

Устройство и монтаж заземления и зануления

В чем состоит разница между понятиями **заземление**, **заземляющее устройство** и **заземлитель**?

Заземление, заземляющее устройство и заземлитель – это три различных термина, которые не следует путать.

Под **заземлением** понимают преднамеренное соединение частей электроустановки с заземляющим устройством. Таким образом, в отличие от заземляющего устройства и заземлителя заземление – это процесс, действие.

Заземляющее устройство представляет собой совокупность заземлителя и заземляющих проводников, а заземлитель – проводник или группа проводников, находящихся в непосредственном контакте с землей и соединяющих с ней определенные части электроустановок.

Заземляющие устройства в зависимости от назначения могут выполнять различные функции. Эти устройства разделяют на защитные, рабочие и грозозащитные.

Защитные заземляющие устройства предназначены для защиты людей и животных от поражения электрическим током при случайном замыкании фазного провода на нетоковедущие металлические части электроустановки.

Рабочие заземляющие устройства необходимы для создания определенного режима работы электроустановки в нормальных и аварийных условиях.

Грозозащитные заземляющие устройства используют для заземления стержневых и тросовых молниеотводов и разрядников и предназначены для отвода импульсного тока молнии в землю.

Во многих случаях одно и то же заземляющее устройство может совмещать несколько функций (например, быть защитным и рабочим).

Все **заземлители** делятся на два основных типа.

Принято различать естественные и искусственные заземлители. К естественным заземлителям относят проложенные в земле водопроводные и другие металлические трубопроводы (за исключением трубопроводов горючих или взрывчатых жидкостей и газов); обсадные трубы; металлические конструкции и арматуру железобетонных конструкций зданий и сооружений; свинцовые оболочки проложенных в земле кабелей при условии, что их проложено не менее двух и если отсутствуют другие заземлители и т. п. Нельзя использовать в качестве заземлителей трубопроводы, покрытые изоляцией для защиты их от коррозии, трубопроводы для перекачки горючих жидкостей и газов, алюминиевые оболочки кабелей и голые алюминиевые проводники.

К искусственным заземлителям относят конструкции, выполняемые специально для заземления. Ими могут быть вертикально погруженные в землю стальные стержни и

некондиционные трубы, угловая сталь, горизонтально проложенные стальные полосы, круглые стальные стержни и т. д.

Заземляющий проводник предназначен для соединения заземляемых частей электроустановок с заземлителем.

В качестве заземляющих проводников можно использовать металлоконструкции зданий и сооружений, а также металлические конструкции производственного назначения, например стальные трубы электропроводок, алюминиевые оболочки кабелей, металлические стационарные открыто проложенные трубопроводы любых назначений (кроме тех, которые предназначены для транспортирования горючих и взрывоопасных смесей), металлические фермы, подкрановые пути и т. д.

В жилых зданиях и сооружениях в качестве заземляющих проводников не разрешается использовать водопроводные трубы, трубы отопления.

Наименьшие допустимые размеры заземляющих проводников и элементов заземлителя приведены в таблице.

Наименование заземляющего проводника или элемента заземлителя	Единица измерения	Допустимые размеры		
		В зданиях	В наружных установках	В земле
Круглая сталь	мм (диаметр)	5	6	6
Прямоугольная сталь	мм ² (сечение)	24	48	48
Угловая сталь	мм (толщина полок)	3	4	4
Стальная газовая труба	мм (толщина стенки)	2,5	2,5	2,5
Стальная тонкостенная труба	мм (толщина стенки)	1,5	Не допускается	Не допускается

Главной электрической характеристикой заземляющего устройства является его сопротивление. Оно равно сумме сопротивлений заземлителя и заземляющих проводников.

Сопротивление заземлителя называют сопротивлением растеканию электрического тока.

