

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГОТЕХНІКИ ТА АВТОМАТИКИ

КАФЕДРА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ В.Ф.Шинкаренко

“ ____ ” _____ 20__ р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра

**зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

**на тему: «Генетична систематика гібридних видів функціональних класів
електромеханічних об'єктів»**

Виконала:

студентка VI курсу, групи ЕМ-61м

Павловська Катерина Владиславівна _____

Керівник:

Доцент, к.т.н.

Шиманська А. А. _____

Рецензент:

Доцент, к.т.н.

Ковбаса С. М. _____

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2018

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Факультет електроенерготехніки та автоматики
(повна назва)

Кафедра електромеханіки
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність 8.05070201 - Електричні машини і апарати
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
В.Ф. Шинкаренко
(підпис) (ініціали, прізвище)

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Павловській Катерині Владиславівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації *«Генетична систематика гібридних видів функціональних класів електромеханічних об'єктів»*

науковий керівник дисертації Шиманська А.А., доц., к.т.н.

затверджені наказом по університету від «17» квітня 2017 р. № 1365-С

2. Термін подання студентом дисертації до 14.05.2018 р.

3. Об'єкт дослідження *функціональні класи електромеханічних об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види*

4. Предмет дослідження *таксономічні категорії гібридного виду та гібридного роду, структура систематики гібридних видів електромеханічних об'єктів*

5. Перелік завдань, які потрібно розробити 1) Обґрунтувати актуальність дослідження функціональних класів ЕМ-об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види; 2) Обґрунтувати таксономічні категорії гібридного виду та гібридного роду; 3) Розробити структуру систематики гібридних видів електромеханічних об'єктів. 4) Здійснити апробацію запропонованих теоретичних положень, розробивши систематику функціонального класу ЕМ-об'єктів. 5) Розробити рекомендації з використання структури систематики гібридних видів ЕМ-об'єктів.

6. Орієнтовний перелік ілюстративного матеріалу *презентація за тематикою дисертації*

7. Орієнтовний перелік публікацій: *Постановка задачі систематики видів класу індукторних модулів для суміщених систем типу «мотор-шпиндель»; Таксономічна структура систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів; Principles of hybrid electromechanical structure classes genetic systematics; Combined and hybrid electromechanical system classes in the structure of electromechanical energy converters genetic systematic.*

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

9. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Обґрунтувати актуальність дослідження функціональних класів ЕМ-об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види	До 10.11.2017	
2	Здійснити аналіз стану вітчизняних та закордонних досліджень з розробки систематики гібридних видів функціональних класів ЕМ-об'єктів; сформулювати мету та задачі дослідження.	До 19.11.2017	
3	Обґрунтувати таксономічні категорії гібридного виду та гібридного роду.	До 25.12.2017	
4	Розробити структуру систематики гібридних видів ЕМ-об'єктів.	До 20.01.2018	
5	Встановити відповідність між структурою систематики генетично чистих та гібридних видів ЕМ-об'єктів.	До 12.02.2018	
6	Здійснити апробацію запропонованих теоретичних положень, розробивши систематику функціонального класу ЕМ-об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види, на прикладі класу електромеханічних модулів для «мотор-шпинделів».	До 10.03.2018	
7	Розробити рекомендації з практичного використання структури систематики гібридних видів ЕМ-об'єктів / Стартап-проект	До 14.04.2018	

8	Зробити висновки по роботі.	До 11.05.2018	
9	Оформлення тексту та графічного матеріалу	До 15.05.2018	

Студент

(підпис)

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка обсягом 77 сторінок складається із 4 розділів і містить 9 рисунків, 16 таблиць та 24 бібліографічні найменування, презентація із 12 слайдів.

Метою магістерської дисертації є розробка принципів генетичної систематики гібридних видів функціональних класів електромеханічних об'єктів.

Об'єктом дослідження є функціональні класи електромеханічних об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види.

Предмет дослідження – таксономічні категорії гібридного виду та гібридного роду, структура систематики гібридних видів електромеханічних об'єктів.

Наукова новизна отриманих результатів. За напрямом створення систематики класів електромеханічних об'єктів в межах структурно-системних досліджень вперше здійснено:

- обґрунтовано таксономічну категорію гібридного виду та показано, що, незважаючи на більш високий порядок генетичної складності породжувальних хромосом, гібридні види у структурі систематики мають той самий ранг, що і базові види;
- показано, що рівноцінність підходів до побудови систематики базових видів за шляхом впорядкування видів по геометричним родам або по гомологічним рядам є справедливою і у випадку систематики гібридних видів;
- запропоновано ієрархічну структуру систематики основних та допоміжних таксономічних одиниць класів гібридних електромеханічних об'єктів;
- здійснено аналіз раніше визначеної генетичної програми класу індукторних модулів для мотор-шпинделів з точки зору того, що вона

становить системну основу для побудови систематики досліджуваного класу.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вперше:

- запропоновано структуру систематики класів гібридних ЕМ-об'єктів та розроблено повний каталог, в якому відображена інформація про інформаційно-реальні та неявні гібридні види;
- запропоновано систематизовану структуру бази даних генетично допустимої видової різноманітності класу індукторних модулів для мотор-шпинделів (підкласів основного руху та основного руху + руху подачі);
- доповнено та перекладено на англійську мову термінологічний словник з галузі структурної та генетичної електромеханіки.

Публікації. Основний зміст магістерської дисертації відображено у 4 публікаціях, із них 1 стаття у міжнародному виданні, 3 тез доповідей у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій. Із загальної кількості публікацій англійською мовою написано 2.

Ключові слова. Генетична систематика, гібридний вид, гібридний рід, універсальна таксономічна структура, систематизована база даних.

ABSTRACT

An explanatory note of 77 pages consists of 4 sections and contains 9 figures, 16 tables and 24 bibliographic titles, 12 slides presentation.

The purpose of the master's thesis is to develop principles of genetic taxonomy of hybrid types of functional classes of electromechanical objects.

The object of research is the functional classes of electromechanical objects, which contain hybrid species in its composition.

Subject of research taxonomic categories of hybrid species and hybrid species, structure of taxonomy of hybrid types of electromechanical objects.

Scientific novelty of the obtained results. According to the direction of taxonomy creation of classes of electromechanical objects within the framework of structural and system studies, the first implemented:

- the taxonomic category of the hybrid species is substantiated and it is shown that despite the higher order of the genetic complexity of the generating chromosomes, hybrid species in the structure of taxonomy have the same rank as the basic species;
- it has been shown that the equivalence of approaches to the construction of the systematics of the basic species by the way of sorting the species by geometric kind or by homologous series is also valid in the case of taxonomy of hybrid species;
- the hierarchical structure of taxonomy of the basic and auxiliary taxonomic units of classes of hybrid electromechanical objects is proposed;
- an analysis of the previously defined genetic program of the class of induction modules for motor spindles has been carried out from the point of view that it forms the system basis for constructing the taxonomy of the class under study.

The practical value of the results obtained is that for the first time:

- the structure of taxonomy of classes of hybrid EM-objects is proposed and a full catalog is developed, in which the information about informational-real and implicit hybrid species is displayed;

- the systematized structure of the database of genetically permissible species diversity of the class of induction modules for motor-spindles (subclasses of the main motion and the main motion + flow of motion) is proposed;

- the terminology dictionary in the field of structural and genetic electromechanics has been supplemented and translated into English.

Publications The main content of the master's dissertation is reflected in 4 publications, including 1 article in the international publication, 3 abstracts in the materials of international scientific and technical conferences. Of the total number of publications in English, 2 is written.

Keywords. Genetic systematics, hybrid species, hybrid genus, universal taxonomic structure, systematic database.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ.....	10
ВСТУП.....	11
РОЗДІЛ 1. ПРОБЛЕМА ТА ЗАДАЧІ СИСТЕМАТИКИ КЛАСІВ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	16
1.1. Значення систематики в сучасній науці.....	16
1.2. Сучасний стан та перспективи застосування гібридних ЕМ-об'єктів....	17
1.3. Гібридні ЕМ-структури з точки зору генетичної концепції структуроутворення.....	25
1.4. Останні досягнення в галузі геносистематики класів електромеханічних об'єктів.....	28
1.5. Постановка задач дослідження.....	35
РОЗДІЛ 2. ТАКСОНОМІЧНІ ОДИНИЦІ ТА ЇХ ІЄРАРХІЯ В СТРУКТУРІ СИСТЕМАТИКИ КЛАСІВ ГІБРИДНИХ ЕМ-ОБ'ЄКТІВ.....	37
2.1. Обґрунтування таксономічної категорії гібридного Виду ЕМ-систем.....	37
2.2. Обґрунтування таксономічної категорії гібридного Роду ЕМ-систем.....	43
2.3. Обґрунтування таксономічної категорії гібридного Ряду ЕМ-систем.....	47
2.4. Ієрархічна структура систематичних одиниць.....	49
2.5. Відповідність між структурою систематики генетично чистих та гібридних Видів.....	52
2.6. Висновки по розділу 2.....	58
РОЗДІЛ 3. СИСТЕМАТИКА ВИДІВ КЛАСУ ІНДУКТОРНИХ МОДУЛІВ ДЛЯ МОТОР-ШПИНДЕЛІВ.....	60
3.1. Генетична програма класу індукторних модулів для мотор-шпинделів на рівні Видів, Родів та Рядів.....	60

3.2. Структура систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів.....	62
3.3. Аналіз структури систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів.....	67
3.4. Рекомендації щодо подальшого практичного використання результатів дослідження.....	71
3.5. Висновки по розділу 3.....	72
РОЗДІЛ 4. СТАРТАП ПРОЕКТ.....	74
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТОНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	83

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

БД – база даних;

ГК – Генетична класифікація;

ЕМ – електрична машини;

ЕМПЕ – електромагнітний перетворювач енергії;

ЕМ-об'єкт – електромеханічний об'єкт;

ЕМ-система – електромеханічна система;

ЕМ-структура – електромеханічна структура;

ПДП – породжувальне джерело поля;

ЕМПЕ – електромеханічний перетворювач енергії

ЦЛ 0.2у – позначення генетично чистого виду;

ЦЛ 0.2у×ЦЛ 2.0х – позначення гібридного виду.

ВСТУП

Проблема систематики в сучасній науці є однією з найактуальніших не лише в галузі біології, а і в технічній, економічній, лінгвістичній та соціальній галузях науки [2, 3]. Фундаментальність положень систематики має міждисциплінарний характер, а необхідність систематизації значних обсягів знань та створення баз знань з чіткою, логічною і універсальною структурою у вік швидкого доступу до інформації є надзвичайно важливим.

Результати попередніх досліджень в галузі структурної та генетичної електромеханіки (відкриття Генетичної класифікації породжувальних електромагнітних елементів, виявлення принципів топологічної інваріантності, збереження генетичної інформації, універсальності генетичного коду, правил утворення основних таксономічних одиниць, принципів утворення гібридних структур в межах довільного роду науки [17, 23]) створили необхідні передумови для постановки та розв'язання задачі систематики різноманітності гібридних видів електромеханічних перетворювачів енергії.

Довільні функціональні класи електромеханічних систем (ЕМ-систем) становлять практичний інтерес при проведенні структурно-системних досліджень в галузі електромеханіки та суміжних з нею галузях. В розвитку сучасного електромеханічного обладнання прослідковується чітка тенденція до його структурного ускладнення, зумовлена вимогами поліфункціональності, розширення можливостей керування, суміщення електромеханічної складової з механічною, тощо. З вказаних причин виникає і набуває практичного поширення все більше складних класів ЕМ-систем: мотор-колесо, мотор-шпindel, мотор-гайка, електричний двигун-генератор з інерційним накопичувачем енергії, маніпулятори, багатокоординатні двигуни для привода сучасних верстатів та ін науки [5, 11, 15].

Правомірна постановка задачі побудови систематики довільних функціональних класів (в тому числі суміщених та гібридних) ЕМ-систем

потребує вирішення низки задач, принципів для структурно-системних досліджень: ідентифікації і аналізу генетичної інформації відомих представників досліджуваних класів, визначення генетичних програм на рівні видів, родів та гомологічних рядів, визначення інноваційного потенціалу та структури супідрядності таксономічних одиниць.

Структурно-системні дослідження вказаних класів ЕМ-систем безпосередньо пов'язані з побудовою їх систематики, постановка задачі якої стосовно класів електромеханічних об'єктів стала можливою на основі фундаментальних положень генетичної теорії еволюції електромеханічних систем, розроблених на кафедрі електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського [4, 22, 23].

Апробація результатів магістерської дисертації. Основні результати роботи доповідались та обговорювались на наступних конференціях: II Всеукраїнська інтернет-конференція студентів, аспірантів та молодих вчених «Технічні науки в Україні: погляд у майбутнє», СНУ ім. В. Даля, 2017; Міжнародна науково-практична конференція молодих вчених, аспірантів та студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», секція «Структурно-системні дослідження в електромеханіці», КПІ ім. І. Сікорського, 2016, 2017 рр.; XVIII Міжнародна науково-практична конференція «Відновлювальна енергетика та енергоефективність у XXI столітті», КПІ ім. І. Сікорського, 2017 р.; Міжнародній конференції «Modern electrical and energy systems», КрНУ ім. М. Остроградського, 2017 р.

Публікації. Основний зміст магістерської дисертації відображено у 4 публікаціях, із них 1 стаття у міжнародному виданні, 3 тез доповідей у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій. Із загальної кількості публікацій англійською мовою написано 2.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що вперше:

- запропоновано структуру систематики класів гібридних електромеханічних об'єктів та розроблено повний каталог, який містить систематизовану інформації про інформаційно-реальні та неявні гібридні види як внутрішньородового, так і міжродового рівнів;
- запропоновано систематизовану структуру бази даних генетично допустимої видової різноманітності класу індукторних модулів для мотор-шпинделів, в тому числі підкласів основного (обертового руху) та основного руху + руху подачі;
- доповнено термінологічний словник з галузі структурної та генетичної електромеханіки та перекладено на англійську мову терміни стосовно систематики та гібридних класів об'єктів.

Об'єкт дослідження становлять функціональні класи електромеханічних об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види.

Предмет дослідження – таксономічні категорії гібридного виду та гібридного роду, структура систематики гібридних видів електромеханічних об'єктів.

Методи дослідження. Структурно-системний підхід, фундаментальні положення генетичної теорії еволюції електромеханічних систем, методики ідентифікації і аналізу генетичної інформації відомих представників досліджуваних класів, визначення генетичних програм на рівні видів, родів та гомологічних рядів, визначення інноваційного потенціалу та структури супідрядності таксономічних одиниць.

Наукова новизна отриманих результатів. За напрямом створення систематики класів електромеханічних об'єктів в межах структурно-системних досліджень вперше:

- обґрунтовано таксономічну категорію гібридного виду та показано, що, незважаючи на більш високий порядок генетичної складності породжувальних хромосом, гібридні види у структурі систематики мають той самий ранг, що і базові види;

- показано, що рівноцінність підходів до побудови систематики базових видів за шляхом впорядкування видів по геометричним родам або по гомологічним рядам є справедливою і у випадку систематики гібридних видів, оскільки таксономічній категорії гібридного роду відповідає таксономічна категорія гібридного гомологічного ряду;
- запропоновано ієрархічну структуру систематики основних (види та роди) та допоміжних (надродових та надвидових) таксономічних одиниць класів гібридних електромеханічних об'єктів;
- показано, що структура систематики гібридних видів ЕМ-об'єктів та систем повністю корелюється із запропонованою раніше структурою систематики базових видів, що підтверджує відповідність запропонованого підходу вимогам до універсальності структури систематики та дає підстави впорядкування видів класів ЕМПЕ, генетичні програми видової різноманітності яких визначаються як базовими, так і гібридними видами;
- побудована структура систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів, аналіз якої показав, що даний клас складається із підкласів індукторів для реалізації основного руху (8 видів) та руху подачі (16 видів); 4 моногібриди і 12 дигібридів;
- здійснено аналіз раніше визначеної генетичної програми класу індукторних модулів для мотор-шпинделів з точки зору того, що вона становить системну основу для побудови систематики досліджуваного класу.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дослідження даної магістерської роботи виконувались за програмою фундаментальних досліджень кафедри електромеханіки за науковою проблемою «Геносистематика електромеханічних перетворювачів енергії», зокрема в межах ініціативної НДР «Розробка принципів систематики і

створення генетичного банку даних гібридних класів електромеханічних об'єктів» № держреєстрації 0117U002562 (03. 2017 – 10. 2019).

Метою даної магістерської дисертації є розробка принципів генетичної систематики гібридних видів функціональних класів електромеханічних об'єктів.

Відповідно до поставленої мети, **основними задачами дослідження** є:

обґрунтувати актуальність дослідження функціональних класів електромеханічних об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види.
здійснити аналіз стану вітчизняних та закордонних досліджень з розробки систематики гібридних видів функціональних класів електромеханічних об'єктів; сформулювати мету та задачі дослідження.

обґрунтувати таксономічні категорії гібридного виду та гібридного роду.

розробити структуру систематики гібридних видів електромеханічних об'єктів.

встановити відповідність між структурою систематики генетично чистих та гібридних видів електромеханічних об'єктів.

здійснити апробацію запропонованих теоретичних положень, розробивши систематику функціонального класу електромеханічних об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види, на прикладі класу електромеханічних модулів для «мотор-шпинделів».

