

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ И СОЗДАНИЮ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ МОТОР-ШПИДЕЛЕЙ

Шинкаренко В.Ф., Кузнецов Ю.Н.

Национальный технический университет Украины "Киевский политехнический институт"

Введение. Характерной тенденцией развития науки и техники на современном этапе, является возрастающая сложность создаваемых систем. Под сложными, здесь понимаются такие системы, анализ и синтез которых возможен лишь в рамках междисциплинарного подхода. Создание таких систем требует тесного сотрудничества специалистов разных областей знаний и обуславливает необходимость разработки новых междисциплинарных научных подходов к их исследованию и проектированию. Имеющая место конвергенция научных направлений и технологий сопровождается постепенным стиранием искусственных границ, разделяющих сегодня различные отрасли науки, с образованием интегрированных научных направлений, что способствует фундаментализации дисциплин и открывает возможность горизонтального обмена знаниями и методами исследований. Особенно важным с «прикладной» точки зрения для объединения наук является образование новых научных направлений, на основе синтеза достижений математики, биологии, информационных технологий и когнитивных наук, которые приобретают статус «междисциплинарных» [1].

В последние годы на роль междисциплинарной дисциплины претендует генетика, поскольку предметом ее исследования являются взаимосвязанные процессы исторического прошлого, настоящего и будущего, имеющие место в развивающихся системах различной физической природы. Сегодня генетический подход в науке приобретает ключевую роль в познании фундаментальных принципов структурной организации, управления структурной наследственностью и разнообразием на обобщенном языке генетической информации, не только в биологических системах, но и в системах антропогенного происхождения [2-4].

Актуальность исследований. Как известно, идея междисциплинарного подхода к познанию сложных систем различной физической природы не нова, она лежит в основе общей теории систем, задача которой заключается в выявлении структурного сходства законов или других форм знания, полученных в различных дисциплинах и установления на этой основе общих закономерностей функционирования разнородных систем. Накопленные к настоящему времени знания о закономерностях развития сложных систем, в большинстве случаев представляют собой гигантские массивы разрозненной, узко-предметной информации, которые по своему объему и разнообразию заведомо превышают информационные и организационные возможности индивидуального пользователя или исследователя, принимающего решения.

Возникает острая необходимость системного обобщения и упорядочения накопленных знаний с последующим переходом от узкопрофильных исследований и наблюдаемой эволюции, к стратегии управляемой эволюции с использованием технологии генетического предвидения и междисциплинарного обмена знаниями.

Результаты структурно-системных исследований, полученные в последнее время в области структурной и генетической электромеханики, позволили выделить особый класс генетически организованных систем, имеющих не только биологическое, но и антропогенное происхождение. Теоретическими и экспериментальными исследованиями установлено, что структурная организация и развитие таких систем осуществляется в соответствии с системными принципами наследственности, которые реализуются в соответствии с их генетическими программами [5-8]. Постановка системных задач по определению и расшифровке генетических программ относится к категории междисциплинарных задач, а их решение возможно лишь при условии наличия концептуальных моделей знаний высокого уровня обобщения, методологическую основу которых составляют методы генетического

анализа и синтеза[8]. Поэтому развитие исследований в данном направлении открывает возможность постановки и решения принципиально новых междисциплинарных задач, включая задачи структурного предвидения и инновационного синтеза новых классов совмещенных электромеханических систем (ЭМ-систем) по заданной функции цели.

Постановка задачи. В данной работе выдвигается гипотеза о существовании генетического родства электромагнитных и механических структур, обладающих осевой симметрией. На примере электромеханической системы типа мотор-шпиндель (М-Ш), ставится задача построения ее генетической модели и определения генетической программы с использованием общего элементного и информационного базиса, в качестве которого используется предметная область общей порождающей системы - генетической классификации (ГК) первичных источников электромагнитного поля [4]. Наличие периодической порождающей системы генетических кодов является необходимым условием развития объектов с наследственностью. Порождающие системы являются формой представления принципов сохранения и интегрального периодического закона. До последнего времени периодическая структура ГК использовалась только в задачах предвидения, анализа и синтеза электромагнитных структур.

