

УДК 621.314.236

НОВЫЕ МАГНИТОПРОВОДЫ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Карницкий П.А.

Научный руководитель – БЫЧКОВ М.М.

Одним из главных факторов, влияющих на параметры и свойства трансформатора, является материал и конструкция магнитопровода. В работе приведен анализ новых подходов при построении шихтованных магнитопроводов силовых трансформаторов, который заключается в одновременном применении в магнитопроводе различных типов электротехнических сталей.

На протяжении длительного времени одним из основных способов обеспечения низкого уровня потерь холостого хода (ХХ) трансформаторов остается применение в магнитопроводах холоднокатаной анизотропной ЭТС. В которой домены направлены (структурированы) вдоль прокатки листов, что обеспечивает высокие магнитные свойства стали за счет уменьшения магнитного сопротивления прохождению магнитного потока в этом направлении. Металлургия постоянно совершенствует структуру ЭТС благодаря оптимизации химического состава стали и особенностям технологического процесса ее изготовления. Также наблюдается тенденция уменьшения толщины листа ЭТС. На североамериканском рынке трансформаторов широко применяются анизотропные ЭТС марок М6 и М4 соответственно с толщинами листов 0,35 и 0,28 мм. Также используются стали марок М3 и М2 с толщинами листов 0,23 и 0,18 мм соответственно.

Применение ЭТС высокой степени анизотропности позволяет получить отличные магнитные свойства при прохождении магнитного потока вдоль прокатки стального листа. Однако, при прохождении потока под другими углами к направлению прокатки, магнитные свойства стали резко ухудшаются, причем тем сильнее, чем больше степень анизотропности.

В последнее время усилия направлены на разработку новых изотропных (неструктурированных) сталей с высокими магнитными свойствами, например, марки М12. Подобные стали позволяют избежать существенного увеличения потерь в зонах перехода магнитного потока из стержней в ярма.

Присутствие изотропной стали в зонах перехода магнитного потока из стержней в ярма, уменьшает количество пластин анизотропной стали стержней в этих зонах и длину пути прохождения магнитного потока в анизотропной стали под разными углами к направлению прокатки в данных зонах. Удельные потери в листе изотропной стали при прохождении магнитного потока под разными углами к направлению прокатки листа практически одинаковы, хотя и больше удельных потерь анизотропной стали при прохождении в ней магнитного потока вдоль прокатки листа. Но эти потери значительно ниже удельных потерь анизотропной стали при прохождении в ней магнитного потока поперек прокатки листа.

Изменяя количество рядов применяемых слоев можно изменять соотношение между изотропной и анизотропной сталью в стержнях магнитопровода. Подобная шихтовка магнитопроводов позволяет значительно уменьшить потери ХХ трансформатора, существенно уменьшить стоимость магнитопровода и повысить КПД трансформатора. Такие магнитопроводы позволяют создавать трансформаторы с так называемым повышенным КПД. При этом данные трансформаторы получаются значительно экономичнее трансформаторов, в которых применяется только анизотропная сталь.

Более высокие значения КПД имеет трансформатор Sandwich, особенно это проявляется в области больших нагрузок. Учитывая современные высокие требования к трансформаторам, это является большим достоинством. При этом технология сборки магнитопроводов с шихтовкой Sandwich подобна технологии сборки классического шихтованного магнитопровода и не требует особых дополнительных затрат. Определим оптимальное соотношение анизотропной и изотропной стали в магнитопроводе

с шихтовкой Sandwich. На первый взгляд может показаться, что чем больше содержание анизотропной стали в стержнях, тем меньше потери ХХ и выше КПД трансформатора.

Эксперимент показал, что в результате увеличения количества анизотропной стали в стержнях магнитопровода с 50 % до 80 % не наблюдалось снижения потерь ХХ, хотя, логично было бы ожидать их уменьшения.

Процессы, ведущие к увеличению потерь ХХ наблюдаются в магнитопроводе с классической шихтовкой (рисунок 1) при чередовании слоев с количеством рядов пластин более двух. С целью определения зависимости потерь в магнитопроводе от количества рядов пластин в слое были построены трансформаторы с классической конструкцией стержневого шихтованного магнитопровода с одним, двумя, тремя и четырьмя рядами пластин в слое. На рисунке 6 приведен график зависимости увеличения потерь в магнитопроводе с разным количеством рядов пластин в слое.

Построение магнитопроводов с содержанием в стержнях анизотропной стали 80 % и изотропной стали 20%, нецелесообразно, поскольку приводит к увеличению потерь х. х. трансформатора и его стоимости из-за применения большого количества анизотропной стали. Таким образом, магнитопроводы с содержанием в стержнях 50 % анизотропной стали М6 и 50 % изотропной стали М12 являются наиболее эффективными и имеют наиболее оптимальные технико-экономические показатели.

Литература

- 1 Пентегов, И. В. Конструкции магнитопроводов трансформаторов / И. В. Пентегов. – М. Энергоатомиздат, 2015. – 298 с.