



Схемотехнічне моделювання аналого-цифрових електронних пристроїв

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Другий (магістерський)
Галузь знань	14 – Електрична інженерія
Спеціальність	141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітня програма	Електротехнічні пристрої та електротехнічні комплекси
Статус дисципліни	Вибіркова
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	1 курс
Обсяг дисципліни	150 години / 5 кредитів ECTS/ 36г.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік/МКР
Розклад занять	http://rozklad.kpi.ua/Schedules/ViewSchedule.aspx?v=a85999b3-d50c-41f1-be38-6616d9c511ca
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Трубіцин Костянтин Вікторович, 0965003815
Розміщення курсу	https://do.ipk.kpi.ua/login/?lang=ua

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Програма навчальної дисципліни «Схемотехнічне моделювання аналого-цифрових електронних пристроїв» складено відповідно до освітньо-професійної програми «Електротехнічні пристрої та електротехнологічні комплекси» підготовки другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Мета навчальної дисципліни – формування у студентів здатностей використовувати основні закони електротехніки та електромагнітні явища, їх технічне застосування для створення, передачі і розподілу електроенергії, перетворення енергії, посередника між джерелами енергії та споживачами; одержання теоретичних і практичних знань для вирішення проблем електротехнології.

Предмет навчальної дисципліни – формування у студентів компетенцій в області конструкції, принципи роботи, фізичні явища та процеси в цифрових електронних пристроїв типові математичні методи дослідження, моделювання перетворювальних пристроїв; визначення їх характеристик та параметрів.

Програмні результати навчання:

РН05. Володіти методами математичного та фізичного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

РН06. Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності.

РН10. Обґрунтовувати вибір напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням

сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

РН14. Опановувати нові версії або нове програмне забезпечення, призначене для комп'ютерного моделювання об'єктів та процесів у електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних системах.

РН17. Обслуговувати та експлуатувати високовольтне випробувальне електроустаткування, вимірювальне обладнання, а також обробляти результати вимірювань.

РН18. Моделювати процеси в електротехнологічних комплексах та роботу електротехнічних пристроїв за допомогою систем автоматизованого проектування та розрахунку та прикладного програмного забезпечення.

Фахові компетентності :

ФК01. Здатність застосовувати існуючі та розробляти нові методи, методики, технології та процедури для вирішення інженерних завдань електроенергетики, електротехніки та електромеханік.

ФК09. Здатність використовувати програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання, автоматизованого проектування, автоматизованого виробництва і автоматизованої розробки або конструювання елементів електроенергетичних, електротехнічних та електромеханічних систем.

ФК14. Здатність моделювати методом кінцевих елементів та вирішувати задачі розрахунку електромагнітного поля електротехнічних пристроїв та електроенергетичного обладнання за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Місце дисципліни визначається схемою освітньої програми. Для успішного засвоєння дисципліни студент повинен володіти: теоретичною базою дисциплін «Вища математика» розділи: матрична алгебра, диференційні рівняння, теорія функцій комплексної змінної, перетворення Фур'є і Лапласа, чисельні методи розв'язання алгебраїчних і диференціальних рівнянь, «Фізика» – розділи: електрика та магнетизм, та «Теоретичні основи електротехніки», «Промислова електроніка» . При вивченні конструкції та режимів роботи електронних пристроїв потрібні також знання з інженерної графіки, електротехнічних матеріалів, прикладної механіки, основ метрології та електричним вимірюванням, промислової електроніки. Значну увагу приділено аналізу сфери застосування електронних пристроїв та їх впливу на розвиток різноманітних галузей промисловості; вивченню дисциплін «Цифрова електроніка в електроенергетиці», «Релейний захист», «Автоматизація електричних систем», «Автоматизований електропривід», «Монтаж та експлуатація електротехнічного обладнання», «Електричні системи та мережі», «Споживачі електричної енергії». а також безпосередньо в інженерній практиці.

