

2. ГОСТ 13109-97. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. 1997.
3. DIN TN 50160. Показатели качества электрической энергии.
4. Шевчик Н.Е. Повышение качества напряжения в сетях 0,38 кВ путем использования в них трансформаторов со специальными схемами соединения обмоток. //Диссертация на степень кандидата технических наук. Минск, 1985.

ТРАНСФОРМАТОР Y/Y_n С СИММЕТРИРУЮЩИМ УСТРОЙСТВОМ

Сердешнов А.П., Янукович Г.И., Шевчик Н.Е., Протосовицкий И.В.,
УО «Белорусский государственный аграрный технический университет», г. Минск

Самый экономичный в изготовлении трехфазный двухобмоточный трансформатор – со схемой соединения обмоток Y/Y_n в четырехпроводных сетях 0,38 кВ в эксплуатации экономичен только при равномерном распределении нагрузки по фазам. В том случае, если симметрия распределения нарушается, все его положительные качества сводятся на нет: резко искажается система фазных напряжений, а следовательно нарушается нормальная работа всех трехфазных токоприемников, увеличивается отклонение напряжения у потребителей до значений намного больше, чем допускает стандарт $\pm 5\%$, возрастают потери короткого замыкания, что приводит к увеличению потерь электрической энергии в сети и пр.

Причиной всех нарушений нормальной работы электрической сети является высокое сопротивление нулевой последовательности (Z_0) трансформаторов Y/Y_n , которое, в свою очередь, создается неуравновешенными потоками нулевой последовательности Φ_0 .

Рекомендованные ГОСТ 11677-85 другие схемы соединения обмоток для выше указанных трансформаторов - $/Y_n$, Y/Z_n дают возможность либо понизить Φ_0 , а следовательно и Z_0 (при $/Y_n$), либо полностью его компенсировать (при Y/Z_n) тогда Φ_0 и Z_0 практически равны нулю. Однако эти схемы требуют значительного увеличения расхода электротехнических материалов, приводят к

увеличению потерь короткого замыкания и как следствие возрастанию потерь электроэнергии в сети. Кроме того обе схемы имеют 11 группу, что несовместимо с работой этих трансформаторов в параллель и в кольце с трансформаторами Y/Y_n , получившими доминирующее применение в трехфазных, четырехпроводных электросетях 0,38 кВ стран СНГ.

Следует отметить также, что в сетях 0,38 кВ с трансформаторами Y/Y_n использование организационных мероприятий и специальных симметрирующих устройств для устранения всех ненормальностей работы при несимметрии нагрузки желаемых результатов не дали. Требовалось другое нестандартное решение.

В 1961 году Сердешновым А.П. была подана первая заявка на новую схему соединения обмоток трансформатора «звезда-звезда-ноль с компенсационными витками (КВ), соединенными в разомкнутый треугольник». Исследование схемы выполнялось группой ученых под руководством проф. Сердешнова А.П в Белорусском институте механизации сельского хозяйства (в настоящее время БГАТУ). Они показали, что трансформаторы с новой схемой соединения обмоток полностью компенсируют потоки нулевой последовательности Φ_0 , а следовательно, сопротивление этой последовательности сводят практически к нулю ($Z_0 \approx 0$). Отсюда схема обладает *высокой симметрирующей способностью* - устраняет *искажение системы фазных напряжений*, что соответственно приводит отклонение этих напряжений у потребителей в пределы установленные ГОСТ 13109-97 ($\pm 5\%$).

Было установлено, что схема обеспечивает *высокую синусоидальность кривых фазных напряжений* при работе трансформаторов на нелинейные нагрузки, что объясняется компенсацией магнитных потоков третьей гармонической составляющей и кратных ей. Компенсация потоков нулевой последовательности Φ_0 , которые замыкаются через бак и все другие ферромагнитные детали трансформатора позволила устранить *его перегрев*, ликвидировать явление, когда при несимметричной загрузке фаз суммарной мощностью ниже номинальной он оказывался перегруженным. От этого в эксплуатации электрических сетей не редки случаи возгорания трансформаторов Y/Y_n .

