

- C. Romestant // 13-th Int. Heat Pipe Conf., September, 2004, Shanghai: proc. of conf. – Beijing: China Astronautic Publishing House, 2005. – p. 126–131.
5. Смирнов Г. Ф. Теплообмен при парообразовании в капиллярах и капиллярно-пористых структурах [Текст] / Г. Ф. Смирнов, А. Д. Цой. – М.: Издательство МЭИ, 1999. – 440 с. Колоусова А. А. Теплоперенос в тепловой трубе при неоднородном теплообмене на внешнем контуре [Текст] / А. А. Колоусова, Г. В. Кузнецов // Промышленная теплотехника. – 2004. – Т. 26, № 4. – С. 23–27.
 6. Lura F. Heat Pipe Application for Thermal Stable Bench Arrangement in Small Satellite Design / F. Lura, B. Biering, V. Baturkin, S. Zhuk D. Olefirenko, M. Parfentiev // 30th International Conference on Environmental Systems, 10 – 13 July 2000, Toulouse, France: proc. of conf. – Report 2000-01-2460, 10 p.
 7. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Текст] / А. А. Алямовский, А. А. Собачкин, Е. В. Одинцов и др. – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.
 8. Батуркин В. М. Исследование теплопередающих характеристик аксиальных тепловых труб при неравномерных граничных условиях [Электронный ресурс] / В. М. Батуркин, Д. Н. Олефиренко, Т. Р. Зинченко // Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики: 6 научная международная школа-конференция, 22-28 сентября 2008, Алушта, Украина: материалы докладов. – 10 с.– 1 электрон. опт. диск (CR-ROM); 12 см. – Сист. требования: Pentium; 32 Mb RAM; Windows 2003/NT/XP. – Название с титул. экрана.
 9. Baturkin V. Investigation of transient characteristics of ammonia aluminum grooved heat pipes in qualification tests / V. Baturkin, S. Zhuk, D. Oliferenko // Second International workshop “Non-compression refrigeration and cooling”, 3–7 October, 2001, Odessa: proceedings. – Одеса: Астропринт, 2001. – Р. 4–11.
 10. Новицкий Л. А. Теплофизические свойства материалов при низких температурах [Текст] : справочник / Л. А. Новицкий, И. Г. Кожевников. – М.: Машиностроение. – 1975. – 216с.
 11. Богданов С. Н., Холодильная техника. Свойства веществ [Текст] : справочник / С. Н. Богданов, О. П. Иванов, А. В. Куприянова. Л.: Машиностроение – 1976. – 168 с.
 12. Brennan P. Heat pipe Design Handbook / P. Brennan, E. Krolczek // B & K Engineering, Inc., Contract No. NAS5–23406, June 1979. – 370 p.

З урахуванням особливостей конструкції дискового асинхронного двигуна з вільним кільцевим ротором отримано аналітичні вирази для розрахунку його механічної характеристики. Розкрито нові можливості машин з кільцевими робочими органами без механічних опор

Ключові слова: електродвигун, механічна характеристика, кільцевий ротор

С учетом особенностей конструкции дискового асинхронного двигателя со свободным кольцевым ротором получены аналитические выражения для расчета его механической характеристики. Раскрыты новые возможности машин с кольцевыми рабочими органами без механических опор

Ключевые слова: электродвигатель, механическая характеристика, кольцевой ротор

Taking into account the features of construction of asynchronous motor with free annular rotor analytical formulas for the calculation of its mechanical characteristic have been obtained. New features of machines with annular working tools without mechanical support are revealed

Keywords: electric motor, mechanical characteristic, annular rotor

УДК 621.313.333

РАСЧЕТ МЕХАНИЧЕСКОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДИСКОВОГО АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ СО СВОБОДНЫМ РОТОРОМ

С.С. Ерошин

Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой*

Контактный тел.: (0642) 41-44-97

E-mail: elmach@poisk.lg.ua

С.А. Мирошник

Старший преподаватель

*Кафедра «Оборудование электронной промышленности»

Восточноукраинский национальный университет имени

Владимира Даля

кв. Молодёжный, 20-а, г. Луганск, Украина, 91034

Контактный тел.: 068-918-11-48

E-mail: SMiroshnik@mail.ru

1. Введение

Одним из перспективных направлений современного машино- и приборостроения является создание машин с прямым приводом инструмента или рабочего органа. При этом кинематические цепи существенно сокращаются за счет устранения из конструкции традиционных механических передач, редукторов, шпинделей и других подобных узлов. В результате габариты, масса, энергопотребление машин уменьшаются; машины становятся более надежными и долговечными [1].

