

**ВОПРОС:**

Качественное выполнение системы заземления на защищаемом объекте позволяет обеспечить не только электробезопасность работающего персонала, но и пожарную безопасность электроустановок. Это наиболее актуально для пожаровзрывоопасных объектов, на которых нарушение целостности заземляющих проводников может привести к появлению источников зажигания в виде электрической дуги или искрения, не предусмотренных нормальной работой сети.

Какие требования нормативных документов определяют выбор компонентов системы заземления, порядок контроля ее безопасной работы и периодичность проверок нормального состояния?

ОТВЕТ:

К системе заземления предъявляются достаточно жесткие требования сразу по нескольким направлениям, связанным с обеспечением:

- электробезопасности и контроля допустимых значений напряжений прикосновения;
- надежного заземления нулевого защитного проводника, нейтрали электрических сетей и корпусов электрооборудования;
- уравнивания потенциалов;
- электромагнитной совместимости;
- заземления молниеотводов системы молниезащиты.

Для каждого направления разработаны отдельные документы (в том числе ведомственные), регламентирующие порядок выбора, монтажа и обслуживания заземляющих устройств.

В первую очередь стоит отметить ГОСТ Р 50571.5.54–2013 [1], в котором определены требования к заземляющим устройствам, защитным проводникам и защитным проводникам уравнивания потенциалов, применяемым для обеспечения безопасности в электроустановках.

В документе [1] подробно рассмотрены вопросы выбора материала для элементов системы заземления (алюминий не применяется), его формы и размеров, способов соединения этих элементов между собой с учетом места прокладки заземляющих проводников (обычно воздух и грунт).

С позиции обеспечения пожаровзрывобезопасности в ГОСТе [1] отмечено, что в качестве заземлителей не должны использоваться металлические трубопроводы с горючими жидкостями и газами, а их части, проложенные в земле, не должны учитываться при расчете параметров заземлителей.

Для обеспечения электробезопасности с помощью защитного заземления и зануления следует руководствоваться требованиями ГОСТ 12.1.030–81 [2]. Указанные в стандарте положения не распространяются на защитное заземление, зануление электроустановок, применяемых во взрывоопасных зонах, на электрифицированном транспорте, судах, в металлических резервуарах, под водой, под землей и для медицинской техники.

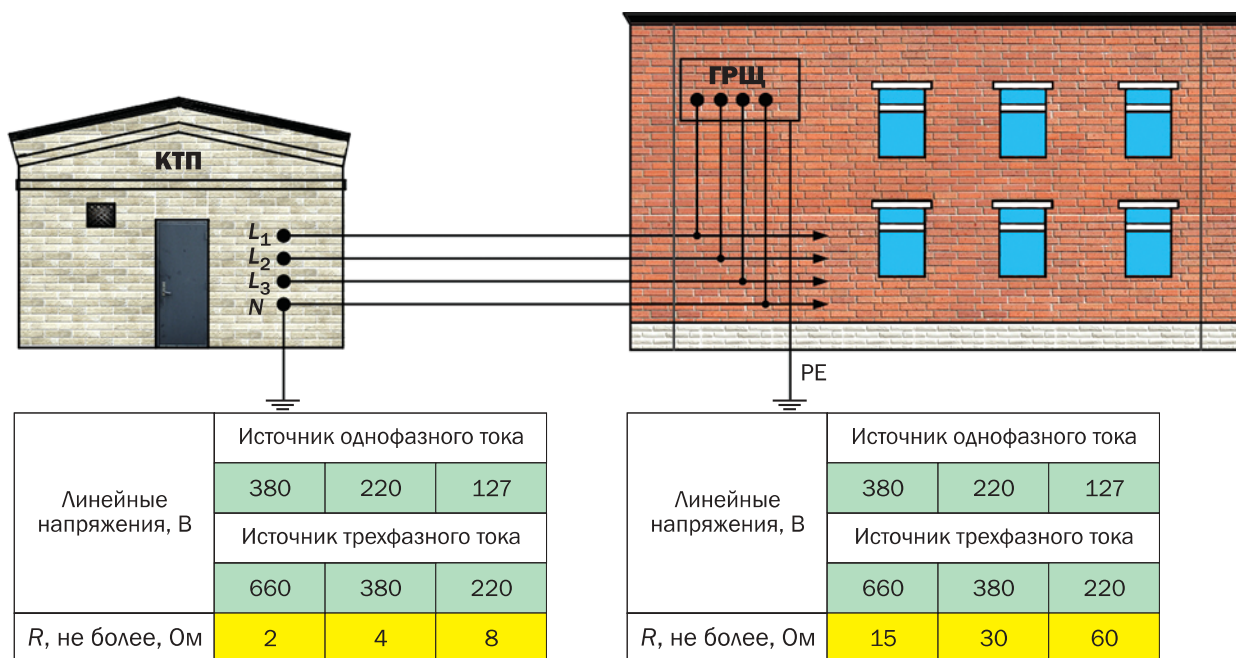
Требования ГОСТа [2] частично дублируются в гл. 1.7 Правил устройства электроустановок (ПУЭ) [3]. В ней отмечено, что для сетей напряжением до 1 кВ с изолированной нейтралью (система IT) сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 10 Ом, а в сетях напряжением выше 1 кВ должно определяться по отношению $R = 250/I$ (где I — расчетная сила тока заземления на землю, А).

