

ЛЕКЦІЯ 2

ПРИНЦИПИ І РІВНІ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ПЛАН

1. Принципи мехатроніки
2. Структура побудови та рівні інтеграції електромехатронних систем
3. Мехатронні технологічні машини
4. Контрольні запитання

1. Принципи мехатроніки

Загальні тенденції розвитку техніки і особливостей мехатроніки, а також робототехніки безпосередньо визначають основні принципи, які мають системний підхід з урахуванням закону ступеня $3/2$, поетапну мініатюризацію, уніфікацію, інтеграцію, інтелектуалізацію.

Робота мехатронних систем заснована на наступних основних принципах:

- *Перший принцип* – системне проектування (тобто синтез виробів мехатроніки) на основі загальносистемних критеріїв без декомпозиції на окремі функціональні компоненти. Реалізація цього принципу стала можливою тільки на певному етапі розвитку науки і на шляху його подальшого вдосконалення. При цьому існує ще багато проблем в частині формування загальносистемних критеріїв і розробки методів синтезу на їх основі.
- *Другий принцип* – поетапна мініатюризація елементів шляхом послідовного освоєння різного порядку розмірностей виробів у вигляді окремих поколінь техніки. Кожне таке покоління вимагає нових відповідних технологій. При цьому для реалізації ідей необхідно технологічне обладнання, засноване на техніці попередньої розмірності.

- Наприклад, реалізація цього принципу в мікромехатроніці передбачає розвиток 3D мехатронних і мікросистемних технологій на основі 2D технологій мікроелектроніки, створених на попередньому етапі розвитку техніки. Створення нанотехнологій, в свою чергу, передбачає використання мікротехніки (наприклад, мікроманіпуляторів і тощо).

- *Третій принцип* – уніфікація функціональних компонентів. В ході мініатюризації для систем до дециметрової розмірності цей принцип реалізується у вигляді модульної побудови систем з типу розмірних рядів. Вони мають конструктивно уніфіковані функціональні компоненти (рис. 1), такі як: енергоживлення, сенсорні, інформаційно-керуючі, виконавчі (приводні).

З урахуванням основних вимог до компонентів їх можна об'єднати в дві групи: інформаційні і силові.

Зі зменшенням габаритних розмірів елементів виробів до рівня сантиметрової розмірності загальносистемна оптимізація призводить до взаємного проникнення (конвергенції) цих функціональних компонентів. Це дає зниження вагогабаритних параметрів, підвищення швидкодії і надійності (перш за все за рахунок зменшення міжкомпонентних зв'язків).