розробити рекомендації з практичного використання структури систематики гібридних видів електромеханічних об'єктів, обґрунтувати практичну користь дослідження, розробивши стартап-проект.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМА ТА ЗАДАЧІ СИСТЕМАТИКИ КЛАСІВ ГІБРИДНИХ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1. Значення систематики в сучасній науці

Вивчення і пізнання генетичних принципів структурної організації гібридних систем є ключем до проблеми структурного передбачення та інноваційного синтезу складних ЕМ-систем. Рішення даної проблеми відноситься до прерогативи нового наукового напрямку. Тому наукове обґрунтування генетичних принципів гібридизації і закономірностей розвитку видового різноманіття гібридних ЕМ-систем являє собою актуальний напрямок фундаментальних досліджень генетичної і структурної електромеханіки [1].

З огляду на стрімкий розвиток і ускладнення техніки все більшу актуальність набувають фундаментальні знання про саму техніку в цілому, єдині поняття про будову і розвиток різних машин, приборів і апаратів [3].

Дослідження і формулювання об'єктивних законів побудови і розвитку техніки по аналогії із законами природи – одне із головних і мало досліджених технічних напрямків.

При формулюванні закономірностей техніки мають враховуватись всі вимоги, які пред'являються до законів техніки. Закономірності теж по можливості повинні мати кількісний характер, єдину понятійну основу із законами техніки.

Закони техніки повинні пояснювати багато явищ і процесів, що відносяться до техніки в цілому і до окремих технічних об'єктів. Однак головна функція законів техніки – бути корисними при вирішенні задач аналізу існуючих технічних об'єктів, проектування і конструювання нових технічних об'єктів, передбачення розвитку певного класу технічних об'єктів [3].

На сучасному етапі розвитку електромеханіки спостерігається тенденція прогресуючого збільшення структурної та функціональної різноманітності

електричних машин. Це зумовлено потребою в якісно нових перетворювачах енергії, які здатні забезпечити надійне функціонування систем, в тому числі з компонентами іншої природи.

Прогресуюче зростання обсягів інформації про різноманітність електричних машин спричиняють наявність низки проблем:

- створення систематики: вона має відтворювати природні закономірності структурної організації електромеханічних об'єктів з метою впорядкування інформації про структурну різноманітність ЕМ;
- розробка єдиної системи впорядкування структурної різноманітності електричних машин, в тому числі на рівні їх довільних класів;
- визначення меж, кількісного складу і структури Видів як відомих, так і потенційно можливих на даному етапі розвитку.

Вирішення вказаних проблем потребує вирішення задачі впорядкування різноманітності електричних машин, як відомих так і невідомих класів. Видима тенденція прогресуючого збільшення різноманітності електричних машин, призвела до накопичення значних обсягів невпорядкованої інформації про електромеханічні об'єкти.

Комбінування незмінних генів збільшує різноманіття організмів без зміни спадкової субстанції. Значить, можлива така еволюція, притому підпорядкована математичним законам.

Незважаючи на деякі спроби, не можна всю еволюцію звести до комбінування. Можна розрізнати три форми еволюції: збільшення різноманіття комбінуванням систем незмінних генів; комбінування при наявності елементів мутацій; форма еволюції не на основі комбінування мутацій [2].

1.2. Сучасний стан та перспективи застосування гібридних ЕМ-об'єктів

Стрімкий розвиток перспективних галузей стимулює розробку принципово нових різновидів електричних машин з нетрадиційним

конструктивним виконанням. Швидкими темпами розширюється область використання електричних машин суміщеного та гібридного типу.

Електромеханічні системи (ЕМ-системи) відносяться до особливого класу складних динамічних систем природно-антропогенного походження, що мають власну періодичну систему елементів (генетичну класифікацію), що і являє собою впорядковане різноманіття видів, що розвиваються [4]. Характерними тенденціями еволюції ЕМ-систем є збільшення їх видового різноманіття, підвищення структурної складності та інтеграція з іншими системами [1].

З підвищенням інтенсивності виробничих процесів зростають потреби щодо вдосконалення існуючих та створення нових електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ) технологічного призначення. Дедалі більшого поширення в техніці, в тому числі і електромеханіці, набувають гібридні і суміщенні об'єкти. Задачі спрямованого синтезу нових структурних різновидів гібридних ЕМПЕ належать до рівня пошукового проектування. До сьогодні науково-методичне та інформаційне забезпечення даної галузі знань залишається одним із найменш розвинених. Традиційні методи розв'язання подібних задач не гарантують направленість і повноту синтезу нових структур гібридних ЕМПЕ при мінімальних часових і матеріальних затратах [5].

Гібрид – це еволюціонуюча система вищого рівня структурної організації, об'єкти якого характеризуються змішаною генетичною інформацією, успадкованою від геометрично споріднених первинних джерел поля з різними електромагнітними і топологічними властивостями [4].

Виходячи з визначення, можна виділити наступні характерні ознаки гібридів:

1. Гібриди мають генетичну природу;
2. Гібридні структури є результатом схрещування - одного з найбільш продуктивних генетичних механізмів структуроутворення;
3. Вихідні (батьківські) структури, які підлягають схрещуванню, повинні бути наділені генетичною інформацією;

4. Батьківські структури повинні мати фіксовані відмінності в складі генетичної інформації.

5. Гібриди являють собою структури більш високого рівня складності, утворені в результаті генетичного синтезу з цілісних первинних генетичних форм. [1]

Процес гібридизації є можливим при наявності вихідної множини генетично визначених первинних структур, які наділені генетичною інформацією, за умови, що структури, які підлягають схрещуванню, задовольняють правилам сумісності. [1]

Об'єкти і системи гібридного типу представляють один з найбільш поширених та тих, що найінтенсивніше розвиваються класів електромеханічних перетворювачах енергії (ЕМПЕ). Вони широко використовуються в технічних системах і технологічних комплексах різного функціонального призначення. Незважаючи на досить тривалу еволюцію і широке розповсюдження гібридних електромеханічних об'єктів (ЕМ-об'єктів), теоретичні узагальнення, які стосуються визначення принципів структуроутворення, джерел різноманітності і видової структури досліджуваного класу, в науково-технічній літературі, до недавнього часу були відсутні [6].

Гібридизація відноситься до фундаментальних принципів структурної організації складних систем, що розвиваються. Прогресуюча різноманітність суміщених об'єктів і комплексів – закономірна гілка в структурній еволюції систем різної фізичної і абстрактної природи. Сьогодні важко знайти область знань, де б не застосовувались речовини, матеріали, об'єкти або технології гібридного типу. Широке поширення гібридів в техніці пояснюється можливістю отримання і використання нових функціональних характеристик властивих тільки гібридним системам.

Принцип гібридизації – один із найбільш продуктивних загальносистемних принципів, що визначають еволюцію складних технічних систем включаючи складні техноценози з компонентами різної генетичної природи.

Кожен набір хромосом в силу своєї генетичної схильності породжує відповідні структурно-функціональні класи об'єктів-нащадків. Тому з урахуванням родової приналежності батьківських хромосом, кожна родова програма буде містити спадкову інформацію про гібридні об'єкти – нащадки з певними просторовими комбінаціями первинних магнітних полів [7].

Генетичний підхід до синтезу електромеханічних структур вперше був використаний в задачах спрямованої генерації багатокоординатних ЕМ-систем [1].

В основі синтезу гібридних видів лежать генетичні процеси схрещування, які супроводжуються ускладненням структур і розширенням їх функціональних властивостей.

В умовах сучасного верстатобудування металоємні та крупногабаритні верстати втрачають свою популярність та відходять на другий план. На їх зміну приходять верстати з паралельною кінематикою, в яких застосовується модульний принцип. На основі модульного принципу створено багато компоновок, які дозволяють не тільки пришвидшити процес обробки, а й підвищити її технологічність. Такі верстати складаються із самостійних функціональних одиниць шляхом об'єднання їх у єдиний комплекс із загальною системою управління і контролю. До таких складальних одиниць відносяться шпиндельні вузли, до шпинделів яких кріпляться інструментальні оправки з різальним інструментом, що виконує основні операції металообробки: свердлильні, розточувальні і підрізно-розточні, фрезерні, різьбонарізні та ін [8].

Вже відомо багато різновидів конструкційних виконань самодіючих мотор-шпинделів і вказана різноманітність продовжує зростати хаотично і досить стрімко.

Відомі класифікації мотор-шпинделів не дозволяють однозначно визначити межі та структуру досліджуваного класу, а винайдення нових його представників здійснюється виключно з використанням інтуїтивного підходу.

Вирішення проблем, спричинених зростанням різноманітності мотор-шпинделів, відноситься до новітнього актуального наукового напрямку досліджень, який узагальнюється поняттям структурно-системних досліджень.

Аналіз структурної будови відомого різноманіття систем типу «М-Ш» свідчить, що існує значна кількість їх різновидів, структури яких відсутні на базовому рівні, але ідентифікація генетичних кодів їх джерел поля свідчить про те, що вони є генетичними спадкоємцям породжувальних джерел електромагнітного поля. Це пояснюється існуванням видів ЕМ-систем більш високого рівня складності, структури яких суміщують в собі генетичну інформацію двох геометрично споріднених видів базового рівня. З точки зору прийнятої генетичної концепції, такі види будемо відносити до класу гібридних видів ЕМ-систем.

Гібридні електромеханічні структури характеризуються змішаною генетичною інформацією, тому їх функціональні властивості визначаються відповідними функціями, які властиві породжувальним видам.

Суміщена ЕМ-структура – складна синтезована електромеханічна структура, яка об'єднує вихідні структури різної генетичної природи [9].

В основі синтогенезу гібридних видів лежать генетичні процеси схрещування, які зумовлюють ускладнення структур з одного боку, і розширення їх функціональних властивостей, з іншого. Основу суміщених структур становлять принципи просторового суміщення двох або декількох ЕМ-структур, які можуть відноситись до різних базових видів.

Системи типу «Мотор-шпиндель» являють собою складні суміщені електромеханічні структури, які включають в себе механічну і електромагнітну частини (рис. 1.1). До механічної частини відноситься сам шпиндель, а до електромагнітної відносяться обмотки, які являються джерелом виникнення електромагнітного поля.

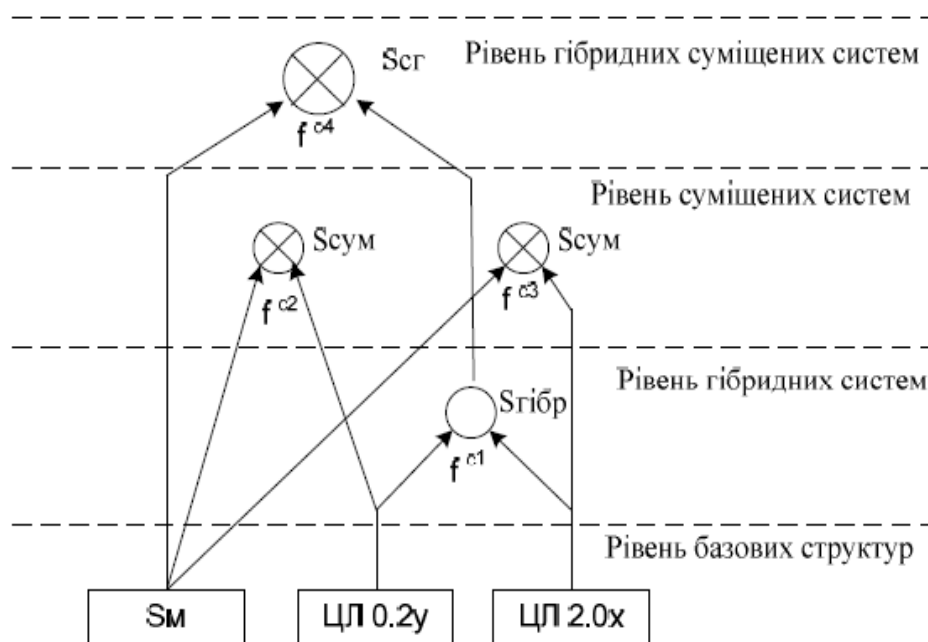


Рис. 1.1 – Модель утворення складної суміщеної системи типу «Мотор-шпиндель» [8]

Суміщена ЕМ-система становить собою просторову композицію принаймні двох елементарних структур, кожна з яких виконує свою функцію в системі. Тому в такій суміщеній системі просторова форма і кількість рухомих та нерухомих частин, повітряних проміжків, систем живлення і керування визначається конкретною цільовою функцією, відповідною просторовою геометрією і кількістю суміщених елементарних ЕМ-структур [8].

Однією з світових тенденцій розвитку машинобудування є високошвидкісна обробка (High Speed Cutting), що вимагає підвищення частот обертання шпинделя. Для цього в приводах головного руху верстатів почали відмовлятися від ступінчастих зубчастих передач, скорочуючи кінематичні ланцюги від електродвигуна до шпинделя. Найкращим варіантом обертального приводу головного руху став мотор-шпиндель [15], де шпиндель виконаний у вигляді ротора на опорах, а статор вмонтований в конус шпиндельного вузла. Завдяки використанню мотор-шпинделів з різними опорами (кочення, з рідинним і повітряним середовищем, з використанням електромагнітних полів) вдалося досягнути при токарній обробці частот обертання до 20 тис. об/хв і

більше, при свердлильно- фрезерній обробці до 100 тис. об/хв, при абразивній обробці більше 100 тис. об/хв, а при ультрапрецизійній обробці кристалом алмаза (індентором) з використанням магнітних і газОВО-магнітних опор частоти обертання шпинделя сягнули до 800 тис. об/хв [15]. В той час, коли необхідна обробка великої кількості отворів одного діаметра, наприклад, трубні дошки і решітки конденсаторів, в якості технологічного оснащення використовуються традиційно виконані багатошпиндельні головки, в яких додаткові шпинделі з'єднані між собою зубчастими передачами, що стримує підвищення частот обертання і не дозволяє використання зносостійкого інструменту на максимально допустимих (або оптимальних) швидкостях різання. Така невідповідність частот обертання основного шпинделя і додаткових шпинделів багатошпиндельної головки (або насадки) привела до технічного протиріччя, розв'язання якого можливо за рахунок пошуку нових технічних рішень з використанням сучасної методології творчості. Одним з напрямків створення сучасного технологічного оснащення, яке б не стримувало розширення технологічних можливостей сучасних верстатів з ЧПК, є використання теорії еволюційного і генетичного синтезу електромеханічних систем [11].

Гібридні автомобілі. Дійсно, саме міський режим руху автомобілів відрізняється істотним збільшенням витрати палива (л/км). Автовиробники відповіли на цю проблему досить успішно й їх відповідь «пролунала» порівняно нещодавно — це гібридні автомобілі. Термін «гібридний» має на увазі поєднання бензинового й електричного двигунів. Ці два джерела енергії ефективно доповнюють один одного. Електродвигуни миттєво забезпечують додаткову потужність, не витрачаючи паливо й не забруднюючи навколишнє середовище. Бензиновий двигун дозволяє розвинути високу швидкість на рівні сучасних автомобілів. Робота в системі дозволяє кожному джерелу енергії працювати в оптимальному режимі, забезпечуючи автомобілю прекрасні ходові якості й паливну економічність.

Електроприводи за своїми характеристиками є кращими за багатьох інших приводів, зокрема вони стійкіші до змінних навантажень, не вимагають складних систем передачі, коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна значно вищий (оскільки в ньому менше рухомих механічних частин і, відповідно, менше механічне зношування), крім того електродвигуни дешевші у порівнянні іншими двигунами. В основі роботи гібридів лежить принцип рекуперації. Він полягає в тому, що під час гальмування гібридного автомобіля кінетична енергія не перетворюється в теплову на гальмівних колодках і колесах (як у традиційних автомобілях), а використовується для заряджання батарей за допомогою електродвигунів, встановлених на передній і задній осях. Тобто при рекуперативному гальмуванні передній і задній електродвигуни працюють у режимі генераторів, створюючи гальмівний момент на передній і задній осях. Енергія, що створюється, надходить на блок керування електроживленням, а звідти на високовольтну акумуляторну батарею [10].

Використання гібридного двигуна в автомобілі дає можливість визначити такі позитивні моменти.

По-перше, вдалося домогтися значної економії палива завдяки таким факторам:

- частина витраченої на рух енергії використовується «вдруге»;
- зниження ваги, габаритних розмірів потужності ДВЗ;
- робота силової установки відбувається в оптимальному й рівномірному режимі, і набагато менше залежить від умов їзди;
- повна автоматична зупинка роботи ДВЗ, коли це необхідно і можливість руху тільки на електродвигунах.

По-друге, гібридний автомобіль набагато менше забруднює атмосферу. «Гібридизація» не означає втрату швидкісних якостей: електродвигуни, що допомагають основному двигуну в момент розгону, можуть забезпечити динаміку навіть вищу, ніж чисто бензинових автомобілів аналогічної потужності [10].

1.3. Гібридні ЕМ-структури з точки зору генетичної концепції структурування

В основі синтезу гібридних ЕМ-структур лежить загальносистемний генетичний принцип міжвидового схрещування електромагнітних хромосом, що мають відмінності в генетичній інформації [4]. Принцип схрещування, спільно з принципами реплікації, інверсії, кросинговеру і мутації, визначають межі генетичної мінливості структурного розмаїття об'єктів-нащадків. Але саме механізм схрещування передбачає можливість утворення гібридних структур на міжвидовому, міжродовому, системному і міжсистемному рівнях структурної організації ЕМПЕ, що дає можливість утворення складних суміщених ЕМ-систем, які включають підсистеми іншої генетичної природи.

