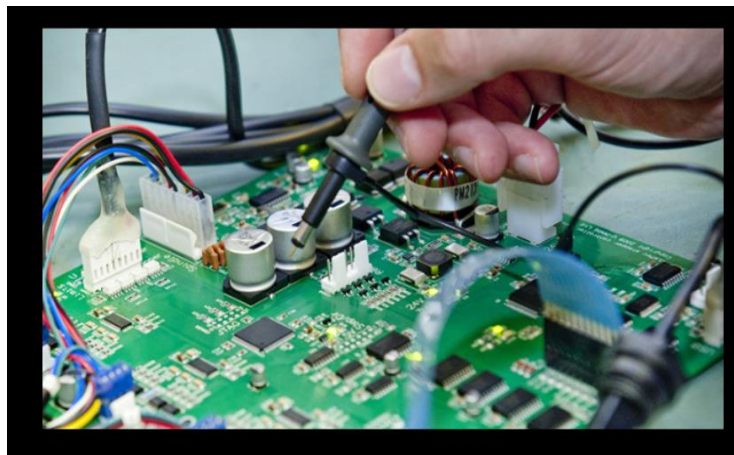


УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ

Затверджено на засіданні кафедри
електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
протокол №1 від 15.09.2023



СИЛАБУС з дисципліни
«ОСНОВИ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОНІКИ»

Команда викладачів:

Лектор: Плахтій Олександр Андрійович,
Контакти: a.plakhtiy1989@gmail.com,

Години прийому та консультацій: 13.00-18.00 вівторок - четвер

Веб-сторінки курсу:

Веб сторінка курсу:

<https://do.kart.edu.ua/course/view.php?id=11476>

Додаткові інформаційні матеріали:

<https://cxem.net/>

<http://radiostorage.net/>

<https://www.ruselectronic.com/chitaem-elektricheskie-skhemy/>

<http://electricalschool.info/main/elsnabg/415-preobrazovatelnye-ustrojstva-v.html>

<https://www.youtube.com/channel/UCUINxWT1y3SmOmeYzqAKrWQ>

<https://www.youtube.com/user/ETUSPB>

<https://www.youtube.com/user/priklucheniapsiha>

Розвиток нашої цивілізації нерозривно пов'язаний з розвитком електрики та електроніки. Все від мобільних гаджетів та електромобілів до тягових підстанцій та електровозів містить напівпровідникові електричні схеми, які працюють згідно зі спільними законами. Промислова електроніка в наш час є дуже цікавою областю знань, яка має реальний попит на ринку праці.

Про що саме буде цей курс???

Електроніка є дуже широкою областю знань, яку умовно можна поділити силову електроніку (напівпровідникові перетворювачі) та слаботочну електроніку (аналогові та мікропроцесорні системи керування).

Силова електроніка дозволить вам зрозуміти, як перетворювати електричну енергію. Наприклад, як можна перетворити постійну напругу в трифазну змінну напругу? Як перетворити змінну напругу в постійну напругу? Як та регулювати та стабілізувати напругу на навантаженні при умові пульсацій та відхилення напруги живлення? Які показники напівпровідникових перетворювачів є важливими і як їх можна покращити?? На ці та багато інших питань відповідь частина «напівпровідникові перетворювачі».

Слаботочна електроніка дозволить вам зрозуміти принципи побудови аналогових та мікропроцесорних систем керування. Що таке мікропроцесор ?? Як він працює? Які задачі він дозволяє виконати?

