

# ЭТАПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ МОЛНИЕЗАЩИТЫ\*

АВТОР:

И. ПОЛЕТАЕВ,  
ООО «ЭЛЕКТРА»

**К**омплексная молниезащита состоит из двух частей. Из внешней системы, включающей молниеприемники, токоотводы, заземлители, которая принимает разряд молнии в объект или предотвращает с вероятностью до 98 % последствия, связанные с прямым ударом; может быть пассивного (традиционный молниеотвод) или активного (перехватывающего молнию) типа. И из внутренней системы, которая защищает от вторичных воздействий молнии и состоит из элементов экранирования, уравнивания потенциалов, устройств защиты от импульсных перенапряжений).

**Ключевые слова:** молниезащита; заземление; безопасность; электрические цепи; устройства защиты; распределяющий потенциал; промышленные коммуникации; магнитное поле; устройство защиты от импульсных напряжений.



По статистике, с грозовыми повреждениями связано до 80 % аварийных отключений воздушных линий электропередачи

В апреле 2018 г. состоялась VI Российская конференция по молниезащите, в рамках которой специалисты в очередной раз обсудили методы проектирования и стандарты в отрасли. По результатам таких встреч, проходящих раз в два года, представляются предложения по усовершенствованию существующего нормирования. Эксперты рекомендуют комплексно подходить к проектированию молниезащиты. Было отмечено, что такое проектирование должно включать правильную организацию защиты от прямых ударов молнии, оптимизацию системы транспортировки тока к заземлителям, рациональное устройство и расположение заземляющих электродов. В совокупности данные шаги должны существенно ослабить электромагнитное поле атмосферного разряда и снизить грозовые перенапряжения до безопасного уровня.

## ПЕРВЫЙ ЭТАП: ОПТИМАЛЬНАЯ ТРАССИРОВКА

При проектировании молниезащиты необходимо обратить внимание на ее расположение относительно инженерных сетей здания. Если рядом с заземлителем проходят подземные коммуникации, то на небольших расстояниях они получают потенциал от заземлителя и играют роль проводника, принимая на себя

часть разряда молнии. Передача высокого напряжения особенно значительна в случае трубопроводов, выполненных из труб с хорошо проводящей жидкостью внутри.

Как видно на рис. 1 на с. 46, даже при расстоянии 15 м потенциал составит около 15 % от напряжения на токоотводе. Согласно закону Ома, при токе молнии 20 кА и сопротивлении 10 Ом потенциал на заземлителе составит 200 кВ, а на расстоянии 15 м от него будет приблизительно равен 30 кВ. Поэтому основной принцип при выборе оптимальной трассировки наземных и подземных электрических цепей объекта — максимально удалить коммуникации от заземлителей молниеотводов.

Также при проектировании молниезащиты важно помнить о правильной пространственной ориентации электрических цепей. Следует размещать цепь перпендикулярно пути тока молнии, так как в этом случае перенапряжение намного меньше, чем при параллельном расположении.

## ВТОРОЙ ЭТАП: РАСЧЕТ НЕОБХОДИМОГО КОЛИЧЕСТВА ТОКОТВОДОВ

Роль токоотводов заключается в транспортировке тока молнии

### НОРМАТИВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ, МОНТАЖЕ И СЕРТИФИКАЦИИ (КАТЕГОРИРОВАНИИ) МОЛНИЕЗАЩИТЫ:

- Инструкции по молниезащите зданий и сооружений (РД 34.21.122-87);
- Инструкции по молниезащите зданий, сооружений и промышленных коммуникаций (СО-153-34.21.122-2003);
- ГОСТ Р МЭК 62305-1-2010. Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 1. Общие принципы;
- ГОСТ Р МЭК 62305-2-2010. Менеджмент риска. Защита от молнии. Часть 2. Оценка риска;
- МЭК 62305-3-2010. Защита от атмосферного электричества. Часть 3. Физические повреждения зданий, сооружений и опасность для жизни;
- МЭК 62305-4-2010. Защита от молнии. Часть 4. Электрические и электронные системы в зданиях (сооружениях);
- Правила устройства электроустановок (ПУЭ). Седьмое издание (утв. приказом Минэнерго РФ от 08.07.2002 № 204).

