

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

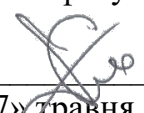
ДОНБАСЬКА ДЕРЖАВНА МАШИНОБУДІВНА АКАДЕМІЯ

Кафедра «Автоматизація виробничих процесів»

Затверджую:

Декан факультету машинобудування



 Кассов В.Д.

«27» травня 2024р.

Гарант освітньої програми:

к.т.н., доцент

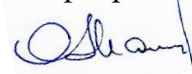
 Разживін О.В.

«08» травня 2024р.

Розглянуто і схвалено
на засіданні кафедри автоматизації
виробничих процесів

Протокол № 13 від 06.05.2024р.

Зав. кафедри

 Марков О.Є.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

„АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД”

(назва дисципліни)

Галузь знань 17 – «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

Спеціальність 174 – «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»

Освітній рівень перший (бакалаврський)

ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Факультет «Машинобудування»

(назва інституту, факультету, відділення)

КРАМАТОРСЬК-ТЕРНОПІЛЬ, 2024

Робоча навчальна програма дисципліни «Автоматизований електропривод» для студентів першого (бакалаврського) рівня за ОПП «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» галузі знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» - 33 с.

Розробник Суботін О.В., к.т.н., доцент



Погоджено з групою забезпечення освітньої програми (для обов'язкових дисциплін)

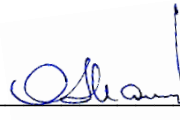
Керівник групи забезпечення



О.В. Разживін, к.т.н., доцент

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри «Автоматизація виробничих процесів», протокол № 13 від 06.05.2024 року.

Зав кафедри АВП:



О.Є. Марков, д.т.н., професор

Розглянуто і затверджено на засіданні Вченої ради факультету машинобудування, протокол № 10-24/05 від 27.05.2024 року

Голова Вченої ради факультету



В.Д. Кассов, д.т.н., професор

©Суботін О.В, 2024 рік

©ДДМА, 2024 рік

І. ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Показники		Галузь знань, спеціальність, ОПП (ОНП), професійне (наукове) спрямування, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
			Денна повний/прискор	Заочна повний/прискор
Кількість кредитів		Галузь знань: 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації». Спеціальність: 174 «Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології та робототехніка»	Обов'язкова дисципліна	
6,5/4,0	6,0/4,0			
Загальна кількість годин				
195/120	180/120			
Модулів – 3		ОПП «Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології»	Рік підготовки	
Змістових модулів – 3			4/2	4/3
Індивідуальне завдання <u>Розробка АЕП</u> <u>верстату»</u>			Семестр	
			7/4	8/5
Тижневих годин для <u>денної</u> форми навчання: аудиторних – 5; самостійної роботи студента – 6		Рівень вищої освіти: <u>перший</u> (бакалаврський)	Лекції	
			30/26	12/10
			Лабораторні	
			30/13	4/6
			Самостійна робота	
			120/68	143/100
			Вид контролю	
			Іспит	
			Курсова робота	
			Практичні	Практичні
15/13	8/4			
Самостійна робота	Самостійн а робота			
15/17	22/26			
		Вид контролю: діф. залік		

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить:

для денної форми навчання – (75/120)

для заочної форми навчання – (24/143)

II. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

Електропривод виконавчих механізмів у значній мірі визначає формування нових промислових технологій, у тому числі й енергозберігаючих. За останні роки у структурі електропривода відбулися революційні зміни, обумовлені істотними досягненнями в області силової електроніки, цифрової керуючої техніки і теорії керування електромеханічними перетворювачами енергії. Таким чином, потрібні спеціалісти з розробки систем автоматичного керування електроприводами виконавчих механізмів з урахуванням новітніх тенденцій.

Предметом дисципліни “Автоматизований електропривод” є вивчення аналогових та цифрових систем керування електроприводами, що дозволить студентам охопити практично весь спектр наявних у промисловості електроприводів у системах автоматизації технологічних процесів.

Мета викладання дисципліни – спираючись на принципи та методи, розроблені в цій дисципліні, сформувати здатності та вміння розробки і проектування систем управління електроприводом з застосуванням сучасних перетворювачів енергії.

Дисципліна “Автоматизований електропривод” (АЕП) відноситься до відноситься до обов’язкового циклу професійних дисциплін зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка».

Завдання полягає у тому, що на основі вимог ОПП бакалавра за спеціальністю 174 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка» має навчити майбутнього фахівця правильно вибирати, проектувати та налаштовувати системи управління електроприводами на базі сучасних перетворювачів енергії.

Мета дисципліни – освоєння сучасних принципів і методів проектування систем автоматичного управління (САК) електроприводом (ЕП) виконавчих механізмів верстатів і промислових роботів, їх статичних та динамічних режимів при забезпеченні вимог технологічних процесів, а також методів аналізу та розрахунків основних параметрів та компонентів систем автоматичного управління електроприводами.

Завдання дисципліни полягає у формуванні здатностей студентів:

Знати

- принципів схеми САК ЕП верстатів та роботів, а також функціональне призначення їх елементів;
- компоненти управління та перетворення енергії для АЕП;
- статичні та динамічні властивості САК ЕП верстатів і роботів;
- методи синтезу САК ЕП для отримання певної швидкодії та точності;
- методи проектування САК ЕП верстатів і роботів.

Вміти

- складати структурну схему АЕП головного руху та приводу подач верстатів;
- виконувати розрахунки щодо вибору основних компонентів САК ЕП постійного та змінного струму;
- оцінювати роботу САК ЕП верстатів в статичних та динамічних режимах;

- виконувати синтез САК ЕП з оптимальною структурою та її моделювання за допомогою прикладного програмного забезпечення;
- проектувати схеми САК ЕП верстатів і роботів з заданими властивостями на базі сучасної елементної бази та мікропроцесорної техніки.

Опанувати навиками:

- роботи з довідково – нормативною та іншою технічною документацією і літературою, ISA85 та ДСТУ;
- планування, проведення досліджень та експериментів і математичної обробки отриманих результатів;
- формулювання загальних і часткових висновків за результатами досліджень.

Передумови для вивчення дисципліни:

Для вивчення дисципліни АЕП необхідно засвоєння наступних дисциплін: Технічні засоби автоматизації; Основи мехатроніки; Електроніка і мікросхемотехніка, Проектування систем управління на базі ПЛК.

Мова викладання: українська.

Обсяг навчальної дисципліни та його розподіл за видами навчальних занять:

- загальний обсяг для денної форми навчання становить 195 годин/ 6,5 кредитів, в тому числі: лекції - 30 годин, лабораторні заняття - 30 годин, самостійна робота студентів - 120 години; курсова робота становить 30 годин / 1 кредит, в тому числі практичні заняття - 15 годин, самостійна робота студентів - 15 години;

- загальний обсяг для заочної форми навчання становить 180 годин/ 6 кредитів, в тому числі: лекції - 12 годин, практичні заняття - 4 годин, самостійна робота студентів - 134 години; курсова робота становить 30 годин / 1 кредит, в тому числі практичні заняття - 8 годин, самостійна робота студентів - 22 години;

- загальний обсяг для денної прискореної форми навчання 195 годин/ 6,5 кредитів, в тому числі на базі академії 120 годин / 4 кредити з яких: лекції - 26 годин, лабораторні заняття - 13 годин, самостійна робота студентів - 51 години; курсова робота становить 30 годин / 1 кредит, в тому числі практичні заняття - 13 годин, самостійна робота студентів - 17 години;

- загальний обсяг для заочної прискореної форми навчання становить 180 годин/ 6 кредитів, в тому числі 120 годин / 4 кредити з яких: лекції - 10 годин, практичні заняття - 6 годин, самостійна робота студентів - 74 години; курсова робота становить 30 годин / 1 кредит, в тому числі практичні заняття - 4 годин, самостійна робота студентів - 26 години.

ІІІ ПРОГРАМНІ РЕЗУЛЬТАТИ НАВЧАННЯ

Освітня компонента «Автоматизований електропривод» повинна сформувати наступні **програмні результати** навчання, що передбачені освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»:

- Вміти застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування.

- Вміти застосовувати методи системного аналізу, моделювання, ідентифікації та числові методи для розроблення математичних та імітаційних моделей окремих елементів та систем автоматизації в цілому, для аналізу якості їх функціонування із використанням новітніх комп'ютерних технологій.

- Знати принципи роботи технічних засобів автоматизації та вміти обґрунтувати їх вибір на основі аналізу їх властивостей, призначення і технічних характеристик з урахуванням вимог до системи автоматизації та експлуатаційних умов; мати навички налагодження технічних засобів автоматизації та систем керування.

- Вміти виконувати роботи з проектування систем автоматизації, знати зміст і правила оформлення проектних матеріалів, склад проектної документації та послідовність виконання проектних робіт з врахуванням вимог відповідних нормативно-правових документів та міжнародних стандартів.

- Оцінювати ризики та здійснювати запобіжні дії їх уникнення, вести професійну діяльність з урахуванням норм доброчесності та авторського права.

- Усвідомлювати необхідність навчання та саморозвитку продовж усього життя з метою поглиблення знань .

- Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення .

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Автоматизований електропривод» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання через здобуття наступних **програмних компетентностей:**

Загальні компетентності;

ЗК01- здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

ЗК05 - здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел;

ЗКД1 - здатність діяти свідомо та соціально-відповідально за результати прийняття стратегічних рішень;

ЗКД2 - здатність до навчання та саморозвитку.

