


СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ТЕОРІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ТА СИГНАЛІВ» для бакалаврів нормативного
терміну навчання

	Ступінь освіти	бакалавр
	Освітня програма	Телекомунікації та радіотехніка
	Тривалість викладання	3,4,5,6 квартали
	Заняття:	Весінній та осінній семестри
	лекції:	2 години
	лабораторні заняття:	1 година
	практичні заняття:	1 година
	Мова викладання	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»: <https://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=2242>

Кафедра, що викладає Безпеки інформації та телекомунікацій

Інформація про викладача:

Горєв В'ячеслав Миколайович	Доцент, к.ф.–м.н.
Персональна сторінка	http://bit.nmu.org.ua/ua/pro_kaf/prepods/gorev.php
Е-пошта:	Gorev.V.M@nmu.one

1. Анотація до курсу

Розглянуто резистивні кола постійного струму та RLC–кола змінного синусоїдального струму. Розглянуто частотні фільтри (пасивні та найпростіші активні, в яких операційні підсилювачі вважаються ідеальними). Розглянуто різні методи дослідження відповідних кіл, які базуються як на розв'язанні відповідних диференційних рівнянь, так і на законах Кірхгофа для комплексних амплітуд при описі усталеного режиму роботи кіл.

2. Мета та завдання курсу

Мета дисципліни – формування компетентностей щодо вміння теоретично описувати та експериментально досліджувати процеси у резистивних колах постійного струму та RLC–колах змінного синусоїдального струму.

Завдання курсу:

- ознайомити здобувачів вищої освіти з резистивними колами постійного струму та методами їх опису (закони Кірхгофа, потенційні діаграми)
- ознайомити здобувачів вищої освіти з зарядкою та розрядкою конденсатора у RC–ланцюжках, підключених до джерел з постійною ЕРС
- ознайомити здобувачів вищої освіти основними фізичними величинами, що описують кола змінного струму. Ознайомити здобувачів вищої освіти з символічним методом. Провести детальний опис послідовного та паралельного RLC–контурів як на основі диференційних рівнянь, так і на основі символічного методу та векторних діаграм.

– ознайомити здобувачів вищої освіти з найпростішими частотними фільтрами та з пасивними формуючими ланцюжками.

3. Результати навчання

Знати та вміти використовувати методи опису резистивних кіл постійного струму (закони Кірхгофа, векторна діаграма). Знати та вміти використовувати методи опису різноманітних кіл змінного струму (диференційні рівняння, символічний метод, векторна діаграма). Знати будову найпростіших електронних фільтрів та пасивних формуючих ланцюжків.

4. Структура курсу

ЛЕКЦІЇ

1. Резистивні кола постійного струму

- 1.1 Поняття електричного струму, потенціалу, напруги та опору
- 1.2 Закон Ома для ділянки кола без джерел
- 1.3 Послідовне та паралельне з'єднання резисторів. Амперметр та вольтметр.
- 1.4 Джерела ЕРС та електричного струму. Ідеальні та реальні джерела. Схеми їх заміщення. Закон Ома для повного кола.
- 1.5 Закон Ома для ділянки кола, що містить ЕРС.
- 1.6 Умова передачі максимальної потужності від джерела до кола

2. Закони Кірхгофа та потенціальна діаграма

- 2.1 Закони Кірхгофа, їх фізичний сенс та приклад використання
- 2.2 Потенціальна діаграма та фізичний сенс її ділянок

3. Конденсатор та котушка в колі з постійними ЕРС. Перехідні процеси

- 3.1 Задача розрядження конденсатора у RC–ланцюжку
- 3.2 Задача зарядження конденсатора у RC–ланцюжку
- 3.3 Перехідні процеси у RL–ланцюжку
- 3.4 Закони комутації

4. Змінний синусоїдальний струм

- 4.1 Поняття змінного синусоїдального струму та діяльних значень струму, напруги та ЕРС
- 4.2 Поведінка резистора у колах змінного струму: зв'язок між амплітудами напруги та струму і зсув фаз між напругою та струмом
- 4.3 Поведінка конденсатора у колах змінного струму: зв'язок між амплітудами напруги та струму і зсув фаз між напругою та струмом. Реактивний опір конденсатора
- 4.4 Поведінка котушки індуктивності у колах змінного струму: зв'язок між амплітудами напруги та струму і зсув фаз між напругою та струмом. Реактивний опір котушки.

