

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Факультет електроенерготехніки та автоматики

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра електромеханіки

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

В. о. завідувача кафедри

_____ В.В. Чумак
підпис ініціали, прізвище

“___” _____ 2024 р.

Дипломна робота
на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 141, Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва)

освітньої програми Електричні машини і апарати
(назва)

на тему: **Структурний синтез електромеханічних дезінтеграторів двійникових Видів**

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕМ-01

Мельничук Іван Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Керівник

Старший викладач Котлярова В. В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультант

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

Доцент, к.т.н. Теряєв В.І.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 року

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

Факультет Факультет електроенерготехніки та автоматики
(повна назва)

Кафедра Електромеханіки
(повна назва)

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність 141, Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код і назва)

Освітня програма Електричні машини і апарати
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

В.В. Чумак
підпис ініціали, прізвище

« 20 » жовтня 2023 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломну роботу студенту

Мельничуку Івану Володимировичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Структурний синтез електромеханічних дезінтеграторів**
двійникових Видів

керівник роботи Котлярова В. В., старший викладач
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «28» травня 2024 р. № 2127-с

2. Строк подання студентом роботи: 10.06.2024

3. Вихідні дані до роботи: Генетична класифікація первинних джерел електромагнітного поля; Інформаційна база даних результатів патентного пошуку по класу електромеханічних дезінтеграторів багатофакторної дії

4. Зміст дипломної роботи (перелік завдань, які потрібно розробити): здійснити аналіз досліджень, розробок і областей практичного застосування ЕМД в сучасних технологіях; здійснити аналіз генетичної природи та принципів структуроутворення ЕМД Видів-двійників; визначити генетичну програму двообмоткових ЕМД Видів-двійників; здійснити аналіз генетичної програми двообмоткових ЕМД Видів-двійників та побудувати генетичний банк даних видової різноманітності двообмоткових ЕМД; здійснити структурний синтез гомологічних рядів двообмоткових ЕМД двійникових Видів інноваційного виконання; розробити конкурентоспроможне технічне рішення двообмоткових ЕМД Видів-близнюків за результатами генетичного передбачення та синтезу.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо) презентація за матеріалами дипломної роботи (16 слайдів).

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 02.10.2023

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Пошук літературних джерел та патентів за класом ЕМД	02.10.23 – 20.12.23	
2	Аналіз досліджень, розробок і областей практичного застосування ЕМД	20.12.23 – 14.02.24	
3	Аналіз генетичної природи та принципів структуроутворення ЕМ- об'єктів-двійників	14.03.24 – 15.04.24	
4	Генетична програма та структурний синтез двообмоткових ЕМД Видів-двійників	15.04.24 – 01.05.24	
5	Постановка, проведення та системний аналіз еволюційних експериментів. Практична реалізація результатів досліджень.	01.05.24 – 01.06.24	
6	Висновки і рекомендації. Оформлення ПЗ.	01.06.24 – 10.06.24	

Студент

(підпис)

Мельничук І. В.

(ініціали, прізвище)

Керівник роботи

(підпис)

Котлярова В. В.

(ініціали, прізвище)

Реферат

Дипломна робота містить: сторінок – 59 , рисунків – 25 , таблиць – 6. Робота присвячена дослідженню двообмоткових електромеханічних дезінтеграторів багатofакторної дії двійникових Видів, а саме: визначенню їх генетичної програми та здійсненню структурного синтезу конкурентоспроможних структур електромеханічних дезінтеграторів Видів-двійників.

Ключові слова: *електромеханічний дезінтегратор, принцип парності, Види-двійники, генетична програма, структурний синтез, еволюційні експерименти.*

Abstract

Diploma work contains: pages – 59, figures – 25, tables – 6.

The work is devoted to the study of two-winding electromechanical disintegrators of multifactorial action of twin Species, namely: determination of their genetic program and implementation of structural synthesis of competitive structures of electromechanical disintegrators of twin Species.

Key words: electromechanical disintegrator, principle of parity, twin species, genetic program, structural synthesis, evolutionary experiments.

Зміст

Вступ.....	7
1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ, РОЗРОБОК І ОБЛАСТЕЙ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ДЕЗІНТЕГРАТОРІВ БАГАТОФАКТОРНОЇ ДІЇ В СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ.....	8
1.1 Аналіз особливостей конструкції, електромагнітних і функціональних властивостей електромеханічних дезінтеграторів багаторфакторної дії	8
1.2 Аналіз результатів патентно-інформаційного пошуку по плоским електромеханічним дезінтеграторам.....	15
2 АНАЛІЗ ГЕНЕТИЧНОЇ ПРИРОДИ ТА ПРИНЦИПІВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЕМ-ОБ'ЄКТІВ-ДВІЙНИКІВ	22
2.1 Генетична природа ЕМ-об'єктів-двійників.....	22
2.2 Принципи структуроутворення ЕМ-об'єктів-двійників	29
2.3 Синтез генетичної програми електромеханічних дезінтеграторів двійникових Видів.....	32
2.4 Системний аналіз синтезованої генетичної програми двообмоткових електромеханічних дезінтеграторів двійникових Видів.....	34
3 ЕВОЛЮЦІЙНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ.....	38
3.1 Еволюційні експерименти.....	38
3.2 Практична реалізація досліджень.....	40
Висновки	51
Список літератури	52
Додаток 1.....	54

Вступ

У сучасному світі розвиток технологій зазнає швидкого зростання в різних сферах, включаючи й військову та оборонну галузі, що в першу чергу вимагають пошуку конкурентоспроможного електромеханічного обладнання технологічного призначення для їх забезпечення. Необхідність використання електромеханічних дезінтеграторів (ЕМД) для здійснення технологічних процесів подрібнення, перемішування, знезараження, прискорення хімічних реакцій в рідких, твердих, газоподібних (в т.ч. і агресивних) середовищах вимагає створення нових структур таких пристроїв, унікальних для кожної конкретної задачі.

Об'єктом дослідження є двообмоткові електромеханічні дезінтегратори багатofакторної дії Видів-двійників.

Мета роботи – визначити генетичну програму і здійснити структурний синтез електромеханічних дезінтеграторів двійникових Видів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було розв'язати наступні задачі:

- Здійснити аналіз досліджень, розробок і областей практичного застосування ЕМД в сучасних технологіях;
- Здійснити аналіз генетичної природи та принципів структуроутворення ЕМД Видів-двійників;
- Визначити генетичну програму двообмоткових ЕМД Видів-двійників;
- Здійснити аналіз генетичної програми двообмоткових ЕМД Видів-двійників та побудувати генетичний банк даних видової різноманітності двообмоткових ЕМД;
- Здійснити структурний синтез гомологічних рядів двообмоткових ЕМД двійникових Видів інноваційного виконання;
- Розробити конкурентоспроможне технічне рішення двообмоткових ЕМД Видів-близнюків за результатами генетичного передбачення та синтезу.

1 АНАЛІЗ ДОСЛІДЖЕНЬ, РОЗРОБОК І ОБЛАСТЕЙ ПРАКТИЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ДЕЗІНТЕГРАТОРІВ БАГАТОФАКТОРНОЇ ДІЇ В СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

1.1 Аналіз особливостей конструкції, електромагнітних і функціональних властивостей електромеханічних дезінтеграторів багатофакторної дії

Перші дослідні зразки і серії електромеханічних дезінтеграторів було створено в ОКБ лінійних електродвигунів (м. Київ у 1980-1990х р.р.) [1].

Індукційні змішувачі відносяться до класу магнітогідродинамічних систем з безпосередньою електродинамічною дією на електропровідну рідину, що являється одночасно і технологічним середовищем.

Установка призначена для здійснення технологічних процесів по безконтактному перемішуванню і транспортування електропровідних соляних розчинів з температурою до $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Конструктивно змішувач створений на основі двох плоских індукторів магнітного поля (рис. 1.1, таблиця. 1.1), що біжить, в міжіндукторному просторі яких розміщена герметична робоча камера з немагнітного матеріалу.

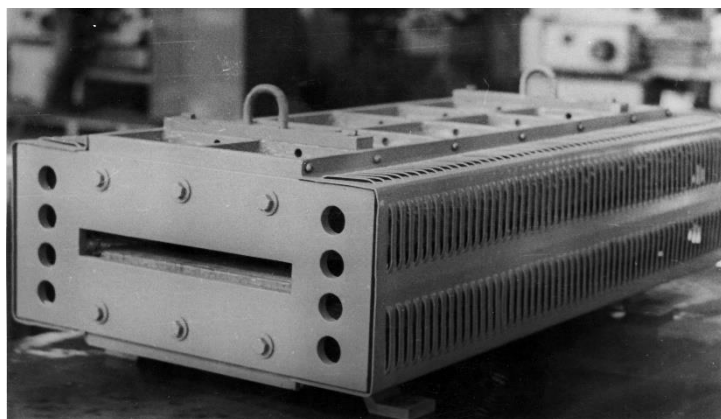


Рисунок 1.1 – Індукційний змішувач електропровідних

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики індукційного змішувача

Найменування параметра	Значення
Напруга живлення, частота, В / Гц	380/220/50
Потужність споживання, Вт	1840
Повітряний зазор, мм	20
Швидкість біжить поля, м / с,	7,5
Індукція в повітряному зазорі (мінімальна), Тл	0,15
Розміри активної поверхні індуктора, м	0,825x0,25
Маса активних матеріалів, кг	213

Схема з'єднання обмоток індукторів передбачає можливість формування необхідної структури поля в активній зоні перетворювача: зустрічне включення обмоток (режим змішувача) і приголосне включення (режим транспортування). Під дією електромагнітного натиску рідке електропровідне середовище здійснює вихровий рух і транспортується через активну зону індукторної системи.

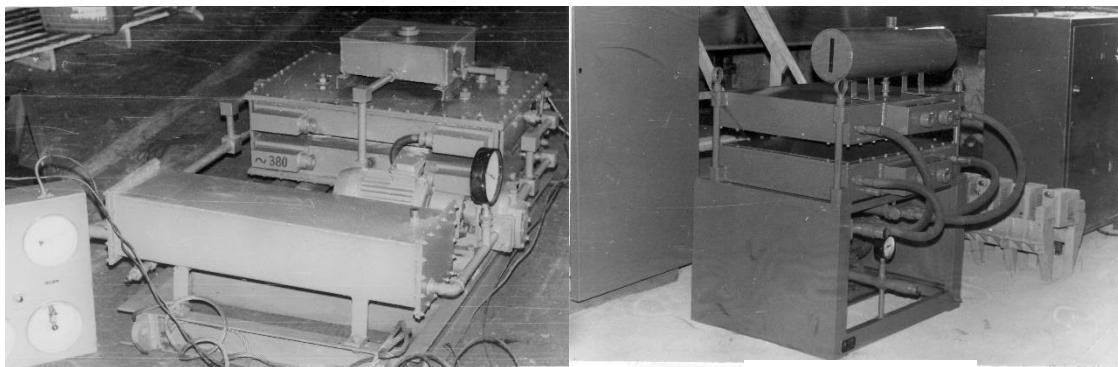
Електромеханічні перетворювачі енергії з вихровою активною зоною (ЕМП з ВА3) відносяться до принципово нового класу технологічного обладнання багатофакторного дії, призначеного для здійснення і інтенсифікації різних технологічних процесів, які вперше були створені і запатентовані в ОКБ. Принцип дії заснований на перетворенні енергії інверсних біжучих магнітних полів двостороннього індуктора в механічну енергію вихрового руху дискретних феромагнітних частинок (ДФЧ), які знаходяться в активній зоні перетворювача і виконують функцію робочих тіл.

Технологічне обладнання призначене для здійснення і інтенсифікації різноманітних технологічних процесів безпосередньо в активній зоні перетворювача, а саме: тонкого і надтонкого подрібнення матеріалів; приготування гомогенних сумішей, емульсій і суспензій; прискорення хімічних реакцій; приготування багатокомпонентних паливних сумішей; збагачення;

виробництва нанопорошкових матеріалів; активізації біологічних процесів; знезараження.

Область застосування – матеріалознавство; нанотехнології, порошкова металургія, харчова, хімічна та електронна промисловість; виробництво пластмас і композиційних матеріалів; отримання пігментів і наповнювачів; виробництво комбікормів і добрив; приготування синтетичних паливних сумішей; виробництво матеріалів для будіндустрії; медицина і фармацевтика; біотехнології.

ЕМП з ВАЗ являє собою нове покоління ресурсозберігаючого та екологічно чистого технологічного обладнання. Висока продуктивність і ефективність реалізованих технологій забезпечуються: багатofакторним комплексним впливом на оброблюване середовище; відсутністю кінематичних передач і механізмів; можливістю використання в існуючих технологічних лініях; здійсненням обробки матеріалів в заданому режимі; реалізацією технологічних процесів у замкнутих об'ємах і в проточних режимах; обробкою твердих і рідких інгредієнтів; модульним принципом нарощування корисного об'єму; обробкою матеріалів у вакуумних, газо- і рідиннонаповнених середовищах; можливістю отримання нових фізичних властивостей оброблюваних матеріалів.



а)

б)

Рисунок 1.2 – Індукційні апарати: а) – ЛИВ-10 для виробництва феромагнітних порошків (ВО «Свема», м. Шостка); б) – ЛИВ-10Г для технологічної лінії з виробництва лізину (Обухівський біокомбінат, м. Обухів, Київської обл.)

Електро механічне обладнання нового типу володіє низкою відмінних рис:

- безпосереднім комплексним впливом на оброблювану технологічну середу, що включає: механічне, електромагнітне, електростатичне, теплове, акустичне, процеси електролізу, кавітації та ін;
- можливістю здійсненням обробки матеріалів як в замкнутих об'ємах, так і в проточних режимах;
- можливістю обробки вихідних інгредієнтів у твердій, рідкій або змішаних фазах;
- відсутністю кінематичних передач і вузлів;
- модульним принципом побудови і нарощування обсягу робочої камери (продуктивності);
- можливістю обробки матеріалів у вакуумі, газовому середовищі і рідині;
- широким розмаїттям просторових компонувань;
- можливістю отримання нових фізичних властивостей вихідного продукту;
- істотним (у сотні і тисячі разів) підвищенням продуктивності, в порівнянні з відомими аналогами.

Оригінальні технічні рішення розроблені в процесі створення ЕМП з ВАЗ захищені більш ніж 40 авторськими свідоцтвами на винаходи (частина з яких наведена в Додатку 1).

Це унікальне обладнання не мало аналогів у світовому масштабі. Сміливі інженерні ідеї та оригінальні технічні рішення конструкторів і технологів, втілені в конструкціях нового технологічного обладнання, не втратили своєї інноваційної значущості і в наші дні.

Принцип дії електро механічних дезінтеграторів полягає в перетворенні електромагнітної енергії інверсних біжучих (або обертових) магнітних полів індукторів в механічний рух дискретних робочих тіл. Функцію останніх виконують нерівновісні дискретні феромагнітні частинки (ДФЧ), механічна енергія руху яких використовується для обробки речовини, що знаходиться в

активній зоні ЕМД. Можна виділити два класи ЕМД багатofакторної дії: одно- та багатообмоткові.

