

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАМЕНЫ ШЕСТИЗУБЦОВЫХ СЕГМЕНТОВ КРАЙНИХ ПАКЕТОВ СЕРДЕЧНИКА СТАТОРА ТУРБОГЕНЕРАТОРА НА ТРЕХЗУБЦОВЫЕ СЕГМЕНТЫ

В.И. Смородин¹, докт. техн. наук, **В.А. Крамарский**², канд. техн. наук, **Н.Д. Мышастый**³, вед. инж., **А.И. Воронин**⁴, механик
1–4 – Ин-т электродинамики НАН Украины,
пр. Победы, 56, Киев-57, 03680, Украина

Представлены результаты экспериментального исследования на физической модели плотности поверхностных вихревых токов в крайних (торцевых) пакетах шихтованного сердечника статора турбогенератора с шести- и трехзубцовыми сегментами. Библ. 2, рис. 3.

Ключевые слова: турбогенератор, сегменты сердечника, электромагнитные потери, вихревые токи.

Проблема повышенного нагревания крайних пакетов сердечника в торцевой зоне статора турбогенератора (особенно в режимах потребления реактивной мощности) остается актуальной и даже возрастает в связи с мировой тенденцией возврата к турбогенераторам с полным воздушным охлаждением. Для ее частичного решения применяются специальные меры, которые при этом усложняют конструкцию и соответственно удорожают производство. Так, например, в турбогенераторах с воздушным охлаждением, производимых ОАО «Силовые машины» (Россия), на торце сердечника статора устанавливаются мощные магнитные шунты для канализации магнитных потоков рассеивания. При этом сами шунты непосредственно не участвуют в процессе преобразования энергии. Также увеличивается длина сердечника и усложняется технология изготовления сердечника. В то же время эффективность их применения в реальных режимах потребления при росте мощности таких турбогенераторов исследована еще недостаточно. Так как охлаждающая способность воздуха существенно ниже по сравнению с водородом, то в целом уровень нагревания машин с воздушным охлаждением выше, чем машин с водородным охлаждением. Поэтому для его уменьшения важно учесть все возможные технические решения, которым до сих пор уделялось мало внимания.

Далее рассматривается вопрос о величине вихревых токов и потерь электромагнитной энергии в сегментах крайнего пакета шихтованного сердечника статора турбогенератора с разным количеством зубцов. Сейчас в турбогенераторах с газовым охлаждением обмотки статора, как правило, применяют шестизубцовые сегменты. Для уменьшения потерь в крайних пакетах сердечника статора от аксиальных полей рассеивания возможно уменьшить площадь сегментов. Так, например, если заменить один шестизубцовый сегмент сердечника статора турбогенератора типа ТГВ-200 на два трехзубцовых, то внешний геометрический периметр двух трехзубцовых сегментов будет на 15 % больше геометрического периметра одного шестизубцового сегмента. Соответственно вихревые токи, наводимые в них осевым одинаковым осевым магнитным потоком, будут различаться по величине.

Результаты экспериментального исследования на физической модели торцевой зоны статора турбогенератора мощностью 500 МВт распределения вихревых токов в сегментах крайнего пакета сердечника статора турбогенератора приведены в работе [2]. Основные размеры модели следующие: диаметр расточки статора – 390 мм; диаметр бочки ротора – 350 мм; число пазов статора – 48; высота зубцов статора – 67 мм; высота спинки сердечника – 108 мм; величина воздушного зазора – 20,4 мм; внешний диаметр железа статора – 740 мм.

Полученная картина распределения замкнутых контуров вихревых токов в сегменте (рис. 1) показывает, что локальные контуры токов в спинке сегмента слабо связаны с локальными контурами в зубцах, поэтому эффект уменьшения величины вихревых токов в спинке трехзубцовых сегментов по сравнению с шестизубцовыми сегментами должен быть

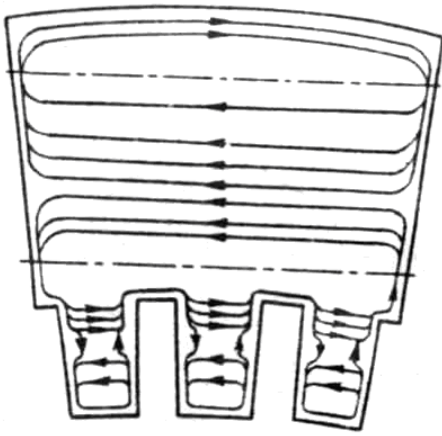


Рис. 1

еще больше. Рассчитанная для этой физической модели согласно рис. 1 средняя длина контура вихревых токов в спинке в двух трехконтурных сегментах больше на 25 %, чем в одном шестизубцовом сегменте.

