МИНИCТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**(ДГТУ)**

**В.Н. Черкасов, В.И. Зыков, А.Н. Петренко, В.Е. Мереняшев**

**ЛЕКЦИЯ № 15**

**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

**«Пожарная безопасность электроустановок»**

Специальность 20.05.01 «Пожарная безопасность»

Ростов-на-Дону

2022

**Учебные вопросы**

1. **Молниеотводы.**
2. **Защита зданий и сооружений от прямых ударов молнии и от вторичных воздействий молнии.**
3. **Эксплуатация устройств молние-защиты.**

**УЧЕБНЫЙ ВОПРОС №1. Молниеотводы**

**Средством защиты от прямых ударов молнии служит молниеотвод** – устройство, рассчитанное на непосредственный контакт с каналом молнии и отводящее ее ток в землю.

Здания и сооружения от прямых ударов защищают молниеотводами, каждый из которых конструктивно состоит из молниеприемника, непосредственно воспринимающего удар молнии, токоотвода, соединяющего молниеприемник с заземлителем, и заземлителя, через который ток молнии стекает в землю. Вертикальная конструкция (столб, мачта) или часть сооружения, предназначенная для закрепления молниеприемника и токоотвода, называется опорой молниеотвода.

**Токоотводы** молниеотводов применяют для соединения молниеприемников с заземлителями из стали любого профиля. Их рассчитывают на пропускание полного тока молнии без нарушений и существенного перегрева. **Они должны быть** оцинкованы, пролужены или окрашены для предупреждения коррозии. Не рекомендуется применять многопроволочный стальной трос, если у него не оцинкована каждая нить. Наименьшее сечение токоотводов, выполненных из угловой и полосовой стали и расположенных вне сооружения на воздухе, равно 48 мм2, для расположенных внутри – 24 мм2, а круглые токоотводы должны иметь наименьший диаметр 6 мм. Токоотводами могут служить арматура железобетонных конструкций, направляющие лифтов, пожарные лестницы, водопроводные, водосточные и канализационные трубы, колонны, стенки резервуаров, электрически надежно связанные

**Заземляющие устройства** являются важнейшим элементом в комплексе средств обеспечения защиты объектов от прямого удара молнии, заноса высоких потенциалов по коммуникациям и электростатической индукции. Основной частью их являются собственно заземлители, находящиеся в достаточно хорошо проводящей среде.

**Заземлитель молниезащиты** – один или несколько заглубленных в землю проводников, предназначенных для отвода в землю токов молнии или ограничения перенапряжений, возникающих на металлических корпусах, коммуникациях при близких разрядах молнии. Они бывают *одиночными* (простыми) или сложными (комбинированными). К первым относятся трубы, электроды из круглой, полосовой, угловой и листовой стали, железобетонные подножки и сваи, а сложные образуются из комбинаций простых. Одиночные делятся на сосредоточенные и протяженные. У первых потенциал практически по длине не изменяется, у вторых потенциалы начала и конца отличаются друг от друга вследствие большой длины электродов, малого их сечения, высокого удельного сопротивления материалов или высокой удельной проводимости грунта.

Еще различают **искусственные** и **естественные** заземлители.

**Искусственные** заземлители – специально проложенные в земле контуры из полосовой или круглой стали, сосредоточенные конструкции, состоящие из вертикальных и горизонтальных проводников.

**Естественные** заземлители – заглубленные в землю металлические и железобетонные конструкции зданий и сооружений.

Заземлители могут быть *поверхностными* и *углубленными*. Последние обычно изготовляют из круглой или полосовой стали и укладывают в глубокие котлованы или траншеи, чаще всего по периметру фундамента, если последний не может быть использован в качестве естественного заземлителя. Наконец, существуют вертикальные заземлители (обычно стержни из круглой или угловой стали и трубы, железобетонные подножники и сваи, забиваемые в землю, реже – стальные круглые стержни, ввинченные в грунт) и **горизонтальные***,* изготовленные из любой профильной стали, закапываемые неглубоко в грунт.

