

УДК 621.313.8

СТРУКТУРНО-СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТОРОИДАЛЬНИХ ПЛОСКИХ  
ЕЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН**В. Ф. Шинкаренко, В. В. Чумак, Е. А. Монахов**

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

ул. Политехническая, 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: svf46@voliacable.com, emonachov@gmail.com

Выполнен анализ структурных, генетических и таксономических свойств электромеханических преобразователей энергии с тороидальной плоской активной поверхностью. Определена и проанализирована их родовая генетическая программа и подпрограмма электрических машин вращательного движения. Определен количественный состав и инновационный потенциал видового разнообразия тороидальных электрических машин. Рассмотрена последовательность решения поисковой задачи по заданной функции синтеза с использованием генетической программы. На основе генетического моделирования определены структурные формулы и осуществлен направленный синтез генетически допустимых структур генераторов с тороидальной плоской активной поверхностью. По результатам синтеза разработаны конкурентоспособные технические решения и созданы экспериментальные образцы синхронных генераторов, предназначенных для функционирования в составе смещенной системы «Генератор–ветротурбина».

**Ключевые слова:** тороидальная плоская активная поверхность, «Генератор–ветротурбина», родовая генетическая программа, генетический синтез.

СТРУКТУРНО-СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТОРОІДАЛЬНИХ ПЛОСКИХ  
ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН**В. Ф. Шинкаренко, В. В. Чумак, Е. А. Монахов**

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

вул. Політехнічна, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: svf46@voliacable.com, emonachov@gmail.com

Здійснено аналіз структурних, генетичних і таксономічних властивостей електромеханічних перетворювачів енергії з тороїдальною плоскою активною поверхнею. Визначено й проаналізовано їх родову генетичну програму та підпрограму електричних машин обертального руху. Визначено кількісний склад та інноваційний потенціал видової різноманітності тороїдних електричних машин. Розглянуто послідовність розв'язання пошукової задачі за заданою функцією синтезу з використанням генетичної програми. За результатами генетичного моделювання визначено структурні формули й здійснено спрямований синтез генетично допустимих структур генераторів з тороїдною плоскою активною поверхнею. За результатами синтезу розроблено конкурентоспроможні технічні рішення й створено експериментальні зразки синхронних генераторів, призначених для функціонування у складі суміщеної системи «Генератор–вітротурбіна».

**Ключові слова:** тороїдальна плоска активна поверхня, «Генератор–вітротурбіна», родова генетична програма, генетичний синтез.

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ.** Электромеханические преобразователи энергии (ЭМПЭ) относятся к генетически организованному классу сложных систем природно-антропогенного происхождения, направляемая человеком техническая эволюция которых осуществляется в соответствии с их генетическими программами [1, 2]. В результате структурно-системных исследований установлена и экспериментально подтверждена генетическая природа структурной эволюции ЭМПЭ и ее связь с порождающей периодической системой электромагнитных элементов. Наличие детерминированной связи между расширяющимся разнообразием электрических машин и электромеханических устройств, с одной стороны, и элементным базисом, представленным генетической классификацией (ГК) первичных источников электромагнитного поля – с другой, открывает возможность постановки и решения сложных системных задач, связанных с анализом принципов структурообразования и структурным предвидением на уровне произвольных функциональных, структурных или таксономических классов

ЭМПЭ.

Электромеханические преобразователи энергии с тороидальной активной поверхностью на данное время технической эволюции электромеханики представлены большим разнообразием функциональных классов вращающихся электрических машин, обмоток электротехнических и электрофизических устройств, электромагнитных систем трансформаторов и электродинамических аппаратов, которые нашли широкое применение в электромеханике и электротехнике [3–6]. Отличительной особенностью таких машин и устройств является наличие плоского воздушного зазора при осевой симметрии активной поверхности и аксиальная ориентация нормальной составляющей индукции по отношению к оси симметрии. Совокупность указанных признаков отличает тороидальные плоские машины от их ближайших классов – с цилиндрическими, плоскими и тороидальными цилиндрическими активными поверхностями.

