

УДК 621.9.06

Ю.М. Кузнецов, д-р техн. наук, Б.І. Придальний, канд. техн. наук,
Ю.В. Гайдаєнко, канд. техн. наук, Київ, Україна

ЗАТИСКНИЙ ПАТРОН ІЗ ЗОВНІШНІМ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИМ ПРИВОДОМ

Здійснено генетичний структурно-схемний синтез автоматичного затискного механізму для циліндричних об'єктів за цільовою функцією пошуку, що складається з сукупності вимог та обмежень. Представлена генетична модель синтезованої структури, поданий аналіз структуроутворення і варіант схеми пристрою відповідно до заданої цільової функції. Запропоновано будувати конструкцію на модульному принципі з використанням універсального електропривода.

Ключові слова: затискний патрон, затискний механізм, генетичний синтез, електромагнітна хромосома, структурна формула, електропривод

Осуществлен генетический структурно-схемный синтез автоматического зажимного механизма для цилиндрических объектов по целевой функцией поиска, состоящей из совокупности требований и ограничений. Представлена генетическая модель синтезированной структуры, дан анализ структурообразования и вариант схемы устройства в соответствии с заданной целевой функцией. Предложено строить конструкцию на модульном принципе с использованием универсального электропривода.

Ключевые слова: зажимной патрон, зажимной механизм, генетический синтез, электромагнитная хромосома, структурная формула, электропривод

In article is given genetic structural and schematic synthesis of an automatic clamping mechanism for cylindrical objects according to the target search function which consisting of a set of requirements and restrictions. Is presented genetic model of the synthesized structure and analysis of formation of structure and the variant of the device scheme in accordance with the target function is given. It is proposed to build a construction on a modular principle using a universal electric drive

Keywords: clamping chuck, clamping mechanism, genetic synthesis, electromagnetic chromosome, structural formula, electric drive

Вступ. Розвиток конструкцій затискних механізмів (ЗМ) при незмінності їх загальної структури може відбуватися шляхом розширення і удосконалення складу елементної бази [1, 2]. Одні і ті ж функціональні елементи можуть бути виконані на основі різних перетворювачів енергії: механічних, електричних, гідромеханічних, електромеханічних, їх комбінації, тощо [3,4]. Тобто, нові конструктивні рішення ЗМ можна одержувати, комбінуючи його складовими елементами. Ці елементи можна розглядати, як окремі модулі, що встановлюються в ЗМ відповідно до необхідності забезпечення певних характеристик.

Очевидно, що розширення або підвищення рівня універсальності модулів ЗМ, дозволяє зменшити витрати на їх виготовлення, логістику і обслуговування при збереженні якості виробу, а також розширює можливості інших виробників для виготовлення аналогів. Підвищення універсальності модулів технічних систем до «міжвидового» рівня дозволяє використовувати

такі модулі в технічних системах різних видів (різного призначення), що сприяє зменшенню загальної номенклатури елементів технічних систем.

Для підвищення ефективності застосування універсальних модулів доцільно передбачити «відкритість архітектури» ЗМ, що також сприяє підвищенню ефективності ремонту і дає більші можливості користувачам розробляти додаткові модулі (пристрої). При цьому у конструкціях існуючих ЗМ не передбачено можливості встановлення універсальних модулів окрім стандартизованих затискних патронів.

Мета роботи – спрямований синтез конкурентоспроможного варіанта ЗМ на модульному принципі, що в основі містить затискний патрон для циліндричних заготовок та хвостового інструмента, з використанням результатів аналізу його генетичної програми [5].

