

УДК 621.3

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ РАСЧЕТА ГРОЗОЗАЩИТЫ ПОДСТАНЦИЙ

Врублевский М.Д., Мамончик А.Н., Катрич А.Е.
Научный руководитель – ассистент Бычков М.М.

Электростанция – электрическая станция, совокупность установок, оборудования и аппаратуры, используемых непосредственно для производства электрической энергии, а также необходимые для этого сооружения и здания, расположенные на определённой территории.

Грозозащита – это обязательная часть любого здания. Без системы молниезащиты (грохозащиты) здание и соответственно, люди и имущество, находящиеся в нем, беззащитны перед ударом стихии. Молниезащита объектов нужна для защиты от прямого удара молнии в здание, защиты от вторичных её проявлений, таких как перенапряжения (наводки, возникающие в электрических цепях при грозовом разряде), проще говоря, для того, чтобы сберечь вашу жизнь и имущество.

Оборудование подстанции (ПС) надежно защищается от прямых ударов молнии системой молниеотводов, у которых обеспечено малое импульсное сопротивление заземления, что исключает обратные перекрытия на электрооборудование. Повреждаемость изоляции электрооборудования ПС от воздействия на нее грозовых перенапряжений зависит от частоты появления набегающих с присоединенной воздушной линии (ВЛ) волн грозовых перенапряжений и работоспособного состояния ограничителя перенапряжений нелинейного (ОПН). Набегающая по ВЛ на ПС грозовая волна может образовываться вследствие ударов молнии непосредственно в ВЛ (трос, провод) и при близких к ВЛ ударах молнии в наземные сооружения.

Причиной возникновения на подстанции опасных перенапряжений от набегающих волн являются грозовые поражения ВЛ электропередачи. При ударе молнии в линию на проводах ВЛ образуется волна напряжения, движущаяся в сторону подстанции. Амплитуда такой волны ограничена импульсной прочностью линейной изоляции.

Приход волны напряжения на подстанцию приводит к возникновению волнового переходного процесса, в результате которого на изоляции электрооборудования могут возникнуть опасные перенапряжения. Поэтому для защиты изоляции оборудования применяются ОПН, пришедшие на смену вентильным разрядникам (РВ). Серийный выпуск РВ прекращен в России, но в эксплуатации находится еще много таких устройств.

Ограничители перенапряжений нелинейные с нелинейными резисторами (варисторами) предназначены для защиты от коммутационных и грозовых перенапряжений изоляции электрооборудования. Отсутствие искрового промежутка обеспечивает постоянное подключение ОПН к защищаемому оборудованию. Защитные свойства ОПН обусловлены вольтамперной характеристикой варисторов. Микроструктура варисторов включает в себя кристаллы оксида цинка и междукристаллической прослойки. В нормальном рабочем режиме ток через ограничитель носит емкостной характер и составляет десятые доли миллиампера. При возникновении в сети перенапряжений сопротивление ОПН резко падает до единиц, варисторы ограничителя переходят в проводящее состояние и ограничивают дальнейшее нарастание перенапряжения до уровня, безопасного для изоляции защищаемого электрооборудования, поглощая энергию импульса перенапряжения, которая преобразуется в тепловую энергию и затем рассеивается в окружающую среду. Когда волна перенапряжения проходит, ограничитель вновь возвращается в непроводящее состояние. Время перехода ограничителя в проводящее состояние составляет единицы наносекунд, что позволяет ОПН эффективно ограничивать высокочастотные перенапряжения.

Уровень перенапряжений зависит от параметров ОПН и уменьшается в случае применения ОПН с меньшими остающимися напряжениями. Расчет грозовых перенапряжений в реальных схемах подстанций осуществляется с помощью численного

моделирования. Для исследования на расчетной модели нужно составить схему замещения подстанции, используя план подстанции с обозначением расстояний по ошиновке. Значения этих емкостей для основных видов электрооборудования класса напряжения 110 кВ.

Основным показателем надежности защиты от набегающих волн является среднее число лет безаварийной работы подстанционного электрооборудования. При проектировании защиты от грозовых перенапряжений экономически целесообразным оказывается не исключать полностью возможность появления перенапряжений, превышающих допустимые значения, а ограничиться малой вероятностью повреждения изоляции оборудования. Рекомендуемые показатели надежности грозозащиты наиболее дорогого и ответственного подстанционного оборудования (силовых трансформаторов, автотрансформаторов и шунтирующих реакторов) в зависимости от класса номинального напряжения подстанции.

Технико-экономический анализ показывает, что выполнить воздушные линии электропередачи абсолютно грозозащищенной нельзя. Приходится сознательно идти на то, что воздушные линии электропередачи какое-то ограниченное число раз в год будет отключаться. В задачу грозозащиты линий электропередачи входит снижение до минимума числа грозовых отключений. Допустимое число отключений воздушной линии электропередачи в год определяется из условий:

- надежного электроснабжения потребителей;
- надежной работы выключателей, коммутирующих воздушных линий электропередачи.

Ожидаемое число грозовых отключений линии в первую очередь определяется интенсивностью грозовой деятельности в районе прохождения трассы линии. Ориентируясь на средние цифры, принято считать, что на 1 км земной поверхности за один грозовой час приходится 0,067 удара молнии.

Процессы, протекающие на подстанции при воздействии набегающих с линии волн, кратковременны. Их длительность составляет десятки микросекунд, а максимальные перенапряжения возникают в течение нескольких микросекунд переходного процесса.

Длительности фронта воздействующих напряжений оказываются соизмеримыми с временами пробега волн по участкам ошиновки распределительного устройства, что приводит к необходимости учета волнового характера процессов при качественном анализе и в численном моделировании.

Метод бегущих волн, включая в себя правило эквивалентной волны, позволяет производить расчет схем содержащих ряд узлов.

При исследовании волновых процессов на подстанции необходимо учитывать отходящие от нее линии. В расчетной схеме замещения отходящая линия может быть представлена своим волновым сопротивлением. Это представление справедливо до тех пор, пока в начале линии не появится отраженная волна, то есть в течение двух времен пробега волны по отходящей линии.

При этом напряжение в начале линии относится к втекающему в нее току так же, как соотносятся друг с другом напряжение и ток падающей волны, то есть входное сопротивление линии определяется ее волновым сопротивлением.

Обычно время пробега волны по отходящей линии значительно больше характерных времен волнового процесса на подстанции, поэтому замещение отходящей линии волновым сопротивлением справедливо.

Участки ошиновок на подстанции в схеме замещения представить волновыми сопротивлениями нельзя, так как время пробега волны по ним в большинстве практических случаев меньше длительности фронта.