КОМПЕТЕНТНОСТІ КУРСУ

Курс має на меті сформувати та розвинути наступні компетентності студентів:

1. Ціннісно-смислову компетентність формування та розширення світогляду студента в області промислової електроніки, здатність до розуміння важливості використання напівпровідникових перетворювачів та впливу перетворювальної техніки на загально технічний розвиток;

2. Загальнокультурну компетентність (розуміння впливу розвитку промислової електроніки на розвиток нашої цивілізації);

3. Навчально-пізнавальну компетентність (формування у студента зацікавленості про стан та перспективи промислової електроніки на напівпровідникових перетворювачів електроенергії; інформації щодо принципів роботи напівпровідникових приладів та схем; оволодіння роботи на паяльнику; здатність студента проводити імітаційне моделювання роботи

електричних схем; формувати цілі дослідження та, з метою їх вирішення, вміння знаходити рішення)

4. Інформаційну компетентність (розвиток вмінь студента до самостійного пошуку, аналізу, структурування та відбору потрібної інформації в області промислової електроніки на напівпровідникових перетворювачів електроенергії за допомогою сучасних інформаційних технологій)

5. Комунікативну компетентність (розвиток у студента навичок роботи в команді шляхом реалізації групових проектів в області промислової електроніки на напівпровідникових перетворювачів електроенергії, вміння презентувати власний курсовий проект – жива, робота електрична схема, зроблена студентом);

6. Компетентність особистісного самовдосконалення (елементи фізичного, духовного й інтелектуального саморозвитку, емоційної саморегуляції та самопідтримки; підтримка постійної жаги до самовдосконалення та самопізнання, шляхом постійного пошуку нетрадиційних підходів до проблеми енергетичної безпеки держави).

Чому ви маєте обрати цей курс?

Майбутнє працевлаштування на приватних підприємствах.

Найбільшою глобальною задачею студента є оволодіння достатнім рівнем компетенції для отримання гідної заробітної плати. Значна частина підприємств Харкова працює в сфері розробки електронних пристроїв: НПО ВЕРТИКАЛЬ, ВО ОВЕН, КІАТОН, СТАЛЬ ЕНЕРГО, ХАРТРОН, ЕЛАКС, ЕОС та багато інших підприємств. Заробітня плата на цих підприємствах інженерів-електроніків перевищує з/п за залізниці та метрополітені у декілька разів і сягає на 05.11.2019 приблизно 1000 доларів (в залежності від рівня кваліфікації). Знання основ промислової електроніки та перетворювальної техніки на цих підприємствах знання є **ОБОВ'ЯЗКОВИМИ!!!**

Я, Плахтій Олександр Андрійович, є не тільки кандидатом наук, але й діючим інженером-електроніком на підприємстві ТОВ «ВО ОВЕН». Працюю в відділі передових розробок. Я маю досить значний досвід в розробці та моделювання напівпровідникових приладів і знаю які знання необхідні для **РЕАЛЬНОЇ РОБОТИ**. В разі успішного навчання я зобов'язуюсь надати студентам можливість проходження реальної практики на підприємстві з подальшим працевлаштуванням.

Робота на залізниці та метрополітенах.

Знання промислової електроніки та перетворювальної техніки необхідні для розуміння принципів роботи тягових підстанцій (випрямлячі та фільтри), електровозів (випрямлячі, широтно-імпульсні перетворювачі, автономні інвертори напруги), джерел додаткових втрат потужності в системах електропостачання та шляхів підвищення енергоефективності систем електричної тяги (вищі гармоніки та причини їх виникнення)

Зв'язок з іншими дисциплінами.

Основи електроніки та напівпровідникової перетворювальної техніки необхідні для загального розуміння всіх електричних процесів в тягових підстанціях, електровозах, електроприводі електромобілі та в інших технічних сферах.

Команда викладачів і ваші колеги будуть готові надати будь-яку допомогу з деякими з найбільш складних аспектів курсу по електронній пошті, на форумі (**дати гіперссилку на форум, якщо такий передбачений**) і особисто - у робочий час.

Огляд схема курсу

Цей курс, який вивчається з вересня по грудень, дає студентам глибоке розуміння основ промислової електроніки - від принципа роботи напівпровідникового діода до трифазних автономних інверторів напруги .

Курс складається з однієї лекції на тиждень і одного практичного заняття раз у два тижні. Він супроводжується текстовим матеріалом, презентаціями та груповими завданнями. Студенти матимуть можливість застосовувати отримані знання та вирішувати практичні завдання протягом обговорень в аудиторії та розробки проекту. В рамках курсу передбачають лекції запрошених роботодавців (**вказати хто саме з якої тематики курсу та коли**) та проведення екскурсії на передові харківські підприємства.

