

## СТРУКТУРНАЯ ИЗОМЕРИЯ И ЕЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧАХ ГЕНЕТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СТРУКТУР

Шинкаренко В.Ф., д.т.н., проф., Августинович А.А., магистр, Лысак В.В., Вахновецкая М.А.  
Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"  
Украина, 03056, Киев – 56, пр-т Перемоги, 37, НТУУ "КПИ", корп. 20, кафедра электромеханики  
тел./факс (044) 241-76-38; E-mail: ntuukafem @ ua.fm

*Дасться визначення структурної ізомерії. Обґрунтовано взаємозв'язок структурної ізомерії з генетичним принципом реплікації електромагнітних хромосом. Розроблено метод синтезу структурних ізомерів на основі послідовного застосування генетичних і геометричних перетворень.*

*Дано определение структурной изомерии. Обоснована взаємозв'язок структурной изомерии с генетическим принципом репликации электромагнитных хромосом. Разработан метод синтеза структурных изомеров на основе последовательного применения генетических и геометрических преобразований.*

### ВВЕДЕНИЕ

Развитие электромеханики как науки, непосредственно связано с созданием и расширением практического использования электромеханических преобразователей энергии. Одна из ключевых задач современной фундаментальной науки заключается в научном объяснении закономерностей прогрессирующего разнообразия объектов электромеханики и выявления источников их структурного разнообразия, знания о которых открывают возможность к систематизации накопленной информации и реализации стратегии предвидения новых классов и разновидностей электромеханических систем (ЭМ-систем).

Указанные проблемы впервые нашли свое теоретическое обобщение в рамках теории генетической эволюции электромеханических систем (ЭМ-систем) [1]. Теоретической основой новой теории явилось открытие периодической системы электромагнитных элементов (первичных источников поля), наделенных генетическими свойствами. В рамках новой теории обоснована взаимосвязь фундаментальных принципов сохранения симметрии, универсального принципа генетического кодирования и свойства структурной периодичности источников электромагнитного поля. Впервые научно доказана генетическая природа Вида ЭМ-системы и разработана теория эволюции Видов ЭМ-систем. Нашли научное объяснение такие системные свойства как изотопия, принцип парности и гомология электромеханических структур.

Развитие новых теорий, связано не только с кардинальным пересмотром существующих представлений в конкретной области знаний, но и с возможностью решения принципиально новых задач, постановка которых ранее была проблематичной, или полностью невозможной.

К таким новым направлениям относится задача научного объяснения свойства изомерии, которое широко проявляется в электромагнитных и электромеханических системах. В данной статье впервые обобщены результаты системного анализа изомерии в электромагнитных структурах и подход к ее моделированию в задачах генетического синте-

за сложных электромеханических структур (ЭМ-структур).

### ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ПРИРОДА СТРУКТУРНОЙ ИЗОМЕРИИ

Как было показано в предыдущих работах [2, 3], структурное разнообразие произвольного Вида ЭМ-систем, на хромосомном уровне, определяется ограниченным набором электромагнитных хромосом, совокупность которых обобщается понятием генома Вида. Методологию генетического синтеза структуры генома определяют генетические принципы структурообразования (скрещивания, репликации, инверсии, кроссинговера и мутации), которые реализует Природа при создании своих сложных систем.

Одним из наиболее продуктивных генетических принципов, является репликация (от лат. *replicatio* – повторение), отвечающая за количественный состав структурных композиций  $\mathbf{K}$ , образованных из  $k$  однотипных элементов типа  $s_0$ :

$$f_R(s_0) \rightarrow k_r s_0 \in \mathbf{K}, \quad (1)$$

где:  $s_0$  – электромагнитная хромосома-репликатор;  $k_R$  – коэффициент репликации.

Примерами структурных вариантов ЭМ-систем, геном которых определяется принципом репликации, являются многосекционные, многообмоточные, многополюсные, многоиндукторные, многороторные, и т.д. структуры, которые широко встречаются на различных уровнях структурной организации функциональных классов электрических машин. Идея генетической репликации лежит также в основе модульного принципа проектирования различных технических систем.

