

## РОЗДІЛ 4. СТРУКТУРНО-СИСТЕМНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ЕЛЕКТРОМЕХАНІЦІ

### МАКРОГЕНЕТИЧНА ПРОГРАМА І СТРУКТУРНА ЕВОЛЮЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН З ПОВОРОТНИМ СТАТОРОМ

**Красовський П.О., магістрант, Місан Н.А., студент, Шинкаренко В.Ф. професор**

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електромеханіки*

**Вступ.** Одна з характерних тенденцій у розвитку технічних систем пов'язана з переходом від жорстких моноструктур до просторово розподілених систем з адаптивною просторовою геометрією і топологією, функціонування яких максимально наближено до природних аналогів. Такі системи – трансформери вже використовуються в авіації, космічній техніці, автомобілебудуванні, робототехніці, верстатобудуванні та інших наукоємних технічних галузях [1].

Концептуальну основу для визначення допустимих меж існування і принципів структуроутворення електромеханічних об'єктів (ЕМ-об'єктів) зі змінною просторовою структурою, становлять результати системного аналізу їх макrogenетичних програм. Наявність генетичних програм є необхідною умовою існування і розвитку генетично організованих систем, як природного, так і антропогенного походження [2]. Під генетичною програмою розуміється кінцева множина парних електромагнітних хромосом, які визначають межі видоутворення і генетично допустиму різноманітність структур-нащадків, включаючи як відомі їх реалізації, так і потенційно можливі, але ще відсутні на даний час їх технічної еволюції. Методологію визначення макро- і мікрогенетичних програм структуроутворення ЕМ-об'єктів вперше розроблено на кафедрі електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського. Аналіз літератури показує, що системний аналіз структурної організації і технічної еволюції ЕМ-систем зі змінною орієнтацією активних частин практично відсутній, і на даний час обмежується описом лише їх окремих технічних реалізацій.

Метою даного дослідження є визначення макrogenетичної програми структуроутворення електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ), робочі режими яких здійснюються зі зміною просторової орієнтації їх активних частин.

**Результати дослідження.** Першими структурними представниками об'єктів зі зміною просторової орієнтації активних частин, стали індукційні електричні машини з поворотним статором. Термін «поворотний статор» став відомим у технічній літературі в кінці XVIII ст. після публікації робіт французького інженера П. Бушєро. У 1899 р. він запропонував оригінальний метод регулювання частоти обертання двостаторного асинхронного двигуна зі спільним к.з. ротором, який забезпечувався шляхом осьового (ОУ) повороту одного статора відносно іншого. Осьовий поворот активних частин (статора або ротора) широко використовується також в інших функціональних класах

осесиметричних електромеханічних перетворювачів енергії – обертових трансформаторах, поворотних індуктосинах, в електромеханічних системах інформаційного типу (сельсинах, магнесинах) для дистанційної передачі кута повороту виконавчого органу, тощо.

Але поняття «поворотний статор» виявилось більш широким і неоднозначним, так як його структурна ідентифікація пов'язана з конкретизацією просторової орієнтації осі повороту відносно осі обертання або напрямку руху, які в загальному випадку, можуть не співпадати. За даною ознакою, електричні машини і електромеханічні пристрої, з функцією відносною орієнтації їх активних частин, можна поділити на два підкласи:

- ЕМПЕ з можливістю повороту активних частин відносно осі обертання ( $OY$  – поворотна структура);

- ЕМПЕ з можливістю повороту активних частин відносно нормалі ( $OZ$  – поворотна структура). В ЕМ-об'єктах вектор нормалі є перпендикулярним до активної поверхні перетворювача.

Перші структурні представники електричних машин з поворотною  $OZ$  – структурою з функцією безконтактного регулювання частоти обертання індукційного двигуна з можливістю реверсу, були запатентовані в кінці 40-х років минулого століття (рис. 1) [3].

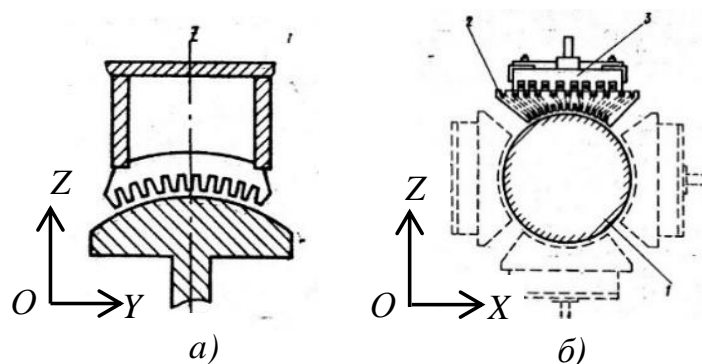


Рисунок 1 – Перші електричні машини з поворотною  $OZ$  – симетрією: а) асинхронний двигун Роду сферичних (СФ 2.2у); б) індукційна електрична машина Роду циліндричних з гібридною модульною конструкцією поворотних статорів (4 ПЛ 2.2у).