Категорія Роду об'єднує геометрично споріднені види ЕМПЕ, які на генетичному рівні представлені первинними елементами відповідних малих періодів ГК [16]. Генетична спорідненість за ознакою просторової геометрії, задовольняє вимогу просторового поєднання вихідних електромагнітних структур. Це пояснює широке розмаїття внутрішньородових гібридів, що спостерігається на різних рівнях структурної організації ЕМПЕ.

Між елементним базисом (структура ГК) і таксономічними категоріями (Вид, Рід) існує чітко виражений взаємозв'язок, який визначається логічною послідовністю наступних рівнів: "первинні джерела поля малого періоду" → "геометричний клас ЕМ-об'єктів" → "геометрично подібні Види" → "Рід". В термінах генетичної теорії структуроутворення, первинні джерела поля виконують функцію батьківських електромагнітних хромосом, наділених здатністю утворювати структури більш високого рівня складності.

Відповідно до визначення гібридного ЕМ-об'єкта, деяка гібридна структура Н утворюється в результаті схрещування породжувальних структур А і В, які розрізняються за складом генетичної інформації

$$A \times B \rightarrow H \quad (1)$$

символом $\times$ позначений оператор генетичного схрещування.

Залежно від кількості схрещуваних ознак, за аналогією з біологічними гібридами, будемо розрізняти: моногібриди (одна ознака), дігібриди (пара ознак) і полігібриди (більше двох ознак, що схрещуються). Тоді завдання визначення структур, що допускають схрещування, зводиться до визначення можливих комбінаторних варіантів перетину незбіжних складових генетичної інформації в універсальних генетичних кодах вихідних електромагнітних хромосом.

Представимо вихідні електромагнітні хромосоми A і B у виразі (1), відповідними триланковими структурами генетичних кодів:

$$A = (a_1, a_2, a_3) \in S_A \quad (2)$$

$$B = (b_1, b_2, b_3) \in S_B \quad (3)$$

де $a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3$ – складові генетичної інформації схрещуваних хромосом, що належать видам S_A і S_B відповідно.

Відмінною ознакою внутрішньородових гібридів, є приналежність електромагнітних хромосом, що схрещуються до одного геометричного класу ($a_1 = b_1$). Позначимо ідентичні, які не перетинаються, складові генетичної інформації в структурі кодів цифрою 0. Тоді простір можливих схрещувань, якщо враховувати місця розташування батьківських хромосом в межах періоду, генетичної природи і кількості схрещуваних ознак, буде визначатися такими варіантами синтезу:

а) з утворенням гібридних породжують структур за ознакою ортогональної електромагнітної орієнтованості (х-у орієнтованих):

$$H_{xy} = (0, 0, a_3) \times (0, 0, b_3) = (a_3 \times b_3) \quad (4)$$

б) з утворенням гібридних електромагнітних хромосом за ознакою змішаної електромагнітної симетрії:

$$H_1 = (0, a_2, 0) \times (0, b_2, 0) = (a_2 \times b_2) \quad (5)$$

в) з утворенням гібридних хромосом зі змішаною електромагнітною симетрією і ортогональною (х-у) орієнтованістю:

$$H_2 = (0, a_2, a_3) \times (0, b_2, b_3) = \{(a_2, a_3 \times b_2, b_3)\} \quad (6)$$

Кожній генетичній моделі (4) – (6) на об'єктному рівні ставиться у відповідність певний клас і кількісний склад внутрішньородових гібридних ЕМ-об'єктів. Розглянуті генетичні моделі інваріантні до просторової форми батьківських хромосом і складають теоретичну основу для вирішення завдань спрямованого синтезу гібридних ЕМ-структур довільної родової приналежності [6].

Елементний базис в межах генетично повного роду ЕМПЕ, в періодичній структурі ГК, представлений 6 батьківськими хромосомами базового рівня. Область існування генетично допустимих гібридних структур в межах довільного роду ЕМПЕ, буде визначатися комбінаторним простором

допустимих схрещувань на елементному базисі з 6 електромагнітних хромосом (рис. 1.2) [6].

Згідно з моделлю (4), схрещувані батьківські хромосоми будуть різнитися тільки за ознакою орієнтованості ($a_3 \neq b_3$).

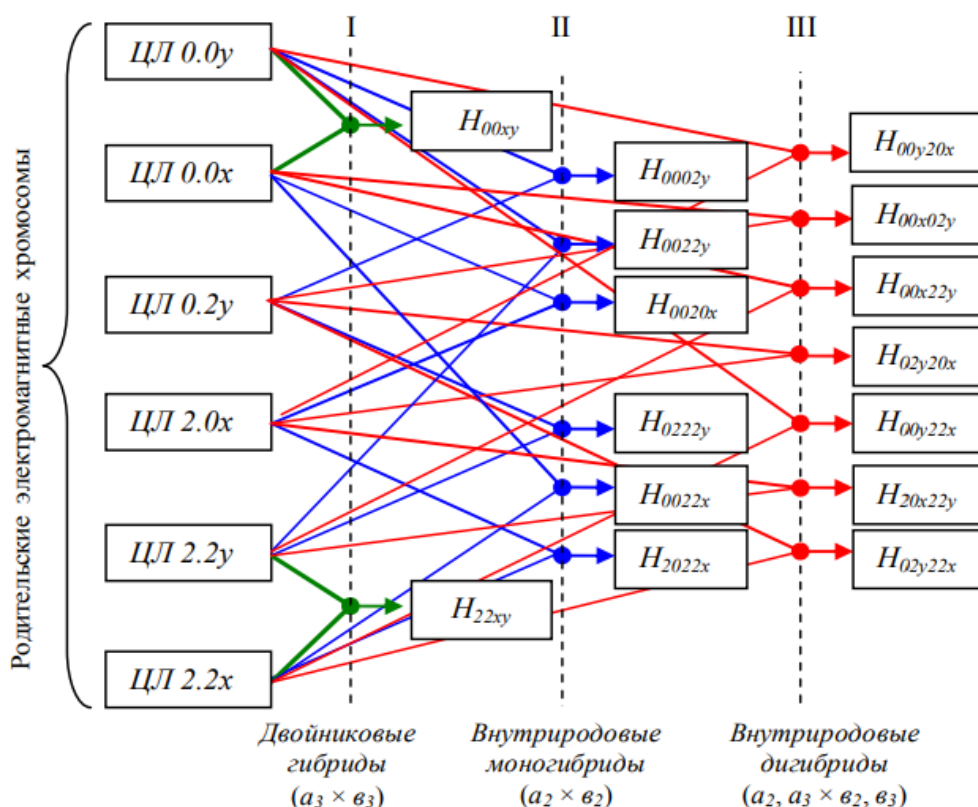


Рис. 1.2 – Узагальнена генетична модель гібридних електромеханічних об'єктів внутрішньородового рівня [6]

Структури з зазначеними властивостями задовольняють принципам парності. Відповідно до принципу збереження генетичної інформації, такому типу хромосом, на еволюційному рівні, відповідають електромеханічні об'єкти, що належать до видів-двійників. Зазначені властивості забезпечують стійку область схрещувань таких структур на хромосомному рівні і широку різноманітність гібридів на об'єктному рівні. Синтезовані структури типу H_{xy} – двійникові гібридів. Таким чином, двійниковими гібридами будемо називати підмножини внутрішньородових гібридів, у яких схрещувані електромагнітні хромосоми, задовольняють принципу парності. Двійникові моногібриди характеризуються ідентичністю просторової геометрії схрещуваних джерел поля і приналежністю до однієї групи електромагнітної симетрії. Відповідно до принципу парності, елементний базис двійникових гібридів в межах довільного малого періоду P_i , визначається трьома парами електромагнітних хромосом:

$$H_{xy} = (H_{00xy}, H_{02y20x}, H_{22xy}) \subset P_i \quad (7)$$

Геометрична спорідненість та ідентичність інформації за ознакою орієнтованості батьківських хромосом, дає можливість класифікувати синтезовані структури згідно моделі (5), як представників класу внутрішньородових моногібридів.

1.4. Останні досягнення в галузі геносистематики класів електромеханічних об'єктів

Не раз перед спеціалістами поставала задача впорядкування різноманітності електричних машин, результатом чого стало створення великої кількості класифікацій, побудованих за різними класифікаційними ознаками.

Задача класифікації має задовольняти основним принципам відповідно до яких класифікуються і впорядковуються електромеханічні системи:

- *узгодженість*: при частковому заповненні, повинна мати властивість передбачити решту;

- *ортогональність*: головні ознаки класифікації мають бути незалежними одна від одної;
- *відповідність* і класифікація повинна будуватись лише за тими ознаками, які є суттєвими, і відповідають конкретній меті класифікації;
- *економічність*: принцип побудови класифікації не повинен призводити до перетину підмножин, які класифікуються;
- *загальність*: принцип побудови класифікації має бути універсальним як для загальних, так і для локальних класифікацій;
- *відкритість*: класифікація має бути відкритою до об'єктів, які на даний час ще не відомі, або технічно не реалізовані;
- *повнота*: класифікація із врахуванням обмежень повинна максимально задовольняти задачі дослідження.

Вирішення проблем, спричинених зростанням різноманітності електричних машин, відноситься до новітнього актуального наукового напрямку досліджень в сучасній електромеханіці, який узагальнюється поняттям структурно-системних досліджень. Пізнання загальних закономірностей структурної організації і розвитку певних класів систем є обов'язковою умовою організації їх цілеспрямованих досліджень і розвитку нових фундаментальних напрямків дослідження [17].

Важливим аспектом структурно-системного підходу є його систематизуюча основа стосовно певної області знань. Результати таких досліджень формують фундамент наукової дисципліни, сприяють упорядкуванню розрізнених знань [18].

Кожен науковий напрямок, предметом вивчення якого є складні системи, що мають розгалужену Видову різноманітність об'єктів та розвиваються у часі на певному етапі свого розвитку приходять до необхідності постановки задачі систематики. Від успішного вирішення задачі систематики залежить перехід наукового напрямку на більш високий рівень теоретичних досліджень та практичної реалізації потенціалу досліджуваних об'єктів і систем.

Однією із складових структурно-системних досліджень в електромеханіці є створення систематики електричних машин. Вона повинна відтворювати природні закономірності структурної організації і розвитку ЕМ, бути стійкою до часу еволюції і упорядковувати інформацію про відомі та потенційно можливі класи електричних машин на основі єдиного методологічного підходу.

Основним поняттям еволюційної теорії будови і розвитку ЕМПЕ є *електромеханічна структура* - сукупність взаємопов'язаних елементів, які становлять цілісність системи і зумовлюють її функціонування на основі принципів електромеханічного перетворення енергії. Функціонування електромеханічних структур спричинене відносним рухом електромагнітно пов'язаних активних частин і виникненням електромеханічної взаємодії.

Між поняттям структури та функції електромеханічної системи існує однозначний взаємний зв'язок: зміна функції потребує відповідної зміни структури системи і навпаки, зміна структури зумовлює зміну функції електромеханічної системи. Електромеханічні структури - тривимірні просторові об'єкти з явно вираженою геометричною інформацією, що пов'язана з багатоваріантністю просторових компоновок та різноманітністю форм активних частин [4].

Електромеханічне перетворення енергії можливе лише за умови існування внутрішнього порядку і закономірності зв'язків між окремими елементами структури. Сукупність таких зв'язків визначає поняття *структурної організації* електромеханічної структури. Визначальними критеріями структурної організації електромеханічних структур є існування рухомої і нерухомої активних частин та узгоджених електромагнітних зв'язків між ними. Головною компонентою електромеханічних структур виступає електромагнітне поле, властивості якого визначаються законами електромагнетизму.

Якщо будь-яка система в тому числі і електромеханічна, має певну структуру, то вона обов'язково наділена відповідним різновидом симетрії [4]. Наявність симетрійних властивостей на рівні елементарних електромагнітних структур означає, що закони збереження поширюються і на породжувальні

структури. Це дає можливість використовувати принципи симетрії як універсальну методологічну основу для дослідження будови складних еволюціонуючих ЕМ-структур.

Природна властивість симетрії електромагнітного поля та очевидні геометричні властивості зумовили використання положень симетрії для узагальнення принципів будови та розвитку ЕМ-структур.

Однією із основних інваріантних ознак організованої структури є періодичність, яка визначає цілісність системи. Для електромеханічних структур ця фундаментальна властивість виявляється в просторово-часовій періодичності електромагнітного поля. Для дослідження ЕМ-структур і принципів їх формотворення першочергового значення набувають топологічні властивості силових магнітних ліній і просторових форм джерел.

Узагальнення та системний аналіз електромеханічних структур стали можливими після визначення елементарних структур - породжувальних джерел електромагнітного поля (ПДП). ПДП - просторові струмонесучі поверхні, на яких задано вид і закон розподілу поля. Функціональні властивості ПДП визначаються інваріантними властивостями електромагнітного поля. Суттєвими ознаками ПДП є:

- вид електромагнітного поля;
- геометрична форма струмонесучої поверхні;
- напрямок розповсюдження електромагнітної хвилі поля.

Електромагнітну дисиметризацію зумовлюють наявність країв струмонесучої поверхні. Залежно від топологічних властивостей геометричної форми конкретного ПДП поверхнева хвиля електромагнітного, поля за напрямком свого розповсюдження буває симетричною, дисиметричною та асиметричною. Аналогічні види електромагнітної симетрії мають місце і за поперечним напрямком розповсюдження.

Сукупність дисиметризуючих факторів за поздовжнім та поперечним напрямком довільної просторової форми ПДП становить поняття

електромагнітної симетрії. Довільну поверхню, на якій задано закон розподілу електромагнітного поля, можна розглядати як безрозмірне джерело, інформація якого визначається видом поля, видом електромагнітної симетрії та топологічними ознаками поверхні ПДП.

Сукупність топологічних, геометричних і електромагнітних ознак ПДП, які успадковуються в процесі ускладнення електромеханічної структури, становить поняття *генетичної інформації*. Кожне ПДП має власний генетичний код та фундаментальну властивість збереження, перетворення та передачі спадкової інформації в процесі еволюції електромеханічної системи. Генетична інформація ПДП впорядковується Генетичною класифікацією [4].

В результаті аналізу структури ГК було встановлено, що властивості її елементів, визначаються принципами збереження електромагнітної структури - *принципом топологічної інваріантності* та *принципом збереження електромагнітної симетрії* [4]. Виявлені принципи мають фундаментальний характер, оскільки встановлюють зв'язок між неперервністю та дискретністю електромагнітних та топологічних властивостей ПДП.

Визначення поняття Виду здійснювалося на основі детально розробленої генетичної теорії та класифікації елементів, що дозволяють визначити генетичні принципи структурної організації класів систем, відтворити механізми видоутворення в процесі їх структурної еволюції:

- генетична інформація кожного породжувального джерела електромагнітного поля є інваріантною у процесі його розвитку до рівня електромеханічного об'єкта і визначає генофонд потенційної множини популяцій відповідного Виду;
- базова множина породжувальних джерел поля впорядковується в межах генетичної класифікації за геометричними (в межах періодів) та за електромагнітними (в межах груп) ознаками. Кожне ПДП знаходиться на перетині відповідної групи та періоду, тому його генетичні властивості є

однозначними, індивідуальними та ізольованими відносно генетичних властивостей інших ПДП [4].

Оснoву дослідження процесів структурної еволюції ЕМПЕ становить моделююча система високого рівня узагальнення. Вона суміщає структуру ГК та багатовимірний інформаційний простір суттєвих ознак довільних класів ЕМ-систем. Функціями такої моделі є можливість відображення процесів мікроеволюції (розвитку електромеханічних об'єктів в межах довільного Виду) та макроеволюції (еволюції довільних класів електромеханічних перетворювачів енергії надвидового рівня).

Задачі мікроеволюції мають прикладний характер, а задачі макроеволюції мають рівень фундаментальних досліджень.

Задачами мікроеволюції є пошук, створення та удосконалення конкретних електромеханічних об'єктів (створення нових структурних різновидів електричних машин), а макроеволюції - пошук закономірностей розвитку надвидових класів систем, розробка узагальнених генетичних моделей, створення інформаційних баз даних, побудова загальної систематики ЕМ [19].

Аналіз стану структурно-системних досліджень в електромеханіці, показує наявність теоретичного базису для створення систематики, а саме:

- відкриття системи породжувальних елементів різноманітності ЕМПЕ та створення їх Генетичної класифікації;
- відкриття принципів збереження;
- обґрунтування ключової для систематики категорії Виду та розробка теорії видоутворення;
- створення теорії еволюції;
- генетичного синтезу і аналізу електромеханічних систем.

Не зважаючи на неодноразове підтвердження адекватності запропонованого підходу до систематики на прикладі найрізноманітніших класів електромеханічних об'єктів, запропоновані положення були розроблені

та апробовані лише на тих класах, які складаються з генетично чистих видів. Обґрунтування генетичної концепції структуроутворення гібридних ЕМ-структур відбулося пізніше, тому принципи та структура систематики класів ЕМ-об'єктів, які містять гібридні види не були розроблені.

