

УДК 621.3

ОЦЕНКА ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЙ СТОЙКОСТИ ПРОЛЕТОВ ТИПОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ОРУ 110–330 КВ

Шкловский И.С., Зарихта К.С.

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

Под электродинамической стойкостью гибких проводов электроустановок понимают их способность противостоять электродинамическому действию токов короткого замыкания (КЗ) до и после автоматического отключения цепи КЗ без повреждений. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) указывает на ток КЗ в 20 кА, по достижении которого необходимо производить расчет гибких шин на электродинамическую стойкость. С возрастанием токов КЗ их электродинамическое действие становится ключевым фактором, определяющим габариты и механические характеристики токоведущих конструкций с гибкими проводами при проектировании.

Гибкость проводов распределительных устройств позволяет им принимать форму, обусловленную внешними нагрузками. При протекании по ним токов КЗ проводники соседних фаз начинают взаимодействовать: вначале они отталкиваются, затем сближаются. В результате может произойти их сближение на недопустимо малое расстояние по условию электрической прочности изоляционного промежутка.

Наибольшие сближения проводников соседних фаз в пролетах наблюдаются при двухфазных коротких замыканиях. Таким образом, более вероятное КЗ на отходящих воздушных линиях электропередачи (ЛЭП) может сопровождаться вторичным КЗ на шинах распределительного устройства (РУ) из-за их недопустимого сближения с последующим отключением всех присоединений. При схлестывании большие токи КЗ ведут к пережогу проволок проводов, что может явиться причиной их обрыва.

Параметры электродинамической стойкости разных видов оборудования к токам короткого замыкания устанавливаются заводами-изготовителями. Как правило, в качестве указанного параметра принимается наибольшее действующее значение начального периодического тока КЗ или ударный ток КЗ, электродинамическое действие которого выдерживает электрооборудование в течение времени автоматического отключения цепи без повреждений, препятствующих его дальнейшей исправной работе. Для проводников главных схем электростанций и подстанций токи электродинамической стойкости указываются только для комплектных токопроводов, которые поставляются на место установки в готовом виде.

Для жестких и гибких шин ток электродинамической стойкости зависит не только от физико-механических параметров, но и геометрических характеристик пролета распределительного устройства и способа установки отдельных фаз друг относительно друга. Поэтому токи электродинамической стойкости для указанных токоведущих частей электроустановок энергосистем могут быть определены при их проектировании или реконструкции распределительного устройств.

ПУЭ предписывают проверять на схлестывание или недопустимое сближение гибкие провода РУ, если ток КЗ равняется или превышает значение в 20 кА. Отсюда можно сделать вывод, что ток электродинамической стойкости гибких шин должен быть не менее 20 кА. Однако большинство современных электрических аппаратов высокого напряжения имеют токи электродинамической стойкости значительно более 20 кА. К тому же отметим, что токи КЗ, например, на стороне 110 кВ в отдельных частях Белорусской энергосистемы уже превысили 40 кА. Поэтому актуальной задачей является как определение токов электродинамической стойкости сборных шин РУ, так и анализ способов их повышения в соответствии с требованиями практики сегодняшнего дня.

Ток, при котором минимальные расстояния между проводниками фаз, а также между проводниками и заземленными частями не превышают допустимых изоляционных

расстояний, определяемых при рабочих напряжениях, считается током электродинамической стойкость гибких шин.

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.

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 целом 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.

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 ОРУ 110–330 кВ производится с помощью, разработанной на кафедре «Электрические станции» БНТУ компьютерной программы FleBus. В ней применяется расчетная модель провода в виде гибкой упругой нити.

Литература

1. Сергей, И.И. Анализ токов электродинамической стойкости гибких проводов электроустановок / И.И. Сергей, Е.Г. Пономаренко // Энергетика. (Изв. выс. учеб. заведений и энерг. объедин. СНГ). – 2009. – № 1. – С. 10–18.

2. Васильев, А. А. Электрическая часть станций и подстанций : учеб. пособие для вузов / А.А. Васильев, И.П. Крючков. – 2-е изд., доп. – М. : Энергоатомиздат, 1990. – 576 с.