При коэффициенте репликации  $k_R \geq 2$ , составная ЭМ-структура допускает различные варианты пространственных компоновок (композиций, перестановок), количество которых возрастает с увеличением значения  $k_R$ . Это свойство носит системный характер, так как проявляется на любом уровне структурной организации многоэлементных ЭМ-структур. Свойство, связанное с наличием множества вариантов пространственного размещения из одинакового количества однотипных элементов, будем называть *структурной изомерией* (в отличие от *изомерии вещества*), а множества их пространственных композиций – *структурными изомерами*.

Структурная изомерия широко проявляется в многоэлементных электромагнитных и электромеханических системах. Исходя из приведенного выше определения, к классу структурных изомеров относятся: множества пространственных схем соединения параллельных ветвей в якорных обмотках; варианты пространственного размещения полюсов на активных поверхностях; схемы укладки лобовых частей секций многофазных обмоток; компоновочные схемы многоиндукторных ЭМ-систем и т.д.

Структурные изомеры как целостные объекты, могут приобретать новые функциональные свойства, отсутствующие в исходных структурных модулях (свойство эмерджентности). Такие структуры обладают большим эвристическим потенциалом и представляют основу для разработки оригинальных технических решений.

Таким образом, в концепции генетического видообразования ЭМ-систем, структурная изомерия представляет собой неотъемлемое свойство генетического принципа репликации и является

одним из важных источников структурного разнообразия ЭМ-систем.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И СИНТЕЗ СТРУКТУР - ИЗОМЕРОВ

Роль теоретического базиса в методологии генетического синтеза ЭМ-структур выполняют принцип сохранения генетической информации и генетические модели видообразования, относящиеся к классу высокоинтеллектуальных информационных моделей, наделенных явно выраженной прогностической функцией [1, 3]. Такие модели позволили впервые раскрыть внутреннюю структуру Видов и нашли применение в технологии генетического предвидения и направленного синтеза их популяционной структуры, независимо от уровня развития Вида (включая неявные Виды, еще отсутствующие на текущее время структурной эволюции).

Исходная генетическая информация о структурных изомерах содержится в реплицированных электромагнитных хромосомах  $(k, S_0) \in \mathcal{S}$  (где  $\mathcal{S}$  – исследуемый Вид ЭМ-системы), отображаемых генетическими моделями видообразования (рис. 1).

