

ОСНОВИ ЕЛЕКТОПРИВОДА

Навчальний посібник

Видавець ФОП Марченко Т.В.
Львів

УДК 621.3
О 75.

*Рекомендувала Науково-методичною радою Національного університету
“Львівська політехніка” як посібник для студентів спеціальності
G3 Електрична інженерія (протокол від 19.11.2025 року №4/2025)
Рекомендовано до друку вченою радою Житомирського військового
інституту ім. С. П. Корольова (протокол № 25 від 29 серпня 2025 року)*

Р е ц е н з е н т и:

С. П. Фриз – заслужений працівник освіти України,
доктор технічних наук, професор

Б. Л. Колчак – доктор технічних наук, професор,

Ю. В. Журавський – доктор технічних наук,
старший науковий співробітник

Автори: доктор технічних наук, професор **Паранчук Я. С.**, кандидат технічних наук, доцент **Чумакевич В. О.**, кандидат технічних наук, доцент **Пулеко І. В.**, **Рикун В. Л.**

О 75 **Основи електропривода:** навчальний посібник / [Я. С. Паранчук, В. О. Чумакевич, І. В. Пулеко, В. Л. Рикун]. – Львів: Видавець ФОП Марченко Т.В. – 257 с.

ISBN978-617-8682-35-4

У виданні розглянуто будову, принцип роботи, проектування, характеристики, показники функціонування та особливості застосування типових електроприводів.

Навчальний посібник призначений для здобувачів вищої освіти за спеціальністю G3 – Електрична інженерія.

ISBN978-617-8682-35-4

УДК 621.3

© Я. С. Паранчук, В. О. Чумакевич,
І. В. Пулеко, В. Л. Рикун,
© Видавець ФОП Марченко Т.В.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	5
ВСТУП.	7
РОЗДІЛ 1. МЕХАНІКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА	9
1.1. Структура та класифікація електроприводу.	9
1.2. Класифікація електроприводів.	12
1.3. Кінематичні і розрахункові схеми механічної частини електроприводів.	16
1.4. Активний і реактивний моменти статичного навантаження	21
1.5. Зведення моментів і сил опору та зведення інерційних мас і моментів інерції до осі вала двигуна.	22
1.6. Рівняння руху і режими роботи електропривода	26
1.7. Тахограма руху і діаграма навантаження електроприводів.	26
1.8. Механічні характеристики електричних двигунів та механізмів навантаження	28
1.9. Приклади розв'язку задач.	38
РОЗДІЛ 2. МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ	42
2.1. Аналітична залежність для розрахунку природної та штучних механічної і швидкісної характеристик двигуна постійного струму незалежного збудження	42
2.2. Моделі для розрахунку і побудови штучних механічних характеристик ДПС із незалежним збудженням	45
2.3. Способи пуску та регулювання швидкості двигуна постійного струму незалежного збудження	49
2.4. Графічний спосіб розрахунку пускових опорів двигуна постійного струму незалежного збудження.	50
2.5. Аналітичний спосіб розрахунку пускових опорів двигуна постійного струму незалежного збудження.	51
2.6. Способи керування швидкістю двигуна постійного струму незалежного збудження	53
2.7. Гальмівні режими двигунів постійного струму незалежного збудження та їх характеристики	56
2.8. Проектування режимів двигуна постійного струму з послідовним збудженням	65
2.9. Приклади розв'язку задач.	71
РОЗДІЛ 3 ПРОЄКТУВАННЯ ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ЗМІННОГО СТРУМУ	82
3.1. Конструкція, схеми включення та характеристики асинхронних двигунів	82
3.2. Моделі та механічні характеристики асинхронного двигуна на основі т- та г-подібних однофазних заступних схем	88
3.3. Трифазні та двофазні моделі асинхронних двигунів.	93

