

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики, електротехніки та електромеханіки
Кафедра теоретичної електротехніки та електричних вимірювань

СИЛОВІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА

**Вибірковий
I (бакалаврський)
рівень вищої освіти**

Освітня програма: електромеханіка

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

1. Опис навчальної дисципліни

Характеристика навчальної дисципліни	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Загальні показники навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів: 3	Галузь знань: 14 – електрична інженерія Спеціальність: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка Освітня програма: електромеханіка Рівень вищої освіти: I бакалаврський	Рік підготовки:	
Загальна кількість годин: 90		4	4
Модулів: 2		Семестр:	
Змістових модулів: 4		7-ий	7-ий
Курсова робота / проект: не передбачено		Лекції:	
Підсумковий контроль: диф. залік		27	5
		Практичні, семінарські:	
		-	-
	Лабораторні:		
	18	5	
	Самостійна робота:		
	45	80	

Викладач: Ведміцький Ю. Г.

Мова викладання: українська

2. Передумови для вивчення дисципліни

Дисципліна «Силові перетворювачі автоматизованого електропривода» базується на знаннях та уміннях, отриманих студентами під час вивчення дисциплін «Вища математика», «Загальна фізика» та «Теоретичні основи електротехніки».

Дисципліна безпосередньо пов'язана та доповнює такі дисципліни, як «Теорія електропривода», «Електричні машини», «Основи метрології та електричних вимірювань».

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни. Формування в здобувача освіти професійної бази знань в галузі силових перетворювальних пристроїв, їх структурних і принципових схем, функціональних можливостей та способів застосування як керованих та регульованих вторинних джерел живлення в системі автоматизованого електропривода постійного і змінного струмів.

Завдання вивчення дисципліни. Надати здобувачеві освіти необхідну та достатню базу знань, сформовану на основі сучасних теорій, які забезпечують теоретичний базис силової електроніки та перетворювальної техніки. Познайомити здобувача з основними типами силових перетворювальних систем, використовуваних в автоматизованому електроприводі, їхніми структурними та принциповими схемами, основними технічними параметрами і характеристиками. Розглянути основні методи розрахунку та аналізу силових перетворювачів в різних режимах роботи і за різних умов.

Програмні результати вивчення дисципліни. У відповідності з вимогами освітньо-професійної програми студент має:

а) *вміти*:

- здійснювати аналіз фізичних явищ і процесів, що спостерігаються в напівпровідникових пристроях силової електроніки та перетворювальної техніки;
- застосовувати відомі методи розрахунку і аналізу силових процесів;
- використовувати математичний апарат і будувати математичні моделі для розрахунку та аналізу силових процесів в пристроях перетворювальної техніки;
- будувати структурні та принципові схеми силових перетворювачів для забезпечення їх функціонування в заданих режимах роботи і за заданих умов, формувати елементну базу з необхідними електричними та іншими параметрами;
- виявляти здатність до монтажу, налагодження, юстування, випробування, обслуговування та ремонту основних силових систем;
- володіти технікою вимірювання електричних параметрів пристроїв силової електроніки;
- застосовувати під час розрахунків та аналізу пристроїв промислової електроніки системи комп'ютерної математики Mathcad, Maple, Wolfram Mathematica

або MatLAB, а також системи комп'ютерного моделювання NI Multisim, MicroCap, NI LabView, MatLab тощо;

- використовувати одержані знання, уміння та навички для подальшого удосконалення власної професійної освіти,

б) знати:

- основні поняття, твердження та положення основних теорій, які сукупно формують теоретичний базис силових електроніки;

- склад та електричні властивості елементної бази пристроїв силових електроніки та перетворювальної техніки;

- топологію основних структурних та електричних принципів схем пристроїв напівпровідникової силових електроніки та перетворювальної техніки;

- математичний апарат теоретичної та загальної електротехніки, який застосовується для розрахунку та аналізу ustalених режимів та перехідних процесів в напівпровідникових приладах та пристроях силових електроніки;

- основні явища та закони теорії електромагнітного поля та систему його основних рівнянь (рівнянь Максвелла), які в інтегральній і диференціальній формах ці явища та закони математично описують.