Основними умовами функціонування таких пристроїв є наступні:

- наявність одного)-двох індукторів з інверсними біжучими (або обертовими) електромагнітними полями і спільним повітряним проміжком δ ;
- зсув фазних зон інверсних полів на кут $\alpha = \pi/3$ в межах кожного полюсного поділу;
- наявність дискретних феромагнітних рухомих робочих тіл в міжіндукторному просторі;
- забезпечення співвідношення між довжиною полюсного поділу і повітряним проміжком в межах $\delta/\tau = 0,6 \div 0,7$.

Таким чином, однією з основних особливостей, що відрізняють даний клас ЕМД від традиційних електричних машин, в яких вторинне середовище є суцільною рухомою частиною, яка має достатню електричну і магнітну провідність, є те, що вторинне середовище є певною сукупністю ДФЧ, геометричні розміри і сумарна активна поверхня яких значно менше розмірів активної зони перетворювача. В загальному випадку, відносний об'єм ДФЧ складає не більше 10 % від об'єму активної зони, тоді як речовина, що обробляється, залежно від її фізико-хімічних властивостей (фізичного стану, в'язкості, твердості та ін.) може становити від 50 % до 90 % від об'єму робочої камери. Інша особливість конструкції пов'язана з відносно великою величиною міжіндукторного повітряного проміжку, відносне значення якого визначається співвідношенням $\delta/\tau = 0,6 \div 0,7$. З одного боку, це диктується вимогами забезпечення активного об'єму, необхідного для інтенсивного руху ДФЧ, а з іншого, обмежується магнітним опором повітряного проміжку, який визначає величину основного магнітного потоку в міжіндукторному активному проміжку. Технологічний процес здійснюється безпосередньо в міжіндукторному проміжку, який обмежується робочою камерою. Матеріал камери вибирається, виходячи з вимог забезпечення необхідної механічної міцності на стирання,

стійкості до навантажень, нейтральності відносно речовин, що обробляються, за умови забезпечення мінімальної електропровідності і діамагнітності.

Залежно від призначення пристрою і особливостей технологічного процесу, обробка матеріалів може здійснюватися в замкнутому об'ємі (в тому числі, герметичному), або в проточному, що дозволяє використовувати ЕМД як в автономному режимі, так і безпосередньо в технологічних лініях.

Складний інтенсивний із знакозмінними прискореннями рух сукупності ДФЧ, які виконують функцію магнітних диполів в змінному результуючому магнітному полі, супроводжується багатофакторною дією комплексу механічних, акустичних, теплових, електростатичних і електромеханічних процесів і явищ, внаслідок чого речовина, що обробляється одночасно піддається інтенсивному перемішуванню, подрібненню, диспергації, нагріву, активації, імпульсному локальному тиску, дії акустичних хвиль, а також електролізу і кавітації.

Геометрія робочої зони визначається формою активних поверхонь індукторів, яка у свою чергу вибирається виходячи з вимог, пред'явлених до параметрів технологічного процесу, компоновальних властивостей, оптимальних електромагнітних параметрів і умов технологічного процесу.

ЕМД даного класу можуть функціонувати практично в усіх режимах, характерних для електротехнологічного устаткування, включаючи короткочасний, повторно-короткочасний, циклічний і тривалий режими.

Слід зазначити, що ЕМД багатофакторної дії забезпечують виконання різноманітних технологічних процесів (рис. 1.3).

Таблиця 1.2 – Показники ефективності ЕМД багатфакторної дії в технологічних процесах

№ п/п	Технологічний процес	Показники ефективності (за даними організацій-замовників)
1	Активація поверхні каоліну	Збільшення міцності вулканізаторів на основі каучуку на 84 %.
2	Приготування шихти для одержання карбіду чи цирконію титана	В кульовому млині складає 480 хв., у ЕМД – 3 хв,
3	В електронній промисловості при виробництві струмопровідних композицій	Тривалість подрібнення в кульовому млині складає від 3 до 24 годин, у ЕМД – 7 хвилин
4	Процеси окислення фенолу в стічних водах	Питома продуктивність зросла в 21 400 разів
5	Приготування дрібнодисперсних емульсій типу «олія + вода»	Питома продуктивність зросла у 63000 разів
6	Приготування водно-мазутних сумішей	Економія палива до 15 %, зниження токсичних викидів на 15 %
7	Отримання водно-бензинової суміші для двигунів внутрішнього згорання	Час обробки 5-10 с, економія бензину 5 %, зниження токсичності викидів СО і NO на 15=20 %
8	Приготування кальцію та інших мінералів	Через 1 хв. вихід частинок класу 50 мкм – понад 90%
9	Виготовлення будівельних матеріалів і сумішей	Зниження витрат цементу на 35 %, підвищення міцності виробів на 40 - 46 %
10	Отримання порошків з оксидних матеріалів для електронної промисловості	Збільшення електричного опору у 150 разів

Отже, ступінь подрібнення досліджуваних ЕМПЕ надзвичайно велика; також доцільно відмітити універсальність використання, можливість подрібнення будь-яких матеріалів; якщо не використовувати ДФЧ, то можливість пришвидшення росту бактерій і обеззаражування; можливість використання не тільки в якості подрібнювача, а і як змішувач, що є актуальним для різноманітних технологій.

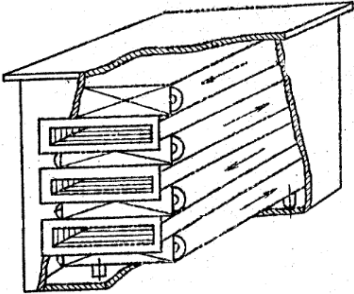
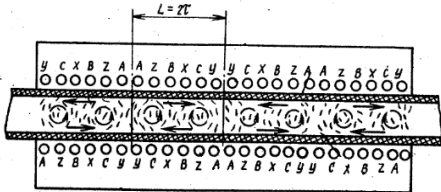
1.2 Аналіз результатів патентно-інформаційного пошуку по плоским електромеханічним дезінтеграторам

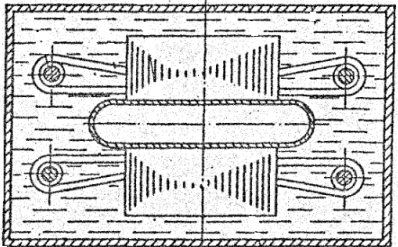
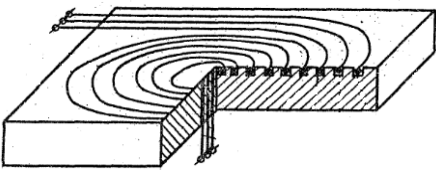
В результаті патентно-інформаційного пошуку було виявлено 31 авторське свідоцтво в часовому проміжку з 1981 по 1990 рік, що відносяться до

досліджуваного класу ЕМД багатфакторної дії. Отримана інформація є вихідною для побудови інформаційної бази даних (ІБД) по заданому об'єкту дослідження (Додаток 1). На підставі аналізу конструкції і принципу дії для кожного структурного представника класу ЕМД багатфакторної дії визначена генетична інформація і відповідні складові генетичного коду, що дозволяє визначити Видову приналежність відомих структурних представників класу ЕМД, котра є дуже важливою на даному етапі дослідження, адже саме ця інформація в подальшому використовується для визначення складу інформаційно-реальних Видів, для побудови моделей макро- та мікроеволюції, для визначення рівня розвитку та інноваційного потенціалу досліджуваного класу.

Аналіз ІБД дозволив визначити перших структурних представників плоских Видів ЕМД, що наведені в таблиці 1.3 та побудувати філогенетичні моделі.

Таблиця 1.3 – Перші представники двообмоткових ЕМД плоских Видів

Рід	Вид	Генетичний код	Еволюційний статус	Зовнішній вигляд структурного представника та його суттєві ознаки
	ПЛ 2.0х	4ПЛ 2.0х	Реально-інформаційний (№ 995221)	 Апарат оснащений додатковими камерами та плоскими індукторами паралельно один одному
	ПЛ 2.2х	2ПЛ 2.2х	Реально-інформаційний (№ 1023573)	 Обмотка кожного

				індуктора складається з 2п ділянок, довжина кожного з яких рівна τ чи 2τ , а з'єднані ділянки з протилежним чергуванням фаз.
	ПЛ 2.2у	2ПЛ 2.2у	Реально-інформаційний (№ 1266432)	 Оснащений немагнітними трубами, розміщеними в середині лобових частин обмотки і розташованими у середині труб гвинтовими рушіями, що взаємодіють з біжучим полем і забезпечують циркуляцію хладагенту.
	$ПЛ^2 2.2x$	$2ПЛ^2 2.2x$	Реально-інформаційний (№ 1522521)	 Обмотки вкладені в пази у вигляді спіралей, протилежного чергування з числом заходів, що відповідає числу фаз обмоток.

На рисунку 1.4 наведена філограма структурної еволюції плоских ЕМД, аналіз якої показує, що домінуючим Видом плоских ЕМД є Вид ПЛ 2.2х, для якого в свою чергу побудована філогенетична модель функціональної еволюції (рис. 1.5).

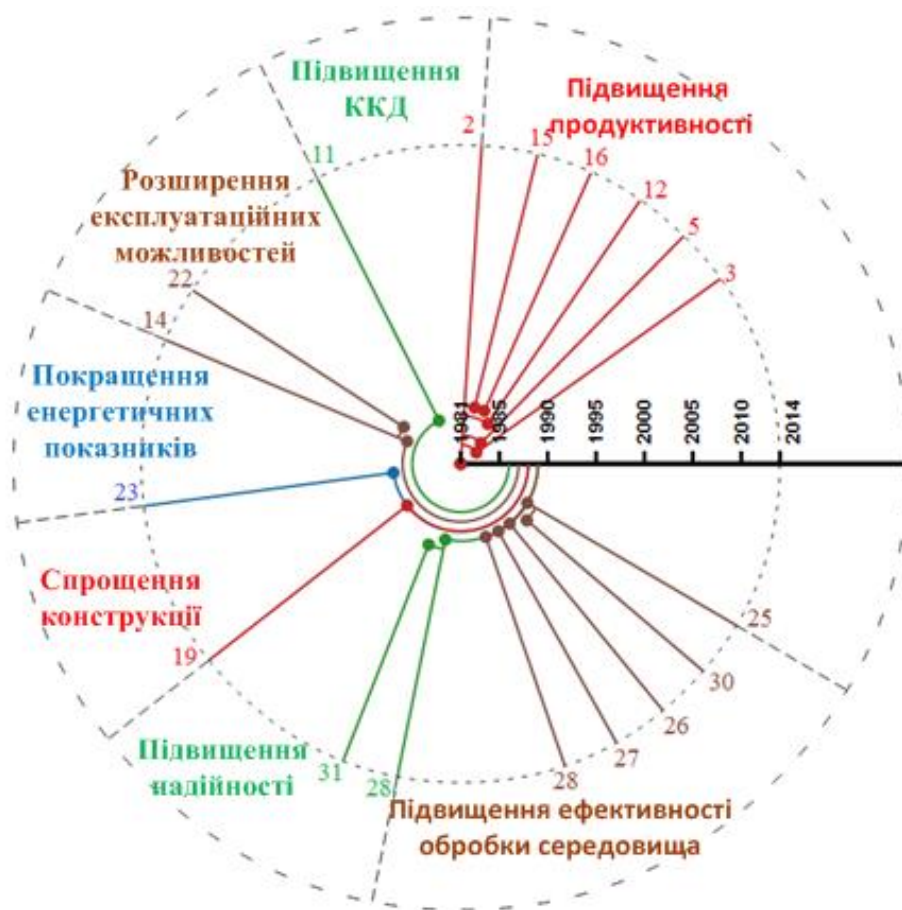


Рисунок 1.4 – Філограма структурної еволюції плоских ЕМД

Як видно з рис. 1.5, найбільш прогресивні напрями еволюції домінуючого Виду пов'язані з пошуком підвищення ефективності обробки середовища (35,29 %) та продуктивності (23,52 %), що буде враховано при побудові генетичної моделі спрямованого синтезу ЕМД з покращеними показниками якості і їх подальшому системному аналізі.

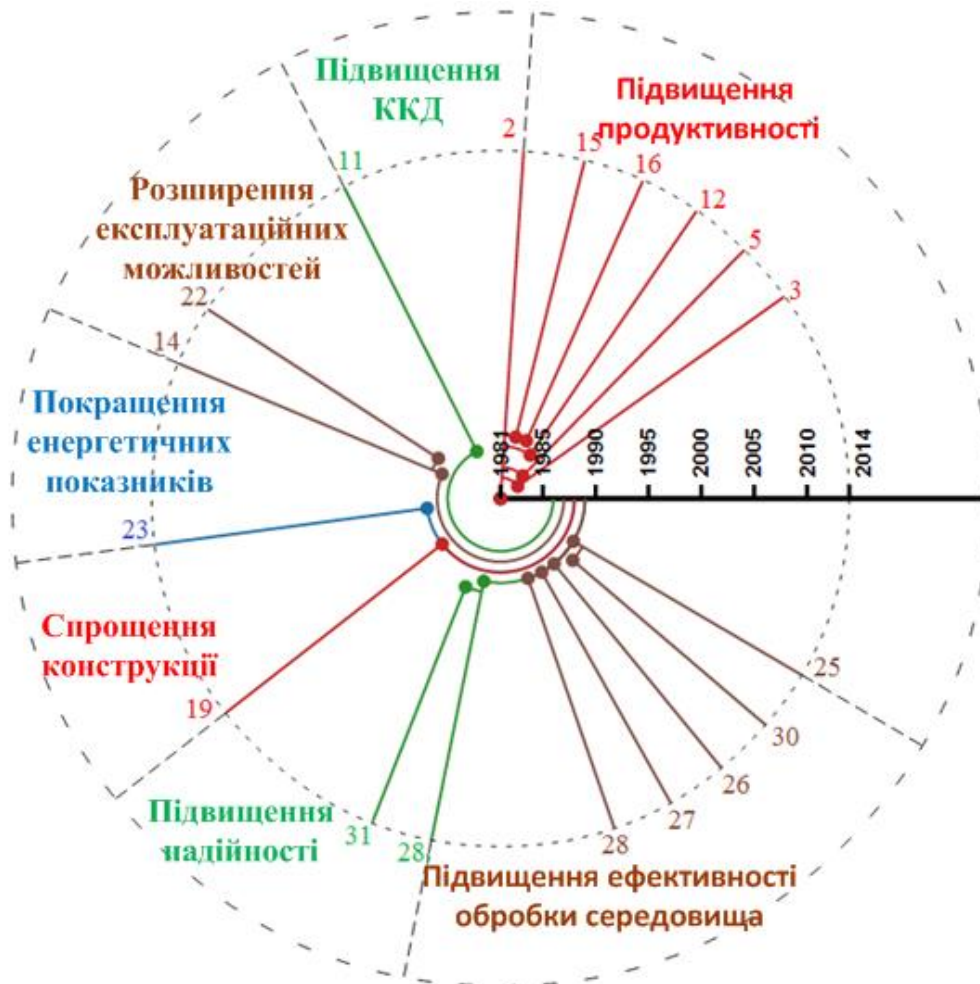


Рисунок 1.5 – Філограма функціональної еволюції плоских ЕМД
домінуючого Виду ПЛ 2.2х

На рис. 1.6 та 1.7 представлені філограми функціональної еволюції плоских ЕМД Видів ПЛ 2.2у та ПЛ 2.0х відповідно, аналіз яких свідчить про нерівномірний розвиток плоских Видів.

