

Дуговая защита

Сапожникова А.Г.

Белорусский национальный технический университет

Современное общество все сильнее зависит от качественного и непрерывного электроснабжения. Длительное пропадание электропитания вызывает большие финансовые потери поставщику и потребителю электроэнергии. Независимо от того, как защищена энергосистема, возникновение аварий все же возможно. Электрическое дуговое короткое замыкание – это редко встречающееся короткое замыкание в коммутационной аппаратуре, где эффект взрывного нарастания давления и нагрева может быть причиной громадного ущерба оборудованию и риска для безопасности обслуживающего персонала. При этом время горения дуги позиционируется как основной критерий для оценки вероятности повреждения оборудования и травмирования персонала.

Открытые дуговые замыкания длительностью до 100 мс, в 90% случаев не представляют опасности для оборудования и персонала. При времени горения дуги более 100 мс, но менее 600 мс, в 100% случае происходит повреждение оборудования и травмирование персонала. Дуговые короткие замыкания, длящиеся более 600 мс, характеризуются обширными повреждениями оборудования и тяжелыми травмами персонала.

Температура газа в канале дугового разряда может достигать 10000°C. Металлы, попавшие в зону горения дуги, испаряются, а изоляция сгорает, в некоторых случаях – с выделением токсичных газов. Воспламенение кремнийорганической изоляции опорных и проходных изоляторов происходит ориентировочно через 120 мс после возникновения дугового замыкания. Через 180 мс возможно воспламенение меди, из которой выполнены токоведущие части главной цепи. Через 250 мс воспламеняются стальные конструктивные элементы распределительного устройства, находящиеся в зоне действия дуги.

Наилучший путь ограничить ущерб от дугового короткого замыкания – это ограничить время горения дуги. Время горения дуги может быть ограничено путем отключения выключателя, через который происходит питание дуги. Цель дуговой защиты – определить дуговое замыкание и минимизировать время горения дуги, защищая тем самым людей и оборудование.

Время, за которое происходит отключение замыкания, в общем случае, можно рассчитать по следующей формуле:

$$T_{\text{откл.}} = T_z + T_v;$$

где, T_z - время срабатывания устройства защиты; T_b - собственное времени отключения выключателя. При этом современные дуговые защиты без контроля по току обеспечивают время срабатывания от 7 мс до 15 мс. В случае, если в алгоритме устройства защиты используется контроль тока, время срабатывания увеличивается до 30 мс. С учётом того, что времена отключения современных вакуумных выключателей составляют от 50 до 90 мс, полное время отключения дугового замыкания может составить 110 мс, что может повлечь негативные последствия для оборудования и персонала.

УДК 621.316.99

Численный метод расчета электродинамической стойкости проводов воздушных линий.

Сергей И.И., Потачиц Я.В.

Белорусский национальный технический университет

Электродинамическое действие токов короткого замыкания на элементы конструкций воздушных линий (ВЛ) сопровождаются динамическими нагрузками большой амплитуды и сближением фазных проводников. Критериями электродинамической стойкости ВЛ являются максимальные тяжения проводов и наименьшие расстояния между соседними проводами в момент их наибольшего сближения при и после короткого замыкания. Максимальные тяжения проводов не должны превышать допустимых значений. Допустимые тяжения определяются пределом прочности на растяжение проводов с учетом коэффициента запаса $K_c = 0,5$. Наименьшее расстояние между фазами в момент их наибольшего сближения не должно быть меньше нормированного значения по рабочему напряжению.

Для расчета параметров электродинамической стойкости проводов ВЛ, расположенных по вершинам произвольного треугольника, использованы уравнения динамики провода, представленного гибкой упругой нитью. Численное решение уравнений движения проводов производится по неявной схеме, реализованной в компьютерной программе LINEDYS.

В расчетах использованы типовые опоры ВЛ 110-220 кВ с расположением проводов фаз по вершинам треугольника. В этом случае в траекториях их движения в первом цикле колебаний преобладают вертикальные колебания проводов, которые быстро перестраиваются в горизонтальные движения вследствие влияния инерционных и упругих сил и сил тяжести проводов. Изменение формы траектории движения проводов на стадии их свободного движения повышает риск их опасного сближения и даже схлестывания в цикле неуспешного АПВ. Во всех