

Защита ВЛ, выполненных СИП, от грозовых перенапряжений

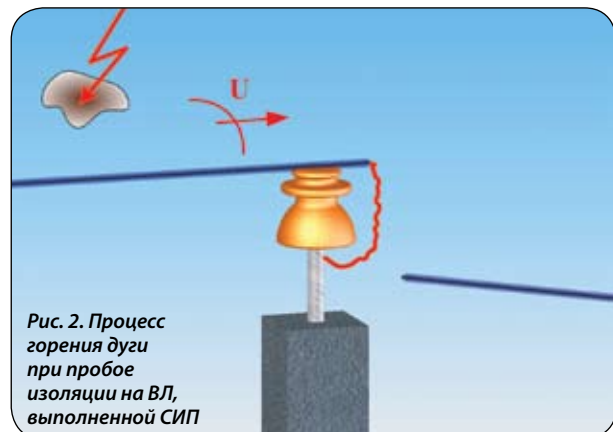
В последнее время в распределительных сетях ОАО МРСК Северо-Запада», как, впрочем, и в других распределительных сетевых компаниях, все больше работ выполняется с применением самонесущего и изолированного проводов. Это и понятно: СИП компактен, надежен, безопасен в отношении электротравматизма. При эксплуатации отсутствует свистывание проводов, их обрывы (вследствие грамотно подобранной арматуры). Однако, при всех видимых достоинствах, у СИП есть и недостаток: ВЛ, выполненные изолированным проводом, нуждаются в особой защите от грозовых перенапряжений.

Необходимость защиты ВЛ разных классов напряжения от ударов молнии возникла едва ли не раньше, чем появилась первая ВЛ. Со временем грозозащита ВЛ разделилась на 2 направления: защита ЛЭП высокого и сверхвысокого напряжения и защита распределительных сетей (в том числе и ВЛ 0,4-20 кВ). И если проблемам грозоупорности ЛЭП 35 кВ и выше уделялось пристальное внимание: конструировалась новая изоляция, обладающая высокой импульсной прочностью, проводились эксперименты с грозотросом, проводились оценки для районов с различными удельными сопротивлениями грунтов, то распределительные сети в данном вопросе оказались незаслуженно забыты. Оно и понятно: ущерб от недоотпуска электроэнергии из-за отключения ЛЭП-330 кВ не может сравниться с ущербом на ВЛ-10 кВ. Хотя по протяженности воздушные линии распределительных сетей на порядок превышают суммарную длину линий высокого напряжения. Но, тем не менее, долгое время грозоупорности распределительных

сетей не уделяли должного внимания. Вся грозозащита была сведена к использованию трубчатых разрядников, устанавливаемых на подходах ВЛ к подстанции. Это выполнялось не столько ради защиты изоляции ВЛ, сколько для защиты аппаратов ПС. Ситуация координально изменилась с началом строительства ВЛИ и ВЛЗ.

Рассмотрим механизм прохождения грозового импульса для ВЛ-10 кВ, выполненного неизолированным проводом. При попадании молнии в фазный провод (здесь можно говорить и о попадании молнии в землю рядом с ВЛ с последующим обратным перекрытием на провод, таких случаев большинство, и о попадании разряда в опору, такие случаи единичны) грозовая волна начинает движение вдоль линии. На ближайшей опоре происходит импульсное перекрытие на заземленную часть опоры, переход импульсного перекрытия в силовую дугу. Далее, вследствие электродинамической силы, дугу начинает смещать по проводу. В конечном итоге она гаснет, т.к. восстанавливающееся напряжение в момент перехода тока через «0» не в состоянии заново зажечь дугу в воздушном промежутке (рис. 1).

Иная картина наблюдается при прохождении грозового импульса по ВЛ, выполненной СИП. После первого пробоя на заземленную часть опоры дугу, в отличие от случая с неизолированным проводом, не смещает вдоль провода. Она горит из одной точки и при достаточно большой энергии разряда, в конечном счете, пережигает провод (рис. 2). Таким образом, отказавшись от грозозащиты ВЛИ и ВЛЗ, мы сводим к минимуму все те преимущества СИП, о которых говорилось в начале.



