

УДК 621. 313: 621. 318. 123

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗОН ВЛИЯНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ НА МАГНИТНЫЕ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛОГО ФЕРРОМАГНИТНОГО РОТОРА**

**Н. Н. Заблодский, В. И. Рубежанский, Н. В. Лукьянов**

Донбасский государственный технический университет  
просп. Ленина, 16, г. Алчевск, 94204, Украина. E-mail: info@dmmti.edu.ua

Представлен подход к расчету внутренних напряжений и определения характерных зон влияния этих напряжений на параметры и характеристики шнекового полифункционального электромеханического преобразователя. Указаны причины возникновения различных видов механических напряжений в динамических и квазиустановившихся режимах работы полифункциональных электромеханических преобразователей.

**Ключевые слова:** характерные зоны влияния механических напряжений, полый ферромагнитный ротор, температурное поле, магнитные характеристики.

**ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН ВПЛИВУ МЕХАНІЧНОГО НАВАНТАЖЕННЯ НА МАГНІТНІ ТА ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПОЛОГО ФЕРРОМАГНІТНОГО РОТОРА**

**М. М. Заблодський, В. І. Рубіжанський, Н. В. Лук'янов**

Донбаський державний технічний університет  
просп. Леніна, 16, м. Алчевськ, 94204, Україна. E-mail: info@dmmti.edu.ua

Надано підхід до розрахунку внутрішніх напруг та визначення характерних зон впливу цих напруг на параметри і характеристики шнекового поліфункціонального електромеханічного перетворювача. Зазначено причини виникнення різних видів механічної напруги в динамічних і квазіусталених режимах роботи поліфункціональних електромеханічних перетворювачів.

**Ключові слова:** характерні зони впливу механічних напружень, порожнистий ферромагнітний ротор, температурне поле, магнітні характеристики.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Одной из основных проблем теоретических расчетов динамических режимов электромеханических устройств является необходимость точного учета физических свойств и параметров их активных частей. Как правило, учет таких изменений производится лишь для температурных воздействий. Учитывая тенденции роста удельных электромагнитных нагрузок высокоиспользуемых машин, при которых усиливаются не только тепловые, но и магнетострикционные явления, поиск новых методов теоретического и экспериментального определения изменения параметров и характеристик электромеханических преобразователей энергии является актуальной задачей.

Исследованию влияния упругих и пластических деформаций на магнитные параметры конструктивных и электротехнических сталей посвящено множество работ [1, 2]. Однако задачи прогнозирования и контроля изменения параметров и характеристик электромеханических устройств при напряженно-деформированном состоянии активных элементов до сих пор не решались. Одна из причин этого – невозможность учета подобных изменений из-за незначительности уровня механических напряжений или сложности их контроля именно в элементах активной части, например, роторе, поскольку в традиционных конструкциях функцию передачи механической нагрузки выполняет вал, в большинстве случаев вынесенный из зоны воздействия электромагнитного поля [3].

С появлением нового класса полифункциональных электромеханических преобразователей (ПЭМП), где активные подвижные части испытывают одновременно комбинированное воздействие нескольких видов нагружения, такая необходимость возникает особенно остро [4]. Кроме того, учет влияния механических напряжений целесообразен и для некоторых современных типов

асинхронных двигателей приводов угледобывающих механизмов, имеющих структуру ротора, предполагающую ответвление магнитного потока в массив вала, отдельных типов индукционных машин, а также асинхронных и синхронных машин с массивным ротором.

Безусловно, такого рода исследования должны выполняться поэтапно, включая в алгоритм следующие стадии: определение реально действующих механических, тепловых и электромагнитных нагрузок; установление функциональной связи воздействий и физических свойств материалов активных частей; системный подход в оценке комплексного воздействия на параметры и характеристики электромеханических преобразователей.