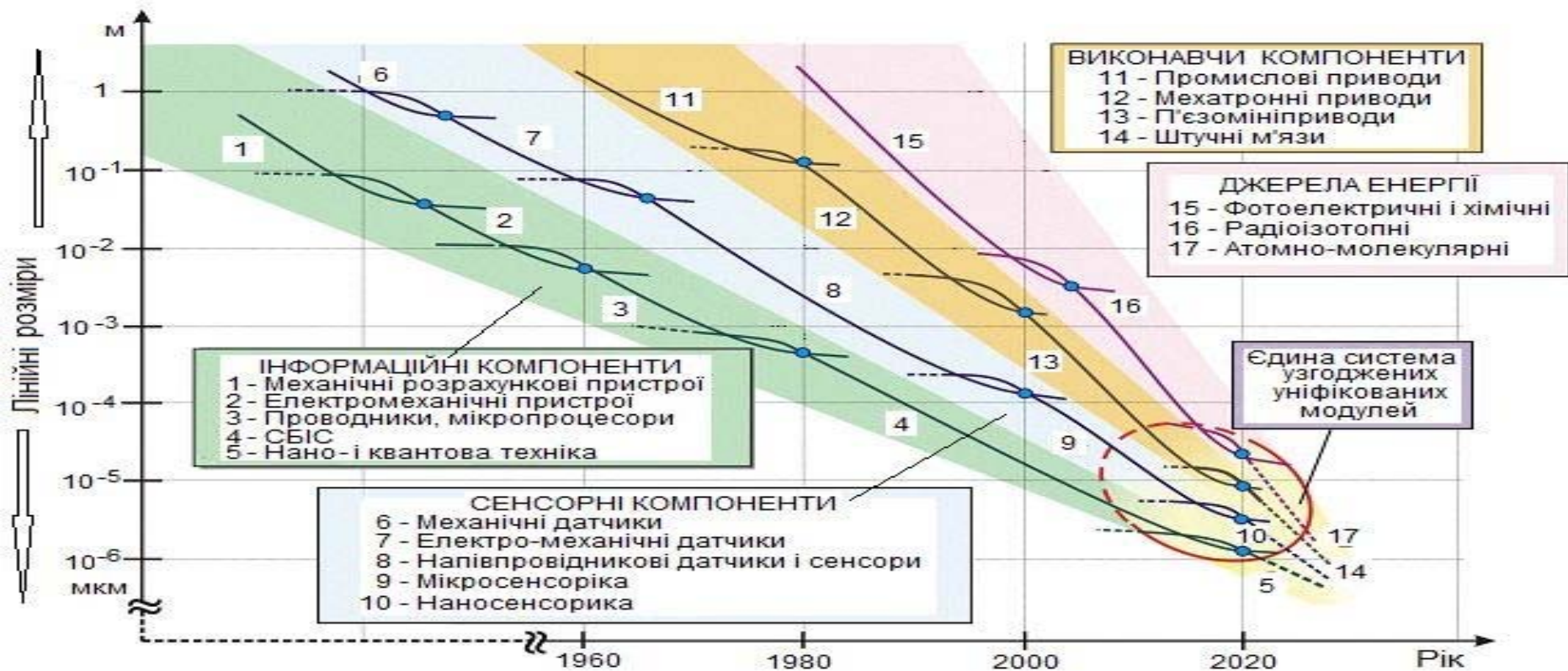


Рисунок 1 – Розвиток компонентів і елементної бази мехатроніки

Першим уже досить освоєним етапом процесу є поширення методів штучного інтелекту з інформаційно-керуючими компонентами, які впливають на інші функціональні компоненти від сенсорних до виконавчих.

Аналогічна тенденція існує в енергоживленні і енергоспоживанні шляхом його децентралізації та введенням вторинних джерел енергії в окремі функціональні компоненти. В основі цих процесів як і раніше лежить загальносистемна оптимізація.

Четвертий принцип – це інтеграція функцій на базі однорідних структур. Принцип побудови систем приходить на зміну модульному при переході до міліметрової розмірності. Цьому передують вказане вище поступове взаємне проникнення функціональних компонентів, яке і завершується переходом до якісно нового типу. Такий перехід містить два етапи.

Перший етап охоплює інформаційні компоненти (сенсорні, інформаційно-керуючі, зв'язку), а другий – силові (виконавчі, енергоживлення).

В даний час перший етап реалізується на основі нейроподібних структур. Кожна функція виконується окремими ділянками таких структур з можливістю їх оперативного перерозподілу і зміни меж. Така організація подібна багатоагентній системі в комп'ютерних мережах. Окремі компоненти втрачають свою конструктивну самостійність і перетворюються в програмний продукт, а саме в програмні агенти-модулі, що функціонують в однорідному матеріальному середовищі.

Другий етап освоєння однорідних структур – це реалізація цього принципу в силових функціональних компонентах. Дане завдання вимагає пошуку нових фізичних принципів і шляхів їх технічної реалізації. Дослідження ведуться по створенню приводів за типом «штучних м'язів». Вони складаються з сотень елементарних мікроактуаторів на основі електроактивних полімерів і по створенню джерел енергоживлення з нанобатарей і нанопаливних елементів. Це сприяє поліпшенню вагогабаритних параметрів і дозволяє кардинально підвищити надійність компонентів і модулів в цілому.

Стосовно до мікромехатронних систем викладене вище узагальнено представлено у таблиці 1.

Розмірність (габарити)	Принцип побудови (структура)	Рівень керування
10^{-1} м (дм)	Модульна побудова на основі конструктивно уніфікованих типорозмірних рядів функціональних модулів	Адаптивність
10^{-2} м (см)	Взаємопроникненні функціональні компоненти	Штучний інтелект
10^{-3} м (мм)	Однорідні структури з розподіленими функціями	Штучний розум (Інтелект + креативність)

Таблиця 1 – Типи покоління мікромехатронних систем

- *П'ятий принцип* – інтелектуалізація, як окремих функціональних компонентів, так і загальносистемних функцій. Подальшим розвитком цього принципу буде технічне освоєння творчих (креативних) здібностей людини.