Основний зміст. Виходячи з поставленої мети визначимо цільову функцію пошуку F_{TP} . Цільова функція пошуку визначається з урахуванням відповідної сукупності вимог та певних обмежень. Основні вимоги, що висуваються до шуканої структури S_{TP} , наступні:

- 1) простота та «відкритість архітектури» даної конструкції (C_S);
- 2) модульний принцип будови (Mod);
- 3) використання універсального електропривода (U_{ED});
- 4) циліндрична активна поверхня статора і ротора ($CL_{1,2}$);
- 5) забезпечення можливості провертання обійми затискного патрона

автоматизовано від універсального електропривода (ω_{AU});

З урахуванням вимог, інтегральна функція пошуку в багатовимірному пошуковому просторі R^n має вигляду інтегрального вектора:

$$F_{TP} = [C_S; Mod; U_{ED}; CL_{1,2}; \omega_{AU}] \in R^n \quad (1)$$

Особливість методології генетичного синтезу полягає в тому, що пошукові процедури здійснюються на рівні елементарних електромагнітних структур (електромагнітних хромосом), що суттєво спрощує процедуру пошуку і гарантує повноту їх генетично допустимих варіантів [2]. Аналіз цільової функції F_{TP} показує, що шукана структура належить до класу складних суміщених електромеханічних систем. Однак, на рівні електромагнітних хромосом пошук генетично допустимих варіантів структур можна обмежити лише аналізом хромосомного набору в межах базових Видів ЦЛ 0.2у та ЦЛ 2.0х. Вимога Mod вимагає необхідність розгляду готових модулів, що разом з вимогами U_{ED} та C_S дозволяє у якості одного з найбільш простих варіантів електропривода розглянути можливість використання електростартера автомобільних двигунів, що вже містить систему введення в зачеплення зубчатої передачі. Заданий F_{TP} ставиться у відповідність наступна генетична модель (рис. 1), що відтворює траєкторію пошуку суміщеної електромеханічної структури, яка задовольняє вимогам F_{TP} . Критерієм завершення процедури синтезу виступає ваговий коефіцієнт відповідності k_e , значення якого визначається відношенням інтегральної генетичної схильності P_C відповідної хромосоми до реалізації заданої інтегральної функції F_{TP} .

$$k_g = P_C / F_{TP} \leq 1 \tag{2}$$

Рівень генетичної складності суміщеної електромагнітної хромосоми, яка задовольняє заданій сукупності вимог, визначаємо за результатами генетичного аналізу (табл.).

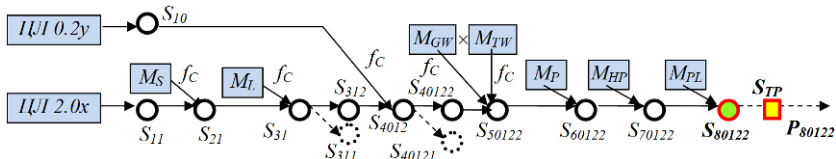


Рисунок 1 – Генетична модель синтезу структури ЗМ за заданою функцією цілі F_{TP} : f_c – оператор генетичного схрещування; $S_{10}, S_{20}, \dots, S_{80122}$ – синтезовані структури хромосом; S_{TR} – технічне рішення; P_{80122} – популяція технічних рішень

