

НОРМАТИВНАЯ БАЗА МОЛНИЕЗАЩИТЫ ВЛ (НЕДОСТАТКИ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ)

Гайворонский А.С.

Введение. Нормативная база является основой расчета и проектирования молниезащиты (МЗ). Излишне говорить, что недостатки нормативной базы негативно отражаются на качестве проектирования и, в конечном счете, – надежности молниезащиты и эксплуатации ВЛ.

Существующая нормативная база в области молниезащиты ВЛ представлена в двух основных стандартах [1, 2] и ряде связанных с ними отраслевых нормативных документов [3-7], устанавливающих требования к выполнению и методам расчета МЗ. Следует отметить, что основные стандарты по молниезащите не пересматривались уже более 19 лет, многие их положения устарели и не отвечают современным требованиям к ее выполнению. Прежде всего, это касается молниезащиты наиболее проблемных ВЛ 110-330 кВ в районах с высоким удельным сопротивлением грунтов, ВЛ 110-500 кВ, эксплуатируемых без грозозащитных тросов, а также новых технологий молниезащиты на основе применения линейных ОПН и разрядников с внешним искровым промежутком (ЛР).

1 Нормирование надежности молниезащиты ВЛ

Показателем надежности молниезащиты – грозоупорности ВЛ является удельное число грозовых отключений, определяемое на 100 км длины линии и 1 год эксплуатации. Парадоксальность ситуации заключается в том, что в действующих нормативных документах [1 2] этот основополагающий показатель никак не нормируется. В качестве ориентира («для сведения») в [2] приводятся эксплуатационные показатели по грозовым отключениям отечественных ВЛ 110-750 кВ, полученные путем обобщения опыта их эксплуатации, как предполагается, для «нормальных» ВЛ. При этом диапазон изменения показателей грозоупорности для ВЛ данного класса напряжения варьирует от 200 до 300% по отношению к среднему значению, а условия эксплуатации по интенсивности грозовой деятельности, характеристикам грунтов, для которых они получены, никак не оговариваются. Очевидно, что указанные средние эксплуатационные показатели не могут считаться сколь-нибудь обоснованной нормой для проектирования молниезащиты. Согласно [2], для определения допустимого числа грозовых отключений при новом строительстве и реконструкции ВЛ следует ориентироваться на достигнутые показатели грозоупорности ВЛ в конкретном регионе. Это положение еще более запутывает ситуацию

и разрушает саму идею стандартизации и нормирования надежности молниезащиты, поскольку «достигнутые показатели в конкретном регионе» - это нечто еще менее определенное, чем средние показатели по отрасли, а в действительности их просто не существует.

Требования надежности – это не самоцель, но их отсутствие, в конечном счете, негативно сказывается на проектировании и эксплуатации молниезащиты ВЛ. В заданиях на проектирование ВЛ за редким исключением отсутствуют требования по допустимому числу грозových отключений и выполнению обосновывающих расчетов молниезащиты. Де-факто такое проектирование сводится к «соблюдению требований ПУЭ» в части защиты от перенапряжений и заземления, которые носят рамочный характер и не дают гарантий надежности молниезащиты. Как итог, в конструкцию ВЛ уже на стадии проектирования закладываются слабо обоснованные, хотя и стандартные, технические решения по молниезащите с никому неизвестной надежностью. Далее, это переносится на эксплуатацию ВЛ. Существующая практика предусматривает реагирование на каждое аварийное отключение (грозовое и негрозовое) с выездом линейного персонала для поиска места повреждения, установления причины отключения и т.д. Грозовые отключения, которые как правило происходят с успешным АПВ, учитываются наравне с другими видами аварийных отключений, ставятся в вину и относятся к недостаткам эксплуатации. В связи с этим, однако, возникает вопрос: какое отношение имеют эти грозовые отключения к самой эксплуатации, если они априори заложены в конструкцию ВЛ и эксплуатирующий персонал уже никак не может на них повлиять? Вопрос риторический.

Необходимо нормализовать показатели надежности молниезащиты хотя бы на уровне рекомендуемых значений допустимого числа грозových отключений в зависимости от класса напряжения, ответственности ВЛ, условий эксплуатации по характеристикам грунтов, интенсивности грозовой деятельности.

2 Парадигма молниезащиты ВЛ по ПУЭ-7

Правила устройства электроустановок [1] остаются на сегодняшний день основным нормативным документом в области молниезащиты ВЛ, на который ориентируются проектные организации. Однако, с точки зрения проектирования молниезащиты, ПУЭ не являются самостоятельным документом, то есть не охватывают всех аспектов проектирования МЗ и имеют ряд существенных недостатков.