Фахові компетентності:

СК13 - Здатність виконувати аналіз об'єктів автоматизації на основі знань про процеси, що в них відбуваються та застосовувати методи теорії автоматичного керування для дослідження, аналізу та синтезу систем автоматичного керування;

СК15 - здатність обґрунтовувати вибір технічної структури та вміти розробляти прикладне програмне забезпечення для мікропроцесорних систем керування на базі локальних засобів автоматизації, промислових логічних контролерів та програмованих логічних матриць і сигнальних процесорів;

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Автоматизований електропривод» студент повинен продемонструвати достатній рівень сформованості певних результатів навчання, які в загальному вигляді можна навести наступним чином:

У когнітивній сфері студент здатний:

- усвідомити методи аналізу технологічного процесу виробництва с точки зору забезпечення вимогам інформаційного забезпечення та керування;

- продемонструвати здатність розробляти структурні, функціональні та принципові електричні схеми;
- докладно продемонструвати вміння виконувати описання конструкції та принципу дії технічного засобу в складі системи управління електроприводом (СУЕП);
- продемонструвати вміння розробляти алгоритмічне забезпечення функціонування системи управління електроприводом;
- докладно продемонструвати знання та вміння розробляти засоби інтеграції компонентів, налаштувати регулятори в системі АЕП;
- здійснити доведення розв'язки завдань до практичних прийнятих рішень при впровадженні відповідних АЕП при створенні сучасних систем керування;
- застосовувати основні підходи та обирати технічні засоби для побудови СУЕП;
- застосовувати основні підходи до цифрових систем формування завдання електроприводу.

В афективній сфері студент здатний:

- критично осмислювати лекційний і поза лекційний навчально-практичний матеріал; вільно, компетентно, послідовно та раціонально будувати власну аргументацію; застосовувати основні підходи проектування сучасних систем управління електроприводом;
- успішно розв'язувати прикладні обчислювальні задачі з розрахунку технологічних параметрів технічних засобів в рамках використання автоматизованого електроприводу;
- регулярно співпрацювати із іншими студентами та викладачем в процесі обговорення проблемних моментів на лекційних, практичних заняттях, ініціювати та брати участь у предметній дискусії з прикладних питань навчальної дисципліни, повною мірою розділяти цінності колективної та наукової етики.
- абстрактно мислити, критично аналізувати, оцінювати та синтезувати нові та складні ідеї;
- приймати обґрунтовані рішення і діяти свідомо та соціально відповідально за результати прийнятих рішень;
- проявляти визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків,

У психомоторній сфері студент здатний:

- самостійно аналізувати і оцінювати прикладні математичні методи та комп'ютерні алгоритми чисельного розв'язування розрахункових завдань;
- спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань і видів діяльності);
- вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій та з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки, етичних и правових аспектів використання інформації в різних предметних галузях.
- контролювати результати власних зусиль в навчальному процесі та коригувати (за допомогою викладача) ці зусилля для ліквідації пробілів у

засвоєнні навчального матеріалу або формуванні умінь, вмінень та навичок;

- самостійно здійснювати пошук, систематизацію, узагальнення навчально-методичного матеріалу, розробляти варіанти розв'язування завдань й обирати найбільш раціональні з них.

IV. ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

Розподіл навчального часу за темами

Денна форма навчання

Найменування розділів, тем та триместрових атестацій	Разом	Кількість годин (денна)								
		Аудиторна робота				Самостійна робота				ІСЗ
		Разом	Л	ЛР	ПР	Разом	Підготовка			
Л	ЛР						ПР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1. Системи автоматичного керування ЕП верстатів і роботів										
Тема 1.1. Структури САК ЕП та функціональне призначення їх основних елементів	10	4	2	2		6	4	2		
Тема 1.2. Статичні та динамічні режими роботи САК ЕП	50	20	10	10		30	20	10		
<i>Всього за модуль 1</i>	<i>60</i>	<i>24</i>	<i>12</i>	<i>12</i>		<i>36</i>	<i>24</i>	<i>12</i>		
Модуль 2. Проектування САК ЕП верстатів і роботів										
Тема 2.1. Синтез САК ЕП	35	8	4	4		27	8	4		15
Тема 2.2. Компоненти управління та перетворювачі енергії для АЕП	20	8	4	4		12	8	4		
Тема 2.3. Проектування САК ЕП верстатів і роботів	50	20	10	10		30	20	10		
<i>Всього за модуль 2</i>	<i>105</i>	<i>36</i>	<i>18</i>	<i>18</i>		<i>69</i>	<i>36</i>	<i>18</i>		<i>15</i>
Виконання і захист курсового проекту										
Проектування САК ЕП верстата	30	15			15	15				15
<i>Всього за курсовий</i>	<i>30</i>	<i>15</i>			<i>15</i>	<i>15</i>				<i>15</i>
<i>Підсумок</i>	<i>195</i>	<i>75</i>	<i>30</i>	<i>30</i>	<i>15</i>	<i>120</i>	<i>60</i>	<i>30</i>		<i>30</i>

Заочна форма навчання

Найменування розділів, тем та триместрових атестацій	Разом	Кількість годин (заочна)								
		Аудиторна робота				Самостійна робота				ІСЗ
		Разом	Л	ЛР	ПР	Разом	Підготовка			
Л	ЛР						ПР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1. Системи автоматичного керування ЕП верстатів і роботів										
Тема 1.1. Структури САК ЕП та функціональне призначення їх основних елементів	30	3	2	1		27	14	13		
Тема 1.2. Статичні та динамічні режими роботи САК ЕП	30	3	2	1		27	14	13		
<i>Всього за модуль 1</i>	<i>60</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>2</i>		<i>54</i>	<i>28</i>	<i>26</i>		
Модуль 2. Проектування САК ЕП верстатів і роботів										
Тема 2.1. Синтез САК ЕП	43	5	4	1		42	10	13		15
Тема 2.2. Компоненти управління та перетворювачі енергії для АЕП	26	3	2	1		27	10	13		
Тема 2.3. Проектування САК ЕП верстатів і роботів	6	2	2			4	4			
<i>Всього за модуль 2</i>	<i>75</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>2</i>		<i>80</i>	<i>24</i>	<i>26</i>		<i>15</i>
Виконання і захист курсового проекту										
Проектування САК ЕП верстата	30	8			8	22				22
<i>Всього за курсовий</i>	<i>30</i>	<i>8</i>			<i>8</i>	<i>22</i>				<i>22</i>
<i>Підсумок</i>	<i>180</i>	<i>24</i>	<i>12</i>	<i>4</i>	<i>8</i>	<i>141</i>	<i>52</i>	<i>52</i>		<i>37</i>

Денна прискорена форма навчання

Найменування розділів, тем та триместрових атестацій	Разом	Кількість годин (денна)								
		Аудиторна робота				Самостійна робота				
		Разом	Л	ЛР	ПР	Разом	Підготовка			ІСЗ
Л	ЛР						ПР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1. Системи автоматичного керування ЕП верстатів і роботів										
Тема 1.1. Структури САК ЕП та функціональне призначення їх основних елементів	10	4	2	2		6	4	2		
Тема 1.2. Статичні та динамічні режими роботи САК ЕП	20	12	10	2		8	5	3		
<i>Всього за модуль 1</i>	<i>30</i>	<i>24</i>	<i>12</i>	<i>4</i>		<i>14</i>	<i>9</i>	<i>5</i>		
Модуль 2. Проектування САК ЕП верстатів і роботів										
Тема 2.1. Синтез САК ЕП	27	6	4	2		21	4	2		15
Тема 2.2. Компоненти управління та перетворювачі енергії для АЕП	13	7	4	3		6	4	2		
Тема 2.3. Проектування САК ЕП верстатів і роботів	20	10	6	4		10	8	2		
<i>Всього за модуль 2</i>	<i>60</i>	<i>23</i>	<i>14</i>	<i>9</i>		<i>37</i>	<i>16</i>	<i>6</i>		<i>15</i>
Виконання і захист курсового проекту										
Проектування САК ЕП верстата	30	13			13	17				17
<i>Всього за курсовий</i>	<i>30</i>	<i>13</i>			<i>13</i>	<i>17</i>				<i>17</i>
<i>Підсумок</i>	<i>120</i>	<i>52</i>	<i>26</i>	<i>13</i>	<i>13</i>	<i>68</i>	<i>25</i>	<i>11</i>		<i>32</i>

Заочна прискорена форма навчання

Найменування розділів, тем та триместрових атестацій	Разом	Кількість годин (заочна)								
		Аудиторна робота				Самостійна робота				
		Разом	Л	ЛР	ПР	Разом	Підготовка			ІСЗ
Л	ЛР						ПР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Модуль 1. Системи автоматичного керування ЕП верстатів і роботів										
Тема 1.1. Структури САК ЕП та функціональне призначення їх основних елементів	15	3	2	1		12	7	5		
Тема 1.2. Статичні та динамічні режими роботи САК ЕП	15	3	2	1		12	7	5		
<i>Всього за модуль 1</i>	<i>30</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>2</i>		<i>24</i>	<i>14</i>	<i>10</i>		
Модуль 2. Проектування САК ЕП верстатів і роботів										
Тема 2.1. Синтез САК ЕП	37	5	2	3		32	10	7		15
Тема 2.2. Компоненти управління та перетворювачі енергії для АЕП	17	3	2	1		14	10	4		
Тема 2.3. Проектування САК ЕП верстатів і роботів	6	2	2			4	4			
<i>Всього за модуль 2</i>	<i>60</i>	<i>10</i>	<i>8</i>	<i>2</i>		<i>50</i>	<i>24</i>	<i>11</i>		<i>15</i>
Виконання і захист курсового проекту										
Проектування САК ЕП верстата	30	4			4	26				26
<i>Всього за курсовий</i>	<i>30</i>	<i>4</i>			<i>4</i>	<i>26</i>				<i>26</i>
<i>Підсумок</i>	<i>120</i>	<i>24</i>	<i>10</i>	<i>6</i>	<i>4</i>	<i>100</i>	<i>38</i>	<i>21</i>		<i>41</i>

Лекційні заняття

МОДУЛЬ 1. СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ЕП ВЕРСТАТІВ І РОБОТІВ.