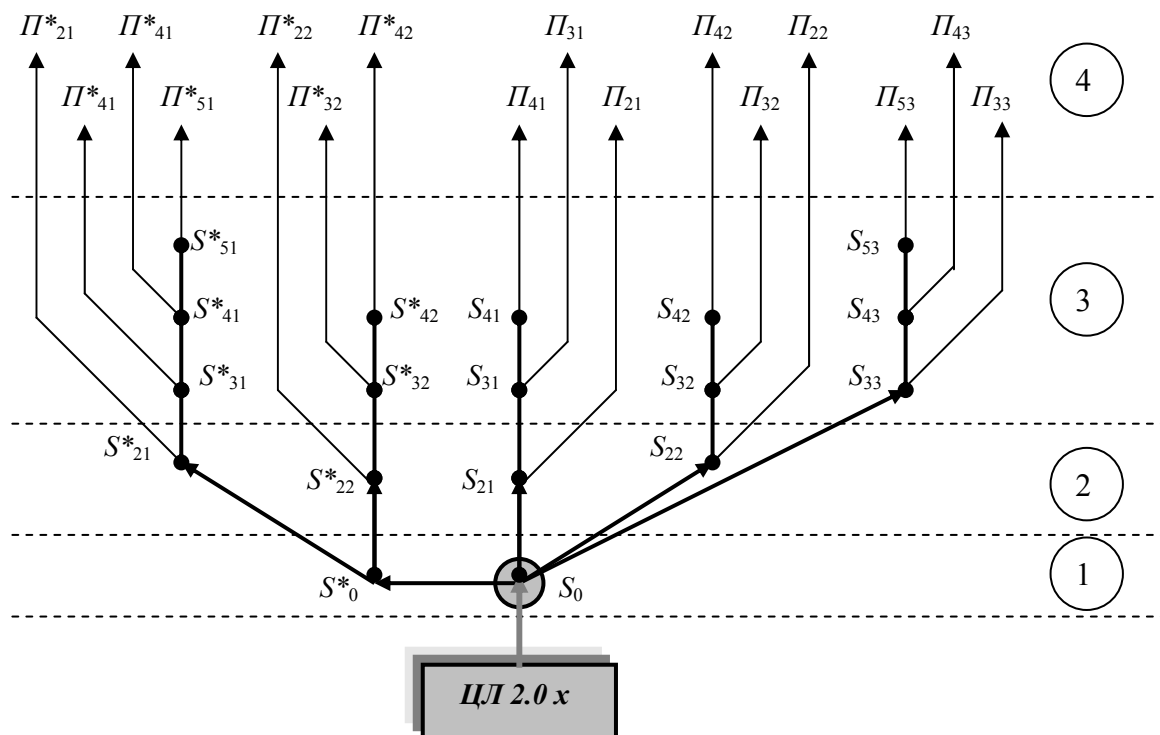


Рис. 1. Генетическая модель популяционной структуры цилиндрических электрических машин поступательного движения (базовый вид ЦЛ 2.0x): ЦЛ 2.0x – родительская хромосома; 1 – порождающая пара хромосом 1-го поколения ( $S_0$  – парная хромосома (нормальная);  $S_0^1$  – инверсная); 2 – хромосомный набор 2-го поколения; 3 – хромосомный набор  $2 + n$  ( $n = 1, 2, \dots$ ) поколений; 4 – структура популяций

Электромагнитные хромосомы такого типа обладают следующими свойствами:

- они наделены генетической информацией (генетическим кодом);
- содержат набор однотипных, структурно, электромагнитно и информационно совместимых структурных элементов (модулей);
- обладают функциональной целостностью

$$k, S_0 = (S_1, S_2, \dots, S_k) \in \Pi_i, \quad i = \overline{1, N}, \quad (2)$$

где,  $\Pi_i$  – популяция, порождаемая  $s_0$ ;  $N$  – число по-

пуляций Вида  $\mathcal{S}$ .

Все потенциально возможные варианты пространственных композиций  $\mathcal{K}$  из  $n$  элементов, в общем случае, являются геометрическими объектами трехмерного пространства  $\mathcal{R}^3$ . Поэтому синтез множества возможных пространственных компоновок можно осуществить, применяя известный аппарат геометрического моделирования [4].

В соответствии с принципом сохранения генетической информации, хромосома-репликатор  $s_0$  содержит

генетическую  $\{g\}$  и количественную информацию. Если эту информацию дополнить метрическими характеристиками и правилами взаимной ориентации элементарных структур, то такая информация будет достаточной для отображения множества возможных композиций  $K$

$$(S_0) = (\{g\}, \{m\}, \{p\}) \quad (3)$$

где:  $\{g\}$  – генетическая информация о пространственной форме, топологических признаках и электромагнитной симметрии;  $\{m\}$  – метрические характеристики и соотношения;  $\{p\}$  – совокупность параметров, определяющих взаимную ориентацию форм  $S_0$  в  $R^3$ .

Генерация возможных вариантов пространственных композиций осуществляется путем последовательного применения геометрических преобразований по отношению к  $s_0$ :

- параллельных переносов  $S_0$  вдоль соответствующих осей координат;
- поворотов исходной структуры относительно осей симметрии порядка  $n$ ;
- масштабирования в  $R^2$  или  $R^3$ .

В результате генерации, при заданных ограничениях, получаем конечное множество пространственных композиций из элементов типа  $s_0$

$$\sum_{i=1}^N f_i(S_0) \rightarrow (K_1, K_2, \dots, K_N) \subset S, \quad (4)$$

где  $f_i(S_0)$  -  $i$ -я функция геометрического преобразования.

Представленные в (4) композиции отображают структуру искомого изомера. Условия однозначности преобразования определяются исходной ориентацией структуры  $s_0$  относительно осей координат и правилами их применения, которые устанавливают новые пространственные координаты исходного примитива относительно заданных геометрических инвариантов.

