

ГЕНЕТИЧЕСКИ ДОПУСТИМОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН С ПРЕДЕЛЬНЫМ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВНОГО ОБЪЕМА

Шинкаренко В.Ф., д.т.н., проф., Маляренко С.А., студ., Тороповский А.О., студ.
 Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»
 просп. Победы, 37, 03056, г. Киев, Украина
 E-mail: svf46@voliacable.com

Изложены результаты анализа принципов построения и определения генетически допустимого разнообразия видов электрических машин, допускающих максимальное использование активного объема. Научно обоснованы критерии, определяющие предельное использование активного объема.

Ключевые слова: генетика, электрическая машина, активный объем, электромеханическая система.

Введение. Основные технико-экономические показатели индуктивных электрических машин (ЭМ), такие как удельная мощность, себестоимость, коэффициент использования активных материалов, интегральные характеристики и массогабаритные показатели, в значительной степени определяются эффективностью использования их активного объема.

Анализ предыдущих исследований. В процессе структурной эволюции различными авторами предпринимались попытки направленные на создание различных конструктивных вариантов ЭМ с максимальным использованием их активных частей. Однако до настоящего времени отсутствуют структурно-системные исследования, обобщающие характерные свойства и видовое разнообразие этого уникального класса ЭМ, что сдерживает их исследование и практическое использование.

Цель работы. Анализ принципов построения и определение генетически допустимого разнообразия видов электрических машин, характеризующихся предельным использованием активного объема.

Материал и результаты исследования. Задача в такой постановке относится к сложным задачам системного уровня, решение которых стало возможным лишь в последнее время на основе положений теории генетической эволюции электромеханических систем (ЭМ-систем) [1].

Эффективность использования активного объема ЭМ можно оценить при помощи коэффициента K_S , который определяет соотношение площадей электромагнитно связанных активных поверхностей подвижной части S_2 и поверхности, образованной обмоткой индуктора S_1 :

$$K_S = \frac{S_2}{S_1} = \frac{S_2}{(S_a + S_L)}, \quad (1)$$

где S_a – активная поверхность полюсообразующей обмотки; S_L – поверхность занятая лобовыми частями обмотки.

Анализ выражения (1) показывает, что с учетом принятых допущений максимальное значение K_S может быть получено при выполнении двух условий: отсутствия лобовых частей распределенной обмотки и равенства активных поверхностей подвижной и неподвижной частей ЭМ. Указанные при-

знаки положим в основу целевой функции поиска $F_{Ц}$

$$F_{Ц} = \{(S_L \rightarrow S_a); (S_2 = S_a = S_1)\}. \quad (2)$$

Как известно, пространственная форма активной поверхности и ее топологические признаки относятся к составу генетической информации. Геометрия активной поверхности входит в структуру универсального генетического кода произвольного электромеханического объекта. Поэтому задача поиска на генетическом уровне сводится к определению конечного множества порождающих электромагнитных структур, генетические коды которых содержат составляющую электромагнитной симметрии $x - y$ – типа.

На уровне генетически определенных источников электромагнитного поля (родительских электромагнитных хромосом) условию (2) удовлетворяют топологические классы двухсвязных, ориентированных замкнутых поверхностей без края. В периодической структуре ГК поверхности с такими свойствами образуют группу 0.0, содержащую две подгруппы $y -$ и $x -$ ориентированных источников

$$G_{00y} = \langle S_{ЦЛy}, S_{КНy}, S_{ПЛy}, S_{ТЛy}, S_{СФy}, S_{ТЦy} \rangle; \quad (3)$$

$$G_{00x} = \langle S_{ЦЛx}, S_{КНx}, S_{ПЛx}, S_{ТЛx}, S_{СФx}, S_{ТЦx} \rangle. \quad (4)$$

В соответствии с принципом топологической инвариантности [1], подмножества (3) и (4) представляют собой гомологические ряды порождающих структур различной пространственной геометрии, которые сохраняют свои электромагнитные и топологические свойства. Для локализации поискового пространства введем следующие ограничения:

- 1) рассматриваются виды ЭМ с твердотельными подвижными частями;
- 2) поиск осуществляется в пределах первого большого периода генетической классификации (ГК) первичных источников электромагнитного поля;
- 3) не учитываются источники-изотопы и генетически модифицированные источники (гибридные, совмещенные и т.д.).

Конечное множество порождающих электромагнитных структур (родительских хромосом), удовлетворяющих $F_{Ц}$, определяем в предметной области генетической классификации первичных источников электромагнитного поля [1]. Согласно теории генетической эволюции, генетические коды родительских электромагнитных хромосом содержат ге-

нетические программы структурообразования соответствующих видов ЭМ-систем. С учетом принятых ограничений, заданной целевой функции $F_{Ц}$ удовлетворяет генетически допустимое разнообразие из следующих 5 видов:

$$N_S = (\text{ЦЛ}0.0y; \text{КН}0.0y; \text{ТП}0.0y; \text{СФ}0.0y; \text{ТЦ}0.0y). \quad (5)$$

Следует отметить, что ряд N_S содержит только виды ЭМ, вращательного движения, которые допускают максимальное использование активного объема ($K_S = 0.9 \div 1$). Можно также выделить группу Видов ЭМ, обеспечивающих частичное использование активного объема в пределах $K_S \geq 0,7$. К таким видам относятся виды электрических машин, реализующих поступательное движение:

$$N_S = (\text{ПЛ}0.0y; \text{ПЛ}0.0x; \text{ЦЛ}2.0x; \text{ПЛ}2.0x). \quad (6)$$

Видовое разнообразие электрических машин гомологического ряда (6) характеризуется наличием продольных электромагнитных эффектов, обуслов-

ленных конечной длиной кольцевой обмотки, что снижает эффективность электромеханического преобразования энергии.

