

И.А. ШВЕДЧИКОВА, канд. техн. наук, доц., ВНУ им. Даля,
Луганск;
М.А. ЗЕМЗЮЛИН, аспирант, ВНУ им. Даля, Луганск

ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕДУРЫ ГЕНЕТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА МАГНИТНЫХ СЕПАРАТОРОВ

Запропоновано концепцію інформаційного забезпечення процедури генетичного синтезу магнітних сепараторів та розглянуто основні етапи її практичної реалізації на прикладі функціонального класу дискових магнітних сепараторів.

Предложена концепция информационного обеспечения процедуры генетического синтеза магнитных сепараторов, рассмотрены основные этапы их практической реализации на примере функционального класса дисковых магнитных сепараторов.

Введение. Наличие информации о возможном структурном разнообразии проектируемых электромеханических устройств позволяет существенно уменьшить трудоемкость проектных процедур поискового характера. Структурирование и систематизацию такой информации способны обеспечить новые методологические инструменты, разработанные в последние годы в электромеханике в рамках структурно-системного подхода [1, 2].

Анализ предыдущих исследований. Проблеме упорядочения с единой точки зрения постоянно применяемых конструктивных решений и их вариантов посвящены работы [3-6]. Для ее решения в [4, 5] предлагается организация необходимого конструктору материала в форме каталогов, под которыми понимаются построенные по строгим формальным принципам подборки решений элементарных, повторяющихся задач конструирования, возможных и рациональных вариантов исполнения простых деталей и узлов (объектов) либо правил их соединений (операций). Такие каталоги содержат классификационную, главную, специальную части и позволяют выявить дополнительные закономерности, вытекающие из местоположения объектов и операций в матрице каталога, отвечающей формальным требованиям. К особенностям конструкторских каталогов следует отнести высокую степень полноты и четкие принципы классификаций, используемых при их построении. Благодаря этим особенностям использование конструкторских каталогов предусмотрено в нормативах общества немецких инженеров VDI 2222 (Германия) "Методика конструирования" [7].

Отсутствие верифицируемой терминологической структуры классификационных принципов во многих областях знаний является сдерживающим фактором более широкого применения конструкторских каталогов, разработанных в [5].

В работах [2, 8, 9] обоснована системная концепция информационного обеспечения поисковых процедур, предполагающая структурированную подачу информации в виде каталогов и электронных баз данных, как о существующих (информационно-реальных), так и о потенциально возможных (неявных) видах магнитных сепараторов, и основанная на использовании методологических инструментов генетической систематики – нового научного направления в структурной электромеханике [1]. В отмеченных работах приведены некоторые результаты практической реализации системной концепции (в частности, разработан системный каталог видов магнитных сепараторов). В то же время, с учетом высокой сложности и трудоемкости процесса разработки информационного обеспечения поисковых проектных процедур, остаются нерешенными некоторые частные задачи.

Цель работы. Разработка частной концепции информационного обеспечения процедуры генетического синтеза и ее практическая реализация на примере функционального класса дисковых магнитных сепараторов.

Материал и результаты исследований. Наиболее полная информация о структурном разнообразии магнитных сепараторов определенного класса может быть получена с помощью генетического моделирования, лежащего в основе процедуры внутривидового генетического синтеза [1]. С учетом этого, в рамках системной концепции [2] может быть выделена частная концепция информационного обеспечения процедуры генетического синтеза, предполагающая представление в форме каталогов информации о структурном разнообразии видов магнитных сепараторов (как неявных, так и реально-информационных), образующих функциональный класс, и основанная на использовании генетических моделей видообразования. Рассмотрим основные этапы практической реализации предложенной частной концепции на примере функционального класса дисковых магнитных сепараторов.