Для повышения технического уровня машин и приборов с кольцевыми рабочими органами (КРО) применяют прямой привод и бесконтактные опоры. Прямой привод рабочего органа частично исключает промежуточные передачи, но оставляет в конструкции шпиндель или вал. Применение бесконтактных опор является ключевым направлением в разработке и модернизации технологического оборудования [2]. Они позволяют увеличить рабочую частоту вращения КРО и долговечность машины, снизить потери на трение, однако при этом возрастает их стоимость из-за необходимости использования сложной аппаратуры и дополнительных периферийных компонентов.

Применив дисковый асинхронный двигатель (ДАД) специальной конструкции, можно кольцевой инструмент привести в устойчивое вращательное движение и удерживать в пространстве без механических опор и электрических контактов за счет сил магнитного поля. Такая электрическая машина позволит повысить эффективность конструкций прямого привода за счет совмещения функций ротора электродвигателя и инструмента, или рабочего органа технологической машины [3].

2. Цель работы

Важным показателем ДАД с кольцевым ротором без механических опор является его механическая характеристика – зависимость вращающего момента $M_{от}$ от скольжения S . В работе [4] приведен анализ зависимости $M_{от}=f(S)$ при идеальном распределении вихревых токов в сплошном роторе.

Целью работы является получение функциональной зависимости $M_{от}=f(S)$ для ДАД с ротором без механических опор, которая учитывает неравномерное распределение плотности тока в роторе и величину рабочего зазора.

3. Разработка математической модели дискового асинхронного двигателя

Для получения основных закономерностей для ДАД используется схема, приведенная на рис. 1. Двигатель содержит нижний 1 и верхний 2 торцевые статоры толщиной h_a с внутренними диаметрами D_{CB} и наружными диаметрами D_{CB} . Статоры содержат распределенные трехфазные обмотки 3 и 4. Северный полюс верхнего статора находится над южным полюсом нижнего. В рабочем зазоре δ_p на поверхность нижнего статора 1 установлена диэлектрическая подложка 5 толщиной Δ_H . На подложку 5 помещается

свободный кольцевой ротор 6 толщиной h с наружным D_{PH} и внутренним D_{PB} диаметрами. Ротор выполнен из немагнитного токопроводящего материала. Между поверхностями ротора и верхнего статора существует воздушный зазор Δ_B .

Обмотки 3 и 4 параллельно включаются в сеть трехфазного напряжения и создает вращающееся магнитное поле, под действием которого в роторе 5 индуцируется ЭДС. Она создает вихревые токи, которые являются источником магнитного поля ротора 5. В результате взаимодействия полей статоров 1, 2 и ротора 5, последний приводится во вращательное движение [5] и удерживается в пространстве за счет электромагнитных сил.

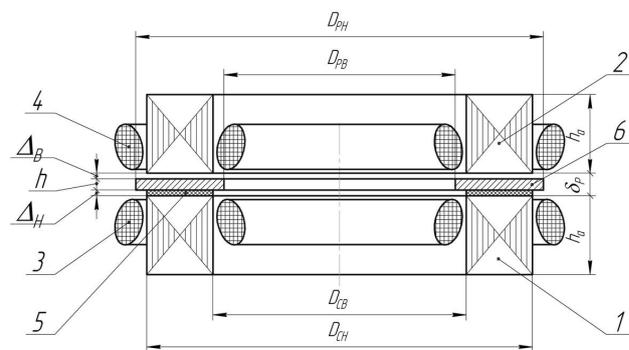


Рис. 1. Схема дискового асинхронного двигателя: 1 – нижний статор; 2 – верхний статор; 3 – трехфазная обмотка нижнего статора; 4 – трехфазная обмотка верхнего статора; 5 – диэлектрическая подложка; 6 – свободный кольцевой ротор.

