

РАЦИОНАЛЬНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР ДЛЯ ЧЕТЫРЕХПРОВОДНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 0,38 кВ

О.Н. ВОРОНОВ, генеральный директор ПО «Минскэнерго», А.П. СЕРДЕШНОВ, профессор БАТУ

В настоящее время в четырехпроводных электрических сетях 0,38 кВ доминирующее значение получили как самые дешевые трансформаторы со схемой соединения обмоток U/U_n . Действительно, при изготовлении они требуют минимального расхода электротехнических материалов и у них самая простая технология производства, а в эксплуатации эти трансформаторы имеют меньшие, по сравнению с другими схемами, потери электрической энергии в сети. Однако последнее справедливо лишь при симметричной нагрузке фаз.

Практически же широкое использование в указанных сетях однофазных токоприемников с низкими коэффициентами одновременности и участия в максимуме создает высокую неравномерность загрузки фаз, вызывающую в четырехпроводных сетях появление токов нулевой последовательности (или иначе, токов небаланса). Протекая по нулевому проводу, они увеличивают потери в обмотках трансформатора со схемой соединения U/U_n в геометрической прогрессии и весьма значительно в линиях.

Вместе с тем токи нулевой последовательности в магнитной системе трансформатора U/U_n создают потоки нулевой последовательности, которые, замыкаясь через его бак, дно, крышку, разогревают их, ухудшая охлаждение активной части, что повышает температуру изоляции обмоток сверх нормы и трансформатор при суммарной нагрузке ниже номинальной оказывается перегруженным. Такое положение объективно вызывает необходимость в увеличении номинальной мощности трансформатора на одну, а иной раз на две ступени больше необходимой (расчетной).

К таким же последствиям приводит появление у трансформатора U/U_n «смещения нулевой точки», которое резко искажает систему фазных напряжений и уже на низковольтных вводах трансформатора отклонение напряжения может оказаться больше, чем это допускает ГОСТ 13109-87 [1]. Наличие такого искажения нарушает нормальную работу токоприемников (двигателей, ламп, холодильников, телевизоров и др.), приводит к их преждевременному износу, а часто и к повреждениям.

В самом деле, практически все электрообору-

дование как отечественного, так и зарубежного производства не выработывает гарантированные заводскими изготовителями сроки. Имеют место также случаи повреждения самих трансформаторов из-за длительного протекания однофазных токов короткого замыкания в сети 0,38 кВ, так как они нередко соизмеримы с рабочими токами нагрузки, особенно в сельских электрических сетях. Радикальных и достаточно экономичных средств борьбы с несимметрией и своевременным отключением однофазных коротких замыканий в сетях 0,38 кВ на настоящий момент в эксплуатации нет. Вот почему и приходится завышать установленную мощность трансформаторов, что в свою очередь приводит к неэффективному ее использованию, а это естественно ведет к дополнительному увеличению потерь электроэнергии в сети.

Для устранения указанных недостатков кафедрой электроснабжения сельского хозяйства Белорусского государственного аграрного технического университета и Минскэнерго разработано специальное новое симметрирующее устройство (СУ), которое встраивается в трансформатор со схемой U/U_n [2]. Разработанное СУ технологично, может закладываться в конструкцию стандартных трансформаторов типа ТМ и ТИГ 1 и 2 габаритов со схемами соединения обмоток звезда-звезда с нулем как на заводах-изготовителях, так и в эксплуатационных условиях.

Энергетические характеристики этих трансформаторов (потери короткого замыкания, холостого хода и др.) при наложении симметрирующего устройства практически не меняются, но при этом резко сокращаются потери электроэнергии в сети, система же фазных напряжений при неравномерной нагрузке фаз симметрируется, как и при схеме соединения обмоток U/Z_n .

Проведенные Белэнергосетьпроектном расчеты [3] показали, что использование СУ в усредненной электрической сети при токе в нулевом проводе 25% от номинального фазного позволяют снизить потери электрической энергии от несимметрии напряжения только за один год на 1693 кВт·ч по сравнению с сетью с трансформаторами U/U_n и на

454 кВт.ч по сравнению с сетью с трансформаторами У/Зн. По данным Минского электротехнического завода им. В.И. Козлова, завершившего испытания и начинающего выпуск трансформаторов У/Ун с СУ мощностью от 25 до 250 кВ.А, себестоимость их повысится приблизительно на 8-9% от прежней (при схеме У/У_н), следовательно, дополнительные затраты на изготовление СУ окупаются в период от 0,3 до 1,2 года для трансформаторов, соответственно, от 250 до 40 кВ.А, для 25 кВ.А - 2 года.

