



Кафедра електроніки
Факультет авіонавігації, електроніки та телекомунікацій (ФАЕТ)



Електронні системи
Electronic Systems

Lecture #1
Яновський, Фелікс Йосипович
професор, доктор технічних наук,
лауреат Державної премії України, IEEE Fellow
Завідувач кафедри електроніки НАУ

Галузь знань: 17 «Електроніка та телекомунікації»
Спеціальність: 171 «Електроніка»
Освітні програми:
Електронні системи (з модифікаціями), Електронні технології IoT,
Електронні прилади і пристрої
Курс – 4 Семестр – 7
Лекції – 45
Практичні заняття – 30
Лабораторні заняття – 15
Самостійна робота – 90
Усього (годин/кредитів ECTS) – 180/6
РГР – 1 (7 семестр);
Екзамен – 7 семестри

Місце навчальної дисципліни в системі професійної підготовки фахівця

Дана навчальна дисципліна:

- завершує підготовку бакалаврів за спеціальністю електроніка,
- дає студенту базову сукупність знань та вмінь, необхідних для застосування отриманих знань з електроніки для розробки, експлуатації та обслуговування електронних систем,
- готує до виконання бакалаврської дипломної роботи,
- створює основу для сприйняття дисциплін магістерського курсу за спеціалізаціями «Електронні системи», «ЕПП» та «Електронні технології Інтернету речей»

Мета викладання навчальної дисципліни

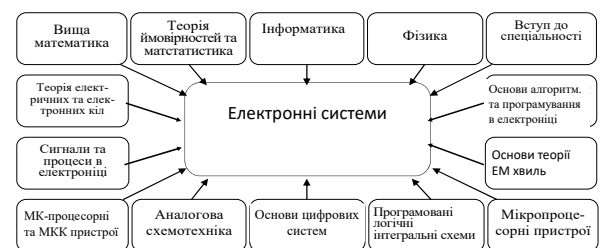
Метою викладання дисципліни є вивчення :

- методів побудови і оптимізації електронних систем різного призначення;
- забезпечення їх експлуатаційно-технічних характеристик;
- особливостей систем різного призначення і реалізації сучасних цифрових систем електронних систем мобільного зв'язку, локації та управління

Завдання вивчення навчальної дисципліни

- ознайомлення з класифікацією електронних систем
- вивчення основних структур електронних систем та їхніх компонентів
- з'ясування ролі сигналів, їх обробки та зв'язку з характеристиками системи
- ознайомлення з методами реалізації сучасних цифрових електронних систем
- вивчення принципів побудови і функціонування електронних систем різноманітного призначення
- набуття практичних навичок шляхом виконання РГР і КП

Міждисциплінарні зв'язки



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	4
1. Електронні системи локації об'єктів	15
2. Електронні системи авіоніки	8
Всього годин	45

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	4
11. Електронні системи локації	15
12. Електронні системи авіоніки	8
Всього годин	45

Розрахунково-графічна робота

- У цьому семестрі студенти виконують РГР «Характеристики електронної системи».
- Основною метою РГР є систематизація, закріплення та поглиблення знань студентів з основних понять щодо обґрунтування і розрахунку експлуатаційно-технічних характеристик електронної системи заданого типу.
- Виконання РГР є важливим етапом у засвоєнні основних теоретичних положень, закріпленні практичних умінь та розвинути навичок самостійної роботи.
- РГР розрахована на 8 годин самостійної роботи студента. Робота виконується кожним студентом відповідно до свого завдання згідно з методичними рекомендаціями.
- Виконану РГР студент захищає індивідуально у викладача.

Література

Основні рекомендовані джерела

1. Білинський Й.Й., Огородник К.В., Юкиш М.Й. Електронні системи, Вінниця: ВНТУ, 2011.
2. Яновський Ф.Й. Радиолокаційні системи повітряних суден. Підручник. – К.: Видавництво НАУ, 2012. – 688 с.
3. Радиоэлектронные системы. Основы построения и теория. Под ред. Я.Д. Ширмана. – М.: Радиотехника, 2007. – 512 с.
4. Зангер Г. Электронные системы. Теория и применение. – М.: Мир, 1980. – 392 с.
5. Каганов В.И. Радиоэлектронные системы автоматического управления. Компьютеризованный курс. – М.: Горячая линия – Телеком, 2009. – 432 с.
6. Waive Tomasi, Electronic Communications Systems. Fundamentals through advances. (Томасі У. Електронні системи зв'язку), Pearson Education, 2004. (є переклад).
7. Adamski M., Barkalov A., and Wegrzyn M. Design of Digital Systems and Devices. – Berlin: Springer-Verlag, 2011 – 370 pp.

