

УДК 621.316

Н.В. ДРОЗДОВ, студент гр. ЭПмз – 191 (КузГТУ)
Научный руководитель А.Г. ЗАХАРОВА докт. техн. наук, проф. каф.
элек-тропривода и автоматизации (КузГТУ)
г. Кемерово

УЛУЧШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Применение новых технологий в производстве требует новаторских решений в энергетике для снижения затрат на обеспечение электрической энергией новых устройств, которые нередко требуют большего количества энергии. Такие большие объёмы энергии, зачастую, необходимо передавать на большие расстояния. Для этого используются силовые трансформаторы. Однако ввиду своих конструктивных особенностей они могут быть недостаточно эффективны, либо стать таковыми по истечении некоторого срока эксплуатации. Поэтому, для повышения объёмов передаваемой мощности, необходимо улучшить энергоэффективность силовых трансформаторов.

Первый способ – это применение магнитопроводов из нанокристаллических сплавов (НКС). В сравнении с магнитопроводом из кремнистой стали холодной прокатки, потери холостого хода трансформаторов при данном способе уменьшаются практически в пять раз. Инженеры из таких стран как США и Японии добились значительных успехов в данном вопросе. Компания «Hitachi» совместно с «Allied Signal» произвела ряд силовых трансформаторов, с сердечниками изготовленными из НКС. Итоги испытаний показали, что данное решение позволяет снизить потери энергии в магнитопроводе трансформатора на 79% по сравнению с магнитопроводом, изготовленным из традиционных материалов. Основными потребителями таких трансформаторов являются страны, где высокая стоимость за кВт*ч электроэнергии. Но несмотря на все преимущества, у данного способа есть минус в виде высокой стоимости относительно традиционных материалов – для «Hitachi» это 20-25%.

Второй способ – это уменьшение мощности потерь в режиме короткого замыкания. Суть метода заключается в изменении обмоток силового трансформатора. Данная технология развивается в следующих направлениях.

1) использование в обмотках высокотемпературных сверхпроводниковых материалов, у таких трансформаторов имеются преимущества:

- снижение потерь энергии в обмотках в связи с тем, что сверхпроводниковые материалы не нагреваются;

- защита электрооборудования сети благодаря свойству ограничения токов короткого замыкания;
- за счет снижения реактивного сопротивления обеспечивается выравнивание напряжения без регулирования;
- уменьшение уровня шума.

2) уменьшение мощности потерь короткого замыкания. Такая технология реализована на силовом трансформаторе с фирменным названием DryFormer (Компания ABB). Обмотки такого трансформатора изготовлены из специального кабеля. В его основе заложена многопроволочная токопроводящая жила из меди или алюминия, поверх которой расположен слой полупроводникового материала, благодаря чему исключается неравномерность электрического поля, обусловленная многопроволочностью кабельной жилы.

3) улучшение системы охлаждения. Проблема с охлаждением силовых трансформаторов остается актуальной. Её решение состоит в улучшении условий теплоотвода от изоляции. Усовершенствование этих узлов также позволит повысить энергоэффективность трансформаторов. Примером является компания ЗАО «ДИАРОСТ», они, используя собственные разработки, улучшили работу системы охлаждения, что позволило увеличить номинальную мощность трансформатора с 40 МВА до 63 МВА. Суть такого улучшения заключается в увеличении количества вентиляторов и радиаторов на корпусе трансформатора, данное решение позволило усилить систему охлаждения.

4) снижение потерь холостого хода. Известно, что во время работы силового трансформатора без нагрузки, т.е. в режиме холостого хода, возникают потери, которые называются «потери холостого хода». Одним из способов их снижения является применение в конструкции магнитопроводов холоднокатаной анизотропной стали, у которой домены направлены вдоль листов, что обеспечивает хорошие свойства электромагнитной стали за счет снижения магнитного сопротивления. Однако существует недостаток – снижение магнитных свойств стали из-за прохождения магнитного потока под другим углом относительно направления прокатки. На рисунке 1 приведена конструкция трёхфазного силового трансформатора – стержневой шихтованный магнитопровод.

