

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ТРЁХФАЗНОГО ТРАНСФОРМАТОРА, УЧИТЫВАЮЩИЕ НЕСИММЕТРИЮ МАГНИТОПРОВОДА И НАГРУЗКИ

Д.М. Лось

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П.О. Сухого», Республика Беларусь*

Создание математических моделей трансформаторов на практике обусловлено необходимостью расчёта протекающих в них электрических процессов. Кроме того, наличие адекватных моделей может быть полезным для оценки несимметричных и тепловых режимов работы, а также диагностирования трансформаторов.

В технической литературе двухобмоточный трансформатор обычно рассматривают в виде упрощённых эквивалентных схем: П-образной, Т-образной, и Г-образной. Ограничимся рассмотрением Т-образной эквивалентной схемы, так как она более проста по конфигурации в сравнении с П-образной схемой и более точна, чем Г-образная.

Для случая однофазного двухобмоточного трансформатора Т-образную эквивалентную схему можно считать приемлемой с позиции описания электрических процессов в трансформаторе. В итоге, зная параметры эквивалентной схемы, нагрузки и генератора, можно найти токи и напряжения в ветвях.

В случае трёхфазного двухобмоточного трансформатора Т-образная схема не описывает достоверно протекающие электрические процессы, так как не учитывает конструктивных особенностей трансформатора (вид магнитной системы и схему соединения обмоток). Поэтому возникла необходимость создания адекватной модели, учитывающей несимметрию магнитопровода и нагрузки.

При создании модели каждая из фаз, образованная первичной и вторичной обмотками, расположенными на одном стержне, рассматривалась как однофазный двухобмоточный трансформатор. Однако не пренебрегалась несимметрия плоского трёхфазного магнитопровода, в результате чего получилась пространственная математическая модель, представляющая собой включение особым образом трёх Т-образных схем.

Моделирование было осуществлено для трёхфазного двухобмоточного трансформатора со схемами соединения обмоток $Y/Y0-12$, $Y/Д-11$, $Y0/Д-11$ и $Д/Y0-11$. Была установлена возможность эквивалентного преобразования соединённых треугольником обмоток в звезду с нулём. В результате осуществлён переход от схемы $Y/Д$ к $Y/Y0$, от $Y0/Д$ к $Y0/Y0$ и от $Д/Y$ к $Y0/Y$. Учитывая аналогичность полученных схем, схема $Y/Y0$ была принята базовой.

Кроме того, были проведены экспериментальные исследования для базовой схемы на трёхфазном трансформаторе ТТ-0,4/220. При исследованиях нагрузка выбиралась в диапазоне от 0,13 до 0,52 номинального значения для данного трансформатора. Исследовалась работа трансформатора при симметричной и несимметричной нагрузке. В результате, максимальная относительная погрешность расчёта составила 6,6 % при содержании токов обратной и нулевой последовательности до 26,3 %.

Таким образом, разработаны эквивалентные схемы трёхфазного двухобмоточного трансформатора с учётом схем соединения обмоток и несимметрии магнитопровода, содержащие в отличие от традиционных схем три ветви намагничивания. Адекватность моделей подтверждена экспериментально.