

Міністерство освіти і науки України

Я.С. Паранчук, Ю.В. Шабатура, Л.Ф. Карплюк, О.О. Кузнєцов

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Навчальний посібник

**Видавництво “Магнолія 2006”
Львів 2025**

УДК 621.3.078:62-83 (075.8)
Е 50

Відтворення цієї книги або будь-якої її частини заборонено без письмової згоди видавництва. Будь-які спроби порушення авторських прав переслідуватимуться у судовому порядку.

Рекомендовано науково-методичною радою Національного університету “Львівська політехніка” як навчальний посібник для студентів спеціальності 141 “Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка” (протокол від 15.11.2018 року № 9/2018)

Рецензенти:

- Поберейко Б.П.** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” Національного лісотехнічного університету України;
- Стахів П.Г.** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Теоретична та загальна електротехніка” Національного університету „ Львівська політехніка”;
- Сокіл Б.І.** доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри “Інженерна механіка” Національної академії сухопутних військ.

Паранчук Я.С., Шабатура Ю.В., Карплюк Л.Ф., Кузнєцов О.О.

Е 50 Електромеханічні системи керування: Навчальний посібник. 2-е видання, перероблене і доповнене / Я.С. Паранчук, Ю.В. Шабатура, Л.Ф. Карплюк, О.О. Кузнєцов. – Львів: “Магнолія 2006”, 2025. – 352 с.

ISBN 978-617-574-134-4

Сучасні електромеханічні системи керування є поєднанням силових електричних та електромеханічних перетворювачів, механічних передавальних пристроїв та системи автоматичного керування і здатні реалізувати найскладніші алгоритми енергоефективного керування режимами технологічних процесів та об’єктів. У навчальному посібнику висвітлено загальні принципи побудови таких систем, їх елементну базу, типові структури, підходи математичного опису та комп’ютерного моделювання. Наводяться результати дослідження їх динаміки, подано аналіз показників їх роботи та характеристики для різних режимів і навантажень.

Посібник призначено для студентів закладів вищої освіти I – IV рівнів акредитації. Може бути корисним для інженерно-технічних працівників, які мають достатню до електромеханіки, електротехніки та електроенергетики.

© Я.С. Паранчук, Ю.В. Шабатура,
Л.Ф. Карплюк, О.О. Кузнєцов, 2025
© Видавництво “Магнолія 2006”, 2025

Зміст

Перелік умовних скорочень	5
Вступ.....	8
Розділ 1 ЗАГАЛЬНІ ПОНЯТТЯ ПРО ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТИ	9
1.1. Загальні поняття про електромеханічні системи керування	9
1.2. Загальні поняття про елементи ЕМСК.....	15
1.3. Регулятори ЕМСК.....	16
1.4. Давачі ЕМСК.....	23
1.5. Елементи формування сигналів задання ЕМСК	40
1.6. Елементи узгодження в колах керування	42
1.7. Силові перетворювальні пристрої.....	51
1.8. Електромеханічні перетворювачі	90
1.9. Пристрої передавання механічної енергії.....	105
Розділ 2 ПРИНЦИПИ ПОБУДОВИ ТА ТИПОВІ СТРУКТУРИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ	112
2.1. Основні вимоги до систем керування	112
2.2. Принципи побудови ЕМСК	115
2.3. Загальні положення побудови і розрахунку регуляторів.....	120
2.4. Типові структури ЕМС постійного струму	125
2.5. Типові структури ЕМС змінного струму.....	146
Розділ 3 МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТА ЇХ ЕЛЕМЕНТІВ.....	175
3.1. Задачі моделювання динаміки електромеханічних систем.....	175
3.2. Математичні та цифрові моделі елементарних динамічних ланок і типових регуляторів.....	178
3.1. Моделювання динамічних режимів генератора постійного струму незалежного збудження	186
3.2. Моделювання статичного навантаження виробничих механізмів та об'єктів керування.....	195

3.3.	Моделювання динамічних режимів двигуна постійного струму з незалежним збудженням.....	198
3.4.	Моделювання динамічних режимів двигуна постійного струму послідовного збудження.....	224
3.5.	Моделювання динамічних режимів двигуна постійного струму змішаного збудження.....	230
3.6.	Моделювання динамічних режимів асинхронного двигуна	232
3.7.	Математичні моделі механічних ланок.....	247
3.8.	Математичні моделі безінерційних нелінійних ланок	252
3.9.	Математичні моделі силових напівпровідникових перетворювачів.....	256
3.10.	Моделювання динамічних режимів вузла електричного навантаження.....	279
3.11.	Моделювання замкнених електромеханічних систем .	297
Розділ 4 СПЕЦІАЛЬНІ ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ ЗРАЗКІВ		
	ОЗБРОЄННЯ І ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ	326
4.1.	Стабілізатор озброєння танка	326
4.2.	Стабілізатор озброєння БМП-2.....	335
4.3.	Моделювання електромеханічної системи горизонтального наведення БМП-2.....	344
	Список використаної та рекомендованої літератури	348

