

# Методи проектування

## Розділ 2

- *Системний підхід до проектування.*
- *Загальна модель конструкції ЕА.*
- *Різновиди проектування за видом діяльності конструктора.*
- *Ієрархічне конструювання.*
- *Модульний принцип конструювання.*

# Системне проектування

*Схема процесу проектування:*

- *Постановка завдання – формулювання конкретних вимог до об'єкта;*
- *Пошук рішень – підбір варіантів;*
- *Прийняття рішення – вибір і обґрунтування найкращого (оптим.) варіанта з числа можливих на основі чітко сформульованого критерію оптимізації;*
- *Виконання рішення – розроблення КД за вибраним варіантом;*
- *Оцінка здобутих результатів порівняння із заданими вимогами;*
- *Коректування схеми та конструкцій в разі потреби.*

*В кінці ХХ ст. зросла складність проєктованих об'єктів та їх вплив на суспільство та навколишнє середовище, тяжкість наслідків аварій через помилки розробки і експлуатації, високі вимоги до якості і ціни, скорочення строків випуску нової продукції. Необхідність врахування цих обставин заставляла вносити зміни в традиційний характер і методологію проєктної діяльності.*

*При створенні об'єктів їх необхідно розглядати у вигляді систем, тобто комплексу взаємозв'язаних внутрішніх елементів з певною структурою, широким набором властивостей і різними внутрішніми та зовнішніми зв'язками. Сформувалась нова проєктна ідеологія – системне проектування.*

*Системне проектування повинно базуватися на системному підході. На сьогоднішній день не можна стверджувати, що відомий повний його склад і зміст. Найбільш важливі:*

- *Практична цінність: діяльність повинна бути цілеспрямована (на задоволення потреб реального споживача чи певної соціальної, вікової групи людей), доцільною (визначити причини, що заважають використанню існуючих об'єктів) обґрунтована і ефективна (розумним буде використання не будь-якого рішення задачі, а пошук оптимального варіанту);*
- *Єдність складових частин: будь-який об'єкт розглядати як систему, всередині якого можна виділити логічно зв'язані більш прості частини; об'єкт призначений для людей, тому людина також обов'язково розглядається в якості однієї з взаємодіючих систем (не тільки фізична взаємодія, але й духовно-естетична); зовнішнє середовище також розглядається в якості однієї з взаємодіючих систем;*
- *Зміна в часі: врахування етапів життєвого циклу об'єкта; врахування історії та перспектив розвитку і застосування об'єкта, а також областей науки і техніки, на досягненнях яких базуються відповідні розробки.*

# Системний підхід

*Системний підхід передбачає розгляд об'єкта проектування як системи. В загальному випадку під системою розуміють сукупність взаємозв'язаних об'єктів, що розглядаються як одне ціле.*

*В основі системного підходу лежать принципи цілісності, багатоаспектності, ієрархічності і цільовий принцип.*

*Принцип цілісності означає властивості системи не тотожні сумі властивостей її складових частин і невиводимість властивостей системи тільки з властивостей її частин, тобто поява нових властивостей відсутніх у її частин.*

*Принцип багатоаспектності передбачає розглядання об'єкта з різних точок зору, тобто в цілісному розгляді різних аспектів. Цей принцип призводить до стратегії «сірого ящика» в додаток до стратегії «чорного ящика», яка передбачає цілісний розгляд об'єкта як взаємозв'язок «входів» і «виходів».*

*Принцип ієрархічності передбачає структурну багаторівневу декомпозицію об'єкта. Так в конструкції ЕЗ можна виділити несучі конструкції, чарунки тощо. В свою чергу чарунки складаються з ЕРЕ, друкованих плат, з'єднань.*

*Цільовий принцип передбачає чітке формулювання цілі, яка визначається на основі розгляду метасистеми (частіше це об'єкт установки - автомобіль, літак).*

*В загальному випадку під системою розуміють сукупність взаємозв'язаних об'єктів, що розглядаються як одне ціле, якщо виконуються умови:*

- 1) сформульовані ціль, що стоїть перед системою, і критерії якості її функціонування;*
- 2) можуть бути виділені частини, які є самостійними підсистемами даної системи;*
- 3) може існувати інша система, що включає дану як підсистему.*

# ЕА

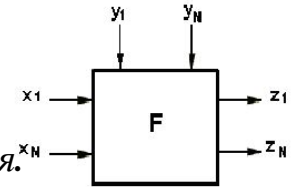
Кожну конструкцію ЕА можна представити як систему, що складається зі змінних  $X$  і незмінних  $Y$  факторів (обмежень), показників якості  $Z$  і зв'язків  $F$  між факторами і показниками якості (рис.).