от молниеприемника к заземлителю. В соответствии с инструкцией Минэнерго России по молниезащите зданий, сооружений и промышленных коммуникаций СО 153-34.21.122-2003 частота размещения молниеотводов по наружному периметру здания зависит от избранного уровня защиты (табл. 1).

Однако количество токоотводов, предлагаемых нормативами, недостаточно, если рассматривать влияние электромагнитного поля

## ЧАСТОТА РАЗМЕЩЕНИЯ МОЛНИЕОТВОДОВ ПО НАРУЖНОМУ ПЕРИМЕТРУ ЗДАНИЯ

Уровень защиты	Среднее расстояние, м
I	10
II	15
III	20
IV	25

Таблица 1

\* См. также Полетаев И., РУМ, 2018, № 2, стр. 10

на электрические сети здания. Увеличение числа токоотводов приводит к уменьшению электродвижущей силы магнитной индукции, возбуждаемой магнитным полем в любом контуре (кабели компьютеров, цепи управления микропроцессорной техникой).

Рассмотрим объект в виде кругового цилиндра диаметром 50 м с вертикальными молниеотводами, размещенными с равным шагом на внешней стороне стены. Возьмем произвольную точку, расположенную на расстоянии 17 м от центра, и определим влияние на нее магнитного поля при различном количестве токоотводов (рис. 2). При минимально допустимых двух токоотводах отношение напряженности  $H$  к полному току молнии  $I$  в выбранном месте приближается к  $10^{-2} \text{ м}^{-1}$ . При использовании 24 молниеотводов  $H/I = 10^{-5} \text{ м}^{-1}$ , причем по направлению к центру цилиндра данное значение будет снижаться. Пример показывает, что при большом количестве токоотводов магнитное поле существенно лишь около стен, а во внутреннем объеме здания стремится к нулю.

В обычных условиях (для прямоугольного строения) число токоотводов должно быть еще выше. Поэтому необходимо использовать железобетонную арматуру стен. Последняя считается электрически непрерывной, если хотя бы 50 % стержней соединены болтами, сваркой или вязкой проволокой. Наименьшие переходные сопротивления (находящиеся в пределах нормируемых 0,05 Ом) обеспечивает экзотермическая сварка.

Токоотвод должен быть:

- вертикальным и прямым, обеспечивая кратчайший путь тока, без петель;

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛА В ОКРЕСТНОСТИ ЗАЗЕМЛИТЕЛЯ, СОСТОЯЩЕГО ИЗ ТРЕХ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТЕРЖНЕЙ ДЛИНОЙ ПО 3 М, РАССТАВЛЕННЫХ ПО ПРЯМОЙ С ШАГОМ 5 М И СОЕДИНЕННЫХ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ПОЛОСКОЙ НА ГЛУБИНЕ 0,5 М ( $\varphi$ — ПОТЕНЦИАЛ В ЗАДАННОЙ ТОЧКЕ; $U_R$ — НАПРЯЖЕНИЕ НА ЗАЗЕМЛИТЕЛЕ)<sup>1</sup>