Таблиця – Результати генетичного аналізу моделі структуроутворення ЗМ

Електромагнітна хромосома	Структурна формула хромосоми	Статус хромосоми	k_g
ЦЛ/0.2y	ЦЛ/0.2y	Батьківська	-
S_{10}	$(ЦЛ/0.2y)_1:(ЦЛ/0.2y)_2$	Електромагнітна пара	-
ЦЛ/2.0x	ЦЛ/2.0x	Батьківська	-
S_{11}	$(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2$	Електромагнітна пара	-
S_{21}	$(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2 \times M_S$	Інформаційна	-
S_{31}	$(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2 \times M_S \times M_L$	Інформаційна	-
S_{311}	$(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2 \times M_S \times M_{L(\beta:OY,OZ)}$	Ізомер, інформаційна ($\beta \neq 90^\circ$)	-
S_{312}	$(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2 \times M_S \times M_{L(\beta:OX)}$	Ізомер, породжувальна ($\beta = 90^\circ$)	0,2
S_{4012}	$[(ЦЛ/0.2y)_1:(ЦЛ/0.2y)_2]:[(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2] \times M_S \times M_{L(\beta:OX)}$	Інформаційна	-
S_{40121}	$[(ЦЛ/0.2y)_1:(ЦЛ/0.2y)_2]:[(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2]_{OX,OY} \times M_S \times M_{L(\beta:OX)}$	Ізомер, інформаційна	-
S_{40122}	$[(ЦЛ/0.2y)_1:(ЦЛ/0.2y)_2]:[(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2]_{OZ} \times M_S \times M_{L(\beta:OX)}$	Ізомер, породжувальна	0,3
S_{50122}	$[(ЦЛ/0.2y)_1:(ЦЛ/0.2y)_2]:[(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2]_{OZ} \times M_S \times M_{L(\beta:OX)} \times [M_{GW} \times M_{TW}]$	Породжувальна	0,4
S_{60122}	$[(ЦЛ/0.2y)_1:(ЦЛ/0.2y)_2]:[(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2]_{OZ} \times M_S \times M_{L(\beta:OX)} \times [M_{GW} \times M_{TW}] \times M_P$	Породжувальна	0,5
S_{70122}	$[(ЦЛ/0.2y)_1:(ЦЛ/0.2y)_2]:[(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2]_{OZ} \times M_S \times M_{L(\beta:OX)} \times [M_{GW} \times M_{TW}] \times M_P \times M_{HP}$	Породжувальна	0,7
S_{80122}	$[(ЦЛ/0.2y)_1:(ЦЛ/0.2y)_2]:[(ЦЛ/2.0x)_1:(ЦЛ/2.0x)_2]_{OZ} \times M_S \times M_{L(\beta:OX)} \times [M_{GW} \times M_{TW}] \times M_P \times M_{HP} \times M_{PI}$	Породжувальна	1,0

Отже, заданій цільовій функції пошуку задовольняє генетично модифікована парна хромосома S_{80122} . Рівень її генетичної складності, а також відповідної популяції технічних рішень P_{80122} , визначається наступною структурною формулою:

$$\begin{aligned} &[(ЦЛ0.2y)_1:(ЦЛ0.2y)_2]:[(ЦЛ2.0x)_1:(ЦЛ2.0x)_2]oz \times M_S \times M_{L\beta OX}] \\ &\times [M_{GW} \times M_{TW}] \times M_P \times M_{HP} \times M_{Pl}, \end{aligned} \quad (3)$$

де: $(ЦЛ0.2y)_1$ – генетичний код первинного джерела електромагнітного поля двигуна обертового руху;

$(ЦЛ0.2y)_2$ – генетичний код вторинного джерела електромагнітного поля двигуна обертового руху;

$(ЦЛ0.2y)_1:(ЦЛ0.2y)_2$ – парна електромагнітна хромосома двигуна обертового руху;

$(ЦЛ2.0x)_1$ – генетичний код первинного джерела електромагнітного поля електромагнітного реле;

$(ЦЛ2.0x)_2$ – генетичний код вторинного джерела електромагнітного поля електромагнітного реле;

$(ЦЛ2.0x)_1:(ЦЛ2.0x)_2$ – парна електромагнітна хромосома електромагнітного реле;

M_S – механічна хромосома пружини (spring);

M_L – механічна хромосома важеля (lever);

M_{GW} – механічна хромосома шестерні (gear wheel);

M_{TW} – механічна хромосома зубчатого колеса (tooth wheel);

M_P – механічна хромосома плунжерів (plunger);

M_{HP} – механічна хромосома рідкого середовища (гідропластмаса) (hydro-plastic);

M_{Pl} – механічна хромосома втулки (plug).