3.4. Дослідження режимів пуску і гальмування асинхронних двигунів	108
3.4.1. Розрахунок пускових опорів асинхронного двигуна з фазним ротором.	108
3.4.2. Графічний спосіб розрахунку пускових опорів асинхронного двигуна з фазним ротором	111
3.4.3. Аналітичний спосіб розрахунку пускових опорів асинхронного двигуна з фазним ротором	112
3.4.4. Розімкнена система керування пуском асинхронного двигуна з фазним ротором у функції часу керування у функції струму	113
3.4.5. Розрахунок опору динамічного гальмування і опору гальмування противмиканням для асинхронних двигунів із фазним ротором.	116
3.5. Схеми керування асинхронними двигунами	118
3.6. Схеми керування та режими пуску синхронних двигунів	127
3.6.1. Характеристики синхронного двигуна.	127
3.6.2. Способи пуску синхронного електродвигуна.....	130
3.6.3. Способи збудження синхронних двигунів.	134
3.6.4. Схеми керування синхронними двигунами.	136
3.7. ПРИКЛАДИ РОЗВ'ЯЗКУ ЗАДАЧ.	138
РОЗДІЛ 4. ЕНЕРГЕТИКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА	146
4.1. Втрати потужності в сталому режимі роботи електроприводу	146
4.2. Втрата енергії.	151
4.3. Втрати потужності та енергії в перехідних режимах електропривода. ...	151
4.4. Енергозбереження засобами електроприводу	154
4.5. Розрахунок потужності двигунів	166
4.6. Вибір двигунів спеціальних механізмів.	172
4.7. Перевірка електродвигуна за нагрівом та перевантажувальною здатністю.	176
4.8. Приклади розв'язування задач.	177
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	193
ДОДАТКИ.	195

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

АД	– асинхронний двигун
АІ	– автономний інвертор
АІН	– автономний інвертор напруги
Д	– двигун
ДПС	– двигун постійного струму
ДС	– давач струму
ДШ	– давач швидкості
ЕМП	– електромашинний підсилювач
ЕМС	– електромеханічна система
ЕМСК	– електромеханічна система керування
ЕП	– електропривід
е.р.с.	– електрорушійна сила
ЗІ	– задавач інтенсивності
ЗКП	– зворотний координатний перетворювач
ЗН	– зона нечутливості
КВ	– керований випрямляч
к.з.	– коротке замикання
ККД	– коефіцієнт корисної дії
КП	– керований перетворювач
М	– момент
МСЗ	– максимальний струмовий захист
НЗ	– незалежне збудження
ОЗ	– обмотка збудження
ПЗ	– послідовне збудження
ПКП	– прямий координатний перетворювач
ПЧ	– перетворювач частоти
РДГ	– реле динамічного гальмування
РК	– регулятор ковзання
РП	– регулятор потоку
РС	– регулятор струму
РШ	– регулятор швидкості
САК	– система автоматичного керування
СВ	– струмова відсічка
СД	– синхронний двигун
СІФК	– система імпульсно-фазового керування
СК	– система керування
СКВ	– система керування випрямлячем

СКІ	– система керування інвертором
СПР	– система підпорядкованого регулювання
ТВ	– тривалість включення
ТГ	– тахогенератор
ТП	– тиристорний перетворювач
ТПН	– тиристорний перетворювач напруги
ТС	– трансформатор струму
Ф	– фільтр
ШМ	– широтно-імпульсна модуляція
ШП	– широтно-імпульсний перетворювач

ВСТУП

У сучасному виробництві, на транспорті, у будівництві і комунальному господарстві, у побуті застосовуються найрізноманітніші технологічні процеси, для реалізації яких людиною створені тисячі різних машин і механізмів. За допомогою цих робочих машин і механізмів здійснюється видобуток корисних копалин, обробляються різні матеріали і вироби, переміщуються люди, предмети праці, рідини, гази і реалізуються багато інших процесів, необхідних для життєзабезпечення людини. Так, видобуток корисних копалин ведеться за допомогою екскаваторів, бурових установок і вугільних комбайнів, деталі і матеріали обробляються на різноманітних верстатах, люди і вироби переміщуються транспортними засобами, ліфтами й ескалаторами, рідини і гази транспортуються за допомогою насосів і вентиляторів.