Теперь давайте зададим вопрос: а каждую ли линию, выполненную СИП, нужно защищать от ударов молнии? Очевидно, что нет. Грозозащита — понятие многогранное. И на выбор методов грозозащиты оказывают влияние множество факторов. Как то: интенсивность грозовой деятельности в данном регионе, характеристика территории, по которой проходит линия, величина удельного сопротивления грунтов по трассе ВЛ. Даже материал опор ВЛ оказывает влияние на выбор способов ее защиты. Наконец, грозоупорность можно существенно повысить применив на ВЛ изоляцию с высокой импульсной прочностью. Изоляция, которая применяется сегодня в оборудовании распределительных сетей, рассчитана только на величину рабочего напряжения и на возникающие внутренние перенапряжения. Методические указания (далее «Методические указания...») по защите распределительных электрических сетей напряжением 0,4-10 кВ от грозовых перенапряжений (разработаны ОАО «РОСЭП», введены в действие с 01.12.2004) говорят о том (п. 2.1.1.), что «от воздействия грозовых перенапряжений необходимо защищать воздушные линии с защищенными проводами», не делая при этом никаких исключений. Однако, если ВЛЗ проходит в зоне экранирования какого-либо объекта, обеспечивающего ее грозоупорность с заданной вероятностью, то возникает вопрос: для чего нужно защищать линию на данном участке? Экранирование ВЛ может быть обеспечено различными объектами: высотными домами, при прохождении трассы в городской черте, деревьями, при прохождении в лесном массиве, грозотросами идущих рядом ЛЭП и т.д. И хотя «Методические указания...» предписывают для ВЛЗ 6-10 кВ, проходящих по населенной местности, установку длинно-искровых разрядников, но Правила устройства электроустановок (7-е издание, п. 2.5.118) говорит о применении устройств защиты изоляции проводов при грозовых перекрытиях лишь в рекомендательной форме.

Теперь рассмотрим, собственно говоря, способы защиты ВЛ, выполненных с применением СИП, от грозовых перенапряжений. Речь пойдет, конечно, о линиях 6-20 кВ, хотя защиту ВЛИ-0,4 кВ также необходимо осуществлять.

Первый, и наиболее хорошо зарекомендовавший себя способ — это защита ВЛ при помощи грозозащитного троса. Сам по себе грозотрос является достаточно эффективным средством защиты от прямых ударов молнии (ПУМ), обеспечивая расчетную зону защиты при заданной вероятности прорыва молнии. Однако, используя грозотрос, мы, во-первых, увеличиваем стоимость линии, а, во-вторых, возвращаемся

к тем проблемам, от которых ушли, заменив неизолированный провод на СИП. Это необходимость существенных затрат на расчистку трасс ВЛ, вырубку угрожающих деревьев, периодическая проверка состояния как самого грозотроса, так и его арматуры, борьба с гололедообразованием на грозотросе.

Правила устройства электроустановок (7-е издание, п. 4.2.153) говорят о том, что «защита подходов ВЛ 3-20 кВ к подстанциям молниеотводами по условиям грозозащиты не требуется». В этом же пункте даются разъяснения, что для ВЛ 3-20 кВ, выполненной на деревянных опорах, «на расстоянии 200-300 м от ПС должен быть установлен комплект защитных аппаратов». При строительстве ВЛ на металлических и ж/б опорах «установка защитных аппаратов не требуется». Мнение автора, что для районов с высокой грозовой активностью (не более 40 часов в году), к которым относится и территория МРСК Северо-Запада, защищать тросовым молниеотводом ВЛЗ 6-20 кВ не требуется. О защите грозотросом подходов ВЛЗ к подстанциям можно говорить лишь в отдельных случаях, например, когда ВЛЗ 6-20 кВ выполнена в габаритах 35 кВ.

Таким образом, оценивая использование грозотроса для защиты ВЛ и, в частности, ВЛЗ, можно сказать, что нормативными документами его применение не требуется (кроме строительства ВЛ 6-20 кВ в габаритах 35 кВ), стоимость линии он удорожает, эксплуатационные затраты повышает. Следовательно, необходимо искать иные способы защиты ВЛ — с помощью защитных аппаратов..

