

УДК 621.3

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ГИБКИХ ТОКОВЕДУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Максимова М.С.

Научный руководитель – к.т.н., доцент ПОНОМАРЕНКО Е.Г.

Оценка электродинамической стойкости гибких проводников электроустановок производится по двум условиям: недопустимого сближения фазных проводников по критерию электрической прочности воздушного промежутка и недопустимых максимальных тяжений проводов при КЗ. Для нахождения параметров электродинамической стойкости необходимо решить задачу динамики гибких проводов под воздействием электродинамических усилий от токов КЗ. Существующие подходы к решению указанной сложной задачи отличаются в первую очередь выбором расчетной модели гибкого провода.

К методам, приближенно учитывающим распределенные параметры провода, можно отнести метод веревочного многоугольника. По этому методу провода, гирлянды изоляторов и поддерживающие конструкции заменяются конечным числом сосредоточенных масс, связанных между собой невесомыми пружинами. Для каждого узла провода в виде такого многоугольника составляются уравнения движения массы под действием ЭДУ и внутренних упругих сил. Недостатком метода является то, что он не имеет строгого обоснования по количеству выбираемых узлов многоугольника, что может привести к искажению результатов расчета.

Наиболее часто применяемым на практике упрощенным методом является метод физического маятника. Использование указанного метода регламентировано в нормативных документах СИГРЭ, изданных в 1996 году. Методика СИГРЭ не учитывает жесткости провода на изгиб. Провод подвергается воздействию растягивающей нагрузки, обусловленной только собственным весом провода, и располагается в вертикальной плоскости, где находятся его точки закрепления.

Современные методы используют расчетные модели провода с непрерывным распределением масс. Такая модель гибкого проводника требует решения системы нелинейных дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих движение проводов. При решении уравнений используют методы конечных элементов, либо конечных разностей. Вычисления ведутся с небольшим шагом по времени, что позволяет получить изменяющиеся во времени тяжения и перемещения всех элементов конструкции (проводов, опор, ответвлений, аппаратов).

На воздушных ЛЭП в качестве проводников используют многопроволочные сталеалюминиевые провода со стальным сердечником. Из-за их гибкой конструкции в результате электродинамического действия токов короткого замыкания происходят взаимные сближения и даже схлестывания фазных проводов друг с другом или с заземленными конструкциями ЛЭП. Для обеспечения электродинамической стойкости необходимо на стадии проектирования ЛЭП выполнить оценку ожидаемых максимальных отклонений и тяжений проводов при КЗ.

Анализ методов расчета электродинамической стойкости токоведущих конструкций с гибкими проводниками выявил существование двух принципов оценки недопустимого сближения фаз и максимальных тяжений в них: дифференциального и интегрального (энергетического).

Интегральный (энергетический) принцип механики пригоден для приближенной оценки параметров электродинамической стойкости гибких проводников, расположенных в горизонтальной плоскости, и охватывает частные случаи указанной задачи. Однако он позволяет получить дополнительные условия электродинамической стойкости и уменьшить объем трудоемких компьютерных расчетов.

Разработан численный векторно-параметрический метод расчета электродинамической стойкости проводов воздушных ЛЭП, использующий неявную схему, обладающей абсолютной устойчивостью решений, и позволяющий проводить расчеты электродинамической стойкости с учетом динамики опорных конструкций ЛЭП и других конструктивных элементов.

Провода и гирлянды изоляторов описываются уравнениями гибкой упругой нити с равномерно-распределенной по длине массой. Опорные конструкции представлены в виде сосредоточенной массы, закрепленной на пружинах, жесткости которых определяются жесткостями стойки и траверсы.

На его основе составлена компьютерная программа LINEDYS+, работающая в операционной системе Windows. Программа учитывает натяжные и подвесные гирлянды изоляторов, динамику точек крепления проводов, а также различные параметры КЗ и климатические условия, предшествующие КЗ.

Литература

1 Сергей, И.И. Динамика проводов электроустановок энергосистем при коротких замыканиях / И.И. Сергей, М.И. Стрелюк. – Минск : ВУЗ-ЮНИТИ, 1999. – 252 с.

2 Кудрявцев, Е.П. Инженерный расчет прочности и смещения гибких шин при коротких замыканиях / Е.П. Кудрявцев // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 1984. – № 11. – С. 20–25.