Додаткові рекомендовані джерела

8. Яновський Ф.Й. Метеонавігаційні радиолокаційні системи повітряних суден. К.: Видавництво НАУ, 2012 с.
9. Yanovsky F. J., Millimeter Wave Radar: Principles and Applications, In: Millimeter Wave Technology in Wireless PAN, LAN, and MAN (Chapter 10, pp.305-376). – London, New York: CRC Press, 2008. – 464 pp.
10. Агаханян Т.М., Никитаев В.Г. Электронные устройства в медицинских приборах. Учебное пособие. М.: Бином, 2005 – 512 с.

Електронні системи: визначення і термінологія

- Визначення системи і електронної системи
- Чорний ящик

Система

- Слово система походить від грецького поняття «складений» (рос. Составленный, Eng. Comprised by)
- Пояснюється як група різних предметів, об'єднаних (природно або штучно) таким чином, що вони складають єдине ціле і функціонують, діють або рухаються узгоджено і часто підпорядковані певній формі управління.
- Це визначення може бути застосовано до електронної системи у її найзагальнішому вигляді: **сукупність компонентів (здебільшого електронних), пов'язаних між собою так, що запущені в дію спеціальними сигналами управління, вони діють як ціле, виконуючи необхідну функцію.**
- Таким чином, будь-який пристрій від однокаскадного підсилювача до найскладнішого комп'ютера або системи керування може розглядатися як система.

Система

- Але між складною системою і однокаскадним підсилювачем є суттєві відмінності. Вони стають очевидними, якщо описувати важливі деталі кожної з цих систем.
- У підсилювача основні компоненти: транзистори, резистори, конденсатори. Тому опис буде містити величини обраних R, C і T і т.п.
- Але описати комп'ютер у тих же термінах буде надзвичайно складно. Крім того, такий опис плував би і затемнював основні риси комп'ютера незліченною кількістю подробиць.
- Поняття «Чорний ящик» допомагає вирішити цю проблему.

Чорний ящик

- Можна згрупувати низку компонентів у функціональний блок і користуватися набором подібних блоків для опису системи. Такий функціональний блок називають **чорним ящиком**.
- Чорний ящик характеризується лише його функцією. Внутрішня структура і принцип дії не беруться до уваги. Вони можуть бути різними.
- Наприклад, підсилювач звукової частоти – чорний ящик, що має певне співвідношення вхід-вихід і технічні характеристики (смуга частот, спотворення і т.п.).
- З функціональної точки зору не має значення, містить він 5 чи 10 транзисторів, 20 чи 50 резисторів.
- Більше того, розробнику системи, який використовує цей підсилювач як блок у своїй системі, немає необхідності знати деталі конструкції цього або любого іншого блоку. Йому важливі лише ті особливості і робочі характеристики, які мають відношення до взаємодії блока з іншими частинами системи.

Приклад: мегафон

- Складається з гучномовця, мікрофона і підсилювача. Кожний блок розглядаємо як чорний ящик з конкретною електронною функцією

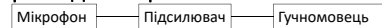


- Це стиснений (скорочений), але повний опис, якщо дані технічні характеристики кожного з «ящиків».

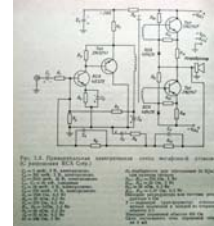
Технічні характеристики за умови використання 4 Ом гучномовця як навантаження

Вихідна потужність при передаванні синусоїдальних коливань: 25 Вт
 Вих. потужність при передаванні музики: 40 Вт
 Коэф. нелінійних викривлень при вих. потужності 25 Вт на частоті 1 кГц: 0,5%
 Чутливість: 50 мВ на входи за вихідної потужності 25 Вт на частоті 1 кГц
 Частотна характеристика: завал на 1 дБ на частотах 20 Гц і 20 кГц; на 3 дБ на частотах 15 Гц і 35 кГц
 Вхідний опір: 1500 Ом
 Фонові викривлення і шум: 80 дБ за потужності нижче 25 Вт

Приклад: мегафон



- Принципова схема тієї ж системи – складніша і гірше (менше) розкриває функції системи в цілому.