Данные расчетов подтверждены многолетней эксплуатацией трансформаторов У/У_н с СУ в электрических сетях Борисовского ПЭС ПО «Минскэнерго». В частности, об эффективности их можно судить по среднестатистическим показателям Зареченского ТП Смолевичского района. Для покрытия нагрузки (однофазной 89%, симметричной трехфазной 11%) с учетом обеспечения отклонения напряжения у потребителей ранее на ТП N 28 был установлен трансформатор ТМ 250-10/0,4 - У/У_н (базовый вариант). Заменен на 160-10/0,4 - У/У_н с СУ (новый вариант). Данные основных показателей сведены в таблицу.

Не последнее значение имеет для эксплуатации и энергосбережения то, что трансформатор У/У_н с симметрирующим устройством имеет ту же нулевую группу соединения обмоток, что и трансформатор У/У_н. Это позволяет в одной электрической сети использовать трансформаторы и с симметрирующим устройством и без него в зависимости от характера нагрузки: симметричной, смешанной и чисто однофазной.

Симметрирующее устройство значительно снижает (до допустимой величины) «скачок» напряжений в здоровых фазах при однофазных коротких замыканиях в сетях 0,38 кВ [4]. Такое повышение напряжения крайне опасно для токоприемников: горят холодильники, телевизоры, особенно видео- и аудиоаппаратура, лопаются лампы накаливания.

Следует отметить еще один важный положительный фактор установки на трансформаторах У/У_н симметрирующего устройства - это резкое улучшение синусоидальной формы кривой изменения напряжения при наличии в сети нелинейных нагрузок (люминесцентных ламп, выпрямительных устройств, сварочных аппаратов и т.п.). Последнее крайне важно при питании многих чувствительных приборов, таких как ЭВМ, автоматика, телевизоры и пр. При отсутствии у трансформаторов У/У_н симметрирующего устройства к указанным приборам нередко приходится ставить дополнительные дорогостоящие фильтры.

Многолетняя (7-8 лет) работа 38 трансформаторов с СУ в сетях Борисовского ПЭС ПО «Минскэнерго» показала их высокую эксплуатационную надежность. Это объясняется, в частности, тем, что при однофазных коротких замыканиях на их обмотки не действуют разрушающе мощные потоки нулевой последовательности.

Таблица влияния симметрирующего устройства на показатели трансформатора У/У_н

Показатели	Значения показателей	
	Базовый вариант	Новый вариант
Нагрузка на стороне низшего напряжения в рабочие дни по фазам, А		
А	110	118
В	104	105
С	64	84
Ток в нулевом проводе, А	77	58
Напряжение по фазам, В		
А	237 (207*)	226,3
В	244 (214 *)	227,2
С	239 (208 *)	226,6
Коэффициент загрузки трансформатора	0,443	0,804
Среднее значение коэффициента напряжения нулевой последовательности (допустимое по ГОСТу), %	5,3 (+ 02%)	0,44 (+ 02%)

* - величины напряжений после переключения анцапфы.

В заключение следует сказать, что Минский электротехнический завод им. В.И. Козлова в настоящее время по заявкам трансформаторы У/У_н с симметрирующим устройством мощностью от 25 до 250 кВ.А. По желанию заказчика СУ может устанавливаться на трансформаторы и других мощностей.

Литература

- ГОСТ 13109-87. Электрическая энергия. Требования к качеству электрической энергии в электрических сетях общего назначения. М.: Издво стандартов.
- Воронов О.Н., Сердешнов А.П. Повышение качества напряжения в электрических сетях 0,38 кВ.- Электрические станции, 1991, N 2.
- Определение экономической эффективности внедрения трансформаторов 10/0,4 кВ со схемой соединения У/У_н с симметрирующим устройством.: Отчет /Белорусский научно-исследовательский и проектно-изыскательский энергетический институт «Белэнергопроект»; Руководитель Я.Х. Кирзнер.- Инв.15190.- Мн., 1995. - 32с.
- Сердешнов А.П., Чучман Г.П., Шевчик Н.Е. Режим напряжений в четырехпроводных сетях при однофазных к.з.- Энергетик, 1991, №9.