

УДК 621.3

## УСТРОЙСТВО ГРОЗОЗАЩИТЫ И ЗАЗЕМЛЕНИЯ НА ПОДСТАНИЦИЯХ

Копылов Е.А., Забелло И.В., Качук А.В.

Научный руководитель – м.т.н., ст. преп. Петрашевич Н.С.

Любой ресурс, электроэнергия, в том числе, нуждается в транспортировке и перераспределении. В отличие от нефти или угля, электричество передается посредством линий электропередач (ЛЭП), которые в большинстве своем представляют собой воздушные линии (ВЛ). Эти каналы, по причине экономической целесообразности, предполагают транзит энергии огромной мощности.

Для приведения характеристик электроэнергии в соответствие с параметрами электросетей конечных потребителей, а также для ее распределения применяют трансформаторные подстанции. Знание вопроса молниезащиты трансформаторных подстанций поможет не только предотвратить финансовый ущерб от атмосферного электричества, но и сохранит жизнь людям.

Превышение рабочего напряжения (перенапряжение) в результате удара молнии может происходить двумя путями. Перенапряжение прямого удара (ПУМ) возникает при непосредственном попадании молнии в подстанцию. Индуцированное же происходит в результате удара в землю вблизи от объекта.

Несмотря на кратковременность воздействия (порядка 100 микросекунд), ущерб может быть весьма значительным. Кроме того, что молния обладает колоссальным напряжением, температура разряда в главном канале может достигать 30000°С. Разумеется, разрушения подстанции или ее элементов могут быть весьма значительными.

Перенапряжение на установке может быть вызвано ударом молнии в участок воздушной линии, соединенный с ней. Поэтому грозозащита линий электропередач также относится к комплексу мер по защите подстанций от молний.

В общем случае можно выделить следующие основные причины необходимости оснащения объектов молниезащитными устройствами:

- если подстанция находится в отдельном здании, предотвращается его разрушение;
- предохранение от разрушения оборудования, что значительно увеличивает срок его эксплуатации;
- обеспечение стабильного электроснабжения потребителей подстанцией.

Сюда же можно добавить снижение уровня травматичности для персонала. Это значит, что молниезащита подстанции необходима и обязательна в соответствии с действующими требованиями законодательства.

Эти правила позволяют не защищать лишь подстанции на 20 и 35 кВ, оборудованные трансформаторами мощностью менее 1,6 МВ. Также разрешено не оборудовать молниезащиту подстанций и ОРУ в климатических зонах, где количество грозных часов не превышает 20.

**Защита от ПУМ**

Здания, подстанции, в том числе, открытые распределительные устройства (ОРУ), воздушные линии и другие объекты защищают от ПУМ при помощи стержневого молниеотвода или комплексом таковых. Устройство, изобретенное в середине 18 века, актуально по сей день.

Вообще, молниеотводы бывают тросовыми и стержневыми. Первые из них используются для защиты от молнии протяженных объектов, типа шинных мостов, и применяются относительно редко. Вторые же наиболее распространены и способны обеспечить молниезащиту зданий, опор воздушных ЛЭП и других объектов.

Стержневой молниеотвод, как следует из названия, представляет собой устройство, состоящее из молниеприемника, токопровода и заземлителя. Расположенный значительно выше остальных конструкционных элементов сооружения, как минимум на 3 метра (ПУЭ), он и принимает на себя удар молнии.

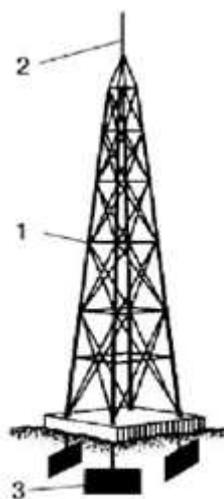


Рисунок 1. Стержневой молниеотвод (1- стальная опора; 2 – стержень; 3 – заземление)

### Требования к молниеприёмнику

Молниеприёмник изготавливается из стали. Для того чтобы выдерживать термические нагрузки при протекании тока, а также высокую температуру самой молнии, согласно ПУЭ его диаметр должен быть более 6 мм. Соединение молниеприемника с токопроводом необходимо производить путем их сваривания.

Если это невозможно, то допустимо резьбовое соединение болтом и гайкой. Диаметр шайб в этом случае должен быть увеличен. Во избежание падения и нанесения по этой причине ущерба, устройство должно быть прочно закреплено на опоре или другой несущей конструкции.

Молниеприемники обычно закрепляют на уже имеющихся металлических конструкциях. Это могут быть прожекторные мачты, крыши высотных зданий, высокие точки на входе в подстанцию.