Целью данной работы является установление зон влияния механических напряжений и температурного поля на магнитные характеристики и электропроводность полого ферромагнитного ротора (ПФР) шнекового ПЭМП.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** В качестве объекта исследования выбран ротор двухмодульного шнекового ПЭМП, имеющий следующую систему нагружения: равномерно распределенные по поверхности полого цилиндра пары сил воздействия транспортируемого материала; равномерно распределенные по поверхности активных зон цилиндра (ротора) пары электромагнитных сил от взаимодействия с материалами двигательного (ДМ) и тормозного (ТМ) модулей.

Соответствующие интенсивности:

$$m_n = \frac{M_n}{\pi DL};$$

$$m_1 = \frac{M_{em1}}{\pi D l_2} - \frac{M_n}{\pi DL};$$

$$m_2 = \frac{M_{em2}}{\pi D l_4} + \frac{M_n}{\pi DL};$$

где  $M_n, M_{em1}, M_{em2}$  – нагрузочный и электромагнитные моменты;  $L$  – общая длина ротора;  $l_2, l_4$  – участки активных зон электромагнитных модулей. Нагрузочный момент определяется из условия равновесия на определенной частоте вращения цилиндра – ротора.

На рис. 1 представлены расчетно-конструктивная схема, эпюра моментов кручения и термограмма полового ферромагнитного ротора, указывающая на зоны интенсивного комплексного воздействия в сечениях ферромагнитного полового ротора.

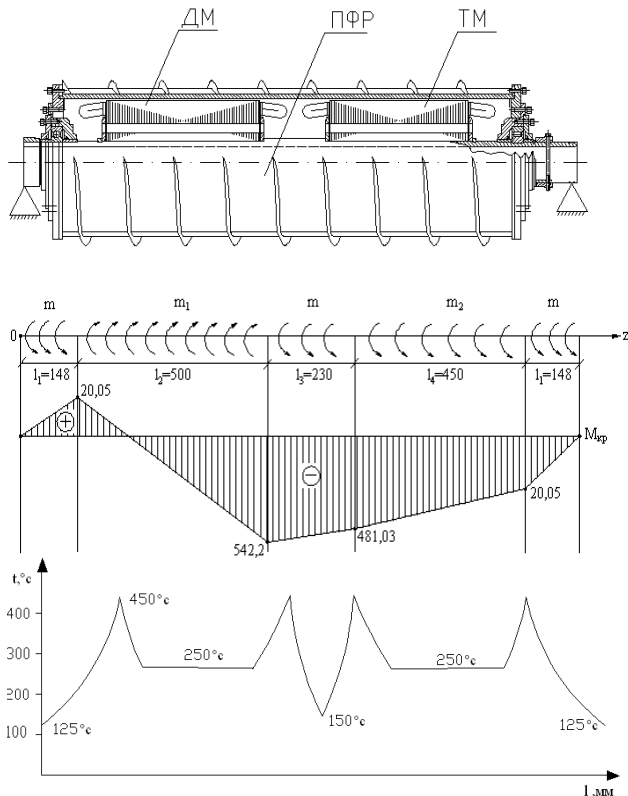


Рисунок 1 – Расчетно-конструктивная схема, эпюра крутящих моментов и термограмма полового ферромагнитного ротора

При заданной схеме нагружения цилиндра – ротора возникают касательные напряжения  $\tau$  в поперечных и напряжения  $t$  в цилиндрических и осевых сечениях, распределение которых по объему подчиняются известным зависимостям [5]. В соответствии с эпюрой крутящих моментов, в характерных сечениях определяются максимальные касательные напряжения, а также скручивающие моменты, приложенные к поверхности цилиндра. Выделяем двумя цилиндрическими поверхностями "r", "r+dr" и двумя поперечными сечениями элементарное кольцо толщиной  $dz$ .