На підставі наявності періодичної структури Генетичної класифікації ПДП та природної закономірності передачі генетичної інформації, науково обґрунтовано вибір генетичної концепції створення систематики. Це дозволяє: - гарантувати повноту і незмінність структури систематики; - визначити єдиним способом систематичні класи надвидового рівня; - здійснювати прогноз подальшого структуроутворення ЕМ на рівні систематичних класів.

Була встановлена наявність системних взаємозв'язків між структурою ГК, універсальним генетичним кодом, принципами збереження та систематичними одиницями ЕМ (ПДП → структура генетичного коду → принцип збереження генетичної інформації → базовий Вид; геометричний ізоморфізм ПДП → x- та y- індекси генетичного коду → принцип парності → Види-двійники; геометричний поліморфізм ПДП → цифрові індекси генетичного коду → ізотопія → Види-близнюки; геометричний клас → літерна складова генетичного коду → принцип дисиметризації → Рід; область існування ПДП → літерна частина + x- та y- індекси генетичного коду → спорідненість ЕМ-об'єктів за ознакою просторового руху рухомої частини → Підродина). Це підтверджує достовірність вибраного генетичного підходу до створення систематики та визначення допоміжної систематичної одиниці Підродина за системною ознакою різновиду просторового руху рухомої частини електромеханічних об'єктів.

Розроблено сукупність методик систематики Видової різноманітності – відомих і неявних на даному етапі розвитку – електричних машин: ідентифікації таксономічних ознак електричних машин, визначення області існування, кількісного складу та генетичної інформації Видів і Родів електричних машин, складання опису систематичних одиниць, визначення

кількісного складу та генетичної інформації неявних Видів та правила формування назв систематичних одиниць, які становлять єдину методологію систематики, універсальність якої підтверджено як для систематичних класів ЕМ обертального і поступального руху, так і для довільних класів ЕМ.

1.5. Постановка задач дослідження

Враховуючи актуальність дослідження гібридних технічних на сучасному етапі розвитку науки і техніки, в тому числі, в галузі електромеханіки, актуальність систематики структурної різноманітності гібридних електромеханічних об'єктів та систем, а також наявність результатів останніх досліджень в галузі структурно-системних досліджень ЕМПЕ, зокрема, методологічного базису створення систематики видів функціональних класів ЕМПЕ та розкриття генетичних принципів структуроутворення гібридних електромеханічних структур, метою даної магістерської дисертації є розробка принципів генетичної систематики гібридних видів функціональних класів електромеханічних об'єктів.

Об'єкт дослідження становлять функціональні класи електромеханічних об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види.

Предмет дослідження – таксономічні категорії гібридного виду та гібридного роду, структура систематики гібридних видів електромеханічних об'єктів.

Відповідно до поставленої мети, основними задачами дослідження є:

Обґрунтувати актуальність дослідження функціональних класів електромеханічних об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види.

Здійснити аналіз стану вітчизняних та закордонних досліджень з розробки систематики гібридних видів функціональних класів електромеханічних об'єктів; сформулювати мету та задачі дослідження.

Обґрунтувати таксономічні категорії гібридного виду та гібридного роду.

Розробити структуру систематики гібридних видів електромеханічних об'єктів.

Встановити відповідність між структурою систематики генетично чистих та гібридних видів електромеханічних об'єктів.

Здійснити апробацію запропонованих теоретичних положень, розробивши систематику функціонального класу електромеханічних об'єктів, які містять у своєму складі гібридні види, на прикладі класу електромеханічних модулів для «мотор-шпинделів».

Розробити рекомендації з практичного використання структури систематики гібридних видів електромеханічних об'єктів, обґрунтувати практичну користь дослідження, розробивши стартап-проект.

Узагальнити результати дослідження, зробивши висновки по роботі.

РОЗДІЛ 2

ТАКСОНОМІЧНІ ОДИНИЦІ ТА ЇХ ІЄРАРХІЯ В СТРУКТУРІ СИСТЕМАТИКИ КЛАСІВ ГІБРИДНИХ ЕМ-ОБ'ЄКТІВ

2.1. Обґрунтування таксономічної категорії гібридного Виду ЕМ-систем

Структурно-системні дослідження складних динамічних систем з еволюціонуючою різноманітністю структурних різновидів, зумовлюють необхідність побудови та використання моделей високого рівня узагальнення, що за допомогою мінімальної кількості інваріантних критеріїв дозволили б виявити основні принципи структурної будови і визначити системні властивості потенційно можливої множини об'єктів, що належать до цього класу систем. Методичною основою таких досліджень є науково обґрунтовані класифікації, вони одночасно виконують роль системних моделей по відношенню до об'єктів вищого рівня складності. Рівень «системності» таких моделей визначається насамперед інваріантністю їх класифікаційних ознак

стосовно потенційно можливих структурних класів об'єктів, а також здатністю такої моделі визначити принципи, закономірності та правила, відповідно до яких можна встановити їх суттєві властивості.

Проблема класифікації є актуальною і складною методологічно і в сучасній науці. Складність побудови науково обгрунтованих класифікацій зумовлена відсутністю чітких визначень щодо самого поняття класифікації.

Задача побудови класифікації такого рівня належить до категорії системних і пов'язаних перш за все з пошуком певної абстрактної множини первинних елементів та відповідного закону їх упорядкування. Моделюючи системи з такими властивостями набувають статусу генетичної класифікації. Відповідно до прийнятої генетичної концепції в основі структурної різноманітності динамічних еволюціонуючих систем має лежати скінченна множина первинних елементів, властивості яких успадковуються в структурах вищого рівня складності, синтезованих на цих елементах.

Основна проблема побудови ГК полягає в тому, що постановка такої задачі зумовлює необхідність розробки і відповідної генетичної теорії, що пояснювала б механізм спадковості і розвитку об'єктів класифікації.

При розробці класифікацій генетичного рівня слід зважати і на те, що класифікація таких складних еволюціонуючих електромеханічних систем, не може бути стабільною і незмінною. З часом така класифікація повинна враховувати появу нових класів систем, які можуть виникнути в процесі їх розвитку, тобто еволюціонувати. Це свідчить про те, що ознаки, вибрані як базові, мають бути інваріантними як щодо потенційно можливих класів ЕМ-систем, так і щодо категорії часу [4].

Узагальнюючи значення класифікаційних досліджень у сучасній науці, можна виокремити притаманні їм спільні аспекти:

- класифікації розглядають як засіб організації теоретичних досліджень, що зумовлено можливістю перенесення знань,

приналежних до певного класу об'єктів у межах теорії, на довільний об'єкт цього класу.

- у ряді випадків класифікація виступає як спосіб подання структури теорії, забезпечуючи її наглядність, логічність та достовірність.
- класифікації здебільшого виконують функцію узагальнених моделей стосовно множини об'єктів дослідження і становлять методичну основу прогнозування.
- вдало побудована класифікація виступає засобом подання, опису і збереження упорядкованої інформації, що створює можливості побудови на її основі інформаційних баз даних та баз знань.
- природні класифікації і особливо класифікації генетичного рівня виконують роль фундаментальної методологічної основи.

Основна проблема, яка постає при спробі узагальнення поняття виду еволюціонуючої системи, полягає не у визначенні ознак схожості певної сукупності об'єктів, а в знаходженні характерних відмінностей, за допомогою яких можна було б відрізнити один вид від другого та визначити чітку дистанцію в ієрархії таксономічних категорій вищого рівня (роду, родини, класу).

Побудова концепції видоутворення можлива лише для таких антропогенних систем, для яких існує сукупність породжувальних (первинних) структур. Властивості таких структур в природних системах визначають матеріальні носії спадковості інформації — гени. Лише генетичні структури здатні об'єктивно відтворювати специфічні принципи структурної будови і розвитку, притаманні певному класу систем [4].

Якщо розглядати предметну область ГК з позиції її таксономічних властивостей, то можна виділити дві основні систематичні одиниці, які упорядковують базову множину породжувальних джерел поля за геометричними (в межах періодів) та електромагнітними (в межах груп) ознаками. При цьому перетин довільної пари зазначених таксонів породжує

третій — дочірній таксон, генетичні властивості якого зумовлюють його ізоляцію, однозначність та індивідуальність. Отже, генетична інформація ПДП забезпечує інваріантну компоненту ЕМ-структур у процесі їх розвитку, тобто визначає генофонд потенційної множини споріднених структур, незалежно від рівня їх складності та функціональної належності [4].

Базовий Вид — Вид електромеханічної системи, генотип якого визначається генетичною інформацією первинного джерела електромагнітного поля базового рівня ГК [9].

За допомогою генетичного коду відбувається розпізнання Виду. Одночасно елементи предметної області Генетичної класифікації також визначають область існування базових Видів ЕМ [4].

В процесі еволюції довільні функціональні класи ЕМПЕ надвидового рівня і їх покоління, перетворюються в одних і тих же базових Видах. Дана закономірність має назву *закон сталості базового Виду* і є наслідком принципу збереження генетичної інформації.

Методологічність даного закону заключається у можливості побудови узагальнених моделей видоутворення ЕМПЕ, розробки способів і методів прогнозування та втілення в життя алгоритмів генетичного синтезу класів ЕМПЕ надвидового рівня.

Категорія виду, згідно визначення, є системним поняттям, яке існує у часовому просторі і узагальнює різноманітність ізольованих, але генетично споріднених об'єктів, кількісні і якісні показники яких у процесі розвитку змінюються дискретно. Ідентифікація базового виду здійснюється за допомогою генетичного коду ПДП. Елементи предметної області генетичної класифікації ПДП одночасно визначають і область існування базових видів ЕМ-систем (як існуючих, так і потенційно можливих). Належність ПДП до відповідних груп або періодів ГК дозволяє виділити споріднені групи видів за електромагнітними (топологічними) та геометричними (морфологічними) критеріями.

Відповідно вимог до систематики систематичною одиницею 1-го рангу є науково обґрунтована категорія базового виду, під яким розуміють:

Генетично чистий вид – вид електромеханічної системи, генотип якого визначається генетичною інформацією одного первинного джерела електромагнітного поля, а генотип гібридного виду, відповідно, визначається складовими генетичної інформації одночасно, принаймні, двох первинних джерел електромагнітного поля. Принцип утворення гібридних електромеханічних структур визначається законами міжвидового схрещування електромеханічних хромосом, які відрізняються принаймні однією складовою генетичної інформації. В залежності від ступеня відмінності у складових генетичної інформації вихідних електромагнітних хромосом, гібридні структури внутрішньородового рівня поділяються на двійникові, моно- та дигібриди.

Область існування генетично допустимої різноманітності гібридних породжувальних хромосом в межах геометричного класу

ЦЛ(0.0x× 2.2x)	ЦЛ(0.0x× 2.2x)	ЦЛ(0.0x× 2.2x)	ЦЛ(0.0x× 2.2x)	ЦЛ(0.0x× 2.2x)	ЦЛ(0.0x× 2.2x)
ЦЛ(0.0y× 2.2y)	ЦЛ(0.0y× 2.2y)	ЦЛ(0.0y× 2.2y)	ЦЛ(0.0y× 2.2y)	ЦЛ(0.0y× 2.2y)	ЦЛ(0.0y× 2.2y)
ЦЛ(0.0x× 2.2y)	ЦЛ(0.0x× 2.2y)	ЦЛ(0.0x× 2.2y)	ЦЛ(0.0x× 2.2y)	ЦЛ(0.0x× 2.2y)	ЦЛ(0.0x× 2.2y)
ЦЛ(0.2y× 2.2x)	ЦЛ(0.2y× 2.2x)	ЦЛ(0.2y× 2.2x)	ЦЛ(0.2y× 2.2x)	ЦЛ(0.2y× 2.2x)	ЦЛ(0.2y× 2.2x)
ЦЛ(0.2y× 2.2y)	ЦЛ(0.2y× 2.2y)	ЦЛ(0.2y× 2.2y)	ЦЛ(0.2y× 2.2y)	ЦЛ(0.2y× 2.2y)	ЦЛ(0.2y× 2.2y)
ЦЛ(2.0x× 2.2x)	ЦЛ(2.0x× 2.2x)	ЦЛ(2.0x× 2.2x)	ЦЛ(2.0x× 2.2x)	ЦЛ(2.0x× 2.2x)	ЦЛ(2.0x× 2.2x)
ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)
ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)
ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)

З розробленої раніше узагальненої генетичної моделі спрямованого синтезу ЕМ-структур можемо бачити, що породжувальні гібридні структури мають більш високий рівень генетичної складності порівняно з батьківськими хромосомами базового рівня. Але з точки зору систематики кожній породжувальній гібридній структурі однозначно ставиться у відповідність таксономічна категорія гібридного виду. Така відповідність обґрунтована наступними положеннями:

- вихідною інформацією в задачах синтезу гібридних породжувальних структур є предметна область ГК та закони міжвидового схрещування, отже множина всіх генетично допустимих гібридних структур в межах геометричного періоду є однозначно визначеною (табл. 2.1);
- утворення популяцій гібридних ЕМ-структур здійснюється з використанням тих самих генетичних операторів та підкоряється законам синтезу популяцій видів базового рівня;
- межі структурної мінливості гібридів визначаються генетичною інформацією, принцип збереження якої встановлює послідовність рівнів ускладнення структурної організації: „ПДП” → „породжувальні гібридні хромосоми” → „структура гібридних видів” → „структура родів” (рис. 2.1);

- ідентифікація гібридних видів здійснюється за структурною формулою, яка складається з двох генетичних кодів ПДП, що схрещуються, отже, елементи предметної області ГК у сукупності з правилами гібридизації одночасно визначають і область існування гібридних видів внутрішньородового рівня (табл. 2.1).

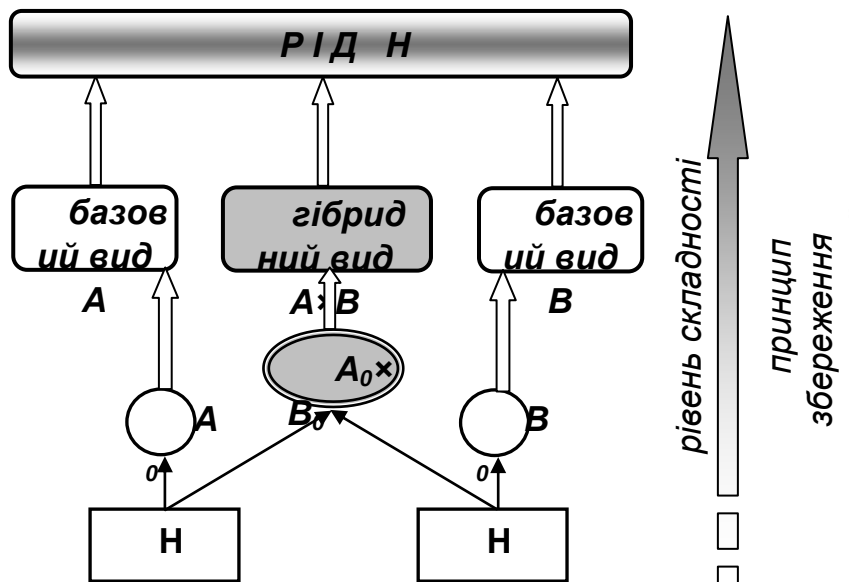


Рис. 2.1. Принцип утворення гібридних та базових видів ЕМ-структур

Як видно з табл. 2.1, правила утворення двійникових, моно- та дигібридів в межах геометричного класу є універсальними, а отже якісний та кількісний склад відповідних видів буде однаковим в межах всіх геометричних класів.

У випадку схрещування інформаційних породжувальних хромосом в межах одного геометричного класу, утворені гібридні види належать до того самого роду, що і відповідні базові види (рис. 2.1), отже структура «ідеального» базового роду визначає кількісний та якісний склад базових видів, видів-близнюків та гібридних видів внутрішньородового рівня.

Внутрішньовидовий гібрид – гібридна структура первинно-вторинного типу, синтезована в результаті схрещування, за умови незмінності генетичного коду батьківської хромосоми.

Виникнення гібридних видів є результатом синтогенезу одного з найбільш продуктивних генетичних механізмів структурної еволюції складних ЕМ-систем. Основу гібридизації визначають процеси міжвидового схрещування, породжувальні структури яких утворюються на хромосомному рівні. Гібридні електромеханічні структури характеризуються змішаною генетичною інформацією, тому їх функціональні властивості визначаються генетичними ознаками відповідних породжувальних джерел.

В основі синтогенезу гібридних видів лежать генетичні процеси схрещування, які супроводжуються ускладненням структур і розширенням їх функціональних властивостей.

2.2. Обґрунтування таксономічної категорії гібридного Роду ЕМ-систем

Рід – надвидова систематична категорія, яка об'єднує генетично споріднені види ЕМПЕ. Геометрична спорідненість видів визначає процеси видоутворення і розвитку гібридних видів ЕМ-систем, область існування та структурна різноманітність яких у процесі еволюції невинно розширюються.

Належність видів до одного геометричного класу, генетичні властивості якого визначаються джерелами поля відповідного періоду ГК, становить зміст поняття роду ЕМ. У межах роду створюються необхідні умови здійснення міжвидового та внутрішньовидового синтезу (схрещування). Родова приналежність є також критерієм розпізнавання міжвидових гібридів та генетичних мутацій, які визначають механізми структурної і електромагнітної мінливості в електричних машинах.

