МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ О.М. БЕКЕТОВА

**ДОВІДНИК**

з курсу

**«**АВТОМАТИЗОВАНИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД**»**

Частина 1. Основні терміни та визначення

(для студентів 3, 4 курсів денної i 4 курсу заочної форм навчання,

а також для слухачів другої вищої освіти

за спеціальністю «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»),

освітня програма «Електротехнічні системи електроспоживання»

Харків

ХНУМГ

2020

Довідник з курсу «Автоматизований електропривод» Частина 1. основні терміни та визначення (для студентів 3, 4 курсів денної i 4 курсу заочної форм навчання, а також для слухачів другої вищої освіти за спеціальністю «141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»), освітня програма «Електротехнічні системи електроспоживання» / Харк. нац. ун-т мiськ. госп. iм. О. М. Бекетова; уклад.: В.Є. Плюгiн, В.О. Тетерев. – Харків: ХНУМГ, 2020. – 118с.

Під редакцією проф. каф. СЕ та ЕМ, д.т.н., проф. В.Є. Плюгiна

к.т.н., доц., зав. каф.

систем електропостачання та електроспоживання міст

ХНУМГ ім. О.М. Бекетова,

Д.М. Калюжний

Рекомендовано кафедрою «Системи електропостачання та електроспоживання міст», протокол засідання №\_\_ вiд «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_ 2020 р.

**ЗМІСТ**

[ВСТУП 4](#_Toc74589962)

[1 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТОПРИВОДУ 5](#_Toc74589963)

[2 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ДЕРЖАВНОГО СТАНДАРТУ 8](#_Toc74589964)

[2.1 Визначення електроприводів за функціональним призначенням 8](#_Toc74589965)

[2.2 Визначення електроприводів за фізичним принципом  
перетворення електричної енергії в механічну 10](#_Toc74589966)

[2.3 Визначення електроприводів за структурою 10](#_Toc74589967)

[2.4 Визначення електроприводів за технічною реалізацією 12](#_Toc74589968)

[ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 13](#_Toc74589969)

ВСТУП

Предметом діяльності сучасного інженера з автоматизованого електроприводу є керування електричними двигунами. На сучасному ринку праці до інженера з електроприводу ставляться такі вимоги:

* вміння налагоджувати цифрові електроприводи (перетворювачі частоти, пристрої м’якого пуску);
* здатність програмувати і налагоджувати сучасні засоби автоматизації (програмовані логічні контролери, цифрові регулятори, реле, технологічні датчики);
* володіння програмами автоматизованого проектування.

Електричний привод, або скорочено електропривод, є керованою електромеханічною системою, яка призначена для перетворення електричної енергії в механічну, механічної енергії в електричну та засобів керування процесами перетворення енергії. Сучасний електропривод складається з великої кількості електричних машин, апаратів і систем керування. Всі вони у сукупності є основними споживачами електричної енергії і головним джерелом механічної енергії в промисловості.

Згідно до ДСТУ 2313-93, електропривод – це електромеханічна система, що складається з одного з одного або декількох електродвигунів, перетворювального та керівного пристроїв, що забезпечує рух робочої машини і керування цим рухом.

Для розуміння матеріалу теоретичної частини курсу «Автоматизований електропривод» важливо знати основні терміни і визначення, які часто мають контекстне значення. У сучасних дослідженнях використовується таке поняття, як спеціальна лексика. До її складу входять лексичні одиниці, що позначають предмети і поняття, які стосуються різних сфер трудової діяльності. Дані слова не є загальновживаними, оскільки є професіоналізмами. Не в останню чергу саме насиченість даних текстів термінологічної лексикою дозволяє віднести його до наукового стилю. У фізико-математичних текстах серед знаменних слів терміни досягають 70-79%.

В цьому довіднику наводяться терміни, визначення та розкриття основних понять, які стануть у нагоді не тільки при вивченні курсу, але й також у подальшій професійній діяльності.

1 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРІЇ ЕЛЕКТОПРИВОДУ

*Перетворювальний пристрій* перетворює вид та параметри струму та (або) напруги, і (або) частоту, призначений для створення керуючої дії на електродвигун.

*Керуючий пристрій* призначений для формування керуючої ланки електроприводу.

*Джерело енергії* – це промислова мережа електричного живлення. У якості джерела живлення можливо застосування автономних джерел (акумуляторні батареї, дизель-генератори, перетворювачі сонячної енергії, повітряні генератори).