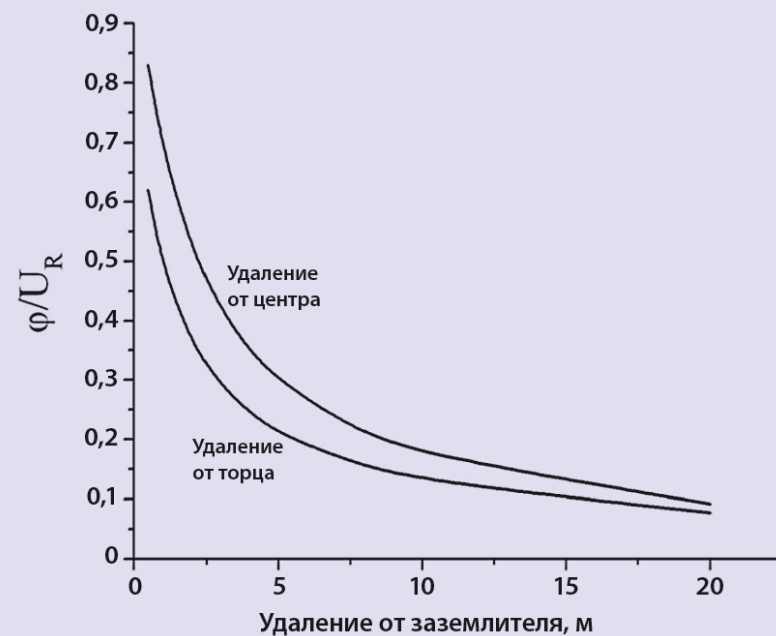


Рис. 1

- размещен на безопасном расстоянии от оконных и дверных проемов;
- максимально защищен от коррозии и механических повреждений;
- надежно соединен с молниеотводом;
- прикреплен к поверхности, которая не загорится от нагревания;
- защищен от механических повреждений и вандализма.

## ТРЕТИЙ ЭТАП: ЭКРАНИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Металлическую оболочку провода можно рассматривать как эффективный электромагнитный экран. Целесообразно применять во всех токоприемниках, где присутству-

ет дорогое оборудование, кабель LICON с оболочкой, которая делает невозможным паразитному току выйти за пределы кабеля. Такие проводники необходимы и в токоотводах, так как именно на них происходит наибольшее количество утечки наведенных токов.

Однако металлическая оболочка не гарантирует полную защиту от воздействия грозových перенапряжений.

Рассмотрим случай экранированного провода эллиптического сечения (рис. 3 на с. 48). Если жила 1 расположена в месте с максимальной погонной плотностью, а жила 2 — с минимальной, то их напряжения относительно оболочек будут таковы:

$$U_1 = (\rho I_M l) / 2\pi b d; \quad U_2 = (\rho I_M l) / 2\pi a d,$$

где  $\rho$  — удельное сопротивление оболочки (Ом·м);  $d$  — ее толщина (м);  $I_M$  — ток (А);  $a$  и  $b$  — расстояние от центра до жил 1 и 2 соответственно (м).

Тогда напряжение между жилами будет:

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \left( \frac{\rho I_M l}{2\pi a d} \right) \left( \frac{a-b}{ab} \right).$$

Как видим, любая разница между радиусами оболочки ведет к появлению перенапряжения между внутренними жилами. Следовательно, всегда предпочтительнее использование экрана кругового сечения.

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО РАДИУСУ ЦИЛИНДРИЧЕСКОГО ОБЪЕКТА ДИАМЕТРОМ 50 М ( $H$ — НАПРЯЖЕННОСТЬ МАГНИТНОГО ПОЛЯ В ЗАДАННОЙ ТОЧКЕ; $I$ — ПОЛНЫЙ ТОК МОЛНИИ)