Окремі групи видів із спільними родовими ознаками можуть бути виділені у Підроди. Такий ранг можуть мати, наприклад, базові види ЕМ, об'єднані за ознакою просторового руху (обертового, поступального).

У межах конкретної родини структура родів визначається однозначно. Так, уся існуюча різноманітність технічно реалізованих та інформаційних видів ЕМ родини асинхронних на даний час еволюції поділяється на сім родів:

циліндричні, конічні, плоскі, тороїдні плоскі, сферичні, тороїдні циліндричні, гвинтові на циліндричній поверхні.

Внутрішньородовий гібрид – гібридний ЕМ-об’єкт, синтезований за результатами схрещування батьківських хромосом, що належать до одного роду.

Принципи визначення таксономічних класів генетичної систематики та їх меж мають бути універсальними незалежно від рангу досліджуваних класів, а отже крім базових родів, обґрунтованих раніше, структура систематики має враховувати також гібридні роди. Базовий рід містить у своєму складі не лише базові види, а і гібридні види, інформаційні породжувальні хромосоми яких мають спільну літерну частину (належать до одного геометричного класу). Під гібридними родами будемо розуміти такі роди, які об’єднують види, генетична інформація яких визначається породжувальними хромосомами, утвореними шляхом схрещування принаймні двох інформаційних хромосом з різними літерними частинами [12] (табл.2.2).

Таблиця 2.2

Область існування генетично допустимої різноманітності гібридних породжувальних хромосом в межах геометричного класу при побудові структури систематики за родами

	<i>ЦЛ</i>	<i>КН</i>	<i>ПЛ</i>	<i>ТП</i>	<i>ТЦ</i>	<i>СФ</i>
--	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------	-----------

.0	ЦЛ(0.0у× 0.0х)	<u>ЦЛ(0.0у× 0.0х)</u>	ЦЛ(0.0у× 0.0х)	ЦЛ(0.0у× 0.0х)	ЦЛ(0.0у× 0.0х)	ЦЛ(0.0у× 0.0х)
.2	ЦЛ(0.0у× 0.2у)	<u>ЦЛ(0.0у× 0.2у)</u>	ЦЛ(0.0у× 0.2у)	ЦЛ(0.0у× 0.2у)	ЦЛ(0.0у× 0.2у)	ЦЛ(0.0у× 0.2у)
	ЦЛ(0.0х× 0.2у)	<u>ЦЛ(0.0х× 0.2у)</u>	ЦЛ(0.0х× 0.2у)	ЦЛ(0.0х× 0.2у)	ЦЛ(0.0х× 0.2у)	ЦЛ(0.0х× 0.2у)
.0	ЦЛ(0.0у× 2.0х)	<u>ЦЛ(0.0у× 2.0х)</u>	ЦЛ(0.0у× 2.0х)	ЦЛ(0.0у× 2.0х)	ЦЛ(0.0у× 2.0х)	ЦЛ(0.0у× 2.0х)
	ЦЛ(0.0х× 2.0х)	<u>ЦЛ(0.0х× 2.0х)</u>	ЦЛ(0.0х× 2.0х)	ЦЛ(0.0х× 2.0х)	ЦЛ(0.0х× 2.0х)	ЦЛ(0.0х× 2.0х)
.2	ЦЛ(0.0у× 2.2х)	<u>ЦЛ(0.0у× 2.2х)</u>	ЦЛ(0.0у× 2.2х)	ЦЛ(0.0у× 2.2х)	ЦЛ(0.0у× 2.2х)	ЦЛ(0.0у× 2.2х)
	ЦЛ(0.0х× 2.2х)	<u>ЦЛ(0.0х× 2.2х)</u>	ЦЛ(0.0х× 2.2х)	ЦЛ(0.0х× 2.2х)	ЦЛ(0.0х× 2.2х)	ЦЛ(0.0х× 2.2х)
	ЦЛ(0.0у× 2.2у)	<u>ЦЛ(0.0у× 2.2у)</u>	ЦЛ(0.0у× 2.2у)	ЦЛ(0.0у× 2.2у)	ЦЛ(0.0у× 2.2у)	ЦЛ(0.0у× 2.2у)
	ЦЛ(0.0х× 2.2у)	<u>ЦЛ(0.0х× 2.2у)</u>	ЦЛ(0.0х× 2.2у)	ЦЛ(0.0х× 2.2у)	ЦЛ(0.0х× 2.2у)	ЦЛ(0.0х× 2.2у)
	ЦЛ(0.2у× 2.2х)	<u>ЦЛ(0.2у× 2.2х)</u>	ЦЛ(0.2у× 2.2х)	ЦЛ(0.2у× 2.2х)	ЦЛ(0.2у× 2.2х)	ЦЛ(0.2у× 2.2х)
	ЦЛ(0.2у× 2.2у)	<u>ЦЛ(0.2у× 2.2у)</u>	ЦЛ(0.2у× 2.2у)	ЦЛ(0.2у× 2.2у)	ЦЛ(0.2у× 2.2у)	ЦЛ(0.2у× 2.2у)
	ЦЛ(2.0х× 2.2х)	<u>ЦЛ(2.0х× 2.2х)</u>	ЦЛ(2.0х× 2.2х)	ЦЛ(2.0х× 2.2х)	ЦЛ(2.0х× 2.2х)	ЦЛ(2.0х× 2.2х)
	ЦЛ(2.0х× 2.2у)	<u>ЦЛ(2.0х× 2.2у)</u>	ЦЛ(2.0х× 2.2у)	ЦЛ(2.0х× 2.2у)	ЦЛ(2.0х× 2.2у)	ЦЛ(2.0х× 2.2у)
	ЦЛ(0.2у× 2.0х)	<u>ЦЛ(0.2у× 2.0х)</u>	ЦЛ(0.2у× 2.0х)	ЦЛ(0.2у× 2.0х)	ЦЛ(0.2у× 2.0х)	ЦЛ(0.2у× 2.0х)
	ЦЛ(2.2у× 2.2х)	<u>ЦЛ(2.2у× 2.2х)</u>	ЦЛ(2.2у× 2.2х)	ЦЛ(2.2у× 2.2х)	ЦЛ(2.2у× 2.2х)	ЦЛ(2.2у× 2.2х)

Фрагмент області існування гібридних породжувальних хромосом міжродового рівня (табл. 2.3) визначений за наступних обмежень:

- не враховуються породжувальні структури, у складі генетичної інформації яких є хоча б одне породжувальне джерело-ізопоп;
- область визначено в межах першого великого періоду Генетичної класифікації;
- не враховано породжувальні гібридні хромосоми, утворені шляхом схрещування вихідних інформаційних хромосом різної генетичної природи (міжсистемні гібриди).

Універсальність закону гібридизації дозволяє встановити, що кожен з допустимих 15 гібридних родів містить у своєму складі 6 моногібридних, 16 дигібридних та 14 полігібридних види.

Таблиця 2.3

**Фрагмент області існування генетично допустимої різноманітності
гібридних породжувальних хромосом, утворених шляхом схрещування
принаймні двох інформаційних хромосом з різними літерними частинами**

	<i>ЦЛ×КН</i>	<i>ЦЛ×ПЛ</i>	<i>ЦЛ×ТП</i>	<i>ЦЛ×ТЦ</i>	<i>ЦЛ×СФ</i>
.0	0.0х×0.0х	0.0х×0.0х	0.0х×0.0х	0.0х×0.0х	0.0х×0.0х
	0.0у×0.0у	0.0у×0.0у	0.0у×0.0у	0.0у×0.0у	0.0у×0.0у
	0.0у×0.0х	0.0у×0.0х	0.0у×0.0х	0.0у×0.0х	0.0у×0.0х
	0.0х×0.0у	0.0х×0.0у	0.0х×0.0у	0.0х×0.0у	0.0х×0.0у
.2	0.2у×0.2у	0.2у×0.2у	0.2у×0.2у	0.2у×0.2у	0.2у×0.2у
	0.0у×0.2у	0.0у×0.2у	0.0у×0.2у	0.0у×0.2у	0.0у×0.2у
	0.0х×0.2у	0.0х×0.2у	0.0х×0.2у	0.0х×0.2у	0.0х×0.2у
	0.0у×0.2у	0.0у×0.2у	0.0у×0.2у	0.0у×0.2у	0.0у×0.2у
	0.0х×0.2у	0.0х×0.2у	0.0х×0.2у	0.0х×0.2у	0.0х×0.2у
.0	2.0х×2.0х	2.0х×2.0х	2.0х×2.0х	2.0х×2.0х	2.0х×2.0х
	0.0у×2.0х	0.0у×2.0х	0.0у×2.0х	0.0у×2.0х	0.0у×2.0х
	0.0х×2.0х	0.0х×2.0х	0.0х×2.0х	0.0х×2.0х	0.0х×2.0х
	0.0у×2.0х	0.0у×2.0х	0.0у×2.0х	0.0у×2.0х	0.0у×2.0х
	0.0х×2.0х	0.0х×2.0х	0.0х×2.0х	0.0х×2.0х	0.0х×2.0х
.2	0.0у×2.2х	0.0у×2.2х	0.0у×2.2х	0.0у×2.2х	0.0у×2.2х
	0.0у×2.2х	0.0у×2.2х	0.0у×2.2х	0.0у×2.2х	0.0у×2.2х
	0.0х×2.2х	0.0х×2.2х	0.0х×2.2х	0.0х×2.2х	0.0х×2.2х
	0.0х×2.2х	0.0х×2.2х	0.0х×2.2х	0.0х×2.2х	0.0х×2.2х
	0.0у×2.2у	0.0у×2.2у	0.0у×2.2у	0.0у×2.2у	0.0у×2.2у
	0.0у×2.2у	0.0у×2.2у	0.0у×2.2у	0.0у×2.2у	0.0у×2.2у
	0.0х×2.2у	0.0х×2.2у	0.0х×2.2у	0.0х×2.2у	0.0х×2.2у
	0.0х×2.2у	0.0х×2.2у	0.0х×2.2у	0.0х×2.2у	0.0х×2.2у
	0.2у×2.2х	0.2у×2.2х	0.2у×2.2х	0.2у×2.2х	0.2у×2.2х
	0.2у×2.2х	0.2у×2.2х	0.2у×2.2х	0.2у×2.2х	0.2у×2.2х
	0.2у×2.2у	0.2у×2.2у	0.2у×2.2у	0.2у×2.2у	0.2у×2.2у
	0.2у×2.2у	0.2у×2.2у	0.2у×2.2у	0.2у×2.2у	0.2у×2.2у
	2.0х×2.2х	2.0х×2.2х	2.0х×2.2х	2.0х×2.2х	2.0х×2.2х
	2.0х×2.2х	2.0х×2.2х	2.0х×2.2х	2.0х×2.2х	2.0х×2.2х
	2.0х×2.2у	2.0х×2.2у	2.0х×2.2у	2.0х×2.2у	2.0х×2.2у
	2.0х×2.2у	2.0х×2.2у	2.0х×2.2у	2.0х×2.2у	2.0х×2.2у
	0.2у×2.0х	0.2у×2.0х	0.2у×2.0х	0.2у×2.0х	0.2у×2.0х
	0.2у×2.0х	0.2у×2.0х	0.2у×2.0х	0.2у×2.0х	0.2у×2.0х
	2.2у×2.2х	2.2у×2.2х	2.2у×2.2х	2.2у×2.2х	2.2у×2.2х
	2.2у×2.2х	2.2у×2.2х	2.2у×2.2х	2.2у×2.2х	2.2у×2.2х
	2.2у×2.2у	2.2у×2.2у	2.2у×2.2у	2.2у×2.2у	2.2у×2.2у
	2.2х×2.2х	2.2х×2.2х	2.2х×2.2х	2.2х×2.2х	2.2х×2.2х



Порівняння областей існування гібридних породжувальних хромосом (табл. 2.2 і табл. 2.3) показує, що вказана раніше рівноцінність підходів до

побудови систематики базових видів за двома ортогональними напрямками (шляхом впорядкування видів по геометричним родам або по гомологічним рядам) є справедливою і у випадку систематики гібридних видів, оскільки таксономічній категорії гібридного роду (систематика по родам) відповідає таксономічна категорія гібридного гомологічного ряду (систематика по рядам).

2.3. Обґрунтування таксономічної категорії гібридного Ряду ЕМ-систем

Гомологічний ряд (ідеальний) – упорядкована послідовність первинних джерел магнітного поля (електромагнітних хромосом) в межах довільної підгрупи ГК, які відрізняються лише першою складовою універсального генетичного коду і пов'язані між собою групою гомеоморфних перетворень.

Гомологічний ряд (реально-інформаційний) – обмежена сукупність ЕМ-об'єктів, що виникли в процесі технічної еволюції, або синтезовані на основі генетичних програм, які зберігають генетичну інформацію відповідних хромосом ідеального гомологічного ряду.

Принципи визначення таксономічних класів генетичної систематики та їх меж мають бути універсальними незалежно від рангу досліджуваних класів, а отже крім базових родів, обґрунтованих раніше, структура систематики має враховувати також гібридні роди. Базовий рід містить у своєму складі не лише базові види, а і гібридні види, інформаційні породжувальні хромосоми яких мають спільну літерну частину (належать до одного геометричного класу) але різняться за складом цифрових та (або) х-,у- частин.

Під гібридними рядами будемо розуміти такі ряди, які об'єднують види, генетична інформація яких визначається породжувальними хромосомами, зрізними цифровими та/або літерними частинами.

Порівняння областей існування гібридних породжувальних хромосом (рис. 2.3 та табл. 2.4) показує, що вказана раніше рівноцінність підходів до побудови систематики базових видів за двома ортогональними напрямками (шляхом впорядкування видів по геометричним родам або по гомологічним

рядам) є справедливою і у випадку систематики гібридних видів, оскільки таксономічній категорії гібридного роду (систематика по родам) відповідає таксономічна категорія гібридного гомологічного ряду (систематика по рядам).

Використання спільного закону схрещування (гібридизації) дозволяє чітко розмежовувати гібридні види як за родами, так і за рядами. Така варіативність підходів до систематики при одночасному збереженні незмінності її структури є запорукою практичної цінності баз даних довільних функціональних класів ЕМПЕ, створених на принципах генетичної систематики видів, оскільки вони апріорі міститимуть актуальну для кожної конкретної задачі інформацію, наприклад, про клас обмоток або геометрію активної поверхні.

Таблиця 2.4

**Область існування генетично допустимої різноманітності гібридних
породжувальних хромосом в межах геометричного класу при побудові
структури систематики за рядами**

	<i>ЦЛ</i>	<i>КН</i>	<i>ПЛ</i>	<i>ТП</i>	<i>ТЦ</i>	<i>СФ</i>
.0	ЦЛ(0.0у× 0.0х)	ЦЛ(0.0у× 0.0х)	ЦЛ(0.0у× 0.0х)	ЦЛ(0.0у× 0.0х)	ЦЛ(0.0у× 0.0х)	ЦЛ(0.0у× 0.0х)
.2	ЦЛ(0.0у× 0.2у)	ЦЛ(0.0у× 0.2у)	ЦЛ(0.0у× 0.2у)	ЦЛ(0.0у× 0.2у)	ЦЛ(0.0у× 0.2у)	ЦЛ(0.0у× 0.2у)
	ЦЛ(0.0х× 0.2у)	ЦЛ(0.0х× 0.2у)	ЦЛ(0.0х× 0.2у)	ЦЛ(0.0х× 0.2у)	ЦЛ(0.0х× 0.2у)	ЦЛ(0.0х× 0.2у)
.0	ЦЛ(0.0у× 2.0х)	ЦЛ(0.0у× 2.0х)	ЦЛ(0.0у× 2.0х)	ЦЛ(0.0у× 2.0х)	ЦЛ(0.0у× 2.0х)	ЦЛ(0.0у× 2.0х)
	ЦЛ(0.0х× 2.0х)	ЦЛ(0.0х× 2.0х)	ЦЛ(0.0х× 2.0х)	ЦЛ(0.0х× 2.0х)	ЦЛ(0.0х× 2.0х)	ЦЛ(0.0х× 2.0х)
.2	ЦЛ(0.0у× 2.2х)	ЦЛ(0.0у× 2.2х)	ЦЛ(0.0у× 2.2х)	ЦЛ(0.0у× 2.2х)	ЦЛ(0.0у× 2.2х)	ЦЛ(0.0у× 2.2х)
	ЦЛ(0.0х× 2.2х)	ЦЛ(0.0х× 2.2х)	ЦЛ(0.0х× 2.2х)	ЦЛ(0.0х× 2.2х)	ЦЛ(0.0х× 2.2х)	ЦЛ(0.0х× 2.2х)
	<u>ЦЛ(0.0у× 2.2у)</u>	<u>ЦЛ(0.0у× 2.2у)</u>	<u>ЦЛ(0.0у× 2.2у)</u>	<u>ЦЛ(0.0у× 2.2у)</u>	<u>ЦЛ(0.0у× 2.2у)</u>	<u>ЦЛ(0.0у× 2.2у)</u>
	ЦЛ(0.0х× 2.2у)	ЦЛ(0.0х× 2.2у)	ЦЛ(0.0х× 2.2у)	ЦЛ(0.0х× 2.2у)	ЦЛ(0.0х× 2.2у)	ЦЛ(0.0х× 2.2у)
	ЦЛ(0.2у× 2.2х)	ЦЛ(0.2у× 2.2х)	ЦЛ(0.2у× 2.2х)	ЦЛ(0.2у× 2.2х)	ЦЛ(0.2у× 2.2х)	ЦЛ(0.2у× 2.2х)
	ЦЛ(0.2у× 2.2у)	ЦЛ(0.2у× 2.2у)	ЦЛ(0.2у× 2.2у)	ЦЛ(0.2у× 2.2у)	ЦЛ(0.2у× 2.2у)	ЦЛ(0.2у× 2.2у)
	ЦЛ(2.0х×	ЦЛ(2.0х×	ЦЛ(2.0х×	ЦЛ(2.0х×	ЦЛ(2.0х×	ЦЛ(2.0х×

	2.2x)	2.2x)	2.2x)	2.2x)	2.2x)	2.2x)
	ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)	ЦЛ(2.0x× 2.2y)
	ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)	ЦЛ(0.2y× 2.0x)
	ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)	ЦЛ(2.2y× 2.2x)

2.4. Ієрархічна структура систематичних одиниць

Впорядкування гібридних видів можна здійснювати двома рівноцінними підходами: в межах родів або в межах рядів.