Предыдущими исследованиями установлено, что тороидальные электрические машины с плоским

воздушным зазором в ранговой структуре систематики ЭМПЭ имеют статус Рода, родовая генетическая программа которого содержит информацию о генетически допустимом разнообразии его Видов [1, 7]. Как известно, задачи систематики, эволюционного анализа и структурного предвидения в пределах произвольных функциональных классов ЭМПЭ не поддаются решению традиционными методами математического моделирования и параметрического синтеза и могут быть решены только на основе анализа макрогенетических программ класса. Методология решения таких системных задач относится к прерогативе генетической электромеханики [8]. Если известное видовое разнообразие можно определить по результатам филогенетического анализа, то вторая, скрытая часть разнообразия, представленная неявными Видами, еще отсутствующими на данное время технической эволюции, определяется исключительно на основе анализа генетических программ [9, 10].

Результаты расшифровки генетических программ составляют системную основу для решения широкого круга задач инновационного синтеза и осуществления обоснованного выбора ЭМ-структур, с учетом как известных, так и неявных видов электромеханических структур (ЭМ-структур), еще отсутствующих на данном этапе их эволюции. Поэтому выполнение структурно-системных исследований на уровне видового разнообразия электрических машин с тороидальными плоскими активными поверхностями имеет важное значение как с точки зрения фундаментализации и упорядочения знаний, так и для решения широкого круга инновационных задач синтеза при создании новых конкурентоспособных образцов техники с электромеханическими преобразователями энергии.

Целью данной работы является структурно-системный анализ родовой генетической программы и определение инновационного потенциала Видов электромеханических преобразователей энергии с тороидальной плоской активной поверхностью.

**МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ.**  
*Макрогенетическая программа Рода и ее анализ.* Для решения задачи синтеза необходимо определить генетическую программу исследуемого класса ЭМ-систем. Наличие такой информации при условии проведения патентно-информационного поиска за заданным объектом исследования позволяет определить видовое разнообразие исследуемого рода ЭМ-структур и выделить доминирующие виды ЭМПЭ, которые содержат информацию о генетически допустимых структурах, удовлетворяющих заданной совокупности требований.

С точки зрения системного анализа, исследуемый класс электрических машин с тороидальной плоской активной зоной относится к геометрическому классу ЭМ-систем. Порождающий базис исследуемого класса ЭМПЭ представлен набором родительских электромагнитных хромосом четвертого малого периода в структуре генетического кода

(ГК). В соответствии с принципом сохранения генетического кода, между структурно-информационным базисом ГК и видовым разнообразием рода имеется детерминированная связь, которая определяется следующей последовательностью уровней сложности: «Порождающая периодическая система» → «Принцип диссимметризации П. Кюри» → «Информационный базис (генетические коды) малого периода» → «Родовой набор родительских хромосом» → «Видовое разнообразие» → «Род ЭМ-систем».

Исходя из анализа генетических принципов систематики, рассматриваемую родовую категорию ЭМ-структур можно представить упорядоченными подмножествами геометрически родственных электромагнитных хромосом (первичных источников поля)

$$G_{ТП} = (G_0, {}^1G_{01}, {}^2G_{02}, {}^3G_{03}), \quad (1)$$

где  $G_0$  – подмножество порождающих хромосом Рода базового уровня:

$$(S_{00y}, S_{00x}, S_{02y}, S_{20x}, S_{22y}, S_{22x})_{ТП} \subset G_0, \quad (2)$$

${}^*G_{01}, {}^*G_{02}, {}^*G_{03}$  – уровни сложности источников – изотопов (анализ ограничиваем первыми тремя уровнями сложности):

$${}^1(S_{00y}, S_{00x}, S_{02y}, S_{20x}, S_{22y}, S_{22x})_{ТП} \subset {}^1G_{01}; \quad (3)$$

$${}^2(S_{00y}, S_{00x}, S_{02y}, S_{20x}, S_{22y}, S_{22x})_{ТП} \subset {}^2G_{02}; \quad (4)$$

$${}^3(S_{00y}, S_{00x}, S_{02y}, S_{20x}, S_{22y}, S_{22x})_{ТП} \subset {}^3G_{03}. \quad (5)$$

Таким образом, с учетом принятых допущений родовая программа электромагнитных и электромеханических устройств с тороидальной активной поверхностью ограничена набором из 24 родительских хромосом.