Компетентності, якими повинен володіти здобувач освіти внаслідок вивчення дисципліни та результати його навчання. Для успішного виконання професійних обов'язків під час вивчення дисципліни здобувач має набути та розвинути такі **компетентності**:

1) **загальнонаукові** (базові знання фундаментальних наук, в обсязі, необхідному для засвоєння загально-професійних дисциплін, базові знання в галузі сучасних інформаційних технологій та вміння їх використання для математичного моделювання та розрахунку режимів роботи сучасних систем силових електроніки та перетворювальної техніки);

2) **інструментальні** (дослідницькі навички, навички роботи з комп'ютерною технікою);

3) **загально-професійні** (базові знання з основ промислової електроніки, а також теоретичної та загальної електротехніки, здатність застосовувати ці знання для розрахунку та аналізу режимів роботи систем силових та інформаційної електроніки);

4) **спеціалізовано-професійні** (базові знання з теорії електромагнітного поля, здатність застосовувати ці знання для математичного та комп'ютерного моделювання систем силових електроніки та перетворювальної техніки).

4. Програма навчальної дисципліни

Навчальний модуль 1

Змістовий модуль 1

Тема 1. Предмет і задачі дисципліни «Силові перетворювачі автоматизованого електропривода».

Тема 2. Силове перетворення параметрів електричної енергії. Сучасні тенденції та парадигма.

Тема 3. Теорія силових процесів. Геометричні методи в силовій електроніці та перетворювальній техніці.

Тема 4. Тригонометричні ряди Фур'є. Інтегральне перетворення Фур'є. Спектральний метод аналізу усталених і перехідних процесів в системах силової електроніки.

Змістовий модуль 2

Тема 5. Напівпровідникова силова електроніка. Силові перетворювачі, їх класифікація.

Тема 6. Основи фізики напівпровідників. Домішкові напівпровідники *n*- та *p*-типів. Властивості та застосування.

Тема 7. Напівпровідникові структури на основі електронно-діркового переходу і їх електричні властивості.

Тема 8. Сучасна елементна база напівпровідникової силової електроніки та перетворювальної техніки.

Тема 9. Напівпровідникові діоди. Тиристори.

Тема 10. Біполярні транзистори. Польові транзистори. IGBT.

Навчальний модуль 2

Змістовий модуль 3

Тема 11. Основи теорії випрямлячів. Типи випрямлячів, функціональні можливості, основні параметри та характеристики.

Тема 12. Однофазні і трифазні випрямлячі. Некерований режим роботи.

Тема 13. Керовані однофазні та трифазні випрямлячі.

Тема 14. Основи теорії інверторів, типи, функціональні можливості, основні параметри і характеристики.

Тема 15. Інвертори, залежні від мережі.

Тема 16. Автономні інвертори напруги та струму.

Тема 17. Імпульсні перетворювачі в системах постійного та змінного струмів.

Тема 18. Параметричні, компенсаційні та імпульсні стабілізатори і регулятори в системах постійного та змінного струмів.

Тема 19. Перетворювачі частоти. Частотне регулювання швидкості асинхронного двигуна.

Змістовий модуль 4

Тема 20. Теорія електромагнітного поля, її значення та застосування.

Тема 21. Рівняння Максвелла в інтегральній і диференціальній формах.

5. Теми лабораторних занять

- Тема 1. №1. Статичні характеристики біполярного транзистора.
- Тема 2. №2. Робота тиристора в колі змінного та постійного струмів.
- Тема 3. №3. Однофазний мостовий випрямляч.
- Тема 4. №4. Трифазний однофазний випрямляч.
- Тема 5. №5. Трифазний мостовий випрямляч.
- Тема 6. №6. Імпульсний перетворювач послідовного типу.
- Тема 7. №7. Стабілізатор постійної напруги компенсаційного типу.
- Тема 8. №8. Тиристорний регулятор змінного струму.
- Тема 9. №9. Перетворювач частоти в системі частотно-регульованого електропривода.