Для сетей напряжением до 1 кВ с глухозаземленной нейтралью (система TN) сопротивление заземляющего устройства выбирается в зависимости от подключенных к нему участков цепи. Если к заземляющему устройству присоединены нейтрали генераторов (трансформаторов) или выводы однофазного источника питания, то их сопротивление должно быть не более значений, представленных на рисунке слева. Сопротивление заземлителя, расположенного в непосредственной близости от нейтрали генератора или трансформатора либо вывода источника однофазного тока, не должно превышать значений, указанных на рисунке справа.

При выполнении условий электробезопасности учитываются предельно допустимые значения напряжения прикосновения, которые установлены ГОСТ 12.1.038–82 [4].

Требования по контролю исправного состояния заземляющих устройств и по периодичности их проверок установлены Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) [5]. В них указано, что открыто проложенные заземляющие проводники должны быть защищены от коррозии и окрашены в черный цвет. Их видимые части должны периодически осматриваться для оценки состояния контактных соединений между защитным проводником и оборудованием, наличия антикоррозионного покрытия и отсутствия обрывов. Такой осмотр должен проводиться по графику, но не реже 1 раза в 6 месяцев ответственным за электрохозяйство объекта или работником, им уполномоченным. Результаты каждого осмотра должны быть отмечены в паспорте заземляющего устройства.

Такой паспорт заводится на каждое заземляющее устройство, находящееся в эксплуатации. В нем должны быть указаны:



Сопротивление R заземляющего устройства системы TN в зависимости от места его расположения и подключаемых элементов сети

- 1) исполнительная схема устройства с привязками к капитальным сооружениям;
- 2) связи с надземными и подземными коммуникациями и другими заземляющими устройствами;
- 3) дата ввода в эксплуатацию;
- 4) основные параметры заземлителей (материал, профиль, линейные размеры);
- 5) величина сопротивления растеканию тока заземляющего устройства и сопротивления металlosвязи оборудования с заземляющим устройством;
- 6) удельное сопротивление грунта;
- 7) данные по напряжению прикосновения (при необходимости), степени коррозии искусственных заземлителей;
- 8) ведомость осмотров с указанием выявленных дефектов и информацией по их устранению.

Кроме того, к паспорту должны быть приложены данные о характере ремонтов и об изменениях, внесенных в конструкцию устройства.

Не реже одного раза в 12 лет должны выполняться осмотры заземляющего устройства с выборочным вскрытием грунта в местах, наиболее подверженных коррозии, а также вблизи мест заземления нейтралей силовых трансформаторов, присоединений разрядников и ограничителей перенапряжений. Элемент осматриваемого заземлителя заменяется, если разрушено более 50 % его сечения.