Молниеприемники обычно закрепляют на уже имеющихся металлических конструкциях. Это могут быть прожекторные мачты, крыши высотных зданий, высокие точки на входе в подстанцию.



Рисунок 2. Установка молниеприёмников на крыше высотного здания

### Заземлитель

Токоотвод соединяется он с заземлителем – одной из наиважнейших частей молниезащиты. В качестве заземлителя в целях экономии используется одно заземляющее устройство ЗУ, которое отвечает наиболее жестким требованиям следующих видов заземления:

- заземление молниезащиты;
- рабочее заземление (трансформаторы, генераторы и прочее оборудование);
- защитное заземление, обеспечивающее безопасность людей.

Заземляющее устройство молниезащиты на подстанциях выполняют горизонтально размещенными в грунте полосами, которые соединяются с вертикальными электродами, идущими к токоотводу. Все металлические части подстанции, включая корпуса баков, выключателей и прочего, должны иметь контакт с заземлением. Только в этом случае гарантирована надежная молниезащита.



Рисунок 3. Соединение токоотвода с заземлителем

Сети с напряжением от 110 кВт делают с глухозаземленной нейтралью, а подстанции на 35 кВ и ниже заземляют через дугогасящий реактор.

Все компоненты молниеотвода должны иметь антикоррозийное покрытие, в качестве которого обычно применяется оцинковка. Количество устройств на одном сооружении, а также их эффективность и зоны защиты определяются

при соответствующих расчетах. Таким образом, обеспечивается защита подстанций от прямых ударов молнии при помощи стержневых молниеотводов.

### **Защита от индуцированных волн**

Молниезащита подстанции при непрямом попадании молнии обеспечивается специальными аппаратами, которые обеспечивают защиту от импульсного перенапряжения.

Учитывая то, что заранее неизвестно, куда попадет молния, все входы и выходы подстанции оснащаются либо разрядниками, либо более совершенными ограничителями перенапряжения (ОПН).

Принцип действия искрового разрядника основан на образовании дуги между двумя стержневыми электродами, один из которых заземлен, а второй соединен с фазным проводом.

Они разделены защитным промежутком. При пробое последнего (появлении искры) вся электроустановка отключается, обеспечивая ее молниезащиту.

Более эффективным считается трубчатый разрядник, состоящий из газогенерирующей трубки, кольцевого и стержневого электродов и двух искровых зазоров, внутреннего и внешнего.

Последние в случае возникновения перенапряжения пробиваются и образуется дуга, высокая температура которой запускает газогенератор. Под давлением газ перемещается к открытому концу трубки, чего оказывается достаточно для задувания дуги.



Рисунок 4. Разрядники на ВЛ 10 кВ

### **Разрядник вентильного типа**

Еще более продвинутым устройством молниезащиты от индуцированных волн является разрядник вентильного типа. Кроме промежутков для искрообразования, в его состав входит герметичная фарфоровая покрывка и резисторы с нелинейной вольт-амперной характеристикой (ВАХ).

Стоит отметить, что согласно ПУЭ имеются ограничения на максимальное расстояние от разрядника до трансформаторов подстанции, колеблющееся от 60 до 90 м, в зависимости от типа опор ВЛ.

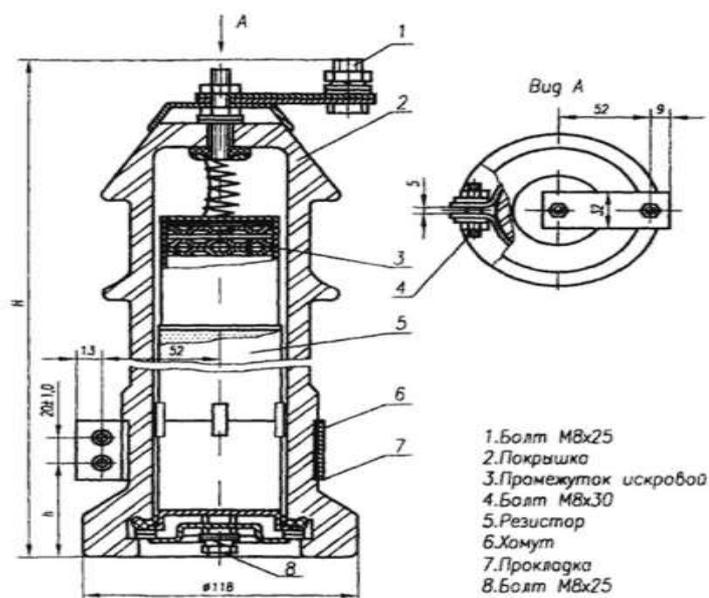


Рисунок 5. Устройство разрядника вентильного типа

Разрядники для обеспечения молниезащиты подстанций применяют все реже. Более совершенные устройства постепенно занимают их нишу. Основными их преимуществами является отсутствие искровых промежутков, малые размеры, глубокое ограничение перенапряжений.

