

УДК 620.9

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ГИБКОЙ ОШИНОВКИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

Васильева А.А., Баран А.Г., Зарихта К.С., Umedzhoni A.

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

Под электродинамической стойкостью гибких проводов электроустановок понимают их способность противостоять электродинамическому действию токов КЗ до и после автоматического отключения цепи КЗ без повреждений. С возрастанием токов КЗ их электродинамическое действие становится ключевым фактором, определяющим габариты и механические характеристики токоведущих конструкций с гибкими проводами при проектировании.

Анализ и обобщение результатов экспериментальных исследований позволяет составить подробную картину поведения гибких проводов при КЗ. Минимальное расстояние между проводниками соседних фаз в процессе сближения, очевидно, будет зависеть от максимального отклонения у обоих проводников.

Определение токов электродинамической стойкости несколько усложняется тем, что в пролетах применяются провода с разными сечениями, разные типы изоляторов в гирлянде, что, безусловно, влияет на величину тока электродинамической стойкости $I_{\text{дин}}$. Из всех пролетов выбираются пролеты наибольшей длины, где отклонения проводов будут больше, чем в коротких пролетах. Чтобы учесть влияние расположения отпаяк в пролете, расчет производится для шинных и ячейковых пролетов. Токи электродинамической стойкости гибких шин для пролетов с другими параметрами могут быть определены путем интерполяции и экстраполяции имеющихся результатов или отдельным численным расчетом.

Численные эксперименты показывают, что наибольшие сближения проводников соседних фаз в пролетах с отпайками наблюдаются при двухфазных коротких замыканиях. Это объясняется тем, что при трехфазном коротком замыкании средняя фаза получает значительно меньший импульс электродинамических усилий (ЭДУ), чем крайние фазы, и движется преимущественно в вертикальном направлении. При двухфазном коротком замыкании фазы, участвующие в процессе, получают близкие по величине импульсы и движутся практически с одинаковой скоростью как при отталкивании, так и при сближении.

В некоторых конструкциях ячейкового пролета существует опасность сближения спусков соседних фаз, так как они находятся непосредственно под шинами в одной плоскости. В месте крепления к шине спуск повторяет ее движение. После прохождения точки наибольшего сближения шины начинают удаляться друг от друга, при этом соседние спуски некоторое время продолжают сближаться по инерции за счет изгиба. Сближение спусков, таким образом, может оказаться большим, чем сближение шин.

В шинных пролетах, где разъединители расположены перпендикулярно пролету, сближение соседних фазных проводов происходит при больших токах короткого замыкания – как при двухфазном, так и при трехфазном КЗ. Это объясняется влиянием длинных и поэтому тяжелых отпаяк, которые сильно ограничивают движение шин. Более вероятным в данной конструкции пролета является сближение между собой сборных шин и спусков соседней фазы. Сближение происходит из-за того, что при движении спуск по инерции изгибается в сторону соседней шины. Траектории шины и спуска при этом могут пересечься. Минимальное расстояние может наблюдаться при сближении наиболее длинного спуска крайней фазы и фазного проводника средней. Сближение может оказаться еще большим при сопутствующем направлении ветра.

При выборе расчетных климатических режимов следует ориентироваться на сочетание климатических условий, предложенные ПУЭ для расчета воздушных линий (ВЛ) и ОРУ. Наибольшему сближению проводников способствуют режимы с максимальной

температурой, так как при этом гибкие шины имеют максимальный провес, а соответственно и большие горизонтальные отклонения. Если шины ОРУ могут быть длительно загружены током, близким по величине к допустимому, то максимальная температура провода должна быть принята равной 70 °С. В качестве расчетного следует рассматривать также режим с максимальным скоростным напором ветра.

Характер движения гибких шин при КЗ, их траектории, максимальные отклонения, сближения и тяжения зависят от продолжительности КЗ. Очевидно, что наибольшее электродинамическое воздействие на провода оказывают КЗ с наибольшей продолжительностью, когда импульс ЭДУ имеет максимальное значение. Поэтому в качестве расчетных следует рассматривать такие режимы, когда продолжительность КЗ будет наибольшей. Однако если продолжительность КЗ достаточно велика, провод успеет достигнуть своего наибольшего горизонтального отклонения, то при обратном движении ЭДУ противодействуют ему. Это может привести к тому, что сближение соседних шин будет меньшим при большей продолжительности КЗ. Таким образом, можно говорить о некоторой критической продолжительности КЗ, после достижения которой ток $I_{дин}$ начинает возрастать

Повторное КЗ в цикле неуспешного автоматического повторного включения (АПВ) при некоторых продолжительностях бестоковой паузы, как показывают численные расчеты, может привести к большему сближению проводников. Однако для пролетов с отпайками это влияние незначительно. Основная опасность неуспешного АПВ в том, что перед повторным КЗ шины соседних фаз могут достигнуть своего максимального сближения. Тогда в момент включения тока повторного КЗ ЭДУ значительно возрастают, что приводит к увеличению отклонений, а также механических усилий в проводниках, опорных и изоляционных конструкциях. При достаточном уровне остаточного напряжения на шинах в этот момент возможен пробой воздушного изоляционного промежутка.

Компьютерный расчет токов электродинамической стойкости пролетов типовых конструкций ОРУ производится с помощью, разработанной на кафедре «Электрические станции» БНТУ, компьютерной программы FleBus. В ней применяется расчетная модель провода в виде гибкой упругой нити.

Программа FleBus позволяет выполнять расчеты динамики гибкой ошиновки при двухфазном и трехфазном коротком замыкании. Имеется возможность задать повторное КЗ в цикле неуспешного АПВ, выбрать место КЗ, фазы, участвующие в процессе КЗ, и другие характеристики. С помощью программы можно рассчитывать пролеты с числом отпайк от одной до трех. Это соответствует большинству конструкций типовых пролетов РУ. В программу заложен алгоритм расчета длин спусков, поэтому если длины неизвестны, можно ввести нулевые значения. Для удобства пользования в программу встроены каталоги проводов и гирлянд изоляторов. Предусмотрена возможность добавления новых данных в каталоги. Имеется также расширенная справочная система, которая вызывается из программы. В ней приведен курс обучения пользованию приложением и описаны все его возможности. В программу заложен алгоритм анализа условий электродинамической стойкости пролета. Если электродинамическая стойкость будет нарушена, в файле результатов расчета будет сделана соответствующая запись. Выбор расчетных условий короткого замыкания и климатического режима остается в компетенции пользователя. Для оптимизации рабочего времени пользователя в программе предусмотрена возможность проведения серии расчетов с изменением тока в заданном диапазоне. Приложение производит серию расчетов без участия пользователя. Результаты расчетов сохраняются в виде зависимостей основных параметров электродинамической стойкости от тока КЗ. Эта функция будет удобна для комплексных исследований, например, при определении тока электродинамической стойкости $I_{дин}$.