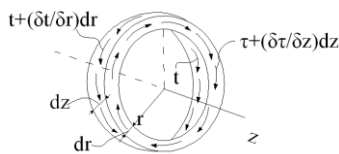


Рисунок 2 – Расчетная схема элементарного кольца полового ротора

Условие равновесия кольца (сумма моментов сил относительно оси z):

$$r^2 \frac{\partial \tau}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial r} (tr^2). \quad (1)$$

Однако существенным отличием от известных расчетных методик являются условия, при которых касательные напряжения формируются не только в соответствии с линейным законом распределения напряжений по слоям, но и с нелинейным законом распределения действующих электромагнитных сил. В первом приближении принимаем линейный закон распределения и определяем возникающие при этом перемещения  $V$  в слоях по касательной к дуге круга, показанные на рис. 2, из уравнения

$$\frac{\partial^2 V}{\partial z^2} - \frac{\partial}{\partial r} \left[ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} (Vr) \right] = 0, \quad (2)$$

а возникающие касательные напряжения  $\tau, t$  и углы сдвига плоскости поперечного сечения – из выражений

$$\tau = G \frac{\partial V}{\partial z};$$

$$t = -G \left( \frac{\partial V}{\partial r} - \frac{V}{r} \right); \quad (3)$$

$$\gamma_1 = \frac{\partial V}{\partial z}, \quad \gamma_2 = \frac{\partial V}{\partial r} - \frac{V}{r},$$

где  $G$  – модуль сдвига или модуль упругости второго рода.

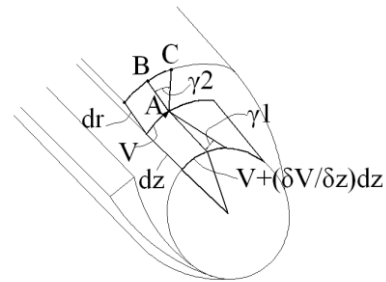


Рисунок 3 – Расчетная схема перемещений в слоях при скручивающем моменте

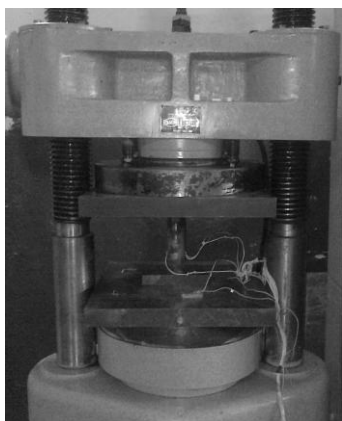
Предварительные расчеты указывают на то, что в полом ферромагнитном роторе ПЭМП существенные внутренние механические напряжения (превышающие точность измерений) могут возникать при величинах крутящего момента более 10000 Нм в сечениях, совпадающих с концами активных зон статоров ДМ и ТМ. Другой вид механических напряжений – напряжения сжатия – возникают в роторе при больших осевых нагрузках (более 500 кН), например, в зонах выпрессовки шнековых смесителей. Наконец, механические напряжения могут возникать из-за резкого перепада температур массива ротора вдоль оси. Перечисленные внутренние напряжения будут существовать в динамических и квазиустановившихся режимах работы ПЭМП.

В качестве исходной модели для рассмотрения процессов изменения магнитного состояния ферромагнитного ротора ПЭМП при воздействии механических напряжений может быть взята модель Прейзаха, где ферромагнетик рассматривается как преобразователь, вход и выход которого связаны через двойное интегрирование функции Прейзаха. Зависимости удельного активного сопротивления ротора

от температурных и механических напряжений имеют одинаковую аналитическую форму:  $\rho = \rho_0(1 + \alpha S + \beta S^2 + \gamma S^3 + \dots)$ , где  $\alpha, \beta, \gamma$  – регрессивные коэффициенты воздействий;  $S$  – расчетные значения температур или внутренних механических напряжений.

Особо чувствительными и информативными характеристиками, свидетельствующими о физическом состоянии исследуемого объекта – полового ферромагнитного ротора – являются относительная магнитная проницаемость, коэрцитивная сила и удельная электропроводность. По данным величинам можно судить о химическом составе материала, температуре и механических напряжениях, возникающих в результате циклических нагрузок активных вращающихся частей машины.