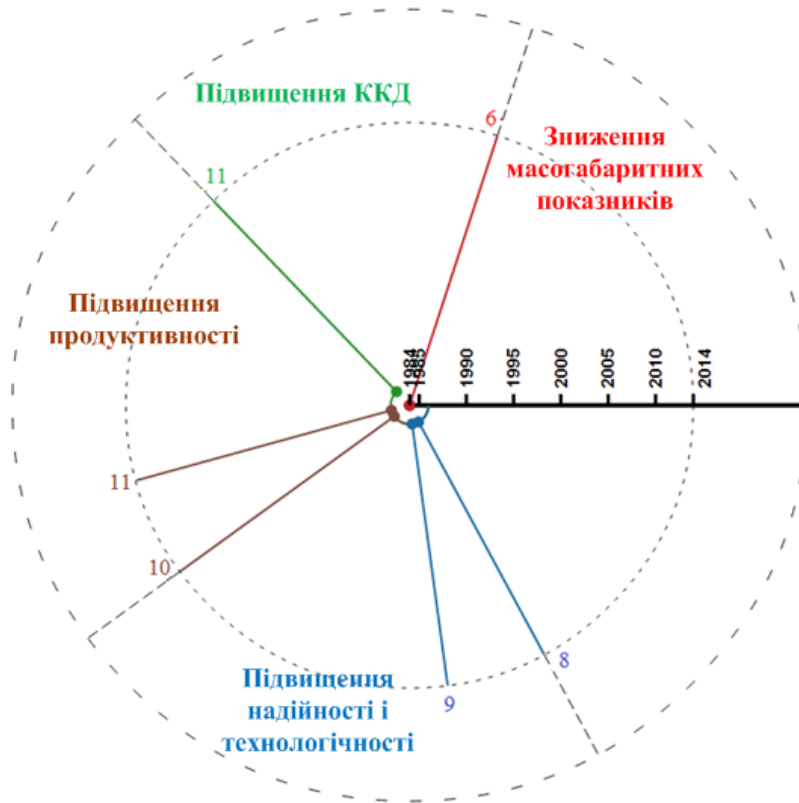


Рисунок 1.6 – Філограма функціональної еволюції плоских ЕМД Виду ПЛ 2.2у

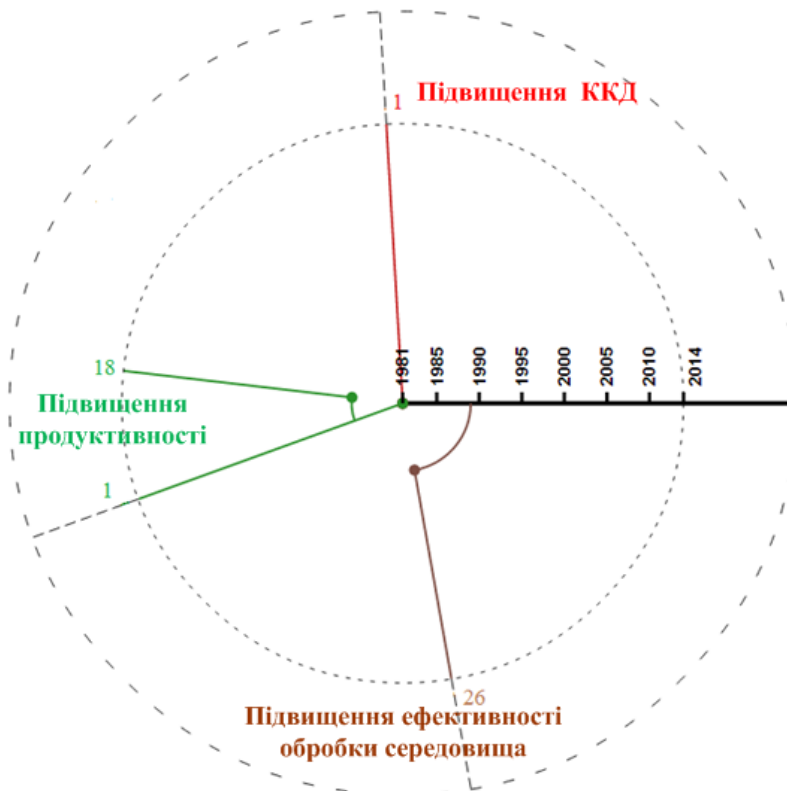


Рисунок 1.7 – Філограма функціональної еволюції плоских ЕМД Виду ПЛ

Таким чином, найбільш прогресивні напрями еволюції домінуючого Виду пов'язані з пошуком підвищення ефективності обробки середовища (35,29 %) та продуктивності (23,52 %), що буде враховано при здійсненні спрямованого синтезу конкурентоспроможних двообмоткових ЕМД з покращеними показниками якості і їх подальшому системному аналізі.

У процесі виконання дипломної роботи було здійснено пошук і аналіз літературних джерел та патентів за класом електромеханічних дезінтеграторів (ЕМД) багатofакторної дії, що дозволило провести детальний аналіз досліджень, розробок і областей практичного застосування ЕМД в сучасних технологіях. Системний аналіз побудованих філогенетичних моделей показав, що найбільш прогресивні напрями еволюції домінуючого виду ЕМД пов'язані з підвищенням ефективності обробки середовища (35,29 %) та продуктивності (23,52 %). Ці напрями будуть враховані при здійсненні спрямованого синтезу конкурентоспроможних двообмоткових ЕМД з покращеними показниками якості.

2 АНАЛІЗ ГЕНЕТИЧНОЇ ПРИРОДИ ТА ПРИНЦИПІВ СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ЕМ-ОБ'ЄКТІВ-ДВІЙНИКІВ

2.1 Генетична природа ЕМ-об'єктів-двійників

Високий рівень структурно-інформаційної упорядкованості елементного базису ГК, яка визначається принципами збереження електромагнітної симетрії і топології первинних джерел магнітного поля, відкриває можливість виявлення і аналізу інваріантних властивостей структур-нащадків більш високих рівнів складності, в їх логічному взаємозв'язку з принципами і законами, які до останнього часу розглядалися як часткові принципи, властиві лише певному типу фізичної системи [2, 3]. До категорії таких фундаментальних властивостей ГОС, відносять структурні класи об'єктів-двійників. Якщо до недавнього часу зазначені структурні класи вважалися специфічною властивістю лише біологічних систем, то сьогодні вони є об'єктом дослідження багатьох наукових дисциплін (фізики елементарних часток, кристалографії, біофізики, космології, топології алгебри, лінгвістики, історії та ін.) [4].

Генетична природа двійникових структур зумовлює і головну проблему їх дослідження в технічних системах, методологія структурно-системних досліджень в яких, нажаль, знаходиться ще в зачатковому стані. Тому важливим завданням сучасної електромеханіки, як і інших технічних дисциплін, є визначення джерел і принципів структуроутворення двійникових об'єктів та розробка методів структурного передбачення і синтезу, з метою ефективного використання їх структурного потенціалу в інноваційному проектуванні складних технічних систем. Модельний базис для аналізу таких класів об'єктів становить періодична ГК первинних джерел електромагнітного поля [5].

Терміни "Види-двійники" спочатку були введені в наукову термінологію біологами [4].

Різноманітність Видів та правила їх синтезу продиктовані загальносистемними генетичними законами в межах елементного базису, який упорядковано періодичною структурою ГК [2, 3]. Приналежність ПДП до

відповідних груп або періодів ГК дозволяє виділити споріднені групи Видів за відповідними критеріями. Тому, між первинними електромагнітними елементами предметної області ГК і Видовою різноманітністю як відомих, так і генетично допустимих ЕМПЕ існує детермінований взаємозв'язок (рис. 2.1)

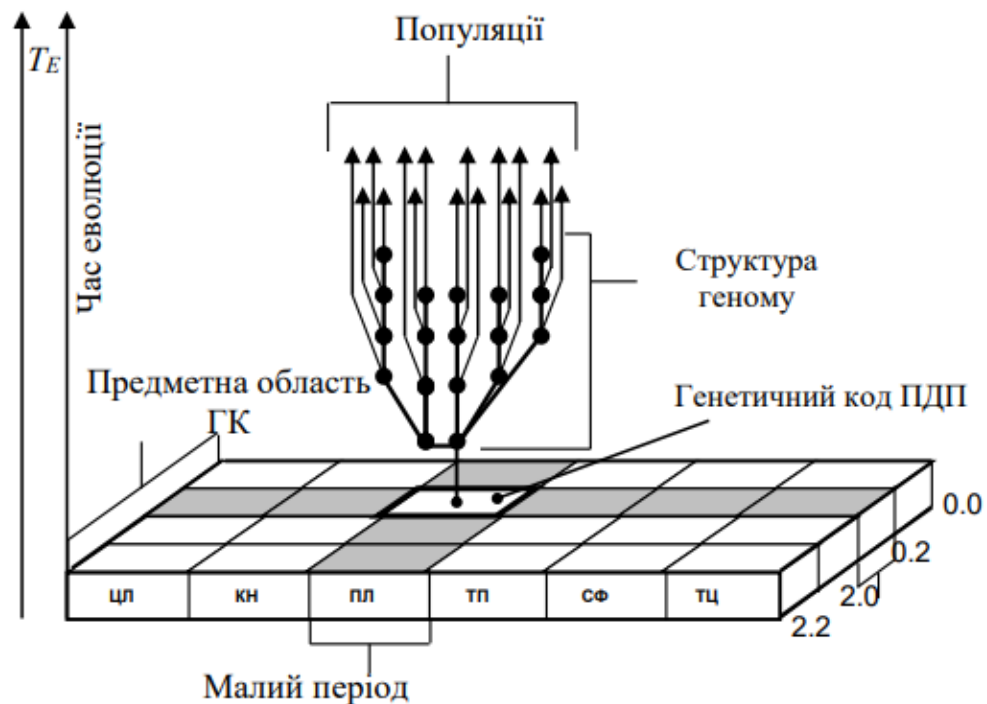


Рисунок 2.1 – Деревовидна генетична модель базового Виду та її зв'язок із предметною областю системної моделі і структурною еволюцією ЕМПЕ

За структурним типом батьківських хромосом Видова різноманітність ЕМПЕ поділяється на:

- базові Види (нащадки хромосом базового рівня ГК);
- Види-близнюки (нащадки хромосом на джерелах-ізотопах);
- Види-двійники (нащадки батьківських хромосом базового рівня, що задовольняють принципу парності) [3].

Базові види ЕМПЕ – це генетично визначена просторово-часова система популяцій електромеханічних об'єктів, які успадковують у процесі свого розвитку генетичну інформацію відповідного первинного джерела електромагнітного поля, що належить до предметної області ГК.

Різноманітність Видів базового рівня визначено елементним базисом ГК. Функціональні Види є результатом еволюційної адаптації базових Видів в межах відповідних функціональних класів ЕМПЕ. Тому їх різноманітність зростає зі збільшенням різноманітності функціональних класів ЕМПЕ. Один і той же базовий Вид може узагальнювати різні функціональні Види ЕМ [3].

Види-близнюки – Види електромеханічних об’єктів, генетична інформація яких представлена генетичними кодами первинних джерел-ізоотопів. Джерела ізотопи утворюють паралельні класи електромагнітних хромосом щодо базових.

Види-двійники – Види електромеханічних об’єктів, генетична інформація яких представлена генетичними кодами первинних джерел магнітного поля, що задовольняють принципу парності.

За критерієм приналежності до відповідних груп та періодів в структурі ГК різноманітність Видів узагальнюється двома класами:

- гомологічними Видами (рядова приналежність до однієї підгрупи);
- морфологічними Видами (родова приналежність до одного малого періоду).

До гомологічних Видів відносять Види, первинні джерела магнітного поля яких належать до однієї підгрупи в періодичній структурі ГК. Друга і третя складових генетичної інформації генетичних кодів таких видів будуть ідентичними.

Морфологічні Види – сукупність Видів ЕМПЕ, генетичні коди батьківських хромосом яких належать до одного малого періоду ГК. Відповідно до визначення, морфологічні Види регламентують структуру родів в систематиці ЕМПЕ.

За рівнем еволюційного розвитку Види поділяють на:

- реальні Види (представлені технічно реалізованими об’єктами, дослідними зразками або серіями ЕМПЕ);
- інформаційні Види (описи структурних представників представлені на інформаційних носіях: кресленнях, проектах, патентах та ін.);

- неявні Види (генетично визначені, але ще відсутні на даний час еволюції).

Неявні Види є результатом структурного передбачення, інформація щодо різноманітності яких представлена в генетичних кодах, генетичних базах даних, каталогах та ін.). Під час еволюції неявні Види поступово набувають статусу реальних та інформаційних.

За функціональним критерієм Видова різноманітність поділяється на структурні (таксономічні) і функціональні Види (Види функціональних класів). Різноманітність структурних Видів визначено генетичними кодами елементного базису ГК [2]. Функціональні Види є результатом еволюційної адаптації структурних Видів в межах відповідних функціональних класів ЕМПЕ.

Класифікація Видів та місце Видів-двійників в цій класифікації приведена на рис. 2.2.

