

это свидетельствует о том, что эти ограничители могли бы работать с длинными линиями передачи. Однако выбор класса разряда длинной линии не имеет практического применения в сетях средних напряжений. Способность поглощения энергии всех типов ограничителей GX, независимо от приписываемого им “класса разряда длинной линии”, значительно выше энергии, связанной с зарядом воздушной линии среднего напряжения.

В сетях средних напряжений, кроме энергии грозových разрядов, наибольшие энергии могут выделяться в ограничителе в случае выключения больших батарей конденсаторов или кабелей выключателями, в которых выступают вторичные зажигания дуги. В этом случае принимается коэффициент перенапряжения  $k = 3$ , а энергия определяется следующим уравнением:

$$E = \frac{1}{2} C \left[ \left( 3 \frac{U_m}{\sqrt{3}} \sqrt{2} \right)^2 - (U_r \sqrt{2})^2 \right],$$

где  $U_m$  – наибольшее напряжение сети;

$U_r$  – номинальное напряжение ограничителя.

Для большинства случаев сети среднего напряжения, все типы ограничителей GX исполняют требования, возникающие из возможных энергетических опасностей ограничителя. Выбор ограничителя с соответствующей способностью поглощения энергии может быть необходим только в случае существования в сети очень больших батарей конденсаторов.

Класс устойчивости к короткому замыканию должен быть выше от ожидаемого значения тока короткого замыкания сети в месте монтажа ограничителя. Выбор требуемого класса устойчивости короткого замыкания гарантирует, что в случае повреждения ограничителя и протекания через него тока короткого замыкания сети корпус ограничителя не взорвется.

Правильный выбор ограничителей позволяет помимо прочего уменьшить воздушные изоляционные промежутки по сравнению с ПУЭ для РУ, защищенных разрядниками, и, сократив габариты РУ, получить значительный экономический эффект.

УДК 621.315

### **ПРИБЛИЖЕННАЯ ПРОВЕРКА СБЛИЖЕНИЯ И СХЛЕСТЫВАНИЯ ГИБКИХ ШИН В РЕЖИМЕ КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА УМЕНЬШЕНИЯ**

*Регино А.Н., Чернецкий П.А.*

**Научный руководитель – д-р техн. наук, профессор СЕРГЕЙ И.И.**

В соответствии с требованиями Правил устройства электроустановок (ПУЭ) гибкие шины распределительных устройств (РУ) высокого напряжения следует проверить на недопустимое сближение или схлестывание при токах короткого замыкания (КЗ) в 20 кА и более. Под эгидой СИГРЭ Комитетом 23 «Подстанции» и его рабочими группами 23-02 и 23-11 проведены многолетние исследования проблемы сближения гибких шин РУ при КЗ. В результате согласованы и апробированы упрощенные и численные методы проверки сближения гибких шин, закрепленные в международном стандарте. Согласно указанному стандарту упрощенный расчет отклонений проводов базируется на их расчетной модели в виде физического маятника, т. е. твердого тела, недеформируемого при коротком замыкании. Максимальные отклонения проводов на стадии их

отталкивания и сближения принимаются равными между собой и не могут превышать заданную стрелу провеса провода.

Изучение опытных траекторий движения и осциллограмм горизонтальных отклонений проводов показывает, что при их отталкивании токами КЗ отклонения могут превышать стрелу провеса на 20–30 %, а при сближении их отклонения меньше стрелы провеса. С учетом опытных данных в БНТУ на кафедре «Электрические станции» разработан упрощенный метод расчета, учитывающий указанные особенности деформации проводов с помощью коэффициентов формы ( $K_\phi$ ) и уменьшения ( $K_y$ ). Зависимости указанных коэффициентов от характеристик КЗ и геометрических размеров гибких шин получены с помощью вычислительного эксперимента по компьютерной программе.

С учетом  $K_\phi$  и  $K_y$  условие недопустимого сближения или схлестывания проводов запишется в следующем виде

$$A_{\phi-\phi} - 2(K_\phi \cdot K_y \cdot Y_{\max} + r_p) \geq A_{\phi-\phi \min \text{ доп}},$$

где  $A_{\phi-\phi}$ ,  $A_{\phi-\phi \min \text{ доп}}$  – соответственно установленные ПУЭ расстояния между фазами и их минимальные допустимые значения при сближении проводов по рабочему напряжению;

$r_p$  – радиус провода или расщепленной фазы.

Входящее в (1)  $Y_{\max}$  определяется по следующей формуле

$$Y_{\max} = \sqrt{(h + h_k)(2f_o - h - h_k)},$$

где  $h$  – высота подъема средней точки провода после отключения КЗ;

$h_k$  – то же в момент отключения КЗ.

При

$$h + h_k > f_o;$$

$$Y_{\max} = f_o.$$

Таким образом, с помощью вычислительного эксперимента модифицированы упрощенный метод расчета и условие проверки сближения или схлестывания гибких шин РУ.

УДК 621.316.35

## ИЗМЕНЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ КАК СРЕДСТВО БОРЬБЫ С ПЛЯСКОЙ ПРОВОДОВ

*Дерюгина Е.А., Андрукевич А.П.*

Научный руководитель – КЛИМКОВИЧ П.И.

Явление пляски, представляющее собой колебания проводов и грозозащитных тросов воздушных линий электропередачи (ВЛ), возникает обычно при ветре и отложении на проводах гололеда. Особенностью пляски являются значительная амплитуда вертикальных колебаний (3–5 м и более) и их низкая частота. Провода могут колебаться длительное время (до нескольких суток).

Частота колебания грозозащитного троса обычно существенно отличается от частоты фазового провода. В результате несинхронных колебаний происходят опасные сближения проводов между собой или провода и грозозащитного троса, что приводит к перекрытиям и оплавлениям поверхности провода. Перекрытия наблюдаются в боль-