Существенное влияние на намагничивание ПФР оказывают механические напряжения, возникающие в процессе сушки и транспортировки материала, ротор может испытывать сжимающие усилия, обусловленные "проталкиванием" материала по рабочей зоне вдоль оси шнека. На данном этапе работы проводятся экспериментальные исследования по изучению влияния механических напряжений на электромагнитные параметры полового ротора.



а)



б)

Рисунок 4 – Общий вид испытательной машины (а) и модель полового ротора (б)

В поперечных сечениях вращающихся частей машин возникают деформации, вызванные действием крутящих моментов. Массивный ротор шнекового ПЭМП, одновременно являющегося общим узлом для ДМ и ТМ, работающих в режиме противовключения, создают встречно направленные электромагнитные моменты, которые могут формировать скручивающие напряжения в материале ротора. При кручении в поперечных сечениях массива ротора действуют только касательные напряжения и в любой точке ротора реализуется схема плоского напряженного состояния – чистый сдвиг.

При этом следует отметить, что влияние напряжений от внешних сил связано с магнитоstriction. Сжатие ротора в осевом направлении приводит к уменьшению магнитной проницаемости, что, в свою очередь, оказывает влияние на петлю гистерезиса, делая ее более пологой [6]. Активное  $r$  и индуктивное  $x$  сопротивления являются параметрами массивного ротора, а соответственно и характеристики преобразователя будут зависеть от динамики изменения электрофизических параметров полового ферромагнитного ротора:

$$\mu = f(\sigma_{meh}; H; S);$$

$$\rho = f(\sigma_{meh}; T; S);$$

$$\mu_{max} = f(\sigma_{meh}),$$

где  $\sigma_{meh}$  – механические напряжения. Методы расчетов таких характеристик являются направлением дальнейших исследований.

**ВЫВОДЫ.** Предложена методика, которая позволяет установить характерные зоны влияния механических напряжений на физические свойства массива ротора и в дальнейшем сформировать методологию проектирования и исследования параметров и характеристик ПЭМП с учетом комплексных воздействий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лившиц В.Г. Физические свойства сплавов. – М.: Металлургиздат, 1946. – 320 с.
2. Михеев М.Н., Горкунов Э.С. Магнитные методы структурного анализа и неразрушающего контроля. – М.: Наука, 1993. – 252 с.
3. Проектирование электрических машин / И.П. Копылов, Ф.А. Горянов, Б.К. Клоков и др. – М.: Энергия, 1980. – 496 с.
4. Заблодский Н.Н. Полифункциональные электромеханические преобразователи технологического назначения: Монография. – Алчевск: ДонГТУ, 2008. – 295 с.
5. Федосеев В.И. Избранные задачи и вопросы по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1967. – 210 с.
6. Рейнбот Г. Магнитные материалы и их применение / Пер. с нем.; под ред. А.А. Преображенского. – Л.: Энергия, 1974. – 384 с.

**DEFINITION OF AREAS OF INFLUENCE OF MECHANICAL STRESSES  
ON THE MAGNETIC AND ELECTRICAL PROPERTIES OF HOLLOW FERROMAGNETIC ROTOR**

**N. Zablodsky, V. Rubezhansky, N. Lukyanov**

Donbass State Technical University

prosp. Lenina, 16, 94204, Alchevsk, Ukraine. E-mail: info@dmmi.edu.ua

The basic method of calculation of internal stresses and to determine specific areas of influence of these stresses on the parameters and characteristics of the screw polyfunctional electromechanical transducer. The reasons of occurrence of different types of mechanical stresses in the dynamic and quasi-modes of multifunctional electromechanical converters.

**Key words:** characteristic zone of influence of mechanical stress, a hollow ferromagnetic rotor temperature field, the magnetic characteristics.