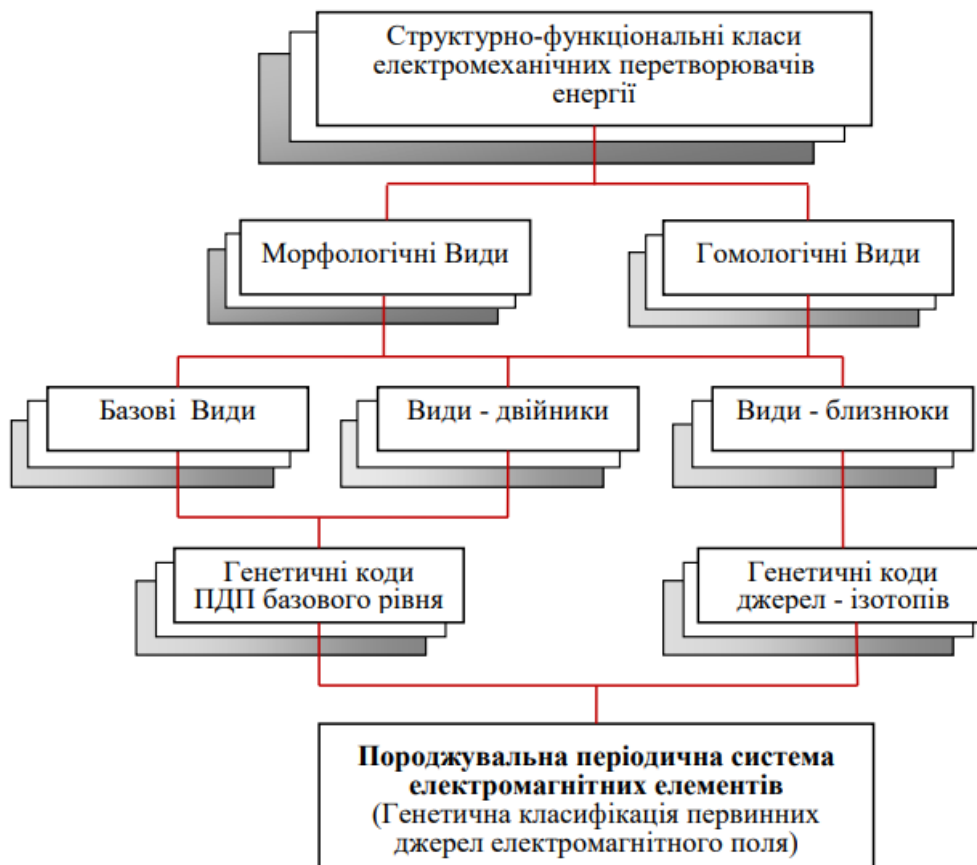


Рисунок 2.2 – Класифікація різноманітності Видів ЕМПЕ та їх взаємозв'язок із породжувальною системою [2, 3]

Аналіз просторової геометрії ПДП показав ще одну характерну властивість, суть якої полягає в тому, що для довільної форми джерела поля можливо реалізувати два ортогональних напрями просторової орієнтації вектора результуючого магнітного поля (за умови, що один з напрямків співпадає з головним елементом просторової симетрії ПДП) [3].

Отже, на базовому рівні, кожне джерело буде представлено парою геометрично еквівалентних просторових форм, які будуть відрізнятися лише за напрямом розповсюдження поверхневої хвилі поля, а для рядів S_{02} та S_{20} ще і ступенем електромагнітної дисиметрії. Зазначена закономірність є результатом прояву принципу парності первинних джерел ЕМП.

З точки зору топологічних ознак елементи ГК можна розглядати як орієнтовані в електромагнітному відношенні струмонесучі поверхні. Ознака орієнтованості джерела поля вказує на те, що для довільної геометричної поверхні ПДП, яку можна розглядати як породжуючу структуру ЕМПЕ, можливо використати два ортогональні напрями просторової орієнтації вектора результуючого поля, за умови, що один з напрямів співпадає з віссю (для замкнених поверхонь), або площиною симетрії (для розімкнених поверхонь) ПДП. Це означає, що геометрично еквівалентні поверхні ПДП будуть відрізнятися лише просторовою орієнтацією контурів зі струмом, а для поверхонь з краєм – ще і ступенем їх електромагнітної дисиметрії.

Виходячи з умов збереження цілісності електромеханічної структури, зазначена властивість спостерігається також в структурах довільного рівня складності, синтезованих на таких джерелах.

Розглянемо властивості орієнтованих ПДП, які входять до складу довільного геометричного класу $G_j \subset S_0$, $j = 1, \infty$ (де S_0 – базова множина елементів предметної області) структури ГК. В межах такого класу, довільна геометрична форма джерела, з урахуванням орієнтації хвилі поля відносно елементів її просторової симетрії, буде мати два різновиди: з повздовжньою (x) і поперечною (y) орієнтацією.

При цьому, під x -джерелом будемо розуміти магнітні поверхні, для яких

напрям хвилі поля співпадає з *головним елементом симетрії* (віссю, площиною) граничної просторової фігури конкретного геометричного класу. Джерела, в яких розповсюдження хвилі поля орієнтовано за поперечним напрямом, будемо відносити до різновиду у-джерел. Зазначені напрями просторової орієнтації поверхневої хвилі поля успадковуються структурами більш високого рівня складності.

З введенням такої відмінності не важко помітити характерну закономірність, яка установлює єдиний порядок розміщення окремих пар ПДП у відповідних класифікаційних рядах ГК. Вона полягає в тому, що ряди з однаковим показником ступеня електромагнітної дисиметрії джерел поля за повздовжнім і за поперечним напрямом (0.0, 1.1 і 2.2) будуть містити джерела обох різновидів, в той час як останні 6 рядів (0.1, 1.0, 0.2, 2.0, 1.2 і 2.1) упорядковують джерела лише однієї характерної орієнтованості.

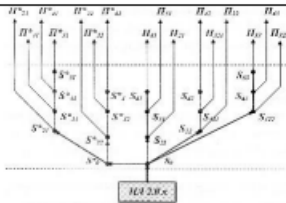
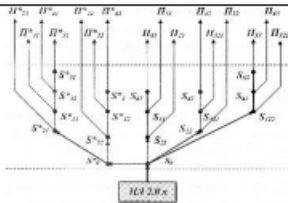
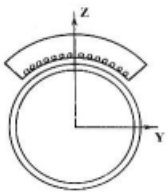
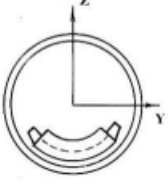
Такий порядок розташування елементів стає цілком зрозумілим, якщо прийняти до уваги топологічні властивості ПДП. В попередньому підрозділі показано, що структуру ГК можна розглядати як упорядковану множину гомеоморфних джерел поля, яка утворює дванадцять топологічно еквівалентних рядів T_i , ($i = 1 - 12$).

Дійсно, спільна група електромагнітної симетрії ПДП, яка об'єднує ряди 0.0, 1.1 і 2.2 інваріантна щодо їх геометричної форми, тому елементами зазначених рядів будуть відповідні пари x -і y -поверхонь, які відносять до одного топологічного простору. Щодо інших шести рядів, то кожна пара суміжних рядів (наприклад, 0.2 і 2.0) складається з джерел лише однієї характерної орієнтованості, що зумовлено відповідною комбінацією елементів просторової і електромагнітної дисиметрії елементів ряду.

Для окремих джерел поля, геометрична форма яких характеризується поворотною симетрією (наприклад, для джерел *ПЛ2.2* або *СФ 2.2*), геометрична спорідненість просторової форми переходить в тотожність, як в геометричному, так і в електромагнітному сенсі. Тому зазначені пари ПДП в структурі класифікації представлено однією узагальненою поверхнею.

На об'єктному і видовому рівнях структурної складності, принцип парності буде представлений відповідними об'єктами і Видами-двійниками (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Ієрархія рівнів спадковості ЕМ-структур, що задовольняють принципу парності [2].

Рівень генетичної складності	Принцип парності		
Видовий			Види-двійники ЕМПЕ
Об'єктний			ЕМ-об'єкти-двійники
Хромосомний			Парні хромосоми
Генетичний	CL 2.2y	CL 2.2x	Парні генетичні коди

Характерними ознаками геометрично споріднених структур, які відносять до видів-двійників, є їх приналежність до одного роду, спільність геометричної форми джерела поля і різна просторова орієнтація поверхневої хвилі поля. ЕМ структури Видів-двійників, які визначають видовий склад груп 0.2 і 2.0, будуть ще мати суттєві відмінності щодо характеру розподілу результуючого поля, ефективності електромеханічного перетворення енергії та області функціонування електромеханічних перетворювачів енергії.

Геометрична спорідненість Видів-двійників, яка має місце в межах довільного класу джерел є визначальною з точки зору реалізації процедур міжвидового синтезу, за результатами якого можна утворювати гібридні ЕМ-структури зі змішаним генетичним кодом.

Узагальнюючи основні положення, які визначають особливості прояву принципу парності в структурній будові електромеханічних об'єктів, можна зробити наступні висновки:

- принцип парності визначає системну природу топологічної властивості ПДП, яка полягає в двоваріантності (х або у) орієнтованості довільної просторової форми джерела поля;
- прояв принципу парності на хромосомному рівні свідчить про те, що ця властивість буде успадковуватися структурами більш високого рівня на рівні видів-двійників;
- принцип парності є суто структурною властивістю геометрично споріднених джерел поля, тому він може не підтверджуватися в структурі окремих функціональних класів ЕМ-систем;
- принцип парності визначає кількісний склад і упорядковує розташування елементів в межах довільного геометричного класу ГК;
- принцип парності обмежує генетично допустиму різноманітність гібридних видів ЕМ-структур двійникового типу.

Генетично допустима різноманітність ЕМ-структур є числом парним. Кожний просторовий різновид ЕМ-структури має свого геометричного двійника. Місцезнаходження і генетичні властивості структури-двійника однозначно визначаються через елементний базис відповідного геометричного класу ГК. Тому принцип парності одночасно визначає і методологію спрямованого пошуку та синтезу паралельних класів ЕМ-структур за ознакою їх геометричної спорідненості.

2.2 Принципи структуроутворення ЕМ-об'єктів-двійників

До двійникових об'єктів відносять об'єкти, що мають спільне родове походження (ідентичність першої складової генетичних кодів), належать до однієї групи топологічної симетрії (ідентичність другої складової кодів), але відрізняються ознакою магнітної орієнтованості (третьою складовою генетичного коду) [6]. В предметній області ГК такими властивостями наділені

первинні джерела магнітного поля, що задовольняють принципу парності [4]. В загальному випадку, принцип парності відображає єдність протилежностей. В межах довільного малого періоду ГК, принцип парності проявляється у вигляді геометрично еквівалентних пар джерел поля, що мають ідентичну генетичну інформацію по першій складовій генетичного коду, але мають різну магнітну орієнтованість $(x-y)$, тобто, наділені топологічною і функціональною несумісністю. Ряди джерел поля, що задовольняють принципу парності, визначають структуру підгруп в періодичній структурі ГК. Тому, парні джерела поля однозначно можна розпізнати по третій складовій універсальних генетичних кодів.

Геометрично еквівалентні парні джерела поля виконують функцію породжувальних по відношенню до об'єктів і Видів-двійників. Крім того, на основі парних джерел поля здійснено синтез гібридних ЕМ-об'єктів двійникових Видів [7]. На відміну від близнюкових структур, об'єкти-двійники можуть мати істотні відмінності у функціях, належати до різних еволюційних епох і знаходитися в різних функціональних класах ЕМ-об'єктів. Тому, строгий аналіз двійникових структур і їх Видової різноманітності можливий лише на основі генетичного аналізу породжувальних структур. Відповідно до принципу парності, генетично допустиму різноманітність об'єктів-двійників можна представити рівними за потужністю підмножинами генетично споріднених структур з $-x$ і y -орієнтованістю $S_x = S_y \subset S_0$.

Результати генетичного аналізу структур-двійників можна узагальнити наступними положеннями:

1. Об'єкти і Види-двійники – одна з необхідних і фундаментальних властивостей ГОС довільної фізичної природи, що відображають взаємозв'язок вихідної дзеркальної симетрії з принципами збереження і періодичною структурою ГК.

2. ЕМ-структури-двійники мають генетичну природу і є наслідком принципу парності, що відображає фундаментальну топологічний властивість x - та y -орієнтованості первинних джерел поля.

3. Парні первинні джерела поля виконують функцію породжувальних структур по відношенню до Видів-двійників, генетичні коди яких мають відмінності тільки за ознакою магнітної орієнтованості активної поверхні.

4. Принцип парності і відповідні ряди джерел, визначають структуру підгруп в періодичній ГК.

5. Різноманітність двійникових породжують структур і відповідних їм Видів-двійників, однозначно можна визначити на основі аналізу ГК.

6. Відповідно до принципу збереження парності (дзеркальна симетрія), всю різноманітність ЕМ-структур можна представити двома рівними за потужністю підмножинами генетично споріднених структур з x - і y -орієнтованістю:

$$G_{xy} = G_x + G_y.$$

7. Принцип парності інваріантний до складності ЕМ-структури, її еволюції і функціонального призначення. Тому об'єкти-двійники можуть не виявлятися на рівні деяких функціональних класів ЕМ-об'єктів або в межах певних часових епох в їх функціональній еволюції.

8. В межах довільної підгрупи ГК, множина ЕМ-структур-двійників представлена відповідними гомологічними рядами, склад яких визначено джерелами поля тільки однієї орієнтованості.

9. В структурі універсального генетичного коду принцип парності представлений спільністю першої і другої складових генетичної інформації і відмінністю в третій складовій (x або y).

10. В періодичній структурі ГК принцип парності представлений наявністю двох топологічних просторів (підгруп x - і y -орієнтованих джерел) в межах довільної групи первинних джерел поля.

11. Принцип парності поширений як на структури базового рівня, так і на рівень джерел-ізополюсів. Він інваріантний до складності ЕМ-об'єктів і їх функціонального призначення.

12. В межах довільної підгрупи ГК множина ЕМ-структур-двійників утворює відповідні гомологічні ряди структур, склад яких визначено джерелами поля відповідної орієнтованості.

2.3 Синтез генетичної програми двообмоткових електромеханічних дезінтеграторів двійникових Видів

Сформулюємо цільову функцію пошуку $F_{\mathcal{U}_{ЕМД}}$, для якої характерні суттєві ознаки класу ЕМД багатofакторної дії:

- наявність двох індукторів електромагнітного поля з спільним повітряним проміжком (двообмоткові ЕМД);
- інверсія електромагнітних хвиль поля на протилежних активних поверхнях індукторів (f_2);
- зсув фазних зон інверсних полів на кут $\alpha = \frac{\pi}{3}$ у межах кожного полюсного поділу (f_3);
- дискретна структура рухомих феромагнітних часток (робочих тіл) в міжіндукторному просторі (f_4);

Необхідно врахувати деякі обмеження (див. п. 2.3)

Отже, цільова функція ЕМД матиме вигляд:

$$F_{\mathcal{U}_{ЕМД}} = (f_1; f_2; f_3; f_4). \quad (2.1)$$

Під областю існування Q_F породжувальних структур для досліджуваного класу ЕМД багатofакторної дії будемо розуміти упорядковану сукупність парних електромагнітних хромосом, генетична інформація яких задовольняє цільовій функції пошуку $F_{\mathcal{U}}$:

$$Q_F = (x_1, x_2, \dots, x_n) \subset S_0, \quad (2.2)$$

де n – кількість парних електромагнітних хромосом в структурі геному; S_0

– множина батьківських хромосом (первинних джерел поля) в структурі ГК.