Основною таксономічною категорією систематики гібридних ЕМ-структур (категорією 1-го рангу) є гібридний вид (рис. 2.2). Категорію 2-го рангу виступає рід, причому гібридні види впорядковані як в межах базових (двійникові моногібриди, моногібриди та дигібриди), так і в межах гібридних родів (моногібриди, дигібриди та полігібриди). Запропонована раніше класифікація гібридних видів в залежності від кількості відмінних ознак у складі генетичної інформації вихідних елементів схрещування дає підстави для введення допоміжних систематичних категорій надвидового рангу, а можливість гібридизації видів всередині одного роду та між різними родами – допоміжної категорії надродового рангу [12].

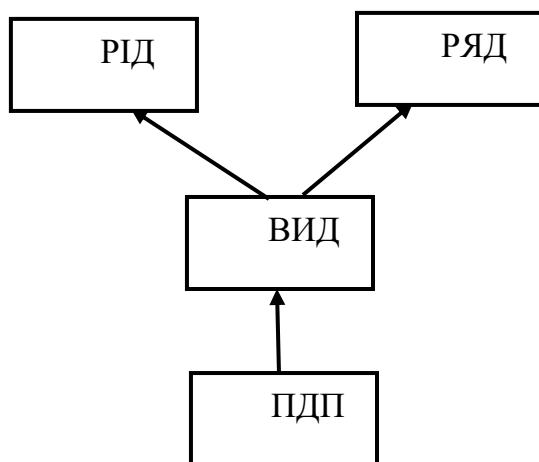


Рис. 2.2. Ієрархічна структура систематичних одиниць

2.5. **Відповідність між структурою систематики генетично чистих та гібридних Видів**

Вирішення задачі створення систематики здійснюється з використанням генетичного підходу. Тому в основу концепції систематичних класів надвидового рівня покладено генетичні ознаки. Моделювання процесів утворення і розвитку систематичних класів електричних машин здійснюється за допомогою генетичної моделі.

Систематичні класи електричних машин складаються із реальних електромеханічних об'єктів та існують в інформаційно-часовому просторі. Систематичні одиниці, яким ставляться у відповідність систематичні класи, є категоріями систематики, складаються із Видів та впорядковують їх на підставі спільних генетичних ознак.

Основою для визначення надвидових систематичних одиниць та структури їх супідрядності є розроблена і побудована генетична модель утворення і розвитку систематичних класів електричних машин.

Відповідно вимогам до систематики [20] систематичною одиницею 1-го рангу є науково обґрунтована категорія *базового Виду* - сукупність генетично споріднених еволюціонуючих популяцій електромеханічних об'єктів, які успадковують в процесі розвитку генетичну інформацію породжувальних джерел електромагнітного поля, що знаходяться на перетині відповідного малого періоду та групи предметної області Генетичної класифікації [4].

Категорія базового Виду, є системним поняттям, існує у часовому просторі і узагальнює різноманітність ізольованих, але генетично споріднених електромеханічних об'єктів. Отже, елементи Генетичної класифікації одночасно визначають і область існування базових Видів електромеханічних перетворювачів енергії [4].

Тому *Рід електричних машин* - це сукупність генетично споріднених еволюціонуючих Видів за ознакою просторової геометрії породжувальних

джерел поля, які належать до одного геометричного періоду Генетичної класифікації, яка відповідає реально існуючому класу об'єктів.

Оскільки в структурі ГК визначено однакову кількість ПДП базового рівня в межах кожного періоду [4], то кількісний склад базових Видів в межах всіх Родів буде однаковим.

Таким чином, структурна різноманітність довільного Роду визначається сукупністю структурних популяцій базових Видів із однаковою просторовою геометрією та різною симетрією (від симетрії до асиметрії) і орієнтованістю — поздовжньою (х) та поперечною (у).

Вся потенційно можлива різноманітність електричних машин спільної Родової приналежності, визначена генетичною інформацією породжувальних джерел поля одного геометричного класу (включно з базовими Видами та Видами-близнюками) узагальнюється поняттям „ідеального” Роду.

Родина ЕМ-системи - це надродова систематична одиниця, що відповідає реально існуючому класу об'єктів, Видовий склад якого визначено в структурі Генетичної класифікації відповідною областю існування ПДП, причому обов'язковим є виконання умови повноти включення ПДП предметної області ГК до областей існування, що визначають Родини за спільною системною ознакою.

Вибір системної ознаки Родин електричних машин визначає їх Видовий та Родовий склад, індивідуальний для кожної Родини, але інваріантний відносно рівня розвитку та функції, оскільки залежить лише від генетичної інформації.

Підродина ЕМ-систем - це допоміжна надродова систематична одиниця, що відповідає реально існуючому класу об'єктів, Видовий склад якого визначено в структурі Генетичної класифікації відповідною областю існування ПДП в межах області існування ПДП Родини, причому виконується умова повноти включення ПДП області існування Родини до областей існування, що визначають Підродини за довільною системною ознакою.

Оскільки класи електричних машин за характером руху одночасно мають статус Підродини генетичної систематики та є історично сформованими [21]. Таким чином, перший великий період ГК узагальнює генетичну інформацію ПДП, яка завдяки принципу збереження генетичної інформації в процесі ускладнення електромеханічних структур [4].

Аналізуючи основні та допоміжні систематичні одиниці (Вид, Рід, Підродина, Родина), можна зробити висновок про те, що всі вони визначені на рівні Генетичної класифікації відповідними структурними складовими, а генетична інформація, стисло записана генетичними кодами породжувальних джерел, одночасно визначає ознаки систематичних одиниць [22].

Найвищий ранг має систематична одиниця Родина (включає до свого складу Підродини, Роди та Види), далі у порядку пониження рангу ідуть Підродини, Роди та Види. Оскільки Вид є основною одиницею систематики, то в структурі супідрядності систематичних одиниць він має 1 -й ранг і в загальному випадку складається із Підвидів та популяцій (рис. 2.5).

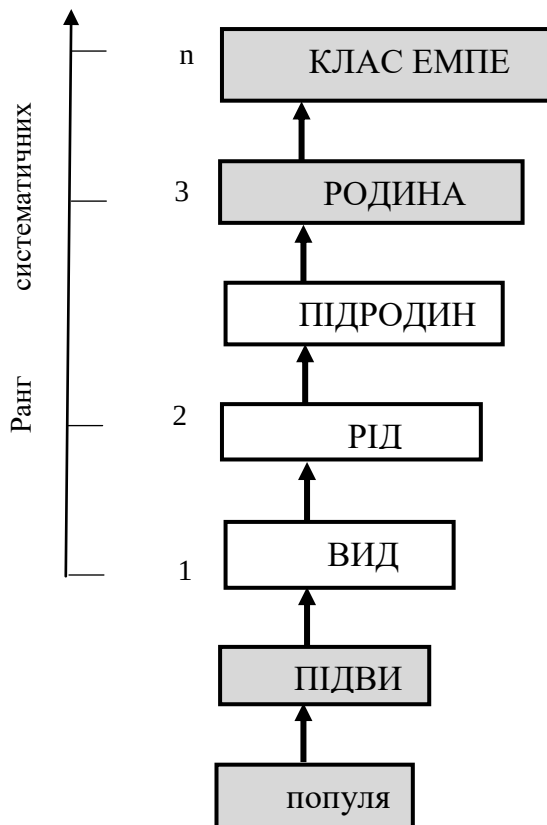


Рис. 2.5. Ієрархія рангів систематичних одиниць (визначення систематичних одиниць, показаних на затемненому фоні є задачами подальших досліджень)

Систематичні одиниці 1 — 3-го рангів (Вид, Рід, Підродина, Родина) мають безпосередній зв'язок із структурними одиницями Генетичної класифікації (породжувальним джерелом поля, періодом, областю існування відповідно). Тобто є такими, що визначені на генетичному рівні. Ця особливість систематичних одиниць визначає структуру їх супідрядності, яка задовольняє вимогам інтеграції та диференціації, а також межі, системні властивості та генетичні взаємозв'язки вказаних одиниць.

Таким чином, ієрархія «Вид» - «Рід» - «Підродина» - «Родина», яка ґрунтується на принципі збереження генетичної інформації і відтворена генетичною моделлю, визначає структуру систематики.

Структура систематики, основана на генетичному принципі, є стійкою до часу еволюції і визначає єдиний методологічний підхід до систематики Видів довільних класів електричних машин, оскільки систематичні одиниці та структура їх супідрядності є генетично визначеними і не залежать від набутих ознак або рівня розвитку досліджуваних класів.

Класичний метод наукових досліджень – аналіз – при застосуванні його до зростаючої різноманітності гібридних електромеханічних систем стикається з певним рядом проблем, вирішити які можливо лише за рахунок систематики – науки про структурну і видову різноманітність систем довільної складності, що розвиваються.

Наявність власних генетичних макропрограм структуроутворення та багаторівневої впорядкованої структури, що підкоряється фундаментальним принципам генетично організованих систем забезпечують наявність наукових підстав для систематизації класів гібридних ЕМ-об'єктів та систем довільного ступеня складності за таксономічними ознаками, тобто створення їх генетичної систематики [23].

З процесом відкриття генетичної класифікації (ГК) первинних джерел магнітного поля і пізнання фундаментальних принципів спадковості в структурній організації і еволюції ЕМ-об'єктів, створено методологічну основу для розв'язання принципово нових задач системного характеру, постановка яких до останнього часу вважалася неможливою або проблематичною. До категорії таких задач можна віднести і задачі обґрунтування таксономічних категорій та визначення ієрархічної структури систематики класу гібридних електромеханічних систем.

Гібридні ЕМ-структури мають генетичну природу, яка визначається збереженням генетичної інформації, що отримана внаслідок схрещування вихідних структур, які мають фіксовані відмінності у її складі.

Функцію елементного базису в задачах генетичного синтезу ЕМ-систем виконують первинні джерела електромагнітного поля, множина яких упорядкована періодичною структурою. Тип електромагнітних хромосом, що схрещуються, визначає відповідні класи гібридних структур: первинні, вторинні та змішані. Комбінаторика схрещувань вичерпує генетично допустиму різноманітність гібридних класів ЕМ-систем на рівні двох довільних видів трьома класами моно- та дигібридних структур та одним класом полігібридних структур. В залежності від видової приналежності вихідних хромосом та їх локалізації в структурі ГК, синтез гібридних ЕМ-структур може здійснюватись на внутрішньовидовому, внутрішньородовому, міжродовому та міжсистемному рівнях.

Принцип утворення гібридних електромеханічних структур визначається законами міжвидового схрещування електромагнітних хромосом, які відрізняються принаймні однією складовою генетичної інформації. В залежності від ступеня відмінності у складових генетичної інформації вихідних електромагнітних хромосом, гібридні структури внутрішньородового рівня поділяються на двійникові, моно- та дигібриди.

Кожній породжувальній гібридній структурі однозначно ставиться у відповідність таксономічна категорія гібридного виду. Така відповідність обґрунтована наступними положеннями:

- вихідною інформацією в задачах синтезу гібридних породжувальних структур є предметна область ГК та закони міжвидового схрещування;
- утворення популяцій гібридних ЕМ-структур здійснюється з використанням тих самих генетичних операторів та підпорядковується законам синтезу популяцій видів базового рівня;
- ідентифікація гібридних видів здійснюється за структурною формулою, яка складається з двох генетичних кодів ПДП, що схрещуються, отже, елементи предметної області ГК у сукупності з правилами гібридизації одночасно визначають і область існування гібридних видів внутрішньородового рівня.

Принципи визначення таксономічних класів генетичної систематики та їх меж мають бути універсальними незалежно від рангу досліджуваних класів, а значить, що структура систематики має враховувати також гібридні роди. Базовий рід містить у своєму складі не лише базові види, а і гібридні види, інформаційні породжувальні хромосоми яких мають спільну літерну частину.

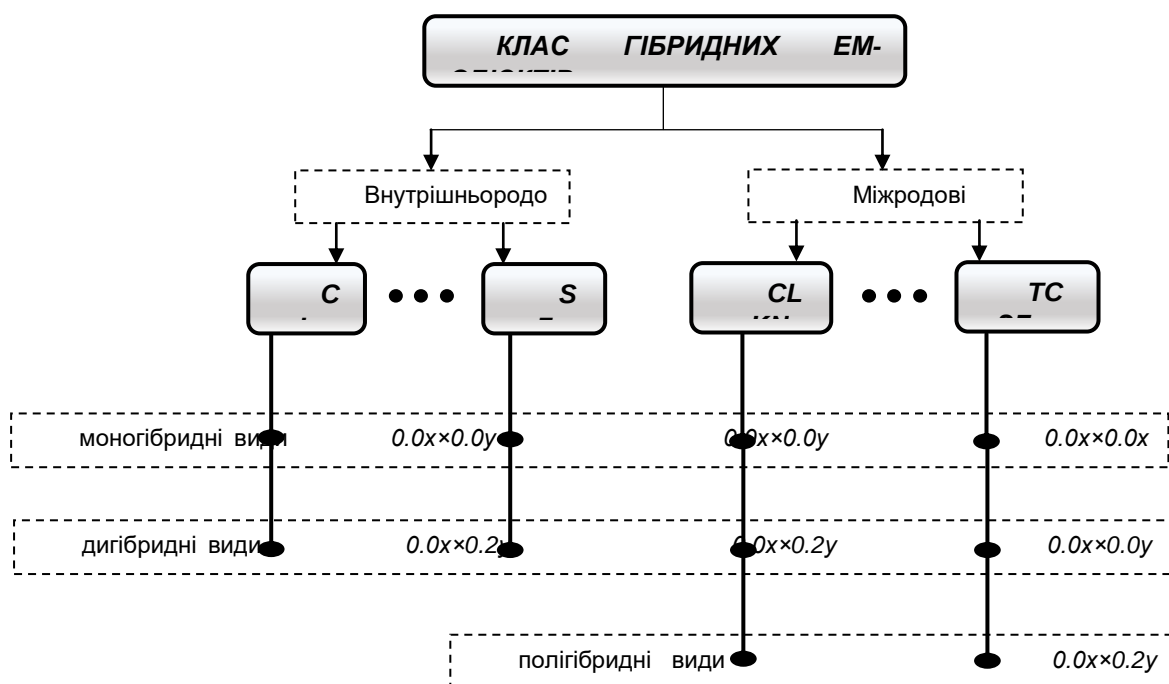


Рис. 2.6 – Ієрархічна структура систематики основних (види та роди) та допоміжних (надродових та надвидових) таксономічних одиниць класів гібридних ЕМ-об'єктів

Як видно з рис. 2.6, запропонована структура систематики гібридних видів повністю корелюється із аналогічною структурою систематики базових видів, тобто підхід і структура систематики є універсальними для класів ЕМПЕ, генетичні програми яких визначаються як базовими, так і гібридними структурами.

2.6. Висновки по розділу 2

Виходячи з аналізу принципів структуроутворення та визначення гібридних видів вперше обґрунтовано таксономічну категорію гібридного виду та показано, що, незважаючи на більш високий порядок генетичної складності породжувальних хромосом, гібридні види у структурі систематики мають той самий ранг, що і базові види.

Вперше обґрунтовано таксономічну категорію гібридного роду та визначено, що кожен з допустимих 15 гібридних родів першого великого періоду Генетичної класифікації містить у своєму складі 6 моногібридних, 16 дигібридних та 14 полігібридних види. Показано, що в структурі систематики гібридні та базові види є таксономічною категорією 2-го рангу.

Показано, що рівноцінність підходів до побудови систематики базових видів за шляхом впорядкування видів по геометричним родам або по гомологічним рядам є справедливою і у випадку систематики гібридних видів, оскільки таксономічній категорії гібридного роду (систематика по родам) відповідає таксономічна категорія гібридного гомологічного ряду (систематика по рядам).

Варіативність рівноцінних підходів до систематики видів (по родам або по рядам) при одночасному збереженні незмінності її структури є запорукою

практичної цінності баз даних довільних функціональних класів ЕМПЕ, створених на принципах генетичної систематики.

Вперше запропоновано ієрархічну структуру систематики основних (види та роди) та допоміжних (надродових та надвидових) таксономічних одиниць класів гібридних електромеханічних об'єктів.