5. Послідовний RLC–контур

- 5.1 Підхід через диференціальне рівняння: зауваження про існування перехідного процесу та опис усталеного режиму. Виведення формул для зсуву фаз між напругою та струмом та для опору контура.
- 5.2 Резонанс напруг

6. Потужність змінного струму

6.1 Залежність потужності від часу

6.2 Активна потужність та її фізичний сенс

6.3 Реактивна потужність та демонстрація її фізичного сенсу на прикладі послідовного RLC–контура

7. Метод комплексних амплітуд та векторна діаграма послідовного RLC–контура

7.1 Поняття комплексної амплітуди

7.2 Додавання комплексних амплітуд як векторів на комплексній площині

7.3 Векторна діаграма послідовного RLC–контура та виведення формул для зсуву фаз між напругою та струмом та для опору контура на її основі. Опис резонансу нарут в термінах векторної діаграми.

8. Паралельний RLC–контур

8.1 Підхід через диференціальне рівняння: роль активного опору котушки у перехідному процесі та опис усталеного режиму. Виведення формул для зсуву фаз між напругою та струмом та для провідності контура.

8.2 Векторна діаграма паралельного RLC–контура та виведення формул для зсуву фаз між напругою та струмом та для провідності контура на її основі

8.3 Резонанс струмів

9. Символічний метод

9.1 Закони Кіргхофа для комплексних амплітуд. Пояснення на прикладі, чому ці закони описують зміну у часі реальних фізичних величин.

9.2 Приклад розрахунку кола на основі символічного методу

10. Інтегруючий та диференціюючий RC–ланцюжки

10.1 RC–ланцюжок з вхідною напругою на всьому ланцюжку та вихідною на конденсаторі. Точні аналітичні вирази для вихідної напруги, та асимптотики цих виразів та великих та малих часах. Пояснення, чому такий ланцюжок називають інтегруючим.

10.2 RC–ланцюжок з вхідною напругою на всьому ланцюжку та вихідною на резисторі. Точні аналітичні вирази для вихідної напруги, та асимптотики цих виразів т великих та малих часах. Пояснення, чому такий ланцюжок називають диференціюючим.

11. Електричні фільтри

11.1 Поняття фільтру нижніх частот, верхніх частот, смугового та режекторного

11.2 Інтегруючий RC–ланцюжок як найпростіший фільтр нижніх частот

11.3 Диференціюючий RC–ланцюжок як найпростіший фільтр верхніх частот

11.4 Послідовний RLC–контур як найпростіший смуговий фільтр

11.5 Міст Віна як смуговий фільтр

11.6 Фільтри Батерворта, Чебишева першого та другого роду та еліптичний на прикладі фільтра нижніх частот

11.7 Реалізація фільтра Батерворта нижніх частот другого порядку в електроніці

12. Пасивні формуючі ланцюжки

12.1 Підключення стабілітрона до генератора синусоїдальної напруги у моделі, де вольт–амперна характеристика стабілітрона вважається ідеальною. Час імпульсу,

паузи, фронту та зрізу.

12.2 Підключення RC–ланцюжка паралельно до стабілітрона у вищеназваній задачі. Дослідження роботи ланцюжка у моделі, де обернена напруга на стабілітроні є прямокутними імпульсами з максимальним значенням, що дорівнює напрузі стабілізації та мінімальним значенням, що дорівнює нулю. Випадки, коли період імпульсної послідовності є набагато більшим та набагато меншим за постійну часу RC–ланцюжка.

13. Розвинення періодичних сигналів у ряди Фур'є

13.1 Ряди Фур'є для періодичних функцій. Вирази для коефіцієнтів розвинення

13.2 Потужність періодичного сигналу як сума потужностей гармонік

13.3 Розвинення меандра у ряд Фур'є та перетворення меандра на синусоїду за допомогою фільтра нижніх частот

13.4 Розвинення симетричного пилкоподібного сигналу у ряд Фур'є та його перетворення на синусоїду за допомогою фільтра нижніх частот.