Тема 1.1. Структури САК ЕП та функціональне призначення їх основних елементів.

Лекція 1. Аналіз різновидностей САК ЕП.

Класифікація електроприводів. Аналоговий електропривод. Цифро-аналоговий електропривод. Структура САК регульованим електроприводом (РЕП). Структура САК слідкуючим електроприводом (СЕП). Функціональне призначення основних елементів схеми*. Застосування цифрового приводу, його переваги та недоліки*. Загальна структура ЦЕП*.

Література: [1] с. 5-15, [2] с. 4-17, 85-89.

Дидактичні засоби: плакати № 6,7,8.

Тема 1.2. Статичні та динамічні режими роботи аналогових САК ЕП.

Лекція 2. Статичні режими аналогових САК ЕП.

Математичний апарат для оцінки статичних режимів САК ЕП. Статичні характеристики для двигуна постійного струму (ДПС) в залежності від способу живлення. Статичні характеристики двигуна змінного струму (АС)*.

Література: [1] с. 156-165.

Дидактичні засоби: плакати № 1,2.

Лекція 3. Статика САК із затриманими зворотними зв'язками. Статика системи з підпорядкованим регулюванням і послідовною корекцією.

Статика вузла з негативними зворотними зв'язками по напрузі, швидкості, струму. Статичні характеристики залежно від виду зворотних зв'язків. Нелінійні елементи в системі з затриманими зворотними зв'язками*.

Література: [1] с. 156-165, [8] с. 15-20.

Дидактичні засоби: плакати № 1,2,3,4.

Лекція 4. Статичний режим двоконтурної системи.

Регульований електропривод із зворотними зв'язками з відсічками по швидкості та струму. Методика побудови упорної характеристики САК. Методика розрахунку параметрів*.

Література: [2] с. 67-69.

Дидактичні засоби: плакати № 1,2.

Лекція 5. Динаміка аналогових САК ЕП.

Оцінки динамічного режиму. Математичний апарат опису динаміки*. Передатні функції ланок, що входять до системи управління ЕП. Елемент, звено системи. Види регуляторів, їх схемотехнічна реалізація*.

Література: [2] с. 102-130.

Дидактичні засоби: плакат № 4.6,7

Лекція 6. Двוזонне регулювання швидкості.

Особливості ЕП з двозонним регулюванням швидкості. Приклади реалізації САК ЕП з двозонним регулюванням швидкості*.

Література: [2] с. 57-59, 92-101.

Дидактичні засоби: проектор з прикладами двозонного ЕП.

МОДУЛЬ 2. ПРОЕКТУВАННЯ САК ЕП ВЕРСТАТІВ І РОБОТІВ

Тема 2.1. Синтез САК ЕП.

Лекція 7. Методика синтезу САК ЕП.

Способи побудови перехідних процесів (ПП) в САК ЕП. Методика побудови перехідних процесів із застосуванням структурної схеми САК ЕП. Оптимізація контурів керування в САК ЕП з підпорядкованим регулюванням та послідовною корекцією. Методика побудови перехідних процесів в ЦЕП*.

Література: [1] с. 115-127.

Дидактичні засоби: слайди з прикладом синтезу САК ЕП, плакат № 8, 10.

Лекція 8. Параметричний метод побудови перехідних процесів (ПП) на основі диф. рівнянь в формі Коші та рівнянь зв'язку.

Методика розрахунку параметрів для побудови ПП на основі диф. рівнянь в формі Коші*. Складання таблиці вхідних даних щодо комп'ютерної обробки диф. рівнянь у формі Коші.

Література: [2] с. 33-39.

Дидактичні засоби: плакат №10.

Тема 2.2. Компоненти управління та перетворювачі енергії для АЕП.

Лекція 9. Особливості і різновидності систем живлення двигунів САК ЕП.

Різновиди систем живлення двигунів САК ЕП. Особливості систем живлення для двигунів змінного струму та постійного струму. Сучасні електронні перетворювачі енергії*. Сучасні технічні засоби автоматизації ЕП*.

Література: [1]с.35-40,55-60,70-76.[10]с.85-100.[3],[4],[5],[10]с.76-79.

Дидактичні засоби: слайди з прикладами джерел живлення.

Лекція 10. Види та структура джерел живлення двигунів.

Тиристорні перетворювачі напруги (ТПН). Тиристорні перетворювачі частоти (ТПЧ). Широтно-імпульсні перетворювачі (ШП). Режими роботи, характеристики.

Література: [1] с. 35-79.

Дидактичні засоби: слайди з прикладами джерел живлення.

Тема 2.3. Проектування САК ЕП верстатів і роботів.

Лекція 11. Верстатний електропривод.

Функціональні схеми РЕП та СЕП. Вимоги, конструктивні та технологічні особливості АЕП верстатів. Особливості компонентів: первинних перетворювачів, задавачів, джерела живлення та регуляторів у АЕП*.

Література: [1] с. 46-70, [7] с. 25-40, [8] с. 70-85.

Дидактичні засоби: плакат №6,7,11, 12.

Лекція 12. Електропривод роботів та маніпуляторів.

Конструктивні та технологічні особливості ЕП роботів та маніпуляторів*. Вимоги до САК ЕП роботів та маніпуляторів. Вимоги до двигунів слідкуючих систем роботів та маніпуляторів.

Література: [8] с. 31-35.

Дидактичні засоби: плакати № 9.

Лекція 13. Цифровий та цифро-аналоговий електропривод.

Методика вибору ЦАП і АЦП для схем спряження цифрової та аналогової частин ЕП. Приклади реалізації цифрових контурів*. Функціональна схема ЦЕП.

Література: [11] с. 40-56.

Дидактичні засоби: слайди з ЦЕП.

Лекція 14. Вимірювальні перетворювачі в САК ЕП.

Різновиди датчиків. Особливості імпульсних датчиків. Кодові датчики*.

Література: [10] с. 120-156.

Дидактичні засоби: плакат № 11.

Лекція 15. Основи конструювання принципів схем управління електроприводами верстатів і роботів.

Методика проектування, вимоги до елементної бази. Моделювання принципів схем. Техніка безпеки при дослідній експлуатації АЕП*.

Література: [11] с. 146-170.

Дидактичні засоби: імітаційні моделі САК ЕП на ПЕОМ.

* - питання виносяться для СРС, на лекційних заняттях надаються основні положення з певного питання.

Лабораторні роботи (комп'ютерний практикум)

На лабораторних роботах вивчаються типові схеми САК ЕП, їх структура, компоненти та моделювання з *ціллю* поглиблення знань студентів та формування вмінь по вирішенню задач діяльності у проектуванні САК ЕП та аналізу їх статичних та динамічних режимів.

Перелік лабораторних робіт приведений у таблицях IV.1 та IV.2.

Лабораторні роботи виконуються на стендах діючих електроприводів постійного та змінного струму та на ПЕОМ.

На кожну роботу виділяється по 2 години навчального часу.

Таблиця IV.1. - *Теми робіт до комп'ютерного практикуму*

Тема	Лабораторні роботи
1.1	Лабораторна робота №1. Вивчення методики моделювання САК ЕП на базі ПЗ MathLAB або SciLab.
	Лабораторна робота №2. Опрацювання методики електронного моделювання САК ЕП
	Лабораторна робота №3. Дослідження одноконтурної САК ЕП
	Лабораторна робота №4. Дослідження двоконтурної САК ЕП
	Лабораторна робота №5. Дослідження трьохконтурної САК ЕП
1.2	Лабораторна робота №6. Дослідження нелінійних ланцюгів в САК ЕП
	Лабораторна робота №7. Моделювання динаміки САК ЕП

Таблиця IV.2. - *Теми робіт до лабораторного практикуму*

Тема	Лабораторні роботи
1.2	Лабораторна робота №1. Дослідження РЕП головного руху верстату на базі тиристорного перетворювача ПТЗ – ДПС
1.2	Лабораторна робота №2. Дослідження РЕП головного руху на базі однофазного ТП типу ЕПУ2-1 з ДПС
	Лабораторна робота №3. Дослідження РЕП головного руху на базі реверсивного однофазного ТП типу ЕПУ2-2 з ДПС
	Лабораторна робота №4. Дослідження роботи ШПІ на базі ЕШІМ-1
	Лабораторна робота №5. Дослідження СЕП типу БТУ-3601 з ДПС
	Лабораторна робота №6. Дослідження роботи цифрового РЕП на базі ЕШІМ-1 та мікропроцесору
	Лабораторна робота №7. Дослідження роботи цифрового РЕП на базі КПЧ фірми АВВ

Практичні заняття

До тем практичних занять відносяться рішення задач по вивченню верстатних електроприводів, їх систем живленням та розрахунок параметрів перетворювачів енергії. Перелік практичних занять приведений у таблиці IV.3.

На кожену роботу виділяється по 2 години навчального часу.

