

# СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

## «Енергоефективні автоматизовані електротехнічні та електромеханічні комплекси та системи широкого технологічного призначення»



<b>Ступінь освіти</b>	доктор філософії
<b>Освітня програма</b>	Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
<b>Тривалість викладання</b>	5, 6, 7 чверті
<b>Заняття:</b>	
Лекції (год/тижд.):	2 години
Практичні заняття	1 година
<b>Підсумковий контроль</b>	залік
<b>Мова викладання</b>	українська

Сторінка курсу в СДО НТУ «ДП»:  
Кафедра, що викладає

<http://do.nmu.org.ua/course/view.php?id=2661>  
Електропривода

### Викладач:



**Садовой Олександр Валентинович**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри електропривода **співавтор підручника** «Моделювання електромеханічних систем» **навчального посібника** «Спеціальні питання математичного опису і моделювання динаміки складних систем» **монографій** «Релейные системы оптимального управления электроприводами», «Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення», «Системы оптимального управления прецизионными электроприводами», «Системы керування асинхронними вентилями каскадами», «Синтез електромеханічних систем методом дискретного часового еквалайзера».

#### Персональна сторінка:

<https://elprivod.nmu.org.ua/ua/department/sadovoi.php>

**E-mail:** sadovoyav@ukr/net, sadovoi.o.v@nmu.one

## 1. Анотація до курсу

Предметом курсу є нетрадиційні сучасні методи структурно-алгоритмічного синтезу систем керування, які забезпечують бажані динамічні та статичні показники якості керування в умовах дії широкого спектру параметричних і координатних збурень, рівняння динаміки електроприводів постійного струму, алгоритмічний синтез релейних регуляторів для ЕП в різних фазових просторах, структурна реалізація синтезованих алгоритмів керування, статичні властивості релейних систем оптимальної стабілізації, побудова областей існування стійкого ковзного режиму, аналітичний огляд асинхронних електроприводів (АЕП) з

векторним керуванням, математичні моделі процесів електромеханічного перетворення енергії в АЕП, синтез асинхронного електропривода з розривним полегорієнтованим керуванням, синтез АЕП з низькою чутливістю до впливів збурення в режимах позиціонування та стеження, математичні моделі асинхронного двигуна з фазним ротором, синтез та реалізація алгоритмів керування асинхронними електроприводами за схемою машини подвійного живлення, формування оптимальних режимів перетворення енергії в ЕП за схемою машини подвійного живлення, оптимізація енергетичних показників асинхронного вентильного каскаду, використання ковзних режимів у системі оптимізації потоків реактивної потужності асинхронного вентильного каскаду, уніфіковані векторно-керовані електроприводи змінного струму, автоматизовані електроприводи турбомеханізмів, автоматизовані ЕМС парових котлоагрегатів, автоматизовані ЕМС кульових барабанних млинів, пристрої виявлення та усунення буксування валків прокатного стану.

Під час побудови курсу автор намагався складним математичним теоріям надати зрозумілий фізичний сенс і окреслити області застосування запропонованих електромеханічних систем.

## **2. Мета та завдання курсу**

**Мета дисципліни** – засвоєння здобувачами вищої освіти теоретичних знань та практичних навичок з синтезу та дослідження енергоефективних електроприводів постійного і змінного струму з системами оптимального керування та отримання й уявлення про пріоритетні області застосування таких електроприводів.

**Завдання курсу** визначаються вимогами освітньо–професійної програми підготовки докторів філософії з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки і включають придбання наступних компетентностей:

- здатність мати науковий і культурний кругозір рівня здобувача наукового ступеня доктора філософії;
- здатність оволодіти глибинними професійними знаннями та використовувати їх;
- здатність засвоювати та використовувати знання основних концепцій, теоретичних та практичних проблем;
- здатність засвоювати та використовувати методологію і методи наукового аналізу;
- здатність підготовки усної та письмової презентації результатів дослідження.

## **3. Результати навчання:**

Знати та уміти використовувати сучасні методи проведення досліджень в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки; системний підхід, інтегруючи знання з інших дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти

підчас розв'язання теоретичних та прикладних задач обраної області наукових досліджень.

