

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ПРАКТИКУМ

*Затверджено Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для студентів,
які навчаються за спеціальністю 141
«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
спеціалізацією «Електричні машини і апарати»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

УДК 621.313 Ш 62

Рецензенти: *Островець М. Я.*, д-р техн. наук, проф.

Відповідальний редактор *Чумак В. В.*, канд. техн. наук, доц.

Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 6 від 24.06.2023 р.) за поданням Вченої ради Факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 10 від 20.06.2022 р.). Реєстр. № 21/22-815

Електронне мережне навчальне видання

Шинкаренко Василь Федорович, д-р техн. наук, проф.

Шиманська Анна Анатоліївна, канд. техн. наук, доц.

Котлярова Вікторія Володимирівна, асистент

МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ ТА САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ

Моделювання електромеханічних систем. Навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студ. 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: 4,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 57 с.

Дисципліна «Моделювання електромеханічних систем» належить до дисциплін інноваційного циклу, тому організація практичної та самостійної роботи орієнтована на використання сучасних інноваційних технологій навчання, що має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які студенти одержують у процесі вивчення дисципліни. Мета практичних занять полягає у поглибленому засвоєнні теоретичного матеріалу та набутті практичних навичок самостійного розв'язання пошукових задач інноваційного спрямування з використанням системної методології генетичного аналізу, структурного передбачення і спрямованого синтезу нових структурних різновидів ЕМ за відомим об'єктом-прототипом або заданою функцією цілі. Самостійна робота студента є невід'ємною складовою освітнього процесу в технічному університеті дослідницького типу, яка передбачає виконання запланованих завдань студентом під методичним керівництвом викладача, але без його безпосередньої участі.

Видання призначене здобувачам вищої освіти першого (бакалаврського) рівня спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Електричні машини і апарати».

© В. Ф. Шинкаренко, А. А. Шиманська, В. В. Котлярова, 2022

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

ЗМІСТ

Список скорочень і умовних позначень	5
Передмова	6
1 Визначення початкового рівня системного і асоціативного мислення, просторової уяви і здібностей до синтезу і візуалізації просторових об'єктів	10
1.1 Основні положення.....	10
1.2 Приклади задач.....	11
1.3 Завдання для самостійної роботи.....	15
2 Розпізнавання генетичної інформації і ідентифікація генетичного коду за заданою структурою-прототипом електромеханічного об'єкту	16
2.1 Основні положення.....	16
2.2 Приклади задач.....	18
2.3 Завдання для самостійної роботи.....	21
3 Синтез структурних різновидів електричних машин за заданою генетичною інформацією (генетичним кодом)	22
1.1 Основні положення.....	22
1.2 Приклади задач.....	24
1.3 Завдання для самостійної роботи.....	24
4 Визначення області існування гомологічних рядів, геометричних і функціональних класів електричних машин	26
1.1 Основні положення.....	26
1.2 Приклади задач.....	27
1.3 Завдання для самостійної роботи.....	28
5 Побудова і аналіз моделей мікроеволюції	29
1.1 Основні положення.....	29
1.2 Приклади задач.....	31
1.3 Завдання для самостійної роботи.....	32
6 Розв'язання задач синтезу ЕМ-структур з використанням топологічних перетворень вихідної ЕМ-структури	33
1.1 Основні положення.....	33
1.2 Приклади задач.....	37
1.3 Завдання для самостійної роботи.....	37

7	Розв’язання задач синтезу гомологічних рядів ЕМ за заданою структурою-прототипом.....	38
1.1	Основні положення.....	38
1.2	Приклади задач.....	41
1.3	Завдання для самостійної роботи.....	42
8	Синтез генетичної структури ЕМ-об’єктів з використанням генетичних операторів синтезу.....	43
1.1	Основні положення.....	43
1.2	Приклади задач.....	48
1.3	Завдання для самостійної роботи.....	48
9	Розв’язання інноваційних задач з використанням генетичних та еволюційних моделей.....	49
1.1	Основні положення.....	49
1.2	Приклади задач.....	51
1.3	Завдання для самостійної роботи.....	51
10	Підготовка до модульної контрольної роботи.....	52
11	Підготовка до семестрового контролю.....	55
	Перелік інформаційних джерел.....	57

Список умовних скорочень

АГ	- асинхронний генератор;
АД	- асинхронний двигун;
АМ	- асинхронна машина;
ГК	- Генетична класифікація;
ДКР	- домашня контрольна робота;
ЕМ	- електрична машина;
ЕМ-об'єкт	- електромеханічний об'єкт;
ЕМПЕ	- електромеханічний перетворювач енергії;
ЕМ-система	- електромеханічна система;
ЗГР	- закон гомологічних рядів
ККД	- коефіцієнт корисної дії;
ПДП	- первинне джерело електромагнітного поля;
СГ	- синхронний генератор;
СД	- синхронний двигун;
СМ	- синхронна машина;
СРС	- самостійна робота студента;
ФК	- функціональний клас.

ПЕРЕДМОВА

Практичне заняття – вид навчального заняття, на якому студенти під керівництвом викладача шляхом виконання певних, відповідно сформульованих, завдань закріплюють теоретичні положення навчальної дисципліни і набувають вмінь та навичок їх практичного застосування. Аудиторні практичні заняття відіграють провідну роль у формуванні навичок та застосуванні набутих знань. Практичні заняття логічно продовжують роботу, розпочату на лекціях. Усі форми практичних занять призначені для відпрацювання практичних дій.

Практичне заняття включає проведення контролю знань, вмінь та навичок, постановку загальної проблеми (завдання) викладачем та її обговорення за участю студентів, розв'язання задач з їх обговоренням, вирішення контрольних завдань, їх перевіркою та оцінюванням.

Мета практичних занять полягає у поглибленому засвоєнні теоретичного матеріалу та набутті практичних навичок самостійного розв'язання пошукових задач інноваційного спрямування з використанням системної методології генетичного аналізу, структурного передбачення і спрямованого синтезу нових структурних різновидів ЕМ за відомим об'єктом - прототипом або заданою функцією цілі.

Практична робота над дисципліною передбачає наступні види роботи: опрацювання теоретичних основ прослуханого лекційного матеріалу; вивчення окремих тем або питань, що рекомендовані викладачем для самостійного опрацювання; поглиблене вивчення літератури на задану тему та самостійний пошук додаткової інформації; виконання індивідуального домашнього завдання; підготовку відповідей на контрольні запитання; систематизацію вивченого матеріалу перед іспитом; написання наукових доповідей, статей та підготовку матеріалів на творчі студентські конкурси за тематикою навчальної дисципліни; участь у підготовці навчально-методичних матеріалів з дисципліни (презентацій, відеоплакатів, відеолекцій тощо).

Дисципліна «Моделювання електромеханічних систем» входить до складу дисциплін інноваційного циклу, тому основна тематика практичних занять орієнтована на отримання практичного досвіду студентів стосовно засвоєння системної методології розв'язання складних пошукових задач з гарантованим інноваційним ефектом.

Творчі завдання і вправи орієнтовані на розпізнавання генетичної структури об'єкту, багатоваріантний синтез, візуалізацію, класифікацію і системний аналіз спорідненого класу структур, безпосередньо пов'язані з активізацією і використанням важливих творчих механізмів, притаманних правій півкулі мозку, на відміну від традиційних технологій навчання, коли переважно використовуються механізми розвитку логіки і аналітичного мислення, характерні для лівої півкулі мозку.

Особливістю такої системно-когнітивної технології навчання є те, що подання теоретичного матеріалу і тематика пошукових досліджень мають проблемну постановку, а кінцевий результат в значній мірі визначається творчими можливостями студента. Тому кожен студент обирає власну траєкторію розв'язання поставленої проблеми, використовуючи системну основу (періодичну генетичну класифікацію породжувальних структур [1]), методологію генетичного і еволюційного моделювання та алгоритми спрямованого синтезу, з обов'язковою активізацією і використанням важливих когнітивних механізмів – просторової уяви, системного мислення, асоціативної пам'яті і професійної інтуїції. Результати розв'язання задач подібного характеру, як правило, є принципово новими не тільки для самого студента, але і для викладача. Наявність глибоких загальносистемних аналогій в генетичних принципах структуроутворення і розвитку електромагнітних, хімічних, біологічних, математичних, лінгвістичних та інших систем [2], дозволяє здійснювати також постановку задач системних досліджень міждисциплінарного рівня, коли одну проблемну задачу досліджують студенти, наприклад, електромеханічного і біологічного профілю. До переваг такого

навчання слід віднести не тільки новизну постановки проблеми, засвоєння новітніх системних методів досліджень та інноваційну цінність їх кінцевих результатів, а, насамперед, той важливий психологічний аспект, коли студент вперше усвідомлює, що він є особистістю, «генератором ідей», експериментатором, систематиком, художником-графіком (конструктором), експертом і менеджером своїх ідей і гіпотез, і починає вірити у свої творчі можливості.

Структура, тематика і обсяги практичної роботи з навчальної дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» визначаються силабусом дисципліни та чинними методичними рекомендаціями.

Самостійна робота студента (СРС) є невід'ємною складовою освітнього процесу в технічному університеті дослідницького типу, яка передбачає виконання запланованих завдань студентом під методичним керівництвом викладача, але без його безпосередньої участі. СРС є основним засобом засвоєння ним навчального матеріалу в час, вільний від аудиторних занять.

Головною метою СРС є системне і послідовне засвоєння в повному обсязі навчальної програми та формування у студентів самостійності при здобутті і поглибленні знань, що сприятиме підвищенню конкурентоспроможності майбутніх фахівців на світовому ринку праці.

Відповідно до затвердженої освітньо-професійної програми кожен студент виконує курсову роботу, розділи якої відповідають тематиці практичних занять і сприяють кращому засвоєнню матеріалу, шляхом повторення теоретичних положень, отриманих на лекціях, та роз'язку індивідуальних завдань за методиками, розглянутими на практичних заняттях.

Курсова робота з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» має інноваційну спрямованість, оскільки її успішне виконання можливе лише за умови спільної реалізації творчого потенціалу студента і прогностичної функції системних і генетичних моделей структуроутворення, що забезпечує отримання студентом нових знань. Структура курсової роботи і траєкторія її виконання передбачає можливість ефективного використання ініціатив студента з

можливістю реалізації власних творчих ідей а також його освітніх та наукових інтересів.

Мета курсової роботи полягає в набутті практичного досвіду виконання самостійного системного дослідження і поглибленні знань на основі спільного використання творчого потенціалу студента і прогностичної функції генетичних моделей структуроутворення електромеханічних об'єктів та систем (ЕМ-систем) з гарантованим інноваційним ефектом. При виконанні слід використовувати раніше видані методичні матеріали [3] та чинні методичні рекомендації.

В структурно-логічній схемі програми підготовки зі спеціальності дисципліна «Моделювання електромеханічних систем» фактично є основною дисципліною, яка забезпечує майбутніх спеціалістів системними знаннями стосовно принципів і основних класів задач моделювання. Дисципліна «Моделювання електромеханічних систем» є базовою в циклі фахових дисциплін інноваційного спрямування, як для студентів, що навчаються за освітньо-професійною програмою першого (бакалаврського) рівня, так і для студентів, які навчаються за ОПІ та ОНП другого (магістерського) рівня.

Дисципліна «Моделювання електромеханічних систем» належить до дисциплін інноваційного циклу, тому організація індивідуальної та самостійної роботи орієнтована на використання сучасних інноваційних технологій навчання, що має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які студенти одержують у процесі вивчення дисципліни.

1 ВИЗНАЧЕННЯ ПОЧАТКОВОГО РІВНЯ СИСТЕМНОГО І АСОЦІАТИВНОГО МИСЛЕННЯ, ПРОСТОРОВОЇ УЯВИ І ЗДІБНОСТЕЙ ДО СИНТЕЗУ І ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ПРОСТОРОВИХ ОБ'ЄКТІВ

1.1 Основні положення

Когнітивні механізми (просторова уява, системне мислення, асоціативна пам'ять, професійна інтуїція) є надзвичайно важливими для майбутнього інженера. Задачі даного розділу спрямовані на визначення початкового рівня творчих можливостей кожного студента, що в значній мірі допоможе викладачеві намітити траєкторію їх подальшого розвитку.

Наявність глибоких загальносистемних аналогій в генетичних принципах структуроутворення і розвитку електромагнітних, хімічних, біологічних, математичних, лінгвістичних та інших систем [4], дозволяє використовувати в низці задач напрацювання з інших дисциплін, але переважна більшість сформульована таким чином, щоб студенти мали можливість використати і закріпити знання, набуті при вивченні попередніх спеціальних дисциплін.

Всі задачі цього розділу можна умовно розбити на три групи: 1) для визначення рівня системного мислення; 2) для визначення рівня просторової уяви; 3) для визначення рівня асоціативної пам'яті; 4) для визначення можливостей розпізнавання топологічних ознак об'єктів.

Рівень системного мислення визначається шляхом розв'язання задач, в яких вихідними даними є група об'єктів спільної генетичної природи, але наділених різними ознаками. При розв'язанні таких задач слід виявити якомога більшу кількість ознак, за якими можна класифікувати об'єкти заданої групи, звертаючи увагу на те, щоб кожна класифікаційна група містила не менше двох об'єктів.

Задачі для визначення рівня просторової уяви передбачають візуалізацію тривимірного об'єкта, який відповідає певним умовам (має певні властивості), а також передбачають повторення важливих мнематичних правил, які визначають відносне розташування у просторі векторних величин, що

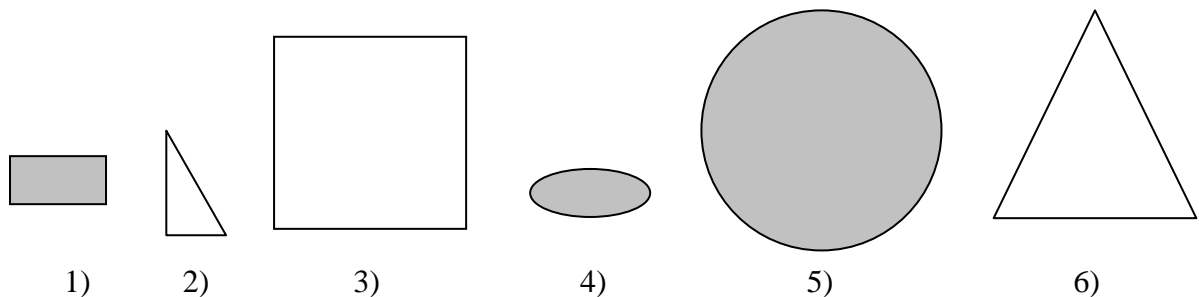
характеризують процес електромеханічного перетворення енергії (правило Ленца, правило свердлика, правила правої і лівої руки).