Для получения функции $M_{от}=f(S)$ воспользуемся хорошо известной формулой, полагая, что реактивное сопротивление x_2 ротора пренебрежимо мало [5, 6]:

$$M_{от} = \frac{pm_1 U_1^2 \frac{r'_2}{S}}{\omega_c \left[\left(r_{1\Sigma} + c_1 \frac{r'_2}{S} \right)^2 + x_{1\Sigma}^2 \right]} \quad (1)$$

где m_1 – число фаз обмотки статора ДАД;
 U_1 – напряжение, приложенное к обмотке статора, В;
 $r_{1\Sigma}$ – суммарное активное сопротивление обмоток статоров, Ом;
 r'_2 – активное сопротивление ротора, Ом;

$x_{1\Sigma}$ – суммарное индуктивное сопротивление рассеяния обмоток статора, Ом;
 c_1 – отношение первичного напряжения U_1 обмотки статора к первичной э.д.с. E_1 при идеальном холостом ходе.

Так как статоры ДАД включены параллельно, то $r_{1\Sigma}=r_1/2$, а $x_{1\Sigma}=x_1/2$, где r_1 и x_1 – активное и реактивное сопротивления обмотки статора.

Одним из важных параметров ДАД является сопротивление фазы его кольцевого ротора r_2 , которое может быть уточнено, если известен закон распределения вихревых токов. Для определения r_2 воспользу-

емя методикой расчета сопротивления немагнитного полого ротора, приведенной в [7].

В этой работе полый цилиндр рассматривается как обычная короткозамкнутая обмотка (беличья клетка) с бесконечно большим числом стержней Z_2 . Используем этот подход к нашему кольцевому ротору.

Условная схема распределения вихревых токов показана на рис. 2. Здесь поперечные токи $I_{c\alpha}$ протекают в кольцевом роторе с радиусами R_{RH} и R_{RB} по условным стержням длиной l_c . Токи $I_{к\alpha}$, соединяющие эти стержни, образуются в наружных и внутренних короткозамкнутых кольцах шириной b_{KH} и b_{KB} .

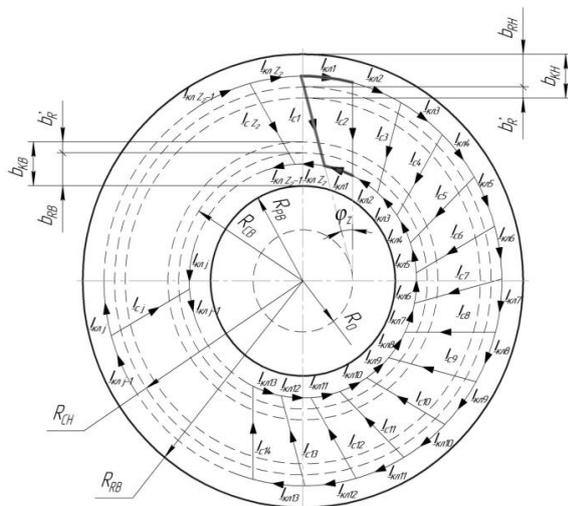


Рис. 2. Условная схема распределения вихревых токов в роторе ДАД с наклонными пазов статора.

Направление протекания поперечных токов ротора будут определяться наклоном пазов статора. Наклон пазов, в свою очередь, находится из условия устойчивого вращения ротора [8].

Токи в сплошном роторе ДАД, в отличие от короткозамкнутой обмотки, имеют тангенциальные составляющие в рабочей зоне электродвигателя, которые создают бесполезные радиальные силы. Они не участвуют в создании вращающего момента и вызывают дополнительные потери. Наличие областей шириной b_{RH} и b_{RB} выступающих за пределы статора (см. рис. 2) приводит к тому, что тангенциальные токи в основном замыкаются за пределами рабочей зоны ДАД, а в ее пределах образуются токи (преимущественно поперечные), создающие как стабилизирующие силы, так и вращающий момент.

С увеличением частоты тока в роторе возникает эффект вытеснения тангенциальных составляющих тока к периферии ротора. В результате чего плотность тока в радиальном направлении распределена не равномерно [7].