Макрогенетичні програми довільних функціональних класів електромеханічних систем (ЕМ-систем) визначаються методами генетичного аналізу в межах предметної області системної моделі, функцію якої виконує генетична класифікація (ГК) первинних джерел електромагнітного поля [2]. Для досліджуваного класу інтегральна функція пошуку  $F_{OZ}$  визначається сукупністю наступних часткових вимог: реалізація відносного  $OZ$  – повороту активних частин ( $\beta = 0 \div \pi$ ); незмінність повітряного зазору ( $\delta \approx const$ ); забезпечення максимальної площі перекриття активної зони ( $S_a = max$ ).

$$F_{OZ} = \{(\beta = 0 \div \pi), (\delta \approx const), (S_a = max)\}. \quad (1)$$

В межах першого великого періоду (ГК), заданій інтегральній функції задовольняють електромагнітні хромосоми трьох Родів: сферичних (СФ), плоских (ПЛ) і тороїдальних плоских (ТП) первинних джерел електромагнітного поля. Результати генетичного аналізу показують, що найбільшою схильністю до поворотної симетрії  $OZ$  – типу наділені всі електромагнітні хромосоми Роду сферичних і Роду плоских:

$$Q_{СФ} = (СФ0.0y; СФ0.0x; СФ0.2y; СФ2.0x; СФ2.2y; СФ2.2x), \quad (2)$$

$$Q_{ПЛ} = (ПЛ0.0y; ПЛ0.0x; ПЛ0.2y; ПЛ2.0x; ПЛ2.2y; ПЛ2.2x), \quad (3)$$

а також дві хромосоми Роду тороїдальних плоских

$$Q_{ТП} = (ТП2.2y; ТП2.2x). \quad (4)$$

Просторовий  $OZ$  – поворот допускають також гібридні, генетично мутовані хромосоми внутрішньовидового рівня:

$$Q_H = \{(ПЛ2.2x,y)_1 \times (ЦЛ)_2; (ПЛ2.2x,y)_1 \times (ТП)_2; (ПЛ2.2x,y)_1 \times (СФ)_2; (ТП2.2x,y)_1 \times (ПЛ)_2\}. \quad (5)$$

Кінцева множина електромагнітних хромосом (2-5) узагальнюються поняттям макрогенетичної програми структуроутворення функціонального класу ЕМ-об'єктів з  $OZ$  – поворотними активними частинами. Програма містить генетичну інформацію стосовно 18 генетично допустимих Видів ЕМ-структур з  $OZ$  – поворотною симетрією, серед яких: 12 Видів визначають структурну різноманітність об'єктів обертального руху і 6 базових Видів визначають межі структуроутворення машин поступального руху.

За критерієм максимальної генетичної схильності до  $OZ$  – повороту активних частин, найбільш високим рівнем наділені електромеханічні структури (ЕМ-структури) підгрупи 2.2у з плоскою (Вид ПЛ 2.2у) і сферичною (Вид СФ 2.2у) активними поверхнями, структурні представники яких, на даний час еволюції класу, зайняли домінуюче положення (рис. 2).



а)



б)

Рисунок 2 – ЕМ-об'єкти з  $OZ$  – поворотними активними частинами:

а) електродинамічний сепаратор з плоским поворотним індуктором (представник Виду ПЛ 2.2у) [4]; б) трикоординатний синхронний двигун з поворотним ротором для систем орієнтації (представник Роду сферичних) [5].

Сучасний рівень досліджуваного класу представлений новими поколіннями складних електромеханотронних агрегатів модульного виконання з "інтелектуальними" адаптивними компонентами. Такі функціональні модулі можуть суміщувати в єдиному конструктивному виконанні функції електродвигуна, редуктора, системи позиціонування і штучного інтелекту.

Прикладом таких проектів є розробка Массачусетського технологічного інституту, де створено мініатюрний робот – трансформер, модулі якого оснащено мікродвигунами зі змінною геометрією і топологією активної зони (рис. 3) [6].

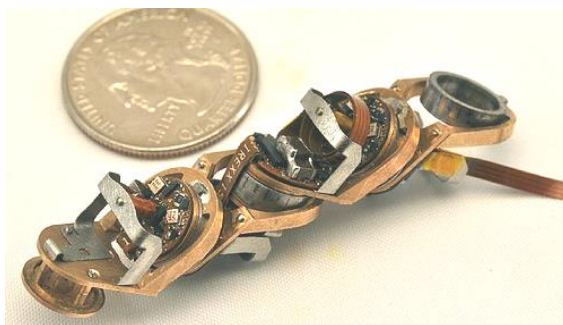


Рисунок 3 – Мікроробот – трансформер зі адаптивною просторовою геометрією модулів

Ідея створення мікроробота запозичена з багатовимірної структури ДНК, а його назва Міллі-мотейн, розшифровується як MILLImeter MOtor proTEIN. Мікроробот розглядається як прототип для створення інтелектуальних роботів – трансформерів, здатних динамічно адаптувати свою просторову геометрію і робочі функції у відповідності з заданою програмою.

**Висновки.** Результати макрогенетичних досліджень становлять системну основу для створення генетичного банку даних і реалізації процедур спрямованого пошуку і інноваційного синтезу нових різновидів ЕМ-об'єктів з адаптивною геометрією активних частин.

#### Перелік посилань

1. Сергеев А.И., Корнипаев М.А., Русяев А.С. Повышение эффективности работы станочных систем. – Оренбург, 2013. – 150 с.
2. Шинкаренко В.Ф. Генетические программы структурной эволюции антропогенных систем. (Междисциплинарный аспект) // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 13, том 4. Мелітополь, 2013. – С. 11 - 20.
3. Веселовский О.Н., Коняев А.Ю., Сарапулов Ф.Н. Линейные асинхронные двигатели. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.
4. Шинкаренко В.Ф. Розробки ОКБ ЛЕД лінійних електродвигунів і їх місце в еволюції нових видів електротранспорту. – Зб. наук. праць «Дослідження з історії техніки», Вип. 3, 2003. – С. 8 -31.
5. Антонов А.Е. Электрические машины магнитоэлектрического типа. Основы теории и синтез.– К.: ИЭД НАН Украины, 2011. – 216 с.
6. Ara N. Knaian, Kenneth C. Cheung, Maxim B. Lobovsky, ... The Milli-Motein: A self-folding chain of programmable matter with a one centimeter module pitch. 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 7-12 Oct. 2012. Vilamoura, Portugal.