Результаты исследований. Использование общего элементного базиса для моделирования устройств типа М-Ш, структурно-совмещающих электромагнитные и механические узлы, требует установления структурно-информационных соответствий между электромагнитными и механическими структурами. В качестве примера в табл. 1 приведена система соответствий между многороторными электрическими машинами и подшипниками качения. Структурные представители указанных классов характеризуются наличием осевой симметрии и твердотельными многоэлементными подвижными частями. Если генетический уровень соответствий инвариантен к физической природе сравниваемых объектов, то соответствия объектного уровня требуют уточнения в зависимости от функционального назначения механической системы (табл. 1).

Таблица 1. Структурно-информационные соответствия между классами электромеханических и механических устройств осесимметричного типа

Многороторная электрическая машина	Подшипник качения
Генетический уровень	
Движущийся электрический заряд (электромагнитный ген)	Материальная точка (механический ген)
Генетическая информация	Генетическая информация
Генетический код	Генетический код
Первичный источник поля (первичная хромосома)	Первичная поверхность (первичная хромосома)
Вторичный источник поля (вторичная хромосома)	Вторичная поверхность (вторичная хромосома)
Ориентированность электромагнитная	Ориентированность приложения силы (механическая)
Объектный уровень	
Внешний статор	Внешнее кольцо (наружная направляющая)
Внутренний статор (индуктор)	Внутреннее кольцо, (внутренняя направляющая)
Ротор	Тело качения (шарик, ролик)
Электромеханическая пара	Механическая пара
Активная поверхность	Поверхность (дорожка, желоб, направляющая) качения (скольжения);
Многороторная электрическая машина	Подшипник качения
Односторонняя активная поверхность	Односторонняя поверхность качения (скольжения)

Двухсторонняя активная поверхность	Двухсторонняя поверхность качения (скольжения)
Составляющие сил	
Вектор действия электромагнитного усилия	Направление действия воспринимаемой нагрузки
Радиальная сила электромагнитная	Радиальная сила механическая
Аксиальная сила электромагнитная	Осевая сила механическая

Наличие указанных соответствий означает, что составляющие генетической информации в структуре универсального генетического кода будут инвариантны к функциональному назначению, уровню сложности и времени эволюции анализируемых классов технических объектов. Это свидетельствует об общности элементного и информационного базиса на уровне элементов предметной области ГК. В этом случае, свойства объектов, принадлежащих к различным физическим и функциональным классам, будут характеризоваться общностью пространственной геометрии, симметрии и топологии первичных и вторичных частей, обобщаемых понятием генетической информации.

В качестве примера, на рис. 1 представлены структуры многороторного конического электродвигателя и радиально-упорного подшипника качения, обладающие общностью генетической информации на хромосомном уровне. С учетом принятых соответствий (табл. 1), генетическую информацию порождающей парной хромосомы можно представить общим генетическим кодом

$$2(KN\ 0.2y)_1:n(KN\ 0.2y)_2 \quad (1)$$

где: $2(KN\ 0.2y)_1$ – генетический код первичной (родительской) хромосомы; $n(KN\ 0.2y)_2$ – интегральная генетическая информация вторичной (подвижной) хромосомы.

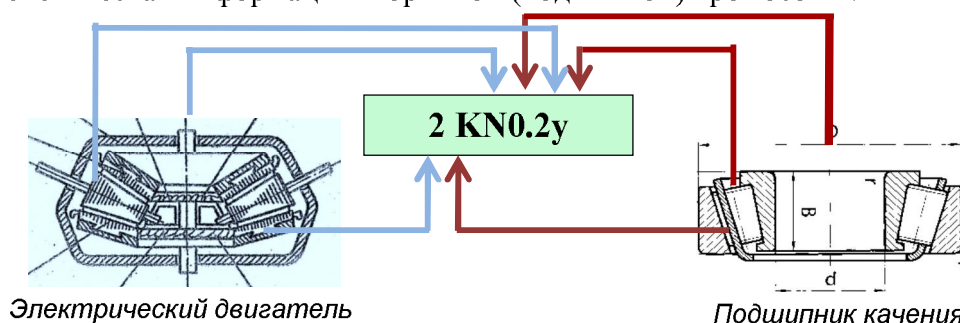


Рис. 1. Общность составляющих генетической информации в осесимметричных электромеханическом и механическом объектах

Общность представления генетической информации электромеханических и механических структур, открывает возможность моделирования и синтеза сложных систем, совмещающих электромагнитные и механические компоненты. В качестве примера рассмотрим задачу синтеза структуры М-Ш вращательного движения.