З виразу (2.2) видно, що шукану область Q_F можна розглядати як підобласть на елементному базисі періодичної структури ГК. Коректність розв'язання поставленої задачі забезпечується введенням обмежень $L=f(p)$ на

область пошуку. Для досліджуваного класу ЕМД багатofакторної дії такими обмеженнями є наступні:

- пошук здійснюється на елементному базисі першого великого періоду Генетичної класифікації (p_1);
- не враховуються джерела-ізопопи (p_2);
- не враховуються структури ЕМД більш високих рівнів складності (гібридних, суміщених з компонентами іншої генетичної природи, тощо), так як їх синтез і аналіз становить самостійну задачу(p_3).

$$L=(p_1; p_2; p_3;) \quad (2.3)$$

З врахуванням заданої F_{II} (2.1) і накладених обмежень (2.3) шукана область існування Q_F буде визначатися наступною кінцевою множиною породжувальних структур (інформація представлена в генетичних кодах в межах відповідних груп електромагнітної симетрії: 0.0, 0.2, 2.0 та 2.2):

$$Q_F = \left\{ \begin{array}{l} ЦЛ0.0x, КН0.0x, ПЛ0.0x, ТП0.0x, СФ0.0x, ТЦ0.0x, \\ ЦЛ0.0y, КН0.0y, ПЛ0.0y, ТП0.0y, СФ0.0y, ТЦ0.0y, \\ ЦЛ0.2y, КН0.2y, ПЛ0.2y, ТП0.2y, СФ0.2y, ТЦ0.2y, \\ ЦЛ2.0x, КН2.0x, ПЛ2.0x, ТП2.0x, СФ2.0x, ТЦ2.0x, \\ ЦЛ2.2x, КН2.2x, ТП2.2x, ПЛ2.2x, ТЦ2.2x, СФ2.2x, \\ ЦЛ2.2y, КН2.2y, ПЛ2.2y, ТП2.2y, СФ2.2y, ТЦ2.2y. \end{array} \right\} \quad (2.4)$$

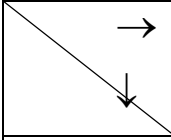
Таким чином, область існування породжувальних структур двохобмоткових ЕМД багатofакторної дії Q_F у виразі (2.4) однозначно визначається 36 базовими Видами.

Слід зазначити, що за принципом парності кожен Вид має свого двійника. Так, наприклад, в ЦЛ 0.0 x – ЦЛ 0.0 y, в ЦЛ 0.2y – ЦЛ 2.0x і т.д.

На основі визначеної області існування синтезуємо генетичну програму базових видів ЕМД. Отже, наявність інформації щодо відомих структур, дозволила побудувати повну генетичну програму, яка містить генетичні коди відомих породжувальних структур ЕМПЕ. Систематизована структура бази даних в координатах значень ГК визначає генофонд видового складу класу ЕМД багатofакторної дії. Наявність безпосереднього зв'язку генетичної інформації з

геометричними та електромагнітними ознаками ЕМ-структури, дозволяє здійснити однозначний перехід від кодової форми подання інформації до графічної, тобто здійснити візуалізацію просторових структур.

Таблиця 2.2 – Генетична програма базових Видів двообмоткових ЕМД багатофакторної дії двійникових Видів

	ЦЛ	КН	ПЛ	ТП	СФ	ТЦ
0.0	ЦЛ 0.0 х	КН 0.0 х	ПЛ 0.0 х	ТП 0.0 х	СФ 0.0 х	ТЦ 0.0 х
	ЦЛ 0.0 у	КН 0.0 у	ПЛ 0.0 у	ТП 0.0 у	СФ 0.0 у	ТЦ 0.0 у
0.2	<u>ЦЛ 0.2 у</u>	КН 0.2 у	ПЛ 0.2 у	<u>ТП 0.2 у</u>	СФ 0.2 у	ТЦ 0.2 у
2.0	ЦЛ 2.0 х	КН 2.0 х	<u>ПЛ 2.0 х</u>	<u>ТП 2.0 х</u>	<u>СФ 2.0 х</u>	ТЦ 2.0 х
2.2	ЦЛ 2.2 х	КН 2.2 х	<u>ПЛ 2.2 х</u>	ТП 2.2 х	СФ 2.2 х	ТЦ 2.2 х
2.2	ЦЛ 2.2 у	КН 2.2 у	<u>ПЛ 2.2 у</u>	ТП 2.2 у	СФ 2.2 у	ТЦ 2.2 у

В табл. 2.3 позначено: 0.0, 0.2, 2.0, 2.2 – генетичні коди груп, в межах яких містяться гомологічні структури ЕМПЕ; ЦЛ, КН, ПЛ, ТП, СФ, ТЦ – відповідні геометричні класи структур з активною зоною циліндричної, конічної, плоскої, тороїдної плоскої, сферичної, тороїдної циліндричної форм; напівжирним підкресленим шрифтом – структури відомих базових Видів, сірим кольором – структури розроблені на кафедрі Електромеханіки НТУУ «КПІ».

2.4 Системний аналіз синтезованої генетичної програми двообмоткових електромеханічних дезінтеграторів двійникових Видів

На основі генетичної програми (табл. 2.2) побудуємо генетичний банк даних.

Таблиця 2.3 – Генетичний банк даних видової різноманітності
двохобмоткових ЕМД багатобмоткової дії двійникових Видів

Група	Під-група	Рід					
		Цилін-дричні	Плоскі	Конічні	Тороїдні плоских	сферичні	Тороїдні циліндричні
0.0	у	2ЦЛ 0.0у	2ПЛ 0.0у	2КН 0.0у	2ТП 0.0у	2СФ 0.0у	2ТЦ 0.0у
	х	2ЦЛ 0.0х	2ПЛ 0.0х	2КН 0.0х	2ТП 0.0х	2СФ 0.0х	2ТЦ 0.0х
0.2	у	2ЦЛ 0.2у	2ПЛ 0.2у	2КН 0.2у	<u>2ТП 0.2у</u>	2СФ 0.2у	2ТЦ 0.2у
2.0	х	<u>2ЦЛ 2.0х</u>	<u>2ПЛ 2.0х</u>	<u>2КН 2.0х</u>	<u>2ТП 2.0х</u>	<u>2СФ 2.0х</u>	<u>2ТЦ 2.0х</u>
2.2	у	2ЦЛ 2.2у	<u>2ПЛ 2.2у</u>	2КН 2.2у	2ТП 2.2у	2СФ 2.2у	2ТЦ 2.2у
	х	2ЦЛ 2.2х	<u>2ПЛ 2.2х</u>	2КН 2.2х	2ТП 2.2х	2СФ 2.2х	2ТЦ 2.2х
Кількість Видів в межах відповідного Роду		6 Видів (16,7%)	6 Видів (16,7%)	6 Видів (16,7%)	6 Видів (16,7%)	6 Видів (16,7%)	6 Видів (16,7%)
Кількість Видів в межах функціонального класу		36 Видів (100 %)					
Інноваційний потенціал		36-7=29 (80,5%)					
Інноваційний потенціал разом з розробками кафедри		29-3=26 (72,2%)					

Подальший системний аналіз генетичної програми функціонального класу багатобмоткових ЕМД багатобмоткової дії дозволяє узагальнити наступні його властивості:

1. Елементний базис досліджуваного класу визначається 36 парними хромосомами, що допускають інверсію електромагнітних хвиль поля на протилежних активних поверхнях індукторів;
2. Генетично допустима різноманітність видів обмежена 6 Видами дезінтеграторів циліндричного виконання, плоскої, конічної,

тороїдноплоскої, сферичної та тороїдноциліндричної просторової форми по кожному роду;

3. Видовий склад досліджуваного класу представлений 36 Видами базового рівня:

$$N_{S0} = (\text{ПЛ } 0.0y; \text{ЦЛ } 0.0y; \text{КН } 0.0y; \text{ТП } 0.0y; \text{СФ } 0.0y; \text{ТЦ } 0.0y; \\ \text{ЦЛ } 0.0x; \text{ПЛ } 0.0x; \text{КН } 0.0x; \text{ТП } 0.0x; \text{СФ } 0.0x; \text{ТЦ } 0.0x; \\ \text{ПЛ } 0.2y; \text{ЦЛ } 0.2y; \text{КН } 0.2y; \text{ТП } 0.2y; \text{СФ } 0.2y; \text{ТЦ } 0.2y; \\ \text{ЦЛ } 2.0x; \text{ПЛ } 2.0x; \text{КН } 2.0x; \text{ТП } 2.0x; \text{СФ } 2.0x; \text{ТЦ } 2.0x; \quad (2.5) \\ \text{ПЛ } 2.2y; \text{ЦЛ } 2.2y; \text{КН } 2.2y; \text{ТП } 2.2y; \text{СФ } 2.2y; \text{ТЦ } 2.2y; \\ \text{ЦЛ } 2.2x; \text{ПЛ } 2.2x; \text{КН } 2.2x; \text{ТП } 2.2x; \text{СФ } 2.2x; \text{ТЦ } 2.2x;)$$

4. Виходячи з аналізу групових властивостей, досліджуваний клас ЕМД визначається наступними 6 гомологічними рядами:

$$N_H = (H_{00y}, H_{00x}, H_{02y}, H_{20x}, H_{22y}, H_{22x}), \quad (2.6)$$

$$\text{де: } H_{00y} = (\text{ПЛ } 0.0y; \text{ЦЛ } 0.0y; \text{КН } 0.0y; \text{ТП } 0.0y; \text{СФ } 0.0y; \text{ТЦ } 0.0y); \quad (2.7)$$

$$H_{00x} = (\text{ЦЛ } 0.0x; \text{ПЛ } 0.0x; \text{КН } 0.0x; \text{ТП } 0.0x; \text{СФ } 0.0x; \text{ТЦ } 0.0x); \quad (2.8)$$

$$H_{02y} = (\text{ПЛ } 0.2y; \text{ЦЛ } 0.2y; \text{КН } 0.2y; \text{ТП } 0.2y; \text{СФ } 0.2y; \text{ТЦ } 0.2y); \quad (2.9)$$

$$H_{20x} = (\text{ЦЛ } 2.0x; \text{ПЛ } 2.0x; \text{КН } 2.0x; \text{ТП } 2.0x; \text{СФ } 2.0x; \text{ТЦ } 2.0x); \quad (2.10)$$

$$H_{22y} = (\text{ПЛ } 2.2y; \text{ЦЛ } 2.2y; \text{КН } 2.2y; \text{ТП } 2.2y; \text{СФ } 2.2y; \text{ТЦ } 2.2y); \quad (2.11)$$

$$H_{22x} = (\text{ЦЛ } 2.2x; \text{ПЛ } 2.2x; \text{КН } 2.2x; \text{ТП } 2.2x; \text{СФ } 2.2x; \text{ТЦ } 2.2x); \quad (2.12)$$

5. За електромагнітними властивостями Видова різноманітність класу містить наступні 4 підкласи ЕМД, що відрізняються структурою і електромагнітною симетрією m -фазних обмоток:

$$N_{EM} = (S_{00}; S_{02}; S_{20}; S_{22}), \quad (2.13)$$

$$\text{де: } S_{00} = (\text{ПЛ } 0.0y; \text{ЦЛ } 0.0y; \text{КН } 0.0y; \text{ТП } 0.0y; \text{СФ } 0.0y; \text{ТЦ } 0.0y;$$

$$\text{ЦЛ } 0.0x; \text{ПЛ } 0.0x; \text{КН } 0.0x; \text{ТП } 0.0x; \text{СФ } 0.0x; \text{ТЦ } 0.0x); \quad (2.14)$$

$$S_{02} = (\text{ПЛ } 0.2y; \text{ЦЛ } 0.2y; \text{КН } 0.2y; \text{ТП } 0.2y; \text{СФ } 0.2y; \text{ТЦ } 0.2y); \quad (2.15)$$

$$S_{20} = (\text{ЦЛ } 2.0x; \text{ПЛ } 2.0x; \text{КН } 2.0x; \text{ТП } 2.0x; \text{СФ } 2.0x; \text{ТЦ } 2.0x); \quad (2.16)$$

$$S_{22} = (\text{ПЛ } 2.2y; \text{ЦЛ } 2.2y; \text{КН } 2.2y; \text{ТП } 2.2y; \text{СФ } 2.2y; \text{ТЦ } 2.2y;$$

$$\text{ЦЛ 2.2х; ПЛ2.2х; КН 2.2х; ТП 2.2х; СФ 2.2х; ТЦ 2.2х)} \quad (2.17)$$

Як видно з порівняльного аналізу, групи Видів, що представлені виразами (2.9) і (2.15), а також (2.10) і (2.16) являються тотожними, що пояснюється ідентичністю електромагнітних і топологічних властивостей елементів (хромосом), що входять до груп 0.2 і 2.0 та відповідних підгруп 0.2у та 2.0х в періодичній структурі ГК.

Кожному з підкласів (2.14 – 2.17) на об'єктному рівні ставляться у відповідність конкретні топологічні класи m -фазних обмоток:

- електромагнітно симетричних, кільцевого типу (S_{00});
- електромагнітно симетричних за поздовжнім напрямом і асиметричних за поперечним, поверхневого типу (S_{02});
- електромагнітно симетричних за поперечним напрямом і асиметричних за поздовжнім, кільцевого типу (S_{02});
- електромагнітно асиметричних, поверхневого типу (S_{22}).

Таким чином, важливим аспектом роботи було здійснення аналізу генетичної природи та принципів структуроутворення ЕМД Видів-двійників, в основі якого лежить принцип парності, здійснення синтезу генетичної програми двообмоткових ЕМД двійникових Видів.

Результати синтезу узагальнені у вигляді побудованого генетичного банку даних (ГБД), який є системною основою для розробки оригінальних технічних рішень ЕМД багатофакторної дії. Цей генетичний банк даних слугуватиме базою для подальшого розвитку та впровадження інноваційних технічних рішень у галузі електромеханічних дезінтеграторів, забезпечуючи їхню ефективність та конкурентоспроможність.

3 ЕВОЛЮЦІЙНІ ЕКСПЕРИМЕНТИ ТА ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ

3.1 Еволюційні експерименти

Достовірність результатів генетичного аналізу і синтезу двійникових структур було перевірено постановкою еволюційних експериментів [8].

Постановка і вирішення задач передбачення і відкриття нових Видів ЕМПЕ здійснюємо на основі використання генетичних моделей макроеволюції досліджуваних функціональних класів (рис. 3.1, 3.2). Такі моделі відображають взаємозв'язок елементного базису ГК з Видовою різноманітністю як існуючих (події на еволюційній спіралі), так і ще відсутніх Видів в межах досліджуваного функціонального класу ЕМПЕ.

Одним з результатів практичної реалізації технології структурного передбачення на макрорівні стали нові структурні класи електромеханічних дезінтеграторів (ЕМД). ЕМД відносяться до класу високоефективних електромеханічних перетворювачів безпосереднього технологічного дії. Відкриття та створення промислових зразків нового обладнання здійснене на основі використання технології структурного передбачення.

Структурна еволюція розглянутого класу пристроїв вперше здійснена цілеспрямовано, відповідно до обраної цільової функцією на основі використання створеного генетичного банку інновацій. Порівняння двох еволюційних сценаріїв – природної еволюції Видів сімейства асинхронних машин і спрямованої еволюції підродини ЕМД, наочно ілюструє переваги генетичного підходу, що гарантує повноту інформації і забезпечує істотну економію часових та матеріальних ресурсів (рис. 3.2). Якщо середній час на відкриття нових Видів асинхронних машин становить 0,135 подій на рік, то темпи спрямованої еволюції нового класу ЕМД оцінені 5,5 подіями на рік.

