

УДК 621.3.022

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИММЕТРИЧНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАЩИТ ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ

Кулявец Д.А.

Научный руководитель – старший преподаватель Гурьянчик О.А.

Проблемы, связанные с несимметрией нагрузок в схемах электроснабжения, возникли еще на ранней стадии развития энергетики. Выход из сложившегося положения был предложен Фортестью в 1918 году. Он создал новый метод расчёта токов и напряжений при несимметричных режимах в трёхфазной цепи переменного тока, который впоследствии получил название метода симметричных составляющих.

В последующие годы метод был успешно использован при разработке целого класса устройств релейной защиты, в которых применены специальные фильтры симметричных составляющих напряжений или токов.

В основе метода симметричных составляющих лежит представление, что любая несимметричная система векторов может быть показана в виде трёх симметричных трёхфазных систем векторов – прямой, обратной и нулевой последовательностей, называемых симметричными составляющими исходной несимметричной системы.

Любой из векторов симметричной трёхфазной системы может быть выражен с помощью вектора другой фазы той же системы, если воспользоваться вспомогательным оператором a . Оператор a называют ещё фазовым множителем, так как умножение любого вектора на a означает поворот этого вектора на угол 120 градусов против часовой стрелки. Благодаря этому можно разложить известную несимметричную систему векторов A, B, C на симметричные составляющие.

Для создания фильтров симметричных составляющих используют возможность реализации электрическими средствами приведенных в первом пункте формул разложения, с помощью которых можно вычислить любую из симметричных составляющих несимметричной системы векторов.

Формула для выявления вектора составляющей нулевой последовательности не требует дополнительного поворота фазных векторов исходной несимметричной системы. Поэтому реализация ее электрическим способом получается довольно просто.

Выделение составляющих прямой и обратной последовательностей электрическими средствами, основываясь непосредственно на формулах разложения, является довольно сложной задачей, так как при этом нужно суммировать вектора, предварительно повернутые на угол 120 градусов против или по часовой стрелке. Поэтому большинство из практически осуществленных фильтров базируется на более удобных для практики преобразованных математических выражениях для выделения симметричных составляющих.

На их основе осуществлено большинство существующих схем фильтров симметричных составляющих. В этих схемах получают токи или напряжения, пропорциональные электрическим величинам, подведённым к фильтру, но повернутые на заданный угол при помощи специальных фазоповоротных схем.

Устройства релейной защиты, имеющие в своем составе аппаратуру и реагирующие на симметричные составляющие токов и напряжений различной последовательности, начали применяться в нашей стране еще в годы, предшествовавшие Великой Отечественной войне. Даже во время войны этот процесс не останавливался.

Число разных типов реле и отдельных измерительных органов, входящих в состав сложных шкафов и панелей релейной защиты, в которых применены фильтры симметричных составляющих, очень велико.

Аппаратура, включающая в себя фильтры симметричных составляющих, весьма разнообразна. Она выполняется как на базе различных электромеханических реле, в том

числе электромагнитных, индукционных, поляризованных и магнитоэлектрических, так и на базе статических органов, осуществляемых с помощью операционных усилителей.

При наладке и текущем облуживании такой аппаратуры необходимо обеспечить выполнение всех специфических требований, предъявляемых к проверке базовых элементов, на которых осуществлен испытываемый аппарат. Объем работы по наладке аппаратуры, реагирующей на симметричные составляющие токов и напряжений, мало чем отличается от объема проверок других устройств релейной защиты. Обычно эти работы осуществляются в такой последовательности:

- внешний осмотр и проверка состояния монтажа;
- чистка и механическая регулировка реле, их подвижных контактов переключателей и разъемных соединений;
- проверка электрических характеристик преобразователей и стабилизаторов оперативного тока, а также при необходимости встроенных измерительных преобразователей тока и напряжения отдельных функциональных узлов и деталей;
- снятие электрических характеристик фильтров симметричных составляющих;
- снятие электрических характеристик реле (блока защиты) в полной схеме;
- проверка реле (блока защиты) рабочим током и напряжением.

Аппаратура, реагирующая на симметричные составляющие токов и напряжений, находит широкое применение в технике релейной защиты, технологической и противоаварийной автоматике установок, служащих для производства, распределения и потребления электрической энергии в трехфазных системах переменного тока.