Решение указанной задачи предполагает определение полного состава видов рассматриваемого класса магнитных сепараторов. Для определения области $Q_{\text{ДМС}}$ существования порождающих структур дисковых магнитных сепараторов необходимо выделить их существенные признаки, совокупность которых обобщается целевой функцией поиска F_p ,

$$F_p = (p_1, p_2, p_3). \quad (1)$$

К существенным признакам магнитных сепараторов исследуемого класса относятся: p_1 – наличие первичной твердотельной структуры (индуктора магнитного поля) в форме диска; p_2 – наличие вторичной дискретной структуры (ферромагнитных рабочих тел); p_3 – возможность размещения в пространстве между первичной и вторичной частями подвижного немагнитного разгрузочного экрана.

Для корректного решения задачи поиска на область $Q_{\text{ДМС}}$ накладываются следующие ограничения:

1. Поиск осуществляется в пределах первого P^1 и второго P^2 больших периодов генетической классификации (ГК) ($P^1 \subset \langle S_0 \rangle$, $P^2 \subset \langle S_0 \rangle$, где $\langle S_0 \rangle$ – упорядоченное множество первичных источников электромагнитного поля в периодической структуре ГК).

2. Разнообразие порождающих структур рассматриваемого класса ограничивается рассмотрением разнообразия двух подклассов: подкласса порождающих структур $Q_{\text{ДМСвр}}$ вращательного движения, построенных на первичных источниках поля (ПИП) вращающегося поля; подкласса порождающих структур $Q_{\text{ДМСпост}}$ поступательного движения, построенных на ПИП бегущего поля.

3. Порождающая структура произвольного вида представляется электромеханической парой, образованной в результате скрещивания твердотельной первичной и вторичной дискретной структур. Порождающая структура допускает возможность пространственного совмещения с немагнитными разгрузочными экранами, а также возможность модульного принципа построения.

4. На данном этапе решения задачи из рассмотрения исключаются: источники-изотопы, определяющие разнообразие Видов-близнецов; сложные варианты совмещенных систем с многоэлементными и гибридными структурами.

С учетом отмеченного выше, область существования порождающих структур $Q_{\text{ДМСвр}}$ и $Q_{\text{ДМСпост}}$ магнитных сепараторов дискового типа может быть записана в следующем виде

$$Q_{\text{ДМСвр}} = \begin{pmatrix} \text{ТП } 0.0y, \\ \text{ТП } 0.2y, \text{ ТП } 2.2y, \\ \text{ТП}^2 2.2y \end{pmatrix}, \quad (2)$$

$$Q_{\text{ДМСпост}} = \begin{pmatrix} \text{ТП } 0.0x, \\ \text{ТП } 2.0x, \text{ ТП } 2.2x, \\ \text{ТП}^2 2.2x \end{pmatrix}, \quad (3)$$

где $ТП\ 0.0y...ТП\ 2.2x$ – генетические коды соответствующих ПИП базового уровня первого большого периода P^1 ГК; $ТП^2 2.2y ... ТП^2\ 2.2x$ – генетические коды соответствующих ПИП базового уровня второго большого периода P^2 ГК.

Таким образом, область существования порождающих структур класса магнитных сепараторов дискового типа включает 8 источников, упорядоченных в пределах трех групп симметрии (**0.0**, **0.2** и **2.2**), одного геометрического класса (тороидальные плоские **ТП**) и двух больших периодов ГК. Электромеханические объекты на тороидальных цилиндрических (**ТЦ**) поверхностях исключены из рассмотрения в силу достаточно сложного характера их поверхности, затрудняющего совмещение с немагнитными разгрузочными экранами (целевая функция p_3).

Наличие соответствия между ПИП и системной категорией вид позволяет установить видовой состав класса магнитных сепараторов дискового типа

$$\{HS_{\text{ДМС}}\} = \left(\begin{array}{l} ТП\ 0.0y, \quad ТП\ 0.0x, \\ ТП\ 0.2y, \quad ТП\ 2.0x, \\ ТП\ 2.2y, \quad ТП\ 2.2x, \\ ТП^2\ 2.2y, \quad ТП^2\ 2.2x \end{array} \right), \quad (4)$$

где $\{HS_{\text{ДМС}}\}$ – видовой состав (в генетических кодах) магнитных сепараторов дискового типа.

