

УДК 621.314

Потери в трансформаторе и способы их уменьшения

Сергеенко И.М., Шалыгин Н.Г.

Научный руководитель – ПРОТАСЕНЯ М.Л.

Трансформатор — статическое электромагнитное устройство и как любое устройство он не может работать без потери мощности. Так как в трансформаторе отсутствуют вращающиеся элементы, то механические потери в нем отсутствуют. Все потери в трансформаторе — это потери активной мощности, возникающие в магнитной системе, обмотках и других составляющих трансформатора в зависимости от режима его работы, которые всегда приводят к лишнему расходу средств и материалов, что является главным фактором удорожания энергии. Поэтому в энергетике остро стоит вопрос об уменьшении потерь в трансформаторах. В данной работе рассмотрим причины возникновения различных видов потерь в трансформаторе, а также постараемся найти пути их уменьшения для улучшения качества работы трансформатора и рационального использования средств и ресурсов.

Для того, чтобы начать искать методы решения борьбы с потерями в трансформаторе, для начала следует разобраться с причинами их возникновения. Как уже говорилось выше, потери в трансформаторе складываются из постоянных и переменных потерь, которые характеризуются потерями холостого хода и короткого замыкания.

Для начала разберемся с потерями холостого хода. Холостой ход - это режим работы трансформатора, который основан на питании какой-то одной обмотки, когда состояние всех остальных разомкнуто. При таком типе работы все утечки, которые неизбежно возникают при номинальных значениях уровня напряжения и частоты, принято называть потерями холостого хода. Потери холостого хода в трансформаторе складываются из нескольких составляющих: магнитные потери мощности холостого хода, наблюдающиеся в стальных частях, потери в первичной обмотке из-за тока холостого хода и диэлектрические потери, возникающие в изоляционном слое. Последние актуальны только для приборов, работающих при повышенных частотах. Для трансформаторов, которые работают на частоте 50 Гц, такие потери не существенны и, как правило, не учитываются. Также менее одного процента от потерь холостого хода приходится на потери в первичной обмотке. Самая существенная доля потерь приходится на магнитные потери в магнитопроводе трансформатора.

Магнитные потери в свою очередь можно разделить на две составляющие: потери на гистерезис и потери от вихревых токов. В сердечнике любого электромагнита после выключения тока всегда сохраняется некоторая часть магнитных свойств, называемая остаточным магнетизмом. При всяком изменении направления тока в обмотке необходимо сначала размагнитить сердечник, и только после этого он может быть намагничен в новом направлении. Для этого потребуется приложить какой-то магнитный поток противоположного направления. Этот магнитный поток получил название коэрцитивная сила. Иначе говоря, изменение намагничивания сердечника всегда отстает от соответствующих изменений магнитного потока, создаваемого обмоткой трансформатора.

Это отставание магнитной индукции от напряженности магнитного поля носит название гистерезиса. При каждом новом намагничивании сердечника для уничтожения его остаточного магнетизма приходится действовать на сердечник магнитным потоком противоположного направления. Практически это будет означать затрату какой-то части электрической энергии на преодоление коэрцитивной силы, затрудняющей поворот доменов в новое положение. Затраченная на это энергия выделяется в железе в виде тепла и представляет потери на перемагничивание, что и является потерями на гистерезис в трансформаторе.

Величина остаточного магнетизма зависит от свойств используемого материала сердечника. Установлено, что коэрцитивная сила достигает большего значения у закаленной стали и меньшего - у мягкого железа. Исходя из сказанного, можно сделать вывод, что железо, применяемое для изготовления магнитопровода в трансформаторах, должно выбираться всегда мягкое, с очень небольшой коэрцитивной силой. Чаще всего для изготовления магнитопроводов

используют электротехническую сталь. Также используют аморфное железо, феррит и пермаллой. Применение данных материалов при изготовлении магнитопровода существенно уменьшает потери на гистерезис и тем самым повышает коэффициент полезного действия трансформатора. Удешевление указанных материалов или изобретение более дешевого аналога с подобными свойствами приведет к улучшению экономических показателей.

Кроме потерь на гистерезис большую часть потерь составляют потери на вихревые токи. В трансформаторах неподвижные металлические детали пересекаются силовыми линиями меняющегося по величине магнитного поля. В этих металлических деталях наводятся ЭДС самоиндукции. Под действием этих ЭДС в массе магнитопровода протекают вихревые токи (токи Фуко), которые замыкаются в массе, образуя вихревые контуры токов. Вихревыми токами называются электрические токи, возникающие вследствие электромагнитной индукции в проводящей среде при изменении пронизывающего ее магнитного потока.

Вихревые токи порождают свои собственные магнитные потоки, которые по правилу Ленца противодействуют основному магнитному потоку катушки и ослабляют его. Кроме того, они вызывают, нагрев сердечника, что является бесполезной тратой энергии и снижает КПД трансформатора.

Для уменьшения мощности вихревых токов, увеличивают электрическое сопротивление магнитопровода, для этого магнитопровод набирают из отдельных тонких пластин, изолированных друг от друга с помощью специального лака или окалины. Этот метод получил название шихтовка. Плоскость пластин должна быть параллельна направлению магнитного потока. При таком делении сечения сердечника магнитопровода вихревые токи существенно ослабляются, так как уменьшаются магнитные потоки, которыми сцепляются контуры вихревых токов. Вследствие, понижаются ЭДС, создающие вихревые токи. В материал сердечника также вводят специальные добавки, увеличивающие его электрическое сопротивление. Для увеличения электрического сопротивления ферромагнетика электротехническую сталь производят с добавкой кремния.

Потери короткого замыкания (электрические потери) обусловлены нагревом обмоток трансформаторов при протекании по ним электрического тока. Мощность электрических потерь пропорциональна сопротивлению и квадрату тока и определяется суммой потерь в первичной и вторичной обмотках трансформатора. Электрические потери называют переменными, так как они зависят от протекающего тока по обмоткам. Если мы хотим уменьшить потери короткого замыкания, то нам следует уменьшить сопротивление обмоток трансформатора, для этого при изготовлении обмоток следует использовать металлы, имеющие малое удельное сопротивление (медь и алюминий). Обычно используют алюминий, так как он намного дешевле меди и имеет довольно малое удельное сопротивление.

В данной работе мы разобрали причины возникновения потерь в трансформаторах и способы их уменьшения. Можно сделать вывод, что для уменьшения потерь следует проводить комплекс различных мероприятий при изготовлении и эксплуатации трансформаторов. Данные мероприятия повышают стоимость изготовления трансформаторов, но в ходе эксплуатации данные мероприятия значительно уменьшают потери различного рода, что позволяет нам экономить ресурсы и средства, затраченные на выработку и передачу электроэнергии.

Литература

1. Кацман, М. М. Электрические машины. - 15-е изд., стер. - Москва : Академия, 2016. - 492 с. : ил. - (Профессиональное образование. Профессиональный модуль)