МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
(повна назва підрозділу)

Кафедра автоматики
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖЕНО
Проректор з науково-педагогічної роботи
Слободян С.О.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the Discipline

Фільтрація вимірювальних сигналів

FILTERING OF MEASUREMENT SIGNALS

рівень вищої освіти — перший (бакалаврський)
перший (бакалаврський) / другий (магістерський)

тип дисципліни — вибіркова
обов'язкова/вибіркова

мова(и) викладання — українська
українська/англійська

Миколаїв – 2024

Робоча програма навчальної дисципліни «Фільтрація вимірювальних сигналів»
(зазначається повна назва навчальної дисципліни)

яка входить до переліку дисциплін вибіркового курсу.

"27" травня 2024 року. - 15 с.

Розробник: Шарейко Дмитро Юрійович, к.т.н., доцент, доцент кафедри автоматики
Розробник _____ Д.Ю. Шарейко, к.т.н., доцент

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Фільтрація вимірювальних сигналів» розглянуто на засіданні кафедри автоматики
Протокол № 16 від « 10 » червня 2024 р.

Завідувач кафедри _____ І.С. Білюк, к.т.н., доцент

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Фільтрація вимірювальних сигналів» розглянуто Методичною Радою Навчально-наукового інституту автоматики та електротехніки
Протокол № 11 від « 14 » 06 2024 р.

В.о. Голови _____ Д.О. Жук, к.т.н., доцент

Проєкт робочої програми навчальної дисципліни «Фільтрація вимірювальних сигналів» погоджено з навчальним відділом

Начальник відділу _____ А.В. Лабарткава, к.т.н., доцент

Робоча програма навчальної дисципліни «Фільтрація вимірювальних сигналів» затверджено Навчально-методичною радою НУК ім. адм. Макарова
Протокол № 05 від «26» 06 2024 р.

Голова НМР НУК _____

© Шарейко Д.Ю., 2024
© НУК, 2024

ЗМІСТ

Стор.

Вступ 4
1. Опис навчальної дисципліни 5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни 6
3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни 6
4. Очікувані результати навчання 6
5. Програма навчальної дисципліни.....6
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування ...9
7. Форми поточного та підсумкового контролю.....9
8. Критерії оцінювання результатів навчання 12
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна 13
10. Рекомендовані джерела інформації.....14

ВСТУП

Анотація

Фільтрація є однією з самих розповсюджених операцій обробки сигналів. Мета фільтрації придушення перешкод, що є у сигналі, або у виділенні окремих складових сигналу, що відповідають тим або іншим властивостям процесу, що розглядається.

У дисципліні «Фільтрація вимірювальних сигналів» розглядаються основи теорії фільтрації, типи фільтрів, методи їх розрахунку й реалізації. Вивчаються активні фільтри на основі інтегральних мікросхем, програмні та апаратні цифрові фільтри. Викладаються методи синтезу і відтворення спеціальних вагових функцій, що дозволяють підвищити перешкодозахищеність сучасних систем автоматичного керування. Наводяться конкретні приклади розрахунку й реалізації типових фільтрів.

Дисципліна «Фільтрація вимірювальних сигналів» буде корисною студентам, яких цікавлять питання побудови систем автоматичного керування, покращення сучасної вимірювальної апаратури. Вивчення цієї дисципліні може поширити кругозір будь яких фахівців адже уява про фільтри притаманна будь якому напрямку розвитку суспільства, науки та техніки.

Ключові слова: спектр, кореляційна функція, дискретний сигнал, детермінований сигнал, фільтр,дискретний фільтр, імпульсний фільтр, перешкода, вагова функція, модуляція сигналу, демодуляція сигналу.

Abstract

Filtering is one of the most common signal processing operations. The purpose of filtering is the suppression of interference in the signal or the selection of individual components of the signal corresponding to certain properties of the process under consideration.