3. Зміст навчальної дисципліни

Дисципліну структурно розподілено на 5 розділа:

1. **Принципи аналого-цифрового перетворення та цифро-аналогового перетворення: Параметри аналого-цифрових перетворювачів, Параметри цифро-аналогових перетворювачів.**
2. **Цифро-аналогові перетворювачі: Побудова генераторів напруги для ЦАП.**

3. **Аналого-цифрові перетворювачі:** Паралельні АЦП, Послідовні АЦП, Послідовно-паралельні АЦП, Інтегруючі АЦП. АЦП багатотактного інтегрування, АЦП на основі перетворювачів напруга-частота.
4. **Шуми АЦП. Аналогові вимірювальні перетворювачі напруги і струму.**
5. **Структура сучасних однокристальних систем збору даних та мікроконверторів. Інтерфейси АЦП.**

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основні інформаційні ресурси:

1. Цифрові пристрої: Підручник / за ред. В.І. Сенька. – Каравела, 2008 -400 с. Табл. – 72. Іл. 279.
2. Цифрова електроніка в електроенергетиці. Побудова пристрою шифраторакодоперетворювача для семисегментного світлодіодного індикатора.
Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42347>
3. Електроніка і мікросхемотехніка: Практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / М. Я. Островерхов; В. І. Сенько, В. І. Чибеліс, КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 6,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 223 с.
Режим доступу: <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3569>.
4. Frenzel L. E. Handbook of serial communications interfaces: A comprehensive compendium of serial digital input/output (I/O) standards / Louis Frenzel – Amsterdam: Newnes, 2015.

Додаткові:

1. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник для студентів вищ. закл. освіти, що навчаються за напрямками "Електромеханіка" та "Електротехніка": У 4-х т. / Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В., Юрченко М.М., Сенько Л.І., Ясінський В.В. – Харків: Фоліо, 2013. Т.3.400с.
2. Електроніка та мікросхемотехніка [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів напряму підготовки 6.050702 "Електромеханіка"/ А.А. Щерба, К.К. Побєдаш, В.А. Святненко: - Київ: НТУУ "КПІ", 2013. - 360 с.- <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/3569>.

Державні стандарти

3. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення.
4. ДСТУ 2815-94 Електричні та магнітні кола та пристрої.
5. ДСТУ 3120-95 Електротехніка. Літерні позначення основних величин.
6. ДСТУ 2843-94. Електротехніка. Основні поняття. Терміни та визначення.
7. ДСТУ 3323:2003.ДСТУ ГОСТ 2.702:2013.Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на інформаційні джерела)
1	Вступ. Розділ 1. Принципи аналого-цифрового перетворення та цифро-аналогового перетворення: Параметри аналого-цифрових перетворювачів, Параметри цифро-аналогових перетворювачів Література: Л. 1, с. 332-337;.

2	Розділ 2. 2.1. Принцип цифро-аналогового перетворення. Параметри цифро-аналогових перетворювачів. Література: Л. 1, с. 347-350;
3,	2.2. Цифро-аналогові перетворювачі. 2.3. Побудова генераторів напруги для ЦАП. Література: Л. 1, с. 350-355;.
4	Розділ 3. Аналого-цифрові перетворювачі. 3.1. Паралельні АЦП. Література: Л. 1, с. 338-347.
5	3. 2. Послідовно-паралельні АЦП; Багатоступінчасті послідовно-паралельні АЦП; Багатотактні послідовно-паралельні АЦП.
6	3. 3. Конвеєрні послідовно-паралельні АЦП. Пристрій вибірки-зберігання. Література: Л. 1, с. 355-363;.
7	3. 4. Послідовні АЦП: 3.4.1. Послідовний АЦП із підсумовуючим лічильником.
8	3. 4.2. Послідовний АЦП із реверсивним лічильником. Ширина «мертвої зони»
9	3. 5. АЦП за методом послідовних наближень: 3.5.1 Структурна схема АЦП послідовного наближення.
10	3.5.2. Послідовний АЦП із підсумовуючим лічильником
11	3.5.3. Послідовний АЦП із реверсивним лічильником
12	3.5.4. АЦП за методом послідовних наближень
13	3.6. Інтегруючі АЦП.
14	Розділ 4. : Аналогові вимірювальні перетворювачі напруги і струму. 4.1. Автоматична корекція нуля. Перетворення біполярних вхідних сигналів
15	4.2. Сигма-дельта АЦП
16	4.2. АЦП на основі перетворювачів напруга-частота
17	Розділ 5. Структура сучасних однокристальних систем збору даних та ікроконверторів. Інтерфейси АЦП. 5.1. Структура сучасних однокристальних систем збору даних та мікроконверторів

