

лающими сигнал на приемопередающее устройство 7 микроконтроллера 8, выключатели 9 с приводами, подсоединяющие нагрузку к фазам линии 0,4 кВ с приемными устройствами 10, датчики тока 11, установленные на шинах 0,4 кВ трансформатора и подающие сигнал на аналоговые входы микроконтроллера.

Если токи в фазах трансформатора и питающих фазах линии электропередач нагрузки неодинаковы, то сигналы с датчиков тока 5 передаются на приемопередающее устройство 7 микроконтроллера 8 и одновременно сигналы с датчиков тока 11 поступают на аналоговые входы микроконтроллера 8, который рассчитывает среднее значение тока и по специальной программе определяет, какую из нагрузок 3 необходимо отключить от фазы со значением суммарного тока больше среднего и к какой фазе со значением тока меньше среднего необходимо подключить эту нагрузку. Микроконтроллер 8 с помощью приемопередающего устройства 7 посылает управляющий сигнал приемным устройствам 10, управляющим выключателями 9 с приводами, подсоединяющих нагрузку к фазам линии 0,4 кВ, которые отключают нагрузку от более загруженной фазы и подключают ее к менее загруженной фазе.

Таким образом, происходит выравнивание нагрузок в линиях 6(10) – 0,4 кВ электропередач и фазах трансформатора, что приводит к снижению потерь в них и уменьшению старения изоляции трансформатора и кабельных линий.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛИРУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ НЕСИММЕТРИИ ПИТАЮЩЕГО НАПРЯЖЕНИЯ**

*Зеленькевич А.И., Дубкова А.В.*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ*

В связи с наблюдающимся в последние годы удорожанием электроэнергии все большее внимание в Беларуси и за рубежом уделяется энергосбережению в сетях электроснабжения. Общеизвестными основными направлениями решения указанной задачи энергосбережения являются: во-первых, компенсация реактивной мощности и мощности искажений; во-вторых, симметрирование сетевых фазных токов. При этом существующие технические средства для

компенсации реактивной мощности представляют собой: батареи конденсаторов (подсоединенных постоянно или подключаемых периодически с помощью контакторов либо тиристорных коммутаторов), синхронные электрические машины (с регулируемым током возбуждения) или тиристорные компенсаторы реактивной мощности, а устройства для компенсации мощности искажений выполняются на базе резонансных  $LC$ -фильтров высших гармоник. В основу существующих технических средств для симметрирования сетевых фазных токов в четырехпроводной трехфазной сети переменного напряжения положены трансформаторно-ключевые устройства и корректирующие устройства с электромагнитными или электрическими связями, устройства с пофазной коррекцией фазных токов (осуществляемой как с помощью подключаемых конденсаторов, так и посредством применения однофазных либо трехфазных тиристорных преобразователей, а также – поперечные фильтры с регулируемой индуктивностью). Однако все выше перечисленные технические средства на практике оказываются недостаточно эффективными, так как не обеспечивают высокой точности и быстродействия: во-первых, компенсации реактивной мощности и мощности искажений (при изменении во время эксплуатации текущих значений реактивной мощности и мощности искажений, потребляемых трехфазными линейными и нелинейными активно-реактивными нагрузками); во-вторых, симметрирования сетевых фазных токов (при варьировании в процессе эксплуатации степени несимметрии фазных токов несимметричных трехфазных нагрузок).

С появлением силовых активных фильтров и их промышленным освоением стало возможным не только осуществлять компенсацию реактивной мощности и мощности искажений, потребляемых из четырехпроводной трехфазной сети переменного напряжения линейными и нелинейными трехфазными активно-реактивными нагрузками, но и одновременно симметрировать сетевые фазные токи. Несмотря на отмеченную техническую эффективность силовых активных фильтров, их практическое внедрение сдерживается недостаточностью существующих исследований энергоэффективности их применения. В публикациях отсутствуют результаты исследований для четырехпроводной трехфазной сети переменного напряжения.

Целью работы является анализ электромагнитных процессов в упрощенной схеме силовых активных фильтров с релейно-векторным регулированием и количественная оценка сетевого коэффициента мощности, несимметрии сетевых фазных токов и снижения сетевых потерь мощности, достигнутых с использованием данной схемы силовых активных фильтров для четырехпроводной трехфазной сети переменного напряжения при питании несимметричных нелинейной и линейных нагрузок.

Эффективность функционирования рассмотренной схемы исследовалась для различных несимметричных нагрузок, снабженных нейтральным выводом, характеризующихся следующими видами несимметрии:

- амплитудной несимметрией токов для однофазных линейных нагрузок;
- обрывом одной из фаз трехфазной симметричной линейной нагрузки;
- одновременно амплитудной и фазовой несимметрией фазных токов однофазных линейных нагрузок;
- одновременно амплитудной и фазовой несимметрией фазных токов трехфазной нагрузки при введении нелинейности в одну из однофазных нагрузок.

Для исследуемого электротехнического комплекса, была создана цифровая имитационная модель, на которой (для параметров силовых активных фильтров, фильтров, трехфазной сети переменного напряжения и нагрузок) рассчитаны протекающие в этом комплексе электромагнитные процессы.

Введенный коэффициент несимметрии ( $K_{ит}$  или  $K_{н'т}$ ) действующих фазных токов трехфазной системы ныне существующими стандартами на качество электроэнергии не регламентируется. При этом предложено указанный коэффициент несимметрии токов вычислять через действующие значения измеренных (или рассчитанных) фазных простым образом: в виде отношения половины разности между наибольшим и наименьшим действующими значениями фазных токов к среднему арифметическому значению всех действующих значений фазных токов. Для трехпроводных трехфазных сетей переменного напряжения диапазон изменения данного коэффициента изменяется от нуля до 0,75. Такое вычисление коэффициента несимметрии фазных токов для трехфазной системы,

оправдано, так как позволяет производить расчеты предложенного коэффициента несимметрии фазных токов из более простых и точных математических зависимостей.

В заключение рассчитаем достигнутые с помощью предложенного силовых активных фильтров (в результате симметрирования сетевых фазных токов и компенсации реактивной мощности и мощности искажений) значения коэффициента снижения  $K_c$  потерь мощности в четырехпроводной трехфазной сети переменного напряжения из зависимости:

Проведены исследования для упрощенной схемы силовых активных фильтров с релейно-векторным регулированием применительно к нелинейной и линейным трехфазным активно-реактивным нагрузкам, характеризующимся несимметрией фазных токов этих нагрузок не только по амплитудам, но и по электрическим углам. Данные исследования свидетельствуют об эффективности симметрирования сетевых фазных токов и компенсации реактивной мощности и мощности искажений в четырехпроводных трехфазных сетях переменного напряжения с использованием указанного силового активного фильтра. При этом становится возможным (с учетом существенного уменьшения тока в нейтрали) снижение сечения нейтрального провода сети.

## **ЭКСПЛУАТАЦИЯ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ В СЕЛЬСКИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЯХ**

Усов Г.Г., Кожарнович Г.И.

*УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск, РБ*

Наиболее многочисленную группу из всех элементов в Белорусской энергосистем составляют силовые трансформаторы напряжением до 10 кВ. Однако надежность указанных силовых трансформаторов достигается только при соблюдении всех норм правильной организации работ. Проведение проверок и ремонтов устанавливается независимо от фактического состояния. Осмотр не реже одного раза в шесть месяцев, а испытание необходимо проводить через четыре года после ввода в эксплуатацию и далее один раз в двенадцать лет.