In the discipline "Filtering of measuring signals" the basics of the theory of filtering, types of filters, methods of their calculation and implementation are considered. Active filters based on integrated circuits, software and hardware digital filters are studied. The methods of synthesis and reproduction of special weight functions are taught, which allow to increase the immunity of modern automatic control systems. Specific examples of calculation and implementation of typical filters are given.

The discipline "Filtering of measuring signals" will be useful to students who are interested in improving modern measuring equipment, building automatic control systems. The study of this discipline can broaden the horizons of any specialist, because the idea of filters is inherent in any direction of development of society, science and technology.

Key words: spectrum, correlation function, discrete signal, deterministic signal, filter, discrete filter, impulse filter, interference, weight function, signal modulation, signal demodulation.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма навчання</td><td>заочна форма навчання</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td rowspan="3">Для всіх галузей знань</td><td colspan="2">Вибіркова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 1</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>3-й</td><td>3-й</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Електронний адрес РПНД на сайті Університету</td><td rowspan="6">Для всіх спеціальностей</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>7-й</td><td>7-й</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Індивідуальне науково-дослідне завдання –</td><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td>30 год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 150</td><td>30 год.</td><td>6 год.</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td></td><td>0 год.</td><td>0 год.</td></tr>
<tr><td rowspan="8">Тижневих годин для денної форми навчання:

аудиторних – 4;

самостійної роботи студента – 6</td><td rowspan="8">Освітній рівень:
перший (бакалаврський)</td><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>90 год.</td><td>138 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальні завдання:</td></tr>
<tr><td>–</td><td>–</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю</td></tr>
<tr><td>залік</td><td>залік</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма контролю</td></tr>
<tr><td colspan="2">комбінована</td></tr>
</table>

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Фільтрація вимірювальних сигналів» є формування у студентів здатності застосовувати отримані теоретичні знання з перешкодозахищеності, наукові і технічні методи для вирішення проблем і задач в системах керування.

3. Передумови для вивчення навчальної дисципліни

Передумов для вивчення дисципліни «Фільтрація вимірювальних сигналів» немає.

4. Очікувані результати навчання

Вивчення навчальної дисципліни передбачає формування та розвиток у студентів таких результатів навчання:

- Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.
- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- Здатність вирішувати практичні задачі із залученням методів математики, фізики та електротехніки.
- Здатність вирішувати комплексні спеціалізовані задачі і практичні проблеми, пов’язані з проблемами метрології, електричних вимірювань, роботою пристроїв автоматичного керування, релейного захисту та автоматики.

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Фільтрація вимірювальних сигналів

Змістовий модуль 1. Перетворення сигналів лінійними колами.

Тема 1. Задачі курсу. Ряд Фур'є, інтеграл Фур'є та перетворення Лапласа. Основні властивості цього перетворення. Дискретне перетворення Фур'є. [5]. с.96–101, [3]. с. 90–95;

Тема 2. Уява про спектр. Спектр періодичного та неперіодичного сигналів. Співвідношення між енергетичним спектром й кореляційною функцією випадкового процесу. [1]. с. 8–11, [5]. с. 101–107;

Тема 3. Призначення та типи фільтрів. Апроксимація характеристик фільтрів.[4]. с. 10–15, [2]. с. 2–30;

Тема 4. Схеми активних фільтрів. Розрахунок активних фільтрів. [4]. с. 20–27.

Змістовий модуль 2. Загальний підкод до синтезу імпульсних та дискретних фільтрів.

Тема 5. Фільтри, що придушують перешкоди із лінійчатим спектром. [2]. с. 4–24, [5]. с. 57–76;

Тема 6. Вагові функції для вимірювальних каналів з модуляцією-демодуляцією сигналу. [5]. с. 145–159;

Тема 7. Вагові функції, що зменшують похибки квантування цифрових частотомірів. [5]. с. 170–180;