Визначення рівня асоціативної пам'яті здійснюється за допомогою задач, в яких задано графічні примітиви, за якими необхідно пригадати і відтворити елементи, вузли, деталі електротехнічних та електромеханічних об'єктів.

Задачі з розпізнавання топологічних ознак передбачають визначення груп топологічно-еквівалентних об'єктів з множини заданих.

1.2 Приклади задач

Задача 1-1 (задача М. М. Бонгарда¹). Для заданої сукупності геометричних фігур визначити можливі класифікаційні критерії та здійснити класифікацію (з зазначенням номерів відповідних фігур).



Задача 1-2. Для заданої сукупності електричних машин визначити можливі класифікаційні критерії та здійснити класифікацію (заповнити таблицю за зразком):

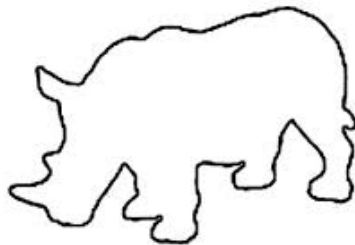
1. асинхронний двигун з короткозамкненим ротором загальнопромислового призначення;
2. високошвидкісний плоский лінійний синхронний двигун для поїзда на магнітному підвісі;
3. однофазний асинхронний двигун для привода активатора пральної машини;
4. тяговий двигун тролейбуса;
5. гідрогенератор Київської ГЕС.

№ п/п	Класифікаційний критерій	Групи об'єктів
1	За просторовою формою ЕМ: 1.1. – циліндричні 1.2. – плоскі	1,3,4,5 2
2		

Задача 1-3. Для заданої сукупності картинок визначити можливі класифікаційні критерії, здійснити класифікацію (з зазначенням номерів відповідних тварин) та розмістити всі картинки у таблиці, побудованій за двома класифікаційними критеріями.



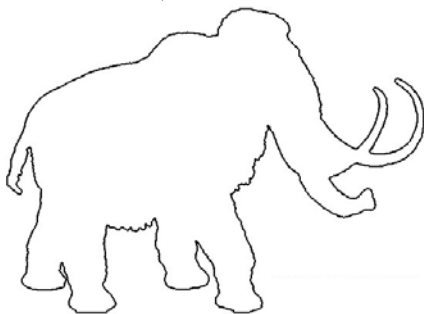
1)



2)



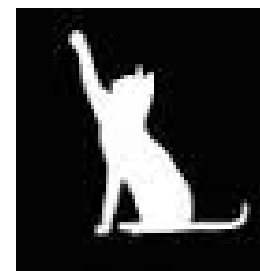
3)



4)



5)



6)



7)



8)



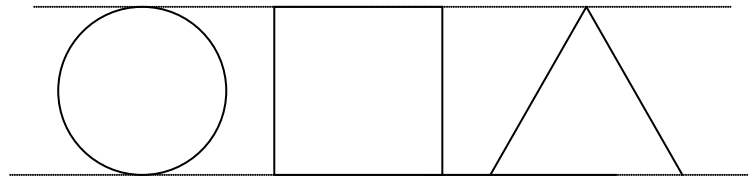
9)

Задача 1-4. Для заданої сукупності чисел визначити можливі класифікаційні критерії та здійснити класифікацію.

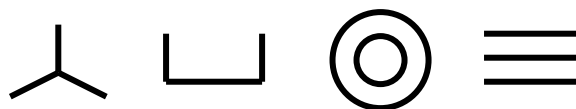
6, 5, 48, 61, 828, 563, $\frac{4}{5}$, $\frac{1}{2}$

Задача 1-5 (Задача Е. Р. Лейтвейта²). Яку тінь буде відкидати освітлений куб на вертикальну стіну, якщо вісь орієнтованого джерела світла збігається з головною діагоналлю куба і перпендикулярна до площини стіни?

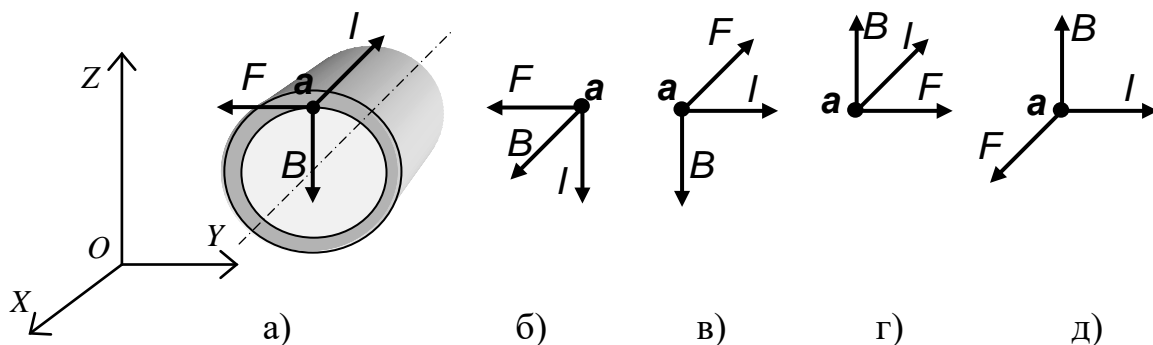
Задача 1-6 (Задача Дж. Пойа³). Запропонуйте “універсальну” пробку, яка щільно закриває три різні отвори: круглий, квадратний та трикутний. Візуалізуйте форму такої пробки.



Задача 1-7. З якими елементами, вузлами, деталями, ... електротехнічних та електромеханічних об'єктів асоціюються приведені графічні образи? Візуалізуйте ескізи цих об'єктів.



Задача 1-8. На рис. а) представлена модель оберտальної електричної машини (вісь обертання паралельна осі OX) і відповідна їй трійка векторів I , B , F . Ідентифікувати відповідні моделі компоновальних схем електричних машин (ЕМ), які задовольняють заданим варіантам (рис. б), в), г), д) просторової орієнтації трійки векторів, за умови, що: всі варіанти ЕМ мають вісь симетрії, яка паралельна координатній осі OX ; трійка векторів задана для верхньої точки a поверхні статора.



Задача 1-9 (Тест Дж. П. Гілфорда⁴). Зробіть перелік всіх можливих варіантів практичного використання асинхронної машини з фазним ротором.

Задача 1-10 (Задача Г. Сельє⁵). Для заданої сукупності об'єктів знайти та візуалізувати просторову закономірність (певну послідовність розташування об'єктів), яка упорядковує ці об'єкти між собою.

Задача 1-11. Для заданої сукупності електричних машин, моделі яких зображено на рисунках, знайти існуючі просторові закони (пошуком певної послідовності розташування об'єктів), які упорядковують і пов'язують ці машини між собою. Пошук необхідних варіантів розташування здійснювати з урахуванням заданої орієнтації об'єктів. Візуалізуйте і сформулюйте ці закони.

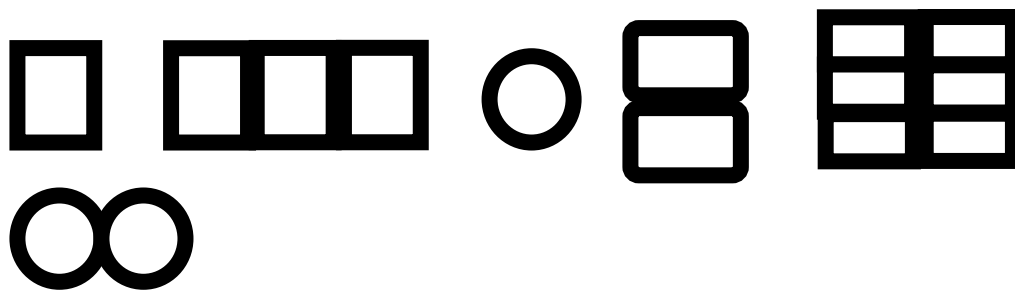
Задача 1-12. В межах заданого ряду натуральних чисел (0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9) визначити кількість і структуру груп з топологічно-еквівалентними цифровими символами.

1.3 Завдання для самостійної роботи

Задача 1-13. За заданими літерами латинського алфавіту (a, b, c, d, e, f, g, h, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z) визначити кількість і структуру груп з топологічно-еквівалентними символами літер.

Задача 1-14. За заданими графічними та математичними символами (\S , Ω , \rightarrow , Δ , ∞ , \subset , \int , Σ , \odot , θ , Φ , \bullet) визначити кількість і структуру груп з топологічно - еквівалентними символами.

Задача 1-15. За заданими графічними образами магнітних систем трансформаторів визначити топологічно-еквівалентні магнітопроводи.



Примітки:

¹ *Михайло Моїсейович Бонгард - видатний радянський кібернетик, один із засновників теорії розпізнавання образів, автор фундаментальних робіт в галузі розпізнавання кольорів, дослідник процесів сприйняття і адаптивної поведінки.*

² *Ерік Лейтвейт - професор електромашинобудування Лондонського науково-технічного коледжа, популяризатор науково обґрунтованого винахідництва; за винаходи в галузі лінійних електричних машин нагороджений золотою медаллю Королівської наукової спільноти (Англія).*

³ *Джордж Пойа - угорський, швейцарський і американський математик; автор розподілу Пойа (математична статистика) та теореми Пойа (комбінаторика).*

⁴ *Джой Пол Гілфорд - американський психолог, професор багатьох університетів; створив модель структури інтелекту людини.*

⁵ *Ганс Сельє - видатний канадський біолог і теоретик медицини, основоположник класичної теорії стресу.*

2 РОЗПІЗНАВАННЯ ГЕНЕТИЧНОЇ ІНФОРМАЦІЇ І ІДЕНТИФІКАЦІЯ ГЕНЕТИЧНОГО КОДУ ЗА ЗАДАНОЮ СТРУКТУРОЮ-ПРОТОТИПОМ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНОГО ОБ'ЄКТУ

2.1 Основні положення

Процедури розпізнавання генетичної інформації в електромагнітних і електромеханічних об'єктах відносяться до методології генетичного аналізу. Необхідність розв'язання задач такого типу виникає при ідентифікації універсальних генетичних кодів, визначення видової, таксономічної і функціональної приналежності електромеханічного об'єкта (ЕМ-об'єкта), при розв'язанні системних задач структурного передбачення та ін [5].

Основними задачами генетичного аналізу є ідентифікація генетичної (спадкової) інформації, яку містить задана структура електричної машини (ЕМ). Генетичний аналіз здійснюється з використанням інваріантних властивостей Генетичної класифікації ПДП.

В залежності від рівня структурної організації ЕМ-системи, задачі аналізу поділяються на задачі макро- та мікрогенетичного рівнів. Теоретичну основу макрогенетичного аналізу складають методи геномно-еволюційної відповідності, що визначають детермінований взаємозв'язок між елементним базисом періодичної структури ГК і структурною різноманітністю еволюціонуючих ЕМ-об'єктів. Основу методології мікрогенетичного аналізу визначає детермінований взаємозв'язок між структурою універсальних генетичних кодів і внутрішньою структурою видів ЕМ-систем.

Для заданого у вигляді графічного образу об'єкту розпізнаються суттєві ознаки і здійснюється ідентифікація його генетичної інформації. Описується послідовність процедур, що визначають складові генетичного коду для заданої структури електричної машини (ЕМ).

На підставі аналізу просторової геометрії і конструктивного виконання активних частин (ЕМ-об'єкта), визначаються складові генетичного коду.

Описуємо взаємозв'язок генетичної інформації з відповідними активними елементами електричної машини (табл. 2.1).

Коректність визначення генетичного коду уточнюємо за допомогою Генетичної класифікації первинних джерел електромагнітного поля [6].

Таблиця 2.1

Відповідність між складовими генетичного коду і структурними ознаками реальних ЕМ-об'єктів

Генетична інформація первинного джерела електромагнітного поля (хромосомний рівень)	Структурні ознаки реального ЕМ-об'єкта (об'єктний рівень)	Складові генетичного коду
Просторова геометрія джерела поля (літерна складова)	1. Просторова форма активної поверхні первинної частини ЕМ (для машин з розподіленими багатозазними обмотками, з безпазовими та гладкими якорями). 2. Узагальнена просторова форма активної поверхні полюсних наконечників (для явнополюсних ЕМ з електромагнітним або магнітоелектричним збудженням).	ЦЛ; КН; ПЛ; ТП; СФ; ТЦ
Вид електромагнітної симетрії за напрямом розповсюдження хвилі поля (перша складова цифрової частини коду)	Просторова топологія активної поверхні ЕМ за напрямом розташування полюсотвірних елементів: - замкнена (без краю); - розімкнена (з краями)	0; 2
Вид електромагнітної симетрії за ортогональним напрямом (друга складова цифрової частини коду)	Топологія активної поверхні ЕМ за ортогональним напрямом: - замкнена (без краю); - розімкнена (з краями)	0; 2
Орієнтованість хвилі поля відносно елементів просторової симетрії джерела поля (третья складова коду)	Напрямок просторового руху рухомої частини ЕМ: - паралельно осі (площині) симетрії; - перпендикулярно осі (площині) симетрії	x; y
Генетичний код		

2.2 Приклади задач

Приклад. Визначити генетичний код електричної машини, графічний образ якої наведений на рис. 2.1.