Таблиця IV.3. - *Перелік практичних занять*

Тема	Назва практичної роботи	Зміст уміння
2.1	1. Дослідження статичних та динамічних режимів роботи ДПС при живленні від мережі та перетворювача	Оцінювати роботу САК ЕП верстатів в статичних та динамічних режимах
2.2	2. Різновиди верстатів. Електроприводи головного руху та подачі верстатів	Виконувати розрахунки щодо вибору основних компонентів САК ЕП
	3. РЕП, СЕП та компоненти управління поздовжньо-фрезерних верстатів	Складати структурну схему АЕП головного руху та приводу подач верстатів
2.3	4. Управління ЕП поздовжньо-фрезерних верстатів	Виконувати синтез САК ЕП з оптимальною структурою та її моделювання на ЕОМ
	5. Функціональні схеми керування реверсивним РЕП з $D=200$ та $D=2000$	Проектувати схеми САК ЕП верстатів і роботів з заданими властивостями на базі сучасної елементної бази та мікропроцесорної техніки
	6. Функціональна схема ЦЕП на базі ШПІ ЕШІМ-1 (для ДПС)	
	7. Функціональна схема ЦЕП на базі КЦЕП фірми АВВ (для АД)	

Контрольні роботи

Мета контрольних робіт – оцінка рівня засвоєння студентами лекційного матеріалу. Питання до контрольних робіт додаються (додаток Б).

Контрольні роботи з теоретичної частини розподілені таким чином:

№ з/п	№ теми	Тема контрольної роботи	Кількість варіантів
1	1.2	Побудова упорної характеристики САК ЕП. Розрахунок параметрів електроприводу.	30
2	2.1	Синтез СУЕП. Оптимізація контурів керування в САК ЕП з підпорядкованим регулюванням та послідовною корекцією.	30

Перелік індивідуальних та/або групових завдань

Індивідуальна робота містить такі етапи:

- проробка лекційного матеріалу згідно з конспектом та літературою;
- підготовка до опитування, контрольних робіт;
- самостійне вивчення частини теоретичного матеріалу згідно з рекомендованою літературою;
- складення конспектів;
- виконання завдань індивідуального характеру.

На протязі семестру студенти паралельно з аудиторними лекційними і практичними заняттями виконують індивідуальні завдання в вигляді розрахунково-графічної роботи розробки автоматизованого електроприводу промислового об'єкту з теми, визначеної викладачем або за темою майбутньої кваліфікаційної роботи бакалавра.

Мета індивідуальних завдань – закріплення навиків та вмінь проектування аналогових та цифро аналогових САК ЕП виконавчих механізмів верстатів, розрахунку їх статичних та динамічних режимів при забезпеченні вимог технологічних процесів.

Тематика індивідуальних завдань (курсний проєкт) наведена у додатку В.

Роботи повинні представляти собою проектування структурних та функціональних схем та електричних зовнішніх підключень, вибір вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів, регуляторів та їх розрахунок з вказаної теми. Об'єм роботи повинен бути 35-45 сторінок, оформлених в текстовому редакторі MS WORD шрифтом Times New Roman №14 з міжрядковим інтервалом 1,5, а також містить графічні креслення (3-5 листів) з проектування структурних, функціональних схем та електричних схем зовнішніх підключень елементів електроприводу.

V КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ

Перелік обов'язкових контрольних точок для оцінювання знань студентів денної форми навчання

№ з/п	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
1	Контрольна робота 1. Побудова упорної характеристики САК ЕП. Розрахунок параметрів електроприводу.	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу. Студент побудував упорну характеристику САК ЕП, розрахував параметри електроприводу, а також навів аргументовані відповіді на питання завдання.
2	Контрольна робота 2. Синтез СУЕП. Оптимізація контурів керування в САК ЕП з підпорядкованим регулюванням та послідовною корекцією.	10	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу. Студент виконав синтез СУЕП, зробив оптимізацію контурів керування в САК ЕП з підпорядкованим регулюванням та послідовною корекцією, а також навів аргументовані відповіді на питання завдання.
3	Звіт з лабораторних робіт №1-7. Практикум з моделювання САК ЕП на базі ПЗ MathLAB або SciLab.	20	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент виконав моделювання САК ЕП на базі ПЗ MathLAB або SciLab, проводить аналіз структурних особливостей АЕП у ПЗ, а також наводить аргументовані відповіді на запитання викладача
4	Звіт з лабораторних робіт №1-7. Лабораторний практикум з дослідження цифрових та аналогових електроприводів на стендовому обладнанні.	20	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент проводить аналіз конструктивних та технологічних особливостей цифрових та аналогових електроприводів, виконав налаштування та дослідження характеристик моделей промислових ЕП та параметрування електроприводу фірми АВВ, а також навів аргументовані відповіді на запитання викладача та колег.
5	Звіт з практичних робіт №1-7. Дослідження статичних та динамічних режимів роботи двигунів при живленні від мережі та перетворювача, розрахунок основних параметрів ЕП, проектування АЕП на базі сучасної елементної бази	20	Студент здатний продемонструвати критичне осмислення лекційного та поза лекційного матеріалу, брати кваліфіковану участь у дискусії з наведенням аргументації. Студент проводить оцінювання роботи САК ЕП верстатів в статичних та динамічних режимах, виконує розрахунки щодо вибору основних компонентів САК ЕП, складає структурну схему АЕП головного руху та приводу подач верстатів, проектує схеми САК ЕП верстатів і роботів з заданими властивостями на базі сучасної елементної бази та мікропроцесорної техніки, а також наводить аргументовані відповіді на запитання викладача та колег.

№ з/п	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Max балів	Характеристика критеріїв досягнення результатів навчання для отримання максимальної кількості балів
6	Індивідуальне завдання	20	Студент виконав розрахунково-графічні індивідуальні завдання та навів аргументовані відповіді на ситуаційні завдання, що відповідають програмним результатам успішного навчання з дисципліни
Поточний контроль		100 (x0,5)	Студент виконав всі контрольні точки, навів аргументовані відповіді на завдання, що відповідають програмним результатам успішного навчання з дисципліни
Підсумковий контроль (іспит)		100 (x0,5)	Студент виконав тестові, розрахункові індивідуальні завдання та навів аргументовані відповіді, що відповідають програмним результатам успішного навчання з дисципліни «Автоматизований електропрвод»
Всього		100	

Підсумкові оцінки за семестр в цілому переводяться за національною шкалою та шкалою ECTS відповідно до таблиці перекладу, яка визначається діючим в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців:

Рейтингова оцінка	У національній шкалі	У шкалі ECTS
90-100	Відмінно (зараховано)	A
81-89	Добре (зараховано)	B
75-80	Добре(зараховано)	C
65-74	Задовільно (зараховано)	D
55-64	Задовільно (зараховано)	E
30-54	Незадовільно (не зараховано)	FX
0-29	Незадовільно (не зараховано)	F

Для отримання позитивної оцінки з дисципліни студент повинен скласти всі модулі та одержати не менше ніж 55 балів сумарної оцінки. Студент, який на протязі триместру склав всі модулі і набрав не менше 55 балів сумарної оцінки, має право отримати підсумкову оцінку і буди допущений до іспиту.

Результати прийому іспиту оцінюються за 100-бальною рейтинговою шкалою. При оцінюванні результатів використовується також національна 5-бальна шкала та вищенаведена таблиця перекладу з діючого в ДДМА положення про організацію навчального процесу в кредитно-модульній системі підготовки фахівців.

Критерії оцінювання сформованості програних результатів навчання під час підсумкового контролю

Синтезований опис компетентності	Типові недоліки, які зменшують рівень досягнення програмного результату навчання
<p>Когнітивні:</p> <ul style="list-style-type: none"> - усвідомити методи аналізу технологічного процесу виробництва с точки зору забезпечення вимогам інформаційного забезпечення та керування; - продемонструвати здатність розробляти структурні, функціональні та принципові електричні схеми; - докладно продемонструвати вміння виконувати описання конструкції та принципу дії технічного засобу в складі системи управління електроприводом (СУЕП); - продемонструвати вміння розробляти алгоритмічне забезпечення функціонування системи управління електроприводом; - докладно продемонструвати знання та вміння розробляти засоби інтеграції компонентів, налаштувати регулятори в системі АЕП; - здійснити доведення розв'язки завдань до практичних прийнятих рішень при впровадженні відповідних АЕП при створенні сучасних систем керування; - застосовувати основні підходи та обирати технічні засоби для побудови СУЕП; - застосовувати основні підходи до цифрових систем формування завдання електроприводу. 	<p>75-89% – студент припускається незначних помилок у описі прикладних алгоритмів та комп'ютерних методів задач, недостатньо повно визначає прикладний науково-статистичний зміст наукометричних співвідношень, неповною мірою розуміє переваги та недоліки застосованої моделі, припускається несуттєвих фактичних помилок при витлумаченні розрахунково-графічних результатів та визначенні точності досліджування обчислювальних методів</p> <p>60-74% – студент некоректно формулює алгоритми та методи розв'язання практичних задач та робить суттєві помилки у змісті моделювання, припускається помилок при проектуванні власного комп'ютерного алгоритму, присукається грубих помилок у витлумаченні та розрахунках, а також при оформленні практичної роботи</p> <p>менше 60% – студент не може обґрунтувати свою позицію посиланням на конкретний алгоритм розв'язання практичних задач, неповно володіє методикою розрахунків, не може самостійно підібрати необхідну елементну базу ПЛК та розрахункові методи; не має належної уяви про витлумачення одержаних результатів</p>
<p>Афективні:</p> <ul style="list-style-type: none"> - критично осмислювати лекційний і поза лекційний навчально-практичний матеріал; вільно, компетентно, послідовно та раціонально будувати власну аргументацію; застосовувати основні підходи проектування сучасних систем управління електроприводом; - успішно розв'язувати прикладні обчислювальні задачі з розрахунку технологічних параметрів технічних засобів в рамках використання автоматизованого електроприводу; - регулярно співпрацювати із іншими студентами та викладачем в процесі обговорення проблемних моментів на лекційних, практичних заняттях, ініціювати та брати участь у предметній дискусії з прикладних питань навчальної дисципліни, повною мірою розділяти цінності колективної та наукової етики. - абстрактно мислити, критично аналізувати, 	<p>75-89% – студент припускається певних логічних помилок в аргументації власної позиції в дискусіях на заняттях та під час захисту практичних та індивідуальних розрахункових завдань, відчуває певні складності у поясненні фахівцю та колегам певних подробиць та окремих аспектів професійної проблематики</p> <p>60-74% – студент припускається істотних логічних помилок в аргументації власної позиції, виявляє недостатню ініціативу до участі у дискусіях та індивідуальних консультаціях за наявності складності у виконанні практичних та індивідуальних завдань; відчуває істотні складності при поясненні фахівцю або нефахівцю окремих аспектів професійної проблематики</p> <p>менше 60% – студент не здатний продемонструвати вільного володіння логікою та аргументацією у виступах, не виявляє ініціативи до участі у професійній</p>