**Вертикальные** заземлители более эффективны, так как большая их часть располагается во влажных и менее промерзающих слоях почвы. Их длину берут от 2 до 5 м и применяют в глинистых или смешанных грунтах с удельным сопротивлением ρ менее 300 Ом⋅м и при сравнительно высоком уровне грунтовых вод. Если же верхние слои почвы обладают высоким ρ и этот уровень низок, то длину электродов увеличивают до 4-6 м. Наиболее употребительны и удобны заземлители из круглой стали диаметром 12-30 мм, угловой с шириной полок 40-50 мм, толщиной не менее 4 мм и трубы (чаще всего некондиционные или непригодные к дальнейшему использованию по назначению) с наружным диаметром 25-60 мм и толщиной стенки не менее 3,5 мм. Верхний конец вертикальных заземлителей располагают от поверхности земли на 0,5-1 м. На этом уровне высыхание или промерзание грунта затруднено.

**Горизонтальные** заземлители используют в грунтах с длительно влажными верхними слоями, где трудно забивать вертикальные электроды (гористая местность, районы вечной мерзлоты). Если грунт обладает плохой проводимостью (песок), то траншею для горизонтальных заземлителей заполняют другим грунтом, удобренным солями или их растворами. Для электродов берут преимущественно полосовую сталь сечением не менее 160 мм2 (40×4 мм) и реже круглую сталь эквивалентного сечения. Электроды укладывают на глубину 0,6-0,8 м в виде одного или нескольких симметричных лучей, длина каждого из них, считая от токоотвода, обычно не превышает 25-30 м. Чем больше удельное сопротивление грунта, тем больше длина луча и их число. Электроды любого типа соединяют между собой и с токоотводами только сваркой.

**УЧЕБНЫЙ ВОПРОС №2. Защита зданий и сооружений от прямых ударов молнии и от вторичных воздействий молнии.**

**Защита зданий и сооружений от прямых ударов молнии**

Защиту от прямых ударов молнии выполняют отдельно стоящими стержневыми (рис. 8.19) или тросовыми молниеотводами (рис. 8.20). Тем самым резко снижаются перенапряжения между элементами здания и вероятность искрения. Молниеотводы должны обеспечивать зону защиты типа А. При ударе молнии в молниеотвод высокий потенциал приобретает все его части. Возникающие при этом разности потенциалов могут оказаться достаточными для пробоя изоляции между токоотводом и частями здания или пробоя в земле между заземлителем молниеотвода и подземными металлическими коммуникациями, связанными со зданием.

Наименьшее допустимое расстояние *S*в по воздуху от защищаемого объекта до опоры (токоотвода) стержневого или тросового молниеотвода (см. рис. 8.19 и 8.20) определяется в зависимости от высоты здания, конструкции заземлителя и эквивалентного удельного сопротивления грунта.

**Зоны взрывоопасности.** Для зданий и сооружений, имеющих газоотводные трубы, свечи или вентиляционные устройства, через которые происходит выброс взрывоопасных смесей горючих газов и паров в атмосферу, молниеотводы надо располагать так, чтобы контакт молнии с молниеприемником происходил вне пределов взрывоопасной зоны, которая должна вписываться в зону защиты молниеотвода. Необходимость выполнения этого требования тем более очевидна, если газоотводные или дыхательные трубы не имеют огнепреградителей.

Молниезащита с учетом зон взрывоопасности не обязательна: для труб аварийного выброса горючих газов; труб с постоянно горящими факелами, поджигаемыми в момент выброса газов; при выбросе газов невзрывоопасной концентрации или при азотном дыхании технологических аппаратов; для вентиляционных шахт, предохранительных и аварийных клапанов, выброс газов взрывоопасной концентрации из которых осуществляется только в аварийных случаях.

**Защита зданий и сооружений II категории**

Защиту от прямых ударов молнии зданий и сооружений с металлической кровлей выполняют отдельно стоящими или установленными на зданиях неизолированными стержневыми, либо тросовыми молниеотводами, обеспечивающими тип зоны в зависимости от количества поражений (см. параграф 8.3, формула (8.7)). От каждого стержневого молниеприемника или от каждой стойки тросового молниеотвода на здании прокладывают два токоотвода. При использовании сосредоточенных заземлителей они должны быть проложены по противоположным сторонам зданий.

При уклоне кровли не более 1/8 может быть использована также молниеприемная сетка (шаг ячеек сетки должен быть не более 6×6 м).