- *Шостий принцип* – це так званий закон ступеня $3/2$. Він відноситься до мініатюризації і полягає в тому, що в силу різного порядку розмірностей обсягу поверхні (2) об'єктів при їх мініатюризації відбувається збільшення значущості поверхневих явищ (наприклад, теплообміну із зовнішнім середовищем і тощо) у порівнянні з об'ємними явищами (наприклад, інерція і тощо).

В результаті відповідно підлягають перегляду принципи побудови, методи розрахунку і проектування мехатронних систем по мірі їх мініатюризації

2. Структура побудови та рівні інтеграції електромехатронних систем

Мехатронні пристрої – це клас машин або вузлів, що базується на використанні досягнень точної механіки, електроприводу, електроніки, комп'ютерного керування. Всі ці елементи можна зустріти у величезній кількості традиційної техніки.

Мехатронні пристрої можна визначити по ряду ознак:

1. Наявність інтеграції наступних функціональних елементів:

- вихідної механічної ланки (ВМЛ), яка виконує зовнішні функції мехатронного пристрою;
- двигуна вихідної ланки з механізмом передачі руху до ВМЛ;
- підсилувача-перетворювача енергії живлення двигуна (ППЕЖ);
- пристрою цифрового програмного керування приводом;
- інформаційної системи, яка контролює стан зовнішнього середовища і внутрішніх параметрів мехатронного пристрою.

2. Мінімум перетворень інформації і енергії (наприклад, пряме цифрове керування безредукторним приводом).
3. Використання одного і того ж елемента мехатронного пристрою для реалізації декількох функцій (наприклад, параметри двигуна: струм, протидія ЕРС), що використовуються для вимірювання його моменту і швидкості (принцип поєднання функцій).
4. Проектування функцій різних елементів мехатронного пристрою таким чином, щоб мета службового призначення виробу досягалася спільним виконанням цих функцій без їх дублювання і з максимальним ефектом (принцип синергетики).
5. Об'єднання корпусів вузлів мехатронного пристрою (принцип поєднання корпусів).

Пристрій комп'ютерного керування здійснює основні функції:

- керування процесом механічного руху мехатронного модуля або багатовимірної системи в реальному часі з обробкою сенсорної інформації.
- організації керування функціональними рухами мехатронної системи, яка передбачає координацію керування її механічним рухом і супутніми зовнішніми процесами. Як правило, для реалізації функції керування зовнішніми процесами використовуються дискретні входи/виходи пристрою.
- взаємодії з системою «людина-оператор» через машинний інтерфейс в режимах автономного програмування (режим off-line) і безпосередньо в процесі руху мехатронної системи (режим on-line)
- організації обміну даними з периферійними пристроями, сенсорами і іншими пристроями системи.

Якісно нові властивості мехатронних модулів в порівнянні з традиційними приводами досягаються синергетичною інтеграцією складових елементів.

Синергетична інтеграція – це не просто з'єднання окремих частин в систему за допомогою інтерфейсних блоків, а побудова єдиного приводного модуля через конструктивне об'єднання і навіть взаємопроникнення елементів, які мають, як правило, різну фізичну природу.

Призначення мехатронних модулів є реалізація заданого керованого руху, як правило, по одній керованій координаті.

Мехатронні модулі руху є тими функціональними «кубиками», з яких потім можна компонувати складні багатокординатійно мехатронні системи.

Сутність мехатронного підходу до проектування полягає в об'єднанні в єдиний приводний модуль складових елементів (рис. 2).

Декомпозиція функціональних підсистем - класичний підхід щодо проектування та будування великогабаритних складних систем



Мехатронний модуль - мультифункціональний елемент з перепрограмованою конфігурацією зв'язків



Конвергенція підсистем на базі мехатронних технологій, яка визначає перехід до системного проектуванню



ФАЗИ РОЗВИТКУ

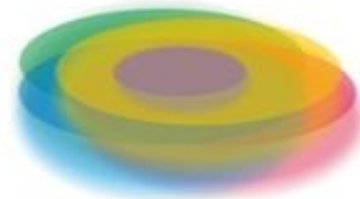
Фаза 1

Частична інтеграція функцій окремих елементів системи



Фаза 2

Домінування багатофункціональних елементів



Фаза 3

Будова системи на базі мехатронних модулів

Рисунок 2 – Підходи до проектування і методології побудови складних технічних систем