6. Теми самостійної роботи студентів

- Тема 1. Предмет і задачі дисципліни «Силові перетворювачі автоматизованого електропривода».
- Тема 2. Силове перетворення параметрів електричної енергії. Сучасні тенденції та парадигма.
- Тема 3. Теорія силових процесів. Геометричні методи в силовій електроніці та перетворювальній техніці.
- Тема 4. Тригонометричні ряди Фур'є. Інтегральне перетворення Фур'є. Спектральний метод аналізу усталених і перехідних процесів в системах силової електроніки.
- Тема 5. Напівпровідникова силова електроніка. Силові перетворювачі, їх класифікація.
- Тема 6. Основи фізики напівпровідників. Домішкові напівпровідники *n*- та *p*-типів. Властивості та застосування.
- Тема 7. Напівпровідникові структури на основі електронно-діркового переходу і їх електричні властивості.
- Тема 8. Сучасна елементна база напівпровідникової силової електроніки та перетворювальної техніки.
- Тема 9. Напівпровідникові діоди. Тиристори.
- Тема 10. Біполярні транзистори. Польові транзистори. IGBT.
- Тема 11. Основи теорії випрямлячів. Типи випрямлячів, функціональні можливості, основні параметри та характеристики.
- Тема 12. Однофазні і трифазні випрямлячі. Некерований режим роботи.
- Тема 13. Керовані однофазні та трифазні випрямлячі.
- Тема 14. Основи теорії інверторів, типи, функціональні можливості, основні параметри і характеристики.
- Тема 15. Інвертори, залежні від мережі.
- Тема 16. Автономні інвертори напруги та струму.
- Тема 17. Імпульсні перетворювачі в системах постійного та змінного струмів.

Тема 18. Параметричні, компенсаційні та імпульсні стабілізатори і регулятори в системах постійного та змінного струмів.

Тема 19. Перетворювачі частоти. Частотне регулювання швидкості асинхронного двигуна.

Тема 20. Теорія електромагнітного поля, її значення та застосування.

Тема 21. Рівняння Максвела в інтегральній і диференціальній формах.

7. Індивідуальні завдання

Обсяг і зміст індивідуальної роботи студента з дисципліни залежить від форми навчання студента. Студенти денної форми навчання не виконують розрахунково-графічних робіт, а студенти заочної форми навчання виконують **одну** контрольну роботу у відповідності з положеннями, наведеними в рекомендованих літературних джерелах.

8. Методи навчання

Лекції (з використанням мультимедійних засобів навчання), проблемна лекція, лабораторні роботи, контрольні роботи, тестові завдання з використанням електронної системи університету, підготовка доповідей науково-дослідного характеру для участі на щорічній науково-технічній конференції викладачів, співробітників та студентів ВНТУ.

9. Засоби діагностування результатів навчання

Протягом вивчення дисципліни передбачається поточний та підсумковий форми контролів знань студентів.

Поточний контроль проводиться шляхом фронтального, індивідуального чи комбінованого опитування студентів в результаті написання колоквіумів та захисту виконаних лабораторних робіт. Колоквіуми можуть проводитись за допомогою таких методів:

- письмової контрольної роботи;
- складання тестів у електронній системі університету;
- складання тестів у електронній системі університету та додаткової письмової контрольної роботи (додатково оголошується розподіл балів за складання тестів та виконання письмової роботи із загальної кількості балів, відведених на колоквіум).

Підсумковий контроль знань студентів проводиться шляхом складання іспиту за темами, що охоплюють весь курс дисципліни. Екзамен може проводитись за допомогою таких методів:

- усної співбесіди з екзаменатором та (або) його асистентом;
- складання тестів у електронній системі університету;
- складання тестів у електронній системі університету та додаткової усної співбесіди з екзаменатором та (або) його асистентом (додатково оголошується ро-

зподіл балів за складання тестів та виконання письмової роботи із загальної кількості балів, відведених на підсумковий контроль).

10. Розподіл балів, які отримують студенти

Вивчення дисципліни за кредитно-модульною системою (КМС) студентами денної форми навчання проводиться у відповідності з положенням про кредитно-модульну систему організацію навчального процесу у ВНТУ. Нижче наведено трудомісткість дисципліни.

Види контролю та роботи	Навчальні модулі		Разом за три-мєстр
	1-ий модуль	2-ий модуль	
I. Поточний контроль (разом):			100
- Виконання та захист лабораторних робіт	4 x 3 = 12	3 x 3 = 15	9 x 3 = 27
II. Модульний контроль (разом):	---	---	---
- Колоквіуми	38	35	73
III. Разом:	50	50	100

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90 – 100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
75-81	C		
64-74	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

11. Критерії оцінювання знань, умінь та навичок студентів

Загальна оцінка студента за результатами КМС залежить від суми набраних протягом теоретичного семестру балів (до 100 балів), і визначається за таблицею.

Якщо студент за результатами виконання завдання протягом семестру отримав бальну оцінку на рівні F, то він має право пройти повторний курс вивчення дисципліни відповідно до «Тимчасового положення про порядок ліквідації академічної заборгованості, академічної різниці та надання платної послуги з проведення занять з вивчення окремої навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом».