*Генетическая подпрограмма электрических машин вращательного движения.* Ключевой проблемой в генетической эволюции сложных систем занимает категория Вида. Системная природа Вида определяется своей непосредственной наследственной связью с генетическими кодами первичных источников поля (родительских хромосом), системным носителем которых выступает периодическая структура ГК. Все разнообразие развивающихся объектов и систем в конечном итоге можно представить как совокупность развивающихся Видов. Понятие Вида ЭМ-системы пространственно-временное (эволюционное), т.к. он возникает в процессе эволюции системы определенного рода.

С другой стороны, сущность Вида раскрывается только через его генетическую структуру, т.к. информация и структура произвольного Вида определяется его генетическим кодом. Поэтому упорядоченные подмножества порождающих хромосом (2) можно рассматривать как идеализированную генетическую макропрограмму Рода тороидальных плоских ЭМ-объектов, поскольку каждой порождающей хромосоме генетического уровня ставится в соответствие определенный Вид ЭМ-объектов в

технической эволюции Рода. Результаты анализа макропрограммы (6) по критерию генетической предрасположенности к реализации функции электрической машины (геометрия активных поверхностей – тороидальная плоская; твердотельный ротор; вращательное движение) позволяют определить количественный видовой состав тороидальных плоских ЭМ вращательного движения:

$$S_G = (ТП0.0у; ТП0.2у; ТП2.2у; {}^1ТП0.2у; {}^3ТП0.2у; {}^2ТП2.0х; {}^1ТП2.2у; {}^3ТП2.2у). \quad (6)$$

Таким образом, видовое разнообразие тороидальных плоских электрических машин вращательного движения ограничено восемью видами, что составляет лишь третью часть его генетической программы. Анализ генетически допустимого разнообразия видов показывает, что родовая подпрограмма включает:

- три вида базового уровня (ТП0.0у; ТП0.2у; ТП2.2у) и пять видов – близнецов ( ${}^1ТП 0.2у$ ;  ${}^3ТП 0.2у$ ;  ${}^2ТП 2.0х$ ;  ${}^1ТП 2.2у$ ;  ${}^3ТП 2.2у$ );
- два вида (ТП0.0у и  ${}^2ТП2.0х$ ) с топологией кольцевых распределенных обмоток и шесть видов с топологией обмоток поверхностного типа (ТП0.2у; ТП2.2у;  ${}^1ТП0.2у$ ;  ${}^3ТП0.2у$ ;  ${}^1ТП2.2у$ ;  ${}^3ТП 2.2у$ );
- шесть видов с двухсторонней (ТП0.0у;  ${}^1ТП0.2у$ ;  ${}^3ТП0.2у$ ;  ${}^2ТП2.0х$ ;  ${}^1ТП2.2у$ ;  ${}^3ТП2.2у$ ) и два вида (ТП0.2у; ТП2.2у) с односторонней активной поверхностью;
- по типу пространственной волны поля программа включает виды с вращающейся волной поля (ТП0.0у; ТП0.2у; ТП2.2у;  ${}^1ТП0.2у$ ;  ${}^3ТП0.2у$ ;  ${}^2ТП2.0х$ ) и два вида ( ${}^1ТП0.2у$  и  ${}^1ТП2.2у$ ), объекты которого создают инверсные вращающиеся волны поля на активных поверхностях);
- по критерию первичных электромагнитных концевых эффектов: без концевых эффектов (ТП0.0у); с поперечными концевыми эффектами (ТП0.2у;  ${}^1ТП0.2у$ ;  ${}^3ТП0.2у$ ); с продольным эффектом ( ${}^2ТП2.0х$ ); с продольно-поперечными эффектами (ТП2.2у;  ${}^1ТП2.2у$ ;  ${}^3ТП2.2у$ );
- по топологическим свойствам активной поверхности: с замкнутой активной поверхностью без края (вид ТП0.0у); с замкнутой активной поверхностью с краем (виды ТП0.2у;  ${}^1ТП0.2у$ ;  ${}^3ТП0.2у$ ;  ${}^2ТП2.0х$ ); с разомкнутой активной поверхностью (виды ТП2.2у;  ${}^1ТП2.2у$ ;  ${}^3ТП2.2у$ ).