Синтезований опис компетентності	Типові недоліки, які зменшують рівень досягнення програмного результату навчання
<p>оцінювати та синтезувати нові та складні ідеї; - приймати обґрунтовані рішення і діяти свідомо та соціально відповідально за результати прийнятих рішень; - проявляти визначеність і наполегливість щодо поставлених завдань і взятих обов'язків,</p>	<p>дискусії, до консультування з проблемних питань виконання практичних та індивідуальних завдань, не здатний пояснити нефахівцю суть відповідних проблем професійної діяльності; виявляє зневагу до етики навчального процесу</p>
<p>Психомоторні: - самостійно аналізувати і оцінювати прикладні математичні методи та комп'ютерні алгоритми чисельного розв'язування розрахункових завдань; - спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань і видів діяльності); - вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій та з урахуванням основних вимог інформаційної безпеки, етичних і правових аспектів використання інформації в різних предметних галузях. - контролювати результати власних зусиль в навчальному процесі та коригувати (за допомогою викладача) ці зусилля для ліквідації пробілів у засвоєнні навчального матеріалу або формуванні умінь, вмій та навичок; - самостійно здійснювати пошук, систематизацію, узагальнення навчально-методичного матеріалу, розробляти варіанти розв'язування завдань й обирати найбільш раціональні з них.</p>	<p>75-89% – студент припускається певних помилок у стандартних методичних підходах та відчуває ускладнення при їх модифікації за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації</p> <p>60-74% – студент відчуває ускладнення при модифікації стандартних методичних підходів за зміни вихідних умов навчальної або прикладної ситуації</p> <p>менше 60% – студент нездатний самостійно здійснювати пошук та опрацювання методів та алгоритмів розв'язання задач, виконувати індивідуальні завдання, проявляє ознаки академічної не сформовані навички самооцінки результатів навчання і навичок міжособистісної комунікації з прийняття допомоги з виправлення поточної ситуації не добросовісності при підготовці індивідуальних завдань та виконанні контрольних робіт</p>

VI ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

№ з/п	Назва і короткий зміст контрольного заходу	Характеристика змісту засобів оцінювання
1	Захист лабораторних та практичних робіт	<ul style="list-style-type: none"> - опитування за термінологічним матеріалом, що відповідає темі роботи; - оцінювання аргументованості звіту лабораторних завдань; - оцінювання активності участі у дискусіях
2	Індивідуальне завдання	<ul style="list-style-type: none"> - письмовий звіт про виконання розрахунково-графічної роботи; - оцінювання самостійності та якості виконання завдання в ході звіту-захисту та співбесіди
3	Модульні контрольні роботи	<ul style="list-style-type: none"> - стандартизовані тести; - аналітично-розрахункові завдання
Підсумковий контроль		<ul style="list-style-type: none"> - стандартизовані тести; - аналітично-розрахункові завдання

VII. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

Для забезпечення наочності навчальних занять при викладанні лекційного матеріалу застосовуються наступні ТЗН:

- демонстраційні плакати (1,4 - статичні та динамічні характеристики тиристорних перетворювачів; 2,3 - функціональні схеми регульованого (РЕП) та слідкуючого (СЕП) електроприводу; 5 - статичні та динамічні характеристики двигунів; 6,7 - структурні схеми РЕП та СЕП з перехідними процесами; 8 - цифровий електропривод (ЕП) та вид перехідних процесів в цифровому (ЦЕП) електроприводу; 9 – ЕП роботів та маніпуляторів; 10 – синтез САК ЕП; 11 – первинні перетворювачі в САК ЕП; 12 – похибки в САК ЕП);

- слайди (сучасні перетворювачі енергії, джерела живлення для двигунів в ЕП виконавчих механізмів, двозонне регулювання швидкості, синтез САК ЕП, цифровий та цифро-аналоговий ЕП);

- моделі САК РЕП та СЕП для імітації роботи у динаміці;

- натуральні зразки комплектних перетворювачів (аналогових та цифрових) для двигунів постійного та змінного струму (див. лаб. раб.);

- моделі електроприводів на ЕОМ (1-, 2-, 3-контурної систем).

Всі лабораторні роботи в цьому семестрі та одна в восьмому виконуються на ПЕОМ з застосуванням пакетів програм з моделювання (MathLab), табличного (Excel), розрахункового (MathCad) та текстового редакторів (MS Word).

До кожної лабораторної роботи, для її вдалого проведення, студентам необхідно виконати наступні *завдання*:

- ознайомитись з відповідним матеріалом у літературі, конспекті лекцій та методичних вказівках щодо конкретного матеріалу;

- вивчити схеми силової частини приводу та схеми управління;

- визначити особливості даної схеми керування;

- підготувати бланк звіту про виконання лабораторної роботи з заготовленими таблицями.

Загальний *план* проведення практичних занять підпорядкован наступній структурі:

- класифікація (огляд) об'єктів автоматизованого управління (20 хв.);

- типи перетворювачів, їх характеристика та принцип роботи в певних умовах (30 хв.);

- особливості структури та функціональної схеми керування об'єктом або вузлом верстата (40 хв.).

Склад модулів дисципліни, розподіл часу на їх засвоєння, терміни, форми та методи контролю знань з дисципліни додаються (додаток А).

VIII. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

Основна література.

1. Попович М.Г. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / Попович М.Г., Лозинський О.Ю., Клепиков В.Б. та ін. – К.: Либідь, 2005.- 680с.
2. Костинюк Л.Д. Моделювання електроприводів: Навч. Посібник /Л.Д. Костюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. – Львів: Видавництво національного університету «Львівській політехніка», 2004. -404с.
3. Єнікеев О.Ф. Основи синтезу і проектування слідкуючих систем верстатів і промислових роботів : навчальний посібник / О. Ф. Єнікеев, О. В. Суботін. – Краматорськ : ДДМА, 2008. – 240 с.
4. Разживін О.В. Технічні засоби для проектування систем автоматизації: навчальний посібник / О.В. Разживін, О.В. Суботін. – Краматорськ: ЦТРІ «Друкарський дім», 2017. – 129с.
5. Конспект лекцій з курсу «Автоматизований електропривод» (для студентів спеціальності 151, 174) / О.В. Суботін. - Краматорськ: ДДМА, 2024. - 96с.
6. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Автоматизований електропривод" (для студентів спеціальності 151). Практикум з моделювання / Упоряд. О.В. Суботін. - Краматорськ: ДДМА, 2019 – 28с.
7. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Автоматизований електропривод" (для студентів спеціальності 151). Лабораторний практикум / Упоряд. О.В. Суботін. - Краматорськ: ДДМА, 2019 – 44 с.
8. Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Автоматизований електропривод» для студентів спеціальності 151, 174 / О.В. Суботін, А.Ф. Залятов. - Краматорськ: ДДМА, 2024 – 84 с.

Додаткова література.

1. Бешта О.С., Балахонцев О.В., Бородай В.А. Автоматизований електропривод у прокатному виробництві Дніпропетровськ: Національний гірничий університет , 2010. 224 с.
2. Ніколаєнко, А.М. Мікропроцесорні та програмні засоби автоматизації]: навч. посіб. / А.М. Ніколаєнко, Н.О. Міняйло. – Запоріжжя: ЗДІА, 2011. – 444 с.
3. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні: Підручник / Л. Є. Пелевін, К. І.Почка, О. М. Гаркавенко, Д. О. Міщук, І. В. Русан. – К.:ТОВ «НВП «Інтерсервіс»», 2016. –258 с.
4. Modelowanie komputerowe i obliczenia współczesnych układów automatyzacji [Text] / R. Tadeusiewicz, G. Piwniak, W. Tkaczow, W. Szaruda, K. Oprędkiewicz. – Kraków, 2004. – 335 p.
5. Bishop. Robert H. The Mechatronics handbook / Robert H. Bishop. – Austin: The University of Texas at Austin. – 2002. – 1229 p.
6. Програма на ПЕОМ для розрахунків перехідних процесів в САК АЕП (розроблена на кафедрі АВП для студентів, вивчаючих дисципліну АЕП).

Web-ресурси

- 1 <http://electricalschool.info/spravochnik/eltehustr/726-princip-raboty-chastotnogo.html>
- 2 <https://core.ac.uk/download/pdf/48404734.pdf>
- 3 <http://buklib.net/books/>
- 4 https://shron1.chtyvo.org.ua/Biletskyi_Volodymyr/Mala_hirnycha_entsyklopediia_Tom_1.pdf
- 5 https://shron1.chtyvo.org.ua/Biletskyi_Volodymyr/Mala_hirnycha_entsyklopediia_Tom_2.pdf
- 6 https://shron1.chtyvo.org.ua/Biletskyi_Volodymyr/Mala_hirnycha_entsyklopediia_Tom_3.pdf
- 7 Robotics. <https://curlie.org/Computers/Robotics>.
- 8 <https://core.ac.uk/download/pdf/48404734.pdf>
- 9 <http://buklib.net/books/>

РОЗРОБНИК ПРОГРАМИ
доцент, к.т.н. **Суботін О.В.**

ДОДАТКИ

до робочої навчальної програми з дисципліни
“Автоматизований електропривод”

ДОДАТОК А

ПИТАННЯ ДО КОНТРОЛЬНИХ РОБІТ З ДИСЦИПЛІНИ “АЕП”

Питання до контрольної роботи № 1.

