

Моделирование переходных процессов в электрической сети, содержащей трансформаторы при учете конфигурации их магнитной системы

к.т.н. Дмитриев М.В. (ЗАО «Завод энергозащитных устройств»)

д.т.н. Евдокунин Г.А (СПбГПУ)

Введение

В последнее десятилетие значительно возрос научный интерес к развитию детального моделирования силовых трансформаторов (особенно для высших классов напряжения) для создания их уточненных компьютерных моделей на основе учета реальной конфигурации и размеров их магнитной системы [1-3 и др.]

Создание таких моделей предназначено для анализа различных переходных процессов в электрических системах, одним из которых является бросок намагничивающего тока трансформатора при коммутационных операциях с ним. Броски тока намагничивания могут иметь большую амплитуду и длительность протекания, что вызывает такие нежелательные эффекты, как потенциальная опасность повреждения обмоток трансформатора из-за чрезмерных динамических усилий или снижение срока его службы. Кроме того, генерируемый трансформаторами богатый высшими гармониками ток может вызвать ложную работу устройств релейной защиты и автоматики, а также ухудшить качественные показатели режима в энергосистеме.

При отключениях трансформатора от сети в его магнитной системе «сохраняется» остаточная индукция. При последующем включении трансформатора в неблагоприятный момент времени и при наличии в его магнитной системе такой остаточной индукции броски тока намагничивания могут существенно возрасти.

На величину индукции, оставшейся в магнитной системе после отключения трансформатора от сети, влияют многие факторы, среди которых:

- ток среза выключателя;
- потери холостого хода трансформатора (соотношение активной и индуктивной составляющих тока холостого хода трансформатора)
- исходный режим трансформатора, например:
 - ✓ установившийся режим холостого хода, когда в токе выключателя отсутствует апериодическая составляющая, а периодическая составляет единицы ампер;
 - ✓ неустановившийся режим холостого хода, когда в токе выключателя присутствует и апериодическая, и периодическая составляющие, причем обе они могут быть значительной величины из-за неудачного момента (фазового угла напряжения сети) включения трансформатора на холостой ход.

В трехфазном трансформаторе на величину остаточной индукции в магнитных системах фаз помимо рассмотренных факторов влияние оказывает замкнутый треугольник обмоток низшего напряжения (НН), а также неодновременность отключения фаз трансформатора.