Родовое разнообразие видов ЭМ-объектов, задействованных в технической эволюции, и видов неявного типа (с учетом заданных критериев) связано уравнением равновесия, отображающим количественную сторону общесистемного закона устойчивости видовых форм [11]:

$$S_G = (S_H + S_F) \subset G_i, \quad (7)$$

где  $S_G$  – конечное множество генетически допустимых видов в структуре рода  $G_i$ ;  $S_H$  – подмножество реально-информационных видов, исторически задействованных на текущее время структурной эволюции рода  $T_E$ ;  $S_F$  – подмножество неявных видов,

еще отсутствующих на текущее время эволюции  $T_E$ .

Применительно к электромагнитным структурам сущность закона устойчивости видовых форм объясняется наличием фундаментальной генетической связи между элементарно-информационным базисом периодической структуры ГК и видовым разнообразием по принципу «Один код – один Вид».

Уравнение (7) отображает прогностическую сущность закона устойчивости, критерием которой выступает составляющая  $N_F$ , обобщающая количественный результат структурного предвидения неявных видов. По результатам патентно-информационных исследований установлено, что за 195 лет технической эволюции тороидальных плоских электрических машин вращательного движения историческая составляющая  $S_H$  представлена тремя видами базового уровня и одним видом-близнецом:

$$S_H = (ТП0.0у; ТП0.2у; ТП 2.2у; {}^2ТП2.0х). \quad (8)$$

С учетом (7) и (8) определяем видовой состав неявных видов, который представлен видами-близнецами:

$$S_F = (S_G - S_H) = ({}^1ТП0.2у; {}^3ТП0.2у; {}^1ТП2.2у; {}^3ТП2.2у). \quad (9)$$

Таким образом, инновационный потенциал родовой генетической подпрограммы вращающихся ЭМ (на уровне видов, с учетом принятых ограничений), на данное время эволюции составляет 50 %.

*Генетический синтез.* Произвольный вид ЭМ-объектов из родовой программы (6) обладает внутренней организационной структурой, которая подчиняется стандартной иерархической последовательности уровней сложности: «Вид ЭМПЭ» → «подвид» → «популяция» → «ЭМ-объект» → «порождающая хромосома». Таким образом, генетическая информация произвольного ЭМ-объекта определяется информацией соответствующей порождающей хромосомы. Интегральная генетическая информация порождающих хромосом идентифицируется методами генетического моделирования как результат направленного синтеза по заданной целевой функции с использованием соответствующих генетических операторов.

Рассмотрим задачу внутривидового синтеза на примере поисковой задачи по определению структуры тороидального синхронного генератора с двухсторонней активной зоной, предназначенного для функционирования в составе совмещенной системы типа «Генератор–ветротурбина».

Для формирования интегральной функции синтеза  $F_S$  учитываем следующие требования:

- 1) реализация вращательного движения ( $\omega_{OX}$ );
- 2) пространственная геометрия активной части генератора – тороидальная плоская ( $G_{TP}$ );
- 3) максимальное использование активной поверхности ( $A_{max}$ );
- 4) возможность совмещения ротора генератора с ветротурбиной ( $F_R \times F_W$ );
- 5) наличие осевой симметрии совмещенных

активных частей ( $S_{OX}$ );

б) минимальный уровень сложности совмещенной структуры ( $C_{min}$ ).

С учетом указанных требований, интегральная функция синтеза приобретает вид:

$$F_S = [\omega_{OX}; G_{TP}; A_{max}; (F_R \times F_W); S_{OX}; C_{min}] \subset R_n. \quad (10)$$

С целью снижения размерности пространства возможных решений  $R^n \rightarrow min$  введем следующие ограничения:

– область синтеза ограничиваем хромосомным набором Рода тороидальных плоских ЭМ-структур в пределах первого большого периода ГК;

– рассматриваются родительские хромосомы, принадлежащие к базовому уровню ГК и источни-

ков – изотопов (трех первых уровней сложности);

– учитываются родительские хромосомы, которым ставится в соответствие однообмоточное исполнение активной поверхности синхронного генератора.