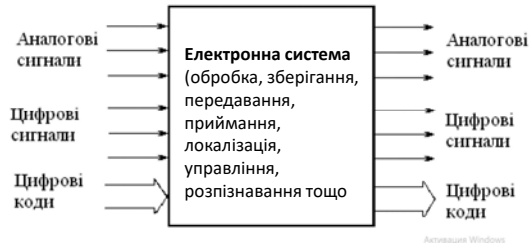
Аналіз схеми і узгодження параметрів компонентів

- Приклад - мегафон

Аналіз схеми і узгодження параметрів компонентів

- Таким чином, будь-який пристрій від однокаскадного підсилювача до найскладнішої мікропроцесорної системи може розглядатися як електронна система.
- Але між мікропроцесорною системою та однокаскадним підсилювачем є суттєва різниця в плані опису деталей кожної із систем. Мікропроцесорну систему у вигляді компонент опорів, конденсаторів, транзисторів, якими описується підсилювач, описати практично неможливо. Тому для опису такої системи необхідно виконати групування ряду компонент у функціональні блоки. Такий функціональний блок носить назву чорний ящик (фактично – це підсистема).
- *Електронна підсистема (electronic subsystem)* - це частина системи, до складу якої входять більше ніж один елемент і яка має певне функціональне призначення нижчого рівня, ніж система.

Узагальнена схема електронної системи як чорного ящика

Класифікація електронних систем
Classification of electron systems

Класифікація за типом системи

Мотивація. Тип системи.

- З метою введення точних методів аналізу необхідно мати класифікацію різних систем і дати термінологію для опису кожного класу систем. Зазвичай системи ділять на:
 - лінійні та нелінійні;
 - із зворотним зв'язком (**feedback system**) і без зворотного зв'язку (**open-loop system** – розімкнута).
- Ми розглядаємо систему як чорний ящик із вхідним і вихідним сигналами відповідно:
 - E_{in} (збудження – **driving signal**);
 - E_{out} (відгук – **response signal**).
- Ці кількісні величини не обов'язково мають бути електричними.
- При розгляданні мегафону це – рівні звуку, що є механічними величинами (коливання тиску). У системі керування польотом UAV E_{in} може бути установка шкали, а E_{out} – положення механізму керування рулями літака.
- Характер залежності між вхідною і вихідною величинами є основою класифікації систем. (Ми зараз не говоримо про класифікацію за призначенням, а лише за типом системи)

Лінійна система

$$E_{out} = AE_{in}, \quad A = const \quad \text{Система з постійним масштабним множником (A)}$$

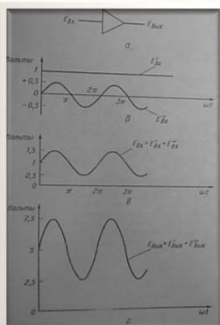
Необхідною умовою лінійності системи є також виконання у ній **принципу суперпозиції**:

$$\text{If } E_{in} = E'_{in} + E''_{in} \Rightarrow E_{out} = E'_{out} + E''_{out}$$

Інша властивість полягає у тому, що лінійна система не може створювати нових частот. На виході мають бути ті самі частоти, що і на вході.

Наприклад, розглянемо простий лінеаризований підсилювач. З теорії підсилювальних пристроїв випливає, підсилювач може розглядатися як лінійний лише у певному діапазоні вхідних напруг. Потім він втрачає лінійність.

