

ОЦЕНКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ

Федотова А. А.

Научный руководитель Долгопол Т. Л.

Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева

Основной эффект в снижении технических потерь электроэнергии может быть получен за счёт технического перевооружения, модернизации, повышения пропускной способности и надёжности работы электрических сетей, сбалансированности их режимов, т.е. за счёт внедрения капиталоемких мероприятий. В работе рассмотрено одно из мероприятий, способствующих снижению технологических потерь электроэнергии при ее передаче по электрическим сетям, а именно, замена распределительных силовых трансформаторов ТМ с выработанным ресурсом эксплуатации на современные герметичные трансформаторы с сердечником из традиционной холоднокатаной электротехнической стали (ТМГ) и аморфным сердечником (ТМГА).

В статье рассматриваются только распределительные трансформаторы, которые являются самыми маломощными из всех трансформаторов и обеспечивают подачу электроэнергии бытовым и промышленным потребителям, т.е. являются последним звеном в трансформации электрической энергии. При этом потери в распределительных трансформаторах составляют значительную часть от общих потерь на передачу и распределение электроэнергии в системах электроснабжения потребителей. Сравнительный анализ потерь в трансформаторах, сделанный в США, показал, что потери в распределительных трансформаторах составляют более 30 %, в то время, как в трансформаторах питающих подстанций и электростанций они составляют всего 2 %. Такое же соотношение потерь в силовых трансформаторах характерно и для России. С учетом большого количества распределительных трансформаторов в нашей стране (более 3 млн. шт.), а также большой срок их службы (20 – 30 лет), такие трансформаторы представляют собой весьма существенный потенциал энергосбережения. Поэтому повышение эффективности распределительных трансформаторов даже на 0,1 % уже оправдано, так как эти трансформаторы постоянно находятся под напряжением и при их непрерывном круглогодичном режиме работы экономия от снижения потерь холостого хода в

течение всего срока службы получается довольно значительной. К тому же, как правило, распределительные трансформаторы, особенно малозагруженные, работают гораздо дольше, чем заявляют заводы–изготовители. Из-за долгого жизненного цикла распределительных трансформаторов их замена на современное энергоэффективное оборудование происходит достаточно медленно.

Энергоэффективность современных трансформаторов обеспечивается либо совершенствованием их конструкции или технологии изготовления, либо за счет использования новых материалов. В частности, в трансформаторах серии ТМГ используется способ шихтовки магнитной системы «Step-Lap», одна из самых совершенных технологий плоских шихтованных магнитопроводов со сниженными потерями холостого хода. В трансформаторах ТМГА магнитопровод выполняется из аморфной стали. За счет этого уровень потерь холостого хода почти в 5 раз ниже, чем в магнитных системах из традиционной электротехнической стали (табл. 1).

Трансформаторы ТМГ и ТМГА имеют стандартизированные технические и эксплуатационные параметры, благодаря чему можно осуществить замену аналогичного оборудования других марок без дополнительных затрат на проектирование. Для распределительных трансформаторов, представленных в таблице 1, был произведен расчет потерь электроэнергии. Коэффициент загрузки трансформаторов принимался равным 0,7.

Для наглядности результаты расчетов представлены в виде гистограммы (рис. 1).

Из представленного графика видно, что значительного снижения потерь возможно достичь за счет замены трансформаторов типа ТМ на трансформаторы типа ТМГА. Также видно, что при увеличении мощности трансформаторов сокращается процент снижения потерь. Низкие потери холостого хода в аморфных трансформаторах обеспечиваются за счет особых свойств этих сплавов. Аморфные сплавы отличаются беспорядочной, некристаллической структурой. Их удается получить при очень быстром охлаждении расплавов металлов. В этом случае атомы не успевают образовать кристаллическую решетку, и вынуждены оставаться на месте, формируя аморфное (стеклообразное) состояние.

Таблица 1 – Паспортные данные трансформаторов

№ пп	Тип трансформатора	S_{H3} , кВА	U_{H3} , кВ	P_{X3} , кВт	P_{K3} , кВт	Цена, руб
1	ТМ-250/10	250	10/0,4	0,61	3,7	130000
2	ТМ-400/10	400	10/0,4	0,83	5,5	205777
3	ТМ-630/10	630	10/0,4	1,05	7,6	290000
4	ТМ-1000/10	1000	10/0,4	1,55	10,2	385000
5	ТМГ-250/10	250	10/0,4	0,4	2,9	264380
6	ТМГ-400/10	400	10/0,4	0,6	4,6	402900
7	ТМГ-630/10	630	10/0,4	0,8	6,7	584650
8	ТМГэ2-1000/10	1000	10/0,4	0,96	9,55	618000
9	ТМГА-250/10	250	10/0,4	0,14	3,05	330475
10	ТМГА-400/10	400	10/0,4	0,2	4,3	503625
11	ТМГА-630/10	630	10/0,4	0,32	6,2	730812,5
12	ТМГА-1000/10	1000	10/0,4	0,45	10,3	772500