Реальное неравномерное распределение тангенциальных вихревых токов в активной части ротора, связанное с вытеснением токов к краям ротора, можно заменить распределением в эквивалентных зонах шириной b'_R [7]. Так как относительно любой точки дви-

жущегося ротора бегущее магнитное поле меняется с частотой $\omega_c S$, то:

$$b'_R = 2\sqrt{\frac{\delta_{\theta} \rho_{уд}}{h \omega_c S \mu_0}} \quad (2)$$

За фазу обмотки короткозамкнутого ротора принимаем один стержень и два участка замыкающих колец, которые соединяют соседние стержни (см. рис. 4.2) [6, 9]. Активное сопротивление фазы кольцевого ротора r_2 найдем из условия равенства электрических потерь в эквивалентной и реальной обмотках [9]:

$$I_c^2 r_2 = I_c^2 r_c + I_{к\alpha}^2 (r_{KH} + r_{KB}) \quad (3)$$

С учетом относительного сдвига токов I_c в стержнях ротора на угол ϕ_z ток $I_{к\alpha} = \frac{I_c}{\Delta}$, где $\Delta = 2 \sin \frac{\pi p}{Z_2}$ [9].

Решив уравнение (3) получим:

$$r_2 = r_c + \frac{r_{KH} + r_{KB}}{\Delta^2} \quad (4)$$

Угол $\phi_z = \frac{2\pi}{Z_2}$ при $Z_2 \rightarrow \infty$, стремится к нулю, то со-

противления элементов короткозамкнутой обмотки с точностью до бесконечно малых величин находятся из выражений:

$$r_c = \rho_{уд} \frac{l_c Z_2}{2\pi R_{2CP} h} \quad (5)$$

$$r_{KH} + r_{KB} = \rho_{уд} \frac{2\pi R_{2CP}}{Z_2 h} \left(\frac{1}{b_{RH} + b'_R} + \frac{1}{b_{RB} + b'_R} \right) \quad (6)$$

где l_c – условная длина стержня ротора, м;

R_{2CP} – средний радиус рабочей зоны ДАД, м.

Так как Z_2 стремится к бесконечности то с точно-

стью до бесконечно малых величин $\Delta = 2 \sin \left(\frac{\pi p}{Z_2} \right) \approx \frac{2\pi p}{Z_2}$

тогда выражение (4) с учетом (5) и (6) можно записать в виде:

$$r_2 = \frac{Z_2 \rho_{уд}}{2\pi h} \left(\frac{l_c}{R_{2CP}} + \frac{R_{2CP}}{p^2} \left(\frac{1}{b_{RH} + b'_R} + \frac{1}{b_{RB} + b'_R} \right) \right) \quad (7)$$

Будем считать, что в идеальном кольцевом роторе токи протекают только в поперечном направлении, тогда r_2 приведенное к числу витков обмотки статора можно представить в следующем виде:

$$r'_2 = k_{2r} r'_{2\infty} \quad (8)$$

где $k_{2r} = 1 + \frac{R_{2CP}^2}{l_c p^2} \left(\frac{1}{b_{RH} + b'_R} + \frac{1}{b_{RB} + b'_R} \right)$ – коэффициент увеличения сопротивления кольцевого ротора;

$$r'_{2\infty} = \frac{2\rho_{уд} m_1 \omega_1^2 k^2 l}{\pi h R_{2cp}} - \text{сопротивление идеального}$$

кольцевого ротора, Ом.

Коэффициент k_{2r} учитывает влияние на сопротивление r'_2 неравномерного распределения токов в рото-

ре. Увеличение b_{RH} и b_{RB} приводит к уменьшению сопротивления наружного и внутреннего элементов короткозамкнутых колец. Вследствие чего понижается сопротивление кольцевого ротора, что также соответствует уменьшению величины коэффициента k_{2r} .

