

**Національний університет «Львівська політехніка»  
Інститут енергетики і систем керування  
Кафедра електромехатроніки і комп'ютеризованих електромеханічних систем**

*Ігор Біляковський*

**СПЕЦІАЛЬНИЙ КУРС  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ**

**Конспект лекцій**

**Видавництво —Магнолія 2006”  
Львів – 2025**

УДК 621.313.001

*Рекомендовано науково-методичною радою Інституту енергетики та систем керування Національного університету "Львівська політехніка"*

Біляковський І.

Спеціальний курс електромеханічних перетворювачів : конспект лекцій. – Львів: ПП "Магнолія 2006", 2025.-120 с.

Призначений для студентів вищих навчальних закладів, які вивчають електротехніку та електромеханіку і аспірантів, які спеціалізуються в галузі моделювання та дослідження як класичних так і спеціальних електромеханічних перетворювачів, а також може бути корисним науковим працівникам, розробникам і користувачам, які займаються створенням та дослідженням електромеханічних елементів у системах електроприводу промислових комплексів, електроенергетики та інформатики.

Укладач:

**Біляковський І.Є.**, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри «Електромехатроніка та комп'ютеризовані електромеханічні системи» Національного університету «Львівська політехніка».

Відповідальний за випуск:

**Ткачук В.І.**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Електромехатроніка та комп'ютеризовані електромеханічні системи» Національного університету «Львівська політехніка».

Рецензенти:

**Ткачук В.І.**, доктор технічних наук, професор, професор кафедри «Електромехатроніка та комп'ютеризовані електромеханічні системи» Національного університету «Львівська політехніка».

**Копчак Б.Л.**, доктор технічних наук, доцент, доцент кафедри «Електромехатроніка та комп'ютеризовані електромеханічні системи» Національного університету «Львівська політехніка».

**УДК 621.313.001**

ISBN 978-617-574-142-9

© Біляковський І.Є., 2025

© ПП "Магнолія 2006", 2025

## ЗМІСТ

<b>Передмова</b>	5
<b>Лекція 1</b>	
<b>Вступ</b>	
<i>Особливості аналізу електромеханічних перетворювачів</i>	6
<b>Лекція 2</b>	
<b>1. Енергетичні функції стану ЕМП</b>	13
1.1. <i>Функції стану та рівняння механічної частини ЕМП</i>	13
1.2. <i>Енергія магнітного поля індуктивного ЕМП та її похідні</i>	16
<b>Лекція 3</b>	
1.3. <i>Енергія електричного поля ємнісного ЕМП та її похідні</i>	22
1.4. <i>Функції Лагранжа та рівняння динамічного стану індуктивно-ємнісного ЕМП</i>	24
<b>Лекція 4</b>	
1.5. <i>Приклад застосування енергетичних функцій до аналізу лінійного ЕМП</i>	27
<b>Лекція 5</b>	
<b>2. Узагальнений індуктивний ЕМП ротаційного типу</b>	31
2.1. <i>Узагальнена фізична модель, її ідеалізація</i>	31
<b>Лекція 6</b>	
2.2. <i>МРС та магнітне поле УЕМ</i>	38
2.3. <i>Матриці індуктивностей синусних обмоток УЕМ</i>	43
<b>Лекція 7</b>	
<b>3. Рівняння динамічного стану УЕМ</b>	47
3.1. <i>Рівняння неявнополюсної ЕМ у фазних координатах статора і ротора</i>	47
3.2. <i>Рівняння УЕМ в єдиній координатній системі статора</i>	49
<b>Лекція 8</b>	
3.3. <i>Використання рівнянь УЕМ в єдиних координатах статора для аналізу асинхронної машини</i>	53
3.4. <i>Рівняння УЕМ в єдиних координатах ротора</i>	56
<b>Лекція 9</b>	
3.5. <i>Рівняння явнополюсної УЕМ у фазних координатах статора і ротора</i>	59

<b>Лекція 10</b>	
<b>4. Дійсні двофазні перетворення УЕМ</b>	67
4.1. Лінійні перетворення в УЕМ	67
<b>Лекція 11</b>	
4.2. Дійсні $d, q$ -перетворення явнополюсної УЕМ	71
<b>Лекція 12</b>	
4.3. Характерні приклади використання дійсних $d, q$ -перетворень	78
<b>Лекція 13</b>	
4.4. Дійсні $x, y$ -перетворення узагальненої ЕМ	84
<b>Лекція 14</b>	
<b>5. Комплексні перетворення в теорії ЕМ</b>	90
5.1. Загальні поняття і міркування	90
5.2. Комплексні перетворення $N$ -т фазної ЕМ	96
<b>Лекція 15</b>	
5.3. $\alpha, \beta$ -перетворення та $\Pi$ -перетворення ЕМ	103
5.4. Рівняння УЕМ з використанням $\Pi, 3V$ складових	106
5.5. Рівнянь УЕМ з використанням $F, B$ -перетворень	108
5.6. Використання $F, B$ -перетворень для аналізу несиметричних двофазних асинхронних машин	112
<b>Література</b>	118
<b>Перелік основних скорочень</b>	119

## Передмова

Конспект лекцій з предмету «Спеціальний курс електромеханічних перетворювачів» призначений для студентів електромеханічних спеціальностей, у яких електричні машини не обов'язково є основним фахом. Ця обставина зумовила концепцію і структуру побудови конспекту. Індуктивна електрична машина (ЕМ) або електромагнітний апарат будь-якого типу — це електромеханічний перетворювач (ЕМП), який базується на взаємодії магнітного поля з електричним струмом. В основі їхньої роботи лежить декілька фундаментальних принципів, як, наприклад, принцип взаємної нерухомості полів статора й ротора та принцип електромагнітної індукції, а тому такі електромеханічні перетворювачі можна описати єдиною математичною моделлю і створити єдину узагальнену теорію.

В межах конспекту лекцій видається можливим ознайомитись лише з елементами цієї теорії, що дають змогу створити загальне уявлення про узагальнену теорію електромеханічних перетворювачів - електричних машин, у якій математичні моделі окремих їх типів одержують як окремі випадки, що характеризуються особливостями їхньої конструкції та призначення. Тут, насамперед, повніше висвітлена фізична сутність процесів електромеханічного перетворення енергії в перетворювачах різних типів, за використання для їхнього аналізу узагальнених математичних моделей.

Також, на основі методів узагальненої теорії електромеханічних перетворювачів, отримано рівняння динамічного стану для всього розмаїття типів електричних мікромашин та електромеханічних систем електроенергетики, автоматички та інформатики й показано методи аналізу їхніх динамічних характеристик. Наведено приклади використання отриманого математичного опису узагальненого ЕМП для аналізу усталених та перехідних процесів класичних лінійних перетворювачів та електричних машин.

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

**Біляковський Ігор Євгенович**, кандидат технічних наук, доцент

**СПЕЦІАЛЬНИЙ КУРС  
ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ**

*Конспект лекцій*

Формат 60×84/16. Папір друк. № 2. Гарнітура Times.  
Умовн. друк. арк. 6.98.

ПП “Магнолія 2006”  
м. Львів-53, 79053, Україна, тел.+380503701957

e-mail: [magnol06@ukr.net](mailto:magnol06@ukr.net)

Свідоцтво про внесення суб’єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів  
видавничої продукції: серія ДК №2534 від 21.06.2006 року,  
видане Державним комітетом інформаційної політики,  
телебачення та радіомовлення України