- Застосування мехатронного підходу до проектування модуля руху базується на визначенні можливих точок інтеграції елементів в структурі приводу. Виявивши також точки інтеграції можна потім на основі техніко-економічного та технологічного аналізу приймати конкретні інженерні рішення на проектування і виготовлення модуля руху.
- Наприклад, на вхід мехатронного модуля надходить інформація про мету руху, яка формується верхнім рівнем системи керування. Виходом є цілеспрямований мехатронний рух кінцевої ланки, наприклад, переміщення вихідного валу модуля.
- Для фізичної реалізації електромеханічного мехатронного модуля теоретично необхідні чотири основних функціональних блоків, які послідовно з'єднані. Наприклад, інформаційно-електричний і електромеханічний, функціональний перетворювач в прямому ланцюзі і електроінформаційний та механіко інформаційні перетворювачі в колі зворотного зв'язку.

3. Мехатронні технологічні машини

- У багатьох областях техніки мехатронні системи приходять на зміну традиційним електричним та механічним машинам, які вже не відповідають сучасним якісним вимогам. Мехатронний підхід в побудові машин нового покоління полягає в перенесенні функціонального навантаження від механічних вузлів до інтелектуальних, електронним, комп'ютерним інформаційним компонентам, які легко перепрограмуються під нове завдання і при цьому мають низьку коштовність. Наприклад, функціональний аналіз нових виробничих машин показує, що частка механічної частини скоротилася з 70 % на початку 1990-х років до 25–30 % на сьогодні. Принципово важливо підкреслити, що мехатронний підхід у проектуванні передбачається не розширення, а саме заміщення функцій, які традиційно виконуються механічними елементами системи, на електронні та комп'ютерні блоки.
- На цей час широке застосування знайшли технологічні машини – гексаподи (рис. 3), які використовуються в енергетичній галузі для діагностики і обслуговування ліній електропередач, систем захисту та ін.

Такі гексаподи також можуть представляти собою обробні верстати, координатно-вимірювальні машини. У основі їх конструктивної схеми знаходиться платформа Г'ю - Стюарта. Особливістю таких машин є механізм, який має шість незалежних ніг на шарнірних з'єднаннях. Довжину ніг можна змінювати і, тим самим, можна змінювати орієнтацію платформи.

Всі показані технологічні машини відносяться до мехатронних систем.

Побудова діагностичного прогнозу, розвиток машинобудування і вибір

основних тенденцій і стратегій концентрується на:

- інтеграції технологій і знань;
- Інтелектуалізації виробничих технологій;
- мехатронних технологій машин і роботів;

