

Определение длины защищённого подхода ВЛ для ОРУ 220 кВ, выполненного по схеме мост

к.т.н. доц. кафедры
ТВН ЭиКТ СПбГПУ,
Гумерова Н.И.

1. Нормирование в области защиты от грозовых перенапряжений РУ

Для разрядников в 60-х годах XX века были разработаны таблицы максимально допустимых расстояний по ошиновке РУ между защитным аппаратом (ЗА) и защищаемым объектом. Расстояние выбиралось на основе информации о типе разрядника и заданной длине защищенного подхода ВЛ. Такой подход значительно упрощал проектирование и позволял избегать расчетов показателя грозоупорности РУ, в итоге данный метод был закреплен в ПУЭ.

При разработке 7-го издания Правил устройства электроустановок [1] часть «Защита от грозовых перенапряжений» главы «Распределительные устройства выше 1 кВ» не была полностью переработана, несмотря на очевидность того, что основным аппаратом, ограничивающим грозовые перенапряжения в сетях 110 кВ и выше, будет являться ОПН. В ПУЭ 7 изд. проектировщикам была лишь предложена формула коррекции допустимых расстояний из таблиц 4.2.10-4.2.13 при переходе от разрядников к ОПН. Исследования показали, что погрешность данного подхода в общем случае непредсказуема, иначе говоря, описание процессов развития перенапряжений в схеме РУ при помощи простой пропорции для системы с нелинейными элементами является некорректным, но данная проблема требует отдельного рассмотрения. Алгоритмы выбора допустимого расстояния представлены на рис. 1.

ОПН более глубоко ограничивает перенапряжения. Отсюда, согласно ПУЭ расстояния по ошиновке между ЗА и ЗО можно увеличить. В реальности же расстояния по ошиновке больше зависят от типа схемы, а точнее, взаимного расположения выключателей, ОПН и защищаемого оборудования. Таким образом, ограничители в наиболее распространенных схемах РУ просто устанавливаются на места, которые в прошлом занимали разрядники, что подтверждается в типовых проектах схем с ОПН [2]. То есть, даже осуществив пересчет максимального расстояния между ЗА и ЗО по требованиям ПУЭ, практического результата в виде изменений проектных решений проектировщик, как правило, не получает, или, иными словами, влияния замены разрядников на ОПН на конструкцию электроустановки нет.

Руководство по защите от перенапряжений [3], разработанное под редакцией Н.Н. Тиходеева (НИИПТ) в 90-х годах, содержит подробное описание алгоритма расчета характеристик грозопоражаемости высоковольтного оборудования РУ с учетом статистической природы грозовых перенапряжений (рассматриваются полные диапазоны изменения фронта и амплитуды импульса тока молнии) и конкретной конфигурации схем. *Такой подход по сей день является наиболее полным и универсальным из изложенных в НТД, кроме того, он позволяет обосновать надежность грозозащиты РУ при любом типе ЗА.* Тем не менее, данный документ

используется на практике очень редко, так как требует высокой квалификации расчетчика.

При столь разных подходах результаты применения РД и ПУЭ зачастую не соответствуют друг другу, как правило, требования РД оказываются более жесткими.