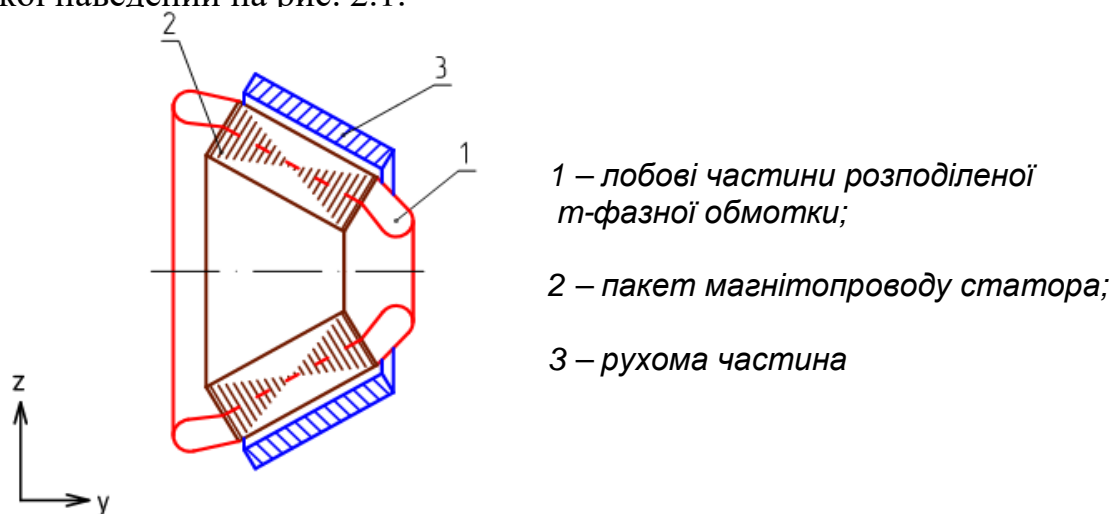


Рис. 2.1. Модель електричної машини

Виходячи з аналізу відповідності генетичної інформації первинного джерела поля [ме] з відповідними структурними еквівалентами заданої ЕМ (рис. 2.1), визначимо складові генетичного коду (табл. 2. 2).

Таблиця 2.2

Результати визначення складових генетичного коду

Генетична інформація	Структурний еквівалент	Складова генетичного коду
Просторова геометрія (літерна складова) ПДП	Активна поверхня статора має кінчну просторову форму (поз. 1, 2 рис.2.1)	КН
Електромагнітна симетрія за напрямом розповсюдження хвилі поля (перша цифрова складова коду)	Розподілена обмотка статора симетрична (без краю) за напрямом обертання ротора (поз. 1 рис. 2.1)	0
Електромагнітна асиметрія за ортогональним напрямом (друга цифрова складова коду)	Поверхнева, розподілена обмотка статора має лобові частини (поз. 1 рис. 2.1)	2
Орієнтованість первинного джерела поля (третя складова коду)	Активні сторони розподіленої обмотки розташовані за аксіальним напрямком (поз. 1 рис. 2.1)	y
Генетичний код		КН 0.2y

За результатами порівняльного аналізу, можна дійти висновку, що задана моделлю (рис. 2.1) електрична машина є структурним представником конічних обертових машин з зовнішнім ротором (базовий вид КН 0.2у).

Задача 2-1. За заданим відповідно до варіанту графічним образом асинхронної машини (рис. 2.2 – рис. 2.3), де позначено: 1 – m -фазна обмотка; 2 – рухома частина; 3 – нерухома частина, визначити генетичний код відповідного породжувального джерела поля.

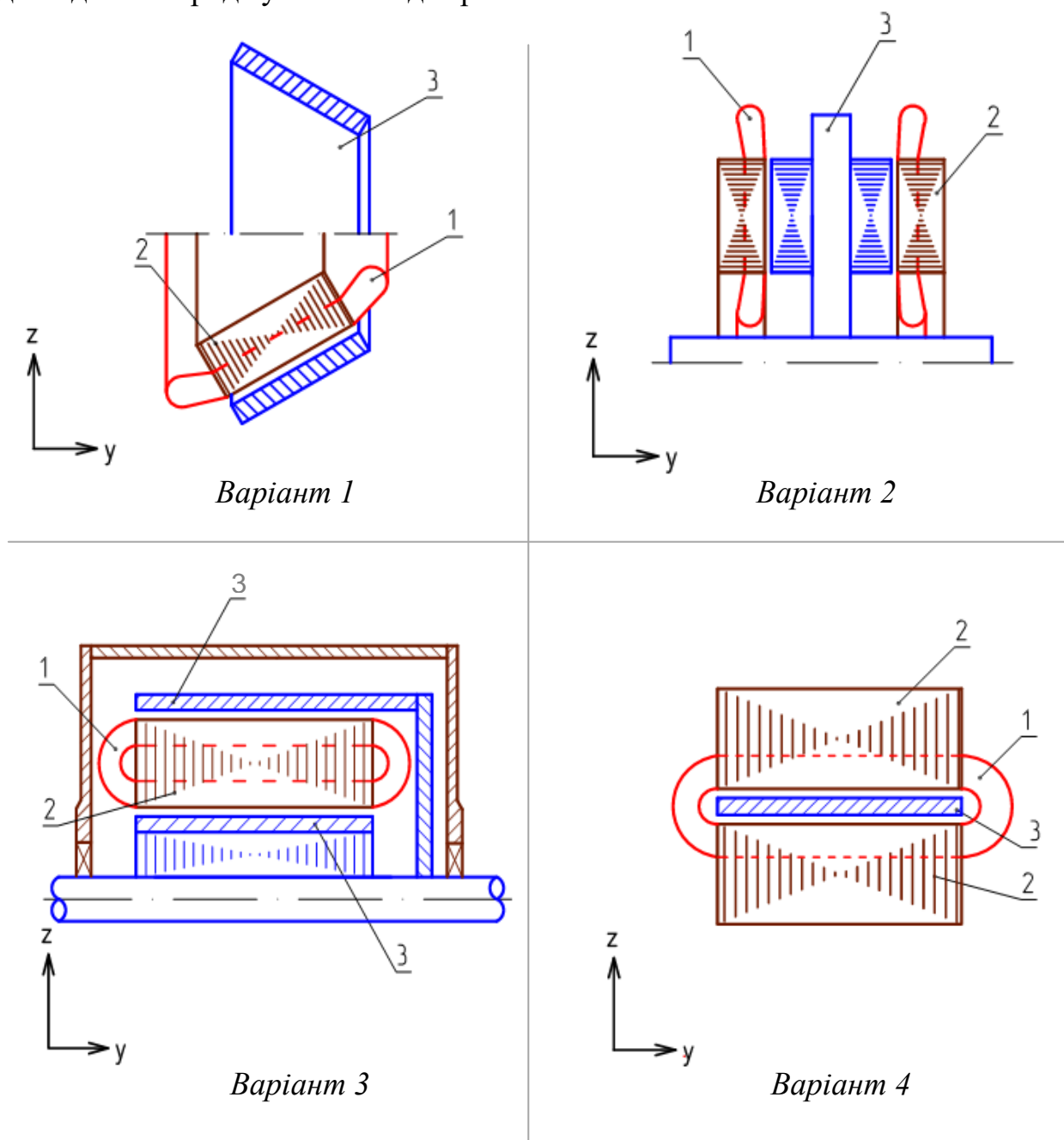
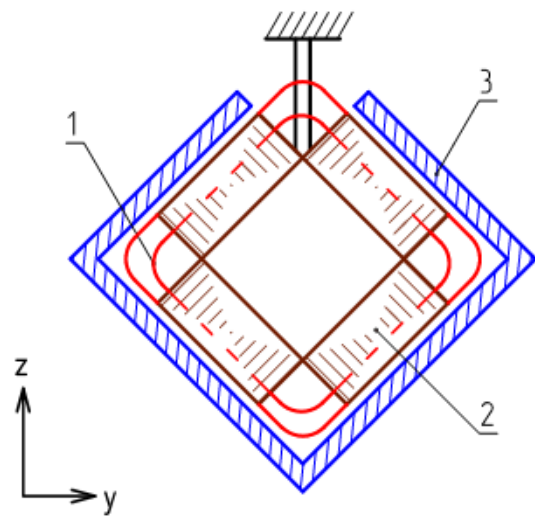
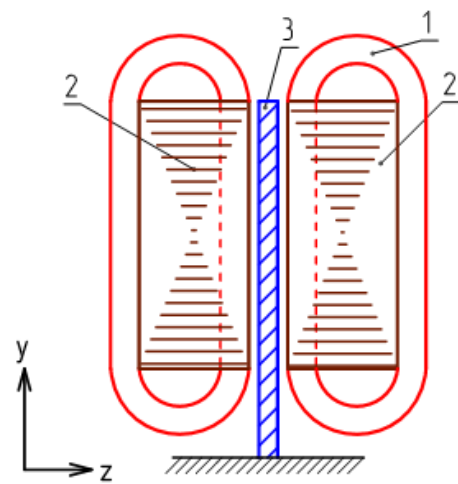


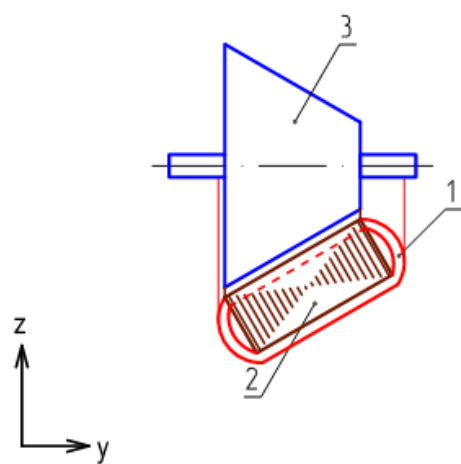
Рис. 2.2. Варіанти до задачі 2-1



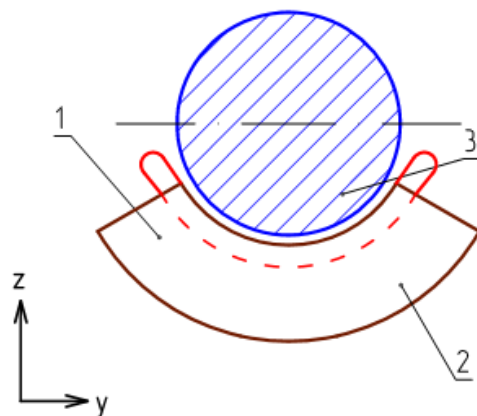
Варіант 5



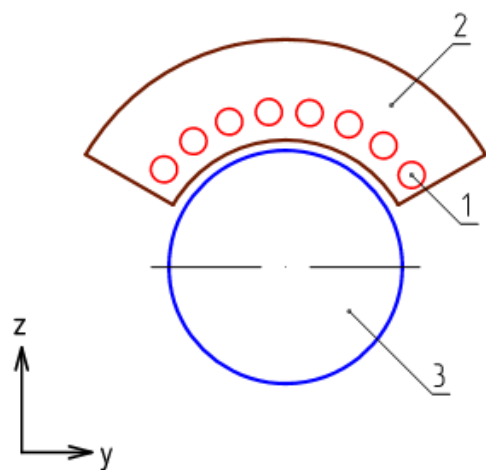
Варіант 5



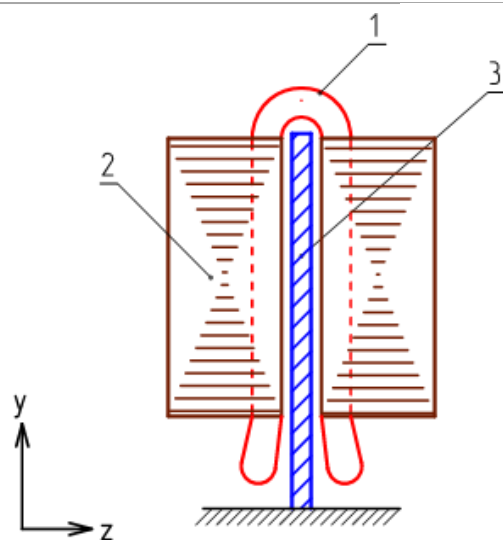
Варіант 6



Варіант 7



Варіант 8

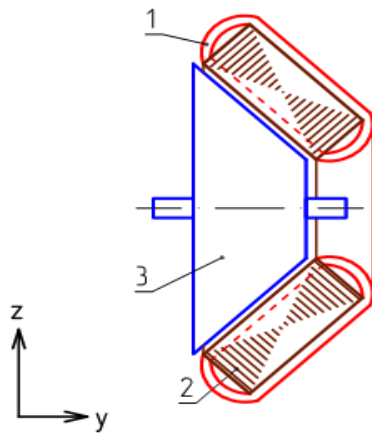


Варіант 9

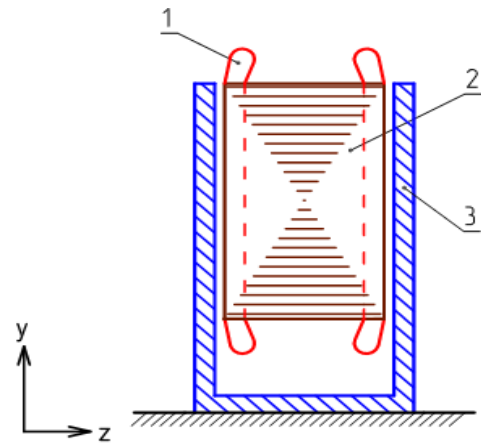
Рис. 2.3. Варіанти до задачі 2-1

2.3 Завдання для самостійної роботи

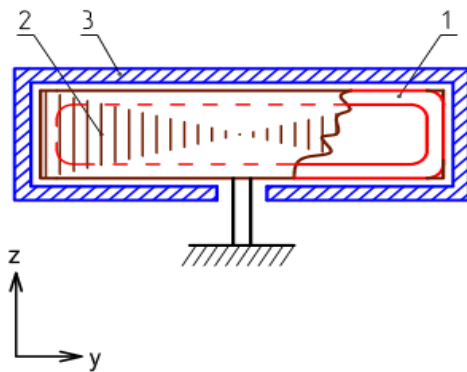
Задача 2-2. За заданим відповідно до варіанту графічним образом асинхронної машини (рис. 2.4), де позначено: 1 – m -фазна обмотка; 2 – рухома частина; 3 – нерухома частина, визначити генетичний код відповідного породжувального джерела поля.