Робоча машина чи виробничий механізм складаються з безлічі взаємозалежних деталей і вузлів, одні із яких безпосередньо виконують заданий технологічний процес чи операцію і тому називається виконавчим органом (далі ВО). У ліфтах – це кабіна, в екскаваторах – ківш, у вентиляторів і насосів – робоче колесо (крильчатка). Відзначимо при цьому одну дуже важливу обставину – всі названі технологічні процеси здійснюються внаслідок механічного руху ВО робочих машин і механізмів.

Характерним для багатьох робочих машин є наявність не одного, а двох чи навіть декількох взаємодіючих ВО. Наприклад, під час обробки на токарському верстаті, деталь обертається навколо своєї осі, при цьому різець переміщуючись уздовж деталі знімає з неї шар металу – стружку. В цьому разі обертання деталі здійснює шпindelь верстата (перший виконавчий орган), а поступально переміщує різець механізм подачі верстата (другий виконавчий орган). У багатьох технологічних процесах потрібно керувати рухом ВО – регулювати швидкість руху і її напрямом, точно здійснювати зупинку в заданій позиції, обмежувати прискорення руху. Таке регулювання необхідне в ліфтах, прокатних станах, транспортерах, багатьох верстатах та ін. Виконавчий орган у процесі виконання заданої операції повинен переборювати опір свого руху, обумовлений наявністю сил тертя чи тяжіння Землі, пружною і пластичною деформаціями речовин чи іншими факторами. Для цього до нього необхідно підвести механічну енергію від пристрою, що відповідно до свого призначення одержав назву – привід.

Механічна енергія виробляється приводом, який перетворює її з інших видів енергії. Залежно від виду використовуваної первинної енергії розрізняють гідравлічний, пневматичний, тепловий і електричний приводи.

У сучасному промисловому виробництві, комунальному господарстві й у побуті найбільше застосування знайшов електричний привід (далі ЕП), на частку якого приходиться більше 60% споживаної в країні електроенергії. Ці ЕП мають різну конструкцію, виконавчі механізми, енергетичну ефективність тощо.

Таке широке застосування ЕП пояснюється цілим рядом його переваг порівняно з іншими видами приводів: використання електричної енергії, розподіл і перетворення якої в інші види енергії, зокрема й у механічну, найбільше економічно; великий діапазон потужності і швидкості руху; різноманітність конструктивного виконання, що дозволяє раціонально з'єднувати привід із виконавчим органом робочої машини і використовувати для роботи в складних умовах – у воді, середовищі агресивних рідин і газів, космічному просторі; простота автоматизації технологічних процесів; високий ККД і екологічна чистота.

Тому основним завданнями теорії електропривода є розроблення нових ефективних енергоощадних структур електроприводів, що вирізняються високою надійністю, простотою в експлуатації та низькою вартістю, удосконалення принципів їх керування, автоматизації та оптимізації з метою підвищення їх показників електротехнологічної ефективності та якості, які якнайкраще відповідають вимогам, що ставляться виконавчими механізмами, технологічними процесами та об'єктами керування.

Навчальне видання

**Паранчук Ярослав Степанович
Чумакевич Віктор Олександрович
Пулеко Ігор Васильович
Рикун Віталій Леонідович**

ОСНОВИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА

Навчальний посібник

Формат 60x84/16. Папір офсетний. Друк цифровий.
Гарнітура Times New Roman.
Умовн. друк. арк. 14,94.

Видавець Марченко Т. В.
м. Львів, 79053, Україна, Перфецького 11 А, тел.+380503701957
e-mail: magnol06@ukr.net
<https://magnolia.lviv.ua>

Видавець Марченко Т. В.
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції: серія ДК № 6784 від 30.05.2019 року,
видане Державним комітетом інформаційної політики,
телебачення та радіомовлення України

Надруковано у друкарні видавця ФОП Марченко Т. В