



Кафедра електроніки, робототехніки і технологій моніторингу та інтернету речей
Факультет авіонавігації, електроніки та телекомунікацій (ФАЕТ)



Електронні системи

Electronic Systems

Lecture #7

Яновський, Фелікс Йосипович
професор, доктор технічних наук,
лауреат Державної премії України, IEEE Fellow

Орієнтовний тематичний план лекцій

Основи теорії систем, сигнали і первинні перетворювачі електронних систем

1. Вступ. Визначення і термінологія, класифікація	2
2. Характеристики електронних систем	2
3. Теорія систем, аналіз електронних систем	2
4. Первинні перетворювачі електронних систем	4
5. Сигнали електронних систем	2
6. Компоненти і обробка сигналів в ЕС	1
7. Експлуатаційні характеристики електронних систем	2
8. Технічні характеристики електронних систем	2
9. Технічна реалізація системи	1
10. Електронні системи мобільного зв'язку	6
11. Електронні системи локації	18
12. Електронні системи авіоніки	20
Всього годин	64

Компоненти системи

Переходячи до компонентів, виходимо з того, що:

- Електронна система є сукупністю електричних апаратів і механічних пристроїв, що взаємодіють між собою за допомогою ЕМ і механічних властивостей при певному розташуванні відповідно до електричної схеми.
- Електронна система призначена для виконання заданих функцій зі збереженням стійкої працездатності в умовах впливу різних факторів, зокрема:
 - ✓ кліматичного,
 - ✓ експлуатаційного і
 - ✓ людського

Активні та пасивні компоненти

- Активні елементи підсилюють потужність електричних сигналів, що проходять через них, споживаючи при цьому енергію від зовнішнього джерела живлення.
- Пасивні елементи - резистори, конденсатори, котушки індуктивності та трансформатори - лише витрачають енергію сигналу і використовуються в електронних колах для узгодження окремих вузлів і блоків, отримання заданих частотних (часових) характеристик, трансформації напруг та струмів і т. д.

Конденсатори - Capacitors

- Конденсатор, що використовується в колі змінного струму, постійно заряджається і розряджається.
- Конденсатор, протистоїть змінам напруги на ньому, створюючи ємнісний реактивний опір X_C .
- Реактивний опір конденсатора обернено пропорційний величині ємності C і робочої частоти f :

$$X_C = \frac{1}{2\pi f C}$$

- Реактивний опір (імпеданс) конденсатор 100 пФ дорівнює:

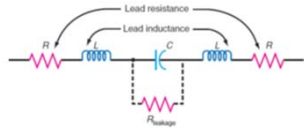
$$X_C = \frac{1}{6.28(2 \times 10^6)(100 \times 10^{-12})} = 796.2 \Omega$$

- З цієї ж формули також можна розрахувати частоту або ємність :

$$f = \frac{1}{2\pi X_C C} \quad \text{and} \quad C = \frac{1}{2\pi f X_C}$$

Конденсатори - Capacitors

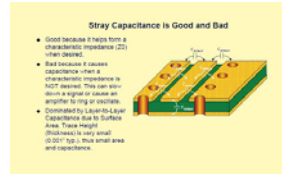
- Провідники конденсатора мають опір та індуктивність, а діелектрик має витік, який паралельно конденсатору відображається як значення опору. Ці характеристики називають паразитними. Еквівалентна схема:



- Послідовний опір та індуктивність дуже малі, а опір витоків дуже високий, тому ці фактори можна ігнорувати на низьких частотах.
- Однак на радіочастотах ці «паразити» стають помітними, а конденсатор функціонує як складна схема RLC. Більшість цих ефектів можна звести до мінімуму, тримаючи виводи конденсатора дуже короткими.
- Ця проблема в основному усувається за допомогою новіших мікросхемних конденсаторів, які не мають виводів як таких.

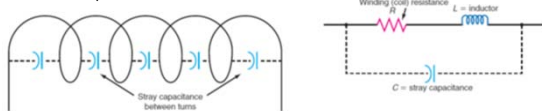
Розподілена ємність

- Ємність може виникати між будь-якими двома провідниками, розділеними ізолятором. Наприклад, ємність між паралельними проводами в кабелі, між дротом і металевим шасі і між паралельними сусідніми мідними малюнками на друкованій платі.
- Вони відомі як розсіяні або розподілені ємності. Такі ємності, як правило, невеликі, але їх не можна ігнорувати, особливо на високих частотах, що використовуються у зв'язку.



Індуктивності - Inductors (coil or choke)

- Прилади індуктивного опору - Inductive reactance.
- Реактивний опір котушки прямо пропорційний індуктивності L і робочій частоті f
 $X_L = 2\pi fL$
- Наприклад, індуктивний опір котушки 40 мкГн на частоті 18 МГц становить
 $X_L = 6.28(18 \times 10^6)(40 \times 10^{-6}) = 4522 \Omega$
- На додаток до опору дроту, між витками котушки є розсіяна ємність. Еквівалентна схема індуктивності на високих частотах виглядає так, ніби невеликий конденсатор підключено паралельно котушці. На НЧ ємність можна ігнорувати, але на ВЧ вона досить велика. Тоді котушка функціонує не як чиста індуктивність, а як складна схема RLC із своєю резонансною частотою.