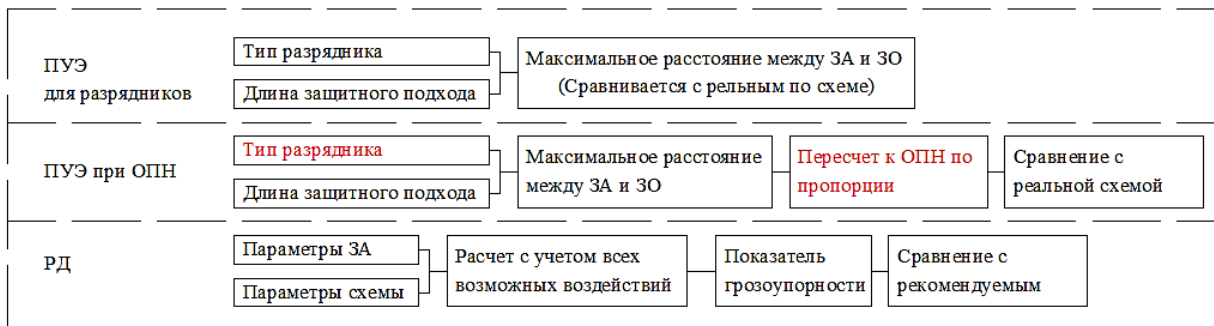


Рис. 1. Алгоритмы обоснования надежности грозозащиты в действующей НТД

Таким образом, анализируя современную НТД в области грозозащиты РУ, а также практику ее применения, можно прийти к следующим выводам:

- существуют различные, одновременно действующие подходы к обеспечению грозозащиты РУ,
- требования ПУЭ по отношению к размещению ОПН менее обоснованы,
- в подавляющем большинстве случаев, место установки ОПН определяется типом схемы, а не параметром «максимальное расстояние по ошиновке между ЗА и ЗО», который описан в ПУЭ, что означает отсутствие учета появления ОПН на конструкцию электроустановки.

2. Защищенный подход

Если на РУ свойство ОПН более глубоко ограничивать перенапряжения учесть в конструкции электроустановки проблематично, из-за того, что место его размещения зависит от схемы, то с защищенным подходом ВЛ ситуация иная. Здесь более глубокое ограничение перенапряжений, как оказалось, может существенно влиять на проектные решения и эксплуатационные затраты. Поддержание в рабочем состоянии защищенных подходов ВЛ во многих регионах России требует немалых усилий. На Северо-Западе из-за плохой проводимости грунта выполнение требований ПУЭ к ограничению величин сопротивлений заземляющих устройств опор на длинах в несколько километров крайне затруднительно [4]. Во многих районах страны из-за длительной эксплуатации ВЛ состояние грозозащитных тросов также становится причиной отключения ВЛ. Этот вопрос актуален и в случае подключения новых подстанций к существующим линиям (требуется устройство защитного подхода там, где его не было).

Производя расчеты грозоупорности РУ согласно требованиям РД, мы неоднократно сталкивались с тем, что уже на расстояниях в сотни метров от РУ удары молний не могут привести к появлению опасных воздействий.

Общеизвестно, что волна напряжения, распространяясь по ВЛ, затухает вследствие потерь энергии на импульсную корону, в грунте, в проводах, что при

фиксированной точке поражения ВЛ ограничивает область опасных воздействий снизу. Степень опасности грозových импульсов также существенно снижается благодаря стеканию тока молнии в заземлители опор. При ударах молнии в опору и трос этот процесс начинается до перекрытия линейной изоляции, при прорывах на фазный провод – после перекрытия. Чем дальше от РУ происходит поражение ВЛ, тем больше энергии необходимо затратить для повреждения изоляции на РУ и тем менее вероятно аварийное событие. Соответственно граница опасных воздействий для каждого следующего от РУ пролета смещается вверх. Сверху область опасных воздействий ограничена естественными диапазонами параметров импульса тока молнии.

Таким образом, существует конкретное расстояние, с которого невозможен приход опасных волн и которое может быть определено расчетным путем. Реализация мер по обустройству защищенного подхода ВЛ, на расстояниях свыше этой величины, на аварийность РУ никакого влияния не окажет. Отметим, что здесь речь идет не об обеспечении абсолютной защиты оборудования РУ, так как при ударах в защищенный подход также возможны повреждения оборудования, а о сокращении издержек на неэффективное увеличение длины защищенного подхода.