Электрический ток, стекая с заземлителя в землю, распределяется в объеме неравномерно, встречая на своем пути в земле определенное сопротивление. Поэтому и говорят о сопротивлении растеканию тока с заземлителя в землю. Для краткости его называют просто сопротивлением растеканию.

Сопротивление растеканию заземлителя равно отношению его потенциала (напряжения) в месте ввода к силе тока, идущего с заземлителя в землю:

$$R=U/I$$

В электроустановках напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью сопротивление заземляющего устройства, к которому присоединены нейтрали генераторов или трансформаторов или выводы источника однофазного тока, не должно превышать в любое время года 2, 4 и 8 Ом при линейных напряжениях соответственно 660, 380 и 220 В источника трехфазного или 380, 220 и 127 В однофазного тока. Это сопротивление должно быть обеспечено с учетом использования естественных заземлителей, а также заземлителей повторных заземлений нулевого провода воздушной линии (ВЛ) до 1 кВ при числе отходящих линий не менее двух. Но даже если это требование выполнено, то генераторы или трансформаторы все равно должны иметь свои искусственные заземлители, сопротивления которых должны быть не более 15, 30 и 60 Ом при линейных напряжениях соответственно 660, 380 и 220 В источника трехфазного или 380, 220 и 127 В однофазного тока. При удельном электрическом сопротивлении ρ земли более 100 Ом•м допускается увеличить указанные значения в $\rho/100$, но не более чем в 10 раз.

На концах ВЛ (или ответвлений) длиной более 200 м, а также на вводах в здания, электроустановки которых подлежат занулению, выполняют повторные заземления, используя при этом в первую очередь естественные, а также молниезащитные заземлители. Общее сопротивление всех этих заземлителей, искусственных и естественных, для каждой ВЛ не должно превышать в любое время года 5, 10 и 20 Ом при линейных напряжениях соответственно 660, 380 и 220 В источника трехфазного или 380, 220 и 127 В однофазного тока. При этом сопротивление заземляющего устройства каждого из повторных заземлений должно быть не более 15, 30 и 60 Ом соответственно при тех же напряжениях.

Как и для заземляющих устройств генераторов и трансформаторов, значения указанных сопротивлений разрешается увеличить в $\rho/100$ раз, но не более чем в 10 раз.

Сопротивление заземляющего устройства, используемого для заземления электрооборудования электроустановки напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью, должно быть не более 4 Ом. Это сопротивление может быть увеличено до 10 Ом при мощности генераторов и трансформаторов 100 кВ•А и менее, для параллельно работающих генераторов и трансформаторов сопротивление 10 Ом допускается при их суммарной мощности не более 100 кВА.

К заземляющим устройствам в электроустановках напряжением выше 1 кВ предъявляются следующие требования.

Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ в сетях с эффективно заземленной нейтралью, предназначенные для заземления электрооборудования, за исключением опор воздушных линий электропередачи (ВЛ), выполняют, соблюдая требования к сопротивлению заземляющего устройства или к напряжению прикосновения, а так же к конструктивному выполнению и к ограничению напряжения на заземляющем устройстве.

Если заземляющее устройство выполняют, соблюдая требования к его сопротивлению, то значение последнего в любое время года должно быть не более 0,5 Ом,

включая сопротивления естественных заземлителей. В целях выравнивания электрических потенциалов между электрооборудованием и землей и для присоединения этого оборудования к заземлителю на глубине 0,5...0,7 м от поверхности земли на территории, занятой оборудованием, прокладывают продольные и поперечные проводники, называемые горизонтальными заземлителями. Проводники соединяют между собой. В результате образуется заземляющая сетка.

Продольные горизонтальные заземлители прокладывают вдоль осей электрооборудования со стороны обслуживания на расстоянии 0,8...1,0 м от фундаментов или оснований оборудования. В том случае, когда стороны обслуживания обращены одна к другой и расстояние между фундаментами или основаниями рядов оборудования не превышает 3 м, допускается прокладывать один заземлитель для двух рядов оборудования. При этом расстояние от продольного заземлителя до фундаментов или оснований оборудования может быть увеличено до 1,5 м.