- 1 Предмет дисципліни. Задачі дисципліни.
- 2 Аналіз різновидів САК ЭП.
- 3 Аналогове САК ЭП. Статичні режими аналогових САК ЭП. Математичний апарат для оцінки статичних режимів САК ЭП.
- 4 Статичні характеристики для двигуна постійного струму в залежності від способу живлення.
- 5 Статика вузла з негативним зворотним зв'язком по напрузі.
- 6 Статика вузла зі зворотним зв'язком по швидкості.
- 7 Статика вузла зі зворотним зв'язком по струму.
- 8 Статика вузла з затриманими зворотними зв'язками.
- 9 Статика системи з підлеглим регулюванням і послідовною корекцією.
- 10 Статичний режим двоконтурної системи з підлеглим керуванням (для регульованого електропривода зі зворотними зв'язками з відсіченням по швидкості і по струму).
- 11 Методика побудови упорної характеристики.
- 12 Визначення значень $U_{ср1}$ і $U_{ср2}$.

Питання до контрольної роботи № 2.

1. Оцінки динамічного режиму.
2. Динаміка аналогової САК ЕП.
3. Математичний апарат для опису динаміки.
4. Передатні функції ланок, що входять у систему ЕП.
5. Складання передатних функцій двигуна постійного струму.
6. Передатні функції двигунів у САК ЕП. Асинхронні двигуни. Двигуни постійного струму. Редуктор.
7. Методика побудови перехідних процесів на основі використання структурної схеми САК ЕП. Диференціальні рівняння Коші. Рівняння зв'язків.
8. Оптимізація зовнішнього контуру - контуру швидкості (синтез регулятора 2. Синтез САК ЭП. Методика оптимізації. Структурна схема двоконтурної САК ЭП (для регульованого привода).
9. Структура тиристорного електропривода. Його особливості.
10. Особливості двозонного регулювання. Приклади реалізації електропривода, що стежить.
11. Класифікація приводів, що стежать, по виду завдання, по астатизму, по виду перехідних процесів і по величині помилки.
12. Різновиду СЕП.
13. Визначення, конструктивні і технологічні особливості СЕП. Структура СЕП. Вимоги до СЕП.
14. Визначення, конструктивні і технологічні особливості РЕП. Структура РЕП. Вимоги до РЕП.

15. Верстатний електропривод, його основні різновиди: РЕП і СЕП.
16. Параметри ШПП. Особливості ШПП. Особливості реверсивного ШПП.
17. Оптимізація внутрішнього контуру (синтез регулятора струму).
18. Особливості і різновиду джерел живлення в САК ЕП.
19. Особливості трифазних тиристорних перетворювачів. Статичні характеристики. Регульовальні характеристики. Характеристика "вхід-вихід". Навантажувальна характеристика $U_a = f(I_H)$. Електромеханічна характеристика тиристорного електропривода.
20. Інверторний режим (ІР) роботи ЕП.

Питання до контрольної роботи № 3.

- 1 Сучасні комплектні тиристорні перетворювачі. Функціональна схема комплектного тиристорного перетворювача. Особливості принципової електричної схеми тиристорних перетворювачів.
- 2 Методика читання принципових схем САК ЕП. Система керування приводом. Опис функціональних блоків, керуючих роботою перетворювача.
- 3 Тиристорний перетворювач частоти.
- 4 Принцип роботи СІФК.
- 5 Різновиди перетворювачів частоти. Особливості стандартних ТПЧ на базі АІТ. Принципова схема ТПЧ зі зворотними зв'язками.
- 6 СЕП на базі ТП-ДПТ із реостатним зворотним зв'язком.
- 7 СЕП на базі ТП-ДПТ з аналоговими й дискретними датчиками швидкості).
- 8 СЕП, організований на ШИП і мікропроцесорний регулятор.
- 9 Помилки в СЕП.
- 10 Динаміка СЕП.
- 11 Цифровий електропривод. Необхідність у цифровому приводі.
- 12 Структура ЦЕП.
- 13 Поняття квантування і відновлення. Особливості квантування.
- 14 Методи визначення часу чи періоду, кроку дискретизації. Основні положення теорії дискретних сигналів.
- 15 Синтез ЦЕП. Побудова перехідного процесу в дискретній формі. Складання передаточної функції оптимального регулятора у ЦЕП в дискретній формі.
- 16 Двоконтурна схема РЕП з цифровим контуром швидкості.
- 17 Три контурна схема електропривода, що стежить, контур положення в трьох варіантах: в аналоговому і цифровому видах.
- 18 Вимірювальні перетворювачі в електроприводі, що стежить. ВП – вимірювальний перетворювач (датчик).
- 19 Різновиди датчиків, використовуваних в системах керування ЕП.
- 20 Особливості імпульсних датчиків. Використання імпульсних вимірювальних перетворювачів.
- 21 Кодові датчики.
- 22 Конструювання принципових схем керування електроприводами.
- 23 Особливості електродвигунів для приводів, що стежать, і роботів-маніпуляторів.
- 24 Принцип вертикального керування. Принцип широтно-імпульсного керування.
- 25 Силова частина ЕП. Різновиду, переваги, недоліки.

ДОДАТОК В

ЗАВДАННЯ ДО КУРСОВОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Курсовий проект виконується за двома темами:

- проектування РЕП;
- проектування СЕП.

Кожна тема має понад 30 варіантів, які наведені у методичних вказівках до курсового проектування та таблицях В.1 та В.2 відповідно та рисунку В.1.

Курсовий проект виконується по наступній схемі.

ВСТУП. (Вимоги до РЕП, СЕП).

1. Розрахунок та вибір трансформатору, розрахунок та вибір тиристорів. Розрахунок параметрів якійного ланцюга ЕП. Побудова регулювальних та вихідних характеристик. Вибір типу комплексного тиристорного перетворювача та його опис.
2. Статика САК РЕП.
 - 2.1. Розрахунок та побудова природної статичної та характеристики в розімкнутій САК ЕП.
 - 2.2. Розрахунок вхідного контуру (здатчика інтенсивності)
 - 2.3. Розрахунок параметрів та елементів зворотних зв'язків по швидкості та струму.
 - 2.4. Побудова упорної електромеханічної характеристики в замкнутій САК ЕП.
 - 2.5. Розрахунок нелінійних ланок (НЗ1 та НЗ2 та регуляторів швидкості та струму.
3. Розрахунок динаміки РЕП (СЕП) - розрахунок ПП в РЕП (в СЕП).
 - 3.1. Складання диф. рівнянь в формі Коші та рівнянь зв'язку для РЕП (2^x контурна САК ЕП) СЕП (3^x контурна САК ЕП).
 - 3.2. Складання таблиці вихідних даних для розрахунків ПП по стандартній програмі РЕП - СЕП.
 - 3.3. Розрахунок коефіцієнта передачі для інтегрованої частини регулятора струму.
 - 3.4. Розрахунок для СЕП регулятора положення та давача переміщення.
 - 3.5. Розрахунок на ЕОМ перехідних процесів по струму, швидкості та положення.
 - 3.6. Оцінка якості регулювання в аналоговій (АК ЕП).
4. Розрахунок цифрового контуру швидкості для РЕП, контура положення - для СЕП
 - 4.1. Визначення оптимального періоду дискретності часу управління в РЕП (СЕП).
 - 4.2. Синтез регуляторів в ЦЕП: РП - для СЕП, РШ - для РЕП. Синтез оптимального аналогового регулятора на основі технічного оптимума та вимог точності. Складання дискретної передаточної функції оптимальних регуляторів.
 - 4.3. Вибір цифрових вимірювальних перетворювачів - давачів ДЖ - для РЕП, ДП - для СЕП.
 - 4.4. Вибір засобів спряження в САК ЕП з виконавчими органами : ЦАП, АЦП; розрахунок їх розрядності.

4.5 Складення дискретних передаточних функцій (ДПФ) ЦЕП. Вибір ДПФ безперервної частини САК РЕП (СЕП). Складання ДПФ замкнутої САК ЦЕП.
4.6 Розрахунок ПП $\omega(t)$ для РЕП та $l(t)$ для СЕП в вигляді гратчастої функції.
4.7 Оцінка якості регулювання в ЦЕП.

4.8 Порівняння якості регулювання в аналоговій та цифровій САК ЕП.
ВИСНОВКИ (Виконання завдання, оцінка САК ЕП) Перелік посилань.
ДОДАТКИ.

Графічна частина – 4 листа формату А1.

Лист 1. “Статика”, формат А1.

- 1 Кінематика РЕП (СЕП).
- 2 Характеристики ТП ($Ed(\alpha), Ud(\alpha), Ud(Uy), \alpha(Uy)$).
- 3 Статичні електромеханічні характеристики: природня, в розімкненій САК.
- 4 Статична упорна електромеханічна характеристика та її оцінка.

Лист 2. “Динаміка”, формат А1.