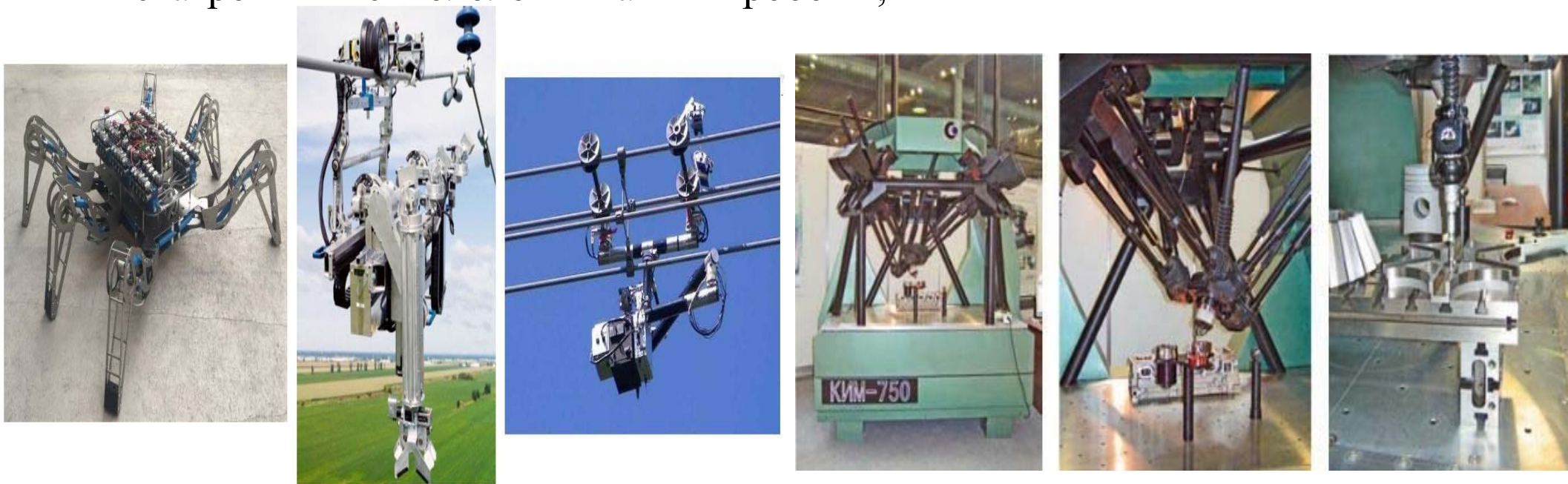


Рисунок 3 – Загальний вигляд технологічних машин-гексаподів

- ❑ Саме системний підхід диктує нові вимоги щодо вбудованих механічних і гібридних компонентів. Це, зі свого боку, веде до розвитку нових технологій і конструкторських рішень в області енергетики та механіки.
- ❑ Як основна класифікаційна ознака у мехатроніки за доцільне прийнятий рівень інтеграції складових елементів. Відповідно до цієї ознаки можна розділяти системи також за рівнями, з урахуванням історичної їх появи на ринку наукомісткої продукції.
- ❑ Наприклад, мехатронні модулі першого рівня являють собою об'єднання тільки двох вихідних елементів. Типовим прикладом модуля першого покоління може служити «мотор-редуктор», де редуктор і керований двигун випускаються як єдиний функціональний елемент.
- ❑ Мехатронні модулі другого рівня з'явилися у 1980-х роках у зв'язку з розвитком нових електронних технологій, які дозволили створити мініатюрні датчики і електронні блоки для обробки їх сигналів.
- ❑ На основі цих модулів створювались мехатронні системи, які знайшли широке застосування у засобах комплексної автоматизації виробництва (конвеєрів, транспортерів, поворотних столів, допоміжних маніпуляторів).



- ❑ Об'єднання приводних модулів з зазначеними елементами привело до появи мехатронних систем другого покоління. Їх склад повністю відповідає визначенню, коли досягнута інтеграція трьох пристроїв різної фізичної природи: механічних, електричних та електронних. На базі мехатронних модулів та систем даного класу створені керовані енергетичні машини (турбіни і генератори), верстати і промислові роботи з числовим програмним керуванням.
- ❑ Розвиток третього покоління мехатронних систем обумовлено появою на ринку порівняно не коштовних мікропроцесорів і контролерів. На їх базі інтелектуалізація всіх процесів, що протікають у мехатронній системі. Це, у першу чергу, стосується процесів керування функціональними рухами машин і агрегатів.
- ❑ Одночасно йде розробка нових принципів і технологій виготовлення високоточних і компактних механічних вузлів, а також нових типів електродвигунів (високомоментних, безколекторних і лінійних), датчиків зворотного зв'язку і інформації.
- ❑ Синтез нових прецизійних, інформаційних і вимірювальних наукомістких технологій дає основу для проектування і виготовлення інтелектуальних мехатронних модулів і систем. Надалі мехатронні машини і системи будуть об'єднуватися в мехатронні комплекси на базі єдиних інтеграційних платформ.
- ❑ Мета створення таких комплексів – домогтися поєднання високої продуктивності і одночасно гнучкості техніко-технологічного середовища за рахунок можливості її реконфігурації. Це дозволить забезпечити конкурентоспроможність і високу якість продукції мехатроніки, що випускається на ринках ХХІ століття.

• Контрольні запитання

1. Перелічити основні принципи мехатроніки. Проаналізувати їх особливості.
2. Що є мехатронними пристроями?
3. Перелічити ознаки мехатронних пристроїв.
4. Які основні функції здійснюють пристрої комп'ютерного керування?
5. Дати поняття синергетичної інтеграції.
6. У чому полягає сутність мехатронного підходу? Навести методологію побудови складних технічних систем.
7. Дати поняття гексаподів і що вони собою представляють? Навести приклади їх використання.
8. На чому концентруються тенденції діагностичного прогнозу та розвиток мехатронних систем?
9. У чому полягає мета створення мехатронних комплексів?