Рівень компетентності	За національною шкалою	За шкалою ECTS	Критерії оцінювання
IV Високий (творчий) «5»	відмінно	A	Виставляється, якщо при відповіді на питання виявлено всебічні, систематизовані, глибокі знання матеріалу, який виноситься на контроль, уміння вільно виконувати завдання, передбачені програмою, знання основної і додаткової літератури, передбаченої програмою на рівні творчого використання.
III Достатній (конструктивний) «4»	добре «4+»	B	Повні знання з питань і задач, що стоять перед студентом. Уміння викладати основні ідеї. Вміння професійно відстоювати свою точку зору. Припускаються несуттєві неточності у викладенні матеріалу та у відповідях.
	добре «4»	C	Достатньо повні знання з поставлених питань і задач. Вміння викладати основні ідеї. Здатність самостійно застосовувати вивчений матеріал на рівні стандартних ситуацій, наводити окремі власні приклади на підтвердження власних тверджень. Вміння доводити правильність своїх рішень. Несуттєві неточності у відповідях та деякі нераціональності при програмуванні задач.
II Середній (репродуктивний) «3»	задовільно «3+»	D	Студент може відтворити значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання та розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати матеріал, робити висновки та розробляти програмні блоки. Пояснення неповні, нелаконічні, не завжди точні. Відповіді на питання неповні, містять неточності, при програмуванні застосовуються не найраціональніші рішення.
	задовільно «3»	E	Задовільні знання програмного матеріалу на рівні вищому за початковий. Здатність за до-

			помогою викладача логічно відтворювати значну частину матеріалу. При відповіді на запитання виникають труднощі у деяких положеннях, відповіді не повні, програми пишуться нераціонально, не використовуються всі ефективні засоби програмування.
I Низький «2»	незадовільно з можливістю повторного складання «2»	FX	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (40-60%), пояснення не до ладу. Самостійно, без допомоги викладача, не може сформулювати алгоритм рішення задачі. Програми не раціональні та неефективні, при програмуванні використовуються лише прості конструкції.
	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни» 2	F	Теорією володіє на рівні фрагментів, викладає матеріал уривчасто. Утруднюється в обґрунтуванні рішень, на запитання викладача дає неправильні відповіді (60-100%) або не відповідає взагалі. Самостійно, без допомоги викладача, не може сформулювати алгоритм рішення задачі.

12. Рекомендована література

Базова

1. Електроніка і мікросхемотехніка. Електронна база електронних пристроїв. Том 1./Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В., Юрченко М.М., Сенько Л.І., Ясинський В.В. – Київ: Обереги, 2000 р.-300 с.
2. Електроніка і мікросхемотехніка. Аналогові та імпульсні пристрої. Том 2. /Сенько В.І., Панасенко М.В., Юрченко О.Н., Сенько Є.В. – Харків: Фоліо, 2002 р. - 510 с.
3. Електроніка і мікросхемотехніка. Цифрові пристрої. Том 3./ Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В., Юрченко М.М., Сенько Л.І., Ясинський В. В. – Київ: «Каравела», 2008 р. – 400 с.
4. Електроніка і мікросхемотехніка. Силова електроніка. Том 4. Кн.1. Кн. 2 / Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В., Юрченко М.М., Сенько Л.І., Ясинський В. В. – Київ: «Каравела», 2013 р. – 640 с.
5. Шрайбер Д. Силові перетворювальні пристрої. Базові схеми та класифікація // Компоненти і технології. – 2009. – №12.
6. Rashid M. Power electronics. Handbook. – 2017.
7. Редді Рама С. Основи сигової електроніки. – 2006.
8. Розанов Ю. К. Силова електроніка. – 2016.
9. Rashid M. Power lectronics. – 2014.