Генетически допустимое разнообразие гомологических видов (5) и (6) можно рассматривать как результат структурного предвидения, включающий реально-информационные и неявные виды. Генетические коды содержат генетическую информацию как об известных структурных представителях, так и потенциально возможных видах, еще отсутствующих на данное время эволюции исследуемого класса ЭМ.

С целью проверки корректности решения задачи в пределах видового разнообразия (5 – 6) был осуществлен информационный поиск и генетический анализ известных структурных представителей исследуемых классов ЭМ, результаты которого представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Структурно-системный анализ видового разнообразия электрических машин с предельным использованием активного объема

Генетический код вида	Название вида ЭМ	Примеры известных структурных представителей (K_S)*	Генетическая формула подвижной части ЭМ
ЦЛ 0.0y	Цилиндрические, вращательного движения, $x - y$ – симметричные, с объемной активной зоной	[7] – (0,9)	(2ЦЛ + 2ТП)
КН 0.0y	Конические, вращательного движения, $x - y$ – симметричные, с объемной активной зоной	Не обнаружены	
ТП 0.0y	Тороидальные плоские, вращательного движения, $x - y$ – симметричные, с объемной активной зоной	[6], [8] – (0,8)	(ЦЛ + 2ТП) (2ЦЛ + 2ТП)
СФ 0.0y	Сферические, вращательного движения, $x - y$ – симметричные, с объемной активной зоной	Не обнаружены	
ТЦ 0.0y	Тороидальные цилиндрические, вращательного движения, $x - y$ – симметричные, с объемной активной зоной	[5] – (1)	(ТЦ)
ПЛ 2.0x	Плоские, поступательного движения $x - y$ – симметричные, с объемной активной зоной	[2], [3], [4] – (0,7 – 0,75)	(3ПЛ) (4ПЛ)

* в круглых скобках указан расчетный коэффициент использования активного объема известных структурных вариантов ЭМ.

Анализ известных конструктивных вариантов ЭМ, характеризующихся предельным значением коэффициента использования активного объема [2–8], позволяет выделить следующие системные свойства рассматриваемого класса машин:

- наличие кольцевой распределенной обмотки, создающей вращающееся или бегущее магнитное поле;
- эквидистантное расположение подвижной части относительно активной поверхности статора ЭМ;
- максимально возможное взаимное перекрытие неподвижной и подвижной активных поверхностей машины;
- объемное (трехмерное) распределение магнитного поля.

Техническая реализация указанных свойств обуславливает необходимость применения характерных конструктивных приемов, таких как консольное крепление статора (индуктора) к корпусу машины (рис. 1, 2); использование в магнитной цепи статора дополнительных магнитопроводов с ортогональным направлением шихтовки (рис. 1, 2); совмещение роторов с различной пространственной геометрией (рис. 1).

Исключения составляют структурные представители тороидальных цилиндрических ЭМ с внутренним твердотельным ротором (рис. 3). Это единственный вид, в котором генетически допустимо 100% использование активного объема при условии использования магнитно подвешенного ротора [5].

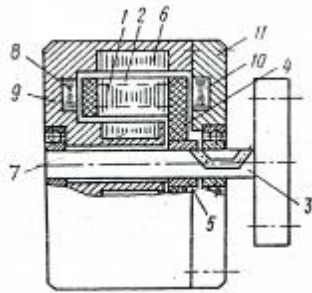


Рисунок 1 – Электрическая машина вида цилиндрических (ЦЛ 0.0у): 1 – магнитопровод статора; 2 – кольцевая обмотка; 3 – вал; 4 – консоль; 5 – втулка; 6, 7 – внешний и внутренний цилиндрические роторы; 8, 10 – тороидальные дисковые ротора

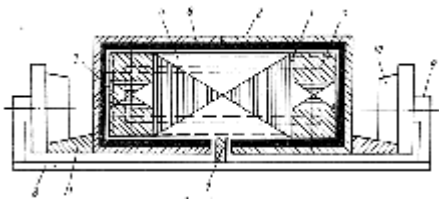


Рисунок 2 – Плоская электрическая машина поступательного движения (ПЛ 2.0х): 1 – индуктор; 2 – подвижная часть; 3, 5 – дополнительные магнитопроводы; 4 – основной магнитопровод; 6 – электропроводящий слой

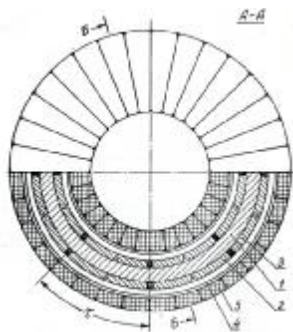


Рисунок 3 – Электрическая машина вида тороидальных цилиндрических (ТЦ 0.0у): 1 – магнитопровод ротора; 2, 3 – постоянные магниты; 4 – тонкостенный немагнитный каркас; 5 – обмотка статора

Пространственная форма активных частей этого вида ЭМ идеально приспособлена для реализации бесконтактного высокоскоростного вращения ротора с возможностью его совмещения с инерционным накопителем энергии (маховиком).