В работе [1] по методике, основанной на использовании численного решения второго уравнения из системы уравнений Максвелла методом конечных разностей, получена картина распределения вихревых токов в шестизубцовом сегменте крайнего пакета сердечника статора турбогенератора мощностью 120 МВт (рис. 2). Необходимо подчеркнуть, что вид линий тока в сегментах крайних пакетов статора ТГ зависит от режима работы, а именно от токов статора и ротора и угла сдвига между ними.

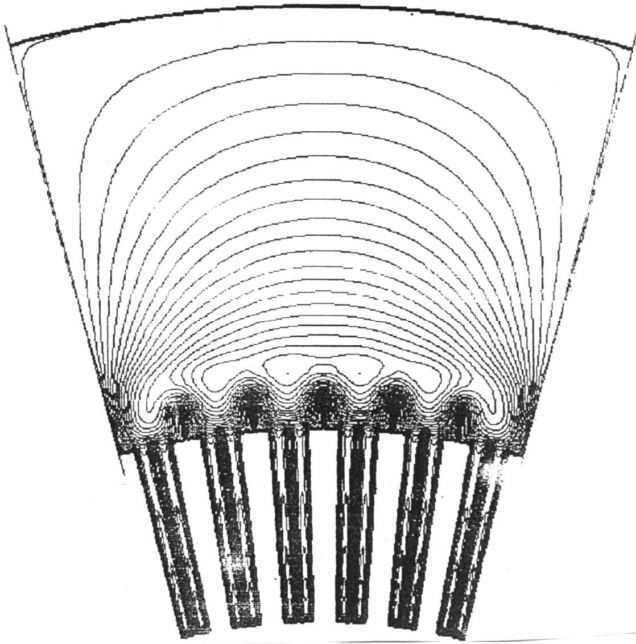


Рис. 2

Для распределения, показанного на рис. 2, длина усредненного контура вихревых токов в спинке двух трехзубцовых сегментов примерно на 6 % больше длины усредненного контура вихревых токов в спинке одного шестизубцового сегмента. Таким образом, при одинаковом магнитном осевом потоке примерно также будут отличаться величины вихревых токов.

Эффективность замены трехзубцовых сегментов крайних пакетов сердечника статора турбогенератора шестизубцовыми проверена экспериментально на физической модели торцевой части статора турбогенератора. Из листов магнитопровода статора, изготовленных из электротехнической стали Э21, были вырезаны трехзубцовый и шестизубцовые сегменты. Они были одинаково оснащены потенциальными зондами для измерения плотности вихревых токов (рис.

3) и помещены на торец сердечника. Обмотка модели запитывалась переменным током величиной 100 А частотой 525 Гц. Неоднократные измерения, погрешность которых оценивается не более 10 %, не обнаружили отличий плотности поверхностных вихревых токов в разных сегментах, что косвенно подтвердило результаты расчетов, проведенных в работе [2].

Еще одна экспериментальная проверка проведена путем измерения осевого магнитного потока, проходящего через эти сегменты. Для усиления измеряемых сигналов были изготовлены сегменты такого же размера из меди толщиной 0,5 мм и установлены на торце сердечника. Магнитная индукция измерялась с помощью медных плоских катушек, прикрепленных на специальных измерительных планках (рис. 3), которые устанавливались под медными сегментами. Обмотка модели и в этом случае запитывалась переменным током 100 А частотой 525 Гц. Неоднократные измерения с погрешностью не более 10 % не обнаружили отличий в величине осевой магнитной индукции в разных сегментах.

Полученные результаты показали, что при замене шестизубцовых сегментов крайнего пакета сердечника статора турбогенератора на трехзубцовые сегменты уменьшение плотности вихревых токов в спинке сегмента будет не более 10 %. Так как величина осевой магнитной индукции в зоне спинки крайнего пакета сердечника на порядок меньше, чем в зубцовой зоне, то соответствующее уменьшение ее на такую величину не приведет к заметному уменьшению уровня нагревания более нагруженной в тепловом отношении зубцовой зоны.

