

ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЯ У ТРАНСФОРМАТОРА У/УН СУ

Протосовицкий И.В., к.т.н., доцент,

Протосовицкий Д.И.

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Беларусь*

Значительная часть силовых трансформаторов, установленных в сельских сетях 0,4-10 кВ, находится под воздействием большого количества негативных факторов от внутрисетевых до окружающей среды, которые негативно сказываются на сроках эксплуатации.

Значительный ущерб силовым трансформаторам и подключенным к ним потребителям наносят перенапряжения, обусловленные коммутационными перенапряжениями, возникающими в сетях или атмосферными явлениями. Достигающие выводов трансформаторов перенапряжения могут быть ограничены большим количеством устройств защиты, находящимися вне трансформатора. Гораздо сложнее организовать устройство защиты от перенапряжений, возникающих внутри трансформатора при распределении электромагнитной волны вдоль обмотки, при этом напряжения между отдельными витками обмоток могут значительно превысить напряжения установившегося режима. Пробой изоляции влечет за собой выход трансформатора из строя и нарушение нормальных условий эксплуатации данной установки. При этом процессы, происходящие в трансформаторе при перенапряжениях, являются случайными и в полном объеме не поддаются математическому анализу.

Согласно [1] причинами отказов силовых трансформаторов являются: грозовые перенапряжения – 20,8%, внутренние перенапряжения, короткие замыкания в сетях – 34,4%, перегрузки – 7%, снижение уровня изоляции в процессе эксплуатации – 12%. Очевидно, что данные проблемы наиболее характерны для трансформаторов длительно находящихся в эксплуатации. Поэтому важно не только обеспечить надежную защиту изоляции трансформаторов, но и обеспечить условия для сохранения изоляцией своих электрических характеристик на относительно высоком уровне в течение всего расчетного срока службы, учитывая при этом воздействия перенапряжений и других негативных факторов.

В большом количестве публикаций подробно рассмотрены процессы, происходящие в обмотках трансформатора во время переходных процессов и определены факторы оказывающие наибольшее влияние: схема соединения обмоток трансформатора,

режим заземления нейтрали, количество фаз, на которые приходится волна перенапряжения, конструкции обмоток [1,2].

При этом не рассматривается вопрос влияния симметрирующей обмотки в трансформаторах марки ТМГС_У (получившей широкое распространение в сетях 0,4-10 кВ в Республике Беларусь) на параметры перенапряжения в обмотках низкого напряжения (обмотках НН) [3]. Поэтому целью данного исследования являлось изучение данного вопроса с целью определения предпочтительной схемы соединения обмоток трансформатора с низкой стороны для минимизации воздействия коммутационных перенапряжений на изоляцию трансформаторов.

В экспериментах использована физическая модель трехфазного трансформатора 0,4/0,24 кВ мощностью 0,63 кВА., обмотка высокого напряжения соединена в «звезду», фазные обмотки низкого напряжения соединены в «звезду с нулем» с возможностью коммутации симметрирующей обмотки. Регистрация амплитуд импульсов перенапряжений выполнялась анализатором качества электроэнергии FLUKE 435 одновременно для трех фаз и нейтрали. Особенностью данного эксперимента является отсутствие металлического корпуса трансформатора и, соответственно, значительное снижение влияния емкости обмоток на заземленные элементы.

Влияние симметрирующей обмотки на параметры коммутационных перенапряжений изучалось в режиме холостого хода и при коммутации нагрузки разной степени несимметричности.

Полученные из осциллограмм данные систематизированы и согласованы по виткам для всех фаз обмотки НН трансформаторов.

При статистической обработке данных для оценки влияния симметрирующей обмотки на параметры перенапряжения в качестве основных критериев использовалось сравнение средних значений и дисперсий.

Сопоставления амплитуд импульсов перенапряжения для трансформаторов при коммутации симметричной нагрузки и выключении в режиме холостого хода показали, что при выключении трансформатора в режиме холостого хода симметрирующая обмотка не оказывает влияния на параметры коммутационных перенапряжений.