18	5.2. Інтерфейси АЦП Залікова контрольна робота

6. Самостійна робота студента/аспіранта

№з/п	Вид самостійної роботи	Кількість годин СРС
1	Підготовка до аудиторних занять: Запитання для самоконтролю.	36
2	Проведення розрахунків за первинними даними, отриманими на заняттях	36
3	Підготовка до МКР	14
4	Підготовка до заліку	28

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- правила відвідування занять: відповідно до Наказу 1-273 від 14.09.2020 р. заборонено оцінювати присутність або відсутність здобувача на аудиторному занятті, в тому числі нараховувати заохочувальні або штрафні бали. Відповідно до РСО даної дисципліни бали нараховують за відповідні види навчальної активності на лекційних та практичних заняттях. Відпрацювання лабораторних робіт з дисципліни є обов'язковою умовою допуску до екзамену;
- правила поведінки на заняттях: студент має можливість отримувати бали за відповідні види навчальної активності на лекційних заняттях, передбачені РСО дисципліни. Використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-диску викладача, в інтернеті, в дистанційному курсі на платформі Сікорський здійснюється за умови вказівки викладача;
- правила захисту лабораторних робіт: допускається як індивідуальний захист лабораторних робіт, так і колективний (у складі бригади, склад якої визначають на першому лабораторному занятті). В обох випадках оцінюють індивідуальні відповіді кожного студента.
- правила призначення заохочувальних та штрафних балів: заохочувальні та штрафні бали не входять до основної шкали РСО, а їх сума не перевищує 10% стартової шкали. Заохочувальні бали нараховують за участь, участь у факультетських та інститутських наукових конференціях. Штрафні бали нараховують за несвоєчасний захист лабораторних робіт.
- політика дедлайнів та перескладань: несвоєчасний захист лабораторних робіт передбачають нарахування штрафних балів. Якщо студент не проходив або не з'явився на МКР, його результат оцінюється у 0 балів. Перескладання захисту лабораторних робіт та результатів МКР не передбачено;
- політика щодо академічної доброчесності: Кодекс честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» <https://kpi.ua/files/honorcode.pdf> встановлює загальні моральні принципи, правила етичної поведінки осіб та передбачає політику академічної доброчесності для осіб, що працюють і навчаються в університеті, якими вони мають керуватись у своїй

діяльності, в тому числі при вивченні та складанні контрольних заходів з дисципліни «Промислова електроніка»;

- при використанні цифрових засобів зв'язку з викладачем (мобільний зв'язок, електронна пошта, переписка на форумах та у соц.мережах тощо) необхідно дотримуватись загальноприйнятих етичних норм, зокрема бути ввічливим та обмежувати спілкування

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Поточний контроль: експрес-опитування, МКР.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: МКР, , семестровий рейтинг більше 50 балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

Загальна рейтингова оцінка студента після завершення семестру складається з балів, отриманих за:

- відповіді під час проведення експрес-опитувань;
- виконання 2 контрольних робіт у рамках модульної контрольної роботи (МКР).

Експрес-опитування	МКР	Rc	Rзал	R
60	40	100	40	100

Відповіді під час проведення експрес-опитувань

Ваговий бал – 5.

Максимальна кількість балів на всіх лекціях –

5 бали $\times$ 12 = 60 бали.

Критерії оцінювання

- правильні відповіді на окремі питання з місця – 5;
- студент припускається окремих помилок – 4
- студент частково відповідає на питання – 3

Модульна контрольна робота

Максимальний бал за МКР – 20.

Критерії оцінювання

- вичерпні відповіді на питання, дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні – 18..20 балів;
- відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни -14..17 балів;
- частково відповідає на питання, показує знання, але відповіді непослідовні і нечіткі- 10..13 балів;
- Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання – 0 балів.

Форма семестрового контролю – залік

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних запитань

Критерії оцінювання залік

Рейтинг $R_c \geq 0,6 \cdot R$, тобто 60 балів – зараховується автоматично.