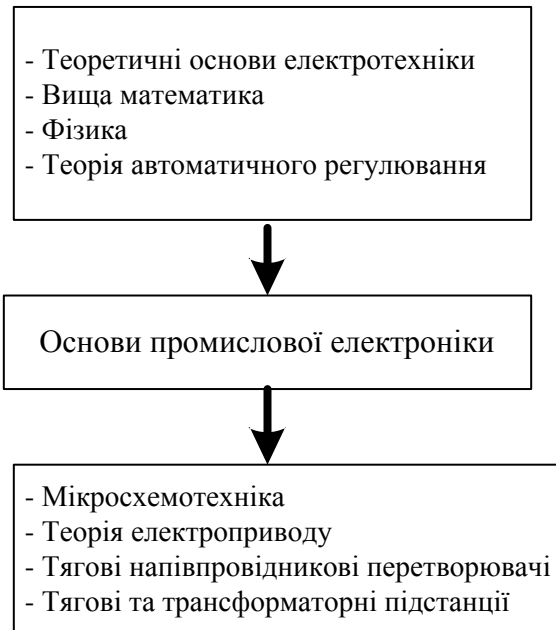
Основи промислової електроніки / схема курсу

Поміркуй	Лекції	Виконай
	Запрошені лектори	
	Довідковий матеріал	
	Презентації	
	Курсовий проект	
	Групові завдання	
	Екскурсії	
	Індивідуальні консультації	
	Онлайн форум в вайбері	
	Іспит	

Практичні заняття курсу передбачають розробку імітаційних моделей напівпровідникових перетворювачів, які дозволять краще зрозуміти принципи роботи.

Крім цього дисципліна передбачає виконання курсового проекту в рамках якого студенти власноруч реалізують цікаві їм електричні схеми, наприклад: власних блок зарядки телефону, блок живлення для ноутбука, трансформатор Тесли та багато інших. В рамках курсового проекту необхідно розібратися як працює електрична схема, виконати її розрахунок та комп'ютерне моделювання її роботи, напаяти обрану схема на макетній платі та виконати успішний запуск.

Міждисциплінарні зв'язки



Ресурси курсу

Інформація про курс розміщена на сайті Університету (<http://kart.edu.ua/mat-po-fak-ua/mat-fak-meh-ua>), включаючи навчальний план, лекційні матеріали, презентації, завдання та правила оцінювання курсу)

Сайти присвячені електронним пристроям:

<https://cxem.net/>

<http://radiostorage.net/>

<https://www.ruselectronic.com/chitaem-elektricheskie-skhemy/>

<http://electricalschool.info/main/elsnabg/415-preobrazovatelnye-ustrojstva-v.html>

Ютуб канали присвячені електронним пристроям:

<https://www.youtube.com/channel/UCUINxWT1y3SmOmeYzqAKrWQ>

<https://www.youtube.com/user/ETUSPB>

<https://www.youtube.com/user/priklucheniapsiha>

Теми лекцій та практичних занять

Список основних лекцій курсу наведений нижче. Пильнуйте за змінами у розкладі.

Тиж-день	Кільк. годин	Тема лекції	Кільк. годин	Тема практичних занять
1	2	<p>Тема 1. Напівпровідникові діоди.</p> <p>Принцип дії, та види напівпровідникових діодів: класичні діоди, діоди Шотки, стабілітрони, супресори, TVS-діоди. Вольт-амперні характеристики та призначення вказаних видів діодів. Визначення втрат потужності в напівпровідникових діодах.</p>	2	Однофазні випрямлячі
2	2	<p>Тема 2. Схеми напівпровідникових випрямлячів.</p> <p>Класифікація напівпровідникових випрямлячів. Схеми однофазних напівмостових та повномостових напівпровідникових перетворювачів. Особливості протікання фізичних процесів при наявності ємнісного та індуктивно-ємнісного фільтру у випрямлячах.</p>		
3	2	<p>Тема 3. Трифазні напівпровідникові випрямлячі.</p> <p>Силова схема та фізичні процеси трифазного шостипульсного випрямляча за схемою Ларіонова. Силова схема та фізичні процеси трифазного дванадцятипульсного випрямляча. Спектр вищих гармонік</p>	2	Трифазні випрямлячі