Показано, що структура систематики гібридних виді ЕМ-об'єктів та систем повністю корелюється із запропонованою раніше структурою систематики базових видів, що підтверджує відповідність запропонованого підходу вимогам до універсальності структури систематики та дає підстави впорядкування видів класів ЕМПЕ, генетичні програми видової різноманітності яких визначаються як базовими, так і гібридними видами.

РОЗДІЛ 3

Систематика видів класу індукторних модулів для мотор-шпинделів

3.1. Генетична програма класу індукторних модулів для мотор-шпинделів на рівні видів, родів, рядів

Відповідно до поставленої мети, основними задачами даного дослідження є:

- 1) визначення відповідності між генетичними підпрограмами хромосомного рівня та таксономічними класами, а також уточнення структури супідрядності таксонів класу індукторних модулів для мотор-шпинделів;
- 2) визначення та аналіз рангової структури таксономічних одиниць досліджуваного класу індукторних модулів для мотор-шпинделів.

Вирішення вказаних задач проводиться на підставі результатів визначення та розшифровки генетичної програми класу, здійснених раніше за наступних обмежень:

- 1) розглядається лише електромеханічна складова складної суміщеної системи типу мотор-шпиндель, а саме її індукторний модуль (визначення

таксономічної структури класів суміщених систем, в тому числі, і електромеханічно-механічних, є однією із задач подальших досліджень);

2) не розглядається генетична підпрограма видів-близнюків, що зумовлено вимогами максимальної простоти для індукторних модулів „мотор-шпинделів”;

3) розглядається структура систематики видів та надвидових категорій, без розгляду внутрішньої структури видів.

Вихідною інформацією для визначення рангової структури систематичних одиниць досліджуваного класу є область існування Q_i ($i = 1, n$), де n – кількість наборів електромеханічних пар, які визначають структур геному та видовий склад класу, причому

$$Q_i = Q_j^{GP} (j = 1, m) + Q_k^{GYB} (k = 1, p) \quad (1)$$

де Q_j^{GP} та Q_k^{GYB} – області існування генетично чистих та гібридних видів відповідно.

Область існування породжувальних джерел базового рівня представлена 8 класами, електромагнітні хромосоми яких зосереджено в межах геометричних класів ЦЛ, КН, ТП, ТЦ та симетрійних груп 0.0, 0.2:

$$Q^{GP} = \{ЦЛ0.0y, ЦЛ0.2y, КН0.0y, КН0.2y, ТП0.0y, ТП0.2y, ТЦ0.0y, ТЦ0.2y\} \quad (2)$$

Область існування гібридних електромагнітних хромосом визначається за допомогою узагальненої моделі синтезу внутрішньородових гібридів:

$$\begin{aligned} Q_k^{GYB} = \{ & ЦЛ0.0y \times ЦЛ0.0x, ЦЛ0.0y \times ЦЛ2.0x, ЦЛ0.0x \times ЦЛ0.2y, \\ & ЦЛ0.2y \times ЦЛ2.0x; КН0.0y \times КН0.0x, КН0.0y \times КН2.0x, КН0.0x \times КН0.2y, \\ & КН0.2y \times КН2.0x; \\ & ТП0.0y \times ТП0.0x, ТП0.0y \times ТП2.0x, ТП0.0x \times ТП0.2y, ТП0.2y \times ТП2.0x; \\ & ТЦ0.0y \times ТЦ0.0x, ТЦ0.0y \times ТЦ2.0x, ТЦ0.0x \times ТЦ0.2y, ТЦ0.2y \times ТЦ2.0x\}, \end{aligned} \quad (3)$$

причому всі гібридні структури здатні реалізувати основний рух та рух подачі.

Як видно з множин (2) та (3), клас індукторних модулів для мотор-шпинделів має власну генетичну програму структуроутворення, яка складається з підпрограм класів генетично чистих та гібридних структур, яка підкоряється фундаментальним принципам генетично організованих систем, а значить є наукові підстави для систематизації електромеханічних об'єктів за таксономічними ознаками в межах досліджуваного класу.

$$Q_k^{GYB} = \{ \begin{aligned} &ЦЛ0.0у, ЦЛ0.0у \times ЦЛ0.0х, ЦЛ0.0у \times ЦЛ2.0х, \\ &ЦЛ0.2у, ЦЛ0.0х \times ЦЛ0.2у, ЦЛ0.2у \times ЦЛ2.0х; \\ &КН0.0у, КН0.0у \times КН0.0х, КН0.0у \times КН2.0х, \\ &КН0.2у, КН0.0х \times КН0.2у, КН0.2у \times КН2.0х; \\ &ТП0.0у, ТП0.0у \times ТП0.0х, ТП0.0у \times ТП2.0х, \\ &ТП0.2у, ТП0.0х \times ТП0.2у, ТП0.2у \times ТП2.0х; \quad (3) \\ &ТЦ0.0у, ТЦ0.0у \times ТЦ0.0х, ТЦ0.0у \times ТЦ2.0х, \\ &ТЦ0.2у, ТЦ0.0х \times ТЦ0.2у, ТЦ0.2у \times ТЦ2.0х \} \end{aligned}$$

Принцип утворення гібридних електромеханічних структур визначається законами міжвидового схрещування електромагнітних хромосом, які відрізняються принаймні однією складовою генетичної інформації. В залежності від ступеня відмінності у складових генетичної інформації вихідних електромагнітних хромосом, гібридні структури внутрішньородового рівня поділяються на двійникові, моно- та дигібриди.

3.2. Структура систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів

Довільні функціональні класи електромеханічних систем (ЕМ-систем) становлять практичний інтерес при проведенні структурно-системних досліджень в галузі електромеханіки та суміжних з нею галузях. В розвитку сучасного електромеханічного обладнання прослідковується чітка тенденція до його структурного ускладнення, зумовлена вимогами поліфункціональності,

розширення можливостей керування, суміщення електромеханічної складової з механічною, і, як наслідок, набуває практичного поширення все більше складних, в тому числі, суміщених та гібридних класів ЕМ-систем.

Структурно-системні дослідження вказаних класів ЕМ-систем безпосередньо пов'язані з побудовою їх систематики, постановка задачі якої стосовно класів електромеханічних об'єктів стала можливою на основі фундаментальних положень генетичної теорії еволюції електромеханічних систем.

Правомірна постановка задачі побудови систематики довільних функціональних класів ЕМ-систем потребує вирішення низки задач, принципів для структурно-системних досліджень: ідентифікації і аналізу генетичної інформації відомих представників досліджуваних класів, визначення генетичних програм на рівні видів, родів та гомологічних рядів, визначення інноваційного потенціалу та структури супідрядності таксономічних одиниць [14].

Створення сучасних металообробних станків передбачає використання для приводу головного руху високошвидкісних (від 12 000 – 15 000 об/хв) мотор-шпинделів, які дозволяють уникати передаточних механізмів, підвищуючи тим самим надійність роботи всієї установки. Вказані системи відносяться до складного класу суміщених систем електромеханічно-механічної природи, оскільки об'єднують механічну (шпиндель) та електромеханічну (індукторний модуль) складові. Раніше було встановлено, що визначені на генетичному рівні сукупності породжувальних структур елементного базису Генетичної класифікації (ГК), а також хромосомні набори, що визначають видовий склад, виконують функцію типових програм структуроутворення відносно потенційно допустимої різноманітності структур більш високих рівнів складності [1]. Структура генетичних програм систем довільної природи, розвиток яких визначається спадковими принципами структуроутворення, може бути представлена на хромосомному, об'єктному, видовому і системному

рівнях, а породжувальні періодичні системи виконують в такій ієрархії функцію глобальних генетичних програм відносно функціональних і таксономічних класів певної генетичної природи [4].

Визначення та розшифровка генетичної програми хромосомного та видового рівнів функціональних класів індукторних модулів основного (обертowego) руху та гібридних структур, які забезпечують одночасну реалізацію основного руху та руху подачі, є результатами попередніх досліджень [1].

Макропрограми хромосомного рівня містять генетичні підпрограми структуроутворення довільних (в тому числі внутрішньородових та міжродових гібридних) класів електромеханічних об'єктів (ЕМ-об'єктів) [1], що дає підстави для визначення відповідних таксономічних категорій, супідрядність яких становить рангову структуру систематики класу електромеханічних модулів для суміщених систем типу „мотор-шпиндель”. Принцип утворення гібридних електромеханічних структур визначається законами міжвидового схрещування електромагнітних хромосом, які відрізняються принаймні однією складовою генетичної інформації [4]. В залежності від ступеня відмінності у складових генетичної інформації вихідних електромагнітних хромосом, гібридні структури внутрішньородового рівня поділяються на двійникові, моно- та дигібриди.

Під видом ЕМПЕ розуміють:

- 1) сукупність структурно споріднених ЕМ-об'єктів, які мають спільну генетично визначену предкову структуру – первинне джерело магнітного поля;
- 2) просторово-часову динамічну модель генетичної програми довільного класу ЕМПЕ в межах, заданих генетичним кодом первинного джерела поля;
- 3) основну систематичну одиницю (таксон) в ранговій структурі генетичної систематики ЕМПЕ [13].

Генетично чистий вид – вид електромеханічної системи, генотип якого визначається генетичною інформацією одного первинного джерела

електромагнітного поля, а генотип гібридного виду, відповідно, визначається складовими генетичної інформації одночасно, принаймні, двох первинних джерел електромагнітного поля.

З розробленої раніше узагальненої генетичної моделі спрямованого синтезу ЕМ-структур [4] видно, що породжувальні гібридні структури мають більш високий рівень генетичної складності порівняно з батьківськими хромосомами базового рівня. Однак з точки зору систематики кожній породжувальній гібридній структурі однозначно ставиться у відповідність таксономічна категорія гібридного виду.

Враховуючи те що задача визначення таксономічної структури класу, який містить у своєму складі як генетично чисті, так і гібридні структури, ставиться вперше, її вирішення передбачає послідовне виконання наступних етапів:

- 1) визначити таксономічний статус класів гібридних ЕМ-об'єктів внутрішньородового рівня відповідно до генетичної концепції їх структуроутворення;
- 2) визначити відповідність між генетичними підпрограмами хромосомного рівня та таксономічними класами гібридних структур;
- 3) визначити та проаналізувати рангову структуру таксономічних одиниць класу індукторних модулів для суміщених електромеханічних систем типу „мотор-шпиндель”.

Вирішення вказаних задач проводиться за наступних обмежень:

- 1) розглядається лише електромеханічна складова складної суміщеної, а саме її індукторний модуль (визначення таксономічної структури класів суміщених систем, в тому числі, і електромеханічно-механічних, є однією із задач подальших досліджень);
- 2) не розглядається генетична підпрограма видів- близнюків, що зумовлено вимогами максимальної простоти для індукторних модулів „мотор-шпинделів”;

3) розглядається таксономічна структура видів та надвидових категорій, без розгляду внутрішньої структури видів [13].

Вихідною інформацією для визначення рангової структури систематичних одиниць досліджуваного класу є область існування Q_i ($i = 1, n$), де n – кількість наборів електромеханічних пар, які визначають структур геному та видовий склад класу, причому

$$Q_i = Q_j^{GP} (j = 1, m) + Q_k^{GYB} (k = 1, p) \quad (1)$$

де Q_j^{GP} та Q_k^{GYB} – області існування генетично чистих та гібридних видів відповідно.

Область існування породжувальних джерел базового рівня представлена 8 класами, електромагнітні хромосоми яких зосереджено в межах геометричних класів ЦЛ, КН, ТП, ТЦ та симетрійних груп 0.0, 0.2:

$$Q^{GP} = \{ЦЛ0.0у, ЦЛ0.2у, КН0.0у, КН0.2у, ТП0.0у, ТП0.2у, ТЦ0.0у, ТЦ0.2у\} \quad (2)$$

Область існування гібридних електромагнітних хромосом визначається за допомогою узагальненої моделі синтезу внутрішньородових гібридів:

$$Q_k^{GYB} = \{ ЦЛ0.0у \times ЦЛ0.0х, ЦЛ0.0у \times ЦЛ2.0х, ЦЛ0.0х \times ЦЛ0.2у, ЦЛ0.2у \times ЦЛ2.0х; \\ КН0.0у \times КН0.0х, КН0.0у \times КН2.0х, КН0.0х \times КН0.2у, КН0.2у \times КН2.0х; \\ ТП0.0у \times ТП0.0х, ТП0.0у \times ТП2.0х, ТП0.0х \times ТП0.2у, ТП0.2у \times ТП2.0х; \\ ТЦ0.0у \times ТЦ0.0х, ТЦ0.0у \times ТЦ2.0х, ТЦ0.0х \times ТЦ0.2у, ТЦ0.2у \times ТЦ2.0х \}, \quad (3)$$

причому всі гібридні структури здатні реалізувати основний рух та рух подачі. Принцип утворення гібридних електромеханічних структур визначається законами міжвидового схрещування електромагнітних хромосом, які відрізняються принаймні однією складовою генетичної інформації. В залежності від ступеня відмінності у складових генетичної інформації вихідних електромагнітних хромосом, гібридні структури внутрішньородового рівня поділяються на двійникові, моно- та дигібриди.

Як видно з множин (2) та (3), клас індукторних модулів для мотор-шпиндель має власну генетичну програму структуроутворення, яка складається

з підпрограм класів генетично чистих та гібридних структур, яка підкоряється фундаментальним принципам генетично організованих систем, а значить є наукові підстави для систематизації електромеханічних об'єктів за таксономічними ознаками в межах досліджуваного класу.

Наявність кореляції між структурою Генетичної класифікації, універсальним генетичним кодом, принципами збереження та таксономічними категоріями дозволяє визначити структуру супідрядності основних та допоміжних таксономічних категорій класу електромеханічних модулів типу мотор-шпиндель, а також їх якісний та кількісний склад (рис. 3.1).

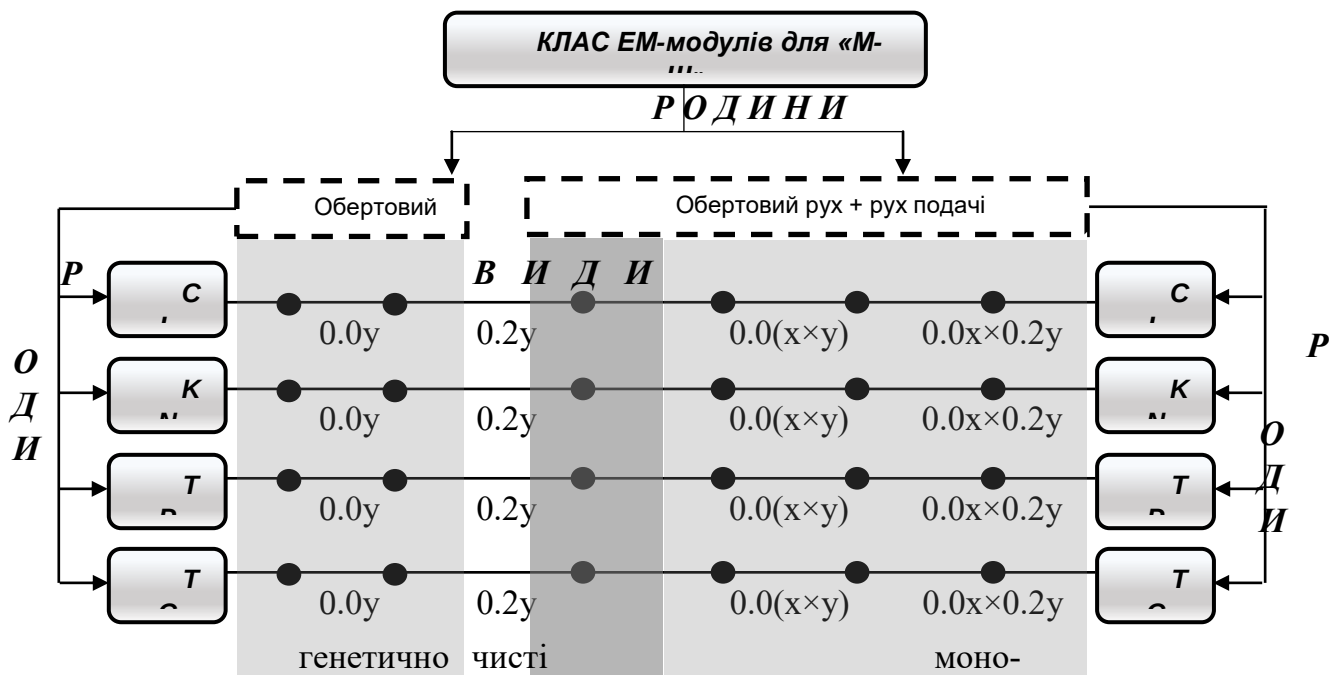


Рисунок 3.1 – Структура супідрядності основних та допоміжних таксонів класу індукторних модулів для мотор-шпинделів з врахуванням генетично чистих та гібридних видів

За результатами дослідження вперше апробовано структуру систематики гібридних видів та визначено рангову структуру таксонів досліджуваного

класу, яка складається з 2 родин (обертового та комбінованого руху) по 4 роди (ЦЛ, КН, ТП, ТЦ). Спільність родового складу пояснюється тим, що всі гібридні види (4 моно- та 12 дигібридів) у складі родини комбінованого руху є внутрішньородовими. Видовий склад класу представлено 8 генетично чистими та 16 гібридними видами відповідно.