В генетической модели видообразования результаты синтеза структурных изомеров отображаются соответствующими узлами ветвления, с указанием структурных кодов изомеров и порождаемых ими популяций (рис. 2).

В общем случае, мощность синтезируемого множества структур-изомеров определяется начальными условиями и допущениями, которые отображают особенности соответствующего функ-

ционального класса ЭМ-систем и накладывают требуемые ограничения на область синтеза. Применительно к классу электрических машин, к такой информации могут относиться:

- требуемые варианты пространственного движения подвижных частей (включая инверсные);
- допустимые режимы функционирования;
- другие требования (ограничения).

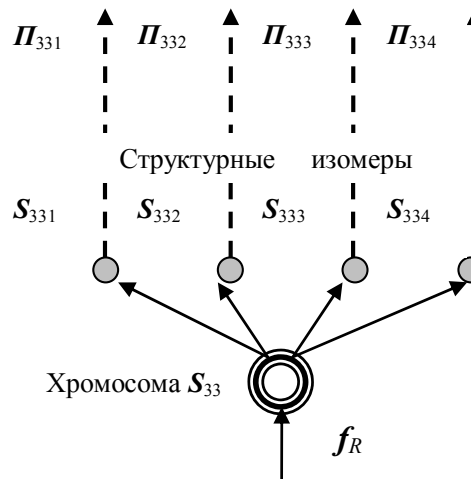


Рис. 2. Графическое представление узла ветвления структур – изомеров в генетической модели

Синтезированные композиции изомеров дополняют и уточняют структуру генома Вида, поэтому их генетическая и приобретенная информация будет сохраняться во всех структурных представителях электромеханических объектов, входящих в структурную популяцию.

Проверка достоверности результатов моделирования осуществлялась на примере задачи синтеза структурных изомеров для многоиндукторных ЭМ-систем Вида ЦЛ 2.0х (рис. 1). В качестве порождающей структуры выбрана реплицированная хромосома третьего поколения  $S_{33}$ . В структуре генома указанного Вида хромосома  $S_{33}$  отвечает за наследственные признаки многоиндукторных цилиндрических линейных двигателей (ЦЛАД).

В табл. 1 приведены результаты синтеза структурных изомеров для случая трехиндукторных ( $k_R=3$ ), а на рис. 3 – эквивалентные пространственные схемы цилиндрических линейных асинхронных двигателей (ЦЛАД) возвратно-поступательного движения.

Таблица 1

Результаты синтеза структурных изомеров подвида многоиндукторных цилиндрических асинхронных двигателей возвратно-поступательного движения ( $k_R=3$ )

Структурный код изомера	Геометрическое преобразование* $s_r$	Пространственная структура изомера	Пространственная композиции ЦЛАД
$S_{331}$	Перенос вдоль оси $OX$	Осевая последовательная	Трехиндукторная с общим вторичным элементом
$S_{332}$	Перенос вдоль оси $OY$	Плоско-параллельная	Трехиндукторная с тремя механически связанными вторичными элементами
$S_{333}$	Поворот относительно оси $OX$ ( $\alpha = 2\pi/3$ )	Поворотной-симметричная	Трехиндукторная с тремя механически связанными вторичными элементами
$S_{334}$	Поворот относительно оси $OZ$ ( $\beta = 2\pi/3$ )	Радиально-лучевая	Трехиндукторная с тремя синхронизированными по направлению движения вторичными элементами

\* В исходной системе координат ось симметрии хромосомы  $S_{33}$  - параллельна оси  $OX$ .