Приклад: підсилювач з коефіцієнтом підсилення 5



$$E'_{in} = 1V \Rightarrow E'_{out} = 5V$$

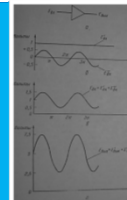
$$E''_{in} = 0.5 \sin \omega t \Rightarrow E''_{out} = 2.5 \sin \omega t$$

$$E_{in} = E'_{in} + E''_{in} = 1 + 0.5 \sin \omega t$$

$$E_{out} = E'_{out} + E''_{out} = 5 + 2.5 \sin \omega t$$

Вихідний сигнал містить таку саму частоту, що і вхідний

Приклад: підсилювач з коефіцієнтом підсилення 5



$$E_{in} = 1 \Rightarrow E'_{out} = 5$$

$$E''_{in} = 0.5 \sin \omega t \Rightarrow E''_{out} = 2.5 \sin \omega t$$

$$E_{in} = E'_{in} + E''_{in} = 1 + 0.5 \sin \omega t$$

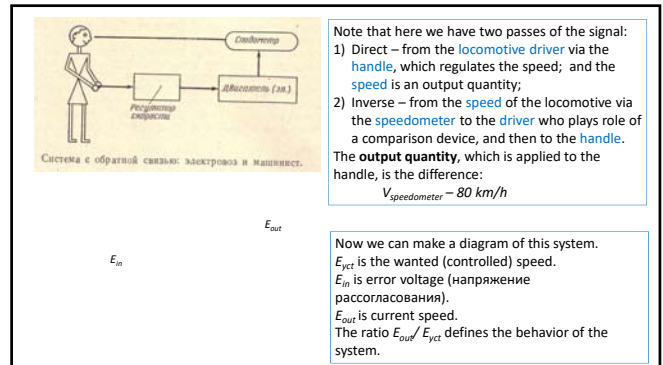
$$E_{out} = E'_{out} + E''_{out} = 5 + 2.5 \sin \omega t$$

- Масштабний множник (тут коефіцієнт підсилення) є постійним – це входило в наші вимоги до системи, що лінеаризують її.
- Але якщо вх. сигнал вийде за межі робочого діапазону підсилювача (увійде в зону відсічки або насичення), лінійності не буде і суперпозиція непридатна, коефіцієнт підсилення – непостійний, а вихідний внаслідок викривлень містить нові частоти.

- Методи аналізу, які використовуються для нелінійних систем, суттєво відрізняються від тих, що використовують для лінійних.
- Тому спочатку необхідно встановити лінійність системи, а вже потім використовувати лінійні методи.
- Фізичні системи, на щастя, в більшості випадків або лінійні, або можуть прийматися як лінійні у заданому діапазоні величин.

Система зі зворотним зв'язком і без нього Feedback System and Open-loop System

- Система із зворотним зв'язком (ЗЗ) – це система, у якій вихід впливає на вхід. Інакше: Системою із ЗЗ називається система, у якій контрольований параметр (вихідна величина) прямо або непрямо передається назад для порівняння з вхідною величиною. Вхідною величиною може бути координата, кут, швидкість тощо.
- Розглянемо як приклад системи із ЗЗ систему, що складається з електровоза і машиніста, який підтримує швидкість потяга 80 км/год.
- Основні частини системи:
 - машиніст, який слідкує за показаннями приладу, порівнює їх з величиною, що вимагається (80) і повертає регулятор швидкості;
 - привід до двигуна електровоза, що перетворює рух ручки регулятора у швидкість;
 - спідометр, який вимірює і показує швидкість.



Feedback System and Open-loop System

- Is it possible to keep the constant speed (80 km/h) without feedback?
- Якщо б ми намагалися це зробити, то були б вимушені гадати, як встановити рукоятку регулювання швидкості, не маючи можливості перевірити точність своїх здогадок. (Уявіть, що машиніст заплющив очі, тобто розімкнув коло регулювання. Чи можемо ми сподіватися, що він і далі буде підтримувати постійну швидкість?)
- Thus, feedback system can be defined as a system, where output quantity influences onto the input quantity via a circuit of the feedback.
- It is obvious that the output value is completely dependent on the input value. Note that the input value is the difference between the feedback signal and the controlled value (the required speed).
- Creation of the error signal (сигнал рассогласования) is a typical and important function of any feedback system!

Some conclusions

- We have, so far, considered two types of system classification: linear and non-linear, and feedback and open-loop systems.
- These two classifications are INDEPENDENT, that is, we can have:
 - a linear feedback system or a linear open-loop system
 - A non-linear
- Different devices, which can use both feedback and open-loop systems, will be considered later.
- We will see that Automatic Control Systems where an output parameter is controlled by the system (but not just is measured and tracking) always belong to the feedback systems.
- Modeling, tracking and measuring systems are normally the open-loop systems (though some parts of such systems may use feedbacks, for example, amplifiers with a feedback)