REFERENCES

1. Livshits V.G. *The physical properties of the alloys*. – M.: Metallurgizdat, 1946. – 320 p. [in Russian]

2. Mikheev M.N., Gorkunov E.S. *Magnetic methods of structural analysis and nondestructive testing*. – M.: Nauka, 1993. – 252 p. [in Russian]

3. *Design of electrical machines* / I.P. Kopylov, F.A. Goryanov, B.K. Klovov and oth. – M.: Energiya, 1980. – 496 p. [in Russian]

4. Zablodskiy N.N. *Polyfunctional electromechanical transducer technological purposes*: Monograph. –

Alchevsk: Donetsk State Technical University, 2008. – 295 p. [in Russian]

5. Fedoseev V.I. *Selected problems and questions about the strength of materials*. – M.: Nauka, 1967. – 210 p. [in Russian]

6. Reinboth G. *Magnetic Materials and Their Applications*. Translated from German. Ed. A. Pryeobrazhensky. – L.: Energy, 1974. – 384 p. [in Russian]

Стаття надійшла 10.02.2012.

Рекомендовано до друку

д.т.н., проф. Загірняком М.В.

УДК 621.313:621.318.122

**ХАРАКТЕР ТЕЧЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОВОДЯЩЕЙ ЖИДКОСТИ В ЗАЗОРЕ  
ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**

**Н. Н. Заблодский, В. Ю. Грицюк**

Донбасский государственный технический университет

просп. Ленина, 16, г. Алчевск, 94204, Украина. E-mail: info@dgmi.edu.ua

Определен характер течения проводящей жидкости в тонком немагнитном зазоре полифункционального электромеханического преобразователя при воздействии вращающегося магнитного поля. Установлена зависимость профиля скоростей течений, градиента скорости у стенки неподвижного цилиндра с учетом неравномерно распределенных объемных сил. Движение потока рабочей жидкости в зазоре рассматривалось на классической модели течения между соосными цилиндрами.

**Ключевые слова:** немагнитный зазор, проводящая жидкость, вращающееся магнитное поле.

**ХАРАКТЕР ПРОТІКАННЯ РОБОЧОЇ ПРОВІДНОЇ РІДИНИ У ЗАЗОРІ  
ПОЛІФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА**

**М. М. Заблодський, В. Ю. Грицюк**

Донбаський державний технічний університет

просп. Леніна, 16, м. Алчевськ, 94204, Україна. E-mail: info@dgmi.edu.ua

Визначено характер протікання провідної рідини в тонкому немагнітному зазорі поліфункціонального електромеханічного перетворювача під впливом обертового магнітного поля. Встановлено залежність зміни профілю швидкостей течій, градієнта швидкості біля стінки нерухомого циліндра з урахуванням нерівномірно розподілених об'ємних сил. Рух потоку робочої рідини в зазорі розглядалося на класичній моделі течії між співвісними циліндрами.

**Ключові слова:** немагнітний зазор, провідна рідина, обертове магнітне поле.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** На сегодняшний день водоугольное топливо (ВУТ) является альтернативным для традиционных видов топлива – угля, мазута, газа и предназначено для их замены. Сущность традиционного приготовления ВУТ заключается в тонкодисперсном измельчении угля, перемешивании его с водой и различными химическими добавками, которые добавляются для повышения текучести полученной суспензии, предотвращения расслоения и придания ей стабильности.

Одним из способов, позволяющим обеспечить измельчение, перемешивание, а также химические эф-

фекты присоединения, замещения, соединения и разрыва молекул, является использование кавитации.

На рис. 1 показана конструкция полифункционального электромеханического преобразователя (ПЭМП) кавитационного типа для приготовления и обработки водоугольных суспензий. В представленном аппарате используется конструкция полого перфорированного ротора, который одновременно выполняет функции ротора асинхронного двигателя, насоса, нагревателя и кавитационной камеры [1], при этом ротор охлаждается рабочей жидкостью, которая за цикл прохождения через аппарат подогревается за счет кавитационных

процессов, основных электрических и магнитных потерь в роторе и статоре, а также внутреннего трения жидкости при гидродинамических перемещениях в воздушном зазоре. Все это приводит к значительной интенсификации процесса генерации тепла и повышению коэффициента полезного действия аппарата.