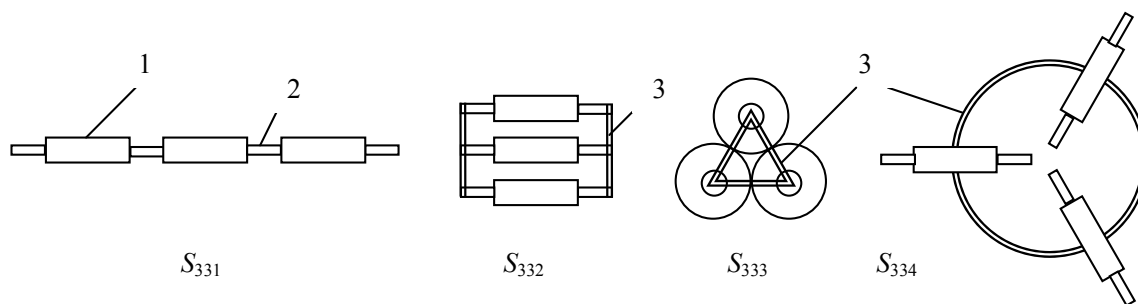


Рис. 3. Пространственные схемы трехиндукторных ЦЛАД (потомство структур-изомеров, синтезированных на основе электромагнитной хромосомы  $S_{33}$ ): 1 – индуктор; 2 – вторичный элемент; 3 – механическая связь

Из четырех синтезированных структур-изомеров (табл. 1), структурные представители двух из них ( $S_{331}$  и  $S_{333}$ ) были выявлены по результатам информационно-патентного поиска, что подтверждает достоверность методики синтеза.

Структурные изомеры  $S_{332}$  и  $S_{334}$  составляют прогностическую составляющую результатов синтеза. Они определяют наследственную информацию неявных популяций и составляют основу для решения задач направленного синтеза оригинальных технических решений.

Генетическая природа изомерии обуславливает возникновение неизбежных параллелизмов в структурообразовании ЭМ-систем, относящихся к различным Видам. Множества таких генетически подобных структур, относящихся к гомологически родственным Видам, образуют гомологичные ряды структур-изомеров.

Наличие указанной закономерности открывает возможность синтеза гомологичных изомеров, основанного на использовании закона гомологических рядов ЭМ-систем. [5].

### ВЫВОДЫ

Результаты исследования можно обобщить следующими положениями:

1. Изомерия представляет собой общесистемное свойство генетически организованных развивающихся систем и выступает одним из источников их структурного разнообразия.

2. Впервые дано определение понятия "структурная изомерия" применительно к объектам электромеханики и определены условия ее проявления. Показано, что структурная изомерия возникает на хромосомном уровне организации многоэлементных структур ЭМ-систем, как неотъемлемое свойство генетического принципа репликации (при условии  $k_R \geq 2$  в  $R^3$ ).

3. Электромагнитные структуры - изомеры обладают генетической информацией и выполняют функцию порождающих структур по отношению к объектам и системам более высокого уровня сложности.

4. Предложен метод синтеза структурных изомеров, основанный на последовательном применении генетического оператора репликации и группы геометрических преобразований (переносов, вращений, масштабирования).

Предложенные уточненные генетические модели, учитывающие структурную изомерию, целесообразно применять: в технологии генетического предвидения новых Видов ЭМ-систем; при проведении геномных исследований, в задачах внутривидовой геносистематики; при создании генетических банков инноваций; в генетическом проектировании многоэлементных электрических машин.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шинкаренко В.Ф. Основы теории эволюции электромеханических систем. – К.: Наукова думка, 2002. – 285 с.
- [2] Шинкаренко В.Ф. На пути к расшифровке генома электромеханических преобразователей энергии. // Технічна електродинаміка. Темат. вип.: "Проблеми сучасної електротехніки". Ч.3. - 2004. – С. 40 – 47.
- [3] Шинкаренко В.Ф., Августинович А.А., Нестыкайло О.С. Генетическое моделирование внутривидовой структуры электромеханических преобразователей энергии // Електротехніка і електромеханіка, 2006. - № 4. – С. 42 – 46.
- [4] Михайленко В.Е. и др. Геометрическое моделирование и машинная графика в САПР. – К.: Выща школа, 1991. – 374 с.
- [5] Шинкаренко В.Ф., Белинский В.С. Конические электрические машины: структурно-системный анализ класса // Електромашинобудування та електрообладнання, 2005, № 64. – С. 54 – 61.

Поступила 30.08.2008