В случае коммутации симметричной нагрузки, как при её включении, так и отключении, в трансформаторе с симметрирующей обмоткой наблюдается снижение амплитуд импульсов перенапряжений на входных зажимах трансформатора относительно земли и более равномерное распределение напряжения по фазным обмоткам низкого напряжения, что снижает негативное влияние коммутационных перенапряжений как на продольную, так и на поперечную изоляции. Так снижение амплитуд импульсов перенапряжений для данного трансформатора в ходе эксперимента

составила 28% при подключении нагрузки, и 14% при отключении. Данные преимущества в основном обусловлены дополнительным входным сопротивлением симметрирующей обмотки трансформатора по отношению к трансформатору без неё.

Были проведены сопоставления амплитуд импульсов перенапряжений при коммутации трансформатора с симметрирующей обмоткой и без неё на нагрузку с 25% несимметричной нагрузкой и в неполнофазном режиме.

Из полученных амплитуд импульсов перенапряжений по всей длине фазных обмоток можно отметить следующие принципиальные особенности:

1. В трансформаторе без симметрирующей обмотки максимальная амплитуда импульсов перенапряжений в фазных обмотках зависит от величины несимметрии нагрузки, в отличие от трансформаторов с симметрирующим устройством в которых эта зависимость практически отсутствует. В испытуемом трансформаторе в ходе эксперимента разность между амплитудами импульса перенапряжения с симметрирующей обмоткой и без неё на входных зажимах обмотки низкого напряжения в зависимости от степени несимметрии составила от 25% до 36%.

2. При отсутствии симметрирующей обмотки амплитуды импульсов перенапряжений имеют приблизительно одинаковые значения во всех фазах трансформатора, в трансформаторе с симметрирующей обмоткой амплитуды импульсов перенапряжений пропорциональны нагрузке фазы.

3. Для трансформатора с симметрирующей обмоткой характерно более равномерное распределение напряжения по всей длине обмотки при прохождении переходного процесса, вызванного коммутацией нагрузки.

4. Значения амплитуд импульсов перенапряжений в нейтрали трансформатора без симметрирующей обмотки при коммутации в зависимости от степени несимметричности выше в среднем в 1,7 раза.

Из экспериментальных исследований следует, что в сельскохозяйственных сетях 0,4-10 кВ, с ярко выраженной несимметричной нагрузкой, наиболее предпочтительна установка трансформаторов с симметрирующей обмоткой, которая обеспечивает качество, экономию электрической энергии, а также обеспечивает лучшие эксплуатационные характеристики с точки зрения воздействия перенапряжений.

Выводы

1. Экспериментальные исследования выявили значительное влияние симметрирующей обмотки на параметры перенапряжений в трансформаторе.

2. Применение трансформаторов с симметрирующей обмоткой позволяет существенно снизить амплитуды перенапряжений

в фазных обмотках и нейтрали трансформатора, а также улучшить условия работы и эксплуатации трансформатора.

3. Приведенные экспериментальные данные показывают преимущество применения трансформаторов с симметрирующей обмоткой в сельскохозяйственных сетях 0,4-10 кВ с характерной для них несимметрией нагрузок.

Список литературы.

1. Рыбаков Л.М. Методы и средства обеспечения работоспособности электрических распределительных сетей 10 кВ. М.: Энергоатомиздат, 2004. 422 с.

2. В. Ф. Вазов, Лавринович В. А. Техника высоких напряжений: курс лекций. Томск: Изд-во ТПУ, 2008. 112 с.

3. А. Сердешнов, И. Протосовицкий, Ю.Леус, П. Шумра. Симметрирующее устройство для трансформаторов. Средство стабилизации напряжения и снижение потерь в сетях 0.4 кВ.// Новости электротехники. 2005. С. 69-71.