ЛАБОРАТОРНІ ЗАНЯТТЯ

Лаб.1 Дослідження найпростіших резистивних кіл

Лаб.2 Потенціальна діаграма для замкненого контура у резистивному колі постійног струму

Лаб.3 Нелінійні елементи у колах постійного струму

Лаб.4 Дослідження послідовного RLC–контура. Резонанс напруг

Лаб.5 Дослідження паралельного RLC–контура. Резонанс струмів

Лаб.6 Перехідні процеси у RC– та RL–ланцюжках у колах постійного струму

Лаб.7 Символічний метод

Лаб.8 RC–ланцюжок як найпростіший фільтр верхніх або нижніх частот

Лаб.9 Міст Віна

Лаб.10 Пасивні формуючі ланцюжки

Лаб.11 Фільтри нижніх частот другого порядку Батерворта та Чебишева першого роду

Лаб.12 Перетворення меандра та симетричного пилкоподібного сигналу у синусоїду

ПРАКТИЧНІ ЗАНЯТТЯ

1. Дослідження найпростіших резистивних кіл

2. Потенціальна діаграма для замкненого контура у резистивному колі постійног струму

3. Нелінійні елементи у колах постійного струму

4. Дослідження послідовного RLC–контура. Резонанс напруг

5. Дослідження паралельного RLC–контура. Резонанс струмів

6. Перехідні процеси у RC– та RL–ланцюжках у колах постійного струму

7. Символічний метод

8. RC–ланцюжок як найпростіший фільтр верхніх або нижніх частот

9. Міст Віна

10. Пасивні формуючі ланцюжки

11. Фільтри нижніх частот другого порядку Батерворта та Чебишева першого роду

12. Перетворення меандра та симетричного пилкоподібного сигналу у синусоїду

5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення

Необхідний доступ до системи дистанційного навчання НТУДП. На практичних і лабораторних заняттях необхідна наявність калькуляторів та встановлені на комп'ютерах програми Excel, Multisim і Mathcad. Технічне обладнання до лабораторних і практичних робіт:

№ роботи	Назва роботи	Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, що застосовуються при проведенні роботи
1	Дослідження найпростіших резистивних кіл	Джерело постійного ЕРС, резистори, амперметр, вольтметр, з'єднувальні дроти; програма Excel на комп'ютерах
2	Потенціальна діаграма для замкненого контура у резистивному колі постійного струму	Джерело постійного ЕРС, резистори, амперметр, вольтметр, з'єднувальні дроти; програма Excel на комп'ютерах
3	Нелінійні елементи у колах постійного струму	Джерело постійного ЕРС, лабораторний стенд, вольтметр, з'єднувальні дроти; програма Excel на комп'ютерах
4	Дослідження послідовного RLC–контура. Резонанс напруг	Джерело змінної синусоїдальної напруги, резистор, конденсатор, котушка, осцилограф, вольтметр, амперметр, з'єднувальні дроти; програми Excel та Multisim комп'ютерах
5	Лаб.5 Дослідження паралельного RLC–контура. Резонанс струмів	Джерело змінної синусоїдальної напруги, резистор, конденсатор, котушка, осцилограф, вольтметр, амперметр, з'єднувальні дроти; програми Excel та Multisim комп'ютерах
6	Перехідні процеси у RC– та RL–ланцюжках у колах постійного струму	Програма Multisim на комп'ютерах
7	Символічний метод	Програми Multisim та Mathcad на комп'ютерах
8	RC–ланцюжок як найпростіший фільтр верхніх або нижніх частот	Джерело змінної синусоїдальної напруги, резистор, конденсатор, з'єднувальні дроти, осцилограф; програми Excel та Multisim комп'ютерах
9	Міст Віна	Джерело змінної синусоїдальної напруги, резистори, конденсатори, з'єднувальні дроти, осцилограф;

№ роботи	Назва роботи	Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, що застосовуються при проведенні роботи
		програма Excel на комп'ютерах
10	Пасивні формуючі ланцюжки	Джерело змінної синусоїдальної напруги, лабораторний стенд, з'єднувальні дроти, осцилограф.
11	Фільтри нижніх частот другого порядку Батерворта та Чебишева першого роду	Джерело змінної синусоїдальної напруги, лабораторний стенд, з'єднувальні дроти, осцилограф; програма Excel на комп'ютерах
12	Перетворення меандра та симетричного пилкоподібного сигналу у синусоїду	Програма Multisim на комп'ютерах

6. Система оцінювання та вимоги

6.1. Навчальні досягнення здобувачів вищої освіти за результатами вивчення курсу оцінюватимуться за шкалою, що наведена нижче:

Рейтингова шкала	Інституційна шкала
90 – 100	відмінно
74-89	добре
60-73	задовільно
0-59	незадовільно

6.2. Оцінка виставляється на основі двох теоретичних модулів та шести практичних робіт. Максимальний бал за кожний теоретичний модуль складає 20 балів (2 теоретичні питання по 10 балів). Кожна з практичних робіт оцінюється в 10 балів.