Поперечные заземлители прокладывают на той же глубине в удобных местах между фундаментами оборудования. Для экономии металла и более равномерного выравнивания электрических потенциалов расстояния между поперечными заземлителями принимают увеличивающимися от периферии к центру заземляющей сетки. При этом первое и последующие расстояния, начиная от периферии, не должны превышать соответственно 4; 5; 6; 7,5; 9; 11; 13,5; 16 и 20 м. Размер ячеек заземляющей сетки, примыкающих к местам присоединения к заземлителю короткозамыкателей и нейтралей силовых трансформаторов, не должен быть более 6Х6 м².

По краю территории, занимаемой заземляющим устройством, горизонтальные заземлители прокладывают с таким расчетом, чтобы в совокупности они образовывали замкнутый контур. Если этот контур располагается в пределах внешнего ограждения электроустановки, то у входов и въездов на ее территорию потенциал выравнивают, устанавливая два вертикальных заземлителя длиной 3...5 м. Расстояние между ними выбирают равным ширине входа или въезда. При помощи сварки эти заземлители присоединяют к внешнему горизонтальному заземлителю.

Выполнение заземляющих устройств по допустимому сопротивлению часто приводит к неоправданному перерасходу металла и денежных средств. Экономичнее, иногда в несколько раз, заземляющие устройства, выполняемые с соблюдением требований, предъявляемых к напряжению прикосновения. Такие заземляющие устройства должны обеспечивать в любое время года (при стекании с них токов замыкания на землю) значения напряжений прикосновения, не превышающие нормированные. При их определении в качестве расчетного времени воздействия принимают сумму времени действия основной или резервной защиты и полного времени отключения выключателя. Если определяют допустимые значения напряжений прикосновения у рабочих мест, где при оперативных переключениях могут возникнуть замыкания на конструкции, доступные для прикосновения персоналу, выполняющему переключения, то в указанную сумму времен должно входить и время действия резервной защиты, а для остальной территории – основной.

Для заземляющих устройств, выполненных по напряжению прикосновения, продольные и поперечные горизонтальные заземлители размещают, соблюдая лишь требования ограничения напряжений прикосновения до нормированных значений и удобства присоединения заземляющего оборудования, однако во всех случаях расстояние между двумя соседними продольными или поперечными горизонтальными искусственными заземлителями не должно превышать 30 м, а глубина их заложения в

грунт должна быть не менее 0,3 м. У рабочих мест заземлители можно прокладывать на меньшей глубине при условии, что необходимость этого подтверждается расчетом, а удобство обслуживания и срок службы заземлителя не снижаются. Чтобы снизить напряжение прикосновения, у рабочих мест в обоснованных случаях может быть выполнена гравийная подсыпка толщиной 0,1...0,2 м или сделана асфальтовая отмостка.

Сопротивления заземляющих устройств, выполненных по допустимым напряжениям прикосновения, могут быть любыми, однако не должны превышать значений, определяемых по допустимым напряжениям на заземляющих устройствах и токам замыкания на землю.

Напряжения на заземляющих устройствах, выполненных как по сопротивлению, так и по напряжению прикосновения, не должны превышать 5 кВ при стекании с них тока замыкания на землю. Напряжения выше 5 кВ, но не более 10 кВ допускаются для заземляющих устройств тех электроустановок, для которых предусмотрены специальные меры по защите изоляции отходящих кабелей связи и телемеханики и по предотвращению выноса опасных потенциалов за пределы электроустановок. Для заземляющих устройств, с которых вообще исключен вынос потенциалов за пределы зданий и внешних ограждений электроустановки, допускаются напряжения выше 10 кВ.