Добротність - Quality factor Q

- Добротність котушки індуктивності Q - це відношення індуктивної потужності до резистивної потужності:

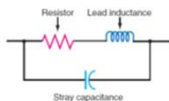
$$Q = \frac{I^2 X_L}{I^2 R} = \frac{X_L}{R}$$

- Фактично, це відношення потужності, що видається у коло, до потужності, що розсіюється опором котушки. Наприклад, Q індуктивності з L= 3 мкГн і загальним опором 45 Ом на f=90 МГц обчислюється наступним чином:

$$Q = \frac{2\pi fL}{R} = \frac{6.28(90 \times 10^6)(3 \times 10^{-6})}{45} = \frac{1695.6}{45} = 37.68$$

Резистори

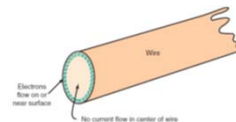
- На НЧ резистор з низькою потужністю має майже чистий опір, але на ВЧ його виводи мають значну індуктивність, а розсіяна ємність між проводами змушує резистор діяти як складна схема RLC.



- Крихітні мікросхемні резистори практично не мають відведень, за винятком металевих кінцевих деталей, припаяних до друкованої плати.
- Часто резистори виготовляються з вуглецевого композиційного матеріалу в порошокподібній формі, ущільненого у крихітному корпусі, до якого прикріплені виводи. Вони вносять шум в схему, в якій вони використовуються. Шум спричинений тепловими ефектами та гранульованим характером матеріалу може бути досить високим.
- Для подолання цієї проблеми були розроблені плівкові резистори. Вони виготовляються шляхом нанесення вуглецю або металу в спіральній формі на керамічну форму. Розмір спіралі та вид металу і плівки визначають величину опору. Вуглецеві плівкові резистори тихіші за резистори вуглецевого складу, а металеві плівкові резистори тихіші за вугільні плівкові резистори. Металеві плівкові резистори слід використовувати в схемах підсилювачів, які повинні працювати з дуже низьким рівнем РЧ сигналів.

Скін-ефект

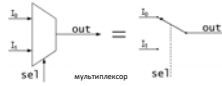
- Опір будь-якого дровогого провідника (резистор, дріт в індукторі) в першу чергу визначається опором самого дроту. Однак впливає й skin-ефект - тенденція електронів протікати поблизу зовнішньої поверхні провідників (в УКВ, УВЧ та НВЧ).



- Це призводить до значного зменшення загальної площі перерізу провідника, збільшуючи його опір. Наприклад, skin-ефект знижує Q індуктивності на ВЧ.
- Часто ВЧ котушки, особливо в потужних ПРД, виготовляють з мідних трубок. Також використовуються дуже тонкі провідники (мідний малюнок на друкованій платі). Часто ці провідники вкриті сріблом або золотом для зниження їх опору.

- Датчики
- Підсилювачі
 - Операційний підсилювач
 - Диференціальний підсилювач
 - Сервопідсилювач
- Передавачі
- Приймачі
- Цифрові елементи
 - Елементи пам'яті

- Арифметичні вузли
- Лічильники
- Мультиплексори
- Мікропроцесори
- Мікроконтролери
- ПЛІС
- Дисплеї



Сервопідсилювач:

У широкому значенні це пристрій для перетворення сигналів, набування ними певних параметрів (драйвер). У вузькому значенні — джерело великої напруги або великого струму, кероване малою напругою або малим струмом; такий драйвер застосовується для керування електромотором (драйвер мотора), великою групою світлодіодів (драйвер світлодіоду) тощо.

Мультиплексори відносяться до пристроїв комутування цифрової інформації. Вони здійснюють комутацію одного з декількох інформаційних входів x , до одного виходу y . Мультиплексори мають декілька інформаційних входів, адресні входи, вхід дозволу мультиплексування (стробуючий вхід) та один вихід.

Обробка сигналів в електронних системах

- Аналогові методи
- Цифрові методи
- Software системи

• Теорема відліків Віттакера — Найквіста — Котельникова — Шеннона
«Будь який безперервний (аналоговий) сигнал $s(t)$ може бути підданий дискретизації по часу і квантуванню по рівню (оцифруванню), тобто представлений в цифровій формі. Якщо частота дискретизації сигналу не менше, ніж подвоєна найвищою частоту в спектрі сигналу, то отриманий дискретний сигнал буде еквівалентним сигналу $s(t)$ за методом найменших квадратів (МНК)»

- Обробка сигналів у часовій області широко використовується в сучасній електронній осцилографії і в цифрових осцилографах.
- Для подання сигналів в частотній області використовуються цифрові аналізатори спектра.
- Для вивчення математичних аспектів обробки сигналів використовуються пакети розширення (найчастіше під ім'ям Signal Processing) систем комп'ютерної математики MATLAB, Mathcad, Mathematica, Maple тощо.
- В останні роки при обробці сигналів та зображень широко використовується новий математичний базис подання сигналів з допомогою «коротких сплесків» — вейвлетів. З його допомогою можуть оброблятися нестационарні сигнали, сигнали з розривами та іншими особливостями і сигнали у вигляді пачок.

Цифрова обробка сигналу в передавачі

- Форматування
- Кодування джерела
- Шифрування
- Канальне шифрування
- Ущільнення
- Імпульсна модуляція
- Смугова модуляція
- Розширення спектра
- Множинний доступ
- Передавання сигналів

Цифрова обробка сигналу в приймачі

- Приймання сигналів
- Множинний доступ
- Звуження спектра
- Демодуляція і дискретизація
- Детектування
- Розущільнення
- Канальне декодування
- Дешифрування
- Декодування джерела
- Форматування