

УДК 621.3

О. В. Тихонова, Б. С. Саидов, А. Т. Пластун

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

olga_tihonova_91@mail.ru

РАСЧЕТ ПОТОКОСЦЕПЛЕНИЙ В ЗУБЦОВЫХ НАКОНЕЧНИКАХ И ЗУБЦОВЫХ СЕРДЕЧНИКАХ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С КОЛЬЦЕВЫМИ ОБМОТКАМИ С КЕРАМИЧЕСКОЙ ИЗОЛЯЦИЕЙ

В работе рассматривается расчет потокосцеплений в асинхронном двигателе с кольцевыми обмотками (АДКО), который предназначен для переработки ядерных отходов в условиях повышенной радиации и температуры. В статье приводится порядок действий по определению потокораспределения в магнитной цепи двигателя. В качестве инструмента при выполнении расчетов использовался прикладной программный пакет “ANSYS Maxwell”.

Ключевые слова: асинхронный двигатель; потокосцепление; кольцевые обмотки; ANSYS Maxwell.

O. V. Tikhonova, B. S. Saidov, A. T. Plastun

Ural Federal University, Ekaterinburg

FLUX LINKAGE CALCULATION OF THE TEETH TIPS AND TEETH CORES IN THE INDUCTION MOTOR WITH RING WINDINGS WITH CERAMIC INSULATION

The paper presents the flux linkage calculation in the induction motor with ring windings (IMRW), which is intended for processing nuclear waste under conditions of increased radiation and temperature. The article describes the procedure for determining the fluxes distribution in the magnetic circuit of the engine. The “ANSYS Maxwell” program was used as a tool when performing calculations.

Keywords: induction motor; flux linkage; ring windings; ANSYS Maxwell.

Конструкция асинхронного двигателя с кольцевыми обмотками

с керамической изоляцией (АДКО) разработана на кафедре «Электрические машины» УрФУ. Керамическая изоляция обмоток, в отличие от галогеновой изоляции, используемой в машинах классической конструкции, позволяет продлить срок службы оборудования с 2–3 месяцев до 2–3 лет. АДКО предназначен для переработки ядерного топлива, т.е. предполагается, что машина будет работать в окружающей среде с повышенным радиационным фоном и температурами. Увеличение срока службы рассматриваемой машины позволит более эффективно расходовать используемые материалы, снизить расходы на обслуживание двигателя. Кроме того, стоит отметить, что замена двигателя в зоне повышенной радиации осуществляется человеческими ресурсами по причине быстрого выхода из строя любой электроники. Таким образом, замена оборудования какими-либо роботами или другими электронными приборами невозможна. Продление срока службы асинхронных двигателей до 2–3 лет позволит обслуживающему персоналу реже осуществлять замену машин, вышедших из строя, а, значит, сократить эксплуатационные расходы и получить в связи с этим другие положительные аспекты.

На данный момент на кафедре «Электрические машины» идут испытания первого опытного образца АДКО, мощностью $P=2,2$ кВт, числом пар полюсов $p=3$, синхронной скоростью вращения $n=1000$ об/мин, и отработывается методика электромагнитного расчета данного двигателя, чтобы в дальнейшем была возможность создания серии машин для переработки ядерного топлива.

Расчет потокораспределения в магнитном ядре АДКО необходим для последующей оптимизации конструкции с целью уменьшения потерь в железе двигателя и улучшения энергоэффективности машины в целом. В качестве расчетного инструмента в работе использовался прикладной программный пакет «ANSYS Maxwell».

Пакет "ANSYS Maxwell" содержит функцию интегрирования, встроенную в специальный калькулятор, что позволяет проводить расчет некоторых полевых характеристик напрямую. Для

определения потоков зубцовых сердечников и наконечников будет использоваться формула:

$$\Phi = \int B \cdot dS, \quad (1)$$

где B – магнитная индукция, Тл; S – площадь поверхности интегрирования, м².

Значение магнитной индукции определяется программой из полевого расчета, площадь поверхности для интегрирования необходимо задать заранее. В нашем случае расчет потоков проводится на одну пару полюсов, для машины с одним ротором. Поверхности, используемые для расчета потоков, выходящих из зубцовых наконечников и зубцовых сердечников, представлены на рис. 1.

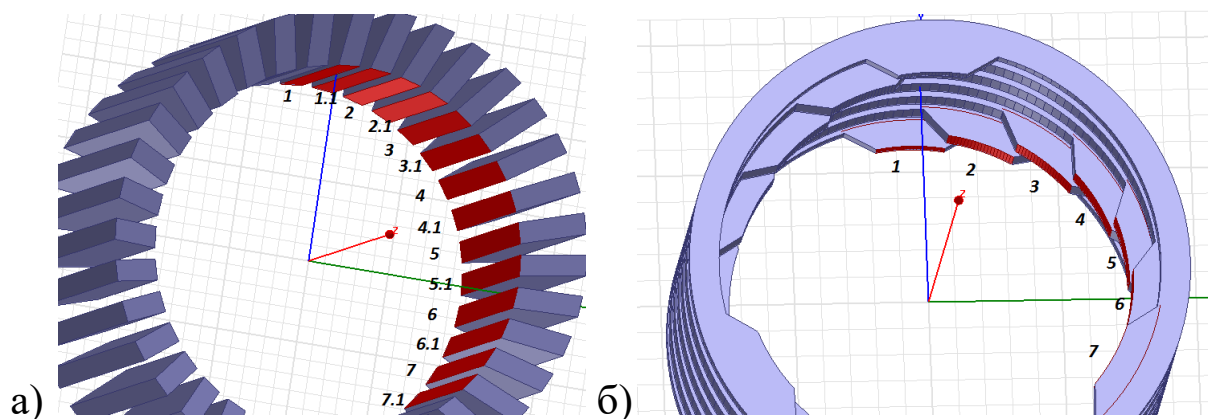


Рис. 1. Поверхности для расчета потоков, выходящих из:
а) зубцовых наконечников; б) зубцовых сердечников

Для определения численного значения потока по формуле (1) программой будут интегрироваться все значения векторов (рис. 2), относящихся к заданной пользователем плоскости: выходящих из зубцового наконечника/сердечника или входящих в него.