Критерії оцінювання

Реальні результати навчання студента ідентифікуються та вимірюються відносно очікуваних під час контрольних заходів за допомогою критеріїв, що описують дії студента для демонстрації досягнення результатів навчання.

Для оцінювання виконання контрольних завдань під час поточного контролю лекційних і практичних занять в якості критерія використовується коефіцієнт засвоєння, що автоматично адаптує показник оцінки до рейтингової шкали:

$$O_i = 100 a/m,$$

де a – число правильних відповідей або виконаних суттєвих операцій відповідно до еталону рішення; m – загальна кількість запитань або суттєвих операцій еталону.

Зміст критеріїв спирається на компетентнісні характеристики, визначені НРК для бакалаврського рівня вищої освіти (подано нижче).

Загальні критерії досягнення результатів навчання Для 6-го кваліфікаційного рівня за НРК

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показники оцінки
Знання		
– спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері професійної діяльності або галузі знань і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у галузі та на межі галузей знань	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: <ul style="list-style-type: none"> – спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень; – критичне осмислення проблем у навчанні та/або професійній діяльності та на межі предметних галузей 	95-100
	Відповідь містить не грубі помилки або описки	90-94
	Відповідь правильна, але має певні неточності	85-89
	Відповідь правильна, але має певні неточності й недостатньо обґрунтована	80-84
	Відповідь правильна, але має певні неточності, недостатньо обґрунтована та осмислена	74-79
	Відповідь фрагментарна	70-73
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення студента про об'єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
Рівень знань незадовільний	<60	
Уміння/навички		
– спеціалізовані уміння/навички розв'язання проблем, необхідні для проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності з метою розвитку нових знань та процедур; – здатність інтегрувати знання та розв'язувати складні задачі у широких або мультидисциплінарних контекстах; – здатність розв'язувати	Відповідь характеризує уміння: <ul style="list-style-type: none"> – виявляти проблеми; – формулювати гіпотези; – розв'язувати проблеми; – оновлювати знання; – інтегрувати знання; – провадити інноваційну діяльність; – провадити наукову діяльність 	95-100
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності з не грубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	74-79
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-73

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показники оцінки
проблеми у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння/навички застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	Рівень умінь/навичок незадовільний	<60
Комунікація		
– зрозуміле і недвозначне донесення власних знань, висновків та аргументації до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються	Зрозумілість відповіді (доповіді). <i>Мова:</i> – правильна; – чиста; – ясна; – точна; – логічна; – виразна; – лаконічна. <i>Комунікаційна стратегія:</i> – послідовний і несуперечливий розвиток думки; – наявність логічних власних суджень; – доречна аргументація та її відповідність відстоюваним положенням; – правильна структура відповіді (доповіді); – правильність відповідей на запитання; – доречна техніка відповідей на запитання; – здатність робити висновки та формулювати пропозиції; – використання іноземних мов у професійній діяльності	95-100
	Достатня зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія з незначними хибами	90-94
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано три вимоги)	85-89
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано чотири вимоги)	80-84
	Добра зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна	74-79

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показники оцінки
	комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п'ять вимог)	
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	70-73
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано дев'ять вимог)	65-69
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та комунікаційна стратегія з хибами (сумарно не реалізовано 10 вимог)	60-64
	Рівень комунікації незадовільний	<60
<i>Відповідальність і автономія</i>		
<ul style="list-style-type: none"> – управління робочими або навчальними процесами, які є складними, непередбачуваними та потребують нових стратегічних підходів; – відповідальність за внесок до професійних знань і практики та/або оцінювання результатів діяльності команд та колективів; – здатність продовжувати навчання з високим ступенем автономії 	Відмінне володіння компетенціями: <ul style="list-style-type: none"> – використання принципів та методів організації діяльності команди; – ефективний розподіл повноважень в структурі команди; – підтримка врівноважених стосунків з членами команди (відповідальність за взаємовідносини); – стресовитривалість; – саморегуляція; – трудова активність в екстремальних ситуаціях; – високий рівень особистого ставлення до справи; – володіння всіма видами навчальної діяльності; – належний рівень фундаментальних знань; – належний рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок 	95-100
	Упевнене володіння компетенціями відповідальності і автономії з незначними хибами	90-94
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано дві вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано три вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано чотири вимоги)	74-79
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано п'ять вимог)	70-73
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (не реалізовано шість	65-69