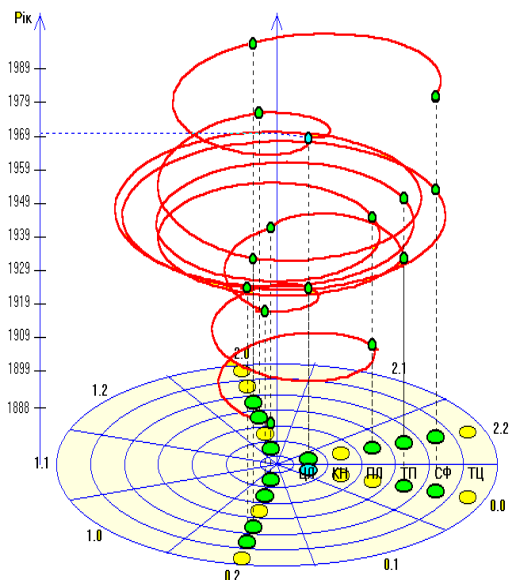


Рисунок 3.1 – Генетична модель природної макроеволюції асинхронних електричних машин ($T_E = 126$ років); кількість задіяних в еволюції Видів

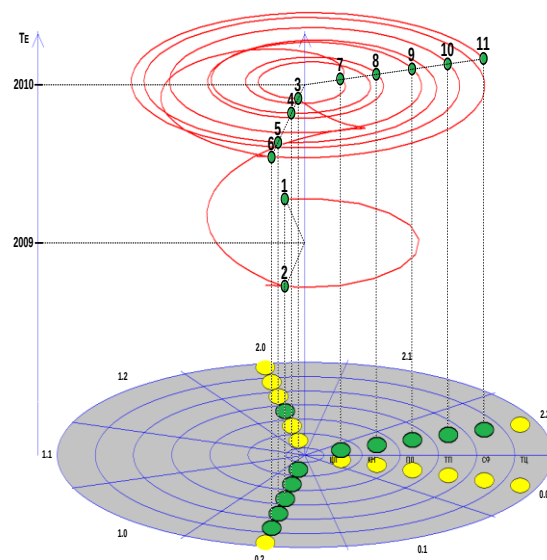


Рисунок 3.2 – Макроеволюційні траєкторії керованого процесу Видоутворення електромеханічних дезінтеграторів ($T_E = 2$ роки); кількість введених в еволюцію Видів $N_E = 11$ (27,5%)

Експерименти були проведені для функціонального класу ЕМД багатофакторної дії шляхом перевірки відповідності генетичної інформації виявлених об'єктів генетичним кодам джерел-двійників. На основі аналізу результатів експериментів встановлено, що переважна більшість генетично допустимих Видів-двійників ЕМПЕ належать до категорії неявних, структурні представники яких ще відсутні на даний час технічної еволюції та становлять інноваційний потенціал класу ЕМД.

Друга частина еволюційного експерименту полягала в інноваційному груповому синтезі і спрямованому введенні в еволюцію нових ЕМ-об'єктів-двійників ЕМД, виявлених за результатами їх генетичного передбачення.

Кінцева мета таких експериментів орієнтована на цілеспрямоване введення в еволюцію об'єктів і відкриття нових інформаційних Видів-двійників з числа неявних, виявлених за результатами розшифровки генетичних програм.

Для забезпечення чистоти експерименту область синтезу була штучно обмежена двома гомологічними рядами ЕМД Видів-двійників (H_{02y} та H_{20x}).

За результатами визначення та розшифровки генетичної програми двообмоткових ЕМД двійникових Видів було синтезовано і запатентовано (авторським колективом кафедри електромеханіки КПІ ім. Ігоря Сікорського) 2 гомологічні ряди нових конструктивних рішень двообмоткових електромеханічних дезінтеграторів багатфакторної дії.

Таким чином, проведені експерименти підтвердили структурну еволюцію двійникових Видів, яка здійснена в межах функціонального класу ЕМД.

Результати теоретичних і експериментальних досліджень підтверджують генетичну природу двійникових структур в різноманітності об'єктів електромеханіки. Властивості, елементний склад і інформаційний базис досліджуваних класів об'єктів визначені системними принципами парності на рівні первинних елементів породжувальної системи. Практична значимість результатів досліджень визначена розробкою генетичних банків даних і каталогів, які упорядковують генетичну інформацію щодо допустимої різноманітності об'єктів-двійників. Такі інформаційні системи, доповнені інформацією про вже існуючі Види об'єктів, складають системну основу для постановки задач структурного передбачення, здійснення спрямованого синтезу нових ЕМ-структур, розробки інформаційного забезпечення систем автоматизованого проєктування (САПР) в межах відповідних функціональних класів ЕМ-об'єктів.

3.2 Практична реалізація досліджень

За результатами розшифрування генетичної програми двообмоткових ЕМД двійникових Видів було синтезовано гомологічні ряди 0.2 у та 2.0х нових конструктивних рішень двообмоткових електромеханічних дезінтеграторів багатфакторної дії Видів-двійників відповідно.

На рис. 3.3–3.8 показана візуалізація синтезованих гомологічних структур двообмоткових ЕМД інноваційного виконання ряду 0.2у, які виступають двійниками по відношенню до синтезованого ряду 2.0х (рис. 3.9).

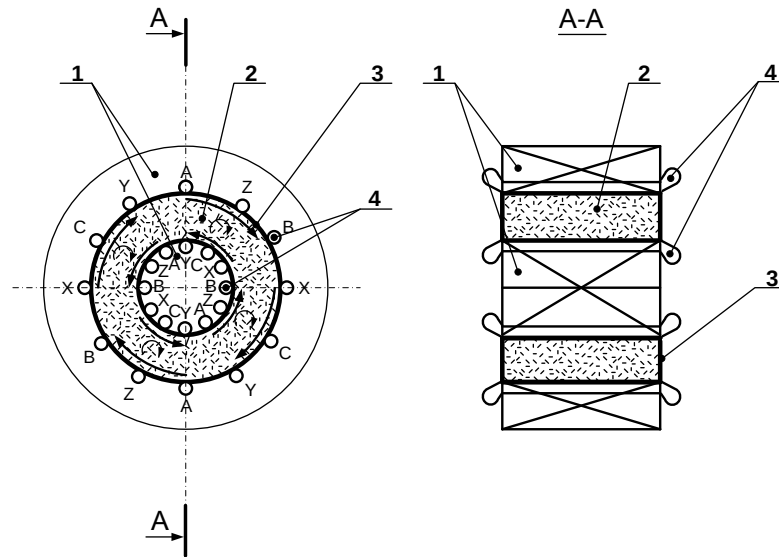


Рисунок 3.3 – Структура циліндричного ЕМД 2ЦЛ 0.2 у (представник Виду ЦЛ 0.2 у): 1 – індуктори біжучого поля; 2 – дискретні феромагнітні частинки; 3 – робоча камера; 4 – m -фазні розподілені обмотки.

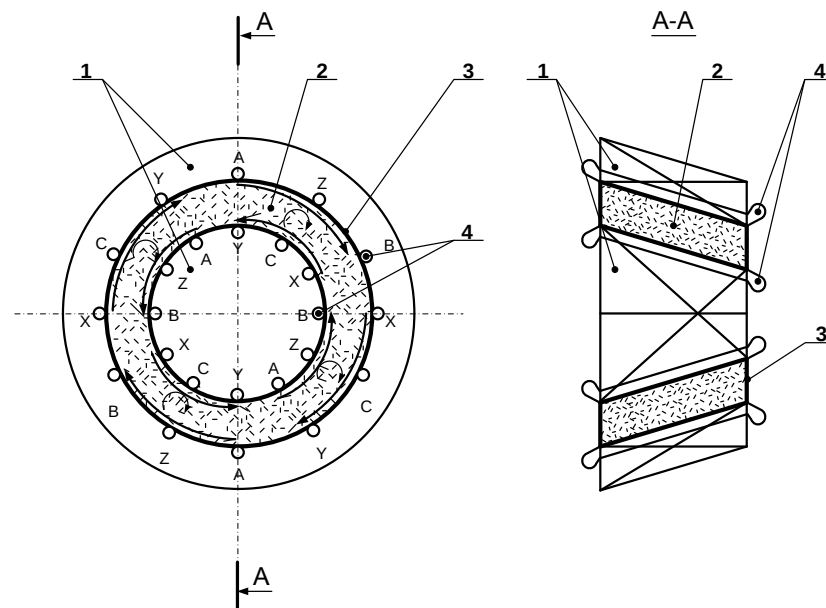


Рисунок 3.4 – Синтезована структура конічного ЕМД 2КН 0.2 у (представник Виду КН 0.2 у): 1 – індуктори біжучого поля; 2 – дискретні феромагнітні частинки; 3 – робоча камера; 4 – m -фазні розподілені обмотки.

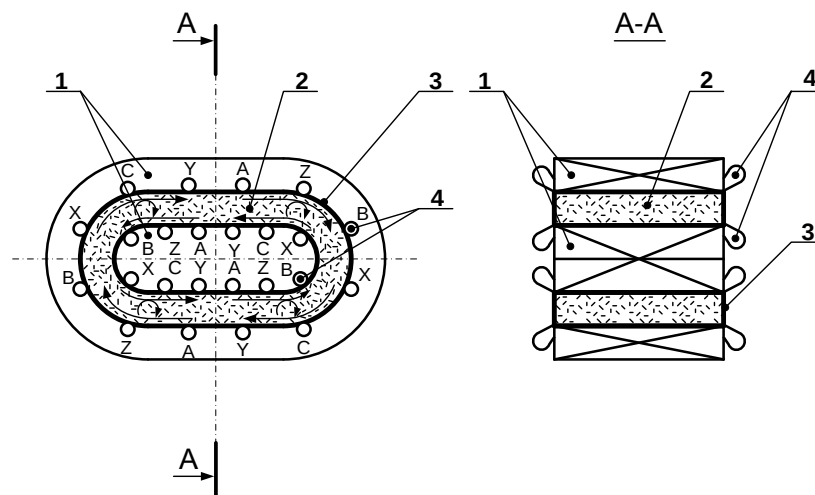


Рисунок 3.5 – Синтезована структура плоского ЕМД 2ПЛ 0.2 у (представник Виду ПЛ 0.2 у): 1 – індуктори біжучого поля; 2 – дискретні ферромагнітні частинки; 3 – робоча камера; 4 – m-фазні розподілені обмотки.

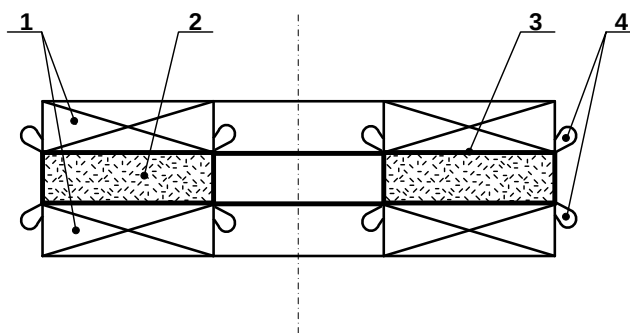


Рисунок 3.6 – Синтезована структура тороїдного плоского ЕМД 2ТП 0.2 у (представник Виду ТП 0.2 у): 1 – індуктори біжучого поля; 2 – дискретні ферромагнітні частинки; 3 – робоча камера; 4 – m-фазні розподілені обмотки.

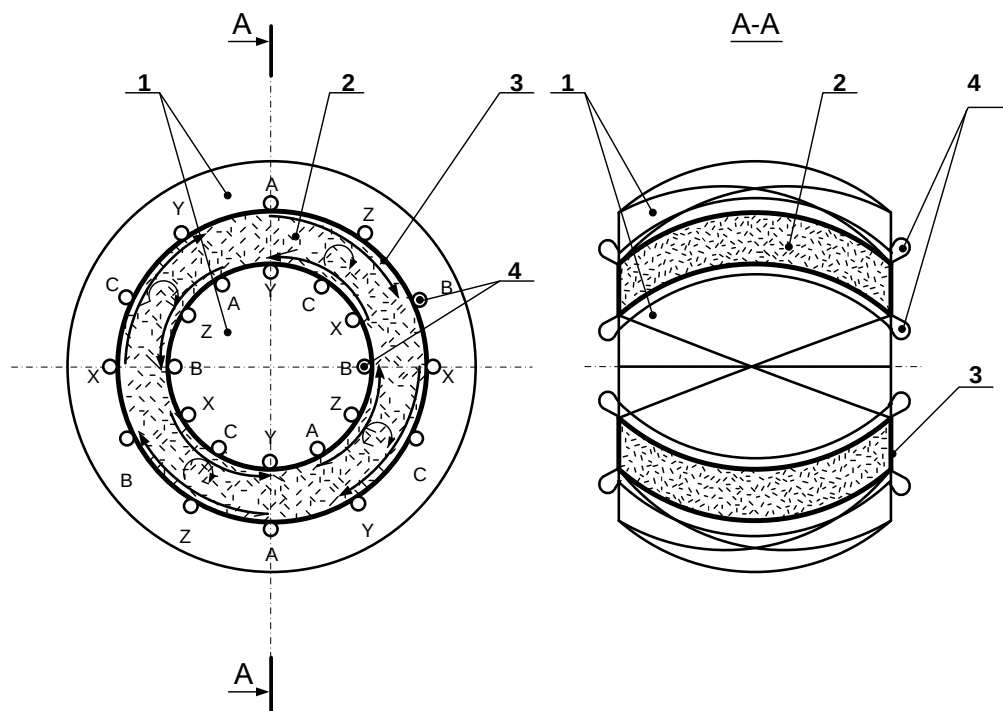


Рисунок 3.7 – Синтезована структура сферичного ЕМД 2СФ 0.2 у (представник Виду СФ 0.2 у): 1 – індуктори біжучого поля; 2 – дискретні феромагнітні частинки; 3 – робоча камера; 4 – m -фазні розподілені обмотки.

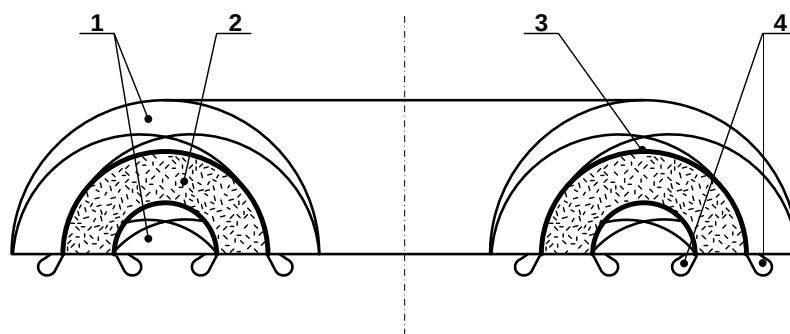


Рисунок 3.8 – Синтезована структура тороїдного ЕМД 2ТЦ 0.2 у (представник Виду ТЦ 0.2 у): 1 – індуктори біжучого поля; 2 – дискретні феромагнітні частинки; 3 – робоча камера; 4 – m -фазні розподілені обмотки.

