Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Кафедра електропривода

«ЗАТВЕРДЖЕНО»
Декан ЕТФ
Рогоза М.В. _____

«31» серпня 2021 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Сервоприводи»

Галузь знань ……..…	14 Електрична інженерія
Спеціальність ……...	141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітній рівень…….	Перший (бакалаврський)
Освітня програма …….	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Статус ……	вибіркова
Загальний обсяг ..…….	8 кредитів ЄКТС (240 годин)
Форма підсумкового контролю ……..	Диференційований залік
Термін викладання ……..	7-8-й семестри
Мова викладання	українська

Викладачі: Худолій С.С.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»___ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

на 20__/20__ н.р. _____(_____) «__»___ 20__р.
(підпис, ПІБ, дата)

Дніпро
НТУ «ДП»
2021

Робоча програма навчальної дисципліни «Сервоприводи» для бакалаврів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» / Нац. техн. ун-т. «Дніпровська політехніка», каф. електропривода. – Д. : НТУ «ДП», 2021. – 13 с.

Розробник – Худолій С.С.

Робоча програма регламентує:

–мету дисципліни;
–дисциплінарні результати навчання, сформовані на основі трансформації очікуваних результатів навчання освітньої програми;
–базові дисципліни;
–обсяг і розподіл за формами організації освітнього процесу та видами навчальних занять;
–програму дисципліни (тематичний план за видами навчальних занять);
–алгоритм оцінювання рівня досягнення дисциплінарних результатів навчання (шкали, засоби, процедури та критерії оцінювання);
–інструменти, обладнання та програмне забезпечення;
–рекомендовані джерела інформації.

Робоча програма призначена для реалізації компетентнісного підходу під час планування освітнього процесу, викладання дисципліни, підготовки студентів до контрольних заходів, контролю провадження освітньої діяльності, внутрішнього та зовнішнього контролю забезпечення якості вищої освіти, акредитації освітніх програм у межах спеціальності.

Погоджено рішенням науково-методичної комісії спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (протокол НМК 21/22-01 від 30.08.2021).

ЗМІСТ

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИЦИПЛІНИ 4
2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ 4
3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ 4
4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ 5
5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ 5
6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ 6
6.1 Шкали 6
6.2 Засоби та процедури 6
6.3 Критерії 8
7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ 8
8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ 11

1 МЕТА НАВЧАЛЬНОЇ ДИЦИПЛІНИ

В освітньо-професійній програмі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка (прийом 2019 р.) до дисципліни С2.16 «Сервоприводи» віднесено такі результати навчання:

ВР2.15	Обирати структуру та компоненти сервоприводів (сервоінверторів, серводвигунівів, давачів) та їх настроювання

Мета дисципліни – формування компетентностей щодо структури, принципу дії та призначення компонентів сервоприводу, оволодіння принципами налагодження та програмування сервоприводами різних типів.

Реалізація мети вимагає трансформації програмних результатів навчання в дисциплінарні та адекватний відбір змісту навчальної дисципліни за цим критерієм.

2 ОЧІКУВАНІ ДИСЦИПЛІНАРНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Дисциплінарні результати навчання (ДРН)	
шифр ДРН	**зміст**
ДРН.1	Здійснювати вибір структури та компонентів сервоприводів (сервоінверторів, серводвигунів, давачів тощо).
ДРН.2	Розрізняти переваги та недоліки різних приводів, керованих за положенням (постійного та змінного струму, крокових, лінійних) та області їх застосування
ДРН.3	Розуміти принцип дії та призначення компонентів сервопроводу.
ДРН.4	Розуміти схеми підключень сервоприводу та вміти здійснювати підключення компонентів сервоприводу.
ДРН.5	Розуміти алгоритми налагодження сервприводу та вміти настроювати сервоприводи.

3 БАЗОВІ ДИСЦИПЛІНИ

Назва дисципліни	**Здобуті результати навчання**
Ф4. Основи електроприводу	ПР03 Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності ПР07 Здійснювати аналіз процесів в електроенергетичному, електротехнічному та електромеханічному обладнанні, відповідних комплексах і системах. ПР03 Знати принципи роботи електричних машин, апаратів та автоматизованих електроприводів та уміти використовувати їх для вирішення практичних проблем у професійній діяльності

4 ОБСЯГ І РОЗПОДІЛ ЗА ФОРМАМИ ОРГАНІЗАЦІЇ ОСВІТНЬОГО ПРОЦЕСУ ТА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Вид навчальних занять	**Обсяг,** *години*	**Розподіл за формами навчання**, *години*					
		денна		**вечірня**		**заочна**	
		аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота	аудиторні заняття	самостійна робота
лекційні	140	51	89	-	-	8	132
практичні	-	-	-	-	-	-	-
лабораторні	100	26	74	-	-	8	82
РАЗОМ	240	77	163	-	-	16	224