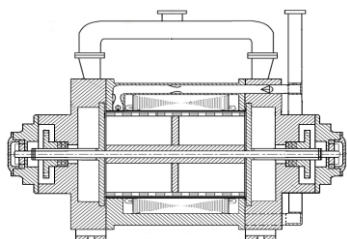


Рисунок 1 – Конструкция ПЭМП кавитационного типа

При подключении трехфазной обмотки ПЭМП к питающей сети образуется вращающееся магнитное поле, под действием которого в массивном роторе протекают вихревые токи, создается асинхронный момент и ротор вращается. При этом вместе с ротором в магнитном поле движется поток ВУТ, в котором индуцируются ЭДС и токи. Взаимодействие токов рабочей жидкости с вращающимся магнитным полем приводит к появлению в потоке пондеромоторных сил. Последние, будучи направлены тангенциально и распределены в объеме жидкости, оказывают влияние на характер течения рабочей жидкости в зазоре ПЭМП.

Известные уравнения магнитной гидродинамики [2, 3] позволяют определить распределение плотности электрического тока и скоростей в потоке проводящей жидкости, протекающей в однородном магнитном поле, неизменном во времени и пространстве, между двумя соосными цилиндрами. В работе [4] представлено движение проводящей жидкости в полном цилиндре, на которую воздействует вращающееся магнитное поле. Однако вопрос течения проводящей жидкости в тонком кольцевом зазоре при вращении внутреннего цилиндра и воздействии на жидкость вращающегося магнитного поля еще не рассматривался.

Целью данной работы является оценка влияния вращающегося магнитного поля на проводящую жидкость и определение характера течения в тонком немагнитном зазоре ПЭМП.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.** Движение потока рабочей жидкости в зазоре ПЭМП представляет собой классическую модель течения между двумя соосными цилиндрами. При этом проводящая жидкость течет по кольцевому зазору вследствие вращения внутреннего цилиндра относительно внешнего, неподвижного. Магнитное поле направлено перпендикулярно цилиндрическим стенкам и вращается с синхронной скоростью  $n_1$  согласно с ротором. Будем полагать, что длина окружности цилиндров значительно больше зазора между ними, а вращающееся магнитное поле мысленно развернем на плоскость и представим бегущим. Тогда схема такого течения может быть представлена рис. 2. Стенка при  $y = 0$  имеет постоянную линейную скорость  $v$ , а при  $y = \delta$  – неподвижна. Тогда линейная скорость частиц жидкости, прилегающих к поверхности внутреннего вращающегося цилиндра, равна:

$$v = 2\pi n_2 r, \quad (1)$$

где  $n_2$  – скорость вращения внутреннего цилиндра;  $r$  – внешний радиус вращающегося цилиндра.

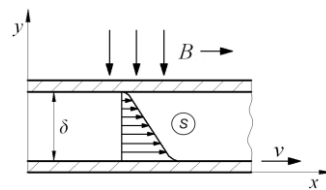


Рисунок 2 – Течение рабочей жидкости в зазоре ПЭМП

Так как внешний цилиндр неподвижен, то градиент скорости жидкости в зазоре определяется как

$$|gradv| = \frac{dv}{dy} = \frac{2\pi n_2 r}{R-r}, \quad (2)$$

где  $y$  – координата вдоль радиальной оси по сечению зазора;  $R$  – внутренний радиус наружного цилиндра.

Локальная скорость  $y$ -го слоя жидкости в зазоре при простом течении Куэтта определяется [5]:

$$v_y = \frac{\delta - y}{\delta} v, \quad (3)$$

где  $\delta$  – величина зазора между цилиндрами.