Перелік умовних скорочень

АВ	– активний випрямляч
АВГ	– анодна вентильна група
АВН	– активний випрямляч напруги
АВС	– активний випрямляч струму
АД	– асинхронний двигун
АД ФР	– асинхронний двигун із фазним ротором
АН	– автономний інвертор напруги
АІС	– автономний інвертор струму
АМ	– асинхронна машина
АМ ФР	– асинхронна машина з фазним ротором
АФХ	– амплітудно-фазова характеристика
АЧХ	– амплітудно-частотна характеристика
АЦП	– аналогово-цифровий перетворювач
Б	– башта
БКТ	– блок комутації транзисторів
БМП	– бойова машина піхоти
БПЧ	– безпосередній перетворювач частоти
БУ	– блок управління
ВД	– вентильний двигун
ВН	– вертикальне наведення
ВРД	– вентильний реактивний двигун
Г	– гармата
Г-Д	– генератор-двигун
Г-Д з ТЗГ–	генератор-двигун з тиристорним збудженням генератора
Г-Д з ТЗД–	генератор-двигун з тиристорним збудженням двигуна
ГН	– горизонтальне наведення
ГТ-ВН	– гіротахометр горизонтального наведення
ГТ-ГН	– гіротахометр вертикального наведення
ГТ-К	– компенсаційний гіротахометр
ГТІ	– генератор тактових імпульсів
ГНП	– генератор пилкоподібної напруги
ГПС	– генератор постійного струму
Д	– двигун
ДПР	– давач положення ротора
ДПС	– двигун постійного струму
ДПС НЗ	– двигун постійного струму незалежного збудження
ДС	– давач струму
ДЧХ	– дійсна частотна характеристика

ЕМ	– електрична машина
ЕМП	– електромеханічний перетворювач
ЕМП	– електромашинний підсилювач
ЕМСАК	– електромеханічна система автоматичного керування
ЕМСК	– електромеханічна система керування
ЕП	– електропривод
е.р.с.	– електрорушійна сила
ЗІ	– задавач інтенсивності
ЗОіВТ	– зразки озброєння і військової техніки
І	– інтегратор
ІН	– інвертор напруги
ІПН	– імпульсний перетворювач напруги
ІЧ	– інфрачервоний
КВ	– керований випрямляч
КВГ	– катодна вентильна група
КД	– кроковий двигун
к.к.д.	– коефіцієнт корисної дії
КП-ДПС	– керований перетворювач – двигун постійного струму
ЛАЧХ	– логарифмічна амплітудно-частотна характеристика
ЛВ	– ланка відсічки
ЛОТ	– лінійний обертовий трансформатор
МП	– механічна передача
МПС	– машина постійного струму
м.р.с.	– магніторушійна сила
НО	– нуль-орган
ОВТ	– озброєння і військова техніка
ОЗГ	– обмотка збудження генератора
ОК	– об'єкт керування
ОМР	– одиниця молодшого розряду
ОП	– операційний підсилювач
ОТ	– обертовий трансформатор
П-ВН	– підсилювач ВН
П-ГН	– підсилювач ГН
ПЛК	– програмований логічний контролер
ПМ	– підйомний механізм
ПМ	– поворотний механізм
ПП	– підсилювач потужності
ПУ	– пульт управління
ПУ-О	– пульт управління оператора
ПУ-К	– пульт управління командира
ПЧ	– перетворювач частоти

PI	– розподільник імпульсів
РЛС	– радіолокаційна станція
PM	– регулятор моменту
PP	– регулятор потоку
PC	– регулятор струму
PCЗ	– регулятор струму збудження
РШ	– регулятор швидкості
CAK	– система автоматичного керування
CAУ	– самохідна артилерійська установка
CD	– синхронний двигун
СІФК	– система імпульсно-фазового керування
СКОТ	– синусно-косинусний обертовий трансформатор
СПР	– система підпорядкованого керування
СУВ	– система управління вогнем
ТАК	– теорія автоматичного керування
ТГ	– тахогенератор
ТП	– тиристорний перетворювач
ТП-Д	– тиристорний перетворювач – двигун
ТПЧ	– тиристорний перетворювач частоти
ТРН	– тиристорний регулятор напруги
УЧХ	– уявна частотна характеристика
ФІ	– формувач імпульсів
ФП	– функціональний перетворювач
ФР	– фазорегулятор
ФЧХ	– фазо-частотна характеристика
ЦАП	– цифро-аналоговий перетворювач
ЦСК	– цифрова система керування
ЧІМ	– частотно-імпульсна модуляція
ШІМ	– широтно-імпульсна модуляція
ШПІ	– широтно-імпульсний перетворювач
DTC	– Direct Torque Control
FOC	– Field Oriented Control
GTO	– Gate-Turn-off
IGBT	– Insulated Gate Bipolar Transistor
IGCT	– Integrated Gate Commutated Thyristor
MOSFET	– Metal-Semiconductor Field Effect Transistor
SCR	– Silicon Controlled Rectifier
UPQC	– Universal Power Quality Conditioner

Навчальне видання

Паранчук Ярослав Степанович, доктор технічних наук, професор
Шабатура Юрій Васильович, доктор технічних наук, професор
Карплюк Леонід Федорович, кандидат технічних наук, доцент
Кузнєцов Олексій Олександрович, кандидат технічних наук

ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНІ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Навчальний посібник

Формат 60×90/16.
Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.
Умов. друк. арк. 20,46

Видавець та виготовлювач – ПП “Магнолія 2006”
вул. Перфецького, 11 А, м. Львів-53, 79053, Україна тел.
+380503701957
e-mail: magnol06@ukr.net

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

Надруковано у друкарні видавництва “Магнолія 2006”