5 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ ЗА ВИДАМИ НАВЧАЛЬНИХ ЗАНЯТЬ

Шифри ДРН	**Види та тематика навчальних занять**	**Обсяг складових,** *години*
	ЛЕКЦІЇ	**140**
ДРН.2	**СЕРВОПРИВОД – ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ**	50
	Серводвигуни постійного струму. Високомоментні двигуни постійного струму (особливості конструкції та характеристики). **Севродвигуни змінного струму. З синусоїдальним та прямокутним струмом статора (безконтактні або безщіткові двигуни постійного струму, принцип дії). Порівняння серводвигунів.** **Крокові двигуни (КД). Різновиди (магнітоелектричні, реактивні та гібридні, уніполярні та біполярні). Конструкція та принцип дії. Характеристики. Керування КД (несиметричне керування, мікрокроковий режим).** **Моментні двигуни. Лінійні двигуни. Двигуни для мікро переміщень (магнітостриктори, пьєзодвигуни).**	
ДРН.1	**МЕХАНІЧНІ СКЛАДОВІ СЕРВОПРИВОДА.**	60
	Особливості конструкції серводвигунів (охолодження, тип валу). Редуктори для сервоприводів. Перетворювачі обертового руху на поступальний (кулько-гвинтова передача, передача «колесо-рейка»). Електроциліндри та актуатори. Лінійні осі. Приведення до валу двигуна мас, швидкостей та моментів для типових передач. Розрахунок моментів інерції рухомих об’єктів.	
ДРН.3	**ДАВАЧІ ПОЛОЖЕННЯ.**	10
	Інкрементальні та абсолютні давачі. Резольвери (синус-косинусні обертові трансформатори). Аналогові давачі. Обертові та лінійні давачі. Протоколи давачів положення (SSI, EnDat, Sincos, SincosHiperface тощо).	
ДРН.5	**СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СЕРВОПРИВОДАМИ. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ СЕРВОПРИВОДОМ**	20
	СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ: **Структурна (функціональна схема). Вплив співвідношення моментів інерції механізму та двигуна на динаміку роботи.**	

Шифри ДРН	Види та тематика навчальних занять	Обсяг складових, *години*
	Якість регулювання. Фільтри в каналах регулювання. Налагоджувані параметри. Керування гальмівним пристроєм.	
	ЛАБОРАТОРНІ РОБОТИ	**100**
ДРН.4	Дослідження роботи сервоприводів Micro Servo 9g SG90 з системою керування на базі Arduino.	14
ДРН.5	Паралельна робота сервоприводів Micro Servo 9g SG90 з системою керування на базі Arduino.	14
ДРН.4	Дослідження роботи сервоприводів з редуктором MG996R з системою керування на базі Arduino.	14
ДРН.5	Паралельна робота сервоприводів з редуктором MG996R з системою керування на базі Arduino.	14
ДРН.4	Дослідження роботи крокових двигунів STEP MOTOR 28BYJ-48 з системою керування на базі Arduino.	14
ДРН.4	Дослідження можливостей серводвигунів та крокових двигунів.	14
ДРН.5	Знайомство з програмним забезпеченням для програмування сервоприводів DELTA.	14
	РАЗОМ	**220**

6 ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Сертифікація досягнень студентів здійснюється за допомогою прозорих процедур, що ґрунтуються на об’єктивних критеріях відповідно до Положення університету «Про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти».

Досягнутий рівень компетентностей відносно очікуваних, що ідентифікований під час контрольних заходів, відображає реальний результат навчання студента за дисципліною.

6.1 Шкали

Оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП» здійснюється за рейтинговою (100-бальною) та конвертаційною шкалами. Остання необхідна (за офіційною відсутністю національної шкали) для конвертації (переведення) оцінок здобувачів вищої освіти різних закладів.

Шкали оцінювання навчальних досягнень студентів НТУ «ДП»

Рейтингова	Конвертаційна
90…100	відмінно / Excellent
74…89	добре / Good
60…73	задовільно / Satisfactory
0…59	незадовільно / Fail

Кредити навчальної дисципліни зараховується, якщо студент отримав підсумкову оцінку не менше 60-ти балів. Нижча оцінка вважається академічною

заборгованістю, що підлягає ліквідації відповідно до Положення про організацію освітнього процесу НТУ «ДП».