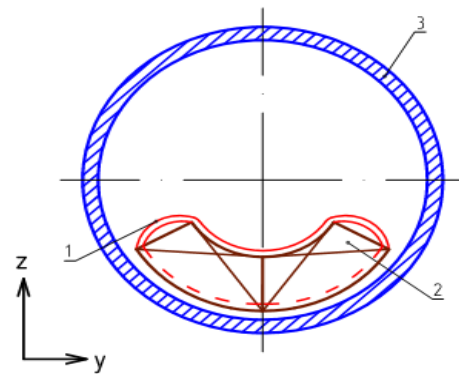
Варіант 10



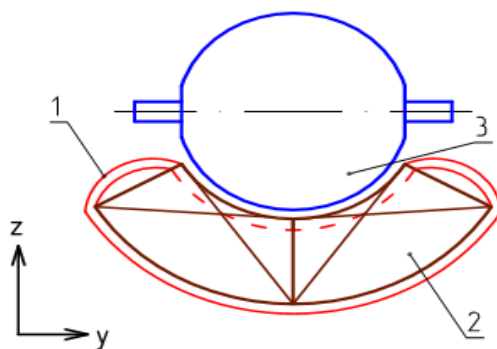
Варіант 11



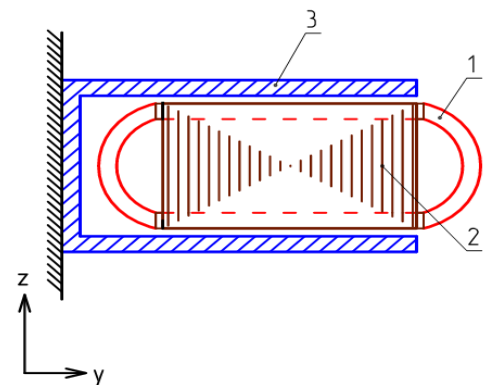
Варіант 12



Варіант 13



Варіант 14



Варіант 15

Рис. 2.4. Варіанти до задачі 2-2

3 СИНТЕЗ СТРУКТУРНИХ РІЗНОВИДІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН ЗА ЗАДАНОЮ ГЕНЕТИЧНОЮ ІНФОРМАЦІЄЮ (ГЕНЕТИЧНИМ КОДОМ)

3.1 Основні положення

Синтез структур електричних машин за заданим генетичним кодом (генетичною інформацією) є задачею, зворотною до задачі ідентифікації генетичного коду заданої структури ЕМ (розділ 2).

Отже, виходячи з аналізу відповідності генетичної інформації первинного джерела поля, стисло записаній генетичним кодом, з відповідними структурними еквівалентами (суттєвими ознаками) ЕМ, яку необхідно синтезувати (табл. 2.1), визначаються суттєві ознаки електричної машини та здійснюється візуалізація її структури.

Приклад. За заданим генетичним кодом первинного джерела поля (ЦЛ 0.0 у), синтезувати та візуалізувати просторову структуру асинхронної машини. На рисунку позначити:

- 1) рухому та нерухому частини АМ;
- 2) обмотку нерухомої частини;
- 3) повітряний проміжок;
- 4) контур замикання основного магнітного потоку ($2p = 2$);
- 5) напрямки руху хвилі поля та рухомої частини АМ.

Визначимо структурні еквіваленти шуканої АМ, які відповідають заданим складовим генетичного коду ЦЛ 0.0 у. Результати встановленні відповідностей подамо у вигляді таблиці 3.1.

Оскільки обмотка індуктора шуканої АМ є кільцевою, то її активні сторони розташовані як по внутрішній, так і по зовнішній розточці статора. Отже, шукана АМ має два ротори – внутрішній (поз. 3 рис. 2.5) і зовнішній (поз. 4 рис. 2.5). Синтезована структура АМ з циліндричним статором, зовнішнім і внутрішнім роторами і кільцевою обмоткою (структурний представник базового Виду ЦЛ 0.0у) показана на рис. 3.1.

Результати визначення структурних еквівалентів

Складова генетичного коду	Генетична інформація	Структурний еквівалент
ЦЛ	Просторова геометрія (літерна складова) первинного джерела поля	Активна поверхня статора має циліндричну просторову форму (поз. 1 рис.3.1)
0	Електромагнітна симетрія за напрямом розповсюдження хвилі поля (перша цифрова складова коду)	Кільцева обмотка статора симетрична (без краю) за напрямом обертання ротора (поз. 2 рис. 3.2)
0	Електромагнітна асиметрія за ортогональним напрямом (друга цифрова складова коду)	Кільцева обмотка статора симетрична за ортогональним напрямком за (поз. 2 рис. 3.1)
у	Орієнтованість первинного джерела поля (третя складова коду)	Активні сторони кільцевої обмотки розташовані за аксіальним напрямком (поз. 2 рис. 3.1)

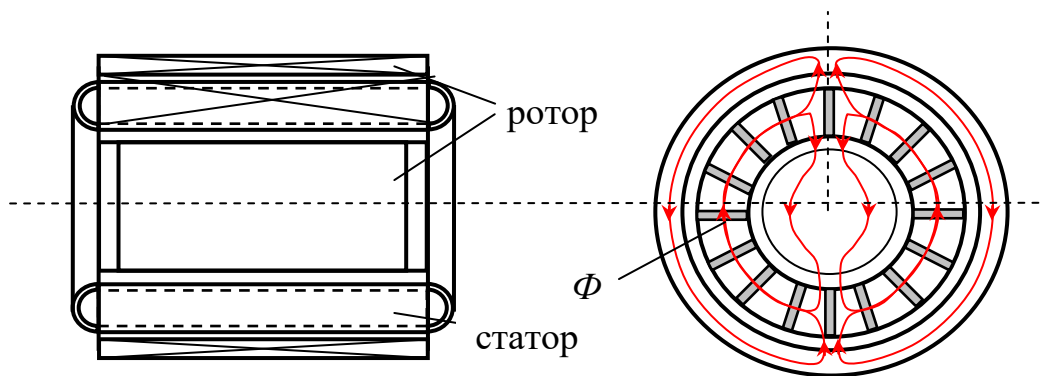


Рис. 3.1. Синтезована структура ЦЛ 0.0 у

3.2 Приклади задач

Задача 3-1. За заданим генетичним кодом первинного джерела поля (відповідно до варіанту табл. 3.2), синтезувати та візуалізувати просторову структуру асинхронної машини.

На рисунку позначити: 1) рухому та нерухому частини АМ; 2) обмотку нерухомої частини; 3) повітряний проміжок; 4) контур замикання основного магнітного потоку ($2p = 2$); 5) напрямки руху хвилі поля та рухомої частини асинхронної машини.

Таблиця 3.2

Варіанти задачі 3-1

Варіант	Генетичний код	Варіант	Генетичний код
1	<i>СФ 2.2 у</i>	6	<i>ЦЛ 2.2 х</i>
2	<i>СФ 2.0 х</i>	7	<i>ТП 0.2 у</i>
3	<i>ТП 2.2 у</i>	8	<i>ПЛ 0.2 у</i>
4	<i>ПЛ 2.2 х</i>	9	<i>ТП 0.3 у</i>
5	<i>КН 2.2 у</i>	10	<i>СФ 0.0 у</i>

3.2 Завдання для самостійної роботи

Задача 3-2. За заданим генетичним кодом первинного джерела поля (відповідно до варіанту табл. 3.3), синтезувати та візуалізувати просторову структуру асинхронної машини.

На рисунку позначити: 1) рухому та нерухому частини АМ; 2) обмотку нерухомої частини; 3) повітряний проміжок; 4) контур замикання основного магнітного потоку ($2p = 2$); 5) напрямки руху хвилі поля та рухомої частини асинхронної машини.

Варіанти задачі 3-2

Варіант	Генетичний код
1	<i>ЦЛ 2.2 у</i>
2	<i>ПЛ 2.0 х</i>
3	<i>ЦЛ 2.0 х</i>
4	<i>КН 0.0 у</i>
5	<i>ПЛ 0.0 х</i>

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОБЛАСТІ ІСНУВАННЯ ГОМОЛОГІЧНИХ РЯДІВ, ГЕОМЕТРИЧНИХ І ФУНКЦІОНАЛЬНИХ КЛАСІВ ЕЛЕКТРИЧНИХ МАШИН

4.1 Основні положення

Визначення області існування кінцевої множини породжувальних структур для заданого функціонального класу ЕМ, здійснюється на основі системної моделі з врахуванням вимог цільової функції пошуку $F_{Ц}$

$$F_{Ц} = (x_1, x_2, x_3, \dots),$$

де x_1, x_2, x_3, \dots - суттєві ознаки представників шуканого класу, які визначаються за результатами аналізу структури-прототипу.

Для визначення області існування необхідно реалізувати наступну послідовність дій:

- визначити цільову функцію пошуку (здійснюється на основі аналізу генетичної інформації (генетичного коду), спільної для структури-прототипу і шуканого класу ЕМ);
- здійснити послідовне перенесення і перевірити відповідність ознак $F_{Ц}$ на породжувальні структури предметної області ГК;
- за результатами відповідності генетичної інформації і $F_{Ц}$ визначити область існування породжувальних джерел електромагнітного поля, що задовольняють $F_{Ц}$, записавши при цьому область існування генетичними кодами у вигляді послідовності відповідних гомологічних рядів ЕМ-структур;
- визначити генетичні коди ряду гомологічно споріднених структур, до якого належить структура-прототип;
- результати визначення області існування подаються у табличній формі (в координатах базових ознак ГК) з зазначенням відповідних генетичних кодів.

Здійснити системний аналіз області існування з зазначенням кількості структур, меж їх існування, генетичних та системних властивостей класу.

Приклад. За допомогою системної моделі (генетичної класифікації первинних джерел поля) визначити область існування породжувальних структур базових видів асинхронних машин (АМ), з урахуванням наступної інформації:

- 1.1. рух вторинної частини – обертовий;
- 1.2. обмотка первинної частини – 3-фазна, розподілена, поверхнева;
- 1.3. активна поверхня первинної частини (статора) дугова.

Розв’язання: Здійснимо генетичний аналіз заданої інформації. Задану сукупність обмежень (1.1 – 1.3), можна розглядати як часткові вимоги цільової функції пошуку, яку можна представити у вигляді вектора: $F_{Ц} = (\omega_2; W_m; S_{22})$.

Спільний аналіз часткових вимог: S_{22} і поверхневої геометрії розподіленої обмотки W_m дає підстави стверджувати, що шукані структури АМ є представниками групи 2.2 в періодичній системній моделі. Заданий просторовий рух ротора (ω_2) дозволяє уточнити обмежити область пошуку підгрупою 2.2у, яка визначає область існування множини ЕМ-структур з обертальним рухом. З врахуванням результатів аналізу і періодичної структури системної моделі, область існування обертових АМ з дуговим статором буде визначатися наступною сукупністю первинних джерел поля :

$$Q_{AM} = (ЦЛ\ 2.2у; КН\ 2.2у; ТП\ 2.2у; СФ\ 2.2у; ТЦ\ 2.2у).$$

4.2 Приклади задач

Задача 4-1. Сформулювати цільову функцію пошуку і визначити область існування функціонального класу ЕМ відповідно до варіантів (табл. 4.2).

Таблиця 4.2

Варіанти задачі 4-1

Варіант	Функціональний клас ЕМ
1	<i>Синхронні машини обертального руху з магнітоелектричним збудженням</i>
2	<i>Асинхронні машини поступального руху</i>
3	<i>Торцеві асинхронні двигуни</i>
4	<i>Циліндричні асинхронні двигуни для приводу комутаційних апаратів</i>

4.3 Завдання для самостійної роботи

Задача 4-2. Сформулювати цільову функцію пошуку і визначити область існування функціонального класу ЕМ відповідно до варіантів (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Варіанти задачі 4-2

Варіант	Функціональний клас ЕМ
1	<i>Асинхронні двигуни для транспортування сталених труб</i>
2	<i>Плоскі асинхронні двигуни для маніпулювання листовим прокатом</i>
3	<i>Вентильні електродвигуни для робототехнічних комплексів</i>
4	<i>Однофазні асинхронні двигуни</i>
5	<i>Асинхронні машини обертового руху з кільцевими обмотками</i>
6	<i>Асинхронні машини поступального руху з поверхневими обмотками</i>
7	<i>Дюгові асинхронні машини обертового руху з поверхневими обмотками</i>
8	<i>Синхронні машини обертового руху з кільцевими обмотками</i>
9	<i>Синхронні машини поступального руху з поверхневими обмотками</i>
10	<i>Синхронні машини поступального руху з кільцевими обмотками</i>
11	<i>Дюгові синхронні машини обертового руху з поверхневими обмотками</i>

5 ПОБУДОВА І АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ МІКРОЕВОЛЮЦІЇ

5.1 Основні положення

Генетичні моделі мікроеволюції відносяться до класу інформаційних високоінтелектуальних моделей, що відтворюють реальні процеси структуротворення в межах довільних Видів ЕМПЕ. За допомогою моделей мікроеволюції досліджуються напрями технічного удосконалення і функціональної адаптації, а також процеси розширення структурної різноманітності реально-інформаційних представників ЕМ.

Вихідною інформацією для побудови моделі є результати інформаційного пошуку: генетичні коди відомих структурних представників домінуючого виду ЕМ, хронологія появи еволюційних подій (запатентованих технічних рішень) у часі і узагальнені цільові функції нововведень ($F_{Ц1}$, $F_{Ц2}$, $F_{Ц3}$, ...). Для отримання зазначених даних використовується інформаційна база даних, створена за результатами інформаційного пошуку, проведеного для заданого класу ЕМ.

За даними інформаційного пошуку для кожного представника досліджуваного функціонального класу ЕМ-об'єктів визначаються:

- генетичний код;
- цільова функція $F_{Цi}$;
- дата пріоритету еволюційної події;
- видова приналежність ЕМ-об'єкту.

За результатами визначення видової приналежності всіх представників визначається домінуючий вид об'єктів досліджуваного класу (вид, кількість представників якого є найбільшою).

Процес мікроеволюції об'єктів домінуючого Виду $\sum F_{Ц} = f(T_E)$ відтворюється графічно в ортогональних координатах $F_{Цj} = f(T_{Ei})$, $i = \overline{1, n}$; $j = \overline{1, m}$, де: m – кількість узагальнених цільових функцій ($F_{Ц1} - F_{Ц4}$); n – кількість мікроеволюційних подій для j – ї цільової функції (рис. 5.1).