Целевая функция синтеза F_{ω} определяется следующей совокупностью частных требований:

- обеспечение функции вращения шпинделя ($\pm\omega$);
- обеспечение соосности приводного двигателя с шпинделем (S_{OX});
- обеспечение динамической жесткости конструкции мотор-шпинделя (C_D);
- совмещение шпинделя с зажимным патроном ($Ш_{ЗП}$);
- реализация модульного принципа конструктивного исполнения (M).

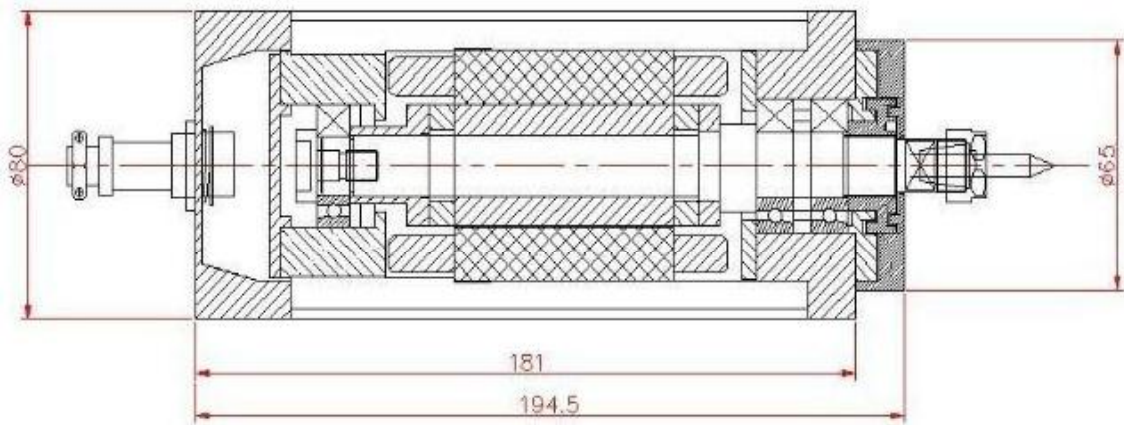


Рис. 2. Конструкция мотор-шпинделя с тремя радиально-упорными шариковыми подшипниками (2 – в передней опоре, 1 – в задней опоре)

С учетом указанных требований, интегральная функция поиска в поисковом пространстве предметной области порождающей системы R^n приобретает следующий вид:

$$F_\omega = [\pm \omega; S_{OX}; C_D, Ш_{ЗП}, M] \subset R^n \quad (2)$$

Вариант структуры М-Ш, который соответствует заданной F_ω , содержит следующую совокупность основных узлов: шпиндель с зажимным устройством ($Ш_{ЗП}$); закрепленный в корпусе шпинделя статор двигателя вращения ($(ЦЛ\ 0.2y)_1$); совмещенный с шпинделем ротор приводного двигателя ($(ЦЛ\ 0.2y)_2$) и тришариковый подшипник $-3[(TC\ 0.2y)_1 \times n(SF)_2]$.

Заданной целевой функции F_ω ставится в соответствие следующая генетическая модель конвергентного типа (рис.3):

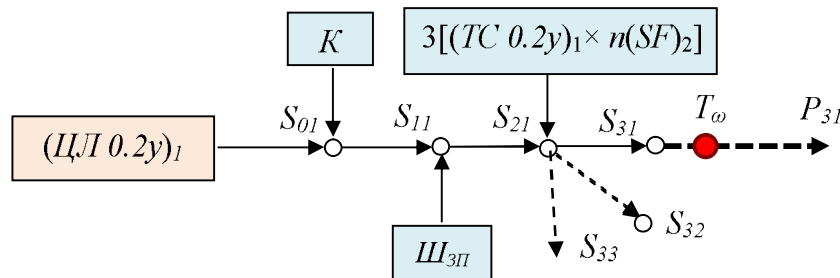


Рис. 3. Генетическая модель совмещенной структуры М-Ш.