Частичный осмотр не дает полной картины состояния заземляющего устройства, поэтому для подтвержде-

ния его исправного состояния в соответствии с нормами испытаний электрооборудования (см. прил. 3 [5]) должно выполняться:

- измерение сопротивления заземляющего устройства;
- измерение 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;
- измерение токов короткого замыкания электроустановки и проверка состояния пробивных предохранителей;
- измерение удельного сопротивления грунта в районе заземляющего устройства.

Указанные измерения в обязательном порядке проводятся после каждой реконструкции и ремонта заземляющих устройств, при обнаружении разрушения или перекрытия изоляторов воздушных линий электропередач электрической дугой.

Согласно ГОСТ Р 51317.6.5–2006 [6] (прил. А) при протекании токов в силовых кабелях, линиях электропитания и цепях заземления возникают помехи в виде магнитных полей. В соответствии с требованиями по электромагнитной совместимости (ЭМС) заземляющее устройство должно быть выполнено так, чтобы уровни этих помех не превышали допустимых значений (по величине напряжений и токов) для вто-

ричного оборудования как при нормальной работе электрической сети, так и при коротких замыканиях и коммутационных процессах.

Импульсные магнитные поля возникают в электрических цепях и заземляющих проводниках при прохождении по ним токов молниевых разрядов, что также требует соблюдения требований стандарта [6] по ЭМС. При выполнении системы заземления с целью молниезащиты объекта по международному стандарту IEC 62305-3-2006 (подраздел 5.4) должны обеспечиваться допустимые уровни грозовых и коммутационных перенапряжений, воздействующих на изоляцию первичного и вторичного оборудования соответствующего класса напряжения в рамках обеспечения ЭМС по стандарту [6].

Для заземлителей системы молниезащиты в зависимости от категории здания (I, II и III) по РД 34.21.122-87 [7] установлен количественный критерий — импульсное сопротивление растеканию токов молнии. Его максимально допустимое значение принимается равным 10 Ом для зданий и сооружений I и II категорий и 20 Ом — III категории. При этом в грунтах с удельным сопротивлением более 500 Ом·м допускается увеличивать импульсное сопротивление до 40 Ом при одновременном удалении молниеотводов от объектов I категории на расстояние, гарантирующее исключение пробоя по воздуху и в земле. Максимально допустимое импульсное сопротивление заземлителей для наружных установок принимается 50 Ом. Импульсное сопротивление отличается от регламентируемого другими нормативными документами сопротивления заземлителя и зависит от нескольких параметров тока молнии (амплитуды, крутизны, длины фронта), варьирующихся в широких пределах. Определить его значение на проектной стадии невозможно, поэтому следует пользоваться конкретными конструкциями заземлителей, представленными в п. 2.2 Инструкции [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ Р 50571.5.54-2013 (МЭК 60364-5-54:2011). Электроустановки низковольтные. Часть 5-54. Заземляющие устройства, защитные проводники и защитные проводники уравнивания потенциалов. — Введ. 01.01.2015. — М. : Стандартинформ, 2014.
2. ГОСТ 12.1.030-81. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (в ред. 01.06.2001). — Введ. 01.07.1982. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.
3. Правила устройства электроустановок (ПУЭ). — 7-е изд. — М. : Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.
4. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (в ред. 01.06.2001). — Введ. 01.07.1983. — М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.
5. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей (ПТЭЭП) : утв. приказом Минэнерго РФ от 13.01.2003 № 6; введ. 01.07.2003 // Российская газета. — 2003. — № 139.
6. ГОСТ Р 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. — Введ. 01.07.2007. — М. : Стандартинформ, 2007.
7. РД 34.21.122-87. Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений : утв. Главтехуправлением Минэнерго СССР 12.10.1987. — Введ. 12.10.1987. — М. : Энергоатомиздат, 1989.

*Ответ подготовили сотрудники кафедры специальной электротехники, автоматизированных систем и связи Академии ГПС МЧС России: канд. техн. наук, профессор, академик НАНПБ **В. Н. ЧЕРКАСОВ**; старший преподаватель **А. С. ХАРЛАМЕНКОВ** (e-mail: h_a_s@live.ru)*