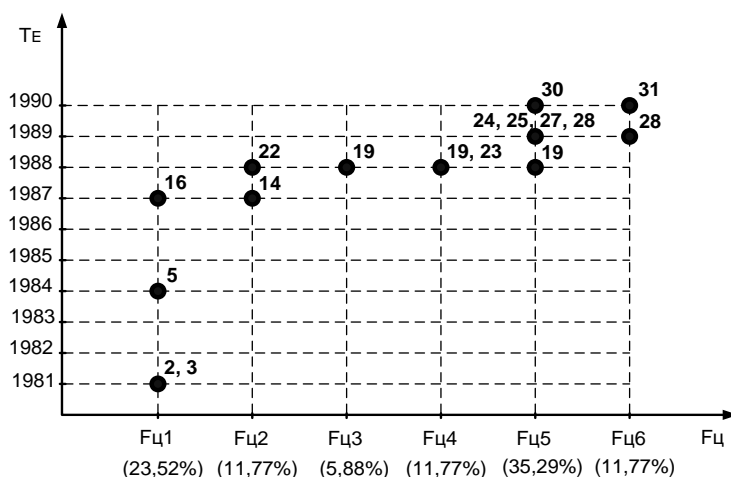


Рис. 5.1. Приклад подання моделі мікроеволюції домінуючого виду (розподіл структурних представників електромеханічних дезінтеграторів виду ПЛ 2.2 х).

$F_{ц1}$ – підвищення продуктивності; $F_{ц2}$ – розширення експлуатаційних можливостей; $F_{ц3}$ – спрощення конструкції; $F_{ц4}$ – покращення енергетичних показників; $F_{ц5}$ – підвищення ефективності обробки інгредієнтів; $F_{ц6}$ – підвищення надійності.

На основі аналізу моделі мікроеволюції визначаються і описуються наступні дані:

- загальний час еволюції досліджуваного класу і його домінуючого виду;
- популяційна структура домінуючого виду (послідовності удосконалення нововведень);
- напрями удосконалення і функціональної адаптації в межах популяцій;
- темпи еволюції популяцій виду;
- оригінальні технічні рішення.

За результатами мікроеволюційного моделювання здійснюється обґрунтування і вибір структури-прототипу, яка в подальшому буде використана в процедурах спрямованого синтезу нових структурних різновидів електричних машин.

5.2 Приклади задач

Задача 5-1. Побудувати модель мікроеволюції домінуючого Виду функціонального класу ЕМ, використовуючи дані табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Варіанти вихідних даних до задачі 5-1

Цільова функція удосконалення	Порядковий № ЕМ-об'єкта та рік введення вдосконалення
Варіант 1	
Підвищення надійності	1 – 1920; 4 – 1940; 7 – 1960;
Зменшення габаритних розмірів	2 – 1930; 5 – 1945; 8 – 1965;
Розширення функціональних можливостей	3 – 1935; 6 – 1950; 9 – 1970;
Варіант 2	
Збільшення площі активної поверхні	1 – 1920; 4 – 1940; 7 – 1960;
підвищення відносної швидкості	2 – 1930; 5 – 1945; 8 – 1965;
Компенсація сил одностороннього магнітного тяжіння	3 – 1935; 6 – 1950; 9 – 1970;
Варіант 3	
Отримання складного керованого просторового руху	1 – 1920; 4 – 1940; 7 – 1960;
Економія активних матеріалів	2 – 1930; 5 – 1945; 8 – 1965;
Зменшення втрат потужності	3 – 1935; 6 – 1950; 9 – 1970;

5.3 Завдання для самостійної роботи

Задача 5-2. Побудувати модель мікроеволюції домінуючого виду функціонального класу ЕМ, використовуючи дані табл. 5.2.

Таблиця 5.2

Варіанти вихідних даних до задачі 5-2

Цільова функція удосконалення	Порядковий № ЕМ-об'єкта та рік введення вдосконалення
Варіант 1	
Покращення умов охолодження	1 – 1920; 4 – 1940; 7 – 1960;
Симетризація індуктивних та активних опорів фаз розподілених обмоток	2 – 1930; 5 – 1945; 8 – 1965;
Економія активних матеріалів	3 – 1935; 6 – 1950; 9 – 1970;
Варіант 2	
Компенсація кінцевих електромагнітних ефектів	1 – 1920; 4 – 1940; 7 – 1960;
Зменшення втрат потужності	2 – 1930; 5 – 1945; 8 – 1965;
Підвищення технологічності	3 – 1935; 6 – 1950; 9 – 1970;
Варіант 3	
Інтенсифікація охолодження	1 – 1920; 4 – 1940; 7 – 1960;
Покращення конструкції	2 – 1930; 5 – 1945; 8 – 1965;
Підвищення надійності	3 – 1935; 6 – 1950; 9 – 1970;

6 РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ СИНТЕЗУ ЕМ-СТРУКТУР З ВИКОРИСТАННЯМ ТОПОЛОГІЧНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ ВИХІДНОЇ ЕМ- СТРУКТУРИ

6.1 Основні положення

Методологічну основу спрямованого синтезу гомологічних ЕМ-структур за заданим об'єктом-прототипом становить Закон гомологічних рядів. Математичною основою синтезу є група топологічно-еквівалентних (гомеоморфних) перетворень (деформацій).

Спрямованість результатів синтезу забезпечена груповою природою первинних джерел електромагнітного поля в періодичній структурі ГК. Гомологічні ЕМ-структури різного рівня складності підкорені Принципу збереження генетичної інформації. Тому, залежно від функції цілі і задач синтезу, можна використати один з наступних методів синтезу.

Метод вивертання фігури навиворіт. Відомий в топології поверхонь метод перетворення доцільно обирати в задачах синтезу осесиметричних структур-гомологів, що мають спільну вісь симетрії. Методичною основою є топологічно-еквівалентне перетворення, яке реалізоване в межах просторового кута $\beta = 0 \div 2\pi$ (рис. 3.6).

Топологічні перетворення інваріантні відносно групи електромагнітної симетрії і рівня складності ЕМ-структури.

Використовуючи неперервну деформацію відносно довільного геометричного еквівалента топологічного простору T_S (наприклад, вихідного джерела поля циліндричної форми $\beta = 0$) з дискретністю просторового кута $\gamma = \pi/4$, можна здійснити генерацію дискретного набору топологічно еквівалентних формотвірних структур з осьовою симетрією

$$f^\beta(a_i) = \{a_1 \leftrightarrow a_2 \leftrightarrow \dots \leftrightarrow a_n\} \subset T_S, \quad i = \overline{1, \infty}.$$

В межах простору T_S , конкретному значенню просторового кута ставиться

у відповідність певний вид просторової форми осесиметричної ЕМ-структури. Випадок генерації з кутом дискретизації $\gamma = \pi/4$ показано на рис. 6.1.

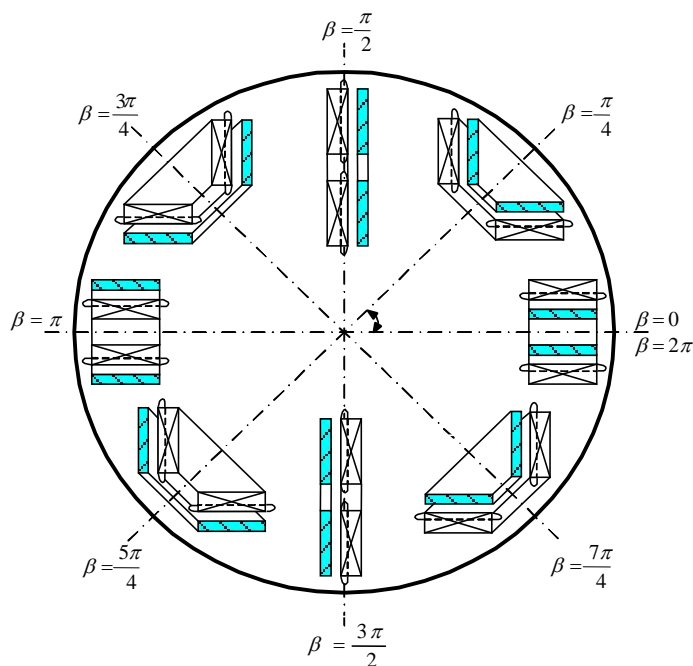


Рис. 6.1. Топологічна модель спрямованого синтезу ЕМ-структур на основі методу вивертання фігури навиворіт на прикладі синтезу осесиметричних структур асинхронних машин (підгрупа 0.2у): β – просторовий кут між активною поверхнею статора і віссю симетрії ЕМ-структури [17]

Метод просторової деформації дозволяє отримати наступні формотвірні ЕМ-структури: $a^{\beta=0}$ – структура з циліндричною просторовою формою і внутрішньою активною поверхнею (рис. 6.1, а); $a^{0<\beta<\pi/2}$; $a^{\pi<\beta<3\pi/2}$ – область існування структур з конічною просторовою геометрією і внутрішньою активною поверхнею (рис. 6.4, б); $a^{\beta=\pi/2}$; $a^{\beta=3\pi/2}$ – одиничні еквівалентні структури з тороїдними плоскими активними поверхнями (рис. 3.4, в); $a^{\pi/2<\beta<\pi}$; $a^{3\pi/2<\beta<2\pi}$ – область існування структур з конічною активною поверхнею інверсного типу (з зовнішньою активною поверхнею); $a^{\beta=\pi}$ – одинична структура з циліндричною активною поверхнею інверсного типу (з зовнішньою активною поверхнею).

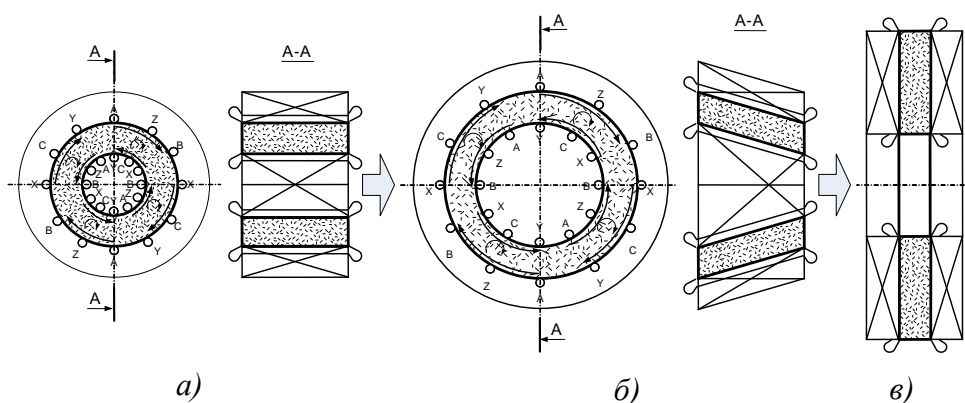


Рис. 6.2. Графічна інтерпретація методу вивертання фігури навиворіт на прикладі синтезу гомологічних осесиметричних структур електромеханічних дезінтеграторів підгрупи 0.2у: а) циліндричної просторової форми; б) конічної; в) тороїдної плоскої

Метод просторових деформацій дозволяє здійснювати синтез довільних ЕМ-об'єктів гомологічного ряду за заданим прототипом з використанням відповідної групи просторових деформацій (розтягу, стиснення, зсуву, осьового кручення, тощо). На рис. 6.3 показано приклад використання деформації двостороннього стиснення в задачі топологічно еквівалентного перетворення циліндричної індукторної системи ЦЛ 0.2у з інверсними електромагнітними полями, в гомологічну плоску ПЛ 0.2у.

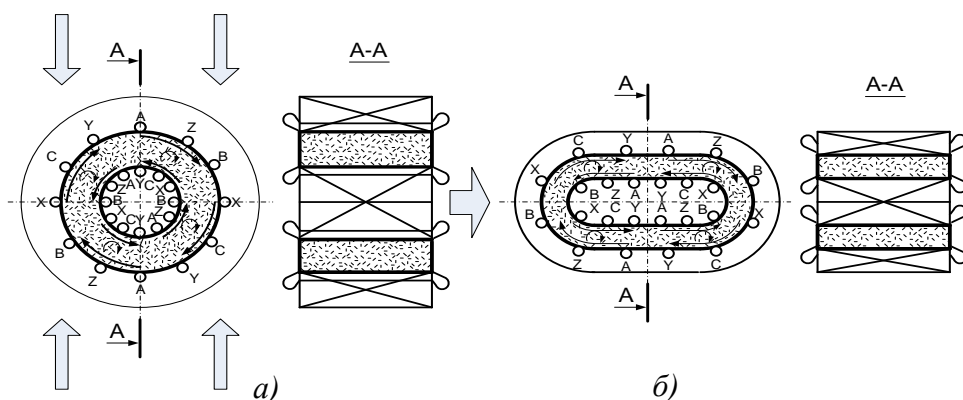


Рис. 6.3. Графічна інтерпретація методу просторових деформацій на прикладі синтезу гомологічних структур електромеханічних дезінтеграторів підгрупи 0.2у: а) вихідна структура циліндричної форми; б) плоска структура, отримана в результаті деформації стиснення вихідної структури

Метод просторових деформацій доцільно використовувати в задачах спрямованого синтезу гомологічних рядів ЕМ, що містять структурні представники Видів плоских, сферичних, тороїдних циліндричних ЕМ, а також структурні різновиди ЕМ II та III великих періодів ГК.

Метод просторових деформацій дозволяє здійснювати синтез довільних ЕМ-об'єктів гомологічного ряду за заданим прототипом з використанням відповідної групи просторових деформацій: розтягу, стиснення, зсуву, осового кручення тощо (рис. 6.4).