Рейтинг R_c в межах $(0,4 - 0,59) \cdot R$, тобто 40 – 59 балів – студенти складають **залік**.

Максимальний рейтинг **залік** $R_z = 40$ балів.

Рейтинг **залік** $R_z = 33 - 40$ балів – студент дав вичерпні відповіді на всі питання (при необхідності – і на додаткові), дає чіткі визначення всіх понять і величин, відповіді логічні і послідовні.

Рейтинг **заліку** $R_z = 25 - 32$ балів – відповідаючи на питання, студент припускається окремих помилок, але може їх виправити за допомогою викладача; знає визначення основних понять і величин дисципліни, в цілому розуміє фізичну суть електромагнітних процесів в об'єктах, які вивчав.

Рейтинг **заліку** $R_z = 16 - 24$ балів – студент частково відповідає на питання, показує знання, але недостатньо розуміє фізичну суть електромагнітних процесів перетворення енергії. Відповіді непослідовні і нечіткі.

Рейтинг **заліку** $R_z \leq 15$ балів – у відповіді студент припускається суттєвих помилок, проявляє нерозуміння фізичної суті електромагнітних процесів, не може виправити помилки за допомогою викладача. Відповіді некоректні, а в деяких випадках не відповідають суті поставленого питання.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік тем, які виносяться на семестровий контроль

1. Намалюйте схемне позначення цифро-аналогового перетворювача.
2. Що таке цифро-аналоговий перетворювач? Який у нього коефіцієнт пропорційності?

3. Що таке ЦАП? Намалюйте схему генератора напруги для одного розряду ЦАП.
4. На які групи можна поділити АЦП?
5. Послідовно-паралельні АЦП на які групи діляться? Перерахуйте види послідовних АЦП. Дайте коротку характеристику кожному з них.
6. Розкажіть про сигма-дельта АЦП, принцип їхньої роботи.
7. Які Ви знаєте інтерфейси АЦП?
8. Перерахуйте параметри АЦП, прокоментуйте кожен з них.
9. Як борються з шумами в АЦП?
10. Для чого призначені вимірювальні перетворювачі напруги та струму? Область їхнього використання?
11. Розкажіть про роботу перетворювача напруги. Який коефіцієнт передачі він має, від чого він залежить?
12. Розкажіть про особливості перетворювача струму.
13. Дайте визначення мікропроцесорній системі.
14. Що таке шина? Які види шин Вам відомі?
15. Що таке шина даних? Розкажіть про її призначення, а також намалюйте її схемне позначення.
16. Опишіть логіку роботи керуючого модулю, що забезпечує пересилання слова по шинах між модулями.
17. Що таке двонапрявлена шина? Опишіть її роботу.
18. Що таке селектор адреси? Опишіть його роботу.
19. Визначити верхню граничну частоту f_B аналогових сигналів, які перетворюються 12-розрядним АЦП послідовної лічби, тактова частота якого $f_m = 10$ МГц.
20. Визначити розрізняльну здатність 10-розрядного ЦАП у відсотках повної шкали.
21. Визначити розрізняльну здатність 12-розрядного ЦАП у відсотках повної шкали.
22. Визначити кількість розрядів, яка потрібна для забезпечення розрізняльної здатності 5 мВ при повній шкалі 0...10 В.
23. Визначити напругу на виході 12-розрядного ЦАП з повною шкалою 0...+10 В при подачі на його вхід паралельного двійкового коду 100111100011.
24. Визначити кількість розрядів, яка потрібна для забезпечення розрізняльної здатності 1 мВ при повній шкалі 0...5 В.
25. Визначити напругу на виході 12-розрядного ЦАП з повною шкалою 0...+10 В при подачі на його вхід паралельного двійкового коду 101111101000.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено ст. викладачем кафедри теоретичної електротехніки ФЕА, Трубіцин К.В. **Ухвалено** кафедрою теоретичної електротехніки ФЕА (протокол № 14 від 19.06.2024 р.).

Погоджено Методичною комісією факультету електроенерготехніки та автоматики (протокол № 10 від 20.06.2024 р.).