Тема 8. Загальні методи реалізації та розрахунків дискретних і імпульсних фільтрів. [5]. с. 204–220.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	у тому числі			усього	у тому числі		
		л	пр	с.р.		л	пр	с.р.
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Модуль1. Фільтрація вимірювальних сигналів.								
Змістовий модуль 1. Перетворення сигналів лінійними колами.								
Тема 1. Задачі курсу. Ряд Фур'є, інтеграл Фур'є та перетворення Лапласа. Основні властивості цього перетворення. Дискретне перетворення Фур'є.	15	2	2	11	18	0.5	0.5	17
Тема 2. Уява про спектр. Спектр періодичного та неперіодичного сигналів. Співвідношення між енергетичним спектром й кореляційною функцією випадкового процесу.	20	4	4	12	19	0.5	0.5	18
Тема 3. Призначення та типи фільтрів. Апроксимація характеристик фільтрів.	20	4	4	12	19	1	1	17
Тема 4. Схеми активних фільтрів. Розрахунок активних фільтрів.	20	4	4	12	19	1	1	17
Разом за змістовим модулем 1	**75**	**14**	**14**	**47**	**75**	**3**	**3**	**69**
Змістовий модуль 2. Загальний підкод до синтезу імпульсних та дискретних фільтрів.								
Тема 5. Фільтри, що придушують перешкоди із лінійчатим спектром.	19	4	4	11	17	0.5	0.5	16
Тема 6. Вагові функції для вимірювальних каналів з модуляцією-демодуляцією сигналу.	18	4	4	10	16	0.5	0.5	15
Тема 7. Вагові функції, що зменшують похибки квантування цифрових частотомірів.	19	4	4	11	21	1	1	19
Тема 8. Загальні методи реалізації та розрахунків дискретних і імпульсних фільтрів.	19	4	4	11	21	1	1	19
Разом за змістовим модулем 2	**75**	**16**	**16**	**43**	**75**	**3**	**3**	**69**
ІНДЗ (КР/КП)	–	–	–	–	–	–	–	–
Усього годин	**150**	**30**	**30**	**90**	**150**	**6**	**6**	**138**

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Змістовий модуль 1			
1	Дослідження математичних моделей детермінованих сигналів. [2]. с. 25–34.	2	0.5
2	Моделювання фільтрів в Matlab. [2]. с.34–36.	4	0.5
3	Моделювання процесу цифрової фільтрації в Matlab. [2]. с.36–50.	4	1
4	Дослідження властивостей аналогових, дискретних і цифрових сигналів та їх спектрів. [1]. с.61–64.	4	1
Змістовий модуль 2			
5	Моделювання лінійних дискретних систем.[1]. с. 64–67.	4	0.5
6	Синтез та аналіз цифрових FIR-фільтрів [1]. с. 67–70.	4	0.5
7	Синтез та аналіз цифрових IIR-фільтрів. [1]. с. 70–74.	4	1
8	Дослідження ефектів квантування в цифрових фільтрах. [1]. с.74–79.	4	1
	Разом	**30**	**6**

Самостійна робота

Розподіл годин самостійної роботи для студентів денної форми навчання:

– підготовка до лекційних занять – ***0,5 год/1 лекцію***;

– підготовка до практичних занять – ***2 год-3 год /1 заняття***;

– виконання домашньої контрольної роботи – ***15 годин/1 робота***;

– підготовка до заліку – ***15 год.***

Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин
1	Підготовка до лекційних занять	15
2	Підготовка до практичних занять	45
3	Виконання домашньої контрольної роботи	15
4	Підготовка до заліку	15
	Разом	**90**

Індивідуальне науково-дослідне завдання

Не передбачено.

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:
- лекція;
- практична робота;
- інструктаж;
- робота з літературою;
- методи контролю і самоконтролю:
- контрольні роботи.

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання з дисципліни є:
- залік;
- усні відповіді;
- контрольні роботи;
- завдання на комп'ютерному обладнанні.