Положения ПУЭ, устанавливающие требования к выполнению молниезащиты, сформулированные в разделе «защита от перенапряжений и заземление» (п.п. 2.5.15-2.5.134), включают только минимальный набор требований к защите от прямых ударов молнии (ПУМ), заземлению опор и допустимым изоляционным промежуткам на опорах и

в пролете ВЛ. Причём, как уже отмечалось, они устанавливаются безотносительно к надёжности защиты, которая при этом достигается.

Требования по защите от ПУМ ограничиваются указанием обязательности установки грозозащитных тросов на ВЛ 110-750 кВ, условий, при которых допускается сооружение ВЛ 110-500 кВ без тросов, и наибольших допустимых углов защиты троса в зависимости от типа опор, расположения проводов и класса напряжения ВЛ. Фактически, требования ПУЭ просто закрепляют существующие технические решения по защите от ПУМ для ВЛ 110-750 кВ, выполненных на типовых опорах. В качестве единственного значимого параметра при этом принимается угол защиты троса и не учитываются такие конструктивные параметры, как высота опоры и превышение троса над проводом, которые, как известно, оказывают существенное влияние на эффективность тросовой защиты [8, 9]. Применительно к ВЛ новых конструкций, выполненных на многоцепных, многогранных опорах с повышенной высотой, опорах больших переходов и др., требования ПУЭ явно недостаточны и следование им может приводить к существенным ошибкам в проектировании защиты от ПУМ.

Требования ПУЭ в отношении наибольшего сопротивления заземляющих устройств (ЗУ) опор ВЛ устанавливаются в зависимости от эквивалентного удельного сопротивления грунта ($\rho_{\text{ЭКВ}}$) и допускают увеличение сопротивления ЗУ опор от 10 до 30 Ом при изменении $\rho_{\text{ЭКВ}}$ в диапазоне 100÷5000 Ом×м. Для ВЛ 110-330 кВ в районах с высоким удельным сопротивлением грунтов (≥ 1000 Ом×м) это автоматически означает допустимость большого числа грозовых отключений, вызванных обратными перекрытиями изоляции при ударах молнии в трос. В частности, для ВЛ 110 кВ, выполненных на типовых опорах П110-4, число грозовых отключений при умеренной грозовой активности 40 г.ч. составит в этом случае 7-10 отключений на 100 км в год. Очевидно, что такие показатели грозоупорности ВЛ недопустимы. Но никаких оговорок по надёжности защиты и альтернативных решений в ПУЭ не приводится.

Необходима гармонизация положений ПУЭ с новыми возможностями повышения грозоупорности ВЛ, которые дают современные технологии молниезащиты на основе применения линейных ОПН и ЛР. В частности, это касается тех положений ПУЭ, которые относятся к сооружению ВЛ 110-500 кВ или их участков без тросов и нормированию сопротивления ЗУ опор. Условия, при которых допускается сооружений ВЛ 110-500 кВ без тросов, необходимо дополнить «применением линейных ОПН» и расширить их на ВЛ 110-220 кВ, предназначенные для электроснабжения объектов добычи и транспорта нефти, а также на большие переходы и пересечения ВЛ. Нормы на наибольшее допустимое сопротивление ЗУ опор также должны быть скорректированы с учетом применения ОПН и

ЛР. В этих случаях необходимо предусмотреть, что сопротивления ЗУ опор определяются при проектировании, и допускается их превышение по сравнению с установленными нормами.

3 Методическая база проектирования молниезащиты ВЛ

Методическая база проектирования молниезащиты ВЛ в части расчета и выбора средств молниезащиты наиболее полно представлена в «Руководстве по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений» [2]. Как уже отмечалось, этот документ не актуализировался более 20 лет, чем в значительной степени обуславливаются его недостатки.

Предлагаемая в [2] методика расчета числа грозовых отключений во многом основывается на устаревших представлениях. В частности, это касается расчета характеристик грозопоражаемости ВЛ – числа ударов молнии в линию, которые условно разделяются на удары в трос и опру без учета реального распределения ударов по длине пролета, расчета вероятности прорыва молнии через тросовую защит, определяемой по весьма приближенной полуэмпирической формуле, ограниченной применением только для положительных углов, не учитывающей распределения ударов по фазам. С позиций стандартизации существующая методика расчета числа грозовых отключений не верифицирована. Как показывает практика проектирования и обследования молниезащиты ВЛ 110-500 кВ, ожидаемые расчетные показатели грозоупорности, определяемые в соответствии с [2], зачастую существенно отличаются от фактических эксплуатационных показателей грозоупорности ВЛ.