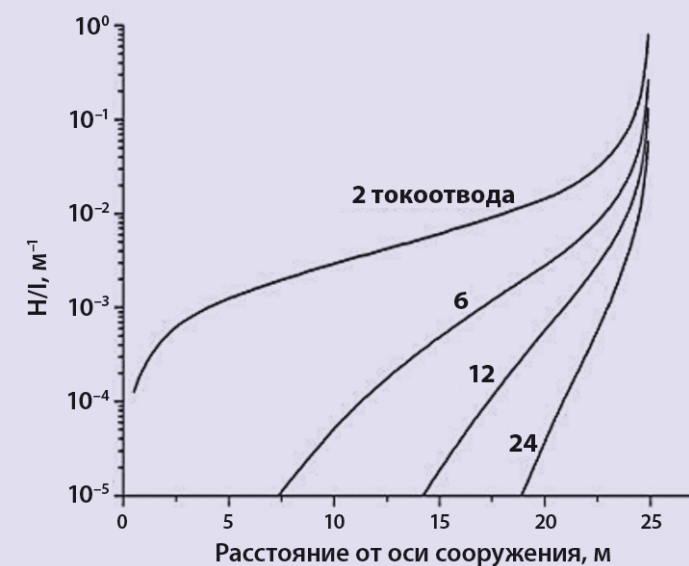


Рис. 2

## ЧЕТВЕРТЫЙ ЭТАП: ВЫБОР УСТРОЙСТВА ЗАЩИТЫ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Кроме атмосферных (результат воздействия молнии), импульсные перенапряжения бывают электростатическими и коммутационными, возникающими при резком изменении установившегося режима работы электрической сети. Следствием любого из них может стать пробой изоляции, выход из строя электрических приборов и возникновение пожара. Эффективная защита от всех типов импульсных перенапряжений — устройства защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) на основе варисторов или разрядников.

Основные требования к УЗИП таковы:

- снижение перенапряжения до безопасного уровня;
- быстродействие;
- совместимость с защищаемым оборудованием;
- восстановление электрической цепи после затухания наводки;
- гашение сопровождающего тока;
- значительный ресурс.

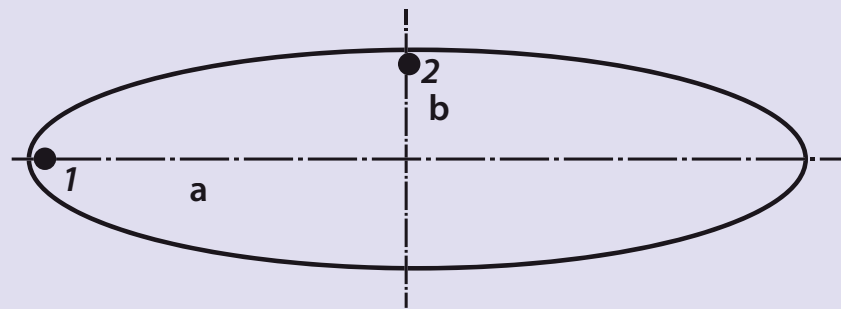
Из-за конструктивных особенностей предпочтительнее варисторные УЗИП, поскольку они не дают выброса горячего ионизированного газа из дуговой камеры с ее разрушением и могут быть установлены рядом с другим защитным оборудованием и в пластиковых щитах.

Защита цепи всего объекта в небольшой степени зависит от эффективности УЗИП. Запатентованная [2] ЕК GROUP конструкция ОПС1

<sup>1</sup> Условия расчета распределения потенциала см.: <http://www.amnis.ru/staty/priroda-molnii-1-chast>.



## ЭЛЛИПТИЧЕСКИЙ ЭКРАН



1 — точка максимальной погонной плотности тока; 2 — точка минимальной погонной плотности тока