В родовой генетической макропрограмме (6) требованиям 1 и 3 удовлетворяют только две родительские хромосомы:  $ТП0.0y \in G_{00y}$  и  ${}^1TP2.0x \in {}^1G_{01}$ . Но т.к. топология хромосомы  ${}^1TP2.0x$  представлена дугowymi активными поверхностями, с учетом требований  $F_S$ , в качестве порождающей для синтеза генетической модели выбираем хромосому  $ТП 0.0y$  (рис. 1). Выбор генетических операторов синтеза осуществляется с учетом частных требований функции синтеза.

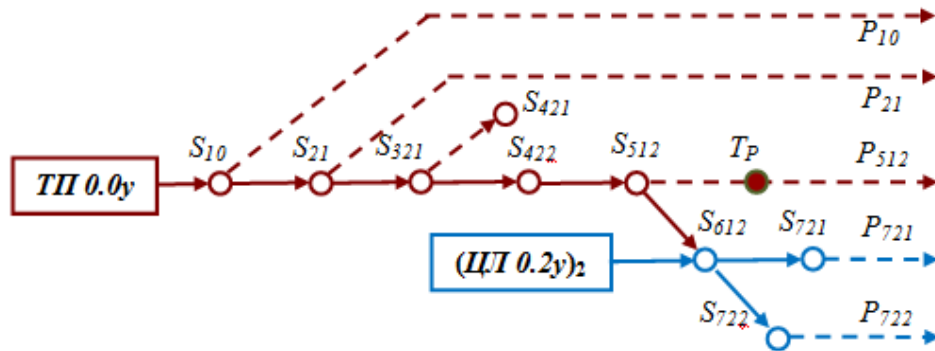


Рисунок 1 – Генетическая модель структурообразования на основе родительской хромосомы  $ТП 0.0y$ :  $S_{10} - S_{522}$  – синтезированные хромосомы;  $P_{10}, P_{21}, P_{522}$  – популяции технических решений;  $T_P$  – вариант технического решения на основе хромосомы  $S_{512}$ ;  $(ЦЛ 0.2y)_2$  – вторичная хромосома

Результаты расшифровки генетической модели (рис. 1) приведены в табл. 1. Анализ модели позволяет выделить пять возможных траекторий синтеза, представленных соответствующими популяциями структурной реализации  $P_{10}, P_{21}, P_{512}, P_{721}$  и  $P_{722}$ .

Объекты популяции  $P_{10}$  характеризуются внутренним расположением беззвального ротора генератора относительно тороидальной обмотки статора, что не удовлетворяет требованию его совмещения с ветротурбиной.

Оператор пространственной инверсии порождает хромосому  $S_{21}$ , структурным эквивалентом которой является однороторное исполнение генератора, что противоречит требованию максимального использования активной поверхности кольцевой обмотки. Всей совокупности требований целевой функции синтеза удовлетворяют структуры – изомеры, образующие популяцию двухроторных структур  $P_{512}$ . Все структуры такого типа будут иметь двухстороннее (аксиальное) расположение роторов относительно активной поверхности статора и обеспечивают возможность их механического совмещения с рабочим колесом ветротурбины (рис. 2).

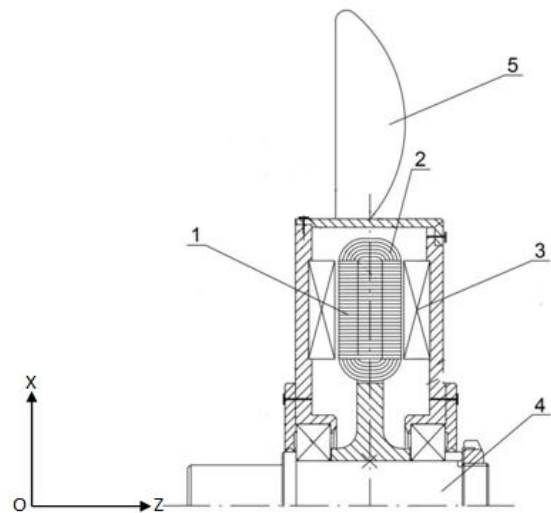


Рисунок 2 – Вариант технического решения совмещенной системы «Генератор–ветротурбина», синтезированного по генетической информации хромосомы  $S_{512}$ : 1 – магнитопровод статора; 2 – кольцевая распределенная обмотка; 3 – ротор; 4 – вал; 5 – ветротурбина