До змінних в процесі конструювання факторів відносяться: марки матеріалів, форма і розміри елементів конструкції, взаємне розташування компонентів і вузлів, вид електричних зв'язків, характер кріплення компонентів, характер елементів підсилення (ребер) і полегшення (вибірок) несучих елементів, способи тепловідводу, герметизації тощо.

Обмеженнями є фактори, що не змінюються конструктором: ресурсні, системотехнічні, схемотехнічні, конструкторські, технологічні, експлуатаційні.

- до ресурсних обмежень відносяться матеріальні, часові, кадрові і енергетичні обмеження.
- системотехнічні обмеження це: тип ЕА (аналогові чи цифрові, наземні чи бортові, що працюють в режимі одноразовому, багаторазовому, неперервного, періодичного використання).
- схемотехнічні обмеження, задаються електричною схемою: елементною базою (швидкодія, струми, завадостійкість, термочутливість, стабільність параметрів), числом і типом функціональних вузлів, вимогам до їх взаємного розміщення.
- конструкторські обмеження: маса і габарити, рекомендовані типи базових НК, методи реалізації електричних зв'язків, завадостійкість; віброударозахищеність, тепло захищеність, вологозахищеність; обмежені переліки на матеріали, напівфабрикати, комплектуючі; вимоги до зовнішнього вигляду; патентоспроможність.
- технологічні обмеження: вимоги «преемственності» конструкції, тип виробництва, вид технологічних процесів, час запуску у виробництво, повторюваність випуску, номенклатура освоєних технологічних процесів і їх стабільність, вимоги до автоматизації.
- експлуатаційні обмеження: об'єкт встановлення, рівень дестабілізуючих факторів - механічних, кліматичних, теплових, радіаційних, електромагнітних впливів; надійність; зручність та безпека експлуатації; технологічний рівень ремонтної бази, кваліфікація обслуговуючого персоналу, вимоги по ремонтпридатності, час зберігання, час експлуатації (ресурс).

Система показників якості  $Z$  визначає придатність конструкції для використання її за певним призначенням, що регламентується ТЗ. Кожний показник залежить від характеру конструкції і обмежень:  $Z = F(X_i, Y_j)$  : вартість, мінімальні габаритні розміри, маса, частіше комплексний параметр з урахуванням ступеня важливості їх для даного ЕА.



# Принципи ієрархічного конструювання

Нині отримали широке розповсюдження такі принципи конструювання:, як моносхемний, схемно-вузловий, каскадно-вузловий, функціонально-вузловий і модульний.

**Моносхемний принцип** конструювання полягає в тому, що повна принципова схема радіоелектронного апарату розташовується на одній друкованій платі і, тому, вихід з ладу одного елемента призводить до збою усієї системи.

Оперативна заміна елемента, що вийшов з ладу ускладнена із-за складності його виявлення. РЕА, побудована за моносхемним принципом, має бути змонтована з декількох ВІС, в яких передбачені заходи збільшення надійності. Знаходження несправностей при цьому повинно здійснюватись програмними методами.

**Схемно-вузловий принцип** конструювання. При цьому принципі конструювання на кожній з друкованих плат розташовують частину повної принципової схеми радіоапарата, що має чітко виражені вхідні і вихідні характеристики. За таким принципом сконструйовані настільні і бортові прилади, де різні пристрої приладів виконують на одній або декількох платах, а об'єднання їх між собою здійснюють за допомогою комутаційної плати і дровових джгутів.

**Каскадно-вузловий принцип** конструювання полягає в тому, що принципову схему радіоапарата ділять на окремі каскади, які не можуть виконувати самостійних функцій. Системи з відносно складною і великою структурою будується за каскадно-вузловим принципом, а системи з простішою структурою- за схемно-вузловим принципом.

**Функціонально-вузловий принцип** конструювання знайшов широке поширення при розробці великих систем. Базовим елементом конструкції тут є типові елементи заміни. Маючи їх необхідний набір, можна побудувати цілий ряд систем з різними технічними характеристиками.