3. Определение необходимой длины защищенного подхода ВЛ для ОРУ 220 кВ, выполненного по схеме мост

В 2013 году нами была выполнена работа по определению необходимой длины защищенного подхода ВЛ к РУ 220 кВ, выполненного по мостовой схеме. Рассматриваемое ОРУ являлось объектом нового строительства, к которому подходило 2 одноцепных ВЛ с негоризонтальным расположением проводов, являвшихся отпайками существующих ВЛ, находящихся в эксплуатации более 34 лет. Длины отпайек согласно проектным данным составляли соответственно 1430 и 1280 метров. На момент ввода в эксплуатацию новой ПС грозозащитные тросы с существующих ВЛ были сняты. Принципиальная схема ПС приведена на рис.3.

Согласно ПУЭ минимальная длина защищенного подхода для данного класса напряжения составляет 2 км. Таким образом, при вводе в эксплуатацию согласно требованиям ПУЭ необходимо было отнести часть длины находящихся в эксплуатации ВЛ к защищенному подходу и выполнить на них размещение грозозащитного троса.

Для РУ был выполнен расчет грозových перенапряжений согласно требованиям РД в рамках которого была определена максимальная длина по ВЛ, с которой возможен приход опасных воздействий. При выполнении расчетов учитывались:

- величины сопротивлений ЗУ (для создания запаса при расчете были заданы равными предельно допустимому по ПУЭ – 20 Ом),
- потери в грунте (для создания запаса рассчитывались по наименьшей величине удельного сопротивления грунта на всей трассе, полученной в результате геологических изысканий).

Так как речь идет не о грозоупорности РУ, то есть не о вероятностных величинах, а об определении конкретной длины, то такой параметр как число грозových часов не влияет на результат (для фиксированной схемы, конструкции ВЛ и ОПН результат при любой интенсивности грозовой деятельности останется неизменным).

Расстояние от входа подстанции до первой опоры составляет 80 м, средняя длина пролета на подходе - 200 м.

Поскольку это новая подстанция расчеты были выполнены для различных типов ОПН. На рис. 4 приведены ВАХ для 3-х ограничителей: ОПНп-220/176/10/850-III(IV)-УХЛ1, ОПНп-220/156/10/850-III(IV)-УХЛ1 и ОПНп-220/146/20/1500-II-УХЛ1.