		вхідного струму та вихідної напруги випрямлячів.		
4	2	<p>Тема 4. Напівпровідникові тиристори.</p> <p>Принцип дії, вольт-амперна характеристика та фізичні процеси, що протікають в напівпровідникових тиристорах. Особливості роботи одноопераційних та двоопераційних тиристорів. Особливості роботи GTO-тиристорів.</p>		
5	2	<p>Тема 5. Тиристорні випрямлячі.</p> <p>Однофазні та трифазні напівпровідникові тиристорні перетворювачі. Система імпульсно-фазового керування. Регулювальна характеристика. Визначення залежності вихідної напруги та коефіцієнта гармонійних спотворень вхідного струму від кута керування.</p>	3	Тиристорні випрямлячі
6	2	<p>Тема 6. Електромагнітна сумісність напівпровідникових перетворювачів та параметри якості електроенергії.</p> <p>Визначення поняття та сутності електромагнітної сумісності основні міжнародні стандарти, що регламентують вимоги до спектрів вищих гармонік вхідних струмів. Визначення показників якості електричної енергії.</p>		

7	2	<p>Тема 7. Електричні фільтри.</p> <p>Визначення поняття фільтрації в напівпровідникових фільтрах. Класифікація та особливості фільтрів амплітудно-частотних характеристик фільтрів: вищих частот, нижчих частот, режекторних фільтри, полосових фільтрів.</p>	2	Схеми електричних фільтрів
Модульний контроль №1				
8	2	<p>Тема 1. MOSFET, IGBT</p> <p>Принцип дії, та види напівпровідникових транзисторів: біполярні транзистори, польові транзистори, MOSFET, IGBT. Вольтамперні характеристики та призначення вказаних видів транзисторів. Визначення статичних та динамічних втрат потужності в напівпровідникових транзисторах.</p>		
9	2	<p>Тема 2. Особливості роботи біполярних транзисторів.</p> <p>Принципи роботи підсилювальних схем з біполярними транзисторами на основі схем з загальним емітером, загальною базою та загальним колектором. Підсилювання за струмом, напругою та потужністю.</p>	2	Підсилювач на біполярному транзисторі
10	2	<p>Тема 3. Особливості роботи польових транзисторів.</p> <p>Особливості роботи малопотужних польових транзисторів. Підсилювальні схеми на основі польових транзисторів.</p>		

11	2	<p>Тема 4. Потужні напівпровідникові транзистори в ключових режимах.</p> <p>Особливості роботи потужних MOSFET та IGBT транзисторів. Характеристики комутації за струмом та потужністю. Поняття драйвера силового транзистора.</p>	2	Понижуючий DC/DC перетворювач
12	2	<p>Тема 5. Імпульсний напівпровідниковий перетворювачі понижуючого типу.</p> <p>Силова схема, принцип дії, система керування та фізичні процеси, що протікають в напівпровідниковому імпульсному перетворювачу понижуючого типу.</p>		
13	2	<p>Тема 6. Імпульсний напівпровідниковий перетворювачі підвищуючого типу.</p> <p>Силова схема, принцип дії, система керування та фізичні процеси, що протікають в напівпровідниковому імпульсному перетворювачу підвищуючого типу.</p>	2	Підвищуючий DC/DC перетворювач
Модульний контроль №2				
15	1	<p>Тема 1. Класифікація інверторів.</p> <p>Класифікація інверторів: автономні інвертори струму та напруги, інвертори керовані мережею. Схеми однофазних напівмостових та повномостових напівпровідникових інверторів.</p>		