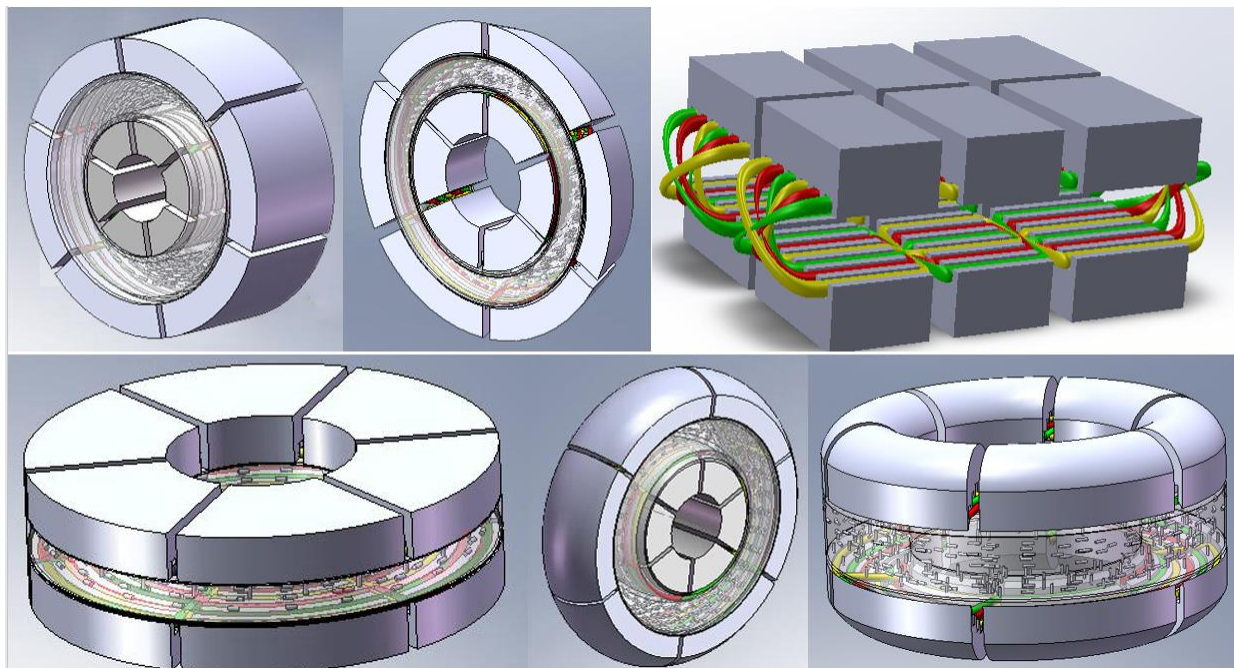


Рисунок 3.9 – Синтезовані конкурентоспроможні двообмоткові ЕМД ряду 2.0х

Результати синтезу узагальнені у вигляді побудованого генетичного банку даних (ГБД), який є системною основою для розробки оригінальних технічних рішень ЕМД багатофакторної дії.

Відкриття принципів парності в структурній організації ЕМПЕ ще раз доводить фундаментальність і достовірність елементно-інформаційного базису генетичної класифікації первинних джерел магнітного поля, і підтверджує її системотвірну роль в методології структурно-системних досліджень складних технічних систем з електромеханічними перетворювачами енергії.

За результатами структурного синтезу розроблені технічні рішення ЕМД двійникових Видів.

В основу технічного рішення поставлена задача зменшення витрат активних матеріалів і підвищення енергетичних показників електромеханічного пристрою, а також підвищення інтенсивності обробки матеріалів і її ефективності, шляхом заміни типу обмотки на концентричну і виконання магнітопроводів секціонованими, за рахунок відсутності лобових частин в багатофазних розподілених обмотках та наявності ефекту радіального зміщення вихрових зон обробки в межах суміжних елементарних магнітопроводів.

Поставлена мета досягається тим, що в електромеханічному пристрої для обробки матеріалів, що містить паралельно розташовані магнітопроводи з трифазними розподіленими обмотками, які створюють зустрічні біжучі електромагнітні поля, і робочу камеру з дискретними робочими тілами, розташовану в міжіндукторному проміжку, новим є те, що трифазна обмотка виконана концентричною з радіальним напрямом чергування фаз відносно осі симетрії магнітопроводів, причому магнітопроводи виконано секціонованими з кількістю елементарних магнітопроводів кратною kmN_r , а однойменні фази концентричної обмотки укладено на суміжних елементарних магнітопроводах зі зміщенням на одну зубцеву поділку, а кожна крайня фаза на зовнішньому діаметрі елементарного магнітопроводу електрично з'єднана з однойменною фазою на внутрішньому діаметрі суміжного елементарного магнітопроводу, при цьому локальні ділянки зміщення і з'єднання фаз виконано в радіальних проміжках між суміжними елементарними магнітопроводами.

Суть розробленого технічного рішення пояснюється кресленнями, де показано основні конструктивні вузли електромеханічного пристрою. На рис. 3.10, на прикладі індукторів тороїдної просторової форми, показано загальний вигляд основних вузлів електромеханічного пристрою; на рис. 3.11 подано поперечний переріз індукторної системи з секціонованими елементарними магнітопроводами; на рис. 3.12 зображено розгортку електричної схеми з'єднань і вказано порядок чергування фаз концентричної обмотки в межах елементарних магнітопроводів. На рис. 3.13, 3.14, 3.15 та 3.16 представлено можливі варіанти виконання просторової форми індукторної системи електромеханічного дезінтегратора з використанням запропонованого технічного рішення.

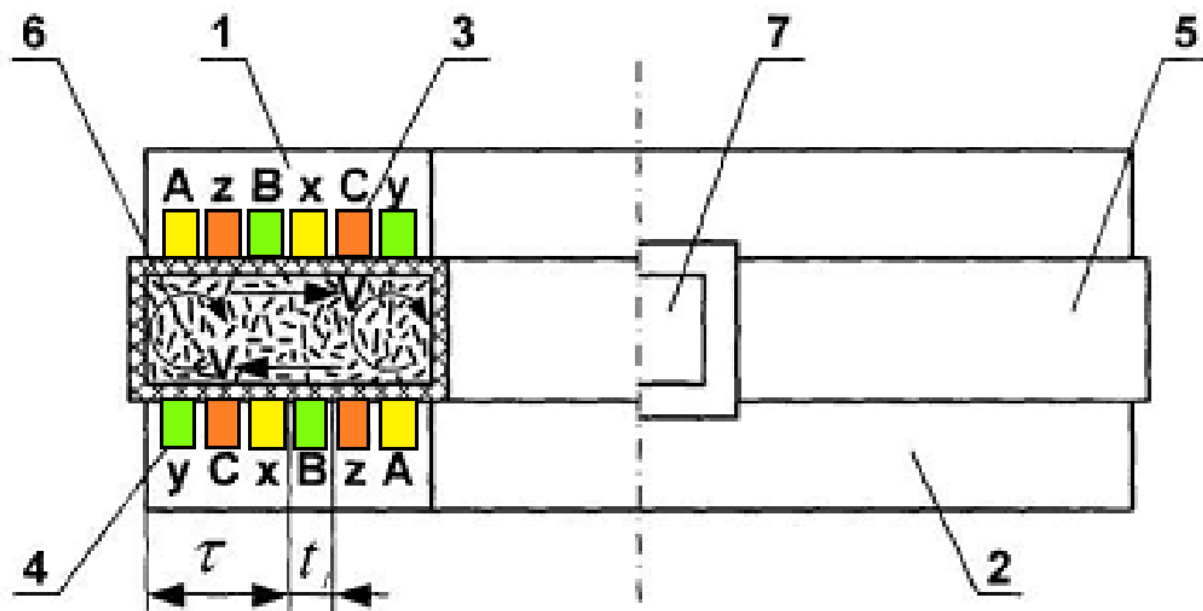


Рисунок 3.10 – Загальний вигляд основних вузлів електромеханічного пристрою двохобмоткового ЕМД Виду ТП 2.0 х

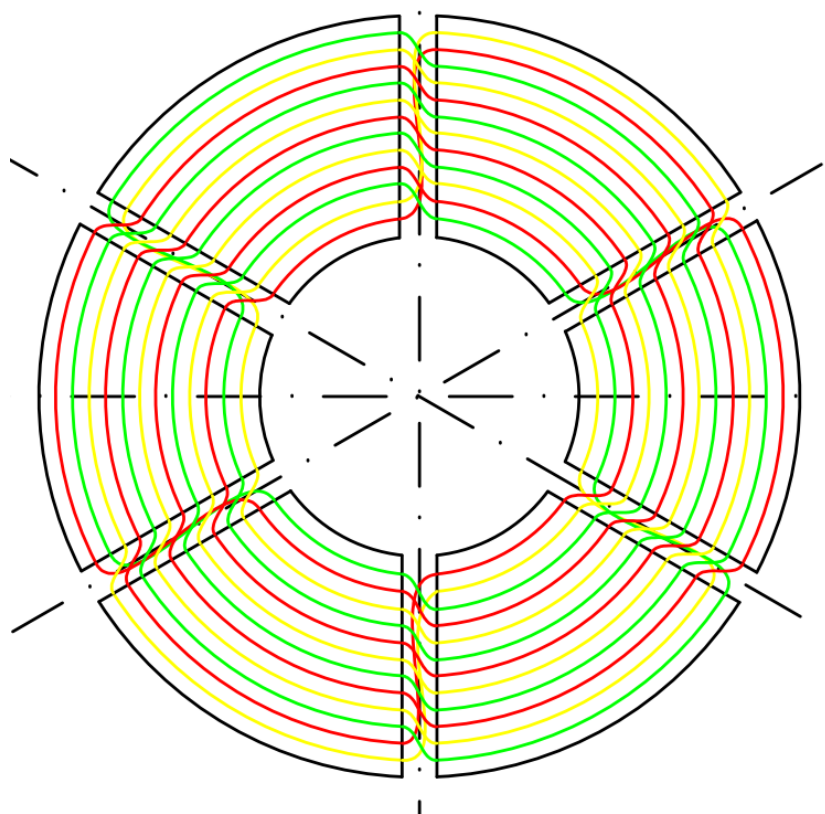


Рисунок 3.11 – Поперечний переріз індукторної системи

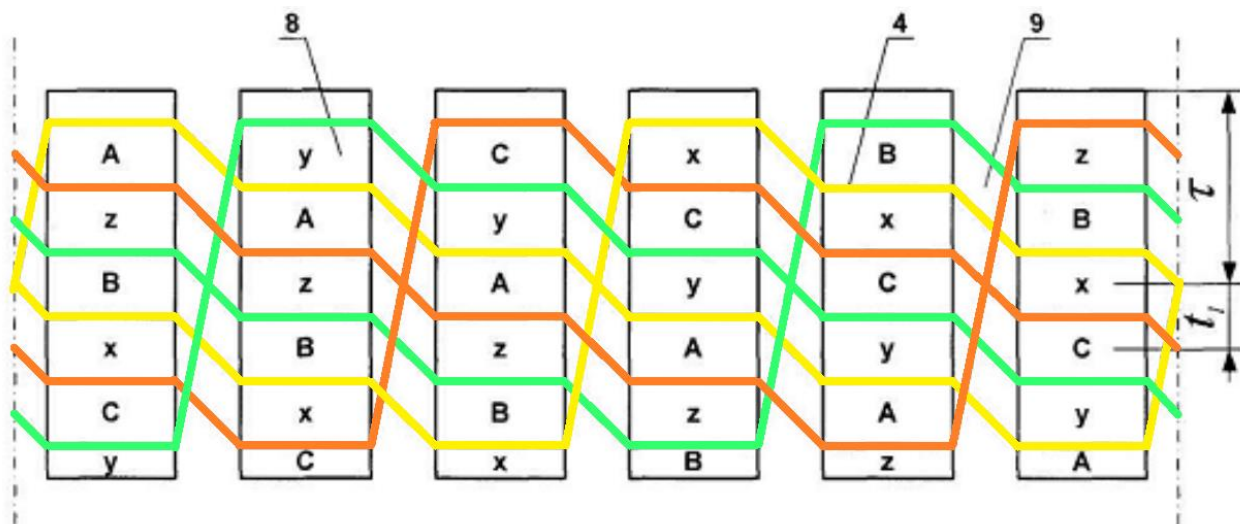


Рисунок 3.12 – Електрична схема з'єднань

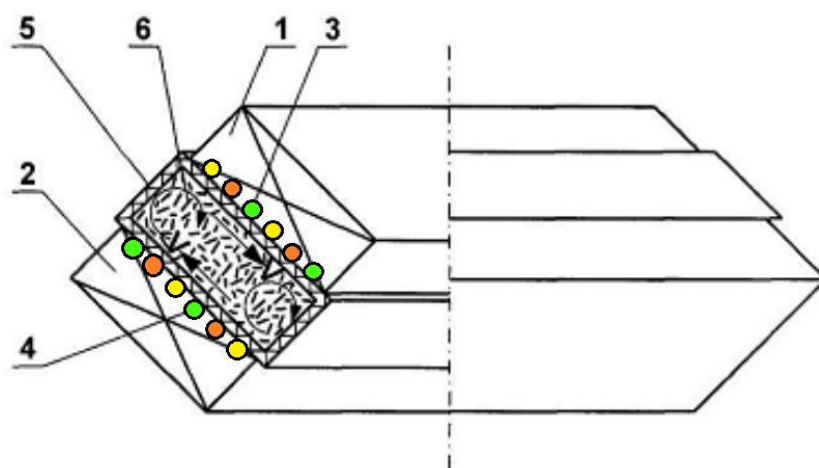


Рисунок 3.13 – Двохомотковий ЕМД Виду КН 2.0х

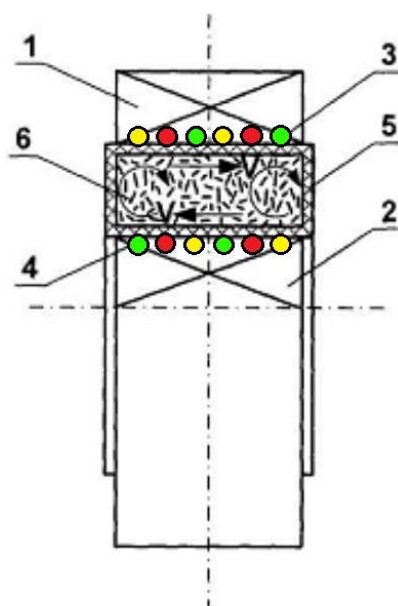


Рисунок 3.14 – Двохоботковий ЕМД Виду ЦЛ 2.0х

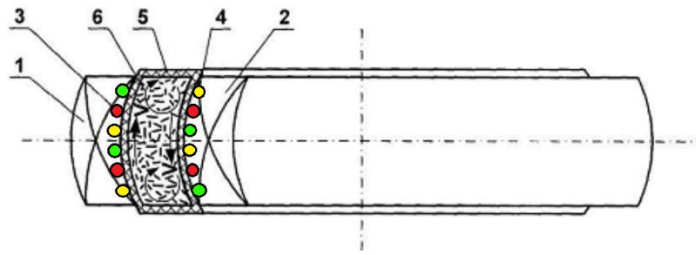


Рисунок 3.15 – Двохоботковий ЕМД Виду СФ 2.0х

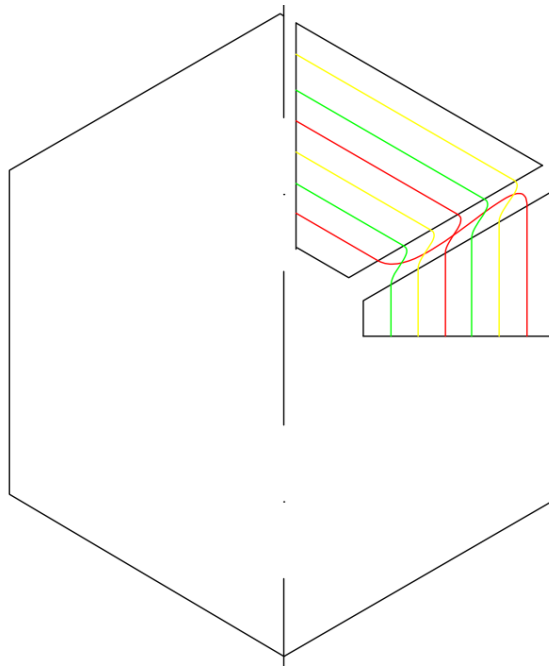


Рисунок 3.16 – Багатогранна форма ЕМП

Електромеханічний пристрій для обробки матеріалів містить верхній 1 і нижній 2 індуктори, які представляють собою магнітопровіди, в пазах яких укладено трифазні концентричні обмотки 3 і 4, що створюють на активних поверхнях індукторів 1 та 2 зустрічні біжучі поля V , орієнтовані за радіальним напрямом (рис. 3.10). В міжіндукторному проміжку розташована робоча камера 5, яка виготовляється з немагнітного зносостійкого матеріалу. В об'ємі робочої камери 5 знаходяться робочі тіла 6, функцію яких можуть виконувати дискретні феромагнітні частинки нерівновісної форми. Робоча камера 5 може мати один або декілька технологічних люків 7, призначених для завантажування