4. Исследование математической модели дискового асинхронного двигателя с кольцевым ротором без механических опор

Исследования будем проводить для ДАД с размерами статоров $R_{CH}=156,5\text{мм}$ и $R_{CB}=100\text{мм}$. Пусть в рабочем зазоре ДАД находится кольцевой ротор с $R_{RH}=R_{CH}=156,5\text{мм}$, и $R_{RB}=110\text{мм}$. Удельное сопротивление $\rho_{уд}$ материала ротора составляет $144 \cdot 10^{-9}\text{Ом}\cdot\text{м}$ (алюминиевый сплав 5052).

В пазах статора размещена трехфазная двухслойная обмотка $2p=4$ с укороченным шагом ($\beta=5/6$) [6, 7]. Число витков в фазе $\omega_1=800$. Полагаем, что на обмотки подается напряжение $U_1=220\text{В}$, а частота питающей сети $f_c=50\text{Гц}$.

На рис. 3 показаны графики функции $M_{от}=f(S)$ при разных значениях толщины ротора h (рис. 3).

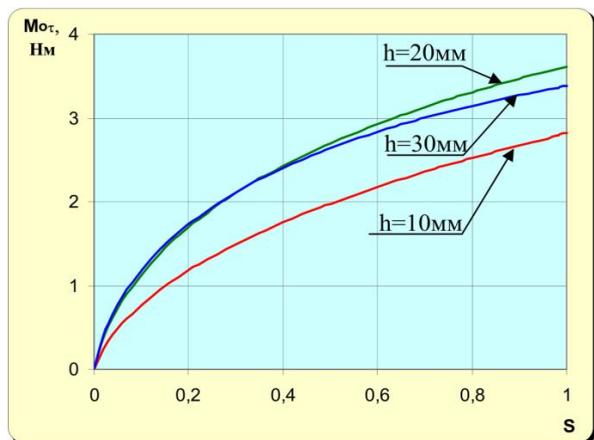


Рис. 3. Механические характеристики ДАД

Характер функции $M_{от}=f(S)$ для ДАД отличается от механической характеристики двигателя цилиндрического исполнения, для которого в области определения аргумента $0 < S < 1$ имеет место максимум. Момент с увеличением скольжения S монотонно возрастает и при $S=1$ достигает максимума. Это можно объяснить тем, что активное сопротивление сплошного ротора ДАД намного больше реактивного. Вследствие чего с увеличением S значительно растет активная составляющая тока ротора, которая определяет величину $M_{от}$. Графики показывают (см. рис. 3), что наибольший вращающий момент $M_{отm}$ имеет место при $S=1$.

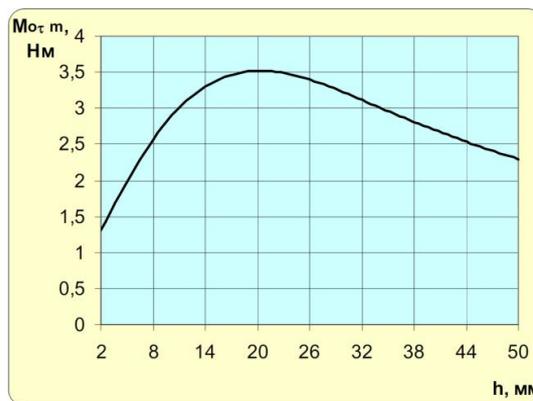


Рис. 4. Зависимость максимального момента от толщины ротора

Зависимость максимального момента $M_{отm}$ от толщины ротора h (рис. 4) нелинейная. Момент $M_{отm}$ с ростом толщины h быстро возрастает и достигает максимального значения, а затем наблюдается его уменьшение с более медленной скоростью. Полученная зависимость момента $M_{отm}$ от толщины ротора h экспериментально подтверждена в работе [10].

5. Применение дискового асинхронного двигателя с ротором без механических опор

В работах [11, 12] описаны примеры станков резки слитков полупроводниковых материалов алмазным отрезным кругом с внутренней режущей кромкой (АКВР) и центробежные насосы на основе ДАД. Станок и насос не имеют ни шпинделя, ни вала. В результате не только сохраняются все преимущества прямого привода, но и появляются новые свойства.

В частности, бесшпиндельный станок резки кругами АКВР [11] может без ограничений применяться для резки напроход крупногабаритных слитков полупроводниковых материалов, как на пластины, так и на мерные заготовки. Отрезной круг не имеет механического крепления и электрических контактов, свободно проходит через кристалл. При этом ширина пилы может быть на много меньше диаметра монокристалла. Диаметр слитка ограничивается только внутренним диаметром АКВР.