Защита зданий и сооружений III категории

Защита от прямых ударов молнии обычно выполняется одним из способов, рекомендуемых для II категории. Отличием является лишь то, что площадь ячейки молниеприемной сетки допускается с шагом не более 12×12 м. Защита зданий и сооружений от вторичных воздействий молнии

Защите от вторичных воздействий молнии (электростатической и электромагнитной индукции) подлежат здания и сооружения I и II категории и некоторые виды наружных установок классов 1н, 2н и П-III. Она почти всегда сочетается с защитой от статического электричества

**УЧЕБНЫЙ ВОПРОС №3. Эксплуатация устройств молниезащиты.**

**Устройства молниезащиты должны быть** заложены в проект и график строительства или реконструкции здания или сооружения таким образом, чтобы выполнение молниезащиты происходило одновременно с основными строительно-монтажными работами.

Устройства молниезащиты зданий и сооружений от прямых ударов молнии, электростатической и электромагнитной индукции и заноса высоких потенциалов должны быть испытаны и введены в эксплуатацию к началу отделочных работ, а при наличии взрывоопасных зон (I и II категории) - до начала комплексного опробования технологического оборудования. При этом оформляется и передается заказчику скорректированная при строительстве и монтаже проектная документация по устройству молниезащиты (чертежи и пояснительная записка) и акты приемки устройств молниезащиты, в том числе акты по выполнению малодоступных элементов (молниеприемников, их креплений на сооружении), акты на скрытые работы по присоединению заземлителей к токоотводам и токоотводов к молниеприемникам, за исключением случаев использования стального каркаса здания в качестве токоотводов и молниеприемников, а также результаты замеров сопротивлений току промышленной частоты заземлителей отдельно стоящих молниеотводов.

**Приемка в эксплуатацию** устройств молниезащиты производится комиссией в составе представителей заказчика, генподрядной и монтажной организаций, представителя местных органов Госгортехнадзора (для объектов надзора, поднадзорных Госгортехнадзору), представителя органов госпожнадзора и др. (примерный состав). Вся техническая документация по окончании приемки устройств молниезащиты передается организации, ведущей ее эксплуатацию. В акте приемки-сдачи следует указывать гарантийный срок работы устройств молниезащиты.

**Контроль состояния и обслуживание устройств**

**молниезащиты**

Эффективность действия устройств молниезащиты в значительной степени зависит от исправного технического состояния всех элементов.

Контроль за состоянием устройств молниезащиты и проведение ремонта и технического обслуживания должны проводиться по системе планово-предупредительных ремонтов и осмотров.

**Проверка состояния** устройств молниезащиты должна производиться для зданий и **сооружений I и II категории** – один раз в год перед началом грозового сезона; для **зданий и сооружений III категории** – один раз в 3 года. **Цель ревизии следующая**:

проверить надежность электрической связи между токоведущими элементами (в местах сварки, в болтовых и прочих соединениях);

выявить элементы в защитных устройствах, требующие замены или усиления из-за механических повреждений;

определить степень разрушения коррозией отдельных элементов молниезащиты, принять меры по антикоррозийной защите и усилению элементов, поврежденных коррозией;

проверить соответствие устройств молниезащиты категории здания или установки;

измерить сопротивление всех заземлителей отдельно стоящих молниеотводов.

При превышении сопротивления заземлителя более чем в 5 раз, по сравнению с результатами соответствующих замеров на стадии приемки, следует проводить полную ревизию заземлителя.

На основании ревизий определяют объем предупредительного ремонта устройств молниезащиты, который должен быть закончен к началу грозового сезона (март – для южных и апрель – для центральных районов РФ). Мелкие текущие ремонты молниезащитных устройств могут быть произведены во время грозового сезона, капитальные - в негрозовое время года.

Эксплуатация систем молниезащиты

###### Общие положения

Программы текущих работ по обслуживанию и инспектированию СМЗ должны быть скоординированы, рассмотрены специалистами, или проектировщиками СМЗ, или ее монтажниками совместно с собственником объекта защиты или его полномочным представителем.