У процесі освоєння дисципліни здобувач має:
- виконати п'ять окремих завдань, оформити паперовий аналітичний звіт у відповідності до цих завдань та представити на розгляд викладачу, який оцінює виконання кожної роботи та на основі усних відповідей визначає рівень розуміння виконаної роботи;
- скласти поточні модульні контролі за кожним змістовним модулем у вигляді стандартизованих тестів для оцінки рівня отриманих теоретичних знань; на проходження одного тесту надається 20 хвилин;
- скласти залік у вигляді усної відповіді на одне теоретичне питання та вирішення однієї практичної задачі; на підготовку надається одна година.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюються за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з поточного контролю і оцінки заключного заліку. У кожного компонента своя частка в загальній системі оцінок. У проміжних оцінках студент може набрати до 60 балів. Питома вага заключного заліку в загальній системі оцінок - 40 балів. Право здавати заключний залік дається студенту, якій з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 60 балів. Підсумкова оцінка навчального курсу є сумою проміжних оцінок і оцінки заліку.

Поточний контроль передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувачів вищої освіти із зазначеної теми та набутих практичних навичок під час виконання завдань практичних робіт.

Зарахування кредитів навчального курсу можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок, передбачених чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної діяльності студентів та їх оцінювання

Критерії оцінювання виконання практичних робіт

Практична робота	**Критерії оцінювання**
5	Робота виконана у встановлений термін. Виконана самостійно, чітко сформульовані цілі, завдання та гіпотеза досліджень. Застосовувалися коректні методи обробки отриманих результатів. У висновках проведена коректна інтерпретація результатів. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
4	Робота виконана у встановлений термін. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією; в цілому правильно складає звіт та робить висновки. Студент відмовляється надавати усні запитання.
3	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складає звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані повні усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
2	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу згідно з інструкцією; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Надані часткові усні відповіді на запитання стосовно теоретичних основ роботи.
1	Робота виконана з порушенням встановлених термінів. Студент виконує практичну роботу під керівництвом викладача; складений звіт містить неточності у висновках та помилки. Студент відмовляється надавати усні запитання.
0	Робота не виконувалася
	Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 40 балів (8 робіт по 5 балів).

Критерії оцінювання поточного модульного контролю у формі тестування

Правильних відповідей	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
Бал	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1

У відповідності до програми передбачено 2 поточних модульних контролі, таким чином максимальна оцінка за даний компонент програми 20 балів. Кожний тест передбачає 10 тестових запитань.

Критерії оцінювання заліку

Здобувач має відповісти на одне письмове питання та вирішити одну практичну задачу. Кожна відповідь на усне питання оцінюється максимум у 15 балів, вирішення кожної практичної задачі – у 25 балів. Загалом за залік можна отримати максимум 40 балів.

Відповідь на письмове питання	**Критерії оцінювання на заліку**
15	Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
9	Відповідь надана повна, ґрунтовна, чітка, при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.
8	Відповідь надана повна, ґрунтовна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, хоча при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
7	Відповідь надана повна, ґрунтовна, але спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, хоча при наданні відповіді представлені необхідні математичні викладки та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.
6	Відповідь надана не повна, але висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
5	Відповідь надана не повна, але висвітлено більше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені основні математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.
4	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, наведено приклади такого використання.
3	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, надані пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці, з наведенням прикладу такого використання виникли труднощі.

Відповідь на письмове питання	Критерії оцінювання на заліку
2	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, представлені деякі математичні залежності та схемні рішення, відсутні пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці.
1	Відповідь надана не повна, висвітлено менше половини питання, спостерігаються невпевненість та труднощі при відповідях на уточнюючі запитання, не в змозі представити математичні залежності та схемні рішення, а також пояснення особливостей використання даного теоретичного знання на практиці.
0	Відповідь не надана взагалі або абсолютно не відповідає питанню.
	Максимальна оцінка студента за відповідь на усне питання 15 балів (1 питання по 15 балів).

Рішення практичної задачі	Критерії оцінювання на заліку
25	Рішення представлене повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь правильна.
20	Рішення представлене у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь правильна.
15	Рішення представлене повне, коректне, з чіткими поясненнями, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків.
10	Рішення представлене у вигляді формул, правильно використаних, але без пояснень, відповідь неправильна у зв'язку із помилками при виконанні розрахунків.
5	Рішення представлене неповне, більш ніж наполовину, правильна відповідь відсутня.
0	Рішення не представлене взагалі або неповне, менш ніж наполовину.
	Максимальна оцінка студента за задачі 25 балів (1 задача по 25 балів).