*Перетворювач* застосовується для керування потоком енергії, яка надходить від джерела енергії до *двигуна*. При цьому виконується перетворення параметрів електричної енергії з одними значеннями параметрів та/або показників якості в електричну енергію з іншими значеннями параметрів та/або показниками якості. Перетворення параметрів може здійснюватися за родом струму, напрузі, частоті, кількості фаз, фазі напруги: випрямлення змінного струму, зміна частоти та (або) амплітуди змінного струму, підтримання струму на рівні, що задається. Наразі у якості перетворювачів застосовуються тиристорні керовані випрямлячі, тиристорні та транзисторні широтно-імпульсні перетворювачі, перетворювачі частоти та інші.

*Двигун* перетворює електричну енергію в механічну. Окрім класичних двигунів, що обертаються, існують лінійні двигуни, рухова частина яких пересувається лінійно. В деяких режимах роботи електроприводу двигун здійснює зворотне перетворення енергії.

*Редуктор* використовуються для зміни параметрів механічної енергії та здійснює зв’язок між двигуном та *виконавчим механізмом*, виконуючі функції механічної передачі та узгодження виду і швидкості руху. Передавальні пристрої можуть бути некерованими (механічні муфти) або керованими (асинхронна муфта ковзання).

*Виконавчий механізм* безпосередньо виконує корисну роботу: підйом вантажу, рух транспортного засобу, обертання вентилятору та ін. Виконавчий механізм з’єднується з певними системами та окремими частинами електроприводу за допомогою *пристроїв сполучення*.

*Пристрій керування* входить до *системи керування* і призначений для формування керуючого впливу в електроприводі (фазові координати однієї або декількох систем, що входять до електроприводу).

*Система керування електроприводу* – це сукупність керуючих та інформаційних систем і пристроїв сполучення електроприводу, призначених для керування електромеханічним перетворенням енергії з метою забезпечення заданого руху виконавчого механізму робочої машини. Система керування уявляє з себе мікропроцесорну систему, запрограмовану на реалізацію спеціальних законів керування швидкості *двигуна* та призначена для формування керуючого впливу в електроприводі. Система керування відтворює необхідні закони керування шляхом порівняння інформації, що задана, з фактичною інформацією про стан руху фазових координат об’єкту керування. Фактична інформація надходить від *інформаційного пристрою*.

*Інформаційний пристрій* призначений для отримання, перетворення, зберігання, розподілення і передавання інформації змінних електроприводу для використання в системі керування електроприводу і зовнішніх інформаційних системах.

*Система автоматизації технологічного процесу* – це зовнішня по відношенню до електроприводу система керування більш високого рівня, яка постачає необхідну для функціонування електроприводу інформацію. Керування виконується шляхом розрахунку завдання на поточну швидкість руху. Завдання на швидкість передається на систему керування перетворювача електричної енергії.

*Механіка електроприводу* вивчає взаємодію сил і моментів, що діють в електроприводі при несталих процесах, які виникають при різних керуючих впливах (пуск реверс, гальмування) або впливах збурення (скидання і накидання навантаження).

*Корисними силами опору* руху є ті сили, для подолання яких призначена дана робоча машина. Наприклад, це зусилля різання в металорізальних верстатах, ножицях або пилах; зусилля тиску металу на валки в прокатних станах; зусилля, що створюється масою вантажу в підйомних механізмах. Таким чином, корисні сили опору руху визначаються конструкцією робочої машини і особливостями технологічного процесу.

*Шкідливі сили опору руху* обумовлені різними видами втрат, які виникають при русі. В основному, це втрати, створювані силами тертя (в підшипниках, тертя об повітря, тертя газу в газопроводі або води у водопроводі і т.п.).

*Статичний момент* – це момент на валу робочої машини, що визначається статичними силами тертя, скручування, ваги вантажу та ін.

Нарівні з поняттям моменту, для тіл, що обертаються, в електроприводі розглядається *момент інерції* – міра інертності тіла при обертальному русі навколо осі.

*Реактивні моменти опору* – це моменти, що створюються силами тертя, стискування, скручування або вигину непружних тіл. Реактивні моменти опору створюються силами реакції і завжди направлені проти руху.

*Активні моменти опору* – це моменти, що створюються силами тяжіння або силами пружних деформацій (стискання, вигин, розтягнення). Активні моменти опору називають також потенціальними, оскільки вони є мірою ви-значення запасу потенціальної енергії мас, що рухаються, або елементів машин, що є пружно-деформованими. Активні моменти опору можуть бути направлені як у напрямку руху (позитивні), так і проти нього (негативні).

