

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

случаях рекомендуется к использованию компьютерная программа LINEDYS, достоверность расчетов по которой доказана их сравнением с опытными данными, полученными в Electricity de France.

УДК 621.316

### **Разработка в среде Simulink-SimPowerSystems учебной модели трехфазной группы трансформаторов тока**

Румянцев Ю.В.

РУП «Белэнергосетьпроект»

Основной проблемой при моделировании работы трансформатора тока (ТТ) является отсутствие в общедоступных источниках геометрических размеров его магнитопровода: сечения и средней длины магнитной линии.

Характеристика намагничивания (зависимость напряженности магнитного поля от индукции) электротехнических сталей разных марок в общем случае имеют схожую форму, и для создания учебной (упрощенной) модели ТТ можно принять, что все ТТ имеют одинаковую характеристику. В качестве данной характеристики принята рекомендованная кривая, приведенная в [1].

На основе данного допущения в системе Simulink-SimPowerSystems была разработана учебная модель трехфазной группы ТТ, которая позволяет анализировать поведение ТТ во всех режимах его работы.

Особенностью данной модели является то, что для ее работы не требуется располагать геометрическими параметрами магнитопровода ТТ. Достаточно лишь знать его номинальные параметры: класс точности, коэффициент трансформации, номинальную предельную кратность и допустимую вторичную нагрузку.

В модели доступны различные способы аппроксимации характеристики намагничивания: ручная аппроксимация по 25 точкам, аппроксимация с помощью формулы Оллендорфа (гиперболическая аппроксимация), аппроксимация двумя наклонными или одной наклонной прямой. В модели реализована возможность учета потерь энергии на вихревые токи. Также в модели предусмотрена возможность задания остаточной намагниченности ТТ каждой фазы.

Разработанная модель трехфазной группы трансформаторов тока может успешно использоваться для анализа работы ТТ в следующих режимах: протекание тока КЗ, протекание тока КЗ с аperiodической составляющей, режим успешного/неуспешного автоматического повторного включения.

#### Литература:

1. Королев, Е. П. Расчеты допустимых нагрузок в токовых цепях релейной защиты / Е. П. Королев, Э. М. Либерзон – М.: Энергия, 1980.