Таблица 1 – Результаты анализа генетической модели структурообразования совмещенных ЭМ-систем типа «Генератор–ветротурбина» (подгруппа 0.0y)

Код хромосомы	Структурная формула хромосомы	Статус хромосомы	Структурный эквивалент
$S_{00}$	$ТП\ 0.0y$	Родительская, информационная	
$S_{10}$	$(ТП\ 0.0y)_1 \times (ТП\ 0.2y)_2$	Парная, порождающая ( $N_1 = 1; N_2 = 1$ );	
$S_{21}$	$[(ТП\ 0.2y)_1 \times (ТП\ 0.2y)_2]^{-1}$	Инверсная, порождающая ( $N_1 = 1; N_2 = 1$ ) <sup>-1</sup> ;	
$S_{321}$	$[(ТП\ 0.2y)_1 \times 2(ТП\ 0.2y)_2]^{-1}$	Хромосома – репликатор, информационная	
$S_{421}$	$[(ТП\ 0.2y)_1 : 2(ТП\ 0.2y)_2]^{-1} oz$	Аксиальный изомер ОZ, порождающая ( $N_1 = 1; N_2 = 2$ ) <sup>-1</sup> ;	
$S_{422}$	$[(ТП\ 0.2y)_1 \times 2(ТП\ 0.2y)_2]^{-1} ox$	Радиальный изомер ОX, информационная	
$S_{512}$	$[(ТП\ 0.2y)_1 \times 2(ТП\ 0.2y)_2]^{-1} oz \times (BT)$	Совмещенная, порождающая ( $N_1 = 1; N_2 = 2$ ) <sup>-1</sup> ;	
$S_{612}$	$[(ТП\ 0.2y)_1 \times 2(ТП\ 0.2y)_2]^{-1} oz \times (BT) \times (ЦЛО.2y)_2$	Совмещенная, информационная	
$S_{721}$	$[(ТП\ 0.2y)_1 \times 2(ТП\ 0.2y)_2]^{-1} oz \times (BT) \times (ЦЛО.2y)_2$	Совмещенная – изомер, порождающая ( $N_{2ТП} = 2; N_{2ЦЛ} = 1$ );	
$S_{722}$	$[(ТП\ 0.2y)_1 \times 2(ТП\ 0.2y)_2]^{-1} oz \times (BT) \times (ЦЛО.2y)_2^{-1}$	Совмещенная – инверсный изомер, порождающая ( $N_{2ТП} = 2; N_{2ЦЛ} = 1$ )	

Процедура внутривидового скрещивания хромосомы  $S_{512}$  с вторичной хромосомой  $(ЦЛ\ 0.2y)_2$ , которая является представителем рода цилиндрических, порождает изомерную группу ( $S_{721}, S_{722}$ ), которой ставятся в соответствие две пространственные разновидности ЭМ-структур с трехсторонней активной поверхностью и гибридным ротором (табл. 1), где

$$S_{512} \times (ЦЛ\ 0.2y)_2 \rightarrow (S_{721}, S_{722}); \quad (11)$$

$$S_{721} = [(ТП\ 0.2y)_1 \times 2(ТП\ 0.2y)_2]^{-1} oz \times (S_{BT}) \times (ЦЛО.2y)_2; \quad (12)$$

$$S_{722} = [(ТП\ 0.2y)_1 \times 2(ТП\ 0.2y)_2]^{-1} oz \times (S_{BT}) \times (ЦЛО.2y)_2^{-1}. \quad (13)$$

Структурные формулы, полученные по результатам моделирования, и их визуальные образы (табл. 1) выполняют роль интеллектуальных подсказок для разработки оригинальных технических решений не только для совмещенных систем типа «Генератор–ветротурбина», но и других ЭМ-систем с тороидальной плоской активной поверхностью.

Результаты синтеза использованы для разработ-

ки конкурентоспособных технических решений и экспериментальных образцов совмещенных ЭМ-систем «Генератор–ветротурбина» [12].