2 ТЕРМІНИ І ВИЗНАЧЕННЯ ДЕРЖАВНОГО СТАНДАРТУ

# 2.1 Визначення електроприводів за функціональним призначенням

Згідно до ДСТУ 2313-93 електроприводи класифікуються за функціональним призначенням, принципам перетворення електричної енергії в механічну, структурою та технічною реалізацією. Розглянемо цю класифікацію детально. На відміну від багатьох відомих джерел інформації з теорії електроприводу , класифікація, що надається, не містить штучного дроблення основних категорій на більш вузькі і наводиться у стандартизованій постановці.

За функціональним призначенням розрізняють такі види електроприводів:

* **електропривод обертального руху**: забезпечує обертальний рух виконавчого органу робочої машини;
* **електропривод поступового руху**: забезпечує поступовий лінійний рух виконавчого органу робочої машини;
* **електропривод зворотно-поступового (вібраційного) руху**: забезпечує зворотно-поступовий рух виконавчого органу робочої машини;
* **електропривод безперервного руху**: забезпечує безперервний рух виконавчого органу робочої машини;
* **електропривод дискретного руху**: забезпечує дискретне пересування виконавчого органу робочої машини;
* **моментний електропривод**: забезпечує заданий момент і зусилля на виконавчому органі робочої машини;
* **позиційний електропривод**: забезпечує пересування і встановлення виконавчого органу робочої машини у задане положення;
* **реверсивний електропривод**: забезпечує рух виконавчого органу робочої машини у будь-якому з двох протилежних напрямах;
* **нереверсивний електропривод**: забезпечує рух виконавчого органу робочої машини тільки в одному напряму;
* **регульований електропривод**: забезпечує керовану зміну координат руху виконавчого органу робочої машини;
* **нерегульований електропривод**: не забезпечує керовану зміну координат руху виконавчого органу робочої машини;
* **багатошвидкісний електропривод**: забезпечує рух виконавчого органу робочої машини з будь-якою з двох або більше фіксованих швидкостей;
* **багатокоординатний електропривод**: забезпечує рух виконавчого органу робочої машини за двома або більше просторовими координатами;
* **електропривод узгодженого руху**: забезпечує узгоджений рух двох або більше виконавчих органів робочої машини;
* **головний електропривод**: забезпечує рух виконавчого органу робочої машини, який виконує головну технологічну операцію;
* **допоміжний електропривод**: забезпечує рух виконавчого органу робочої машини, який виконує допоміжну технологічну операцію;
* **електропривод зі стеженням**: забезпечує пересування виконавчого органу робочої машини у відповідності до сигналів керування, що випадково змінюються;
* **програмно-керований електропривод**: забезпечує пересування виконавчого органу робочої машини у відповідності до заданої програми;
* **адаптивний електропривод**: автоматично обирає структуру та/або параметри своєї системи керування при зміні впливу збурення;
* **електропривод з регулюванням енергетичних показників**: працює за заданим законом зміни одного або декількох своїх енергетичних показників;
* **неавтоматизований електропривод**: всі операції керування виконує оператор;
* **автоматизований електропривод**: частина операцій керування виконують відповідні пристрої керування без участі оператора.

# 2.2 Визначення електроприводів за фізичним принципом перетворення електричної енергії в механічну

За фізичним принципом перетворення електричної енергії в механічну можна виділити такі електроприводи:

* **електромашинний електропривод**: перетворення електричної енергії в механічну здійснюється електричними машинами на основі взаємодії електромагнітних полів та провідників зі струмом;
* **електромагнітний електропривод**:перетворення електричної енергії в механічну здійснюється пристроєм на основі взаємодії електромагнітного поля та феромагнітних тіл;
* **електростатичний електропривод**: перетворення електричної енергії в механічну здійснюється пристроєм на основі взаємодії електростатичного поля та електричних зарядів;
* **п’єзоелектричний електропривод**: перетворення електричної енергії в механічну здійснюється пристроями на основі п’єзоелектричного (магнітострикційного) ефекту.