Таким образом, Видовое разнообразие магнитных сепараторов дискового типа представлено 8-мью видами ($N\{HS_{\text{ДМС}}\}=8$).

Следовательно, в соответствии с принятой концепцией информационного обеспечения необходимо разработать восемь каталогов структур дисковых магнитных сепараторов. Процедуру внутривидового генетического синтеза будем проводить с использованием упрощенной генетической модели структурообразования (рис.1), где приняты следующие обозначения: $S_{0(1)}$, $S_{0(2)}$ – первичная твердотельная (индуктор) и вторичная дискретная (ферромагнитные тела) структуры, соответственно; S_0 – электромеханическая пара; S_{21} , S_{22} – синтезированные электромеханические структуры; $f_{\text{СН}}$ – оператор неоднородного скрещивания, отвечающий за пространственное совмещение подсистем разной генетической природы; $f_{R(1)}$ – оператор репликации, отвечающий за изменение количественного состава элементов индуктора (коэффициент репликации $k_R = 2, 3, \dots$); $f_{EI(1)}$ – оператор электромагнитной инверсии моделирует процессы, связанные с относительным из-

менением пространственной ориентации магнитных потоков многополюсных магнитных систем; P_{11}, P_{21}, P_{22} – структурные популяции.

Генетическую модель (рис. 1) можно представить в виде конечной последовательности композиций K_1 и K_2 генетических преобразований

$$K_1 = f_{CH}(S_{0(1)}, S_{0(2)}) \rightarrow S_0 \downarrow, \quad (5)$$

$$K_2 = f_{R(1)}(S_0) \rightarrow S_{21} \downarrow \rightarrow f_{EI}(S_{21}) \rightarrow S_{22} \downarrow. \quad (6)$$

Для реализации процедуры направленного синтеза необходимо определить существенный признак p_{S1} синтезируемых структур, удовлетворяющий целевой функции F_S синтеза

$$F_S = (p_{S1}). \quad (7)$$

Существенным признаком p_{S1} синтезируемых структур является наличие не более одного дискового многополюсного индуктора магнитного поля.

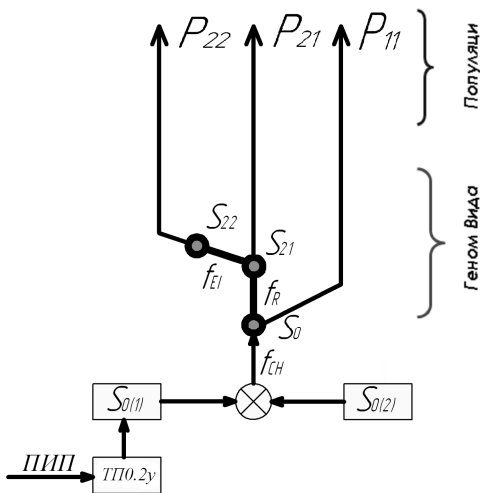


Рис. 1. Упрощенная генетическая модель структурообразования (на примере базового вида **ТПО.2у**).

Для корректного решения задачи на область синтеза Q_S накладываются следующие ограничения $L=f(x)$:

1. Генетический оператор репликации f_R отвечает за количественный состав структур, образованных соответственно из k_R - го коли-

чества северных и южных полюсов многополюсных индукторов сепараторов соответственно, где k_R - коэффициент репликации, удовлетворяющий условию $k_R \leq 3$.

2. Генетический оператор электромагнитной инверсии f_{EI} моделирует процессы, связанные с относительным изменением пространственной ориентации магнитных потоков каждой второй пары полюсов многополюсных магнитных систем.

3. Из рассмотрения исключаются гибридные структуры внутри- и межвидового уровней, а также структуры со сложной геометрией поверхности индукторов, практическая реализация которых является проблематичной.