**ВЫВОДЫ.** Основные результаты исследований можно обобщить следующими положениями.

1. Научно обосновано, что расширяющееся разнообразие электромагнитных и электромеханических устройств с тороидальной плоской активной поверхностью относится к генетически определенному классу ЭМ-систем, имеющему таксономический ранг Рода, элементный и информационный базис которого представлен в периодической структуре генетической классификации, генетическими кодами первичных источников электромагнитного поля четвертого малого периода.

2. Впервые определена макрогенетическая программа Рода тороидальных плоских ЭМПЭ, представленная 24 родительскими хромосомами, восемь из которых определяют генетически допустимое разнообразие электрических машин вращательного движения.

3. Впервые определено, что родовое разнообразие видов вращающихся электрических машин с

тороидальной активной поверхностью представлено двумя видами с топологией кольцевых распределенных обмоток и шестью видами с распределенными обмотками поверхностного типа.

4. На основе совместного анализа генетической программы и результатов патентно-информационных исследований впервые установлено, что за 195 лет технической эволюции тороидальные плоские электрические машины представлены четырьмя видами, а инновационный потенциал Рода составляет 50 % от генетически допустимого видового разнообразия.

5. На примере поисковой задачи осуществлен направленный синтез генетически допустимых структур электрических генераторов по заданной функции синтеза. По результатам синтеза разработаны конкурентоспособные технические решения и созданы экспериментальные образцы синхронных генераторов, предназначенных для функционирования в составе совмещенной системы «Генератор-ветротурбина».

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Шинкаренко В.Ф. Основы теории эволюции электромеханических систем // Национальный технический университет Украины «Київський політехнічний інститут». – К.: Наукова думка, 2002. – 285 с.
2. Шинкаренко В.Ф. Генетические программы структурной эволюции антропогенных систем (Междисциплинарный аспект) // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2013. – Т. 4. – Вип. 13. – С. 11–20.
3. Игнатов В.А., Вильданов К.Я. Торцевые асинхронные электродвигатели интегрального изготовления. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 304 с.
4. Афонин А.А., Гребенников В.В. Структура электрических машин дискового типа // Праці ІЕД НАНУ. – 2002. – Вип. 1. – С. 56–70.
5. Афонин А.А., Гребенников В.В., Цежневски П. Особенности топологии магнитоэлектрических дисковых электродвигателей // Технічна електродинаміка. – 1999. – Вип. 1. – С. 50–59.
6. Перминов Ю.Н., Шевченко Ю.В. Ветрогенераторы малой мощности // Відновлювана енергетика. – 2006. – Вип. 4. – С. 63–65.
7. Августиневич А.А. Наукові засади створення геносистематики електричних машин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.09.01 "Електричні машини і апарати. – К.: ІЕД НАН України, 2008. – 20 с.
8. Шинкаренко В.Ф. Задачи и проблемы генетической электромеханики // Материалы междунар. науч.-техн. конф. «Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах». – Севастополь, 2003. – С. 11–15.
9. Shynkarenko V.F., Kuznietsov Y.N. Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 2) // 11<sup>th</sup> Anniversary International Scientific Conference «Unitech'11», 18–19 November 2011. – Gabrovo, Bulgaria. – Iss. 1. – PP. 44–52.
10. Shynkarenko V.F., Gaidaienko Iu., Al-Husban Ahmad N. Genetic Programs of Structural Evolution of Hybrid Electromechanical Objects // International journal of Engineering and Technology. – Iss. 2/2013 (1). – PP. 44–49.
11. Реймерс Н.Ф. Надежды на выживание человечества. Концептуальная экология // Экология. – М., 1992. – 368 с.
12. Пат. № 105763 Україна, МПК H02K 21/22, F03D 3/00. Вітрогенератор торцевої конструкції / С.О. Кудря, Ю.М. Перминов, В.П. Коханевич та ін. № а2015 07559; заявл. 28.07.2015; опубл. 11.04.2016, Бюл. № 7.

