

УДК 621.311

**ПОТЕРИ ПРИ ПЕРЕМАГНИЧИВАНИИ СЕРДЕЧНИКА
ТРАНСФОРМАТОРА
TRANSFORMER CORE MAGNETIZATION LOSSES**

А.В. Кононов

Научный руководитель – Ю.В. Суходолов, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет, г. Минск

А. Kononov

Supervisor – Y. Sukhodolov, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian National Technical University, Minsk

Аннотация: В работе рассматривается проблема потерь энергии при перемагничивании сердечников трансформаторов, их причины, способы борьбы с ними.

Abstract: The paper deals with the problem of energy losses during remagnetization of transformer cores, their causes, and ways to deal with them.

Ключевые слова: Гистерезис, высшие гармоники, трансформатор, перемагничивание, энергетические потери.

Keywords: Hysteresis, higher harmonics, transformer, magnetization reversal, energy losses.

Введение

В настоящее время трансформаторы являются одним из важнейших элементов в электроэнергетике. Их главное назначение – изменение напряжения переменного тока, это необходимо для транспортировки электроэнергии на дальние расстояния. Необходимость использования трансформаторов возникает из-за того, что у людей не получается потратить всю электроэнергию в местах её выработки, и возникают её излишки. Благодаря использованию трансформаторов, люди могут строить электростанции в местах, где присутствуют огромные энергетические ресурсы, например в Сибири или на Севере. Люди используют тамошние жидкие, твёрдые и газообразные топлива для производства энергии и прокладывают линии электропередачи на тысячи километров, так решается проблема формирования Единой энергетической системы. Использование трансформаторов неизбежно приводит к потерям при транспортировке электроэнергии. Потери в трансформаторе разделяют на два вида: потери вызванные нагреванием обмоток при прохождении по ним переменного тока (потери в меди) и потери в сердечнике, вызванные гистерезисом и вихревыми токами (потери в стали).

Основная часть

При малых частотах, потери вызваны явлениями магнитного гистерезиса, при увеличении частоты, потери возрастают, они являются следствием возникновения вихревых токов, возникающих в проводнике, находящемся в переменном магнитном поле. Сердечник, с намотанными на него медными витками, является именно таким проводником, и из-за появления вихревых токов происходит его нагрев.

В устройствах, работающих на высоких частотах неприменимы магнитопроводы из материалов, имеющих высокий уровень электрической проводимости, из-за того, что потери, вызванные вихревыми токами пропорциональны частоте перемагничивающего магнитного поля в квадрате.

Измерить мощность потерь на вихревые токи для единицы массы магнитного материала можно формулой:

$$P_e = E * f^2 * (B_m)^2, \quad (1)$$

где P_e – потери на вихревые токи;

E – коэффициент, зависящий от природы материала, от его удельного сопротивления и формы;

f – частота.

$$P_e = \frac{1.64 * h^2 * f^2 * (B_m)^2}{d_\rho}, \quad (2)$$

где h – толщина листа;

d_ρ – удельное электрическое сопротивление;

P_e – потери на вихревые токи.

Количество потерянной энергии определяется качеством стали. В сердечнике находится огромное количество диполей, которые изменяются по динамической петле магнитного изменения, под действием переменного магнитного поля, возникающего между обмотками. Диполи меняют своё положение с периодичностью изменения магнитного поля, вследствие этого между ними возникает механическое трение, что вызывает дополнительный нагрев.

Количество потерянной мощности при перемагничивании определяется формулой:

$$P_g = n * f * (B_m)^n, \quad (3)$$

где P_g – потери при гистерезисе;

n – коэффициент, зависящий от природы материала;

f – частота;

B_m – максимальная магнитная индукция в течение цикла;

n = показатель в диапазоне от 1,6 до 2.

Методы борьбы с перемагничиванием.

Для уменьшения потерь при перемагничивании существует два пути.

Наиболее простой путь – это изменение материала сердечника и использование магнитомягких материалов, структурированных особым образом. Такие материалы обладают большой магнитной проницаемостью и при этом малой коэрцитивной силой. К магнитомягким материалам относятся железо, кремнистая электротехническая сталь, сплавы с высокой начальной магнитной проницаемостью, магнитодиэлектрики и ферриты. Зачастую такие материалы обжигают, что помогает снять внутреннее напряжение структуры, укрупнить зерно и убрать внешние дефекты материала.

Одним из наиболее подходящих материалов для изготовления сердечников является электротехническая сталь.

Второй путь это изготовление сердечника не из монолитного блока, а из электроизолированных друг от друга пластин, изоляция выполняется с использованием лака или бумаги, толщиной, равной нескольким десятым долям миллиметров. У такого способа изготовления сердечника есть много преимуществ:

- У работников появляется возможность собирать аналитические данные трансформатора.
- В сердечнике не возникают дополнительные токи.
- Увеличивается срок службы.
- Удобство в использовании.
- Снижение энергетических потерь.
- Появляется возможность построение плана действий на производстве.
- Такой способ требует больше времени и использования специфических технологий, но позволяет существенно снизить потери электроэнергии.

Так же для увеличения удельного сопротивления при изготовлении материала сердечника применяют присадки из кремния

При увеличении частоты толщину пластин в сердечнике уменьшают, для частоты 50 Гц используют пластины толщиной 0.35 мм, для частот звукового диапазона (от 20 Гц до 20 кГц) используют пластины толщиной от 0,10 до 0.03 мм.

Потери электроэнергии в трансформаторе можно проверить в режиме холостого хода и в режиме короткого замыкания. При использовании обоих способов КПД трансформатора можно повысить до 85-90%.

Заключение

Люди не могут избегать потерь при использовании трансформаторов, но они нашли множество способов борьбы с их возникновением, каждое новое открытие в данной сфере сильно повлияет на развитие электроэнергетики в целом.

Литература

1. Учебные материалы для студентов [Электронный ресурс] – Режим доступа:

https://studme.org/284491/tehnika/poteri_transformatore_sposoby_borby_nimi – Дата доступа: 28.10.2021

2. Интернет журнал о трансформаторах и их конструкциях [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://otransformatore.ru/vopros-otvet/prichiny-pochemu-serdechniki-transformatora-sobirayut-iz-otdelnyh-plastin/> – Дата доступа: 28.10.2021

3. Школа для электрика [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/maschiny/429-transformatory-naznachenie.html> – Дата доступа: 28.10.2021