

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.

Различными службами периодически проводится статистический анализ причин повреждения силовых трансформаторов в энергосистемах, позволяющий выявлять наиболее часто повторяющиеся повреждения узлов, деталей, элементов в зависимости от типа и сроков эксплуатации.

Поэтому крайне важно определить пути, обеспечивающие дальнейший рост показателей надежности масляных трансформаторов с высшим напряжением 10 кВ мощностью до 630 кВА. Установлено, что подавляющее число отказов происходит из-за увлажнения трансформаторного масла и твердой изоляции трансформаторов (контроль качества трансформаторного масла из силовых трансформаторов мощностью до 630 кВА не проводится) [1]. Витковые короткие замыкания, пробой между фазами и различные сочетания этих повреждений наблюдаются у 5-7%. Причем во многих причины отказов общие [2].

Для предохранения масла и твердой изоляции от прямого попадания в них влаги используются влагопоглотительные патроны, воздухоосушители, термосифонные фильтры, заполненные в большинстве различными сорбентами.

Между изоляцией трансформатора и средой всегда существует тепло- влагообмен. Поэтому влажность, температура и время воздействия на изоляцию – одна из основных причин, по которой снижается качество изоляции трансформаторов в сельских электрических сетях. С увеличением продолжительности эксплуатации снижается надежность их работы, а решение о возможности продолжения дальнейшей эксплуатации может быть обеспечена совершенствованием методов эксплуатации.

Как отмечает Ермолаев С.А. «Защита трансформаторного масла от увлажнения», ориентировочный срок службы трансформаторного масла, гарантируемый его изготовителем, составляет 6-8 лет, а в условиях сельского хозяйства для масел без присадок этот срок может, сокращается до 2-3 лет. Частая смена масла в трансформаторах или его регенерация влечет за собой неоправданно высокие эксплуатационные расходы и значительные средства, на демонтаж существующего, монтаж приобретенного нового трансформатора.

Проведенный контроль и диагностика указывает причины ухудшение состояния трансформаторов по сравнению с заводскими паспортными данными, а это ранее перечисленные, а также не-

удовлетворительная эксплуатация и ряд других причин, при которых параметры некоторых трансформаторов в электрических сетях ухудшаются.

Учитывая возрастающее число увлажненных в эксплуатации трансформаторов [3] весьма актуальна разработка методов восстановления и стабилизации изоляционных характеристик с минимальными затратами и сроками вывода трансформатора в ремонт.

Чтобы обеспечить продолжение эксплуатацию трансформаторов, у которых происходит систематическое ухудшение состояния изоляции и для восстановления диэлектрических свойств переувлажненных электроизоляционных материалов предлагается комбинированный влагопоглотитель.

Для повышения эффективной защиты масла и отбора влаги с изоляции трансформатора целесообразно использовать более активный цеолит и силикагелей с присадками каустической щелочи (едкого натра, едкого калия и т.д.). Регенерация трансформаторного масла без слива его из аппарата ведется, путем фильтрации через слой силикагеля и цеолита который брали по предварительным расчетам в зависимости от влажности 7:2, а щелочь составляла 6-7% от веса комбинированного влагопоглотителя. Цеолит способен поглощать в 1,5-2 раза больше влаги, чем силикагель.

Перезаряженное устройство (воздухоосушитель, термосифонный фильтр) с комбинированным адсорбентом позволяет регулировать и восстанавливать в эксплуатации трансформаторное масло, влагосодержание твердой изоляции и увеличивает срок эксплуатации трансформатора.

Несмотря на удобства и простату данного метода регенерации, эффективность его не всегда достаточно высока. При низкой температуре высокая вязкость масла препятствует отделению воды и примесей.

Циркуляция масла через влагопоглотитель основана на конвекции за счет разности температур верхнего и нижнего слоя масла. С увеличением токовой нагрузки интенсивность выделения влаги из обмоток в масло ускоряется и интенсивнее циркулирует масла, тем самым уменьшаются сроки восстановления изоляции. Более интенсивно эти процессы могут происходить при принудительной циркуляцией масла, а для успешного завершения регенерации требуется разогрев масла.

Учитывая сезонность загрузки трансформатора в сельских сетях этого рабочего цикла вполне достаточно для регенерации влагосодержания в трансформаторе в допустимых пределах в наиболее тяжелые периоды работы.

Для повышения эффективной защиты масла и отбора влаги с изоляции трансформатора можно использовать различные влагопоглотители в различных пропорциях с различными присадками. Осадки, шлам (продукты старения) фильтруются через пористую среду.

#### Вывод

Обнаруженный дефект устраняется непосредственно на месте, а предложенный метод не требует дополнительных устройств и нестандартного оборудования может быть рекомендован во всех случаях ухудшения параметров изоляции маслонаполненного электрооборудования в эксплуатации. Поэтому разработка способов защиты от увлажнения – проблема не только техническая, но и экономическая.

#### Литература

1. Нормы и объем испытания электрооборудования. Белорусской энергосистемы. Минск.
2. Сердешнов А.П., Усов Г.Г. Сушка твердой изоляции трансформаторов комбинированным методом // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве. Труды 4-й Международной научно-технической конференции. Москва.
3. Усов Г.Г. Обеспечение надежности эксплуатации силовых масляных трансформаторов в сельских распределительных сетях // Аграрная энергетика в XXI-м столетии. Материалы III-й Международной научно-технической конференции. Минск.

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОКОВЫХ ЗАЩИТ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ АПК**

Шевалдин М.А., м.т.н.

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

Линии электропередачи (ЛЭП) используются для связи объектов