Заземляющие устройства электроустановок напряжением выше 1 кВ с изолированной нейтралью выполняют с таким расчетом, чтобы их сопротивления с учетом сопротивлений естественных заземлителей в любое время года не превышали частного от деления коэффициента K на расчетный ток замыкания на землю, выраженный в амперах. Когда заземляющее устройство одновременно используют и для электроустановок напряжением до 1 кВ, $K=125$. При этом также должны выполняться требования, предъявляемые к заземлению электроустановок напряжением до 1 кВ. Если заземляющее устройство используют только для электроустановок напряжением выше 1 кВ, то $K=250$. В обоих случаях сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 10 Ом. В грунтах с высоким удельным электрическим сопротивлением значения сопротивлений заземляющих устройств разрешается иметь увеличенные в $\rho/500$ раз, где ρ – удельное электрическое сопротивление земли в ом-метрах. Однако это увеличение не должно быть более десятикратного.

В качестве расчетного тока замыкания на землю принимают полный ток замыкания на землю при условии, что в сети нет устройств компенсации емкостных токов. В сетях с компенсацией емкостных токов расчетный ток для заземляющих устройств, к которым присоединены компенсирующие устройства, выбирают равным 125% номинального тока этих устройств, а для заземляющих устройств, к которым не присоединены компенсирующие устройства, – равным остаточному току замыкания на землю, который может быть в данной сети при отключении наиболее мощного из компенсирующих устройств или наиболее разветвленного участка сети.

Часто в качестве расчетного тока принимают ток плавления плавких вставок предохранителей или ток срабатывания релейной защиты от однофазных замыканий на землю. В качестве расчетного принимают также и ток срабатывания защиты от междуфазных замыканий при условии, что эта защита обеспечивает отключение замыканий на землю. Во всех случаях ток замыканий на землю должен быть не менее полуторакратного тока срабатывания релейной защиты или трехкратного номинального тока предохранителей.

Расчетный ток замыкания на землю определяют для той из возможных в эксплуатации схем сети, при которой он имеет наибольшее значение.

Заземляющее устройство открытых электроустановок должно содержать замкнутый горизонтальный заземлитель (контур). Глубина его заложения в грунт должна быть не менее 0,5 м. К этому контуру присоединяют заземляемое оборудование. В тех случаях, когда заземляющее устройство находится в земле с удельным электрическим сопротивлением более 500 Ом•м и его сопротивление превышает 10 Ом, вдоль рядов оборудования со стороны обслуживания на расстоянии 0,8...1,0 м от фундаментов или оснований оборудования прокладывают дополнительные горизонтальные заземлители на глубине не менее 0,5 м.

Зануление

Занулением называют соединение металлических корпусов электроприемников с нейтралью питающего трансформатора или генератора посредством нулевого провода.

Зануление должно обеспечить надежное автоматическое отключение участка сети, на котором произошло замыкание. Благодаря занулению любое замыкание на корпус превращается в короткое замыкание и поэтому аварийный участок сразу же отключается автоматом или предохранителями.

Зануление выполняют, соединяя корпуса электрооборудования с нулевым проводом сети. При этом каждый корпус должен быть присоединен к нулевому проводу сети отдельным проводником (рис. «Зануление группы электроприемников», «а»). В зануляющий проводник запрещается последовательно включать несколько частей электроустановки (рис. «Зануление группы электроприемников», «б»).

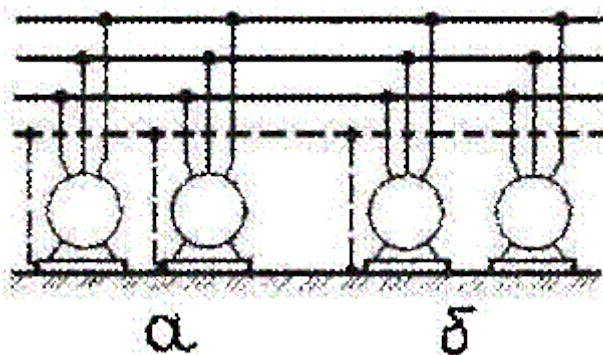


Рис. Зануление группы электроприемников:
а – правильное; б – неправильное.