## 4. Структура курсу

### Лекції

#### **1. Класичні методи синтезу систем оптимального керування електроприводами.**

1.1 Концепція збуреного - незбуреного руху.

1.2 Варіаційні методи синтезу систем оптимального керування.

1.3 Прямий метод Ляпунова. Задача аналітичного конструювання регуляторів (АКР).

1.4 Особливості розв'язання задачі АКР

#### **2. Використання модифікованого принципу симетрії в розв'язанні задач аналітичного конструювання регуляторів.**

2.1 Принцип симетрії.

2.2 Ідея модифікації принципу симетрії.

2.3 Функціонали якості та лінійні керування.

2.4 Функціонали якості та релейні керування.

#### **3. Релейні систем автоматичного керування та їх властивості.**

3.1 Фазові траєкторії релейних систем.

3.2 Ковзний режим.

3.3 Основні властивості систем в ковзному режимі.

#### **4. Релейні системи оптимальної стабілізації електроприводів постійного струму.**

4.1 Рівняння динаміки електроприводів постійного струму.

4.2 Алгоритмічний синтез релейних регуляторів для ЕП в різних фазових просторах.

4.3 Статичні властивості релейних систем оптимальної стабілізації.

4.4 Побудова областей існування стійкого ковзного режиму.

#### **5. Системи векторного керування в ковзних режимах короткозамкненими асинхронними двигунами.**

5.1 Аналітичний огляд асинхронних електроприводів з векторним керуванням.

5.2 Математичні моделі процесів електромеханічного перетворення енергії в АЕП.

5.3 Синтез асинхронного електропривода з розривним полеорієнтованим керуванням.

5.4 Синтез АЕП з низькою чутливістю до впливів збурення в режимах позиціонування та стеження.

#### **6. Системи векторного керування в ковзних режимах асинхронними двигунами за схемою машини подвійного живлення.**

6.1 Математичні моделі асинхронного двигуна з фазним ротором.

6.2 Синтез та реалізація алгоритмів керування асинхронними електроприводами за схемою машини подвійного живлення.

6.3 Формування оптимальних режимів перетворення енергії в ЕП за схемою машини подвійного живлення.

## **7. Енергоефективні електроприводи за схемою асинхронного вентильного каскаду.**

7.1 Математична модель асинхронного вентильного каскаду.

7.2 Оптимізація енергетичних показників асинхронного вентильного каскаду.

7.3 Використання ковзних режимів у системі оптимізації потоків реактивної потужності асинхронного вентильного каскаду .

## **8. Пріоритетні області застосування енергоефективних електроприводів.**

8.1 Уніфіковані векторно-керовані електроприводи змінного струму.

8.2 Турбомеханізми.

8.3 Парові котлоагрегати.

8.4 Кульові барабанні млини.

8.5 Пристрої виявлення та усунення буксування валків прокатного стану.

### **Практичні заняття**

1. Варіаційні методи синтезу і розв'язання класичної задачі аналітичного конструювання регуляторів.

2. Модифікований принцип симетрії в розв'язанні задач аналітичного конструювання лінійних та релейних керувань.

3. Траєкторія руху релейних систем в ковзному режимі. Робастні властивості систем керування в ковзному режимі.

4. Структурно-алгоритмічний синтез систем оптимальної оптимізації електроприводів постійного струму.

5. Структурно-алгоритмічний релейних синтез систем векторного керування асинхронними короткозамкненими двигунами.

6. Структурно-алгоритмічний релейних синтез систем векторного керування асинхронними двигунами за схемою машини подвійного живлення.

7. Структурно-алгоритмічний синтез систем керування та оптимізація енергетичних показників АВК.

8. Енергоефективні електромеханічні системи в технологічних процесах та промислових агрегатах.

## **5. Технічне обладнання та/або програмне забезпечення**

Під час виконання практичних робіт можуть використовуватись пакети MS Excel та MATLAB.