Мысленно выделим в слое проводящей жидкости элементарный проводник сечением  $S$ , на который воздействует бегущее магнитное поле. Пусть этот проводник перпендикулярен силовым линиям магнитного поля  $B$ , а также направлению движения жидкости  $v$  и имеет длину  $l$  в направлении, перпендикулярном плоскости (рис. 2). Тогда индуцируемая в элементарном проводнике ЭДС

$$E = Blv_1, \quad (4)$$

где  $B$  – индукция бегущего магнитного поля;  $v_1 = 2\pi r_1 n_1 / 60$  – скорость бегущего магнитного поля;  $r_1$  – радиус раштки статора.

Скольжение  $y$ -го слоя жидкости определяется:

$$s_y = \frac{n_1 - n_y}{n_1}, \quad (5)$$

где  $n_y = v_y / 2\pi r_y$  – скорость вращения  $y$ -го слоя.

Неравномерность в распределении локальных скоростей течения приводит к неравномерному распределению в потоке индуцируемых ЭДС и токов.

ЭДС вращения  $y$ -го слоя проводящей жидкости

$$E_S = E s_y. \quad (6)$$

Электродвижущая сила  $E$  создает в элементарном проводнике электрический ток

$$I = E_S \frac{S\sigma}{l}, \quad (7)$$

где  $\sigma$  – проводимость жидкости.

Степень взаимодействия проводящей жидкости с магнитным полем характеризует магнитное число Рейнольдса. Для тонкого кольцевого слоя проводящей жидкости, находящейся между внешним цилиндрическим индуктором вращающегося поля и внутренним ферромагнитным сердечником, оно определяется согласно [6]:

$$Re_m = \mu_a v_1 s \sigma \delta r_2 k_R, \quad (8)$$

где  $\mu_a$  – абсолютная магнитная проницаемость;  $s$  – средняя величина скольжения вдоль радиальной оси по сечению зазора;  $r_2$  – средняя величина радиуса цилиндрического слоя проводящей жидкости;

$k_R$  – коефіцієнт, зависящий от радиусов индуктора, ферромагнитного ротора и полюсного шага обмотки.

Магнитное поле в немагнитном зазоре между статором и полым перфорированным ротором ПЭМП распределяется неравномерно. Силовые линии магнитного потока раздвигаются за счет пазов статора и отверстий ротора. В результате та составляющая индукции магнитного поля, которая перпендикулярна слою проводящей жидкости и создает тангенциальные электромагнитные усилия, уменьшается. Снижение индуктированной в жидкости ЭДС, вследствие уменьшения нормальной составляющей индукции магнитного поля, учтем введением эквивалентной проводимости жидкого слоя:

$$\sigma' = \frac{\sigma}{k_\delta}, \quad (9)$$

где  $k_\delta$  – коэффициент Картера, учитывающий зубчатое строение статора и наличие сквозных отверстий в полом роторе [7].

Токи жидкости при взаимодействии с бегущим магнитным полем вызывают появление объемной электромагнитной силы, распределенной в соответствии с величиной скольжения для каждого слоя и приводящей к изменению характера течения жидкости:

$$F = [jB], \quad (10)$$

где  $j = I/S$  – плотность тока.

Неравномерно распределенные объемные силы не суммируются, как в твердом стержне ротора обычного асинхронного двигателя, а приводят к взаимному перемещению слоев жидкости. В результате градиент скорости у стенки неподвижного цилиндра увеличивается, а профиль скоростей течения уплощается. Это, в свою очередь, приводит к росту потерь на трение и увеличению теплообмена.