Хромосомный набор модели $S_{01} - S_{31}$ определяет уровень генетической сложности и одновременно представляет генетическую программу совмещенной осесимметричной структуры мотор-шпинделя объектного ($S_{31} \in T_\omega$) и популяционного уровней ($S_{31} \in P_{31}$). Совмещенная хромосома S_{31} удовлетворяет заданной функции цели F_ω .

По результатам анализа генетической модели определяется структурная формула искомой совмещенной хромосомы третьего поколения S_{31} :

$$S_{31} = \{[(ЦЛ\ 0.2y)_1; (ЦЛ\ 0.2y)_2] \times (K) \times (Ш_{ЗП})_{OX} \times 3[(TC\ 0.2y)_1 \times n(SF)_2]; R_{OX} \subset F_\omega \quad (3)$$

где: R_{OX} - оператор репликации по оси симметрии OX .

Наличие генетической информации единичного структурного представителя открывает возможность определения генетической программы всего функционального класса М-Ш. Программа класса распознается через процедуру последовательного анализа

генетической предрасположенности родительских хромосом к реализации F_ω , в пределах заданного поискового пространства R^n . Элементный базис генетической программы Q_F представим в виде совокупности гомологических рядов первого большого периода ГК:

$$Q_F = (Q_{00}, Q_{02}, Q_{20}, Q_{22}), \quad (4)$$

где:

$$Q_{00} = (CL\ 0.0y; KN\ 0.0y; TP\ 0.0y; TC\ 0.0y); \quad (5)$$

$$Q_{02} = (CL\ 0.2y; KN\ 0.2y; TP\ 0.2y; TC\ 0.2y; {}^3CL\ 0.2y; {}^3KN\ 0.2y; {}^3TP\ 0.2y; {}^3TC\ 0.2y) \quad (6)$$

$$Q_{20} = ({}^2CL2.0x; {}^2KN2.0x; {}^2TP2.0x; {}^2TC2.0x); \quad (7)$$

$$Q_{22} = (CL2.2y; KN2.2y; TP2.2y; TC2.2y; {}^2CL2.2y; {}^2KN2.2y; {}^2TP2.2y; {}^2TC2.2y) \quad (8)$$

Анализ рядов (5-8), показывает, что структурное разнообразие совмещенных систем типа «мотор-шпиндель», для заданной F_ω , ограничено 24 видами, содержащими информацию как об известных видах, так и генетически допустимых видах, еще отсутствующих на данное время эволюции класса.

Результаты исследования подтверждают достоверность принятой рабочей гипотезы и открывают возможность горизонтального переноса знаний между исследуемыми системами (табл. 2). Использование общих системных принципов открывает возможность постановки междисциплинарных задач генетического предвидения и направленного инновационного синтеза, реализуемых на уровне произвольных гомологических рядов и видов технических объектов. Любому инновационному новшеству, реализованному в пределах вида S_E некоторого функционального класса F_E , ставится в соответствие структура – гомолог некоторого вида S_M , принадлежащему к классу F_M . Свойство параллелизма объектов, в таком случае, приобретает статус межсистемной гомологии.

Таблица 2. Сравнительный анализ используемых системных принципов при исследовании электромеханических и механических систем (до и после горизонтального переноса знаний)

Дисциплина	Системные принципы генетически организованной системы											
	Упорядоченный элементный базис	Генетическая информация	Генетический код	Родительская хромосома	Симметрия	Изотопия	Парность	Гомология	Изомерия	Самоподобие	Периодичность	Генетические программы
Электромеханика	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Механика	До	—	—	—	●	—	—	—	—	●	—	—
	После	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