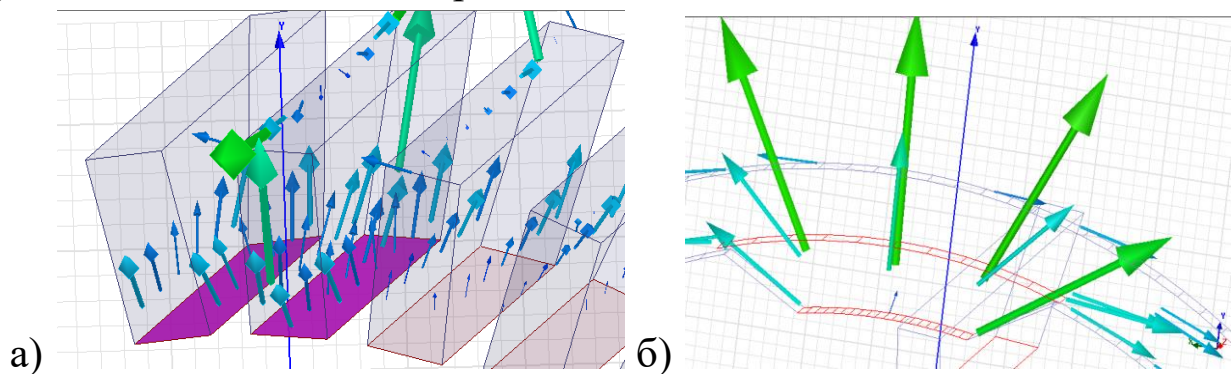


Рис. 2. Векторы магнитной индукции:
а) зубцовых наконечников; б) зубцовых сердечников

Графики потоков зубцовых сердечников и наконечников представлены на рис. 3, где N – номер сердечника/наконечника (рис 1).

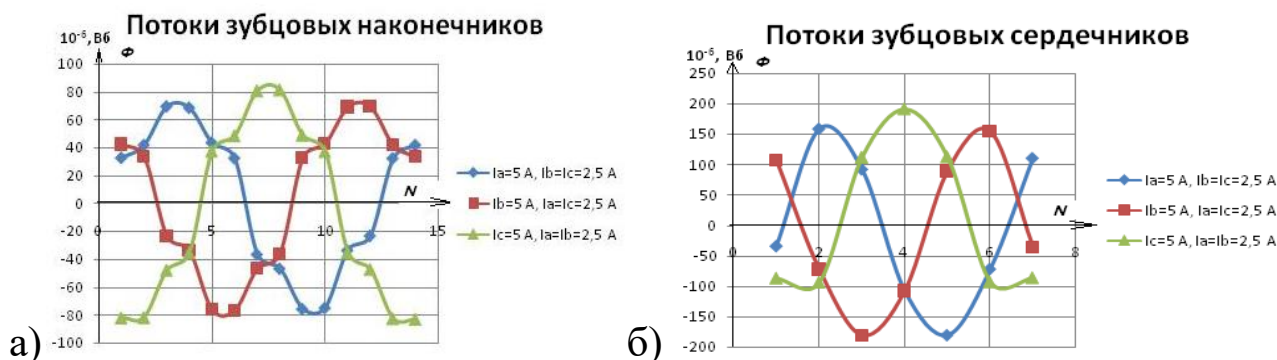


Рис. 3. Графики потоков:

а) зубцовых наконечников, б) зубцовых сердечников

Анализируя графики (рис. 3), можно оптимизировать конструкцию АДКО таким образом, чтобы снизить численное значение потоков рассеяния по отношению к основному потоку, и тем самым увеличить эффективность проектируемого двигателя, а также эффективность использования материалов, необходимых для изготовления оборудования.

Кроме того, переработка ядерного топлива относится к одним из важнейших проблем, связанных с охраной окружающей среды, разработка двигателей такого типа позволит сделать еще один шаг в данной области.

Список использованных источников

1. Якорь многофазной электрической машины : пат. 2121207 Рос. Федерация : МПК⁷ Н 02 К 1/16 / Пластун А. Т.; заявитель и патентообладатель Пластун А. Т. – № 96111144/09; заявл. 09.06.96; опубл. 27.10.98, Бюл. № 30.
2. Методы расчета магнитных систем электрических аппаратов. Программа “ANSYS” / О. Б. Буль. М. : Academia, 2005. 228 с.
3. Проектирование электрических машин / И. П. Копылов, Б. К. Клоков, В. П. Морозкин, Б. Ф. Токарев. М. : Юрайт, 2011. 775 с.; 2017. 767 с.
4. Raja S. V. N., Sudha K. R. Optimal design of equivalent linear induction motor based on harmony search algorithm and analysis using finite element method // Journal of engineering science and technology. 2018. Vol. 13, № 8. P. 2520–2523.
5. Giorla D., Roccella R., Lo Frano R., Sannazzaro G. EM zooming procedure in ANSYS Maxwell 3D // Fusion Engineering and Design. 2018. Vol. 132. P. 67–72.