Совершенствование методической базы проектирования молниезащиты должно основываться на применении современных методов компьютерного моделирования грозопоражаемости ВЛ [8], позволяющих получить детальную информацию о статистических характеристиках грозопоражаемости ВЛ, включая, статистические оценки числа ударов молнии в линию (трос, провод, фазные провода), распределение ударов по длине пролета и фазам ВЛ, законы распределения токов молнии для ударов в трос и провод, ожидаемое число грозовых отключений с учетом реальных конструктивных параметров и рабочего напряжения ВЛ. В последние годы разработке таких методов уделялось большое внимание, они достаточно хорошо апробированы и зарекомендовали себя, как эффективный инструмент проектирования молниезащиты ВЛ в различных применениях.

В плане совершенствования нормативной базы, одной из ключевых задач является актуализация и получение достоверных статистических данных по характеристикам разрядов молнии, которые служат основой для расчета и проектирования молниезащиты. Очевидно, что от качества этих данных напрямую зависит качество проектирования и

эффективность технических решений по молниезащите. На сегодняшний день для этих целей используются устаревшие отечественные данные, полученные путем косвенных измерений, и весьма ограниченные данные прямых измерений по рекомендациям СИГРЭ [10, 11], статистическая достоверность которых также крайне низка. Такие базовые параметры для расчета молниезащиты, как плотность ударов молнии в землю, радиус стягивания разрядов молнии, амплитуда тока и заряд вспышки молнии определяются с большой долей неопределенности. Границы доверительных интервалов их определения в области малых вероятностей (статистическая погрешность) могут составлять сотни процентов, причем, как в меньшую, так и в большую сторону. Решение этой задачи может быть обеспечено организацией комплексных исследований характеристик грозопоражаемости ВЛ и параметров разрядов молнии на базе действующих ВЛ 110-500 кВ с установленными линейными ОПН, оборудованных системами мониторинга грозовых разрядов и датчиками-регистраторами для прямых измерений тока молнии.

Выводы

1 Существующая нормативная база молниезащиты устарела, не отвечает современным требованиям к выполнению и проектированию молниезащиты ВЛ.

2 Совершенствование нормативной базы молниезащиты ВЛ требует пересмотра основных стандартов [1, 2], внедрения в практику проектирования современных методов компьютерного моделирования грозопоражаемости ВЛ, актуализации статистических данных по характеристикам грозопоражаемости ВЛ и параметрам разрядов молнии.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. 7-е изд. М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2003. Раздел 2. Передача электроэнергии. Глава 2.5.
2. Руководство по защите электрических сетей 6-1150 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений / Под науч. ред. Н.Н. Тиходеева. 2-е изд. СПб. Изд-во ПЭИПК Минтопэнерго РФ, 1999.
3. СТО 56947007-29.240.55.192-2014 «Нормы технологического проектирования воздушных линий электропередачи напряжением 35-750 кВ».
4. СТО 56947007-29.240.01.221-2016 «Руководство по защите электрических сетей напряжением 110-750 кВ от грозовых и внутренних перенапряжений».
5. ГОСТ Р 52725-2021 «Ограничители перенапряжений нелинейные для электроустановок переменного тока напряжением от 3 до 750 кВ. Общие технические условия».
6. СТО 56947007-29.120.50.076-2011 «Типовые технические требования к ограничителям перенапряжения классов напряжения 6-750 кВ».
7. СТО 56947007-29.130.10.197-2015. Методические указания по применению ОПН на ВЛ 6- 50 кВ.

8. Гайворонский А.С., Карасюк К.В. Новые методические принципы оценки грозоупорности воздушных линий электропередачи высших классов напряжения. Научный вестник НГТУ, №2(5), 1998.

9. Костенко М.В., Новикова А.Н. Вероятность прорыва молнии на провода воздушных линий электропередачи: опыт эксплуатации и его обобщение. // Известия академии наук. Сер. Энергетика 1993. - №5.

10. Anderson R.B., Eriksson A.J. Lightning parameters for engineering application. Electra, №69, 1980.

11. K. Berger, R.B Anderson H. Kroninger. Parameters of Lightning Flashes, Electra, №41, 1975.