Выводы. Результаты структурно-системных исследований можно обобщить следующими положениями:

1. Впервые осуществлена постановка задачи по анализу принципов структурной организации и определению разнообразия видов ЭМ, допускающих максимальное использование активного объема.

2. Научно обосновано, что основными критериями, определяющими способность структуры ЭМ обеспечивать предельное использование активного объема являются генетически определенные признаки: наличие электромагнитной симметрии $x - y$ – типа и принадлежность структуры к источникам электромагнитного поля топологической подгруппы 0.0у.

3. По результатам структурного предвидения, впервые установлено, что видовое разнообразие ЭМ с предельным значением коэффициента использования активного объема, ограничивается пятью гомологическими видами ЭМ, реализующих вращательное движение и четырьмя видами, реализующих поступательное движение.

4. Системным свойством всех структурных представителей исследуемого класса ЭМ является наличие кольцевой распределенной симметричной обмотки статора и эквидистантное расположение подвижной части относительно активной поверхности статора ЭМ.

5. По результатам исследований создан генетический банк данных структурного разнообразия ЭМ с предельным использованием активного объема.

Результаты исследования представляют системную основу для постановки задач направленного синтеза новых разновидностей высокоиспользованных ЭМ с улучшенными технико-экономическими показателями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шинкаренко В.Ф. Основы теории эволюції електромеханічних систем. – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.
2. А.с. 345568 СССР, МКИ² Н02К 41/04. Линейный асинхронный электродвигатель / А.Д. Школьников, А.Ф. Борознец. – Оpubл. 17.04.73. Бюл. № 18.
3. А.с. 551771 СССР, МКИ² Н02К 41/04. Линейный асинхронный электродвигатель / А.Д. Школьников, А.Ф. Борознец. – Оpubл. 25.03.77. Бюл. № 11.
4. А.с. 604516 СССР, МКИ² Н02К 41/04. Линейный асинхронный двигатель / П. Шверцлер. – Оpubл. 25.04.78. Бюл. № 15.
5. А.с. 905950 СССР, МКИ³ Н 02 К 29/02. Вентильный электродвигатель-маховик с электромагнитным подвесом ротора / Е.Н. Баранов. – Оpubл. 15.02.82. Бюл. № 6.
6. А.с. 1688355 СССР, МКИ⁵ Н 02К 19/22. Бесконтактная синхронная электрическая машина / В.А. Бурков, А.В. Иванов-Смоленский, В.А. Кузнецов, Е.А. Новикова. – Оpubл. 30.10.91. Бюл. № 40.
7. А.с. 1711289 СССР, МКИ⁵ Н 02К 1/06. Асинхронный двигатель с внешним ротором / В.В. Митин, В.А. Кожевников, М.Ф. Уткин, Л.Н. Макаров. – Оpubл. 07.02.92. Бюл. № 5.
8. Пат. РФ 2051459, МКИ⁶ Н 02К 17/30. Мотор с кольцевой обмоткой / В.А. Дартау. – Оpubл. 27.12.95. Бюл. № 36.

Стаття надійшла 21.03.2011 р.
Рекомендовано до друку к.т.н., доц.
Некрасовим А.В.

ГЕНЕТИЧНО ДОПУСТИМА РІЗНОМАНІТНІСТЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ІЗ ГРАНИЧНИМ ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВНОГО ОБ'ЄМУ

Шинкаренко В.Ф., д.т.н., проф., Маляренко С.О., студ., Тороповський О.О., студ.
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
просп. Перемоги, 37, 03056, м. Київ, Україна
E-mail: svf46@voliacable.com

Викладено результати аналізу принципів побудови і визначення генетично допустимої різноманітності Видів електричних машин, що допускають максимальне використання активного об'єму. Науково обгрунтовані критерії, що визначають граничне використання активного об'єму.

Ключові слова: генетика, електрична машина, активний об'єм, електромеханічна система.

GENETICALLY ADMISSIBLE VARIETY OF ELECTRICAL MACHINES WITH LI- MITED USE OF ACTIVE VOLUME

Shynkarenko V., Doc. Sci. (Tech.), Prof., Malyarenko S., stud., Toropovsky A., stud.
National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
prosp. Peremogy, 37, 03056, Kyiv, Ukraine
E-mail: svf46@voliacable.com

Results of the analysis of principles of creation and definition of genetically admissible variety of kinds of the electrical machines supposing maximum use of active volume are stated. The criteria defining limited use of active volume are scientifically proved.

Key words: genetics, electrical machine, active volume, electromechanical system.