Программа обслуживания СМЗ важна даже тогда, когда проектировщик предусмотрел все меры по ее антикоррозионной защите и выдержал все размеры и параметры компонентов СМЗ с учетом разрушающего воздействия молнии и погодных условий. Компоненты СМЗ вследствие коррозии, воздействия погоды, механических нагрузок и ударов молнии уже через год могут потерять свою начальную эффективность. Поэтому, чтобы СМЗ соответствовала требованиям норм, ее механические и электрические характеристики должны поддерживаться постоянно в течение всего срока ее службы.

При реконструкции здания, оборудования или при изменении назначения использования здания может потребоваться и рекомендация СМЗ.

**Порядок эксплуатации СМЗ**

**Для всей системы СМЗ должна быть установлена периодичность обслуживания и профилактики, которая определяется**:

- погодными условиями и разрушающим воздействием окружающей среды;

- разрушениями, причиненными воздействием молнии;

- принятым для объекта защиты уровнем или категорией молниезащиты.

Периодичность обслуживания и профилактики должна быть установлена для каждой части СМЗ и должна найти отражение в полной программе текущего обслуживания объекта защиты. Программа должна включать перечень регламентных работ, выполняемых регулярно и так, чтобы была возможность сравнивания их результата с предшествующим состоянием.

Программа профилактических работ должна включать:

- проверку всех проводников и электропроводящих систем СМЗ;

- проверку целостности электропроводящих путей СМЗ в целом (всего монтажа);

- измерение сопротивления системы заземлителей молниезащиты растеканию токов молнии;

- проверку разрядников системы защиты от заноса высокого потенциала в зону защиты, устройств от перенапряжения УЗП и УЗГ;

- перезакрепление проводников и компонентов СМЗ;

- проверку эффективности СМЗ после размещения дополнительного оборудования или изменений, произведенных в объекте защиты или в размещенных в нем системах или установках.

**Эксплуатационная документация**

Все выполняемые мероприятия должны регистрироваться, и записи должны отражать информацию о выполненных ремонтных работах и о требуемых исправлениях. В записях должна даваться оценка состояния компонент СМЗ и ее состояния в целом.

Записи должны быть основанием для пересмотра текущих работ и всей программы в совокупности. Такие текущие записи должны храниться вместе с проектной документацией и с отчетами об инспекционных проверках.

**Инспектирование систем молниезащиты**

**Общие положения**

Инспектирование СМЗ должно производиться специалистами по молниезащите. При инспектировании учитывают отчет по проекту СМЗ, содержащий необходимую документацию по СМЗ, проектные критерии, описание проекта и технические чертежи. Должны учитываться также текущие записи и отчеты о предыдущих инспекционных проверках.

При плановом инспектировании электроустановок объекта защиты следует одновременно проводить и инспектирование СМЗ.

Полное инспектирование СМЗ следует проводить в следующих случаях:

- при монтаже СМЗ, особенно при монтаже компонент, которые окажутся скрытыми в сооружении и будут в дальнейшем не доступны для контроля;

- после завершения монтажа.

При полном инспектировании СМЗ необходимо учитывать следующие факторы:

- классификацию объекта или зоны защиты с учетом возможных последствий поражения;

- уровень или категорию молниезащиты;

- локальные условия (например, в коррозионно-активной среде инспектирование следует проводить чаще);

- материалы отдельных компонент СМЗ;

- тип поверхностей, с которыми компоненты СМЗ соприкасаются (находятся в контакте);

- состояние почвы в части свойств, влияющих на скорость коррозии.

Помимо того СМЗ следует инспектировать при любых перестройках или ремонтах объекта защиты, а также после каждого прямого удара молнии в СМЗ. Визуальный осмотр СМЗ следует проводить не реже 1 раза в год, в зонах суровых погодных условий чаще.

Периодичность полного инспектирования и испытания СМЗ должна быть от 2 до 6 лет. Периодичность полного инспектирования отдельных критичных узлов СМЗ, например, подвергающихся жестким механическим воздействием, разрядников, перемычек трубопроводных и кабельных прокладок и т.п., должна быть от 1 года до 4 лет.

В табл. 8.6 рекомендуется периодичность инспектирования СМЗ, соблюдение которой целесообразно в случае, когда она не установлена специальными стандартами и НТД.