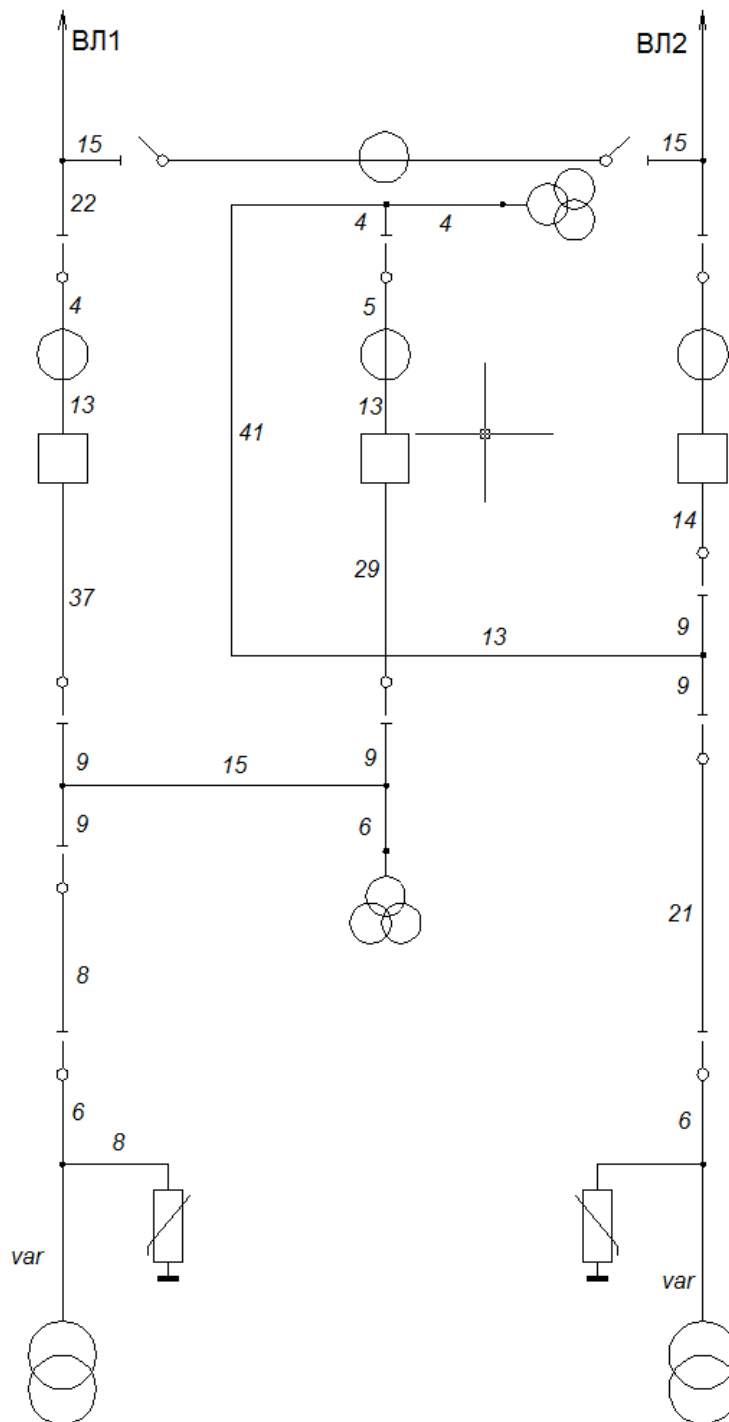


Рис. 3. Принципиальная схема ОРУ 220 кВ

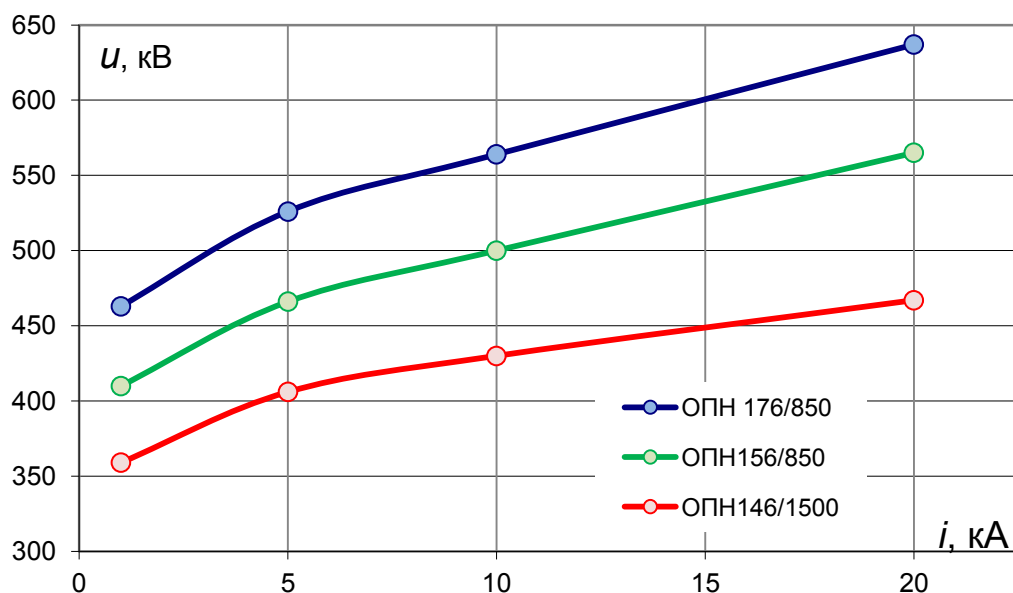


Рис. 4. Вольтамперные характеристики ОПН 220 кВ с различной энергоемкостью и длительным повышением рабочего напряжения

В результате расчетов установлено: при имеющемся на подстанции расстоянии между каждым силовым трансформатором и соответствующим ОПН (15 метров) наибольшее расстояние по подходу, с которого возможен приход опасных воздействий на РУ, составляет 680 м, что соответствует 4-м пролетам. В то же время согласно ПУЭ минимальная длина защищенного пролета равна 2 км.