- 1 Структурна схема двоконтурної аналогової САК у відповідності до порядку астатизму (РЕП).
- 2 Структурна схема три контурної аналогової САК у відповідності до порядку астатизму (СЕП).
- 3 Структурна схема цифрового контуру швидкості (РЕП).
- 4 Структурна схема цифрового контуру положення (СЕП).
- 5 Криві ПП - $\omega(t)$, $i(t)$ для РЕП у всіх режимах.
- 6 Криві ПП - $\omega(t)$, $i(t)$ для пуску в РЕП та $\omega(t)$, $l(t)$ для СЕП.
- 7 Крива ПП - $\omega(t)$ у відносних одиницях в цифровому контурі РЕП.
- 8 Крива ПП - $l(t)$ у відносних одиницях в цифровому контурі СЕП.

Лист 3. Принципова схема РЕП (СЕП) із спряженням з МПС.

Формат А1.

Лист 4. Алгоритм роботи РЕП (СЕП).

Формат А1.

Таблиця В.1 – Дані для проектування СЕП

Варіант	Параметри двигуна								Привед. момент інерц. $\sum J_i$	Вид схеми з'єдна ння, рис.1	Діап. регулюв ання D	Доп.кут. прискоре ння. ε, c^{-2}	$\sigma_{РЭП}$ %	$\sigma_{СЭП}$ %	Пор. аст.	Вид звор. зв'язку
	$P_H,$ кВт	$I_H,$ А	$n_H,$ об/мин	$U_H,$ В	КПД %	$R_{я},$ Ом	$R_{дп}/R_{ш},$ Ом	$J_{дв},$ Ом								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	1,5	10,5	1060	220	76,5	1,08	0,915	0,047	3,5J _д	ж	80	2200	7,0	1,5	1	-ОС -ОТ -ОПц
2	2	12,1	750	220	80,0	1,7	1,26	0,037	3,5J _д	б	70	2100	7,5	1,5	1	-ОС -ОТ -ОПц
3	3,2	19	750	220	80,5	1,1	0,04/181	0,1	3,5J _д	е	30	1800	8,5	1,2	1	-ОС -ОТ -ОПц
4	1,5	9,2	1500	220	81	2,92	0,05/242	0,03	3,5J _д	е	70	2200	10	1,2	1	-ОС -ОТ -ОПц
6	1,5	9,3	1000	220	82	2,9	0,11/280	0,04	3,5J _д	ж	80	2300	9,0	1,0	1	-ОС -ОТ -ОПц
6	1,6	9,5	750	220	76,5	1,04	0,015	0,038	3,5J _д	з	90	2300	7	1,4	0	-ОС -ОТ -ОПц
7	3,0	17,1	1000	220	74	0,906	0,602	0,037	3,5J _д	г	30	1700	10	1,1	1	-ОС -ОТ -ОПц
8	3,0	18,4	1060	220	78	1,04	0,03/198	0,04	3,5J _д	в	40	1900	9,5	1,3	1	-ОС -ОТ -ОПц
9	2,2	13,6	1500	220	79	1,91	0,05/168	0,09	3,5J _д	з	60	2100	11	1,2	0	-ОС/С -ОТ/ОТС -ОП

Продовження табл. В.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
10	3	16,9	1000	220	75,5	0,88	0,64	0,047	3,5J _д	е	40	1800	9	1,2	1	-ОС -ОТ -ОП
11	5	28,6	1000	220	75,5	0,75	0,6	0,7	3,5J _д	в	60	1900	10	1,1	0	-ОС -ОТ -ОП
12	1	6,55	1300	220	75	1,66	0,85	0,012	3,5J _д	е	25	1900	10,5	0,85	1	-ОС -ОТ -ОП
13	1,1	6,81	1500	220	76	2,27	1,57	0,012	3,5J _д	е	90	1800	10	0,9	0	-ОС/С -ОТ/ОТС -ОП
14	1,6	9,4	750	220	68,5	1,88	1,59	0,018	3,5J _д	ж	41	1750	8,4	1,1	1	-ОС -ОТ -ОП
15	2,5	13,6	800	220	69,5	0,609	0,526	0,104	3,5J _д	з	180	1900	9,5	1,3	1	-ОС -ОТ -ОП
16	1,5	10,5	1500	220	77	1,0	0,9	0,047	3,5J _д	е	70	2000	10	1,1	0	-ОС -ОТ -ОП
17	2,0	12,1	1000	220	80	1,7	1,2	0,037	3,5J _д	ж	50	1900	9,5	1,0	1	-ОС -ОТ -ОП
18	1,6	9,5	1500	220	82	1,04	0,8	0,04	3,5J _д	в	30	2000	9	0,9	1	-ОС -ОТ -ОП
19	2,2	13,6	750	220	79	1,9	0,7	0,04	3,5J _д	б	40	2200	9,5	1,0	0	-ОС -ОТ -ОП
20	1,6	9,5	1500	220	82	1,04	0,8	0,1	3,5J _д	е	40	2000	9	1,5	1	-ОС -ОТ -ОП

Продовження табл. В.1

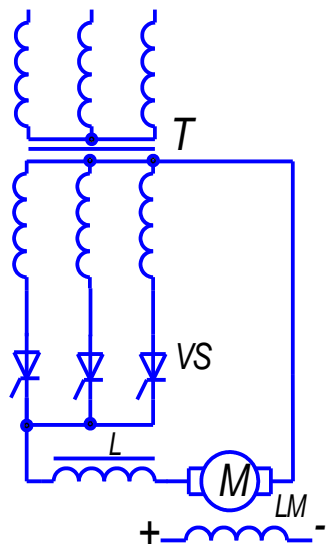
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
21	1,5	9,2	1000	220	83	0,9	0,7	0,09	3,5J _д	з	50	1900	9,2	1,2	1	-ОС -ОТ -ОП
22	2,0	12,1	1000	220	84	1,7	1,26	0,04	3,5J _д	е	45	1800	9,3	1,1	1	-ОС -ОТ -ОП
23	1,0	5,6	750	220	79	1,6	0,85	0,04	3,5J _д	д	50	1900	9	1,0	1	-ОС -ОТ -ОП
24	1,1	6,8	1000	220	80	2,27	1,57	0,2	3,5J _д	ж	55	1800	8,5	1,5	1	-ОС/С -ОТ/ОТС -ОП
25	3,2	18,4	1500	220	74	1,04	0,09	0,4	3,5J _д	з	45	2100	10	1,0	1	-ОС -ОТ -ОП
26	3,0	17,1	1000	220	79	0,9	0,6	0,3	3,5J _д	з	56	2000	10	1,0	1	-ОС -ОТ -ОП
27	5,0	28,6	1000	220	80	0,75	0,6	0,3	3,5J _д	ж	50	2100	11	1,2	1	-ОС -ОТ -ОП
28	1,5	9,3	1000	220	81	2,9	0,11	0,4	3,5J _д	з	56	2000	10	1,1	1	-ОС -ОТ -ОП
29	1,5	10,5	750	220	80	1,2	0,85	0,2	3,5J _д	ж	48	2200	10	1,0	1	-ОС -ОТ -ОП
30	5,6	30,4	1500	220	85	0,32	0,21	0,1	3,5J _д	з	40	1950	7,5/1,2		1	-ОС/отс -ОТ/отс
31	6,3	33,4	1000	220	81,5	0,278	0,196	0,104	3,5J _д	г	38	2050	10,5		1	-ОС/отс -ОТ/отс
32	7	42	750	220	82	0,546	0,2	0,35	3,5J _д	в	40	2900	10		1	-ОС/с -ОТ/отс

Таблиця В.2 – Данні для проектування РЕП

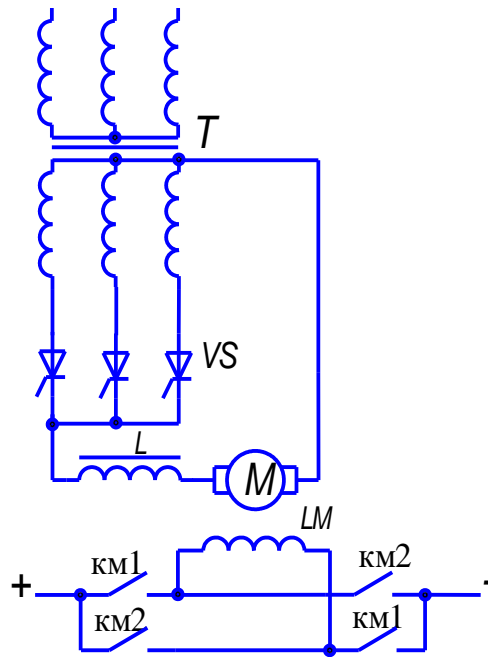
Варіант	Параметри двигуна								Привед. момент інерц. $\sum J_i$	Вид схеми з'єднан- ня, рис.1	Діап. регулюв- ання швидко- сті	Доп.кут. прискоре- ння. ε, c^{-2}	Допустим. статич. похибка	Вид звор. зв'язку.
	$P_H,$ кВт	$I_H,$ А	$n_H,$ об/мин	$U_H,$ В	КПД %	$R_{я},$ Ом	$R_{дп},$ Ом	$J_{дв},$ Ом						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	7,5	40	750	220	77	0,26	0,2	0,525	3,5Jд	г	36	2500	9,5	-ОС -ОТ/отс
2	4,5	26	750	220	79	0,76	0,25	0,14	3,5Jд	г	26	800	8	-ОС/отс -ОТ/отс
3	8	43,5	1500	220	81	0,27	0,2	0,1	3,5Jд	з	40	1900	9	-ОС/отс -ОТ/отс
4	6	32,6	1000	220	85	0,494	0,02/154	0,14	3,5Jд	ж	44	2800	10	-ОС/с -ОТ/отс
5	9	50	750	220	76,5	0,286	0,206	0,2	3,5Jд	ж	34	1700	8	-ОС/отс -ОТ/отс
6	8,8	40	1500	220	79	0,78	0,04/228	0,045	3,5Jд	ж	18	800	8	-ОС/отс -ОТ/отс
7	7,1	39	1000	220	83	0,181	0,122	0,3	3,5Jд	г	21	1050	10,5	-ОС/отс -ОТ/отс
8	11	56	800	220	84	0,125	0,08	0,3	3,5Jд	е	36	2100	8	-ОС/отс -ОТ/отс
9	11	57	800	220	81	0,125	0,08	0,3	3,5Jд	з	15	750	7,5	-ОС/отс -ОТ/отс
10	9	41	1500	220	83	0,181	0,121	0,2	3,5Jд	ж	18	800	9,5	-ОС/отс -ОТ/отс
11	8,5	44,5	800	220	82	0,18	0,116	0,2	3,5Jд	в	49	2950	9,5	-ОС/отс -ОТ/отс
12	5	28,6	1000	220	79	0,39	0,204	0,084	3,5Jд	б	21	900	10,5	-ОС/отс -ОТ/отс
13	4	21,8	1500	220	79	0,384	0,236	0,2	3,5Jд	г	18	1100	8,5	-ОС/отс -ОТ/отс