В предлагаемой конструкции узла резания отсутствует дорогостоящий и массивный механизм натяжения инструмента, что позволяет уменьшить размеры, массу станка в 6-10 раз, а энергопотребление в 3-4 раза. Применение такого способа резки полупроводниковых материалов существенно меняет конструкцию станка, расширяет его технологические возможности и улучшает технические характеристики. Например, при использовании нового способа резки, по сравнению с традиционной алмазными кругами АКВР, повышается качество отрезаемых заготовок и уменьшается ширина пропила, что позволяет сократить в 5-7 раз потери дорогостоящего материала.

На нашем сайте (<http://www.elmache.com>) демонстрируются видео действующих макетов, а также компьютерные анимационные модели станков резки крупногабаритных монокристаллов на пластины и мерные заготовки.

На основании проведенных исследований сконструированы и изготовлены два центробежных насоса с рабочим колесом без механических опор: ЦНС-1 и ЦНО-1.

Центробежный насос ЦНС-1 (рис. 5) имеет спиральный отвод жидкости, а насос ЦНО-1 (рис. 6) изготовлен с соосным отводом жидкости. Насосы представляют собой агрегаты, которые в одном корпусе содержат и центробежный насос и двигатель. Они не имеют вала и подшипников. Рабочее колесо насосов выполнено из немагнитного токопроводящего материала.



Рис. 5. Центробежный насос ЦНС-1



Рис. 6. Центробежный насос ЦНО-1

Безваловые центробежные насосы имеют герметичные корпуса, а значит, ряд положительных качеств, вытекающих из этого, таких как: возможность перекачки особо ядовитых, агрессивных, криогенных жидкостей и тому подобное, простота конструкции, высокая надежность, снижение массогабаритных характеристик, низкая себестоимость.

При испытаниях в промышленных условиях опытные образцы центробежных насосов ЦНС-1 и ЦНО-1 с рабочим колесом без механических опор показали свою работоспособность и высокий уровень герметичности корпуса, низкий уровень шума.

6. Выводы

1. Разработана математическая модель ДАД, учитывающая влияние эффекта вытеснения токов в роторе. Из полученных выражений следует, что с увеличением скольжения из-за неравномерного распределения плотности тока активное сопротивление ротора возрастает.
2. Теоретически получены механические характеристики ДАД с ротором без механических опор. Из графиков следует, что вращающий момент с увеличением скольжения S монотонно возрастает и при $S=1$ достигает максимума.
3. Аналитически исследована зависимость вращающего момента от толщины ротора. На основании чего было доказано наличие экстремума функции $M_{\text{отм}}=f(h)$. Полученная функциональная зависимость позволяет определить оптимальную толщину ротора и величину рабочего зазора электрической машины.
4. Раскрыты новые возможности станков резки крупногабаритных монокристаллов, сконструированных на основе дискового асинхронного двигателя, в которых совмещаются функции ротора и алмазного отрезного круга.
5. Показано, что объединение функций рабочего колеса и ротора дискового асинхронного двигателя в центробежных насосах расширяет их область применения. Рабочее колесо таких насосов не имеет механических опор, что позволяет обеспечить высокую герметичность корпуса. Это дает возможность использовать их для перекачивания химически активных жидкостей.

Литература

1. Свечарник Д.В. Электрические машины непосредственного привода: Безредукторный электропривод / Свечарник Д.В. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – 208 с.
2. Теория и применение электромагнитных подвесов / Осокин Ю.А., Герди В.Н., Майков К.А., Станкевич Н.Н. – М. : Машиностроение, 1980. – 284 с.
3. Ерошин С.С. Повышение эффективности машин применением рабочих органов без механических опор / С.С. Ерошин, В.Е. Брешев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2005. – №5(17). – С. 82 – 85.
4. Ерошин С.С. Определение сил, действующих на кольцевую пластинку, находящуюся во вращающемся магнитном поле / С.С. Ерошин // Збірник наукових праць Східноукраїнського державного університету. Серія Машинобудування. – Видавництво СУДУ. Луганськ – 1998. – С. 13 – 21.
5. Вольдек А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. Техн. Заведений. Изд. 2-е, перераб. и доп. / Вольдек А.И. – Л. : «Энергия», 1974 – 840 с.
6. Загірняк М.В. Електричні машини: підручник / М.В. Загірняк, Б.І. Невзлін. – 2-ге вид., переробл. і допов. – К. : Знання, 2009. – 399 с.