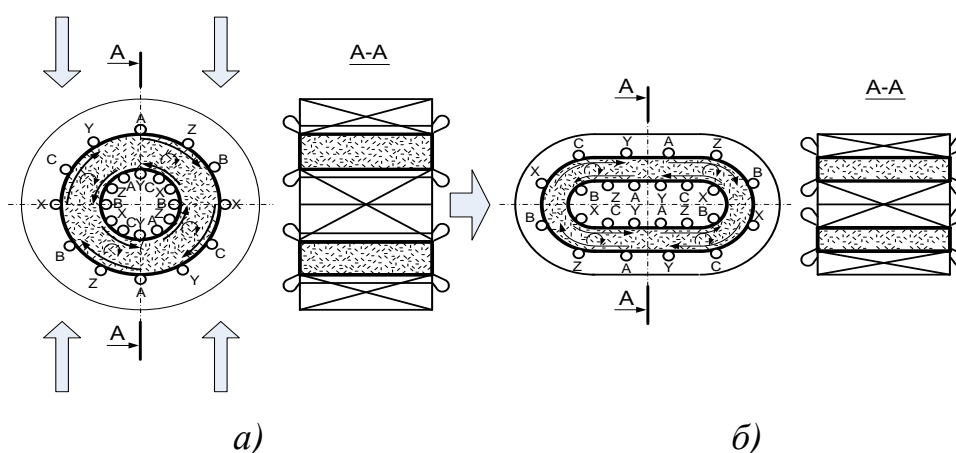


Рис. 6.4. Графічна інтерпретація методу просторових деформацій на прикладі синтезу гомологічних структур електромеханічних дезінтеграторів підгрупи 0.2у: а) – вихідна структура циліндричної форми; б) – плоска структура, що отримана в результаті деформації стиснення вихідної структури.

Метод просторових деформацій доцільно використовувати в задачах спрямованого синтезу гомологічних рядів ЕМПЕ, що містять структурні представники Видів з плоскою, сферичною, та тороїдною циліндричною активними поверхнями, а також складні структури, синтезовані на джерелах-ізотопах.

6.2 Приклади задач

Задача 6-1. З використанням методу просторової деформації за інформацією структури-прототипу синтезувати ЕМ-структури відповідно до варіанту табл. 6.1.

Таблиця 6.1

Варіанти задачі 6-1

Варіант	Просторовий кут між активною поверхнею статора і віссю симетрії ЕМ-структури
1	$\beta=0$
2	$0<\beta<\pi/2$
3	$\pi<\beta<3\pi/2$
4	$\beta=\pi/2$
5	$\beta=3\pi/2$
6	$\pi/2<\beta<\pi$
7	$3\pi/2<\beta<2\pi$
8	$\beta=\pi$

6.3 Завдання для самостійної роботи

Дати відповіді на наступні питання:

1. Що спільного і яка принципова відмінність між поняттями «ідеальний» і «реальний» гомологічні ряди ЕМПЕ?
2. Яка група математичних перетворень визначає процедуру синтезу гомологічних рядів ЕМ-об'єктів?
3. Приведіть приклади спеціальних електричних машин, що належать до одного гомологічного ряду.
4. Як визначити структуру ідеального гомологічного ряду ЕМ-об'єктів за генетичним кодом одного представника цього ряду?
5. Як розпізнати об'єкти-гомологи за їх генетичними кодами ?

7 РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ СИНТЕЗУ ГОМОЛОГІЧНИХ РЯДІВ ЕМ ЗА ЗАДАНОЮ СТРУКТУРОЮ-ПРОТОТИПОМ

7.1 Основні положення

Гомологія має групову природу і проявляється в періодичній структурі ГК у вигляді принципу топологічної інваріантності первинних джерел електромагнітного поля. Через топологічні ознаки (зв'язність та орієнтованість), що входять до складу генетичної інформації ПДП, гомологія представлена в універсальній структурі генетичного коду. Електромагнітні елементи довільної підгрупи в періодичній структурі ГК, належать до одного топологічного простору і зв'язані між собою групою гомеоморфних (топологічно еквівалентних) перетворень. Отже, через гомеоморфізм, принцип збереження генетичної інформації, елементи підгруп безпосередньо пов'язані з гомологічними рядами ЕМ-об'єктів реальної технічної еволюції.

Топологія відтворює узагальнені властивості джерел поля і їх генетичних нащадків, що інваріантні відносно довільних взаємно-однозначних і неперервних перетворень. Зазначені властивості узагальнюються законом гомологічних рядів: в генетично споріднених Видах ЕМ-структур, що є нащадками первинних джерел поля одного топологічно-еквівалентного ряду (підгрупи), в процесі еволюції виникають паралельні ряди електромеханічних структур-аналогів з такою точністю, що знаючи суттєві ознаки довільної ЕМ-структури одного Виду, можна однозначно передбачити та синтезувати споріднені структури інших Видів цього ряду.

На базовому рівні генетичної організації ЕМ-систем, формою подання якої є періодична структура ГК, генеральна множина \mathfrak{R}_{G_0} первинних джерел поля визначається шістьма підгрупами (рис. 1.1). Кожній підгрупі ставиться у відповідність множина топологічно-еквівалентних елементів

$$\mathfrak{R}_{G_0} = (H_{00y}, H_{00x}, H_{02y}, H_{20x}, H_{22y}, H_{22x}). \quad (7.1)$$

Для базових джерел поля першого великого періоду ГК, рівняння (1.2) можна представити наступними упорядкованими рядами топологічно-еквівалентних елементів:

$$H_{00y} = \langle \text{ЦЛ}0.0y, \text{КН}0.0y, \text{ПЛ}0.0y, \text{ТП}0.0y, \text{СФ}0.0y, \text{ТЦ}0.0y \rangle, \quad (7.2)$$

$$H_{00x} = \langle \text{ЦЛ}0.0x, \text{КН}0.0x, \text{ПЛ}0.0x, \text{ТП}0.0x, \text{СФ}0.0x, \text{ТЦ}0.0x \rangle, \quad (7.3)$$

$$H_{02y} = \langle \text{ЦЛ}0.2y, \text{КН}0.2y, \text{ПЛ}0.2y, \text{ТП}0.2y, \text{СФ}0.2y, \text{ТЦ}0.2y \rangle, \quad (7.4)$$

$$H_{20x} = \langle \text{ЦЛ}2.0x, \text{КН}2.0x, \text{ПЛ}2.0x, \text{ТП}2.0x, \text{СФ}2.0x, \text{ТЦ}2.0x \rangle, \quad (7.5)$$

$$H_{22y} = \langle \text{ЦЛ}2.2y, \text{КН}2.2y, \text{ПЛ}2.2y, \text{ТП}2.2y, \text{СФ}2.2y, \text{ТЦ}2.2y \rangle, \quad (7.5)$$

$$H_{22x} = \langle \text{ЦЛ}2.2x, \text{КН}2.2x, \text{ПЛ}2.2x, \text{ТП}2.2x, \text{СФ}2.2x, \text{ТЦ}2.2x \rangle. \quad (7.6)$$

Структура породжувальних гомологічних рядів, представлених моделями (7.2) – (7.6), тотожна елементному базису відповідних підгруп в періодичній структурі ГК. Притаманний елементам довільної підгрупи гомеоморфізм структур (рис. 7.1), забезпечує гарантовану повноту елементів ряду. Генетично визначені ряди ЕМ-структур, що задовольняють виразам (7.2) – (7.6) узагальнюються поняттям ідеальних гомологічних рядів.

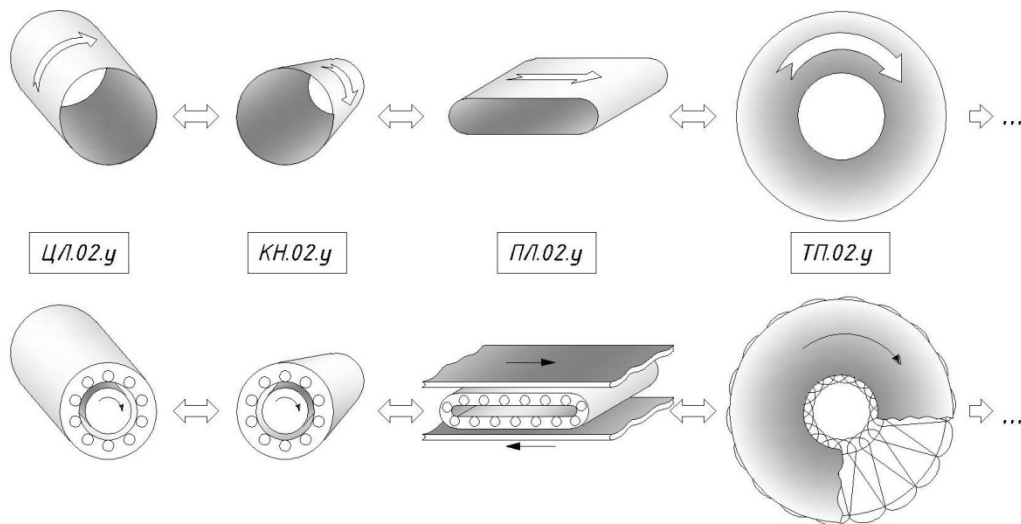


Рис. 7.1. Фрагмент ідеальних гомологічних рядів (підгрупа 0.2y)

Ідеальні гомологічні ряди (рис. 7.1) синтезовані з використанням групи топологічно-еквівалентних перетворень (верхній ряд – батьківські

електромагнітні хромосоми; нижній ряд – синтезовані відповідні структури електричних машин).

Гомологічні ряди ЕМ-об'єктів-нащадків, що виникли у процесі технічної еволюції відносяться до реально-інформаційних. Гомологічні ряди об'єктного рівня є неповними (дискретними), а структурні представники таких рядів характеризуються різним часом своєї еволюції і можуть належати до різних функціональних класів ЕМПЕ (рис. 7.2).

Відповідно до принципу збереження генетичної інформації первинного джерела поля, спадкова інформація залишається незмінною в структурах-нащадках більш високого рівня складності. Це означає, що кожному гомологічному ряду (7.7) – (7.12) хромосомного рівня ставляться у відповідність генетично визначені ряди гомологічних ЕМ-об'єктів і Видів

$$H_{00y} \rightarrow H_{S00y} = \langle S_{ЦЛy}, S_{КНy}, S_{ПЛy}, S_{ТПy}, S_{СФy}, S_{ТЦy} \rangle, \quad (7.7)$$

$$H_{00x} \rightarrow H_{S00x} = \langle S_{ЦЛx}, S_{КНx}, S_{ПЛx}, S_{ТПx}, S_{СФx}, S_{ТЦx} \rangle, \quad (7.8)$$

$$H_{02y} \rightarrow H_{S02y} = \langle S_{ЦЛy}, S_{КНy}, S_{ПЛy}, S_{ТПy}, S_{СФy}, S_{ТЦy} \rangle, \quad (7.9)$$

$$H_{20x} \rightarrow H_{S20x} = \langle S_{ЦЛx}, S_{КНx}, S_{ПЛx}, S_{ТПx}, S_{СФx}, S_{ТЦx} \rangle, \quad (7.10)$$

$$H_{22y} \rightarrow H_{S22y} = \langle S_{ЦЛy}, S_{КНy}, S_{ПЛy}, S_{ТПy}, S_{СФy}, S_{ТЦy} \rangle, \quad (7.11)$$

$$H_{22x} \rightarrow H_{S22x} = \langle S_{ЦЛx}, S_{КНx}, S_{ПЛx}, S_{ТПx}, S_{СФx}, S_{ТЦx} \rangle. \quad (7.12)$$

Закономірність, що визначає детермінований взаємозв'язок елементного базису (7.7) – (7.12) з відповідними рядами об'єктів еволюційного рівня узагальнюється законом гомологічних рядів ЕМ-систем. Математичну основу спрямованого синтезу гомологічних рядів ЕМ-об'єктів становить група топологічно-еквівалентних (гомеоморфних) перетворень.

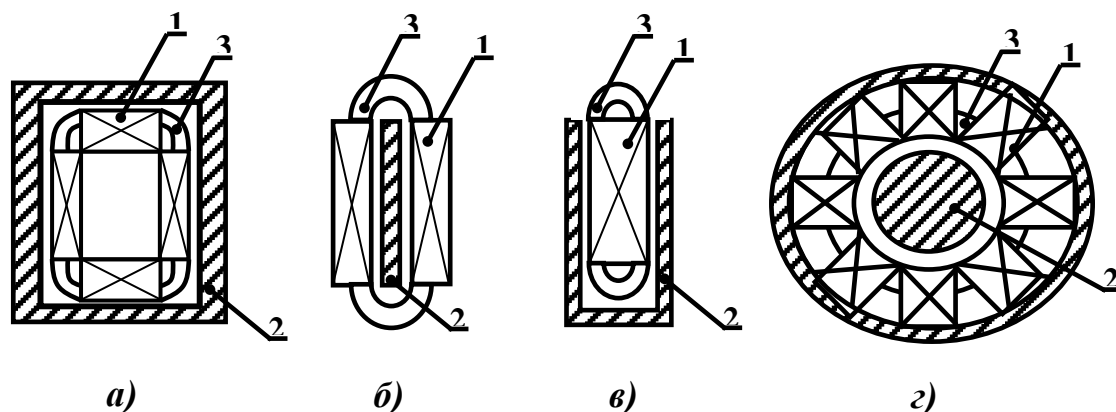


Рис. 7.2. Асинхронні машини поступального руху– структурні представники реально-інформаційного гомологічного ряду (підгрупа 2.0x): а), в) – представники Виду плоских машин ПЛ 2.0x з просторовою інверсією активної поверхні; б), г) – представники Виду плоских (ПЛ 2.0x) і циліндричних (ЦЛ 2.0x) машин з внутрішньою активною поверхнею. 1 – магнітопровід індуктора; 2 – вторинний елемент; 3 – трифазна кільцева обмотка

Отже, закон гомологічних рядів наділений прогностичним потенціалом і виконує одночасно функцію методу структурного передбачення і спрямованого синтезу нових класів та різновидів ЕМ-об'єктів за заданою функцією цілі.

7.2 Приклади задач

Задача 7-1. За заданим генетичним кодом структури ЕМ-об'єкта (табл. 7.1 відповідно до варіанту), з використанням генетичної моделі «ідеального» гомологічного ряду (базовий рівень, перший великий період), визначити генетично допустимі структури електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ), які є гомологічними до заданої. За результатами моделювання:

- визначити генетичні коди і кількість гомологічних видів ЕМПЕ;
- визначити для кожного виду просторову геометрію результуючого магнітного поля;
- вказати, в межах яких видів мають місце структури АМ з к.з рухомою частиною;
- визначити тип розподіленої m -фазної обмотки.