# 2.3 Визначення електроприводів за структурою

За структурою електроприводи розділяються на такі групи:

* **електропривод із розімкненою (замкненою) системою керування**: здійснюється зворотний зв’язок за координатою електроприводу, яка регулюється або збуренню, яке впливає на пристрій керування;
* **електричний вал**: взаємопов’язаний електропривод, який забезпечує синхронний рух двох або більше виконавчих органів робочої машини, що не мають механічного зв’язку;
* **редукторний (безредукторний) електропривод:** механічна передача містить (не містить) редуктор;
* **електропривод з маховиком:** обертового руху, механічна передача містить маховик;
* **диференційний електропривод:** багатодвигуневий електропривод, у якого швидкість і момент на виконавчому органі робочої машини алгебраїчно підсумовуються за допомогою механічного диференціалу;
* **груповий електропривод**: електропривод з одним електричним двигуном, який забезпечує рух виконавчих органів декількох робочих машин або декількох виконавчих органів однієї робочої машини;
* **індивідуальний електропривод:** забезпечує рух одного виконавчого органу робочої машини;
* **взаємопов’язаний електропривод**: два або декілька електрично або механічно пов’язаних між собою електроприводів, при роботі яких підтримується задане співвідношення їх швидкостей та/або навантажень, та/або положення виконавчого органу робочої машини;
* **багатодвигуневий електропривод**: містить декілька електричних двигунів, механічний зв’язок між якими здійснюється через виконавчий орган робочої машини;
* **електромеханічний каскад**: регульований електропривод з асинхронним двигуном з фазним ротором, в якому енергія ковзання повертається в електричну мережу;
* **електропривод із спільним перетворювачем**: перетворювач енергії живить два або декілька двигунів;
* **електропривод із спільним підсумовуючим підсилювачем**: регульований електропривод, в перетворювальному інформаційному пристрої якого сигнали впливу керування і зворотних зв’язків за регульованим координатами електроприводу підсумовуються на одному спільному підсилювачі;
* **електропривод із підпорядкованим регулюванням координат**: регульований електропривод, в керуючому пристрої якого регулятори по числу регульованих координат електроприводу з'єднуються послідовно, утворюючи систему замкнутих контурів регулювання, в якій вихідний сигнал регулятора зовнішнього контуру є вхідним сигналом регулятора внутрішнього, підпорядкованого йому, контуру;
* **електропривод із аналоговим перетворювачем**: вихідні координати перетворювача електричної енергії приймають будь-які значення від нуля до максимально допустимого;
* **електропривод із релейним перетворювачем**: вихідні координати перетворювача електричної енергії приймають два або три фіксованих значення;
* **електропривод із імпульсним перетворювачем**: перетворювач електроенергії періодично з регульованою шпаруватістю включає і відключає напругу, яка підводиться до електродвигуна або змінює параметри електричного кола двигуна;
* **електропривод з інвертором струму (напруги)**: електропривод змінного струму, перетворювач електричної енергії якого містить інвертор струму (напруги);
* **електропривод із джерелом струму**: перетворювач володіє властивостями джерела струму.

# 2.4 Визначення електроприводів за технічною реалізацією

Останнім із розділів класифікації електроприводів є технічна реалізація:

* **електропривод постійного (змінного) струму**: містить електричний двигун постійного (змінного) струму;
* **електропривод із вентильним двигуном**: містить вентильний двигун;
* **електропривод системи «генератор-двигун» («статичний перетворювач – двигун»)**: містить електромашинний перетворювач (статичний перетворювач електроенергії);
* **електропривод з електромеханотронним перетворювачем**: містить пристрій, який поєднує електромеханічний перетворювач з електронними компонентами керування, діагностики і захисту, що забезпечують його функціонування;
* **тиристорний електропривод**: містить тиристорний перетворювач електричної енергії;
* **електропривод з релейно-контакторним (безконтактним) керуванням**: пристрій керування реалізується на основі релейно-контакторної (безконтактної) апаратури;
* **електропривод із силовими резисторами**: електропривод, координати якого регулюються шляхом змінення опору резисторів, що включаються у силове коло електродвигуна;
* **електропривод із жорсткою програмою**: електропривод, до складу пристрою керування якого входять засоби, що не допускають зміни програми без зміни апаратури і структури електроприводу;
* **електропривод із гальмівним пристроєм (з муфтою, що керується)**: механічна передача містить гальмівний пристрій (муфту, що керується).

ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Машины переменного тока. – СПб.: Питер, 2008. – 350 с.
2. Шевченко І.С., Морозов Д.І. Електромеханічні процеси в асинхронному електроприводі. – Алчевськ: ДонДТУ, 2009. – 349 с.
3. Зеленов А.Б. Теория электропривода. – Алчевск: ДонГТУ, 2005. – 382 с.
4. Плюгін В.Є., Калюжний Д.М. Електромеханічні процеси в автоматизованому електроприводі: Навчальний посібник. – Харків: ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2017. – 320 с.
5. Копылов И.П. Математическое моделирование электрических машин. – М.: Высш. шк., 2001. – 327 с.
6. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MatLab, SimPowerSystems и Simulink / И.В. Черхных. – М.: ДМК Пресс, 2008. – 288 с.