	Вимоги до знань, умінь/навичок, комунікації, відповідальності і автономії	Показники оцінки
	вимог)	
	Задовільне володіння компетенціями відповідальності і автономії (рівень фрагментарний)	60-64
	Рівень відповідальності і автономії незадовільний	<60

7. Політика курсу

7.1. Політика щодо академічної доброчесності

Академічна доброчесність здобувачів вищої освіти є важливою умовою для опанування результатами навчання за дисципліною і отримання задовільної оцінки з поточного та підсумкового контролів. Академічна доброчесність базується на засудженні практик списування (виконання письмових робіт із залученням зовнішніх джерел інформації, крім дозволених для використання), плагіату (відтворення опублікованих текстів інших авторів без зазначення авторства), фабрикації (вигадування даних чи фактів, що використовуються в освітньому процесі). Політика щодо академічної доброчесності регламентується положенням "Положення про систему запобігання та виявлення плагіату у Національному технічному університеті "Дніпровська політехніка". http://www.nmu.org.ua/ua/content/activity/us_documents/System_of_prevention_and_detection_of_plagiarism.pdf.

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути виконана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

7.2. Комунікаційна політика

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту.

Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

7.3. Політика щодо перескладання

Роботи, які здаються із порушенням термінів без поважних причин оцінюються на нижчу оцінку. Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

7.4 Політика щодо оскарження оцінювання

Якщо здобувач вищої освіти не згоден з оцінюванням його знань він може опротестувати виставлену викладачем оцінку у встановленому порядку.

7.5. Відвідування занять

Для здобувачів вищої освіти денної форми відвідування занять є обов'язковим. Поважними причинами для неявки на заняття є хвороба, участь в університетських заходах, академічна мобільність, які необхідно підтверджувати документами. Про відсутність на занятті та причини відсутності здобувач вищої освіти має повідомити викладача або особисто, або через старосту.

За об'єктивних причин (наприклад, міжнародна мобільність) навчання може відбуватись в он-лайн формі за погодженням з керівником курсу.

7.6. Бонуси

За активність та правильні відповіді на лекційних та практичних заняттях студент може отримати до +2 балів до семестрової оцінки на кожному занятті.

8 Рекомендовані джерела інформації

Базові

1. Теорія електричних кіл та сигналів : навч. посіб. : у 2 ч. Ч.1 / В.М. Горєв ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2021. – 105 с.

2. Теорія електричних кіл та сигналів : навч. посіб. : у 2 ч. Ч.2 / В.М. Горєв ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро : НТУ «ДП», 2021. – 107 с

3. Горєв В. М. Теорія електричних кіл та сигналів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для бакалаврів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. Частина перша / В.М. Горєв, О.М. Галушко, І.А. Сечкін ; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 37 с.

4. Горєв В. М. Теорія електричних кіл та сигналів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни для бакалаврів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. Частина друга/ В.М. Горєв, О.М. Галушко; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 27 с.

5. Горєв В. М. Теорія електричних кіл та сигналів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з дисципліни для бакалаврів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. Частина третя/ В.М. Горєв, О.М. Галушко; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 32 с.

6. Горєв В. М. Теорія електричних кіл та сигналів. Методичні рекомендації до курсового проекту з дисципліни для бакалаврів спеціальності 172 Телекомунікації та радіотехніка. / В.М. Горєв, О.М. Галушко; Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 38 с.

Додаткові

1. Ю.О. Коваль, І.О. Милютченко, А.М. Олейніков, В.М. Шокало, «Основи теорії кіл, сигналів та процесів в системах технічного захисту інформації. Ч.1.», за загальною редакцією В.М. Шокала, Харків: НТМТ, 2011. – 544 с.

2. А.В. Павленко, В.Л. Копорулін, Л.П. Кагадій, Л.В. Моссаковська, «Вища математика. Розділ «Ряди та інтеграл Фур'є»»: Навч. посібник, Дніпропетровськ: НМетАУ, 2015. – 92 с.

3. V. S. Khilov, “Theoretical fundamentals of electrical engineering”, Dnipro, National Mining University, 2018. – 467 p.