Данная величина получена следующим образом: в расчетах рассматривались удары молнии в трос (или опоры) и фазный провод сначала вблизи от входа ВЛ на подстанцию, а затем на некотором удалении до тех пор, пока напряжения на обследуемых аппаратах не становились ниже допустимых значений. Последние опасные удары были выявлены при ударах молнии на расстоянии 480 м, т.е. в районе третьей опоры. Это значение было увеличено на длину пролета, таким образом, требуемая длина защищенного подхода оказалась равной 680 м. В расчетах также было учтено, что первая опора за защищенным подходом может иметь сопротивление заземляющего устройства 30 Ом (требования табл. 1.8.38 ПУЭ к опорам ВЛ вне защищенного подхода).

Проведенные расчеты позволили обосновать отказ от применения решений по изменению конструкции существующих ВЛ. Итоговая длина защищенного подхода была принята равной 1120 и 1170 метров, то есть соответствовала участкам новых ВЛ.

4. Длины защищенных подходов для подстанций 110-330 кВ

Полученные результаты не являются частным случаем. Расчеты, выполненные для подстанций 110 кВ с ОРУ по схеме "Блок ВЛ - трансформатор" [4] показали, что и для этих наименее защищенных подстанций (только один защитный аппарат и одна ВЛ) требуемые длины защищенных подходов не превысили 450 м - 3 пролета, 3 опоры. Ранее выполнялся анализ грозозащиты подстанции 330 кВ по схеме "Укрупненный блок", размещенной на Кольском полуострове с сопротивлениями ЗУ, превышающими

рекомендации ПУЭ. Требуемая длина защищенного подхода для этой подстанции оказалась равной 700 м, при рекомендациях ПУЭ – 2-4 км.

Выводы

1. В действующей НТД существуют различные подходы к определению достаточности мер по защите оборудования РУ от грозových перенапряжений.
2. Методика ПУЭ по выбору расстояния между ЗА и ЗО для большинства объектов с типовыми схемами и компоновками не является практически значимой для случая применения ОПН, так как расстановка ЗА определяется для них типом схемы.
3. При фиксированных местах установки защитных аппаратов, установленных в требованиях НТД к типовым схемам, более глубокое ограничение грозových перенапряжений ОПН по сравнению с разрядниками может быть учтено в виде уменьшения длины защищенного подхода ВЛ.
4. Максимальная необходимая длина защищенного подхода ВЛ при фиксированной схеме, конструкции ВЛ и типе ЗА может быть определена расчетным путем. Полученные в работе длины защищенных подходов меньше требуемых ПУЭ.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. СПб.: Издательство ДЕАН, 2003.
2. СТО ОАО «ФСК ЕЭС» 56947007-29.240.30.010-2008 Схемы принципиальные электрические распределительных устройств подстанций 35-750 кв. Типовые решения.
3. Руководство по защите электрических сетей 6–1150 кВ от грозových и внутренних перенапряжений / Под науч. ред. Н.Н. Тиходеева. СПб.: ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999.
4. Н. Гуменова, Б. Ефимов, А. Косоруков, О. Репкина Защищенные подходы к ВЛ. Требования по грозových воздействиям. Новости электротехники №5, 2014.

СПбГПУ
195251, Санкт-Петербург,
Политехническая, 29
Тел.: +7 (812) 552-8945
e-mail: director@ipts.spbstu.ru
<http://www.spbstu.ru/>