Продовження табл. В.2

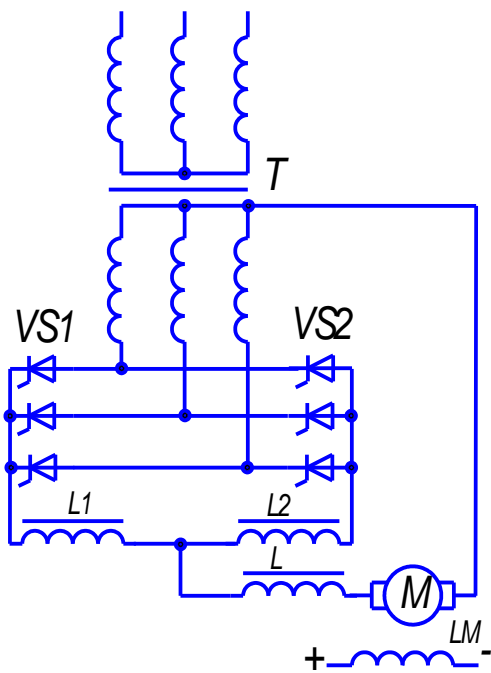
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
14	4,2	22,2	750	220	81,5	0,378	0,263	0,2	3,5Jд	в	15	1050	9	-OC/отс -OT/отс
15	5,3	27,4	1500	220	85,5	0,216	0,175	0,221	3,5Jд	з	19	950	10	-OT -OC
16	7,1	36,3	1000	220	86,5	0,15	0,1	0,25	3,5Jд	г	16	800	9,5	-OC -OT
17	4,5	23,4	1500	220	83,5	0,338	0,221	0,21	3,5Jд	б	15	1000	9,5	-OC -OT
18	3,2	16,9	1000	220	82,5	0,49	0,364	0,19	3,5Jд	ж	24	950	7,5	-OC -OT/отс
19	2,2	13,3	1000	220	83	1,75	0,22	0,05	3,5Jд	ж	19	2000	9,4	-OC -OT
20	8,0	49,2	600	220	80	0,753	0,1	0,67	3,5Jд	в	21	950	9,5	-OC/отс -OT/отс
21	8,0	43	1000	220	82	0,328	0,27	0,16	3,5Jд	е	19	880	8,5	-OC -OT/отс
22	6,6	33,5	750	220	80	0,591	0,16	0,530	3,5Jд	е	23	1050	10,5	-OC/с -OT/отс
23	4,5	26	750	220	80	0,1	0,632	0,14	3,5Jд	ж	20	1000	10	-OC -OT
24	10,0	38	1000	220	81	0,337	0,018	0,4	3,5Jд	з	19	1000	9,5	-OC -OT
25	3,8	25,4	1500	220	83	0,78	0,039	0,43	3,5Jд	з	20	800	10	-OC -OT
26	0,7	4,3	1500	220	80	6,73	0,274	0,01	3,5Jд	д	20	800	9,5	-OC -OT
27	1,0	5,9	1000	220	80	4,17	0,274	0,01	3,5Jд	е	20	800	10	-OC -OT
28	6,0	33,2	1000	220	81	0,47	0,008	0,08	3,5Jд	з	18	1000	10,5	-OC -OT



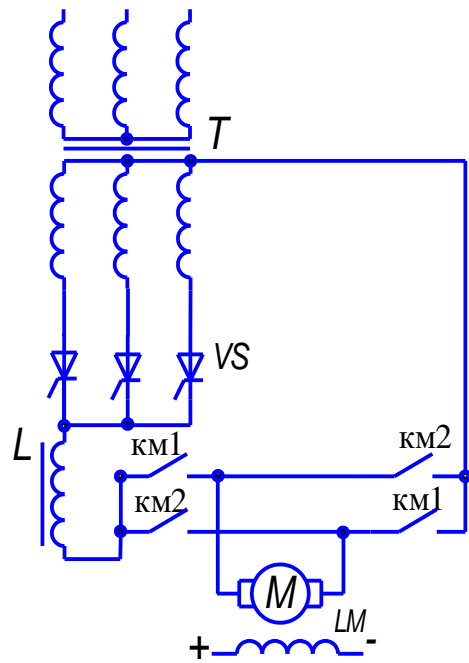
a



б

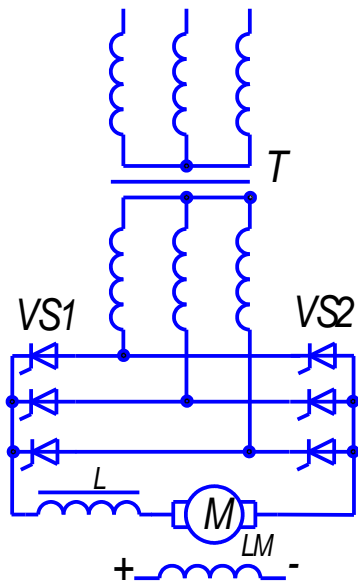


в

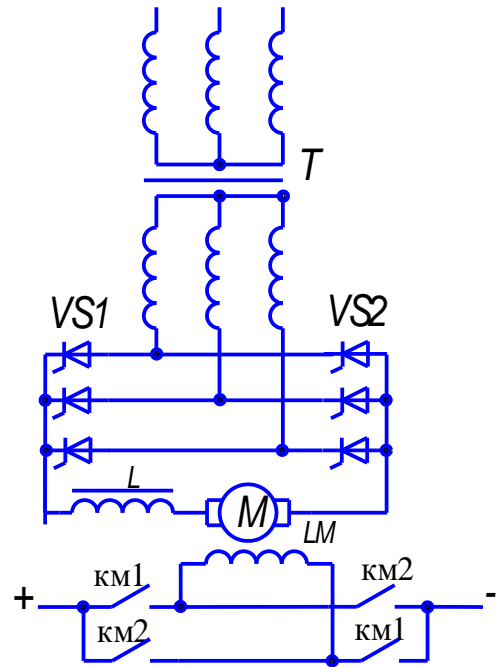


г

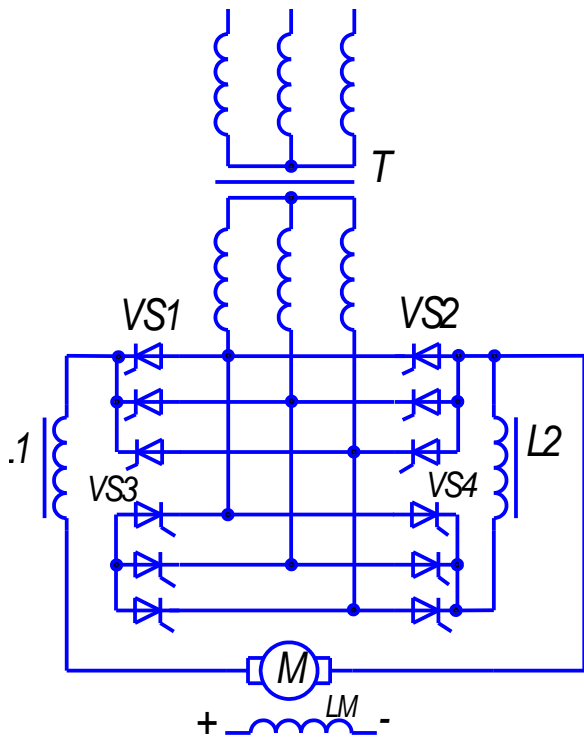
Рисунок В.1 – Схеми силової частини ТП



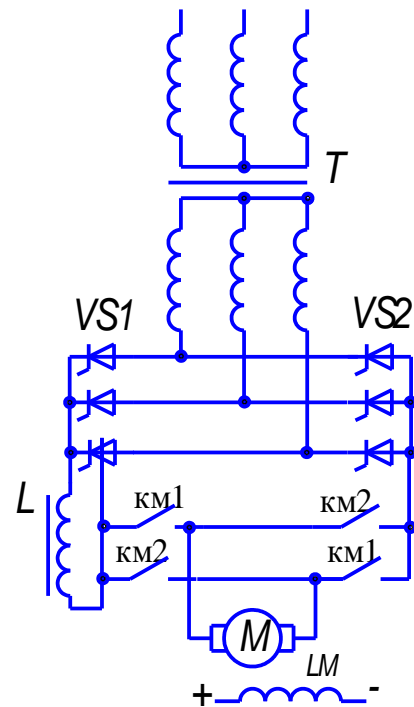
d



e



Ж



3