

УДК 621.316

Инженерные методы расчета электродинамической стойкости гибких проводников

Баран А. Г., Васильева А. А., Баран Ю. Г.

Научный руководитель – д.т.н., профессор СЕРГЕЙ И. И.

В связи с актуальностью проблемы динамики проводов, в Беларуси введен в действие Межгосударственный стандарт 3032-95, регламентирующий использование компьютерных и упрощенных методов расчета динамики проводов при КЗ [1].

Упрощенные методы расчета характеризуются небольшим объемом вычислительных операций и доступностью его применения широким кругом специалистов. Поэтому они, прежде всего, рекомендуются для использования. В настоящее время известны два упрощенных метода расчета: СИГРЭ и МЭК [2] и МЭИ (ТУ) [3]. Оба метода базируются на расчетной модели провода в виде физического маятника с массой, сосредоточенной в его центре тяжести, и дифференциальном принципе решения задачи электродинамического действия токов короткого замыкания на гибкие провода электроустановок. При таком решении задачи необходимо вводить ряд допущений, что ограничивает область их применения на практике. Выбор физического маятника в качестве расчетной модели – это результат теоретических и экспериментальных исследований поведения проводников при КЗ. Сопоставление многочисленных опытных данных, полученных на специально построенных экспериментальных установках, с расчетами [2] показали, что модель жесткого маятника дает возможность получать инженерные оценки смещений проводников и тяжений в них, достаточно хорошо согласующиеся с результатами опытов.

В методе Московского энергетического института (ТУ) провод представляется нерастяжимым стержнем с массой, сосредоточенной в центре тяжести провода в пролете. Опоры стержней-маятников принимаются неподвижными. Наличие гирлянд изоляторов, условия закрепления на опорах, смещение точек подвески проводов учитываются поправочными коэффициентами. Динамика температурных удлинений не учитывается. Электродинамические силы, действующие на провода при КЗ, отождествляются с электродинамическими силами в системе параллельных бесконечно длинных проводников, проходящих через центры масс реальных гибких проводов. Расчетная схема – это совокупность маятников. Точки крепления всех проводников к опорам предполагаются лежащими в одной горизонтальной плоскости. В качестве расчетного принимается двухфазное КЗ [4].

На кафедре «Электрические станции» БНТУ разработан более универсальный упрощенный метод расчета сближения проводов при КЗ, чем приведенные выше методы. Особенностью метода является то, что он основывается на интегральном и энергетическом принципах механики и не требует решения дифференциальных уравнений. Важным достоинством метода является наличие поправочных коэффициентов, учитывающих увеличение динамических стрел провеса при отталкивании и уменьшение при сближении проводов. Величины указанных коэффициентов получены вычислительным экспериментом по компьютерной программе, в которой реализован численный метод расчета движения проводов, представленных гибкой упругой нитью.

Упрощенный метод базируется на нахождении импульса электродинамических усилий, возникающих при КЗ. Первоначально импульс определялся для параллельных бесконечно длинных проводов с неизменным расстоянием между ними, что не соответствует реальным условиям. Позже были получены формулы для нахождения коэффициентов, которые позволяют учитывать влияние ограниченной длины проводов в пролете, а также увеличение расстояний между проводами соседних фаз в процессе двухфазного КЗ [5]. В то время как электродинамические силы, действующие на провода при КЗ, в выше описанных методах отождествляются с электродинамическими силами в системе параллельных бесконечно длинных проводников.

Полученные явные формулы для расчета допустимых импульсов электродинамических усилий позволяют определить токи КЗ, при которых максимальные отклонения проводов при их сближении равны допустимым значениям [6]. Таким образом, могут быть установлены допустимые импульсы для типовых пролетов ОРУ, что позволит во многих случаях оценивать электродинамическое действие токов КЗ при проектировании, используя таблицы допустимых импульсов электродинамических усилий.

Таким образом, из трех приведенных выше методов расчета электродинамической стойкости гибких проводников только сотрудниками кафедры «Электрические станции» БНТУ удалось отказаться от рассмотрения дифференциальных уравнений, что делает метод более применимым и понятным для восприятия. Использование компьютерной программы позволило увеличить точность упрощенного расчета. На практике использование КП не требуется, необходимо иметь лишь графики, полученные с помощью программы. Таким образом, этим методом может пользоваться больший круг специалистов и с небольшими затратами труда и времени получать необходимые результаты, что является одним из основных критериев использования упрощенных методов.

Литература

1. ГОСТ 30323-95. Короткие замыкания в электроустановках: Методы расчета электродинамического действия токов короткого замыкания. – Введ. 01.03.99. – Минск, 1999. – 57 с.
2. The mechanical effects of short-circuit currents open-air substations (rigid or flexible bus-bars). Brochure from CIGRE. SC 23. – Paris, 1996.
3. Кудрявцев, Е. П. Расчет смещений гибких проводников при коротких замыканиях / Е. П. Кудрявцев, Б. Н. Неклепаев // Электричество. – 1993. – № 5. – С. 17–25.
4. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 648 с.
5. Сергей, И. И. Оценка сближения проводов распределительных устройств электростанций по допустимому импульсу электродинамических усилий / И. И. Сергей, Е. Г. Пономаренко, Саммур Ваиль Махмуд // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2004. – № 4. – С. 5–9.
6. Сергей, И. И. Упрощенный метод расчета сближения гибких шин распределительных устройств при коротких замыканиях по импульсу электродинамических усилий / И. И. Сергей и др. // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2005. – № 3. – С. 13–18.