

УДК 621.311.4

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЕ УСИЛИЯ В ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

Бабаханов А.М., Джуманазаров К.Ч., Шпаковский А.А., Баран А.Г.
Научный руководитель – старший преподаватель Климкович П.И.

При нормальных эксплуатационных условиях электродинамические силы, как правило, малы и не вызывают каких-либо деформаций, а тем более поломок деталей в аппаратах. Однако при коротких замыканиях эти силы достигают весьма больших значений и могут вызвать деформацию или разрушение не только отдельных деталей, но и всего аппарата. Это обстоятельство требует проведения расчета аппарата (или отдельных его узлов) на электродинамическую устойчивость, т. е. на способность выдержать без повреждений прохождения наибольшего возможного в эксплуатационных условиях (или заданного) тока короткого замыкания. Такой расчет тем более необходим ввиду того, что с целью получения минимальных габаритов в аппаратах стремятся располагать токоведущие части как можно ближе друг к другу.

Для расчета электродинамических усилий (ЭДУ) используется два способа. Первый заключается в рассмотрении силы как результата взаимодействия проводника с током и магнитного поля.

Этот способ применяется, когда индукцию в любой точке проводника можно найти аналитически, используя закон Био – Савара – Лапласа.

Второй способ основан на использовании энергетического баланса системы проводников с током. Электростатическая энергия системы не учитывается. При этом принимается, что независимо от перемещения или деформации токоведущих контуров под действием сил ЭДУ токи в них неизменны

Однако при коротких замыканиях эти силы достигают весьма больших значений и могут вызвать деформацию или разрушение не только отдельных деталей, но и всего аппарата. Это обстоятельство требует проведения расчета аппарата (или отдельных его узлов) на электродинамическую устойчивость, т. е. на способность выдержать без повреждений прохождения наибольшего возможного в эксплуатационных условиях (или заданного) тока короткого замыкания. Такой расчет тем более необходим ввиду того, что с целью получения минимальных габаритов в аппаратах стремятся располагать токоведущие части как можно ближе друг к другу. Так как переменный ток при отсутствии апериодической составляющей отличается от постоянного изменением силы тока и направлением изменяющихся по синусоидальному закону, то и электродинамическая сила будет иметь переменное значение.

Наибольшая величина этих электродинамических усилий определяется максимальным возможным током короткого замыкания, т. е. ударным током короткого замыкания i_y . Поэтому начальный момент короткого замыкания ($t = 0,01$ с) является наиболее опасным с точки зрения величины динамических усилий.

При прохождении через выключатель сквозного тока короткого замыкания или при включении на существующее в сети короткое замыкание отдельные его части – вводы, токоведущие стержни, траверсы, штанги и др., а также соответствующие шины и ошиновка – подвергаются внезапной механической нагрузке, носящей характер удара.

В современных мощных электрических системах при напряжениях 6 – 20 кВ ударные токи короткого замыкания могут достигать значений до 200 – 300 кА и более, а электродинамические усилия при этом достигают нескольких тонн на один пролет сборных шин (или шинопроводов) длиной 1 – 1,5 м.

В таких условиях недостаточная механическая прочность того или иного элемента электрического оборудования может послужить причиной дальнейшего развития аварии и вызвать серьезные разрушения в распределительном устройстве. Поэтому для надежной

работы всякой электрической установки все ее элементы должны обладать электродинамической устойчивостью (надлежащей механической прочностью), т. е. противостоять воздействиям при коротких замыканиях.

При определении электродинамических усилий по приведенной выше формуле исходят из условия, что ток протекает по оси круглых проводников, диаметр которых не оказывает влияния на величину усилий. Следует заметить, что размеры и форма сечения проводников при больших расстояниях между ними не оказывают сколько-нибудь заметного влияния на величину электродинамических усилий.

Если же проводники имеют форму прямоугольных полос и расположены на небольшом расстоянии друг от друга, когда расстояние в свету меньше периметра полосы, то размеры их сечения могут оказать существенное влияние на электродинамические усилия. Это влияние поперечных размеров проводника при расчетах учитывается при помощи коэффициента формы.