	<p>Принцип синусоїдальної широтно-імпульсної модуляції. Особливості протікання фізичних процесів при наявності резистивної та резистивно-індуктивного навантаження.</p>		
	<p>Тема 2. Однофазні та трифазні автономні інвертори напруги.</p> <p>Силова схема та фізичні процеси трифазного автономного інвертора напруги. Система керування на базі однократної модуляції. Система керування на базі широтно-імпульсної модуляції. Спектр вищих гармонік вхідного струму та вихідної напруги інвертора.</p>		<p>Модель матлаб однофазного та трифазного інвертора напруги</p>
	<p>Тема 3. Методи побудови аналогових систем керування.</p> <p>Опис принципу побудови аналогових систем керування напівпровідникових перетворювачів на базі аналогової ШІМ та регуляторів побудованих на базі операційних підсилювачів.</p>		
	<p>Тема 4. Методи побудови цифрових систем керування.</p> <p>Опис принципу побудови цифрових систем керування напівпровідникових перетворювачів на базі мікроконтролерів, мікропроцесорів, аналого-цифрових-перетворювачів та регуляторів</p>		<p>Цифрова фільтрація сигналів</p>

	побудованих на математичних функцій в мікроконтролері.		
Іспит з дисципліни			

Правила оцінювання

При заповненні заліково-екзаменаційної відомості та залікової книжки (індивідуального навчального плану) студента, оцінка, виставлена за 100-бальною шкалою, повинна бути переведена до національної шкали (5, 4, 3,) та шкали ECTS (A, B, C, D, E)

Визначення назви за державною шкалою(оцінка)	Визначення назви за шкалою ECTS	За 100 бальною шкалою	ECTS оцінка
ВІДМІННО – 5	Відмінно – відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок	90-100	A
ДОБРЕ – 4	Дуже добре – вище середнього рівня з кількома помилками	82-89	B
	Добре – в загальному правильна робота з певною кількістю грубих помилок	75-81	C
ЗАДОВІЛЬНО - 3	Задовільно - непогано, але зі значною кількістю недоліків	69-74	D
	Достатньо – виконання задовольняє мінімальні критерії	60-68	E
НЕЗАДОВІЛЬНО - 2	Незадовільно – потрібно попрацювати перед тим як отримати залік (без повторного вивчення модуля)	35-59	FX
	Незадовільно - необхідна серйозна подальша робота (повторне вивчення модуля)	<35	F

Завдання на самостійну роботу:

- Студентам пропонується обрати один з 8 варіантів тем для створення власного проекту впродовж семестру. За вчасне та вірне виконання завдання нараховується **20 балів до поточного модульного контролю**. За вчасне та частково вірне виконання – від 15 до 25 балів. За невиконане завдання бали не нараховуються. Необхідний обсяг виконання завдання

складає 50% на перший модульний контроль і 100% на другий модульний контроль. Перебіг поточного виконання завдання та питання для обговорення надсилаються на e-mail викладача або перевіряються ним особисто.

	Теми проектів
1	Параметричний стабілізатор напруги на біполярному транзисторі
2	Генератор пилкоподібної напруги
3	Підвищуючий dc/dc перетворювач
4	Понижуючий dc/dc перетворювач
5	Регулятор яскравості світлодіодного світильника
6	Трансформатор Тесли
7	Моделювання об'єктів відновлювальної енергетики у складі систем електропостачання електричного транспорту
8	Та інші проекти, які цікаві студентам

Відвідування лекцій:

Бали за цю складову нараховуються взагалі, якщо студент не відвідував більш 50% лекційних занять у модулі без поважних причин. За відвідування кожної лекції нараховується 1 бал. **Максимальна сума становить 10 балів.**

Захист лабораторних робіт:

Мета участі в курсі – залучити вас до дискусії, розширити можливості навчання для себе та своїх однолітків та дати вам ще один спосіб перевірити свої погляди на питання застосування сучасних відновлювальних джерел для електропостачання залізничного транспорту. Участь буде оцінюватися на основі кількості та вірності ваших відповідей. Питання, хоча й заохочуються, однак не оцінюються в цьому блоці. Ми намагаємося надати всім студентам рівні та справедливі можливості для підвищення власною залученості. **Максимальна сума становить 10 балів.**

Співбесіда за темами модулю:

Оцінюються за відвідуваннями (до 3 балів), ступенем залученості (до 7 балів) та стислою презентацією виконаного завдання (до 5 балів). Ступінь залученості визначається участю у роботі дискусійного клубу з питань енергетичної незалежності та безпеки залізниці і держави в цілому.