**Модульний принцип** конструювання передбачає, що основні функціональні вузли апаратури взаємозв'язані за допомогою одного каналу. Щоб встановити зв'язок з модулем-приймачем, модуль-передавач посилає потрібний сигнал разом з адресою по одній (чи більш) шині. Сигнали поступають на входи усіх підключених до каналу модулів, але відповідає тільки той до якого іде запит.

# Модульний принцип

*Модульний принцип конструювання припускає проектування РЕА на основі максимальної конструктивної і функціональної взаємозамінності складових частин конструкції - модулів.*

***Модуль** - складова частина апаратури, що виконує в конструкції підлеглі функції, має закінчене функціональне і конструктивне оформлення і забезпечений елементами комутації і механічного з'єднання з подібними модулями і з модулями нижчого рівня у виробі.*

*У основі модульного принципу лежить розукрупнення (розбиття, розчленовування) електронної схеми РЕА на функціонально завершені підсхеми (частини), що виконують певні функції. Ці підсхеми розбиваються на простіші модулі, і так далі, поки електронна схема виробу не буде представлена у вигляді набору модулів різної складності, а нижчим модулем не виявиться корпус мікросхеми з обслуговуючими її радіoeлементами.*

*Модулі нижчого рівня встановлюються і взаємодіють між собою в модулях наступного рівня ієрархії на якій-небудь конструктивній основі (шасі) і реалізуються у вигляді типових конструктивних одиниць, які встановлюються і взаємодіють в модулі більш високого рівня, і т. д. Залежно від складності спроектованого виробу може бути задіяне різне число рівнів модульності (рівнів конструктивної ієрархії).*

*При виборі числа рівнів модульності проводиться типізація модулів, скорочення їх різноманітності і встановлення таких конструкцій, які виконували б досить широкі функції у виробках певного функціонального призначення. Застосування мікросхем з різними корпусами в межах одного пристрою недоцільно, оскільки тут вимагається забезпечити їх сумісність за електричними, експлуатаційними і конструктивними параметрами.*

*При використанні інтегральних мікросхем операції зборки конструкції починають на рівні схем, що виконують певні функції. Інтегральна мікросхема при цьому є початковим уніфікованим конструктивним елементом, уніфікація якого вимагає уніфікації і інших конструктивних одиниць, для того, щоб вона була технологічною у виробництві, надійною в роботі, зручній в налагодці, ремонті і експлуатації.*

# Модульний принцип

*При розбитті структурних і функціональних схем необхідно задовольняти певній кількості іноді суперечливих вимог:*

- **функціональній закінченості**, коли підсхема, що виділяється, повинна мати необхідну повноту і виконувати певні приватні функції;
- **мінімізації зовнішніх зв'язків підсхем**, або, якщо електричні з'єднувачі модулів задані, щоб число зовнішніх зв'язків не перевищило число контактів з'єднувача;
- **максимального заповнення модулями конструктивного простору**, компоненти не повинні істотно відрізнятись між собою за габаритними розмірами та масою;
- **рівномірне теплове навантаження** модулі підсхем повинні розсіювати приблизно однакові потужності щоб уникнути місцевих перегрівань;
- **стійкість до перешкод** модулі підсхем не мають бути надмірно чутливими до електричних, магнітних і електромагнітних перешкод і не повинні створювати надмірних перешкод самі.

*Функціональна закінченість підсхем скорочує число міжмодульних електричних з'єднань, дозволяє вносити конструктивні зміни на пізніших стадіях проектування, спрощує і здешевлює контроль модулів.*

*Розподіл конструкції РЕА на рівні дозволяє:*

- 1) організувати виробництво по незалежних циклах для кожного структурного рівня;
- 2) автоматизувати процеси зборки і монтажу;
- 3) скоротити період налаштування, оскільки може бути зроблене попереднє налаштування окремих конструктивних одиниць нарізно;
- 4) автоматизувати рішення завдань розміщення елементів і трасування з'єднань;
- 5) уніфікувати стендову апаратуру для випробування конструктивних одиниць;
- 6) підвищити надійність конструктивних одиниць.