Варіанти задачі 7-1

Варіант	Генетичний код	Варіант	Генетичний код
1	<i>СФ 2.2 у</i>	6	<i>ЦЛ 2.2 х</i>
2	<i>СФ 2.0 х</i>	7	<i>ТП 0.2 у</i>
3	<i>ТП 2.2 у</i>	8	<i>ПЛ 0.2 у</i>
4	<i>ПЛ 2.2 х</i>	9	<i>ТП 0.3 у</i>
5	<i>КН 2.2 у</i>	10	<i>СФ 0.0 у</i>

7.3 Завдання для самостійної роботи

Задача 7-2. За заданим генетичним кодом структури ЕМ-об'єкта (табл. 7.2 відповідно до варіанту), з використанням генетичної моделі «ідеального» гомологічного ряду (базовий рівень, перший великий період), визначити генетично допустимі структури електромеханічних перетворювачів енергії (ЕМПЕ), які є гомологічними до заданої. За результатами моделювання: визначити генетичні коди і кількість гомологічних видів ЕМПЕ; визначити для кожного виду просторову геометрію результуючого магнітного поля; вказати, в межах яких видів мають місце структури АМ з к.з рухомою частиною; визначити тип розподіленої *m*-фазної обмотки.

Варіанти задачі 7.2

Варіант	Генетичний код	Варіант	Генетичний код
1	<i>ЦЛ 2.2 у</i>	4	<i>КН 0.0 у</i>
2	<i>ПЛ 2.0 х</i>	5	<i>ПЛ 0.0 х</i>
3	<i>ЦЛ 2.0 х</i>	6	<i>ТП 0.2 у</i>

8 СИНТЕЗ ГЕНЕТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ЕМ-ОБ'ЄКТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕТИЧНИХ ОПЕРАТОРІВ СИНТЕЗУ

8.1 Основні положення

Задача генетичного синтезу полягає у визначенні структури хромосомних наборів (структури геному) з наступною ідентифікацією породжувальних електромагнітних структур, які визначають принципи структуроутворення і напрями структурної еволюції реальних ЕМ-систем.

Вихідна генетична інформація довільного Виду ЕМ-об'єктів представлена батьківською хромосомою

$$S_{00} \subset \langle S_0 \rangle,$$

де $\langle S_0 \rangle$ – упорядкована множина первинних джерел електромагнітного поля у структурі першого великого періоду ГК.

Генетична інформація Виду відображається універсальним генетичним кодом, складові якого визначають системні властивості структур-нащадків Виду: електромагнітну симетрію, топологію і просторову геометрію. Стійкість і конкурентоспроможність довільного Виду ЕМ-систем визначено його структурною різноманітністю: чим вище різноманіття, тим стабільніший розвиток Виду відносно впливу факторів навколишнього середовища. Цю важливу функцію виконують загальносистемні принципи внутрішньовидової генетичної мінливості: схрещування, реплікація, інверсія, кросинговер і мутації, щоб забезпечити широку амплітуду генетично допустимих структурних змін в межах, обмежених генетичним кодом Виду (табл. 8.1). Сукупність генетично модифікованих внутрішньовидових структур, утворених в результаті застосування генетичних операторів синтезу, узагальнюють поняттям генома Виду. Такі хромосомні набори містять в собі унікальну інформацію стосовно структурного потенціалу системних властивостей всіх структур-нащадків, які вже виникли в процесі еволюції, або можуть виникнути

в майбутньому (еволюційним шляхом або за методологією спрямованого синтезу).

Таблиця 8.1

Взаємозв'язок генетичних операторів синтезу з відповідними групами математичних перетворень і структурними еквівалентами

Оператор	Мінімальна кількість вихідних елементів	Функція оператора	Математична група перетворень	Результат синтезу	Позначення
Реплікація	1	Розмноження, збільшення кількості вихідної структури	Сума, добуток	Багатоелементні, секціоновані, модульні структури	f^R $k_R = (2,3,\dots) (R)$
Схрещування	2	Суміщення, композиція, об'єднання	Кобінаторика	Гібридні, суміщені, та складні структури	f^S (\times)
Інверсія	2	Перевертання перестановка, зміна порядку на зворотній, поворот на 180°	Перестановка,	Структури з зовнішнім розташуванням активних елементів;	f^I (\Downarrow)
Кросинговер	2	Перехрест, транспозиція,	Комбінаторика	Симетрування електричних опорів, струмів, транспозиція витків, фаз, обмоток.	f^C (\otimes)
Мутація	2	Відносна деформація, порушення симетрії, пропорцій	Гомеоморфні перетворення	ЕМ з котким ротором, нерівномірним зазором, скошеними пазами, тощо.	f^M (M)

Наявність зазначених закономірностей дозволяє реалізувати сценарій керованої макроеволюції, тобто, передбачити і цілеспрямовано вводити в технічну еволюцію нові Види ЕМПЕ з числа неявних, які задовольняють заданій функції цілі. На рис. 8.1 представлено траєкторію спрямованого синтезу генетичної структури генератора в межах Виду-близнюка 1 ЦЛ2.0х, який належить до групи неявних Видів в генетичній програмі класу.

Популяції

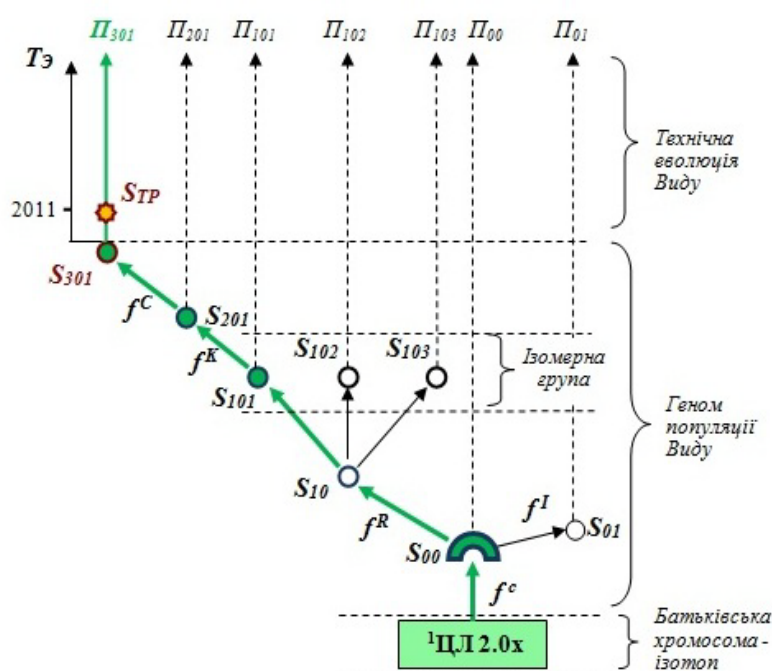


Рис. 8.1. Траекторія спрямованого синтезу шуканої структури генератора за заданою $F_{Ц}$, в структурі Виду-близнюка ${}^1ЦЛ\ 2.0x$:

$S_{00}, S_{01}, \dots, S_{201}$ – генетично модифіковані парні хромосоми;

S_{301} – шукана хромосома, яка задовольняє заданій $F_{Ц}$;

$\Pi_{101}, \Pi_{102}, \dots, \Pi_{301}$ – популяції технічних рішень; S_{TR} – технічне рішення

Спрямованість траекторії синтезу ЕМ-структури забезпечена заданою $F_{Ц}$ і послідовним застосуванням генетичних операторів синтезу за принципом «від простого до складного», що забезпечує спадкоємність генетичної інформації в процесі ускладнення електромагнітних хромосом.

Результати розшифрування синтезованих хромосом та їх генетичних формул приведено в табл. 8.2 Процедура синтезу була завершена на рівні породжувальної хромосоми (S_{301}), структура якої повністю задовольняє заданій цільовій функції.

Процедури розпізнавання генетичної інформації в ЕМ-об'єктах відносять до методології генетичного аналізу. Задачі такого типу виникають при ідентифікації універсальних генетичних кодів, визначення Видової, таксономічної

і функціональної приналежності ЕМ-об'єктів, при розв'язанні системних задач структурного передбачення та ін.

Таблиця 8.2

Результати розшифрування геному Виду-близнюка ${}^1ЦЛ\ 2.0x$

Електро-магнітна хромосома	Генетична інформація і статус хромосоми	Генетична формула
*S_0	Батьківська хромосома- ізопоп: циліндрична дугова, електромагнітно дисиметрична, x - орієнтована (породжувальна)	${}^1ЦЛ\ 2.0x$
S_{00}	Парна електромагнітна хромосома з магнітоелектричним збудженням (породжувальна)	$({}^1ЦЛ\ 2.0x)_1 \times ({}^1ЦЛ\ 2.0x)_2$
S_{01}	Просторово інверсна хромосома S_{00} (породжувальна)	$[({}^1ЦЛ\ 2.0x)_1 \times ({}^1ЦЛ\ 2.0x)_2]^{-1}$
S_{10}	Електромагнітно реплікована, трьохелементна ($k_R = 3$) хромосома S_{00} - (інформаційна)	$[({}^1ЦЛ\ 2.0x)_1 \times ({}^1ЦЛ\ 2.0x)_2] k_R$
S_{101}	Просторова хромосома-ізомер поворотного типу ($\alpha = 120^\circ$), (породжувальна)	$3[({}^1ЦЛ\ 2.0x)_2 \times ({}^1ЦЛ\ 2.0x)_1] k_{R\alpha}$
S_{102}	Просторова хромосома-ізомер аксіального типу (x -координата), (породжувальна)	$3[({}^1ЦЛ\ 2.0x)_2 \times ({}^1ЦЛ\ 2.0x)_1] k_{Rx}$
S_{103}	Просторова хромосома-ізомер змішаного типу(x -координата $\alpha = 120^\circ$) (породжувальна)	$3[({}^1ЦЛ\ 2.0x)_2 \times ({}^1ЦЛ\ 2.0x)_1] k_{Rx\alpha}$
S_{201}	Електромагнітно симетрована хромосома S_{101} (груповий кро-синговер C_{ABC}), (породжувальна)	$3[({}^1ЦЛ\ 2.0x)_2 \times ({}^1ЦЛ\ 2.0x)_1] k_{Rx\alpha}; C_{ABC}$
S_{301}	Шукана структура (генератор - рушій), отримана в результаті просторового поєднання хромосоми S_{201} з механічним рушієм D (породжувальна)	$\{3[({}^1ЦЛ\ 2.0x)_2 \times ({}^1ЦЛ\ 2.0x)_1] k_{Rx\alpha}; C_{ABC}\} \times \{D\}$

Результати синтезу складають вихідну інформаційну основу для вибору і розробки оригінальних технічних рішень.

На популяційному рівні, межі генетичної мінливості ЕМ-об'єктів визначають відповідною сукупністю операторів генетичного синтезу, які конкретизують структуру геному і визначають межі генетичної мінливості Виду. Кожному з операторів синтезу ставлять у відповідність конкретні структурні ознаки ЕМ-об'єкта (табл. 8.3).

**Взаємозв'язок операторів генетичного синтезу з структурними ознаками
електромеханічного об'єкта**

Оператор генетичного синтезу	Формалізований запис	Принципи структурної реалізації	Приклади технічної реалізації (в ЕМ-об'єктах)
Реплікація	$f^R(s_i) = (s_1, s_2, \dots, s_k)$	Багатоелементність Модульність Секціонування	Багатоіндукторні та багатороторні ЕМ; багатообмоткові та секціоновані індуктори (статори)
Схрещування	$f^S(s_i, s_j) = (s_i \times s_j)$	Гібридизація Суміщення Інтеграція	Дво-, три-, багатостепеневі ЕМ; ЕМ з комбінованими видами руху; ЕМ-системи типу «мотор – колесо», «мотор-редуктор», «генератор – вітротурбіна»
Інверсія	$f^I(s_1, s_2) = (s_2, s_1)^{-1}$	Оберненість Перестановка	Просторова: ЕМ з зовнішнім ротором; Електромагнітна: ЕМ-системи з зустрічними електромагнітними полями, з зустрічним рухом рухомих частин
Кросингвер	f^K	Перехрест Транспозиція	Симетрування фазних струмів, активних, індуктивних та ємнісних опорів
Мутація	$f^M(s_i)$	Порушення пропорцій та еквідистантності і активних поверхонь, порушення відносних геометричних розмірів, ...	ЕМ з котким ротором; багатостаторні ЕМ; багатороторні ЕМ; ЕМ з порушенням принципу оборотності

Відповідність, наведена у табл. 8.3, дозволяє здійснювати постановку зворотної задачі (по відношенню до задачі структурного синтезу), а саме, задачу визначення операторів генетичного синтезу за заданою структурою електромеханічного об'єкта.

В загальному випадку, методика ідентифікації операторів генетичного синтезу містить наступні основні процедури:

- аналіз особливостей конструкції досліджуваного об'єкта;
- ідентифікацію складових універсального генетичного коду і визначення Видової приналежності об'єкта;
- синтез генетичної програми і визначення рівня складності досліджуваного ЕМ-об'єкта;
- визначення генетичних операторів синтезу.

8.2 Приклади задач

Задача 8-1. За заданим генетичним кодом структури ЕМ-об'єкта (табл. 8.1 відповідно до варіанту), з використанням генетичних операторів синтезу реплікації, інверсії і мутації синтезувати відповідні структури і описати їх властивості.

Таблиця 8.1

Варіанти задачі 8-1

Варіант	Генетичний код	Варіант	Генетичний код
1	<i>ЦЛ 2.2 у</i>	4	<i>КН 0.0 у</i>
2	<i>ПЛ 2.0 х</i>	5	<i>ПЛ 0.0 х</i>
3	<i>ЦЛ 2.0 х</i>	6	<i>ТП 0.2 у</i>

8.3 Завдання для самостійної роботи

Дати відповідь на наступні запитання:

1. Чим пояснити, що в біологічних і електромеханічних системах використовують ідентичні принципи генетичного синтезу ?
2. Чим підтвердити наявність генетичних принципів структуротворення в технічно реалізованих об'єктах ?
3. Який генетичний оператор визначає процедуру синтезу гібридних ЕМ-об'єктів ?
4. Чому оператор реплікації породжує хромосоми інформаційного типу ?
5. Який генетичний оператор використовують в задачах симетрування фазних параметрів несиметричних трифазних об'єктів ?
6. Який принцип визначає послідовність застосування генетичних операторів в моделях генетичного синтезу ?
7. На якому етапі завершують процедуру синтезу генетичної моделі ?