3.3. Аналіз структури систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів

Враховуючи наявність інформації про визначений Видовий склад, склад та структуру супідрядності надвидових систематичних одиниць, склад та структуру інформаційно-реальних та неявних Видів, є підстави для узагальнення кількісних даних про систематичні одиниці електричних машин обертового та поступального руху (табл. 3.1, табл. 3.2).

Таблиця 3.1

Кількісний склад систематичних одиниць Підродин електричних машин основного руху та основного руху + руху подачі по родам

Ранг систематичних одиниць	Назва і структура систематичних одиниць								Кількість систематичних одиниць
Функціональний клас	Індукторні модулі для мотор-шпинделів								1
Підродини	Основного руху + руху подачі				Основного руху				2
Роди	Ц Л	К Н	Т П	Т Ц	Ц Л	К Н	Т П	Т Ц	4
Види	4	4	4	4	2	2	2	2	24(16+

									8)
--	--	--	--	--	--	--	--	--	----

Узагальнені кількісні дані про склад систематичних одиниць електричних машин основного руху та основного руху + руху подачі є результатом розв’язання задачі визначення кількісного складу та структури інформаційно-реальних і неявних Видів досліджуваних класів. Наявність неявних Видів в складі систематичних одиниць показує, що структурна еволюція Підродин ЕМ основного руху та основного руху + руху подачі ще не завершена і триватиме до моменту зміни всіх неявних Видів на інформаційно-реальні.

Співвідношення між інформаційно-реальними та неявними Видами постійно змінюється, що зумовлено винаходами нових представників Видів, однак структура систематики є інваріантною, так як різноманітність Видів Підродин основного руху та основного руху + руху подачі визначена на генетичному рівні і залежить лише від генетичної інформації.

Таблиця 3.2

Кількісний склад систематичних одиниць Підродин електричних машин основного руху та основного руху + руху подачі по рядах

Ранг систематичних одиниць	Назва і структура систематичних одиниць	Кількість систематичних одиниць
Функціональний клас	Індукторні модулі для мотор-шпинделів	1

Підродин и	Основного руху + руху подачі				Основного руху		2
Ряди	0.0у× 0.0х	0.0у× 2.0х	0.0х× 0.2у	0.2у× 2.0х	0.0у	0.2у	6 (4+2)
Види	4	4	4	4	4	4	24 (16+8)

Генетична програма представлена в межах 6 рядів, із них 2 генетично чисті (0.0у, 0.2у) і 4 гібридні (0.0у×0.0х, 0.0у×2.0х, 0.0х×0.2у, 0.2у×2.0х).

Генетична систематика Видів електричних машин має трирівневу структуру, на кожному рівні якої здійснюється постановка і вирішення специфічних задач. На першому рівні – визначення, систематика та опис Видів, на другому – визначення, систематика та опис надвидових систематичних одиниць, на третьому – дослідження та опис внутрішньородових структур.

Наявність структури систематики, визначеної на основі генетичного моделювання та інваріантної до рівня розвитку та функціональної приналежності класів електричних машин, дає підстави для постановки і вирішення наступних методологічних задач на першому рівні систематики:

1. *Розробка методики ідентифікації таксономічних ознак (ознак приналежності до систематичних одиниць) довільних електромеханічних об'єктів.* Необхідність розробки такої методики зумовлена потребою впорядкування зростаючих обсягів інформації про різноманітність електричних машин шляхом визначення приналежності довільної ЕМ до Виду, Роду, Підродини, Родини та визначення таким чином її місця в структурі систематики. Структуровані таким чином результати інформаційного пошуку щодо довільних класів електричних машин є обов'язковими вихідними даними

для генетичного моделювання реальних процесів структуроутворення таких класів та визначення інформаційно-реальних видів.

- *Розробка методики визначення області існування, кількісного складу та генетичної інформації Видів і Родів електричних машин.* Необхідність розробки такої методики зумовлена основною задачею створення систематики на першому рівні: визначення та впорядкування Видів електричних машин, що є основою для систематики класу електричних машин, визначення його меж та структури і подальших досліджень надвидового та внутрішньовидового рівнів;
- *Впорядкування номенклатури та термінології,* що зумовлено потребою у чітко визначеному понятійному та термінологічному апараті в галузі генетичної систематики Видів та Родів, як нового напрямку досліджень та впорядкуванні термінології щодо електричних машин взагалі;
- *Розробка методики опису Видів електричних машин,* що зумовлено необхідністю визначення мінімального обсягу інформації, який би характеризував Види в повній мірі та створення універсальних структур подання опису для всіх Видів з урахуванням специфіки конкретної мети, з якою створюються такі описи;
- *Розробка методики реалізації прогностичної функції систематики на рівні Видів,* що зумовлено наявністю прогностичної функції систематики на рівні Видів та необхідністю її практичного використання з метою визначення неявних Видів електричних машин та переходу до керованого процесу видоутворення довільних класів ЕМ.

Створення систематики в галузі електромеханіки пов'язане із низкою проблем наукового, прикладного, навчального та методичного та характеру. Вказані причини зумовлюють неможливість вирішення всіх задач систематики в межах одного дослідження.

Розробка єдиної методології визначення та систематики Видів Підродин електричних машин основного руху та основного руху + руху подачі, здійснені

в межах даного дослідження, дають підстави для постановки теоретичних та прикладних задач для подальших досліджень.

На прикладі класу суміщених електромеханічних систем типу «мотор-шпindel» показано, що розроблені методологічні основи систематики є універсальними для довільних класів ЕМ і становлять основу для визначення меж, кількісного складу і генетичної інформації Видів таких класів, в тому числі суміщених з компонентами іншої не електромеханічної генетичної природи, гібридних ЕМ, електромеханічних пристроїв технологічного призначення.

3.4. Рекомендації щодо подальшого практичного використання результатів дослідження

Створення генетичної систематики передбачає розробку єдиної методології для визначення і впорядкування як відомої, так і неявної різноманітності Видів електричних машин основного руху та основного руху + руху подачі. Універсальність такої методології забезпечується наявністю структури систематики, інваріантної щодо рівня еволюції та функціональної приналежності класу ЕМ.

Розкрити сутність процесів утворення та розвитку систематичних класів електричних машин дозволяють відповідні генетичні моделі – подання генетичних взаємозв'язків між рівнями ускладнення електромеханічних структур в межах систематичних класів, визначених на генетичному рівні.

Структуровані за ознаками приналежності до систематичних одиниць, результати інформаційного пошуку є необхідною вихідною умовою для побудови генетичних моделей видоутворення, формування Видового складу Родів, Родин та функціональних класів та фактичним матеріалом для побудови моделей мікро- та макроеволюції.

Можливість використання єдиної методології для створення систематики Видів електричних машин основного руху та основного руху + руху подачі

дозволяє єдиним способом визначити та описати кількість, генетичну інформацію та структуру інформаційно-реальних та неявних Видів ЕМ.

Електронні бази даних та каталоги, як результати систематики Видів електричних машин, які містять інформацію як про відомі, так і неявні Види, можуть бути використані для створення інформаційно-інноваційного забезпечення пошукових САПР, які здатні забезпечити повноту і структуроване подання інформації.

Впорядкування термінології в галузі електромехініки є однією із важливих задач подальших досліджень, основу нового системного підходу до розв'язання якої становлять результати систематики Видів електричних машин.

Основними науково-прикладними задачами подальших досліджень з використанням обґрунтованих теоретичних положень та практичного використання генетичної систематики Підродин ЕМ обертального руху та обертального руху + руху подачі є генетичне проектування, геномні дослідження і створення генетичних банків інновацій та розробка методологічних і організаційних основ побудови системи освіти.

3.5. Висновки по розділу 3

1. Здійснено апробацію запропонованої в роботі структури системи класу, що містить в своєму складі гібридні ЕМ-об'єкти на прикладі класу індукторних модулів для мотор-шпинделів.
2. Здійснено аналіз раніше визначеної генетичної програми класу індукторних модулів для мотор-шпинделів з точки зору того, що вона становить системну основу для побудови систематики досліджуваного класу.
3. Побудована структура систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів, аналіз якої показав, що даний клас складається із підкласів індукторів для реалізації основного руху (8 видів) та основного руху і руху подачі (16 видів); 4 моногібрида і 12 дигібридів.

4. Результатом розробки та аналізу структури системи класу індукторних модулів для мотор-шпинделів в подальшому може бути використано для баз даних, каталогів, тощо.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. За результатами аналізу сучасних тенденцій розвитку науки і техніки, показано, що дослідження гібридних технічних, в т.ч. електромеханічних, об'єктів за останні десятиліття є актуальною задачею, що, насамперед, зумовлено властивістю поліфункціональності таких об'єктів.
2. Результати останніх структурно-системних досліджень в галузі електромеханіки, здійснених на кафедрі електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського, створили необхідні передумови для постановки та вирішення задачі систематики різноманітності гібридних видів електромеханічних перетворювачів енергії.
3. Виходячи з аналізу принципів структуроутворення та визначення гібридних видів, вперше обґрунтовано таксономічну категорію гібридного виду та показано, що, незважаючи на більш високий порядок генетичної складності породжувальних хромосом, гібридні види у структурі систематики мають той самий ранг, що і базові види.
4. Вперше обґрунтовано таксономічну категорію гібридного роду та визначено, що кожен з допустимих 15 гібридних родів першого великого періоду Генетичної класифікації містить у своєму складі 6 моногібридних, 16 дигібридних та 14 полігібридних видів.
5. Показано, що рівноцінність підходів до побудови систематики базових видів за способом впорядкування видів по геометричним родам або по гомологічним рядам є справедливою і у випадку систематики гібридних видів, оскільки таксономічній категорії гібридного роду (систематика по родам) відповідає таксономічна категорія гібридного гомологічного ряду (систематика по рядам).

6. Варіативність рівноцінних підходів до систематики видів (по родам або по рядам) при одночасному збереженні незмінності її структури є запорукою практичної цінності баз даних довільних функціональних класів ЕМПЕ, створених на принципах генетичної систематики.
7. Вперше запропоновано ієрархічну структуру систематики основних (види та роди) та допоміжних (надродових та надвидових) таксономічних одиниць класів гібридних електромеханічних об'єктів.
8. Показано, що структура систематики гібридних видів ЕМ-об'єктів та систем повністю корелюється із запропонованою раніше структурою систематики базових видів, що підтверджує відповідність запропонованого підходу вимогам до універсальності структури систематики та дає підстави впорядкування видів класів ЕМПЕ, генетичні програми видової різноманітності яких визначаються як базовими, так і гібридними видами.
9. Здійснено апробацію запропонованої в роботі структури систематики гібридних видів на прикладі класу індукторних модулів для мотор-шпинделів на підставі раніше визначеної генетичної програми класу.
10. Здійснено аналіз структури систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів, яка складається з 2 родин (обертового руху та обертового руху + руху подачі), кожна з яких містить по 4 роди (ЦЛ, КН, ТП, ТЦ). Спільність родового складу пояснюється тим, що всі гібридні види (4 моно- та 12 дигібридів) у складі родини комбінованого руху є внутрішньородовими. Видовий склад класу представлено 8 генетично чистими та 16 гібридними видами відповідно (по 2 генетично чистих та 4 гібридних види в межах кожного роду).
11. Аналіз розробленої структури систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів за рядами, показав, що він представлений 6 рядами, із них 2 генетично чисті (0.0y, 0.2y) і 4 гібридні (0.0y×0.0x, 0.0y×2.0x, 0.0x×0.2y, 0.2y×2.0x).

12. Розроблена структура систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів в подальшому може бути використано для створення впорядкованих баз даних, каталогів, довідників та як вихідна інформація для задач структурного проектування, а наявність неявних видів в складі систематичних одиниць показує, що структурна еволюція класу індукторних модулів для мотор-шпинделів в межах підродин ще не завершена.
13. Показано, що розроблені методологічні основи систематики гібридних видів є універсальними для довільних класів ЕМПЕ і становлять основу для визначення меж, кількісного складу і генетичної інформації видів таких класів, які містять в своєму складі генетично чисті та гібридні види.
14. Практична значимість результатів роботи полягає в: запропоновано структуру систематики класів гібридних електромеханічних об'єктів та розроблено повний каталог із інформаційно-реальними та неявними гібридними видами внутрішньородового і міжродового рівнів, доповнено та перекладено на англійську мову термінологічний словник, запропоновано систематизовану структуру бази даних генетично допустимої видової різноманітності класу індукторних модулів для мотор-шпинделів.
15. Основні результати роботи доповідались та відображені у 4 публікаціях, із них 1 стаття у міжнародному виданні, 3 тез доповідей у матеріалах міжнародних науково-технічних конференцій. Із загальної кількості публікацій англійською мовою написано 2.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Шинкаренко В. Ф., Гайдаєнко Ю. В. Генетические принципы структурообразования гибридных электромеханических систем // Вісник КДУ ім. М. Остроградського.–Випуск, 2010
2. Любищев А. А. Систематика и эволюция (Критика исторического понимания системы организмов)
3. Половинкин А. И. «Законы строения и развития техники (Постановка проблемы и гипотезы)». Учебное пособие // Волгоградский Орден Трудового Красного Знамени политехнический институт, 1985 год
4. Шинкаренко В. Ф. Основи теорії еволюції електромеханічних систем / Шинкаренко В. Ф. – К.: Наукова думка, 2002. – 288 с.
5. Гайдаєнко Ю. В. Генетичний банк інновацій як основа інформаційного забезпечення спрямованого синтезу гібридних електромеханічних структур // _Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика № 1/2015 (3)
6. Шинкаренко В. Ф., Гайдаєнко Ю.В. Структурно-системный анализ гибридных электромеханических объектов внутриродового уровня // Электротехника и электромеханика, 2010
7. Шинкаренко В. Ф. Результаты расшифровки и анализа макрогенетических программ гибридных электромеханических объектов // Електротехнічні та комп'ютерні системи, 2014
8. Олійник К., Гайдаєнко Ю., Кузнецов Ю. Самодіючі мотор-шпинделі для верстатів нового покоління // Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів. Актуальні задачі сучасних технологій – Тернопіль 19-20 грудня 2012.
9. Шинкаренко В. Ф. Словник зі структурної і генетичної електромеханіки / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська –К.: НТУУ «КПІ», 2015.–112с
10. <https://studfiles.net/preview/5252351/page:6/>
11. Кузнецов Ю.М., Гайдаєнко Ю. В. Генетичний синтез гібридних електромеханічних систем класу «мотор-головка багатошпиндельна» //

- Матеріали міжнародної науково – практичної конференції "Сучасні технології промислового комплексу", випуск 2. – Херсон: ХНТУ , 2016. – 248 с.
12. Шиманська А. А., Павловська К. В. Принципи генетичної систематики класів гібридних електромеханічних структур //_міжнародна конференція «Modern electrical and energy systems», КрНУ ім. М. Остроградського, 2017 р.
 13. Шиманська А. А., Павловська К. В., Таксономічна структура систематики класу індукторних модулів для мотор-шпинделів // міжнародна науково-практична конференція молодих учених, аспірантів та студентів «Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики», секція «Структурно-системні дослідження в електромеханіці», КПІ ім. І. Сікорського, 2016, 2017 рр.
 14. Павловська К. В. Постановка задачі систематики видів класу індукторних модулів для суміщених систем типу «мотор-шпиндель» // XVIII міжнародна науково-практична конференція "Відновлювана енергетика та енергоефективність у XXI столітті", КПІ ім. І. Сікорського, 2017 р.
 15. Кузнєцов Ю. М. Компоновки верстатів з механізмами паралельної структури: Монографія Ю.М.Кузнєцов, Д.О.Дмитрієв, Г.Ю.Динєвич; під ред. Ю.М.Кузнєцова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 471 с.
 16. Шинкаренко В. Ф., Платкова Н. А. Категория рода в таксономической структуре эволюционной систематики электрических машин // Електротехніка і електромеханіка. – 2003. – № 2. – С. 61-66.
 17. Шинкаренко В. Ф. Задачи и проблемы генетической электромеханики: проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах. Севастополь, 18-21 сент. 2003 г.– Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2003. – С. 11-15.

18. Вольдек А. И. Электрические машины: учебник для ВУЗов. – Л.: Энергия, 1974. – 840 с.
19. Шинкаренко В. Ф. Принципы построения эволюционной систематики структур электромеханических систем // Техн. Электродинамика. – 200. - №2.- С.45-49
20. Розова С. С. Классификационная проблема в современной науке. – Новосибирск: Наука, 1986. – 231 с.
21. Августинович А. А. Електричні машини поступального руху як об'єкт еволюційної геносистематики // Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в электроэнергетических системах: Севастополь, 19-23 сент. 2005 г. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2004. – С. 3-5.
22. Августинович А. А. Межі структурної мінливості та ієрархія систематичних одиниць в генетичній систематиці електричних машин // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. -№25. – С. 3-7.
23. Августинович А. А. Практичне та методичне значення результатів систематики електричних машин поступального руху // Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006 -№5. – С. 3-5.
24. Шинкаренко В. Ф. Поисковое проектирование электромеханических модулей типа „мотор- шпиндель” с использованием технологии структурного предвидения / В. Ф. Шинкаренко, Ю. В. Гайдаенко, А. С. Ковтун // Проблемы повышения эффективности электромеханических преобразователей в энергетических системах: Материалы междунар. науч.-техн. конф. – Севастополь, 2012. – С. 110 – 113.