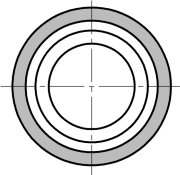
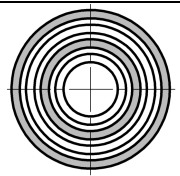
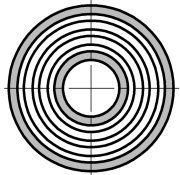
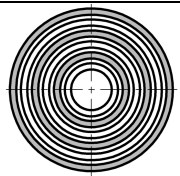
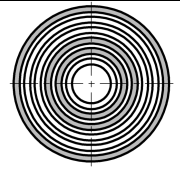
С учетом этого, задача направленного внутривидового поиска и синтеза может быть сформулирована следующим образом: по известной целевой функции $F_S=(p_{S1})$ синтеза и заданной совокупности $L=f(x_1, x_2, x_3)$ ограничений с использованием генетической модели структурообразования синтезировать конечное множество структур дисковых магнитных сепараторов, относящихся к базовым видам из области $\{HS_{ДМС}\}$ и удовлетворяющих функции F_S .

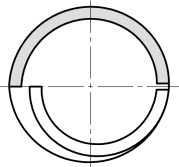
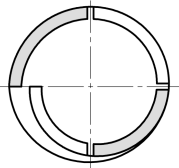
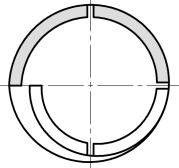
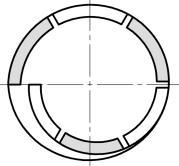
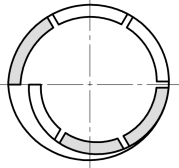
Результаты синтеза структур размещаются в соответствующих каталогах (таблицах) структур, образующих информационное обеспечение процедуры генетического синтеза. Ниже (табл.1) представлены результаты синтеза структур на примере базовых видов **ТП 2.0x** и **ТП² 0.2y** (в таблице северные полюса синтезированных структур выделены темным цветом).

Аналогичным образом (см. таблицу) могут быть сформированы каталоги для всех видов, образующих видовой состав $\{HS_{ДМС}\}$ (формула (4)) класса дисковых магнитных сепараторов. Тогда общая численность N синтезированных структур может быть представлена в виде: $N=N_{ТП0.2y}+N_{ТП2.0x}+N_{ТП0.0y}+N_{ТП0.0x}+N_{ТП2.2y}+N_{ТП2.2x}+N_{ТП^2.2.2y}+N_{ТП^2.2.2x}=5+5+5+5+5+5+5=40$, где $N_{ТП0.2y}...N_{ТП^2.2.2y}$ - численность структур соответствующих базовых видов.

Достоверность результатов синтеза определена путем сравнения результатов патентно-информационного поиска и результатов синтеза. Принадлежность ряда синтезированных структур, к реально-информационным Видам, подтверждает достоверность принятой методики синтеза. Возможность направленной генерации новых структур, новизна которых подтверждается патентами (например, [10, 11]), свидетельствует об адекватности проведенной процедуры синтеза.

Таблица 1 – Каталоги структур по результатам внутривидового генетического синтеза (на примере базовых Видов **ТП 2.0x** и **ТП² 0.2y**)

Исходные структуры	Оператор синтеза	Порождающие структуры	Структурный код	Визуализация результатов синтеза
1	2	3	4	5
Базовый Вид ТП 2.0x				
-	-	S_0	S_{X1}	
S_0	$f_{R(1)}$ – репликация по индуктору ($K_R = 2$)	S_{21}	S_{X2}	
S_{21}	f_{EI} – электромагнитная инверсия	S_{22}	S_{X*2}	
S_0	$f_{R(1)}$ – репликация по индуктору ($K_R = 3$)	S_{21}	S_{X3}	
S_{21}	f_{EI} – электромагнитная инверсия	S_{22}	S_{X*3}	