9 РОЗВ'ЯЗАННЯ ІННОВАЦІЙНИХ ЗАДАЧ З ВИКОРИСТАННЯМ ГЕНЕТИЧНИХ ТА ЕВОЛЮЦІЙНИХ МОДЕЛЕЙ

9.1 Основні положення

Експериментальну перевірку геномно-історичної відповідності між елементним базисом і реальним процесом структуроутворення ЕМ-систем здійснюють методами генетичного і геномного аналізу шляхом ідентифікації генетичних кодів відомих різновидів електричних машин і електромагнітних пристроїв різного функціонального призначення.

Експериментальні дослідження можна проводити на всіх п'яти рівнях структурної організації ЕМПЕ. Геномно-історичну відповідність на об'єктному і Видовому рівнях багаторазово підтверджено також іншими дослідниками для різних функціональних класів ЕМ-систем.

Задача геномно-прогностичних досліджень полягає в експериментальному підтвердженні результатів генетичного і структурного передбачення. Реалізація експерименту здійснювалася шляхом зміни еволюційного статусу об'єктів передбачення (ЕМ-об'єктів, Видів, гомологічних рядів ЕМПЕ), тобто, спрямованим переводом неявних ЕМ-об'єктів, отриманих за результатами передбачення, в реально-інформаційні з відповідним документальним підтвердженням (патентуванням) їх новизни і корисності.

Реалізація програм геномно-еволюційних експериментів, виконаних в КПІ ім. І. Сікорського, а також отриманих іншими дослідниками впродовж останніх 10 років, підтвердили достовірність наукових положень теорії генетичної еволюції електромеханічних об'єктів, що свідчить про коректність розроблених генетичних моделей макро- і мікроеволюції і застосовності методології їх генетичний аналізу і синтезу для широкого кола системних задач генетичної і структурної електромеханіки.

Геномно-прогностичний експеримент – вид еволюційного експерименту, задача якого полягає у підтвердженні достовірності результатів генетичного передбачення. Така постановка експерименту свідчить про його виняткову складність у порівнянні з геномно-історичним експериментом. Зазначена

складність обумовлена необхідністю виконання важливих і водночас складних процедур, які відсутні в історичному еволюційному експерименті, а саме:

- визначення і розшифрування генетичної програми досліджуваного класу ЕМ-систем;
- здійснення структурного передбачення;
- здійснення спрямованого синтезу обраних ЕМ-структур з потенційною новизною;
- розробку оригінальних технічних рішень;
- патентний захист і отримання охоронних документів, що підтверджують новизну і конкурентоспроможність синтезованих об'єктів.

Методика геномно-прогностичного експерименту, в загальному випадку, включає наступну послідовність процедур:

- визначення і аналіз генетичної програми досліджуваного класу ЕМ-об'єктів з використанням технології структурного передбачення;
- проведення інформаційно-патентного пошуку за об'єктом дослідження з метою виявлення відомих структурних представників реально-інформаційних Видів;
- визначення неясних Видів шляхом порівняльного аналізу результатів передбачення і інформаційного пошуку;
- вибір «ідеального» гомологічного ряду ЕМ-об'єктів для реалізації експерименту;
- здійснення спрямованого структурного синтезу об'єктів гомологічного ряду;
- розробка конкурентоздатних технічних рішень за результатами синтезу і попередня перевірка їх на патентну чистоту;
- розробка супровідної документації і здійснення патентного захисту оригінальних технічних рішень;
- узагальнення результатів геномно-прогностичного експерименту за підсумками патентування;
- створення генетичного банку даних за результатами досліджень.

9.2 Приклади задач

Задача 9-1. Побудувати інформаційну базу даних для побудови моделі макроеволюції видової різноманітності для заданого функціонального класу, використовуючи вихідні дані з табл. 9.1.

Таблиця 9.1

Варіанти даних до задачі 9-1

Варіант	Вихідні дані для побудови еволюційної траєкторії
1	1922 – ЦЛ 0.0 у; 1938 – ЦЛ 2.0 х; 1959 – ПЛ 2.0 х; 1989 – ТП 0.0 у
2	1888 – ЦЛ 0.2 у; 1934 – ТП 0.2 у; 1973 – ЦЛ 2.2 у; 1992 – СФ 0.2 у
3	1922 – ЦЛ 2.2 у; 1938 – ЦЛ 2.0 х; 1973 – КН 0.2 у; 1992 – СФ 2.2у

9.3 Завдання для самостійної роботи

Дати відповіді на наступні питання:

1. В чому полягає відмінність еволюційних експериментів від фізичних ?
2. Які задачі еволюційних експериментів ?
3. Чим зумовлено два напрями організації еволюційних експериментів ?
4. Які вихідні дані використовуються для організації геномно-історичних експериментів?
5. В чому полягає суть геномно-прогностичного експерименту ?
6. В чому полягає складність проведення геномно-прогностичного експерименту ?
7. Як здійснюється відкриття нових Видів ЕМПЕ ?
8. Чим відрізняється концепція керованої еволюції від еволюції, що спостерігається ?
9. Як за еволюційною траєкторією розпізнати технологію керованої еволюції ?
10. В чому полягають похибки еволюційних експериментів ?
11. В чому полягають переваги стратегії керованої еволюції ?

10 ПІДГОТОВКА ДО МОДУЛЬНОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

Модульна контрольна робота має бути виконана студентом у встановлений силабусом дисципліни термін і є одним із контрольних заходів поточного контролю успішності. Нижче наведено кілька прикладів можливих варіантів завдань для МКР.

Варіант 1

За заданою вихідною інформацією (патентними даними конструктивних варіантів асинхронних двигунів та описом структури-прототипу:

1. Визначити область існування GK базових видів АД з кільцевими обмотками статора.

2. Побудувати еволюційну траєкторію процесу макроеволюції для структур заданої родини АД. Визначити час еволюції TE родини АД.

3. Визначити область існування потенційно нових базових видів, що належать до заданої родини АД та побудувати їх еволюційну траєкторію.

4. За заданим прототипом синтезувати та візуалізувати одну з споріднених базових структур (задається індивідуально), яка відноситься до області існування.

5. На геометричній моделі синтезованої структури вказати:

- генетичний код первинного джерела поля;
- повітряний зазор;
- місцезнаходження та орієнтацію активних сторін обмотки статора;
- контур замикання основного магнітного потоку;
- довжину полюсного поділу;
- напрямок руху рухомої частини.

6. Визначити коефіцієнти ефективності пошукових процедур K_T та K_S .

Вихідні дані для побудови еволюційної траєкторії:

1922 – ЦЛ 0.0 y; 1938 – ЦЛ 2.0 x; 1959 – ПЛ 2.0 x; 1989 – ТП 0.0 y.

Варіант 2.

За заданою вихідною інформацією (патентними даними конструктивних варіантів асинхронних двигунів та описом структури-прототипу):

1. Визначити область існування базових видів АД обертального руху з двостороннім статором і немагнітною рухомою частиною.

2. Побудувати еволюційну траєкторію процесу макроеволюції для структур заданої родини АД. Визначити час еволюції T_E родини АД.

3. Визначити область існування потенційно нових базових видів АД, що належать до заданої родини АД та побудувати їх еволюційну траєкторію.

4. За заданим прототипом синтезувати та візуалізувати одну з споріднених базових структур (задається індивідуально), яка відноситься до області існування.

5. На геометричній моделі синтезованої структури вказати:

- генетичний код первинного джерела поля;
- повітряний зазор;
- місцезнаходження та орієнтацію активних сторін обмотки статора;
- контур замикання основного магнітного потоку;
- довжину полюсного поділу;
- напрямок руху рухомої частини.

6. Визначити коефіцієнти ефективності пошукових процедур K_T та K_S .

Вихідні дані для побудови еволюційної траєкторії:

1888 – ЦЛ 0.2 у; 1934 – ТП 0.2 у; 1973 – ЦЛ 2.2 у; 1992 – СФ 0.2 у.

Варіант 3.

За заданою вихідною інформацією (патентними даними конструктивних варіантів асинхронних двигунів та описом структури-прототипу):

1. Визначити область існування базових видів АД з дуговим статором.

2. Побудувати еволюційну траєкторію процесу макроеволюції для структур заданої родини АД. Визначити час еволюції T_E родини АД.

3. Визначити область існування потенційно нових базових видів АД, що належать до заданої родини АД та побудувати їх еволюційну траєкторію.

4. За заданим прототипом синтезувати та візуалізувати одну з споріднених базових структур (задається індивідуально), яка відноситься до області існування.

5. На геометричній моделі синтезованої структури вказати:

- генетичний код первинного джерела поля;
- повітряний зазор;
- місцезнаходження та орієнтацію активних сторін обмотки статора;
- контур замикання основного магнітного потоку;
- довжину полюсного поділу;
- напрямок руху рухомої частини.

6. Визначити коефіцієнти ефективності пошукових процедур K_T та K_S .

Вихідні дані для побудови еволюційної траєкторії:

1922 – ЦЛ 2.2 у; 1938 – ЦЛ 2.0 х; 1973 – КН 0.2 у; 1992 – СФ 2.2.

11 ПІДГОТОВКА ДО СЕМЕСТРОВОГО КОНТРОЛЮ

1. Порівняльний аналіз двох класів задач при дослідженні і створенні електромеханічних систем (ЕМС).
2. Поняття моделі і визначення процесу моделювання.
3. Принципи моделювання.
4. Чотири типи моделюючих співвідношень в задачах моделювання.
5. Проблема універсальності і точності моделі. Проблема вибору моделі.
6. Основні задачі і моделі класичної електромеханіки.
7. Область коректного застосування моделі узагальненої ЕМ в структурі генетичної класифікації.
8. Фізичне моделювання ЕМС.
9. Генетична модель структурної будови і розвитку ЕМС.
10. Генетична класифікація первинних джерел електромагнітного поля – системна модель структурної організації і розвитку ЕМС.
11. Періодична структура системної моделі.
12. Прогностична функція системної моделі. Правило «зірковості».
13. Принцип топологічної інваріантності первинних джерел електромагнітного поля і його прояви в структурній еволюції ЕМ-систем.
14. Принцип парності первинних джерел електромагнітного поля і його прояви в структурній еволюції ЕМ-систем.
15. Принцип кодування генетичної інформації ЕМ-об'єктів. Структура універсального генетичного коду первинного джерела поля.
16. Зв'язок структури генетичного коду з кінцевими електромагнітними ефектами.
17. Функції генетичного коду.
18. Методика ідентифікації генетичного коду за заданим ЕМ-об'єктом.
19. Правило супідрядності в структурі системної моделі.
20. Принцип збереження генетичної інформації електромеханічного об'єкта.

21. Методика ідентифікації генетичного коду за заданим ЕМ-об'єктом.
22. Моделі мікроеволюції ЕМС (побудова, задачі моделювання).
23. Моделі макроеволюції ЕМС (побудова, задачі моделювання)..
24. Природа прогностичної функції генетичних і еволюційних моделей ЕМС.
25. Закон гомологічних рядів (ЗГР) ЕМ-систем. Поняття «ідеального» і «реального» гомологічного ряду.
26. Методи інноваційного синтезу ЕМ-структур з використанням ЗГР.
27. Прогностична функція закону гомологічних рядів та її практичне використання.
28. Поняття і визначення Виду ЕМС. Класифікація Видів ЕМ.
29. Генетичні моделі видоутворення (синтез, структура, задачі моделювання).
30. Прогностична функція моделей видоутворення та її практичне використання.
31. Генетичний оператор схрещування і його структурні еквіваленти.
32. Генетичний оператор реплікації і його структурні еквіваленти.
33. Генетичний оператор інверсії і його структурні еквіваленти.
34. Генетичний оператор кросинговеру і його структурні еквіваленти.
35. Генетичний оператор мутації і його структурні еквіваленти.
36. Поняття області існування (генетичної макропрограми). Алгоритм визначення області існування довільних функціональних класів ЕМ-систем.
37. Методи ідентифікації генетичних операторів синтезу.
38. Використання генетичних та еволюційних моделей в задачах інноваційного проектування.
39. Технологія генетичного передбачення та її складові.
40. Генетичні банки інновацій функціональних класів ЕМ-систем та їх практичне значення.

Перелік посилань

1. Моделювання електромеханічних систем [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка", спеціалізації "Електричні машини і апарати" / В.Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська, В.В. Котлярова. - Електронні текстові дані (1 файл: X,XX Мб). - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. - 258 с. українською мовою; Затверджено Вченою радою КПІ ім. Ігоря Сікорського Протокол № 10; дата 04.11.2019. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38793>
2. Методичні рекомендації до практичних занять з дисципліни «Моделювання електромеханічних систем» / Укл.: Шинкаренко В.Ф., Шиманська А.А., Котлярова В.В. (Ухв. Радою ФЕА : протокол № 9 від 25.04.16). – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 70 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38705>
3. Modeling of electromechanical systems: Tasks with examples of solution [Electronic resource]: Tutorial for students studying for Specialty 141 «Electricity, electrical engineering and electromechanics», educational program «Electric Machines and Apparatus» / Igor Sikorsky KPI; compilers: Vasyl Shynkarenko, Anna Shymanska, Victoria Kotliarova . – Electronic text data (1 file: 2.376 kB). – Kyiv: Igor Sikorsky KPI, 2021. – 30 p. Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського; Протокол № 7 від 13.05.2021. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41116>
4. Calculation and graphic work of the «Modeling of electromechanical systems» discipline [Electronic resource]: Tutorial for students studying for Specialty 141 «Electricity, electrical engineering and electromechanics», educational program «Electric Machines and Apparatus» / Igor Sikorsky KPI; compilers: Vasyl Shynkarenko, Anna Shymanska, Victoria Kotliarova . – Electronic text data (1 file: 899 kB). – Kyiv: Igor Sikorsky KPI, 2021. – 41 p. Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського; Протокол № 7 від 13.05.2021. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41122>
5. Словник із структурної і генетичної електромеханіки / В. Ф. Шинкаренко, А.А. Шиманська. Рекомендовано Вченою радою НТУУ «КПІ». (Протокол № 4 від 12.05.15). – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 112 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/38693>
6. Дистанційний курс «Моделювання електромеханічних систем» <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=635>