Рис. 3

## СХЕМА СТУПЕНЧАТОЙ ЗАЩИТЫ НА БАЗЕ УСТРОЙСТВ ОПС1 ГК ИЭК

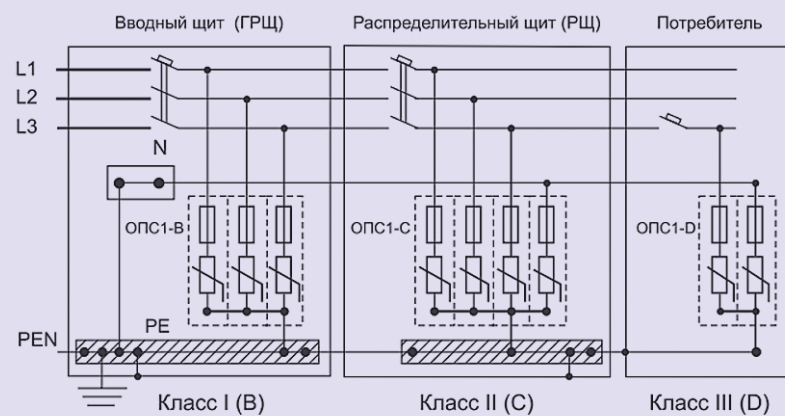


Рис. 4

в каждом из полюсов предусматривает встроенный предохранитель для защиты от сверхтоков (рис. 4). Он состоит из калиброванной плавкой вставки, которая срабатывает при коротком замыкании, а также терморасцепителя, разъединяющего цепь при перегреве. Монолитная конструкция, исключая контактное соединение варистора и присоединяемых проводников, снижает остаточное

напряжение при возникновении импульсного перенапряжения и повышает долговечность устройства. Винтовые зажимы с непрямым прижатием жилы исключают чрезмерное давление и разрушение проводников.

Для того чтобы выбрать УЗИП для конкретной электрической цепи или организовать ступенчатую защиту, необходимо определить:

- допустимое перенапряжение, используя данные производителя;
- импульсную наводку на входе аппаратуры (расчет или испытания);
- доли тока молнии, который может пройти через УЗИП;
- совместимость УЗИП с цепью.

Молниезащита всегда должна быть комплексной и обслуживаемой — как внешняя (активная и пассивная), так и внутренняя (УЗИП, уравнивание потенциалов), на главных щитах, возле каждого токоприемника, а также на слаботочных сетях. Правильная расстановка молниеприемников, оптимизированная система отвода в землю тока молнии, разумная трассировка внутренних силовых цепей объекта, экранирование кабеля и установка ограничителей перенапряжений помогут обезопасить здание от влияния грозовых разрядов. Также необходимо периодически проводить осмотр, тестирование и мониторинг состояния молниезащиты.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. М.: НЦ ЭНАС, 2008.
2. Душкин Н.Д., Листопад И.И., Петраков М.Ю. Устройство защиты от импульсных перенапряжений в низковольтных силовых распределительных системах. Патент России на полезную модель № 129703 от 31.08.2012.
3. Карякин Р.Н. Нормы устройства сетей заземления. Белгород, ЗАО «Энергосервис», 2002.
4. Базелян Э.М. Вопросы практической молниезащиты. М., 2015.
5. Молниезащита Amnis [Электронный ресурс]. URL: <http://www.amnis.ru/staty/priroda-molnii-1-chast> (дата обращения: 12.05.2018).
6. Инструкция по устройству молниезащиты зданий, сооружений и промышленных коммуникаций. СО 153-34.21.122-2003 [Электронный ресурс]. URL: [http://www.zandz.ru/pravila\\_zazemleniya/so\\_153-34\\_21\\_122\\_2003.html](http://www.zandz.ru/pravila_zazemleniya/so_153-34_21_122_2003.html) (дата обращения 12.05.2018).
7. Полетаев И., РУМ, 2018, № 2, стр. 10.

# Cabex — энергия успеха



18-я Международная выставка кабельно-проводниковой продукции

19–21 марта 2019 года  
Москва, КВЦ «Сокольники»

- Кабели и провода
- Кабельная арматура
- Электромонтажные изделия
- Электротехнические изделия
- Оборудование для монтажа, переработки кабеля
- Материалы для производства кабеля

Реклама

Забронируйте стенд  
[www.cabex.ru](http://www.cabex.ru)

Организаторы



Международная  
Выставочная  
Компания  
+7 (495) 252 11 07  
cabex@mvk.ru



Генеральный  
информационный партнер



Специальный  
отраслевой партнер