## **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
75...89	добре / Good
60...74	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, автономності та відповідальності студента за вимогами НРК до 8-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, які 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 завдань під час лекцій	комплексна контрольна робота (ККР)	визначення середньозваженого результату поточних контролів;
практичні	контрольні завдання за кожним практичним заняттям	виконання завдань під час практичних занять		виконання ККР під час заліку за бажанням студента

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 дескрипторам, 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 заліку 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 кожного дескриптора 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 критерію 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 компетентнісні характеристики, визначені НРК для магістерського рівня вищої освіти (подано нижче).

#### Загальні критерії досягнення результатів навчання

##### для 8-го кваліфікаційного рівня за НРК

**Інтегральна компетентність** – здатність розв'язувати складні задачі і проблеми під час професійної діяльності у галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

Дескриптори НРК	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності	Показник оцінки
<i>Знання</i>		
♦ спеціалізовані концептуальні знання, набуті у процесі навчання та/або професійної діяльності на рівні новітніх досягнень, які є основою для оригінального мислення та інноваційної діяльності, зокрема в контексті дослідницької роботи;	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
	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

<b>Дескриптори НРК</b>	<b>Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності</b>	<b>Показник оцінки</b>
♦ критичне осмислення проблем у навчанні та /або професійній діяльності та на межі предметних галузей	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
<b>Уміння</b>		
♦ розв'язання складних задач і проблем, що потребує оновлення та інтеграції знань, часто в умовах неповної/недостатньої інформації та суперечливих вимог; ♦ провадження дослідницької та/або інноваційної діяльності	Відповідь характеризує уміння: - виявляти проблеми; - формулювати гіпотези; - розв'язувати проблеми; - оновлювати знання; - інтегрувати знання; - провадити інноваційну діяльність; - 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
<b>Комунікація</b>		
♦ зрозуміле і недвозначне донесення власних висновків, а також	Зрозумілість відповіді (доповіді). Мова: - правильна; - чиста; - ясна;	95-100



Дескриптори НРК	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності	Показник оцінки
<p>знань та пояснень, що їх обґрунтовують, до фахівців і нефахівців, зокрема до осіб, які навчаються;</p> <p>♦ використання іноземних мов у професійній діяльності</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- точна;</li> <li>- логічна;</li> <li>- виразна;</li> <li>- лаконічна.</li> </ul> <p>Комунікаційна стратегія:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- послідовний і несуперечливий розвиток думки;</li> <li>- наявність логічних власних суджень;</li> <li>- доречна аргументації та її відповідність відстоюваним положенням;</li> <li>- правильна структура відповіді (доповіді);</li> <li>- правильність відповідей на запитання;</li> <li>- доречна техніка відповідей на запитання;</li> <li>- здатність робити висновки та формулювати пропозиції;</li> <li>- використання іноземних мов у професійній діяльності</li> </ul>	
	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
<b><i>Автономність та відповідальність</i></b>		
<p>♦ відповідальність за розвиток професійного знання і практик, оцінку стратегічного розвитку команди;</p> <p>♦ здатність до</p>	<p>Відмінне володіння компетенціями:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- використання принципів та методів організації діяльності команди;</li> <li>- ефективний розподіл повноважень в структурі команди;</li> <li>- підтримка врівноважених стосунків з членами команди (відповідальність за взаємовідносини);</li> <li>- стресовитривалість;</li> </ul>	95-100

Дескриптори НРК	Вимоги до знань, умінь, комунікації, автономності та відповідальності	Показник оцінки
подальшого навчання, яке значною мірою є автономним та самостійним	<ul style="list-style-type: none"> <li>- саморегуляція;</li> <li>- трудова активність в екстремальних ситуаціях;</li> <li>- високий рівень особистого ставлення до справи;</li> <li>- володіння всіма видами навчальної діяльності;</li> <li>- належний рівень фундаментальних знань;</li> <li>- належний рівень сформованості загальнонавчальних умінь і навичок</li> </ul>	
	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. Політика курсу

### 7.1 Політика щодо академічної доброчесності

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

У разі порушення здобувачем вищої освіти академічної доброчесності (списування, плагіат, фабрикація), робота оцінюється незадовільно та має бути вико-

нана повторно. При цьому викладач залишає за собою право змінити тему завдання.