В чем отличие зануляющего проводника от нулевого рабочего проводника?

Зануляющий проводник предназначен только для зануления. В нормальном эксплуатационном режиме ток по нему не проходит (рис. «Схема зануления электроприемников», «а», «в»).

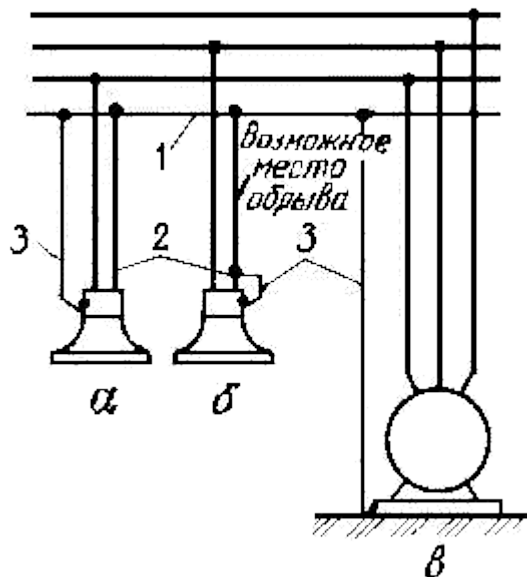


Рис. Схема зануления электроприемников:

Нулевой рабочий проводник используют для подключения однофазных потребителей.

Применять его в качестве зануляющего нельзя (рис. «Схема зануления электроприемников», «б»).

а, в – правильное зануление;

б – неправильное

1 – нулевой провод сети;

2 – нулевой рабочий провод;

3 – зануляющий провод.

В сетях с глухозаземленной нейтралью нулевой провод обязательно следует заземлить, причем в нескольких местах. Основное заземление нулевого провода – на питающей подстанции, повторные – на линии электропередачи и на вводах в помещения.

Зануленное оборудование потребителей обычно заземлять не нужно. Нулевой провод сети надежно заземлен и поэтому оборудование, присоединенное к нему, в дополнительном заземлении не нуждается.

Необходимость заземления зануленного оборудования, как правило, отдельно оговаривается в инструкции по эксплуатации или техническом описании оборудования.

Особо следует подчеркнуть, что в жилых домах нет отдельной шины заземления. Поэтому требование производителей бытовой техники об обязательном заземлении корпусов бытовой техники являются, как правило, технически невыполнимыми и осуществляется зануление корпусов, что в дальнейшем позволяет снимать с производителей бытовой техники юридическую ответственность.

Сопротивление растеканию заземлителя измеряется следующим образом.

Это сопротивление обычно измеряют по методу амперметра и вольтметра, используя портативные приборы по схеме, приведенной на рисунке «Схемы измерений сопротивления растеканию заземлителя», «а».

Для измерения необходимы два вспомогательных электрода. Токовый Т используют для того, чтобы через измеряемый заземлитель пропустить электрический ток, а

потенциальный П – для измерения потенциала заземлителя. Сопротивление заземлителя, измеренное в приведенной схеме, вычисляют по известной формуле

$$R=U/I$$

В качестве источника измерительного тока может быть использован сварочный или любой другой трансформатор, у которого вторичная обмотка не имеет электрической связи с первичной. Потенциальный и токовый электроды располагают так, как это показано на рисунке «Схемы измерений сопротивления растеканию заземлителя», «б». В приведенной схеме расстояния даны для измерения сопротивления растеканию заземлителя потребительской подстанции, выполненного в виде замкнутого контура. При измерении сопротивлений растеканию одиночных заземлителей, предназначенных для повторных заземлений нулевого провода линии электропередачи, указанные расстояния могут быть уменьшены в 2 раза.