6.2 Засоби та процедури

Зміст засобів діагностики спрямовано на контроль рівня сформованості знань, умінь, комунікації, автономії та відповідальності студента за вимогами НРК до 6-го кваліфікаційного рівня під час демонстрації регламентованих робочою програмою результатів навчання.

Студент на контрольних заходах має виконувати завдання, орієнтовані виключно на демонстрацію дисциплінарних результатів навчання (розділ 2).

Засоби діагностики, що надаються студентам на контрольних заходах у вигляді завдань для поточного та підсумкового контролю, формуються шляхом конкретизації вихідних даних та способу демонстрації дисциплінарних результатів навчання.

Засоби діагностики (контрольні завдання) для поточного та підсумкового контролю дисципліни затверджуються кафедрою.

Види засобів діагностики та процедур оцінювання для поточного та підсумкового контролю дисципліни подано нижче.

Засоби діагностики та процедури оцінювання

ПОТОЧНИЙ КОНТРОЛЬ			**ПІДСУМКОВИЙ КОНТРОЛЬ**	
навчальне заняття	**засоби діагностики**	**процедури**	**засоби діагностики**	**процедури**
лекції	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдання під час лекцій	комплексна контрольна робота (ККР)	визначення середньозваженого результату поточних контролів; виконання ККР під час екзамену за бажанням студента
лабораторні	контрольні завдання за кожною темою	виконання завдань під час лабораторних занять		
	або індивідуальне завдання	виконання завдань під час самостійної роботи		

Під час поточного контролю лекційні заняття оцінюються шляхом визначення якості виконання контрольних конкретизованих завдань. Практичні заняття оцінюються якістю виконання контрольного або індивідуального завдання.

Якщо зміст певного виду занять підпорядковано декільком складовим опису кваліфікаційного рівня НРК, то інтегральне значення оцінки може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюються викладачем.

За наявності рівня результатів поточних контролів з усіх видів навчальних занять не менше 60 балів, підсумковий контроль здійснюється без участі студента шляхом визначення середньозваженого значення поточних оцінок.

Незалежно від результатів поточного контролю кожен студент під час екзамену має право виконувати ККР, яка містить завдання, що охоплюють ключові дисциплінарні результати навчання.

Кількість конкретизованих завдань ККР повинна відповідати відведеному часу на виконання. Кількість варіантів ККР має забезпечити індивідуалізацію завдання.

Значення оцінки за виконання ККР визначається середньою оцінкою складових (конкретизованих завдань) і є остаточним.

Інтегральне значення оцінки виконання ККР може визначатися з урахуванням вагових коефіцієнтів, що встановлюється кафедрою для кожної складової опису кваліфікаційного рівня НРК.

6.3 Критерії

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.

Індивідуальні завдання та комплексні контрольні роботи оцінюються експертно за допомогою критеріїв, що характеризують співвідношення вимог до рівня компетентностей і показників оцінки за рейтинговою шкалою.

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

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

Опис кваліфікаційного рівня	**Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності**	**Показник оцінки**
	Знання	
Концептуальні наукові та практичні знання, критичне осмислення теорій, принципів, методів і понять у сфері професійної	Відповідь відмінна – правильна, обґрунтована, осмислена. Характеризує наявність: - спеціалізованих концептуальних знань на рівні новітніх досягнень; - критичне осмислення проблем у навчанні та/або професійній діяльності та на межі предметних галузей	95-100

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності	Показник оцінки
діяльності та/або навчання	Відповідь містить негрубі 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	75-79
	Відповідь фрагментарна	70-74
	Відповідь демонструє нечіткі уявлення студента про об'єкт вивчення	65-69
	Рівень знань мінімально задовільний	60-64
	Рівень знань незадовільний	<60
Уміння/навички		
Поглиблені когнітивні та практичні уміння/навички, майстерність та інноваційність на рівні, необхідному для розв'язання складних спеціалізованих задач і практичних проблем у сфері професійної діяльності або навчання	Відповідь характеризує уміння: - виявляти проблеми; - формулювати гіпотези; - розв'язувати проблеми; - оновлювати знання; - інтегрувати знання; - провадити інноваційну діяльность; - провадити наукову діяльність	95-100
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності з негрубими помилками	90-94
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації однієї вимоги	85-89
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації двох вимог	80-84
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації трьох вимог	75-79
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності, але має певні неточності при реалізації чотирьох вимог	70-74
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання в практичній діяльності при виконанні завдань за зразком	65-69
	Відповідь характеризує уміння застосовувати знання при виконанні завдань за зразком, але з неточностями	60-64
	Рівень умінь незадовільний	<60
Комунікація		
♦ донесення до фахівців і нефахівців інформації, ідей, проблем, рішень, власного досвіду та аргументації	Зрозумілість відповіді (доповіді). Мова: - правильна; - чиста; - ясна; - точна; - логічна; - виразна;	95-100