В большинстве географических зон, и особенно там, где проявляется сезонная экстремальность погодных условий, следует учитывать изменчивость электропроводности почвы и определять в различных погодных условиях профиль ее изменения в зависимости от глубины.

Таблица 8.6.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Уровень защиты и категория молниезащиты** | **Периодичность полного инспектирования** | **Периодичность инспектирования критичных систем** |
| I | 2 года | 6 месяцев |
| II | 4 года | 12 месяцев |
| III | 6 лет | 12 месяцев |

Следует предусматривать необходимость улучшения состояния систем заземлителей в случае, когда профиль изменения электропроводности с глубиной существенно отличатся от учтенного на стадии проектирования СМЗ или, когда сопротивление заземлителей последовательно возрастает от инспектирования к инспектированию.

При инспектировании следует предусмотреть проведение испытаний, выполняемых с целью удостовериться, что СМЗ полностью соответствует нормативным требованиям. Проверяется техническая документация, проводится визуальный осмотр, необходимые испытания и составляется документация по результатам инспектирования.

Техническую документацию следует проверять на комплектность, на соответствие стандартам и специфике объекта защиты.

**Визуальный осмотр**

При визуальном осмотре следует убедиться:

- в хорошем состоянии системы;

- в отсутствии нарушений в контактных соединениях и разрывов в проводниках СМЗ;

- в отсутствии частей системы пораженных коррозией, особенно ниже уровня земли;

- в том, что все контактные соединения не повреждены;

- все проводники и компоненты системы надежно закреплены, а устройства, обеспечивающие их защиту от механических повреждений, в полном порядке;

- в отсутствии дополнительных пристроек или изменений в объекте защиты, которые потребовали бы дополнительной защиты;

- в отсутствии разрушений СМЗ, повреждений разрядников, УЗП и УЗГ;

- в правильности монтажа перемычек, установленных в объекте защиты со времени после предшествовавшего инспектирования, и в наличии данных испытания непрерывности электрических цепей, в которых они установлены;

- в наличии в полном порядке всех предусмотренных в объекте защиты перемычек и их контактных соединений в объекте защиты;

- в том, что повсеместно соблюдены предусмотренные регламентируемые безопасные расстояния и зазоры.

Дополнительно должны быть проверены и испытаны перемычки и соединения, экранирующие устройства, кабельные прокладки, защитные разрядные устройства и УЗП.

**Испытание**

Инспектирование и испытание СМЗ включает визуальный осмотр, который следует дополнять:

- испытанием непрерывности электрических цепей, особенно в тех частях СМЗ, которые не были доступны визуальному осмотру при монтаже и при последующих проверках;

- измерением сопротивления току растекания через отдельные заземлители.

Сопротивление току растекания через отдельные заземлители следует проверять после отключения их от общей системы СМЗ. Результаты таких измерений следует сопоставлять с данными предшествовавших измерений, а также со значениями электропроводности почвы. При установлении отличий измеренных значений от значений, полученных при таких же предыдущих измерениях, следует выявлять причины таких отличий.

**Документирование результатов инспектирования**

Подготовка к инспектированию СМЗ должна облегчать ее проведение. Руководство (ТЗ) на проведение инспектирования должно содержать достаточную информацию, чтобы служить пособием в процессе проведения инспектирования так, чтобы проводящее ее лицо располагало документами по всем важным вопросам, касающимся методов монтажа СМЗ, типажа компонент СМЗ и текущего их состояния, методов получения данных испытания и порядка их представления.

Инспектор должен составить отчет о проверке, который должен храниться вместе с отчетом по проекту и с отчетами всех предыдущих проверок.

Отчет о проверке должен содержать информацию, касающуюся:

- общего состояния молниеприемников и их компонент;

- уровня коррозии и состояния антикоррозионной защиты;

- вопросов безопасности в случае соприкосновения с проводниками СМЗ или с ее компонентами;

- измерений сопротивления системы заземлителей;

- любых замеченных отклонений от требований действующих стандартов и НТД;

- документации, отражающей изменения или дополнения СМЗ, или любых изменений объекта защиты, связанных с пересмотром строительных чертежей и пояснительной записки к ним;

- результатов испытания параметров СМЗ.