**ВЫВОДЫ.** Определен характер течения проводящей жидкости в тонком немагнитном зазоре ПЭМП при вращении ротора и воздействии на жидкость вращающегося магнитного поля. Установлено, что градиент скорости у стенки неподвижного цилиндра увеличивается, а профиль скоростей течения уплощается, что, в свою очередь, приводит к росту потерь на трение и увеличению теплообмена.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 43346 Україна, МПК (2009) F24J 3/00. Резонансний насос-теплогенератор / М.М. Заблодський, В.Ф. Шинкаренко, М.А. Філатов та інші.; заявник і патентовласник Донбас. держ. техн. ун-т. – № U 2009 03007, заявл. 30.03.2009; опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15. – 3 с.
2. Каулинг Т.Д. Магнитная гидродинамика. – М.: Изд-во иностранной литературы, 1959. – 132 с.
3. Основы технической магнитной газодинамики / Дж. Саттон, А. Шерман. – М.: Мир, 1968. – 492 с.
4. Магнитная гидродинамика в металлургии / И.Л. Повх, А.Б. Капуста, Б.В. Чекин. – М.: Металлургия, 1974. – 240 с.
5. Теоретическая физика: учеб. пособ. для вузов. – Т. VI. Гидродинамика. / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. – М.: Физматлит, 2001. – 736 с.
6. Верте Л.А. Магнитная гидродинамика в металлургии. – М.: Металлургия, 1975. – 288 с.
7. Определение коэффициента воздушного зазора для полого ротора сквозной структуры в полифункциональных электромеханических преобразователях / Н.Н. Заблодский, В.Ю. Грицюк, Н.В. Лукьянов // Сб. научных трудов ДонГТУ. – 2010. – Вып. 31. – С. 187–192.

#### CHARACTER OF THE FLOW WORKING CONDUCTING FLUID IN THE GAP POLYFUNCTIONAL ELECTROMECHANICAL TRANSDUCER

**N. Zablodskiy, V. Gritsyuk**

Donbass State Technical University

prosp. Lenina, 16, Alchevsk, 94204, Ukraine. E-mail: info@dgmi.edu.ua

Determined of the flow conducting liquid in a thin non-magnetic gap polyfunctional electromechanical transducer under the influence of rotating magnetic field. The dependence of change in the rate profile, rate gradient at the wall of a stationary cylinder with uniformly distributed body forces. Movement of fluid flow in the gap was seen in the classical model of the flow between coaxial cylinders.

**Key words:** nonmagnetic gap, conducting fluid, the rotating magnetic field.

#### REFERENCES

1. Pat. 43346 Ukraine, МПК (2009) F24J 3/00. *Resonance pump-heat generator* / M.M. Zablodsky, V.F. Shynkarenko, M.A. Filatov and others; applications and patent nickname Donbass State Technical University. – № U 2009 03007, stated 30/03/2009, publ. 10.08.2009, Bull. № 15. – 3 p. [in Russian]
2. Cowling T.D. *Magnetohydrodynamics*. – M.: Publishing House of Foreign Literature, 1959. – 132 p. [in Russian]
3. *Technical Fundamentals of magnetohydrodynamics* / J. Sutton, A. Sherman. – M.: Mir, 1968. – 492 p. [in Russian]
4. *Magnetohydrodynamics in Metallurgy* / I.L. Povh, A.B. Kapusta, B.V. Chekin. – M.: Metallurgiya, 1974. – 240 p. [in Russian]
5. *Theoretical physics: studies. benefits.* [for higher education. Vol. VI. Hydrodynamics.] / L.D. Landau, E.M. Lifshitz. – M.: Fizmatlit, 2001. – 736 p. [in Russian]
6. Verte L.A. *Magnetohydrodynamics in the metallurgy*. – M.: Metallurgiya, 1975. – 288 p. [in Russian]
7. Determination of the air gap of the hollow rotor through structure in a polyfunctional electromechanical transformation in accelerators / N.N. Zablodsky, V.U. Gritsyuk, N.V. Lukyanov / *Collection of scientific works DonSTU*. – 2010. – Iss. 31. – PP. 187–192 [in Russian]

Стаття надійшла 10.02.2012.

Рекомендовано до друку  
д.т.н., проф. Бранспизом Ю.А.