Максимальна сума становить 15 балів.

Модульне тестування:

Оцінюються за вірними відповідями на тестові модульні питання (20 питань в тесті, кожна вірна відповідь оцінюється в 2 бали). **Максимальна кількість становить 40 балів за модуль.**

Іспит:

- Студент отримує залік за результатами модульного 1-го та 2-го контролю шляхом накопичення балів. Максимальна кількість балів, яку може отримати студент становить 100 (до 60 балів поточного контролю та до 40 балів тестування). Середнє арифметичне суми модульних оцінок складає заліковий бал. Якщо студент не погоджується із запропонованими балами він може підвищити їх на іспиті, відповівши на питання викладача.

Експерсії

Впродовж семестру заплановані 2 експерсії на підприємства, зокрема:

- ВО ОВЕН
- НПО ВЕРТИКАЛЬ.

За результатами експерсій студенту пропонується зробити коротку презентацію (до 10 слайдів), яка буде оцінюватися додатковими балами (за потреби). **Максимальна сума становить 5 балів за презентацію.**

Викладач

Плахтій Олександр Андрійович (<http://kart.edu.ua/kafedra-etem-ua/kolectuv-kafedru-aset-ua?id=2714>) – лектор з основ промислової електроніки в УкрДУЗТ. Отримав ступінь к.т.н. за спеціальністю 05.09.12 напівпровідникові перетворювачі електроенергії у НТУ «ХПІ» у 2016 році. Напрямки наукової діяльності: електроенергетика, напівпровідникові перетворювачі електроенергії на транспорті та поновлювальні джерела електричної енергії.

РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

В результаті вивчення курсу «Основи промислової електроніки» здобувач вищої освіти освоїть наступні знання та навички:

1. Знати принципи роботи напівпровідникових елементів: діодів, транзисторів, тиристорів.

2. Знати електричні схеми, розуміти принципи роботи напівпровідникових перетворювачів електричної енергії.

3. Вміти виконувати комп'ютерне моделювання електромагнітних процесів в напівпровідникових перетворювачів електроенергії.

4. Вміти працювати з паяльником, осцилографом та іншими вимірювальними пристроями.

Кодекс академічної доброчесності

Порушення Кодексу академічної доброчесності Українського державного університету залізничного транспорту є серйозним порушенням, навіть якщо воно є ненавмисним. Кодекс доступний за посиланням: <http://kart.edu.ua/documentu-zvo-ua>. Зокрема, дотримання Кодексу академічної доброчесності УкрДУЗТ означає, що вся робота на іспитах та заліках має виконуватися індивідуально. Під час виконання самостійної роботи студенти можуть консультуватися з викладачами та з іншими студентами, але повинні самостійно розв'язувати завдання, керуючись власними знаннями, уміннями та навичками. Посилання на всі ресурси та джерела (наприклад, у звітах, самостійних роботах чи презентаціях) повинні бути чітко визначені та оформлені належним чином. У разі спільної роботи з іншими студентами над виконанням індивідуальних завдань, ви повинні зазначити ступінь їх залученості до роботи.

Інтеграція студентів із обмеженими можливостями

Вища освіта є провідним чинником підвищення соціального статусу, досягнення духовної, матеріальної незалежності і соціалізації молоді з обмеженими функціональними можливостями й відображає стан розвитку демократичних процесів і гуманізації суспільства.

Для інтеграції студентів із обмеженими можливостями в освітній процес Українського державного університету залізничного транспорту створена система дистанційного навчання на основі сучасних педагогічних, інформаційних, телекомунікаційних технологій.

Доступ до матеріалів дистанційного навчання з цього курсу можна знайти за посиланням: <http://do.kart.edu.ua/>