# За видом діяльності

## Алгоритмічне проектування

*Алгоритмічне проектування – проектування виконується за визначеним алгоритмом (послідовністю правил виконання). Це нетворчий процес, який виконується за точною покроковою послідовністю наказів:*

- *обчислення за заздалегідь виведеною формулою;*
- *експеримент за встановленою методикою;*
- *виконання складних креслень за кресленнями загальних виглядів;*
- *деталювання за складальним кресленням;*
- *складання специфікацій при наявності жорстких обмежень;*
- *розроблення операційних карт типового технологічного процесу тощо.*

*Обсяг алгоритмічного проектування зростає на заключних етапах.*

## Математичне проектування

*Математичне проектування – проектування, при якому синтез системи здійснюють математичними методами. При цьому сукупність вихідних даних формулюють математично: складають математичний опис умов роботи системи й обмежень, які накладають на структури системи і значення її параметрів. Потім визначають математично цільові функції, тобто залежність частинних показників якості від структури системи і значень її параметрів за заданих умов. Далі математичними методами аналізу та синтезу відшукують алгоритми роботи і параметри системи, які відповідають вибраному критерію якості.*

*Математичне проектування включає математичне моделювання, розрахунки та САПР. До розрахунків належать обчислення за заздалегідь виведеними формулами при фіксованих значеннях їх параметрів, а також при варіаціях параметрів для знаходження екстремуму однієї чи кількох змінних (лінійне та нелінійне програмування). До розрахунків належить також розв'язання рівнянь.*

*Математичне моделювання використовують в основному на схемотехнічному рівні.*



# Евристичне проектування

*Евристичне проектування (грец. знаходження) – проектування при якому алгоритм проектування не може бути заданим і робота виконавця ґрунтується на його творчих здібностях генерувати ідеї, аналізувати та порівнювати аналоги, синтезувати рішення у складних багатоваріантних ситуаціях.*

*Евристичне проектування ґрунтується на евристиці — науці, що вивчає закономірності та методику відшукування такого рішення, яке зводить до мінімуму перебір можливих чисельних рішень, скорочує час пошуку порівняно з традиційними методами.*

*Евристичний підхід необхідний при вирішенні таких завдань проектування:*

- *вибір фізичних принципів дії системи;*
- *обґрунтування її математичної моделі;*
- *вибір методів математичного та експериментального дослідження;*
- *вибір елементної бази при відсутності обмежень;*
- *трактування результатів досліджень і прийняття остаточних рішень.*

*Відомо кілька методів, які підвищують ефективність евристичного пошуку:*

**Агреґатування** — створення комплексів, що виконують різні функції певною зміною складу виробу або заміною структури його складових частин.

**Аналогія** — використання технічних рішень з інших галузей науки та техніки.

**Ідеалізація** — надання реальним об'єктам ідеальних властивостей з тим, щоб виявити істотні зв'язки та забезпечити можливості застосування математичних методів розв'язання.

**Інверсія** — метод здобуття нового результату відмовою від традиційного погляду на задачу.

**Комбінування** — здобуття нової якості завдяки новому сполученню раніше відомих рішень.

**Компенсація** — зрівноваження небажаних факторів засобами протилежної дії.

**Мультиплікація** — підвищення ефективності завдяки використанню кількох об'єктів, які виконують однакові функції.

**Розчленування** — уявний поділ об'єкта з метою спрощення розгляду його роботи.

# Експериментальне проектування

*Експериментальне проектування — проектування, яке здійснюється експериментальними методами.*

*Включає:*

- *напівнатурне моделювання,*
- *лабораторні дослідження,*
- *польові, ходові та льотні випробування,*
- *пробні пуски,*
- *експлуатаційні випробування.*

*Напівнатурне моделювання відрізняється від математичного тим, що частину ланок включають до складу моделі у вигляді натурних макетів, а не моделюють на ПК.*

*Під лабораторними дослідженнями розуміють дослідження натурних макетів, які проводяться в лабораторіях; при цьому реальні джерела сигналів і зовнішніх завад замінюють імітаторами, побудованими на основі математичних моделей цих сигналів та завад. Звідси випливає, що напівнатурне моделювання та лабораторні дослідження є не суто експериментальними, а експериментально-теоретичними.*

*При польових випробуваннях наземну апаратуру випробують у польових умовах; при цьому всі або більшу частину імітаторів сигналів та зовнішніх завад замінюють реальними джерелами. Найбільше наближення до натуральних умов дають ходові випробування морської та льотної випробування бортової апаратури, що проводяться на спеціально обладнаних кораблях та літаках. При випробуванні ракетної та космічної апаратури повністю експериментальними можна вважати лише випробування, що проводяться під час пробних пусків і експлуатації апаратури.*