Одно из таких решений — это установка дуговых зажимов на изолированный провод (рис. 3). В месте крепления провода к изолятору изоляция СИП удаляется в обе стороны от изолятора и на границах удаленной изоляции устанавливается усиленная арматура — дуговые зажимы. Провод из изолированного становится неизолированным. Волна перенапряжения, дойдя до открытого участка, зажигает дугу на заземленную часть опоры. Дуга перемещается по проводу и гаснет либо на дуговых зажимах,

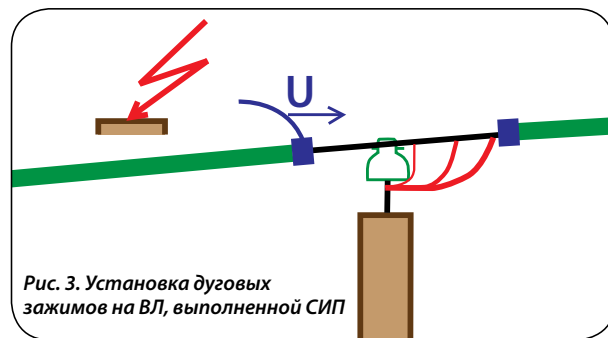


Рис. 3. Установка дуговых зажимов на ВЛ, выполненной СИП

Рис. 4. Установка ОПН с последовательно включенным искровым промежутком на ВЛ, выполненной СИП



либо не дойдя до них. Простая конструкция, позволяющая решать проблемы грозозащиты на уровне защитных искровых промежутков. При выборе данного способа защиты возникает противоречие: для чего мы используем СИП, чтобы затем оставить провод без изоляции?

Еще одно аппаратное решение в части защиты ВЛЗ от грозовых перенапряжений — это использование ОПН, подключенного к проводу через искровой промежуток (рис. 4). Ограничитель перенапряжений — защитный аппарат с сильно нелинейной вольт-амперной характеристикой уже давно и хорошо себя зарекомендовал. ОПН, в отличие от разрядников, является аппаратом, постоянно включенным. И это действительно так, если речь идет об оборудовании подстанций. В случае же воздушных линий ОПН, подключенный к проводу без искрового промежутка, должен быть рассчитан на ПУМ, что значительно увеличивает его размеры. Поэтому, для защиты ВЛЗ от грозовых перенапряжений был выбран способ подключения ОПН через искровой промежуток. Механизм работы устройства прост. Волна, дойдя до прокалывающего зажима на СИП, пробивает искровой промежуток, зажигается дуга, ток протекает через ОПН, который ограничивает величину напряжения в соответствии со своей характеристикой. В данной ситуации ОПН работает по принципу вентильного разрядника: если величина напряжения

на искровом промежутке достаточна для пробоя — ОПН подключается. Преимущество данного способа защиты ВЛЗ заключается в давно освоенном схемном решении. Только ранее вместо ОПН использовались разрядники. Недостатком же может служить неспособность данной конструкции противостоять ПУМ. При прямых ударах молнии ОПН, как правило, разрушается. Поэтому применять данную конструкцию рекомендуется в сочетании с грозозащитным тросом. Это не всегда удобно.

Строго говоря, ни один защитный аппарат не может одинаково хорошо противостоять перенапряжениям, вызванным прямыми ударами молнии в провод и индуктированными. Все дело в энергии, которую необходимо отвести (пропустить через себя) аппарату. При малой энергоемкости защитного устройства наступает тепловой пробой аппарата, при большой — значительно увеличиваются габариты и имеет место инерционность развития процесса. Поэтому, когда речь идет о грозозащите объекта, необходимо говорить о комплексе мер, выполнение которых даст ожидаемый результат.

Еще один аппарат для защиты ВЛЗ от грозовых перенапряжений, который в последние 5-10 лет стал массово применяться длинно-искровой разрядник (РДИ) (рис. 5). Металлический стержень, поверх которого нанесен слой изоляции, крепится одним концом на заземленную часть опоры, а другим, с металлической трубкой, располагается, при помощи фиксирующего крепления, рядом с прокалывающим зажимом СИП. Между зажимом и трубкой существует воздушный промежуток. Особенность данного разрядника — это отсутствие дугового разряда, т.к. при пробое воздушного промежутка вследствие грозового перенапряжения, развивается скользящий разряд по поверхности изоляции. Разряд не переходит в дуговое перекрытие. Конструкции РДИ различны для