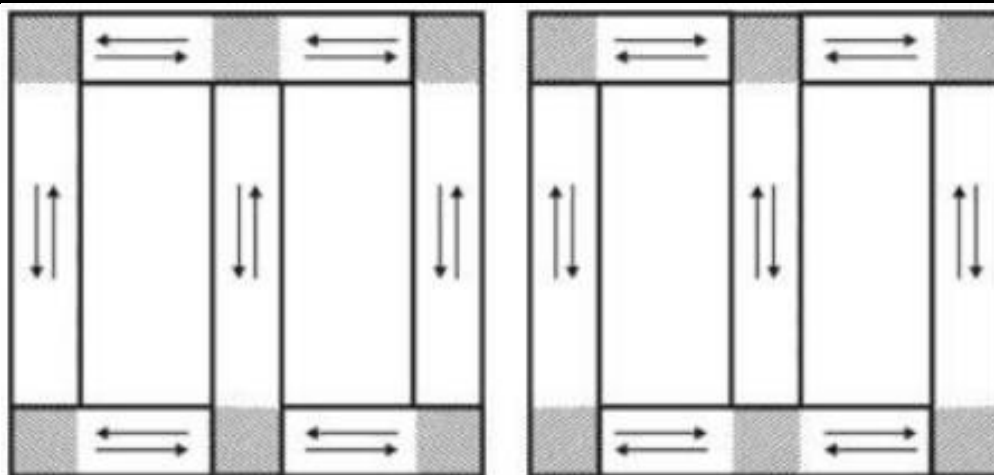


Рис.1. Конструкция стержневого магнитопровода трёхфазного силового трансформатора

По незаштрихованным участкам магнитный поток проходит вдоль направления прокатки электротехнической стали и, благодаря своей анизотропности, происходит снижение потерь холостого хода.

В заштрихованных участках магнитный поток изменяет своё направление, а это, в свою очередь, ведёт к увеличению потерь холостого хода. Таким образом, магнитопровод делится на области – в одних магнитные свойства становятся слабее, что вызывает рост потерь холостого хода, в других происходит диаметрально противоположная ситуация. Одной из составляющих потерь холостого хода являются вихревые токи. Они вызывают дополнительный нагрев листов шихтованной стали. Для их снижения листы делают тоньше, однако при этом может пострадать жёсткость конструкции магнитопровода.

Одним из подходов при построении магнитопроводов является комбинация сталей анизотропной и изотропной, в данном случае наблюдается баланс между стоимостью и коэффициентом полезного действия. В связи с чем было предложено современное конструкторское решение – изготавливать стержни из анизотропной стали, а ярма из изотропной стали одинаковой толщины.

Таким образом, для улучшения энергоэффективности силовых трансформаторов возможно сочетать такие способы, как:

- 1) снижение потерь электрической энергии в режиме холостого хода и короткого замыкания;
- 2) улучшение охлаждения трансформатора.

Список литературы:

1. Модернизация силовых трансформаторов. – Текст: электронный // Силовые трансформаторы: официальный сайт. URL: <https://silovoytransformator.ru/stati/modernizaciya-silovyh-transformatorov.htm> (дата обращения 15.05.20);
2. Потери холостого хода трансформатора и их последствия. – Текст: электронный // Инженерный центр ПРОФЭНЕРГИЯ: официальный сайт. URL: <https://energiatrend.ru/news/poteri-holostogo-hoda-transformatora> (дата обращения 16.05.20);
3. Способы повышения энергоэффективности силовых трансформаторов. – Текст: электронный // Cyberleninka: официальный сайт. URL: <https://energiatrend.ru/news/poteri-holostogo-hoda-transformatora> (дата обращения 16.05.20).
4. Умные сети требуют умных силовых энергоэффективных трансформаторов. – Текст: электронный // Портал-энерго: официальный сайт. – URL: <http://portal-energo.ru/articles/details/id/614> (дата обращения 14.05.20);

Информация об авторах:

Дроздов Николай Владимирович, студент гр. ЭПмз – 191, КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, k-droz dovpp@yandex.ru.

Захарова Алла Геннадьевна, докт. техн. наук, проф. каф. электропривода и автоматизации КузГТУ, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, д. 28, zaharovaag@kuzstu.ru.