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності	Показник оцінки
♦ збір, інтерпретація та застосування даних ♦ спілкування з професійних питань, у тому числі іноземною мовою, усно та письмово	- лаконічна. Комунікаційна стратегія: - послідовний і несуперечливий розвиток думки; - наявність логічних власних суджень; - доречна аргументації 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	
	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 комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано п’ять вимог)	75-79
	Задовільна зрозумілість відповіді (доповіді) та доречна комунікаційна стратегія (сумарно не реалізовано сім вимог)	70-74
	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
Автономність та відповідальність		
♦ управління складною технічною або професійною діяльністю чи проектами ♦ спроможність нести відповідальність за вироблення та ухвалення рішень у непередбачуваних робочих та/або навчальних	Відмінне володіння компетенціями: - 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;	95-100

Опис кваліфікаційного рівня	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності	Показник оцінки
контекстах формування суджень, що враховують соціальні, наукові та етичні аспекти ♦ організація та керівництво професійним розвитком осіб та груп ♦ здатність продовжувати навчання із значним ступенем автономії	- належний рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок	
	Упевнене володіння компетенціями автономності та відповідальності з незначними хибами	90-94
	Добре володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано дві вимоги)	85-89
	Добре володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано три вимоги)	80-84
	Добре володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано чотири вимоги)	75-79
	Задовільне володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано п’ять вимог)	70-74
	Задовільне володіння компетенціями автономності та відповідальності (не реалізовано шість вимог)	65-69
	Задовільне володіння компетенціями автономності та відповідальності (рівень фрагментарний)	60-64
	Рівень автономності та відповідальності незадовільний	<60

7 ІНСТРУМЕНТИ, ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Технічні засоби навчання.
Дистанційна платформа MOODLE.
Корпоративна платформа Microsoft Teams.
Спеціалізоване програмне забезпечення компанії DELTA, Arduino.

8 РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

8.1 Основні

1. Stepping Motors a guide to theory and practice. 4th edition. Published by the Institution of Engineering and Technology. London. 2007/ ISBN 978-0-85296-417-0.
2. Drives and Control for Industrial Automation. Tan Kok Kiong, Andi Sudjana Putra. Springer-Verlag London Limited 2011. ISSN 1430-9491 ISBN 978-1-84882-424-9DOI 10.1007/978-1-84882-425-6
3. DC Servos Application and Design with Mathlab. Stephen M. Tobin. © 2011 by Taylor and Francis Group, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, an Informa business International Standard Book Number-13: 978-1-4200-8005-6 (Ebook-PDF)
4. Hesse, S. und Schnell, G.: Sensoren fur die Prozess- und Fabrikautomation. ViewegVerlag, Vieweg, 2004

8.2 Додаткові

1. Bolton, W.: Mechatronics, Electronic Control Systems in Mechanical and Electrical Engineering. Pearson, Prentice Hall, 3. edition, 2003
2. Nakamura, M., Goto, S. und Kyura, N.: Mechatronic Servo Control System Control. Springer-Verlag, New York Berlin Heidelberg u.a., 2004

9 ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

1. Сторінка з Вікіпедії «Сервопривод»: **https://en.wikipedia.org/wiki/Servo_drive**
2. Сторінка з Вікіпедії «Сервомотори» **https://en.wikipedia.org/wiki/Servomotor**
3. Технічна інформація про серводвигун. **https://realpars.com/servo-motor/**
4. Технічна інформація для керування сервопприводом. **https://realpars.com/servo-motors-advantages/**
5. Технічні інформація крокового двигуна. **https://realpars.com/stepper-motors-advantages/**
6. Технічна інформація плати керування сервоприводом. **https://www.teachmemicro.com/arduino-servo-motor-tutorial/**
7. Технічні інформація плати керування на базі микроконтролера ATmega2560. **https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Mega2560**
8. Сайт компанії DELTA/ **https://www.delta-electronics.info/ASDAA2**
9. Сайт кафедри електропривода: **https://elprivod.nmu.org.ua/ua/student/disciplines/servo.php**

Навчальне видання

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Сервоприводи» для бакалаврів
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Розробник: Сергій Сергійович Худолій

Підготовлено до виходу в світ
у Національному технічному університеті
«Дніпровська політехніка».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842
49050, м. Дніпро, просп. Д. Яворницького, 19