

УДК 621.316

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ВОЗДУШНЫХ ЛЭП С РАСЩЕПЛЕННОЙ ФАЗОЙ

Тукай П.А.

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

Задачей проектирования компактных воздушных линий (ВЛ) с уменьшенными междуфазными расстояниями является предотвращение сближения проводов фаз при воздействии на них электродинамических усилий от токов короткого замыкания (КЗ). Для стабилизации воздушных промежутков ВЛ со сближенными расщепленными фазами разработаны междуфазные распорки на основе стеклопластиковых стержней.

Особенностью динамики токоведущих конструкций с гибкими проводами при КЗ является сближение и даже схлестывание соседних фаз. Второй неблагоприятный фактор электродинамического действия тока КЗ проявляется в виде динамических нагрузок в проводах, гирляндах и других элементах ВЛ, в два и более раз превышающих тяжения нормального режима. В общем случае электродинамическая стойкость расщепленной фазы ВЛ характеризуется тремя сдвинутыми во времени максимумами тяжения проводов. Стягивание проводов фазы при КЗ на большей части пролета обуславливает значительные силы сжатия, действующие на дистанционные распорки.

Расщепленная фаза ВЛ в пределах одного пролета рассматривается при КЗ как единая колебательная система, состоящая из гибких и жестких элементов. Провода фазы представляются однородной упругой нитью, не сопротивляющейся изгибу и кручению. Запись уравнений движения гибкой нити при КЗ производится в векторно-параметрической форме. Это позволяет выполнить расчет динамики схлестывания проводов ВЛ при различном расположении на опорах ВЛ.

Проведенные исследования показали, что междуфазные распорки препятствуют также образованию отложений гололеда на поверхности проводов и возникновению их пляски. Сохранение безопасных междуфазных расстояний достигается установкой распорок в критических точках длины пролета, которыми могут являться точки наибольшего провеса проводов или $1/4$, $1/3$, $2/3$, $3/4$ части длины пролета. В общем случае места установки изолирующих распорок зависят от длины пролета, схемы подвески и сечения проводов, междуфазных расстояний, величины тока КЗ, рельефа местности и климатических условий. Одним из основных параметров, определяющих работоспособность междуфазных изолирующих распорок на ВЛ, является их механическая прочность на продольное сжатие. Получение необходимой прочности на продольное сжатие распорок является сложной задачей. В эта задача решена использованием специальной конструкции распорки с поясами жесткости.

В энергосистеме широко применяются токоведущие части с гибкими проводниками, которые в пролётах увеличенной длины имеют ряд преимуществ по сравнению с жесткими проводниками. Для различных классов напряжения используются воздушные пролёты с расщепленными проводами. Они применяются для увеличения пропускной способности линий при использовании стандартных марок проводов и для уменьшения и исключения коронирования при напряжении 330 кВ и выше. Различают гибкие открытые токопроводы напряжением 6–10 кВ систем электроснабжения крупных промышленных предприятий с небольшой кратностью расщепления, а также генераторные токопроводы с большой кратностью расщепления.

Для предотвращения схлестывания они оснащаются как внутрифазными, так и междуфазными распорками. Наблюдается тенденция применения компактных воздушных линий с уменьшенными междуфазными расстояниями напряжением 110–220 кВ, надежность работы которых обеспечивается применением междуфазных распорок типа РМИ.

Изучая опыт зарубежного линейного строительства, можно отметить, что строительство воздушных линий в компактном исполнении становится все более востребованным. За рубежом это направление успешно развивается уже несколько десятилетий. Необходимо также отметить, что выбор конкретных материалов и конструктивных решений, применяемых для строительства компактных ВЛ, конечно же зависит от класса напряжения этих ВЛ. Для обеспечения их надежной работы в эксплуатации необходима проверка их работоспособности без опасного сближения и схлестывания при КЗ.

Основным параметром электродинамической стойкости электроустановки является ток электродинамической стойкости, который в ряде случаев указывается заводом изготовителем. Для гибких проводников этот ток может быть определен лишь путем анализа динамических характеристик проводов при различных видах короткого замыкания. Указанный анализ выполнен по разработанной в процессе выполнения НИР компьютерной программе LineM. В качестве исходных данных для анализа приняты физико-механические параметры и геометрические характеристики типовых компактных ВЛ 110–220 кВ. Варьируемыми параметрами являлись величина тока КЗ, стрелы провеса и тяжения проводов, а также количество междуфазных распорок в пролете. Также в расчетах учитывались внутрифазные распорки, которые представлялись жесткими стержнями. Таким образом расчетные параметры электродинамической стойкости получены с учетом влияния как междуфазных, так и внутрифазных распорок. Шаг расщепления фаз принят равным 0,4 м. Основным варьируемым параметром являлось расстояние между междуфазными распорками в пролете. Схема их расстановки на первом этапе исследования – равномерная.

Литература

1 Сергей, И.И. Расчет сил сжатия дистанционных распорок расщепленных фаз при коротком замыкании / И.И. Сергей, Я.В. Потачиц // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2014. – № 3. – С. 5–12.

2 Потачиц, Я.В. Оценка сил сжатия дистанционных распорок расщепленной фазы при коротком замыкании / Я.В. Потачиц, И.И. Сергей // Девятая международная научно-техническая конференция студентов, аспирантов и молодых учёных «Энергия-2014»: материалы конференции: в 7 т. – Иваново: ФГБОУВПО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина», 2014. – Т. 3. Ч. 2. – С. 137–141.

3 Сергей, И.И. Компьютерная программа для расчета электродинамической стойкости воздушных линий электропередачи / И.И. Сергей, Е.Г. Пономаренко, П.И. Климович // Наука – образованию, производству, экономике: материалы двенадцатой международной научно-технической конференции: в 4 т. / БНТУ. – Минск: БНТУ, 2014. – Т. 1. – С. 8.