7. Лопухина Е.М. Асинхронные машины с полым ротором. Теория, основы расчета и испытания / Лопухина Е.М., Сомихина Г.С. – М. : «Энергия», 1967. – 488 с.
8. Yeroshin S. Improving the stability rotation ring rotor without mechanical supports / S. Yeroshin , S. Miroshnik // TEKA Commission motorization and power industry in agriculture. – Polish Academy Of Sciences branch in Lublin, 2011. – Vol. 11 A. – p. 282 – 289.
9. Проектирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов / [Копылов И.П., Горяинов Ф.А., Клоков Б.К. и др.]; Под ред. И.П. Копылова. – М. : Энергия. 1980. – 496с.
10. Ерошин С.С. Определение оптимальной толщины кольцевого ротора дискового асинхронного двигателя / С.С. Ерошин, С.А. Мирошник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – №5/1(41). – С. 30 – 35.
11. Мирошник С.А., Ерошин С.С. Применение торцевого асинхронного двигателя в установке алмазной резки кругами АКВР // Тр. МНТК „Физические и компьютерные технологии”. – Харьков: ХНПК ФЭД, 2008. – С. 169 –171.
12. Мирошник С.А., Ерошин С.С., Брешев В.Е. Применение торцевого асинхронного двигателя для непосредственного привода рабочего колеса центробежного насоса // Тр. МНТК „Физические и компьютерные технологии”. – Харьков: ХНПК ФЭД, 2008. – С. 401 –403.

Розглядається метаногенез в біореакторах з іммобілізованою на нерухомих носіях мікрофлорою. Аналізується процес утворення бульбашок газу на біоплівці і умови їх зростання. Наведені рівняння, що дозволяють встановити залежність радіуса відриву газової бульбашки з поверхні біоплівки від об'ємної швидкості виділення біогазу

Ключові слова: біогаз, іммобілізована мікрофлора, біореактор, математична модель

Рассматривается процесс метаногенеза в биореакторах с иммобилизованной на неподвижных носителях микрофлорой. Анализируется процесс образования пузырьков газа на биопленке и условия их роста. Приведены уравнения, позволяющие установить зависимость радиуса отрыва газового пузырька от поверхности биопленки от объемной скорости выделения биогаза

Ключевые слова: биогаз, иммобилизованные микрофлора, биореактор, математическая модель

We consider the methanogenesis in bioreactor with microflora, fixed on immobile support. The process of formation of biogas bubbles in biofilm and conditions of their growth is analysed. The equations for the determination of the radius dependence of the separation of a gas bubble from the surface of the biofilm from the bulk of the rate of biogas emission are shown

Keywords: biogaz, immobilised microflora, bioreactor, mathematical model

УДК 628.355

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗРОСТАННЯ БУЛЬБАШОК БІОГАЗУ В БІОРЕАКТОРАХ С ЗАКРІПЛЕНОЮ БІОПЛІВКОЮ

Л.І. Ружинська

Кандидат технічних наук, доцент
Кафедра біотехніки та інженерії
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
м. Київ, Україна
Контактний тел.: (050) 961-75-15

А.О. Фоменкова

Студент
Кафедра біотехніки та інженерії
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»
м. Київ, Україна
Контактний тел.: (050) 603-47-45
E-mail: hyrondelle@list.ru

Вступ

Дослідження відносяться до галузі біотехнологічного виробництва нетрадиційних енергоносіїв, зокрема біогазу. В умовах погіршення

екологічної ситуації і подорожчання енергоносіїв значна увага приділяється енергозберігаючим технологіям утилізації органічних відходів.

Біоконверсія органічних відходів є одним з найбільш прогресивних, економічно ефективних і