Вместе с указанным, КВ устраняют *разрушение обмоток в трансформаторах Y/Y_n при однофазных коротких замыканиях*, так как мощное разрушающее несимметричное поле Φ_0 равно нулю. К тому же в электрических линиях 0,38 кВ при однофазных к.з. «скачек-повышение напряжения» на здоровых фазах сокращается до допустимых величин.

КВ обмотки НН трансформатора также снимают у него *повышенный шум*, создаваемый мощным полем Φ_0 , что крайне важно при установке трансформаторов Y/Y_n на ТП встроенные в жилые здания.

Новая обмотка *стабилизирует потери короткого замыкания* трансформаторов в пределах схемы Y/Y_n независимо от характера загрузки фаз. Это значительно сокращает потери электрической энергии как в самих трансформаторах, так и в электросети. Расчеты проведенные ОАО «БЕЛЭНЕРГОСЕТЬПРОЕКТ» (г. Минск) показали, что в усредненной электрической сети Республики Беларусь с среднестатистическим трансформатором мощностью 100 кВ.А, при токе в нулевом проводе 25% от номинального фазного, потери от несимметрии нагрузки снижаются на 1693 кВт-ч (по сравнению с сетью с трансформатором Y/Y_n без КВ) и на 454 кВт.А (по сравнению с сетью с трансформатором Y/Z_n) за один год эксплуатации.

В заключение следует отметить, что трансформаторы со схемой соединения обмоток Y/Y_n и КВ имеют *нулевую группу*, также как и трансформаторы Y/Y_n , что позволяет использовать их в одних и тех же сетях или в кольце, или параллельно или раздельно. Причем, если трехфазные нагрузки в основном симметричны (заводы, комплексы и т.п.) для использования целесообразны трансформаторы Y/Y_n , если нагрузки в основном однофазные или смешанные с преобладание однофазных (коммунально-бытовые и т.п.) целесообразны для использования трансформаторы с предлагаемой новой схемой соединения обмоток. Сказанное рекомендуется протоколами последних лет ГПО «Белэнерго» и Концепцией развития электрических сетей Белорусской энергосистемы на 2001-2010 годы (Приложение к постановлению Министерства экономики РБ от 24.05.2001 №92).

По результатам проведенных школой «Повышение качества электрической энергии РБ» при кафедре электроснабжение исследования (вначале БИМСХ а затем БГАТУ) в 1982 году авторами тезисов было получено а.с. СССР №1099328 на новую конструкцию размещения КВ или иначе встроенного симметрирующего устройства (СУ) в трансформаторах Y/Y_n , а в 1997г патента РБ №1685. Кроме того, приоритет в разработках обеспечивающих высокое качество электроэнергии зафиксирован в 23 авторских свидетельствах и патентов СССР и РБ, опубликовано более сотни печатных научных работ, защищено 5 диссертаций на степень кандидатов технических наук, проведено внедрение в производство новой схемы соединения обмоток. С 2000 года производство трансформаторов Y/Y_n СУ на электротехническом заводе им. В.И. Козлова поставлено на конвейер.

В настоящее время сотрудниками кафедры рассматриваются вопросы использования компенсационных витков в схемах соединения обмоток измерительных трансформаторов напряжения и кроме того использование трансформатора Y/Y_n СУ для новой комбинированной системы электроснабжения. Уже разработана новая схема соединения обмоток трансформаторов – «звезда-треугольник с зигзагом», на нее получен патент РБ №2244, ведутся дальнейшее исследования.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ НА МАЛЫХ ТЭС, ПОДКЛЮЧЕННЫХ К ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Счастный В.П., Зеленкевич А.И.,

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

В Республике Беларусь использование местных топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) — одно из приоритетных направлений энергосбережения. Согласно Директиве Президента Республики Беларусь № 3 «в целях укрепления экономической безопасности государства...» Совету Министров Республики