10. ТОЕ. Електромагнітне поле : підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 392 с.
11. ТОЕ. Електромагнітне поле : підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук. – Вінниця : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. – 407 с.
12. ТОЕ. Перехідні процеси в лінійних колах. Синтез лінійних кіл. Електричні та магнітні нелінійні кола: підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук, С. Ш. Кацев, за ред. проф. Ю. О. Карпова. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2013. – 456 с.
13. ТОЕ. Перехідні процеси в лінійних колах. Синтез лінійних кіл. Електричні та магнітні нелінійні кола: підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук, С. Ш. Кацев, за ред. проф. Ю. О. Карпова. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 530 с.
14. Ericson R. W. Fundamentals of power electronics. – 2017.
15. Krein Ph. T. Power electronics. Handbook. – 2007.
16. Mohan N. Power electronics. – 2003.
17. Промислова електроніка./ Руденко В.С., Ромашко В.Я., Трифонюк В.В. – Київ: Либідь, 1993 р. - 432 с.
18. ТОЕ. Методи розрахунку нелінійних електричних і магнітних кіл в прикладах та задачах : навч. посібник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. – 262 с.
19. ТОЕ. Задачі та приклади розрахунку лінійних електричних кіл : навч. посібник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук та ін. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – 346 с.
20. Родінков В.І. Промислова електроніка. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт. ВНТУ.-2007 р.
21. ТОЕ. Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими та розподіленими параметрами : підручник / Ю. О. Карпов, С. Ш. Кацев, В. В. Кухарчук, Ю. Г. Ведміцький, під ред. проф. Ю. О. Карпова. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 326 с.
22. ТОЕ. Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими та розподіленими параметрами : підручник / Ю. О. Карпов, С. Ш. Кацев, В. В. Кухарчук, Ю. Г. Ведміцький, під ред. проф. Ю. О. Карпова. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 377 с.

Допоміжна

1. Мерабішвілі П. Ф., Ярошенко Е. М. Нестационарні електромагнітні процеси в системах з вентилями. – 1980.
2. Тонкаль В. Є., Новосельцев О. В., Денисюк С. П. та ін. Баланс енергій в електричних колах. – 1992.
3. Ведміцький Ю. Г. Узагальнене електричне коло і фізичне явище гіпервалентної взаємодії / Ю. Г. Ведміцький // Вісник Інженерної академії України. – 2016. – Випуск 4. – С. 207-213.

4. Ведміцький Ю. Г. Тектологія динамічних систем і явище гіперсилової взаємодії у структурних рівняннях узагальненого електричного кола / Ю. Г. Ведміцький // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – 2018. – № 2. – режим доступу до збірника матеріалів: <https://praci.vntu.edu.ua/index.php/praci/article/view/547>.

13. Базові інформаційні ресурси

1. Теоретичні основи електротехніки. Задачі та приклади розрахунку лінійних електричних кіл : навч. посібник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук та ін. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2016. – 346 с.

Режим доступу:

<http://oldiplus.com/catalog/texniceskie-nauki/zadachi-toe.html>

2. Теоретичні основи електротехніки. Перехідні процеси в лінійних колах. Синтез лінійних кіл. Електричні та магнітні нелінійні кола: підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук, С. Ш. Кацев, за ред. проф. Ю. О. Карпова. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2013. – 456 с.

Режим доступу:

<http://oldiplus.com/catalog/texniceskie-nauki/osnovi-metrologiyi-ta-elektrichnix-vimiryuvan.html>

3. Теоретичні основи електротехніки. Усталені режими лінійних електричних кіл із зосередженими та розподіленими параметрами : підручник / Ю. О. Карпов, С. Ш. Кацев, В. В. Кухарчук, Ю. Г. Ведміцький, під ред. проф. Ю. О. Карпова. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 326 с.

Режим доступу:

<http://oldiplus.com/catalog/texniceskie-nauki/teoretichni-osnovi-elektrotexniki.-1.html>

4. Теоретичні основи електротехніки. Електромагнітне поле : підручник / Ю. О. Карпов, Ю. Г. Ведміцький, В. В. Кухарчук. – Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2014. – 392 с.

Режим доступу:

<http://oldiplus.com/catalog/texniceskie-nauki/teoretichni-osnovi-elektrotexniki.-3.html>

5. Національна бібліотека України імені академіка В. І. Вернадського.

Режим доступу: <http://nbuv.gov.ua>

6. Пошукова система GOOGLE.

Режим доступу: <http://google.com.ua>

14. Політика курсу

Викладач та всі здобувачі, що вивчають цей курс, зобов'язуються дотримуватись таких положень:

- Кодекс етики ВНТУ;
- Положення про академічну доброчесність студентів та науково-педагогічних працівників ВНТУ;
- Положення про рейтингову систему оцінювання досягнень студентів у ВНТУ та розуміють, що за їх порушення несуть особисту відповідальність.