### **7.2 Комунікаційна політика**

Здобувачі вищої освіти повинні мати активовану університетську пошту. Усі письмові запитання до викладачів стосовно курсу мають надсилатися на університетську електронну пошту.

### **7.3 Політика щодо перескладання**

Перескладання відбувається із дозволу деканату за наявності поважних причин (наприклад, лікарняний).

### **7.4 Політика щодо оскарження оцінювання**

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

### **7.5 Відвідування занять.**

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

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

## **8 Рекомендовані джерела інформації**

### **8.1 Методичне забезпечення**

1. Конспект лекцій з дисципліни «Енергоефективні автоматизовані електротехнічні та електромеханічні комплекси та системи широкого технологічного призначення»/Укладач Садовой О.В. –Дніпро. НУ «Дніпровська політехніка», 2020. – 207 с.

2. Методичні вказівки до практичних занять з дисципліни «Енергоефективні автоматизовані електротехнічні та електромеханічні комплекси та системи широкого технологічного призначення» для здобувачів вищої освіти третього (доктор філософії) рівня спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка/ Укладач Садовой О.В -Дніпро. НУ «Дніпровська політехніка», 2020.

## 8.2 Рекомендована література Базова

1. Системы оптимального управления прецизионными электроприводами/ А.В.Садовой, Б.В.Сухинин, Ю.В.Сохина:Под. ред. А.В.Садового.-К.:ИСИМО, 1996.-298 с., ил. ISBN 5-7763-9322-1
2. Релейные системы оптимального управления электроприводами/ А.В.Садовой, Б.В.Сухинин, Ю.В.Сохина, А.Л.Дерец: Под. ред. А.В.Садового.- Днепродзержинск, 2011.-337 с., 164 ил. ISBN 978-966-175-050-9
3. Летов А.М. Математическая теория процессов управления. – М.: Наука, 1981. -256 с.
4. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики управляемых систем. Лине-нейные модели. - М.: Наука, 1987. – 304 с.
5. Енергоефективні електромеханічні системи широкого технологічного призначення. Монографія/Загірняк М.В., Клепиков В.Б., Ковбаса С.М., Михальський В.М., Пересада С.М., Садовой О.В., Шаповал І.А. – Київ, Інститут електродинаміки НАН України, 2018. – 310 с. ISBN 978-966-02-8403-6
6. Системи керування асинхронними вентилями каскадами. Монографія/Клюєв О.В., Садовой О.В., Сохіна Ю.В. – Кам'янське: ДДТУ, 2018.-294 с.

### Допоміжна

5. Кузовков Н.Т. Модальное управление и наблюдающие устройства. – М.: Машиностроение, 1976. – 184 с.
6. Барбашин Е.А. Функции Ляпунова. – М.: Машиностроение, 1970.-240 с.
7. Уткин В.И. Скользящие режимы в задачах оптимизации и управления.– М.: Наука, 1981. – 367с.

### Інформаційні ресурси

1. Справочник по теории автоматического управления / Под ред. А.А.Красовского . – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит.,1987. – 712с.
2. Филипс Ч., Харбор Р. Системы управления с обратной связью. М.: Лаборатория базовых знаний, 2001. 616 с.
3. Гудвин Г. К., Греббе С. Ф., Сальгадо М. Э. Проектирование систем управления. М.: Бином, 2004. 911 с.
4. Дьяконов В. Simulink4. Специальный справочник. СПб.: Питер, 2002.
5. Медведев В. С., Потемкин В. Г. Control system toolbox. MatLab 5 для студентов. М. : ДИАЛОГ. МИФИ, 1999. 287 с.
6. Лозинський А., Мороз В., Паранчук Я. Розв'язування задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB: Навчальний посібник. – Львів: Видавництво Державного університету "Львівська політехніка", 2000 – 166 с.
7. Очков В.Ф. Mathcad 8 Pro для студентов и инженеров. - М.: "КомпьютерПресс", 1999. – 523 с.
8. Література на сайті кафедри електропривода:  
<http://elprivod.nmu.org.ua/ua/books/converters.php>