Варіант технічної реалізації синтезованої структури S_{80122} має представлено на рис. 2. ЗМ працює наступним чином. Для затиску інструмента або заготовки з циліндричним хвостовиком (на рис. 2 не показано) включається електромагнітне реле 21, сердечник 20 втягується на величину H_1 , а через важіль 22 шестерня 24 переміщається на величину H_2 і входить в зачеплення із зубчатим колесом 2. За рахунок з'єднання торця сердечника 20 з контактними болтами 19 електричний струм через штоки 17 подається на колекторні пластини 16, ротор 12 повертається і передає через зубчате зачеплення 24, 2 крутний момент M_{a1} на поворотну обойму колеса 2 з положення, зображеного на рис. 2, в ту чи іншу сторону (за годинниковою стрілкою або проти) і за рахунок кута підйому α плунжери 4 занурюються в напрямку осі патрона, створюючи тиск, який викликає радіальну силу затиску

F_{r1} (рис.2, переріз А-А), що стискає плинне середовище 5, наприклад, гідропластмасу. В результаті відбувається радіальна пружна деформація оболонки 7 тонкостінної циліндричної втулки 6, яка стискає циліндричний хвостовик, наприклад, різального інструменту типу фрези з радіальною силою F_{r2} , тобто створюється силовий потік від входу до виходу $M_{a1} - F_{r1} - F_{r2}$. Розтиск виконується при зміні полюсів електричного струму на колекторні пластини 16 (ротор 12 повертається в протилежну сторону) згідно заданої програми в системі ЧПК верстата, а відключення електромеханічного приводу здійснюється при знятті струму в електромагнітному реле 21.

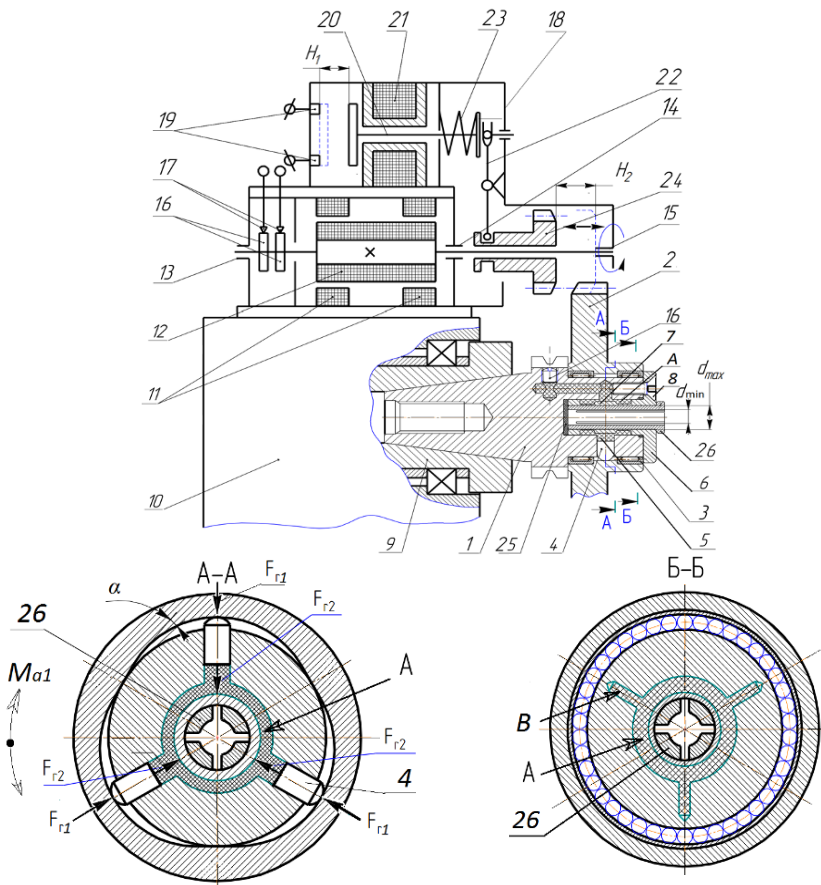


Рисунок 2 – Синтезований ЗМ з електромеханічним приводом

У запропонованій схемі ЗМ перетворення силового потоку відбувається в трьох різних середовищах: **EMF (electromagnetic field)** – електромагнітні поля, що діють безпосередньо або в складі електромеханічних систем передачі і перетворення; **MSB (mechanical solid body)** – механічні передачі і перетворювачі за допомогою твердих тіл; **LFM (liquid flowing medium)** – рідинно-плинні та в'язкі середовища для передачі та перетворення (зміни параметрів силового потоку).