Рис. 5 Установка РДИ на ВЛ, выполненной СИП



*А. В. Виноградов —
главный специалист
отдела подготовки
технических условий
ОАО «МРСК Северо-Запада»,
автор статьи*

защиты от ПУМ и индуцированных грозовых перенапряжений прежде всего длиной пути разряда. Разрядный элемент РДИ, вдоль которого развивается скользящий разряд, имеет длину, в несколько раз превышающую длину импульсного перекрытия защищаемой изоляции. Конструктивные особенности разрядника обеспечивают более низкое разрядное напряжение при грозовом импульсе по сравнению с разрядным напряжением защищаемой изоляции. Еще одна важная особенность РДИ — это то, что токи протекают вне аппарата. Т.е. сам разрядник представляет собой кусок кабеля, внутри которого ток не протекает, соответственно разрядник не может ни перегреться, ни пробиться.

Описание других способов грозозащиты ВЛ, таких, как использование защитных искровых промежутков, применение трубчатых разрядников, «дугозащитных рогов» автор считает нецелесообразным, ввиду их запрещения («дугозащитные рога»), либо низкой эффективности.

И в заключение несколько слов об особенностях установки рассмотренных выше защитных аппаратов на ВЛ. Будем иметь в виду, что ВЛ 6-20 кВ работают в режиме с изолированной или компенсированной нейтралью, поэтому токи однофазного замыкания на землю, возникающего при грозовых перекрытиях, легко гасятся любым защитным аппаратом. Сложнее обстоит дело при 2-фазных и 3-фазных перекрытиях. Для защиты изоляции ВЛ при 2-фазных перекрытиях необходимо располагать защитные аппараты параллельно изоляторам и с последовательным чередованием фаз, т.е. на первой опоре аппарат устанавливается на фазу «А», на второй — на фазу «В», на

третьей — на фазу «С», на четвертой — снова на фазу «А». При такой схеме ток короткого замыкания протекает по пути, включающем удвоенное сопротивление заземления опоры. Величина тока уменьшается, тем самым создаются более комфортные условия для работы защитного аппарата. Данная схема размещения разрядников наиболее оптимальна, хотя она и не защищает линию от отключения. Следует заметить, что данная компоновка защитных аппаратов используется для защиты линии от индуцированных перенапряжений. При защите от ПУМ необходимо устанавливать устройства защиты параллельно изоляторам на каждой фазе каждой опоры, либо (как в случае с ОПН) использовать грозозащитный трос. Для случаев двухцепной ВЛ на одной опоре разрядники устанавливаются на одинаковых фазах разных цепей.

В соответствии с «Методическими указаниями...» также должна выполняться и защита подходов ВЛ 6-10 кВ к ПС 35-110/6-10 кВ. Она выполняется путем установки комплекта защитных аппаратов на расстоянии 200-300 м. от ПС. Ранее для этих целей использовались трубчатые разрядники, сейчас, в силу лучших характеристик, применяют ОПН, либо ОПН в сочетании с искровым промежутком. Аппараты устанавливаются на каждую фазу и служат для среза фронта волны, набегающей на ПС. Кроме того, предъявляются повышенные требования к типу опор и величине их заземления на подходе ВЛ к ПС.

Подводя итог данной работе можно сказать, что проблема повышения грозоупорности ВЛЗ 6-20 кВ должна рассматриваться как система уравнений со множеством неизвестных. Нельзя сводить решение данной задачи просто к выбору универсального средства, позволяющего решить все проблемы сразу. При принятии решения необходимо провести анализ первичного материала, как-то: район трассы ВЛ, удельное сопротивление грунтов в месте прохождения линии, материал опор, на которых построена линия, вид изоляции ВЛЗ, число грозовых часов в регионе, сопоставить это с экономическим ущербом от повреждения линии из-за грозы. Только после выполнения анализа можно будет остановиться на конкретных мерах защиты ВЛЗ от грозовых перенапряжений. Также необходимо понимать, что принятые меры не могут одинаково эффективно защитить ВЛЗ во всех случаях. Грозозащита должна выбираться исходя из требуемой надежности, а надежность, в свою очередь — это величина вероятностная.

*А. В. Виноградов — главный специалист
отдела подготовки технических условий
ОАО «МРСК Северо-Запада»*