#### STRUCTURAL-SYSTEM ANALYSIS OF TOROIDAL FLAT ELECTRICAL MACHINES

V. Shynkarenko, V. Chumack, E. Monakhov

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

ul. Politehnicheskaya, 37, Kyiv, 03056, Ukraine. E-mail: svf46@voliacable.com, emonachov@gmail.com

**Purpose.** To analyze structural, genetic and taxonomic properties of electromechanical energy transducers with toroidal flat active surface. And to identify generic genetic program and subprograms of rotational electrical machines with toroidal flat active surface. **Methodology.** Analyze and identification of genetic and taxonomic properties are based on the genetic programs of electromechanical transducers. **Results.** It was determined quantitative composition of elements and innovation potential of species diversity of electrical machines. **Originality.** On the basis of genetic simulations there were determined structural formulas and done determined synthesis of allowable structures of generators with toroidal flat active surface. **Practical value.** The sequence solution of search task for given function of synthesis with applying genetic program was considered. According to the results of synthesis there were developed competitive technical solutions and made experimental samples of generators, that are destined for functioning in combined system "Generator - wind turbine".

**Key words:** toroidal flat active surface, "Generator-wind turbine", generic genetic program, genetic synthesis.

## REFERENCES

1. Shynkarenko, V. (2002), *Osnovi teoriiy evolyutsiyi elektromekhanichnih sistem* [The basis of theory evolution of electromechanical systems], Naukova dumka, Kiev. (in Ukrainian)
2. Shynkarenko, V.F. (2013), "Genetic programs of structural evolution of human systems (The interdisciplinary aspect)", *Pratsi Tavriyskogo derzhavnogo agrotehnologichnogo universitetu*, Vol. 4, no. 13, pp. 11–20. (in Russian)
3. Ignatov, V. (1988), *Tortsevyye asinhronnyie elektrodvigateli integralnogo izgotovleniya* [Axial integrated manufactured asynchronous motors], Energoatomisdat, Moscow. (in Russian)
4. Afonin, A.A. and Grebennikov, V.V. (2002), "Structure of disk type electrical machines", *Pratsi Institutu elektrodinamiky NAN Ukrainy*, Vol. 1, pp. 56–70. (in Russian)
5. Afonin, A.A., Grebennikov, V.V. and Cizhnevskiy, P. (1999), "Topology features of magnetoelectric disk electrical motors", *Tekhnichna elektrodynamika*, no. 1, pp. 50–59. (in Russian)
6. Perminov, Y.N. and Shevchenko, Y.V. (2006), "Small scale wind generators", *Vidnovlyuvana energetika*, Vol. 4, pp. 63–65. (in Russian)
7. Avgustinovich, A.A. (2008), "Scientific principles of creation the genetic systematics of electrical machines", *Abstract of Cand. Sci. (Tech.) dissertation*, 05.09.01, The Institute of Electrodynamics, Kiev. (in Ukrainian)
8. Shynkarenko, V.F. (2003), "Tasks and problems of genetic electromechanics", *Materialy mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Problemy povysheniya effektivnosti elektromekhanicheskikh preobrazovateley v elektroenergeticheskikh sistemah"* [Materials of intern. scientific and engineering conference "Problems of increasing the efficiency of electromechanical transducers in electric power systems"], Sevastopol, 2003, pp. 11–15. (in Russian)
9. Shynkarenko, V.F. and Kuznetsov, Y.N. (2011), Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 2) 11<sup>th</sup> Anniversary International Scientific Conference "Unitech'11", Vol. 1, Gabrovo, Bulgaria, 18–19 November 2011, pp. 44–52.
10. Shynkarenko, V.F., Gaidaienko, Iu. and Ahmad N. Al-Husban (2013), Genetic Programs of Structural Evolution of Hybrid Electromechanical Objects, *International Journal of Engineering & Technology*, Vol. 2, no. 1, pp. 44–49.
11. Reimers, N. (1992), *Nadezhdy na vyizhivanie chelovechestva. Kontseptualnaya ekologiya* [Hopes on survival of mankind. Conceptual ecology], Ecology, Moscow. (in Russian)
12. Kudrya, S.O., Perminov, Y.M. Kohanevich, V.P. et al. (2015), Patent № 105763 *Vitrogenerator tortsevoy konstruktsiyi* [Windgenerator with axial construction], no. a2015 07559; appl. 07/28/2015; publ. 04.11.2016, Bull. no. 7. (in Ukrainian)

Стаття надійшла 31.08.2016.