технологічної сировини та вилучення готової продукції. З метою отримання рівномірного розподілу індукції на активних поверхнях індукторів кожний з індукторів 1 та 2 може бути виконаний секціонованим (рис. 3.11). Кількість елементарних магнітопроводів 8 визначають за співвідношенням kmN_τ , де m – кількість фаз обмотки; N_τ – кількість полюсних поділів; $k = 1, 2, \dots$. Так, наприклад, для випадку $m = 3$, $N_\tau = 2$, якому відповідає індуктор, що візуалізований на фіг. 2, мінімальна кількість ($k = 1$) елементарних магнітопроводів 8 дорівнює 6. В секціонованому індукторі однойменні фази концентричної обмотки 4 укладено на суміжних елементарних магнітопроводах 8 зі зміщенням на одну зубцеву поділку t_1 . При цьому кожна крайня фаза на зовнішньому діаметрі елементарного магнітопроводу 8 електрично з'єднана з однойменною фазою на внутрішньому діаметрі суміжного елементарного магнітопроводу (рис. 3.11, 3.12). Зазначені заходи забезпечують рівність активних та індуктивних опорів фаз концентричної обмотки та симетризацію фазних струмів. Локальні ділянки зміщення та з'єднання крайніх фаз виконано в радіальних проміжках 9 між елементарними магнітопроводами 8.

Електромеханічний пристрій, в залежності від його призначення і конкретних умов реалізації технологічного процесу, може бути виготовлений також з конічною (рис. 3.13), циліндричною (рис. 3.14), сферичною (рис. 3.15) або багатогранною (рис. 3.16) просторовими формами активних поверхонь індукторів.

Пристрій працює наступним чином. При живленні концентричних обмоток 3 і 4 трифазним струмом на протилежних активних поверхнях індукторів виникають зустрічні біжучі електромагнітні поля V . Під дією зустрічних полів, за умови, що чергування фаз верхньої 3 і нижньої 4 обмоток в межах полюсного поділу τ задовольняє послідовності $A - z - B - x - C - y$ (рис. 3.10), в робочій камері 5 в межах кожного полюсного поділу τ виникає результуюче обертове поле (на рис. 3.10 напрям результуючого обертового поля показано круговою стрілкою), під дією якого відбувається інтенсивний вихровий рух робочих тіл 6, які здійснюють технологічну обробку речовин, що

знаходяться або транспортуються через робочу камеру 5. Радіальне зміщення однойменних фаз концентричної обмотки 4 в межах суміжних елементарних магнітопроводів 8 зумовлює відповідне зміщення результуючих обертових полів за радіальним напрямком, що сприяє інтенсифікації руху дискретних робочих тіл, що підвищує продуктивність пристрою.

Технічний результат полягає в:

- зменшенні витрат активних матеріалів при виготовленні обмоток;
- зменшенні електричних витрат потужності;
- підвищенні інтенсивності обробки матеріалів і її ефективності.

Таким чином, за результатами розшифрування генетичної програми двообмоткових ЕМД Видів-двійників було синтезовано гомологічні ряди 0.2у та 2.0х нових конструктивних рішень двообмоткових електромеханічних дезінтеграторів багатофакторної дії Видів-двійників. Достовірність результатів досліджень була підтверджена проведеними еволюційними експериментами.

Висновки

В дипломній роботі досліджено двообмоткові електромеханічні дезінтегратори багатфакторної дії двійникових Видів.

Основні результати досліджень і розробок можна узагальнити наступними положеннями:

- Здійснено аналіз досліджень, розробок і областей практичного застосування ЕМД в сучасних технологіях, який показав, що клас ЕМД багатфакторної дії є високоефективним та високопродуктивним електромеханічним обладнанням технологічного призначення, що підтверджується розробками ОКБ лінійних електродвигунів;

- За результатами патентно-інформаційного пошуку побудовані філогенетичні моделі функціональної еволюції плоских ЕМД домінуючого Виду ПЛ2.2х та Виду ПЛ2.2у, що є його двійником. Системний аналіз побудованих філогенетичних моделей показав, що найбільш прогресивні напрями еволюції домінуючого виду ЕМД пов'язані з підвищенням ефективності обробки середовища (35,29 %) та продуктивності (23,52 %). Ці напрями були враховані при здійсненні спрямованого синтезу конкурентоспроможних двообмоткових ЕМД з покращеними показниками якості;

- Здійснено аналіз генетичної природи та принципів структуроутворення ЕМД Видів-двійників. ЕМ-структури-двійники мають генетичну природу і є наслідком принципу парності, що відображає фундаментальну топологічний властивість х- та у-орієнтованості первинних джерел поля. Парні первинні джерела поля виконують функцію породжувальних структур по відношенню до Видів-двійників, генетичні коди яких мають відмінності тільки за ознакою магнітної орієнтованості активної поверхні;

- Визначено генетичну програму двообмоткових ЕМД Видів-двійників (визначається 36 Видами), за результатами аналізу якої побудовано генетичний банк даних видової різноманітності двообмоткових ЕМД (інноваційний потенціал якого складає 72 %), який є основою для синтезу та розробки конкурентоспроможних технічних рішень двообмоткових ЕМД Видів-двійників.

- Здійснено структурний синтез гомологічних рядів двообмоткових ЕМД двійникових Видів інноваційного виконання.

Список літератури

1. Шинкаренко В.Ф. Розробки ОКБ лінійних електродвигунів і їх місце в еволюції нових видів електротранспорту. – В зб. наук. праць «Дослідження з історії техніки». – К.: ІВЦ «Вид. «Політехніка», - 2003. - Вип. 3. – С. 8 – 31.

2. Шинкаренко, В. Ф. Генетична класифікація первинних джерел електромагнітного поля [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Августинович. – Електронні текстові дані (1 файл: 410 Кбайт). – Київ : НТУУ “КПІ”, 2006. – 3 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38620>

3. Шинкаренко, В. Ф. Моделювання електромеханічних систем [Електронний ресурс] : підручник для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні машини і апарати» / В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 10,7 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 253 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38793>

4. Шинкаренко В.Ф. Феномен близнецов и двойников в структурном разнообразии развивающихся технических систем / В.Ф. Шинкаренко. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу СТПК-2017» 12 – 17 вересня, м. Херсон. – Херсон: ХНТУ, 2017. – С. 16-20.

5. Шинкаренко В.Ф. Генетичне передбачення в стратегії інноваційного розвитку технічних галузей і технологій. – Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. «Прикладні науково-технічні дослідження», 5 - 7 квітня 2017р. - Івано-Франківськ, 2017. – С. 79-85.

6. Шинкаренко В.Ф. Ізотопія в структурній організації і еволюції електромеханічних перетворювачів енергії / В. Ф. Шинкаренко, И. А. Шведчикова, В. В. Котлярова // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: "Електричні машини та електромеханічне перетворення енергії". – Х. : НТУ «ХПІ», 2018. – № 5 (1281). – С. 14-25.

7. Шинкаренко В.Ф., Кузнецов Ю.М. Междисциплинарный генетический подход в информационных технологиях проектирования сложных технических систем. - Зб. матеріалів III Міжнар. наук.-практ. конф. «Інформаційні технології та взаємодії. 8-10 листопада 2016 р.». – К.: КНУ ім. Т. Шевченка, 2016. – С. 241-242.

8. Shynkarenko V. Genetic Programs of Complex Evolutionary Systems (Part 1) / V. Shinkarenko, Y. Kuznietsov. 11th Anniversary International scientific Conference «Unitech'11», 18 – 19 November 2011. Gabrovo, Bulgaria. Vol. I. Pp. 33-43.

ДОДАТОК 1. ІНФОРМАЦІЙНА БАЗА ДАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ
ПАТЕНТНОГО ПОШУКУ ПО КЛАСУ ЕМД БАГАТОФАКТОРНОЇ ДІЇ

**Інформаційна база даних результатів патентного пошуку по класу
електромеханічних дезінтеграторів багатфакторної дії**

№ п/	Пріори-тет	№ а.св., автори	Назва	Цільова функція (F_ц)	Генети- чний код	Генетичні оператори синтезу
1	09. 1981	995221 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат	Підвищення продуктивності. Підвищення К.К.Д.	ПЛ 2.0 х	Реплікація (K _{p1} = 4) Інверсія ел.магнітна Мутація (f _{m2}) Реплікація (K _{p2} = N)
2	11. 1981	1023573 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат	Підвищення продуктивності	ПЛ 2.2 х	Реплікація (K _{p1} = 2) Інверсія ел.магнітна Мутація (f _{m2}) Реплікація (K _{p2} = N)
3	11. 1983	1103897 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат для обробки матеріалів	Підвищення продуктивності	ПЛ 2.2 х	Реплікація (K _{p1} = 5) Інверсія ел.магнітна Мутація (f _{m2}) Реплікація (K _{p2} = N)
4	07. 1984	1224918 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Індукційний апарат	Покращення енергетичних показників. Підвищення продуктивності	ТП 0.2 у	Реплікація (K _{p1} = 2) Інверсія ел.магнітна Мутація (f _{m2}) Реплікація (K _{p2} = N)
5	06. 1984	1264805 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат	Підвищення продуктивності	ПЛ 2.2 х	Реплікація (K _{p1} = 2) Інверсія ел.магнітна Мутація (f _{m2}) Реплікація (K _{p2} = N)
6	12. 1984	1266432 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат	Зниження масогабаритних показників	ПЛ 2.2. у	Реплікація (K _{p1} = 2)

						Інверсія ел.магнитная Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
7	11. 1985	1473666 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Пристрій для обробки матеріалів	Підвищення надійності	ТП 0.2 у	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
8	03. 1986	1396916 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат	Підвищення надійності і технологічності	ПЛ 2.2у	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
9	06. 1986	1421223 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат	Підвищення надійності і якості обробки продукту	ПЛ 2.2. у	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
10	06. 1986	1432866 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат	Підвищення продуктивності	ПЛ 2.2. у	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
11	10. 1986	1389832 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Індукційний апарат для обробки матеріалів	Підвищення К.К.Д. Підвищення продуктивності	ПЛ 2.2. х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
12	12. 1986	1447222 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Індукційний апарат	Підвищення продуктивності	ПЛ 2.2. у	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)

13	01. 1987	1457209 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Індукційний апарат	Підвищення продуктивності. Розширення експлуатаційних можливостей	ЦЛ 0.2. у	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
14	02. 1987	1449156 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Пристрій для обробки матеріалів	Розширення експлуатаційних можливостей	ПЛ 2.2. х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
15	07. 1987	1522521 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Електромагнітний пристрій для обробки матеріалів	Підвищення продуктивності	ПЛ ² 2.2. х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
16	07. 1987	1527733 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Пристрій для обробки матеріалів в магнітному полі	Підвищення продуктивності	ПЛ 2.2. х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
17	07. 1987	1496062 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Електромагнітний пристрій для обробки матеріалів в магнітному полі	Підвищення продуктивності	ТП 2.0 х СФ 2.0 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
18	08. 1987	1497827 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Пристрій для обробки речовини в магнітному полі	Підвищення енергетичних показників. Підвищення продуктивності	ПЛ 2.0 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Мутація (f_{m1}) Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
19	01. 1988	1529512 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Індукційний апарат	Спрощення конструкції. Покращення малогабаритних і енергетичних показників.	ПЛ 2.2. х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)

				Підвищення ефективності обробки середовища		
20	01. 1988	1578899 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Магнітний пристрій для обробки матеріалів	Розширення експлуатаційних можливостей	ТП 0.2. у	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
21	03. 1988	1533064 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Пристрій для обробки матеріалів в магнітному полі	Спрощення конструкції. Зниження енерговитрат	ТП 0.2. у	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
22	05. 1988	1587747 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Пристрій для обробки матеріалів в магнітному полі	Розширення експлуатаційних можливостей	ПЛ 2.2 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
23	11. 1988	1578900 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Електромагнітний пристрій для обробки матеріалів	Покращення енергетичних показників	ПЛ 2.2 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
24	04. 1989	1605336 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Індукційний апарат для обробки середовища	Підвищення ефективності обробки середовища	ПЛ 2.2 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m1}) Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
25	04. 1989	1601849 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат для обробки середовища	Підвищення ефективності обробки середовища	ПЛ 2.2 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m1}) Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)

26	04. 1989	1605335 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат для обробки середовища	Підвищення ефективності обробки середовища	ПЛ 2.0 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Кросинговер Реплікація ($K_{p2} = N$)
27	05. 1989	1713633 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Індукційний апарат для обробки середовища	Підвищення ефективності обробки середовища	ПЛ 2.2 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
28	05. 1989	1713634 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Індукційний апарат	Підвищення ефективності обробки середовища. Підвищення надійності	ПЛ 2.2 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
29	07. 1989	1785117 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Спосіб обробки матеріалів в магнітному полі	Розширення експлуатаційних можливостей	ТП 0.2 у	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
30	04. 1990	1702851 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат	Підвищення ефективності обробки середовища	ПЛ 2.2 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)
31	05. 1990	1790320 Шинкаренко В.Ф. та ін.	Лінійний індукційний апарат	Підвищення надійності	ПЛ 2.2 х	Реплікація ($K_{p1} = 2$) Інверсія ел.магнітна Мутація (f_{m2}) Реплікація ($K_{p2} = N$)