8. Критерії оцінювання результатів навчання

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
ЗМ 1	Т1	Практична робота № 1	5	Практична робота № 1	5
	Т2	Практична робота № 2	5	Практична робота № 2	5
	Т3	Практична робота № 3	5	Практична робота № 3	5

		Денне відділення		Заочне відділення	
		Вид роботи	Кількість балів	Вид роботи	Кількість балів
	Т4	Практична робота № 4	5	Практична робота № 4	5
	ПМК	Тестування за темами ЗМ1	10	Тестування за темами ЗМ1	10
ЗМ 2	Т5	Практична робота № 5	5	Практична робота № 5	5
	Т6	Практична робота № 6	5	Практична робота № 6	5
	Т7	Практична робота № 7	5	Практична робота № 7	5
	Т8	Практична робота № 8	5	Практична робота № 8	5
	ПМК	Тестування за темами ЗМ2	10	Тестування за темами ЗМ2	10
Підсумковий контроль		Залік	40	Залік	40
Сума			**100**		**100**

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS
90-100	A
82-89	B
74-81	C
64-73	D
60-63	E
35-59	FX
0-34	F

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

1. Опорний конспект лекцій з дисципліни в електронному варіанті.
2. Методичні вказівки та завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни в електронному варіанті.
3. Лабораторні стенди для вивчення характеристик різних фільтрів.

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Заболотній С. В. Цифрове оброблення сигналів: Посібник для студентів напряму підготовки 6.050901 "Радіотехніка" усіхформ навчання [Електронний ресурс] / Авт.-укл. С.В.Заболотній ; За ред. проф. Ю. Г. Леги ; М-во освіти і науки України, Черкас.держ. технол. ун-т. – Черкаси: ЧДТУ, 2010. – 119 с. ISBN 978-966-402-093-7.

2. Коваль О. А., Коваль А. О. Методи синтезу та аналізу виміряних сигналів: Методичний посібник до виконання лабораторних робіт / Харківський Національний автомобільно-дорожній університет.- Харків, 2018.- 54 с.

3. Магро В.І. Вимірювання сигналів у радіотехніці: навч. посіб. / В.І. Магро, В.Д. Рябчій, О.Ю. Гусєв ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2018. – 191 с. ISBN 978–966–350–694–4

4. Берегун В.С., Гармаш О.В. Схемотехніка: Розрахунок активних фільтрів нижніх та верхніх частот [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 171 «Електроніка», освітньої програми «Акустичні електронні системи та технології обробки акустичної інформації» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.С. Берегун, О.В. Гармаш – Електронні текстові дані (1 файл: 374 кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 30 с.

5. Попов А.О. Теорія сигналів [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. Спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А.О. Попов. – Електронні текстові данні (1 файл: 7399 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 268 с.

Допоміжна література

6. Horowitz P., Hill W. The Art of Electronics. Third Edition. – Cambridge University Press, 2015. – 1220 p

7. А.Ф. Дащенко, В.Ф. Кириллов, Л.В. Коломиец, В.Ф. Оробей. MATHLAB в инженерных и научных расчетах. – Одесса: «Астропринт», 2003. – 212 с.

Інформаційні ресурси в інтернет

1. Науковий журнал «Енергетика та системи керування». Національний університет «Львівська політехніка». [Режим доступу https://doi.org/10.23939/jeecs].
2. Науковий журнал «АСУ та прилади автоматики». Харківський національний університет радіоелектроніки. [Режим доступу https://nure.ua/branch/naukovo-tehnichniy-zhurnal-asu-ta-priladi-avtomatiki].
3. Міжнародний науково-технічний журнал "Вісник ХНУ. Технічні науки". Хмельницький національний університет. [Режим доступу http://journals.khnu.km.ua/vestnik/zmisthtmt.htm].