При измерении сопротивления растеканию заземлителя прибором МС-08 его располагают в непосредственной близости от места подключения к испытываемому заземлителю и собирают одну из схем, приведенных на рисунке «в» «Схемы измерений сопротивления растеканию заземлителя», или «г», которые отличаются одна от другой только тем, что в схеме «г» из показания прибора необходимо вычесть значение сопротивления соединительного проводника, идущего от заземлителя до клемм I₁ и E₁. После сборки схемы, регулируют сопротивления потенциальной цепи.

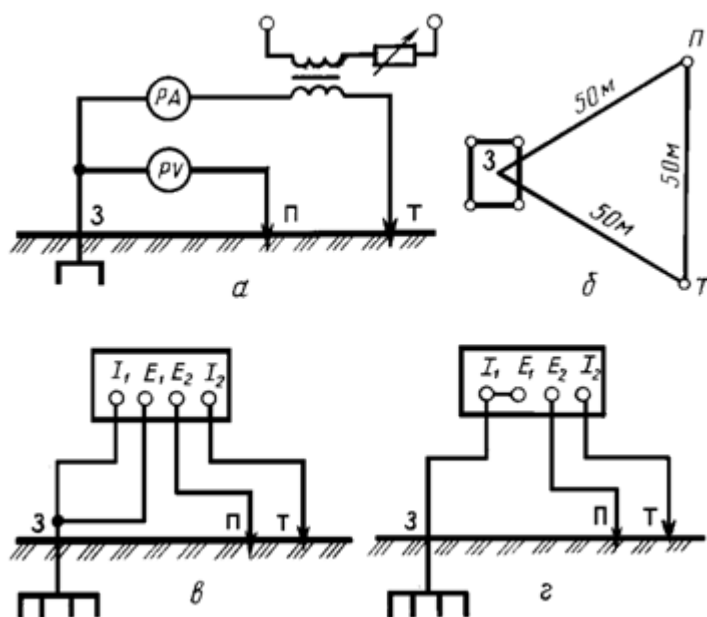


Рисунок. Схемы измерений сопротивления растеканию заземлителя:
 а – принципиальная схема;
 б – схема расположения электродов;
 в – измерение сопротивления заземлителя;
 г – измерение суммарного сопротивления заземлителя и соединительного проводника.

Для этой цели переключатель диапазона ставят в положение «Регулировка» и, вращая ручку генератора с частотой около двух оборотов в секунду, добиваются при помощи регулировочного реостата установки стрелки прибора на красную черту. Если установить стрелку на красную черту не удастся, значит, сумма сопротивлений заземлителя и потенциального электрода больше 1000 Ом и нужно уменьшить сопротивление

потенциального электрода. Для этого прибегают к местному увлажнению земли подсоленной водой, более глубокому заложению потенциального электрода или применению нескольких параллельно соединенных стержней, забиваемых в землю на расстоянии 3...4 м один от другого.

После регулировки потенциальной цепи приступают непосредственно к измерению. Для этого переключатель диапазонов переводят в положение «ХI», что соответствует диапазону измерений 10...1000 Ом, и, вращая ручку генератора, измеряют сопротивление растеканию заземлителя. Если при этом стрелка попадает на нерабочую часть шкалы (0...10 Ом), то переходят на меньший диапазон измерений, переводят переключатель диапазонов в положение «X0,1» или «X0.01».

Если оборудование надежно заземлено (например, двигатель погружного насоса для подачи воды), но не занулено, то такое оборудование является источником повышенной опасности поражения электрическим током. Поэтому его необходимо занулять, соблюдая выше перечисленные требования к устройству зануления.

Дополнительными защитными мерами электробезопасности в дополнение к заземлению и занулению широко используются устройства для выравнивания электрических потенциалов и быстродействующие высокочувствительные устройства защитного отключения (УЗО).