Заключение. Впервые выдвинута и подтверждена научная гипотеза о наличии общего структурно-информационного базиса в структурном разнообразии электромагнитных и механических систем осесимметричного типа. Предложен единый методологический подход к моделированию электромагнитных, механических и других осесимметричных систем, который создаёт реальные предпосылки для автоматизации поискового проектирования сложных технических систем, содержащих подсистемы различной генетической природы, по заданной функции цели. Результаты исследований, открывают возможность междисциплинарного обмена знаниями, что позволяет осуществлять структурное предвидение и направленный синтез сложных систем на основе общесистемных законов информационной и структурной наследственности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковальчук М.В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее / М.В. Ковальчук // Журнал "Российские нанотехнологии" № 1-2 2011. – С. 13 – 23.
2. Князева Е.Н. Законы эволюции и самоорганизации сложных систем / Е.Н. Князева, С.П. Курдюмов. – М.: Наука, 1994. – 236 с.
3. Эбелинг В. Физика процессов эволюции / В. Эбелинг, А. Энгель, Р. Файстель. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 328 с.
4. Шинкаренко В.Ф. Основы теорії еволюції електромеханічних систем / В. Ф. Шинкаренко – К.: Наукова думка, 2002. – 288с.
5. Шинкаренко В.Ф. Генетические программы структурной эволюции антропогенных систем. (Междисциплинарный аспект) /В. Ф. Шинкаренко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 13, том 4. - Мелітополь, 2013. – С. 11 - 20.
6. Shynkarenko V. Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 1) / V. Shinkarenko, Y. Kuznetsov. 11th Anniversary International scientific Conference «Unitech'11», 18 – 19 November 2011. Gabrovo, Bulgaria. Vol. I. P.p. 33-43.
7. Shynkarenko V. Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 2) / V. Shinkarenko, Y. Kuznetsov. 11th Anniversary International scientific Conference «Unitech'11», 18 – 19 November 2011. Gabrovo, Bulgaria. Vol. I. P.p. 44-52.
8. Shynkarenko V. Genetic Program of structural Evolution and Synthesis of Spindle-Motor Hybrid Electromechanical Systems / V. Shynkarenko, Y. Kuznetsov, A. Salenko, J. Gaidaienko, E. Oleynik, O. Chenchevaya // Journal of the Technical University of Gabrovo, Vol. 48'2014 (15-19).

ПІДВИЩЕННЯ ТВЕРДОСТІ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ЗУБОНАРИЗНИХ ЗУБКІВ МЕТОДОМ МАГНІТНО-АБРАЗИВНОГО ОБРОБЛЕННЯ

Майборода В.С., Emmer Т., Джулій Д.Ю., Ткачук І.В.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"
Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg

Для підвищення надійності роботи різального інструменту (РІ) використовують ряд методів, які спрямовані на покращення певних параметрів якості. Серед них найпоширенішими є методи підвищення твердості робочих поверхонь, зниження їх шорсткості, формування спеціальної геометрії різальних кромки (РК), нанесення зносостійких покриттів. Але поряд з підвищенням конкретних параметрів якості вони можуть знижувати інші показники, бути слабоконтрольованими і в більшості випадків не забезпечують комплексного впливу.

Зважаючи на широке використання в промисловості зубчастих передач, важливе місце в машинобудуванні займає нарізання зубчастих коліс. Основним методом їх виготовлення є зубофрезерування. Використання збірних фрез з твердосплавними пластинами забезпечує підвищення продуктивності та ефективності нарізання зубчастих коліс. Надійність роботи шестеренних механізмів визначається якістю виготовлення шестерень, що в свою чергу визначається якістю фрез. Тому фінішне оброблення зубофрезерного інструменту є актуальною задачею, вирішення якої полягає в підготовці РК, підвищенні твердості, зниженні шорсткості робочих поверхонь. Метод магнітно-абразивного оброблення (МАО) на ряду з формуванням радіусів округлення РК, зниженням шорсткості забезпечує підвищення твердості робочих поверхонь як на інструменті зі покриттям, так і без нього. Для ефективного та контрольованого оброблення необхідно визначити залежність зміни твердості оброблюваних поверхонь від використовуюваного для МАО магнітно-абразивного порошку (МАП).