Принцип действия ОПН предельно прост. Варистор (нелинейный резистор) ведет себя как сопротивление до достижения порогового напряжения. Превышение этой величины приводит к тому, что прибор поддерживает напряжение на заданном уровне за счет отведения части тока на землю.

При использовании ОПН в качестве молниезащиты, есть сложности с длительностью удержания рабочего напряжения и некоторые другие. Но при правильном подборе типа прибора нелинейная молниезащита наиболее эффективна.

### **Защита вращающихся машин от волн грозовых перенапряжений, набегающих с линии**

Вращающиеся машины мощностью более 15 000 кВА запрещается включать непосредственно на воздушные линии (без разделяющего трансформатора). Вращающиеся машины, работающие на воздушные линии через трансформаторы, как правило, специальной защиты не требуют.

Основным средством защиты вращающихся машин, работающих непосредственно на воздушные линии, являются магнитно-вентильные разрядники типа RBM. Вентильные разрядники устанавливаются возможно ближе к машине либо непосредственно на выводах машины (если число машин не превышает двух), либо каждой системе шин.

Если к станции подходит только одна воздушная линия, то разрядники можно устанавливать на вводе линии. Разрядники можно не устанавливать, если от станции отходит восемь или более кабельных линий длиной не менее 2 км каждая.

Для ограничения крутизны напряжения на шинах станции и защиты витковой изоляции устанавливается защитная емкость (обычно в одной ячейке с разрядником). Для одновитковых машин установка емкости не требуется. При изолированной нейтрали генератора в нейтрали устанавливается магнитно-вентильный разрядник типа РВМ параллельно с емкостью порядка 0,25-0,5 мкФ.

Схемы защиты вращающихся машин (рис 6) должны обеспечивать напряжения на главной и продольной изоляции машины, не превышающие допустимого при защитном уровне не менее 50 кА. Это требование обеспечивается, если импульсные сопротивления трубчатых разрядников, установленных на подходе к станции, не превышают указанных на схемах рис.6 величин и на шинах установлена емкость 0,5-0,25 мкФ на фазу. Наилучшие показатели грозоупорности имеет схема с кабельной вставкой и фидерным реактором.

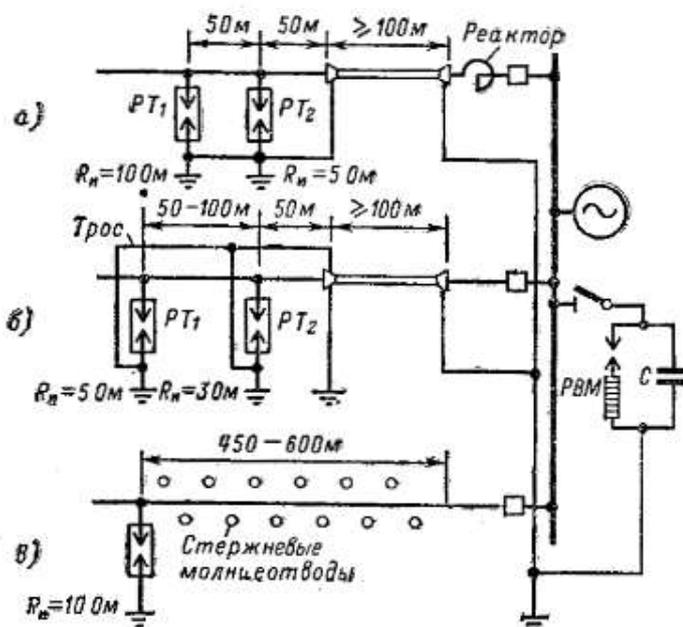


Рисунок 6. Основные схемы грозозащиты вращающихся машин

(а – схема с фидерным реактором и кабельной вставкой; б – схема с кабельной вставкой и защитой подхода тросами; в – схема с воздушным подходом, защищённым стержневыми молниеотводами)

### Литература

1. EvoSnab. Главная/ Монтажные работы// Молниезащита// Как защищают подстанции от ударов молнии [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://evosnab.ru/ustanovka/molnija/zashhita-podstancij> - Дата доступа: 16.11.2019
2. Websor. Главная/ Грозозащита станций и подстанций [Электронный ресурс] – Режим доступа: [https://www.websor.ru/grozozajita\\_stanci.html](https://www.websor.ru/grozozajita_stanci.html) - Дата доступа: 27.11.2019