На об'єктному рівні структура такого ЗМ може бути записана наступним чином:

$$EMF(EP - EME - M_{a1}) \times MSB(M_{a1} - GR - M_{a2} - (SP - F_{r1}) \times k) \times LFM(F_{r1} - PL - F_{r2})$$

де $k=3$ – кількість однакових перетворюючих елементів.

Простота та «відкритість архітектури» даної конструкції сприяє спрощенню виготовлення, обслуговування та ремонту ЗМ.

Висновки

У роботі здійснено спрямований синтез конкурентоспроможного варіанта ЗМ на модульному принципі. Відповідно до визначеної цільової функції пошук структури здійснювався на рівні елементарних електромагнітних структур, а також на рівні складних суміщених електромеханічних структур. Запропоновано модульну конструкцію автоматичного ЗМ для затиску циліндричних заготовок та хвостового інструмента з використанням універсального електропривода.

Список використаних джерел: 1. Кузнецов Ю.Н., Волошин В.Н. і ін. Зажимные механизмы для высокопроизводительной и высокоточной обработки резанием: Монография / Под ред. Ю.Н.Кузнецова. – Габрово: Университетское издательство «Васил априлов», 2010.-724 с. 2. Кузнецов Ю.Н., Драчев О.И., Волошин В.Н. Принципы создания станочно-инструментальной оснастки для высокоэффективной токарной обработки: Монография / Под ред. Ю.Н.Кузнецова, – Старый Оскол: ТНТ. 2016.-336 с. 3. Кузнецов Ю.Н., Хамуйела Ж.А.Герра, Хамуйела Т.О. Морфологический синтез станков и их механизмов: Монография / Под ред. Ю.Н.Кузнецова, – К.: ООО «ГНОЗИС», 2012. – 416 с. 4. Кузнецов Ю.М., Придальний Б.І. Приводи затискных механизмов металлообработных верстатов: Монография / За заг. ред. Ю.М.Кузнецова. – Луцьк: Вежа-Друк, 2016. – 352 с. 5. Шинкаренко В.Ф., Кузнецов Ю.Н. Междисциплинарный подход к моделированию и созданию сложных электромеханических систем на примере мотор-шпинделей //Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу».– Херсон: ХНТУ, 2015.– с.8-13.

Bibliography (transliterated): 1. Kuznecov Ju.N., Voloshin V.N. i in. Zazhimnye mehanizmy dlja vysokoproizvoditel'noj i vysokotočnoj obrabotki rezaniem: Monografija / Pod red. Ju.N.Kuznecova.- Gabrovo: Universitetskoe izdatel'stvo «Vasil aprilov», 2010.-724 s. 2. Kuznecov Ju.N., Drachev O.I., Voloshin V.N. Principy sozdaniya stanочно-instrumental'noj osnastki dlja vysokoeffektivnoj tokarnoj obrabotki: Monografija / Pod red. Ju.N.Kuznecova,-Staryj Oskol: TNT. 2016.-336 s. 3. Kuznecov Ju.N., Hamujela Zh.A.Gerra, Hamujela T.O. Morfologicheskij sintez stankov i ih mehanizmov: Monografija / Pod red. Ju.N.Kuznecova,-K.: ООО «GNOZIS», 2012.-416 s. 4. Kuznecov Ju.M., Pridal'nij B.I. Privodi zatisknih mehanizmv metaloobrobnih verstativ: Monografija / Za zag. red. Ju.M.Kuznecova.- Luc'k: Vezha-Druk, 2016.-352 s. 5. Shinkarenko V.F., Kuznecov Ju.N. Mezhdisciplinarnyj podhod k modelirovaniju i sozdaniyu slozhnyh jelektromehaničeskikh sistem na primere motor-shpindel'ej //Materiali Vseukraїn's'koї naukovo-praktičnoї konferencії «Suchasni tehnologiiї promisl'ovogo kompleksu». - Herson: HNTU, 2015.- s.8-13.