.* Обеспечивает соединение измерительных гнезд при многократном измерении сопротивления устройства заземления без разъединения электродов заземлителя.
- 43. Разъем для подключения порта интерфейса RS-232.* К разъему подключается кабель интерфейса для последовательной передачи данных RS-232.
- 40. Гнездо для подачи питания для зарядного устройства.*
- 6. Клавиша для включения (ON) и выключения (OFF) питания измерителя.*
- 7. Функции поворотного переключателя.* Обеспечивает выбор функций измерения:
- 8. Клавиша START.* Начинает процедуру измерения. При измерении удельного сопротивления грунта начинают с минимального расстояния между измерительными щупами, а второй и последующие старты измерений циклически повторяются.
- 9. Клавиша SEL.* Обеспечивает последующий показ всех величин, привязанных к недавно сделанному измерению.
- 10. Клавиша (запись в память).*
- 11. Клавиша «Увеличение».*
- 12. Клавиша «Уменьшение».*
- 13. Клавиша.* Включает или выключает подсветку дисплея.
- 14. Клавиша BAT.* Обеспечивает отображение состояния элементов питания памяти или зарядки элементов батареи питания памяти.