1	2	3	4	5
Базовый Вид $TIP^2 0.2y$				
-	-	S_0	S_{Y1}	
S_0	$f_{R(1)}$ – репликация по индуктору ($K_R = 2$)	S_{21}	S_{Y2}	
S_{21}	f_{EI} – электромагнитная инверсия	S_{22}	S_{Y*2}	
S_0	$f_{R(1)}$ – репликация по индуктору ($K_R = 3$)	S_{21}	S_{Y3}	
S_{21}	f_{EI} – электромагнитная инверсия	S_{22}	S_{Y*3}	

Выводы. 1. Предложена концепция информационного обеспечения процедуры генетического синтеза, являющаяся частным случаем системной концепции информационного обеспечения поискового проектирования магнитных сепараторов, предполагающая представление в форме каталогов информации о структурном разнообразии видов (как неявных, так и реально-информационных) магнитных сепараторов и основанная на использовании генетических моделей видообразования.

2. На примере функционального класса дисковых магнитных сепараторов показаны основные этапы практической реализации предложенной частной концепции информационного обеспечения, разработаны полные каталоги структур рассматриваемого класса.

3. Каталоги структур могут быть использованы для выбора оптимального технического решения при поисковом проектировании дисковых магнитных сепараторов.

Список литературы: 1. Шинкаренко В.Ф. Основы теорії еволюції електромеханічних систем. – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с. 2. Шинкаренко В.Ф. Решение задач поискового проектирования магнитных сепараторов с использованием структурно-системного подхода / В.Ф. Шинкаренко, М.В. Загирняк, И.А. Шведчикова // Изв. вузов. Электромеханика. – 2010. – №1. – С. 69-76. 3. Pahl G. Rückblick zur Reihe "Für die Konstruktionpraxis" // Konstruktion 26. – 1974. – P. 491-495. 4. Roth K., Franke H.-J., Simonek K. Aufbau und Verwendung von Katalogen für das methodische Konstruieren // Konstruktion 24. – 1972. – P. 449-458. 5. Pot K. Конструирование с помощью каталогов / К. Пот. – М.: Машиностроение, 1995. – 420 с. 6. Лобов Б.Н. Решение задач выбора технических решений при проектировании электромагнитных аппаратов / Б.Н. Лобов, О.Б. Плахотин // Вестник НТУ "ХПИ". Тем. вып. "Проблемы совершенствования электрических машин и аппаратов". – 2006. – № 36. – С.69-70. 7. VDI-Richtlinie 2222 Blatt 2 (Entwurf): Erstellung und Anwendung von Konstruktionskatalogen. Düsseldorf: – VDI-Verlag, 1982. 8. Шинкаренко В.Ф. Макрогенетический анализ и ранговая структура систематики магнитных сепараторов / В.Ф. Шинкаренко, М.В. Загирняк, И.А. Шведчикова // Електротехніка і електромеханіка. – 2009. – №5. – С.33-39. 9. Загирняк М.В. Магнитные сепараторы. Проблемы проектирования: Монография / М.В. Загирняк, Ю.А. Бранспиз, И.А. Шведчикова / Под ред. М.В. Загирняка. – К.: Техніка, 2011. – 224 с. 10. Пат. 54723 Україна, МПК В 03 С 1/24. Пристрій для вилучення металевих включень / Шведчикова І.О., Голубева С.М., Земзюлін М.О.; Заявник і власник Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля. – № у 2010 04526; Заявл. 19.04.10; Опубл. 25.11.10, Бюл. №22. 11. Рішення по заявці №u20101014974 Україна, МПК В 03 С 1/24. Дисковий магнітний сепаратор / Шведчикова І.О., Земзюлін М.О., Хохола Т.В.; Заявник і власник Східноукраїнський національний університет ім. Володимира Даля. – №u20101014974; Заявл. 13.12.10.

*Поступила в редколлегию 15.09.2011
Рецензент д.т.н., проф. Болюх В.Ф.*