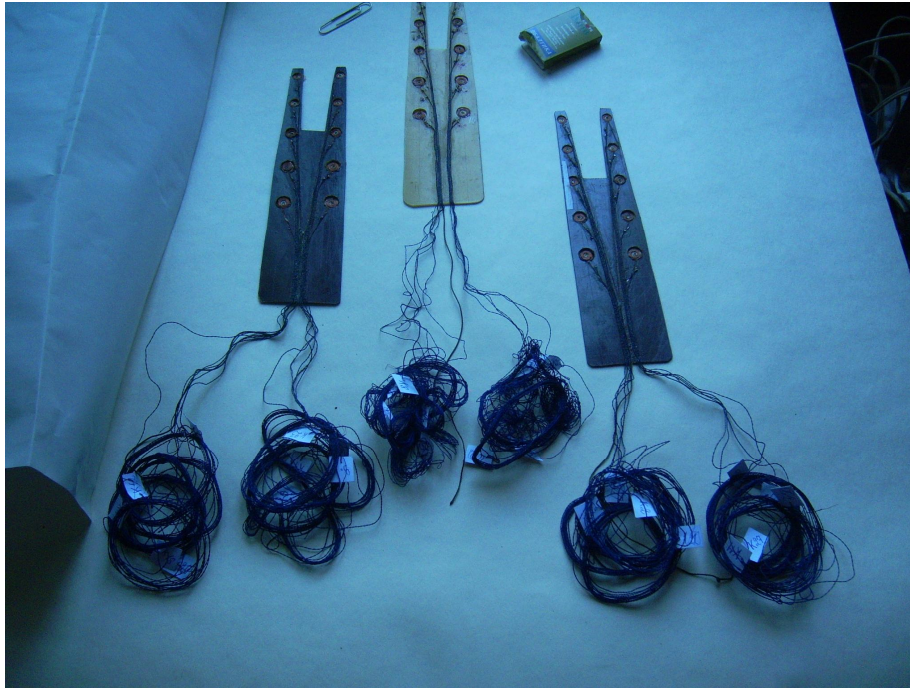


Рис. 3

Таким образом, с точки зрения снижения нагрева крайних пакетов сердечника статора и повышения нагрузочной способности турбогенератора нет практической целесообразности в замене шестизубцовых сегментов на трехзубцовые.

1. Данько В.Г., Мілих В.І., Поляков І.В. Деякі проблеми турбогенераторів з повним повітряним охолодженням // Вестн. ХГПУ. Новые решения в современных технологиях. – Харьков. – 2000. – Вып. 84. – С. 73–76.
2. Тутко А.И. Электромагнитное экранирование незамкнутыми структурами в электрических машинах. – К.: Наук. думка, 1994. – 304 с.

УДК 621.313

В.І. Смородін¹, докт. техн. наук, **В.А. Крамарський²**, канд. техн. наук, **М.Д. Мишастий³**, пров. інж., **А.І. Воронін⁴**, механік

1–4 – Ін-т електродинаміки НАН України,
пр. Перемоги, 56, Київ-57, 03680, Україна

Дослідження ефективності заміни шестизубцевих сегментів крайніх пакетів осердя статора турбогенератора на тризубцеві сегменти

Представлено результати експериментального дослідження на фізичній моделі щільності поверхневих вихрових струмів у крайніх (торцевих) пакетах шихтованого осердя статора турбогенератора з шести- та тризубцевими сегментами. Бібл. 2, рис. 3.

Ключові слова: турбогенератор, сегменти осердя, електромагнітні втрати, вихрові струми.

V.I. Smorodin¹, V.A. Kramarsky², M.D. Myshasty³, A.I. Voronin⁴

1–4 – Institute of Electrodynamics National Academy of Science of Ukraine,
Peremogy, 56, Kyiv-57, 03680, Ukraine

Investigation of efficiency substitution the turbogenerator stator core end six-tooth stacks segments for three-tooth segments

The results of physical modeling of surface whirling currents in the turbogenerator stator core end segments with different quantity of tooth are presented. It is shown that from point of view of electromagnetic losses there aren't practical use in replacement of six-tooth segments with three-tooth segments. References 2, figures 3.

Key words: turbogenerator, core segments, electromagnetic losses, whirling currents.

Надійшла 29.11.2011
Received 29.11.2011