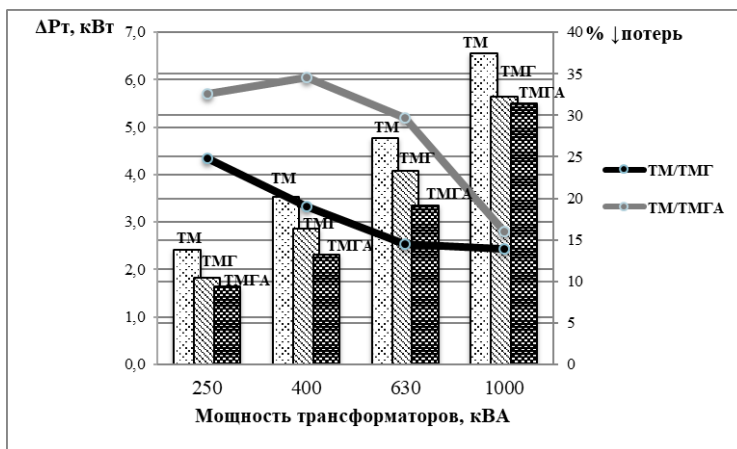


Рис. 1 – Изменение величины потерь в трансформаторах ТМ/ТМГ/ТМГА разной номинальной мощности

Магнитопроводы из аморфных сплавов имеют значительно меньшие удельные магнитные потери по сравнению с аналогами из электротехнической стали, обладают высокой магнитной проницаемостью и индукцией насыщения на высоких частотах.

Если учесть, что обычный трансформатор за 2 – 3 года потребляет электроэнергию на сумму, эквивалентную стоимости самого трансформатора, то снижение потерь электроэнергии, потребляемой устройством, позволяет экономить довольно существенные деньги. В табл. 2 представлены сроки окупаемости распределительных трансформаторов с учетом тарифа на электроэнергию в Кузбассе, которые определены, как отношение стоимости трансформатора к стоимости годовых потерь электроэнергии в нем при коэффициенте загрузки 0,7.

Таблица 2 – Сроки окупаемости распределительных трансформаторов

№ п/п	Тип трансформатора	Стоимость	ΔЭ, руб.	Срок окупаемости
1	ТМ-250/10	130000	50941,2	2,6
2	ТМ-400/10	205777	74109,6	2,8
3	ТМ-630/10	290000	100368,6	2,9
4	ТМ-1000/10	385000	137665,2	2,8
5	ТМГ-250/10	264380	38284,7	7
6	ТМГ-400/10	402900	60002,5	7
7	ТМГ-630/10	584650	85841,0	7
8	ТМГэ2-1000/10	618000	118564,8	5
9	ТМГА-250/10	330475	34363,7	10
10	ТМГА-400/10	503625	48502,4	10
11	ТМГА-630/10	730812,5	70598,6	10
12	ТМГА-1000/10	772500	115568,9	7

Как следует из табл. 2, современные трансформаторы имеют в разы большие сроки окупаемости по двум причинам: они, безусловно имеют большую стоимость, чем трансформаторы ТМ, но еще в связи с тем, что в них существенно меньше потери электроэнергии. Таким образом, замена силовых трансформаторов ТМ с выработанным ресурсом эксплуатации на трансфор-

маторы нового типа ТМГ и ТМГА является целесообразным и позволяет существенно уменьшить потери электроэнергии.

Библиографический список

1. Казаков, Ю.Б. *Энергоэффективность работы электродвигателей и трансформаторов при конструктивных и режимных вариациях: учебное пособие для вузов / Ю.Б. Казаков. – М.: Издательский дом МЭИ, 2013. – 152 с.: ил.*

2. «Энергосбережение в Европе: применение энергоэффективных распределительных трансформаторов» / Журнал «Энергосбережение», №4, 2003 г., № 1, 2004 г.

УДК 62-983

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ЛАМИНАРНОГО РЕЖИМА В ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ

Ракша А.И.

Научный руководитель Ковалев Р.А.

Тульский государственный университет

Проведены численные расчеты на проточной части вихревых труб с разной длиной камеры энергоразделения с конусом, либо крестовиной на "горячем" конце при различных значениях давления во входном сопле.

Цель работы заключается в исследовании возможности практической реализации эффекта перераспределения энергии в вихревых трубах при ламинарном режиме течения.

Эффект Ранка, который представляет собой разделение энергии газового потока в вихревой трубе, известен более 80 лет [1]. В течение этого времени было создано большое количество технических вихревых устройств, которые используют эффект Ранка для: охлаждения частей оборудования, машин и механизмов, рабочих сред; осушения и разделения газов; кондиционирования воздуха; дополнительного подогрева рабочего газа [2].

С общеизвестной точки зрения эффект Ранка – это одно из основных свойств жидкой среды, которое состоит в возможности перераспределения полной энергии в интегрально – адиабатическом потоке с диссипацией и становится существенным в высокоскоростных газовых потоках.