

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Класичний фаховий коледж

(повна назва інституту/факультету)

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

(бакалавр / магістр)

зі спеціальності 171 Електроніка

(код та назва)

освітньо-професійної програми Електронні інформаційні системи

(освітньо-професійної / освітньо-наукової)

(назва програми)

на тему: **Цифрова система керування електроприводом**

Здобувача групи ЕІ - 91к

(шифр групи)

М.О. Плутахina

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник ст. викладач, к.т.н.

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

В.І. Васильєв /

Ім'я та ПРІЗВИЩЕ

(підпис)

Консультант¹⁾

(посада, науковий ступінь, вчене звання)

Ім'я та ПРІЗВИЩЕ

(підпис)

Конотоп – 2023

Примітки:

1) Зазначається за наявності

АНОТАЦІЯ

Об'єктом дослідження кваліфікаційної роботи є цифрова система керування електроприводом.

Метою роботи є дослідження та аналіз цифрових систем керування, призначених для управління електроприводом.

При виконанні роботи використовувалися методи аналізу літературних джерел, моделювання та апаратної реалізації систем керування.

У результаті проведених досліджень встановлено, що цифрові системи керування електроприводом забезпечують високу ефективність, точність та надійність управління. Вони здатні пристосовуватися до змінних умов роботи та забезпечувати оптимальну продуктивність системи. Крім того, цифрові системи керування дозволяють інтегрувати електропривод з іншими системами та технологіями, підвищуючи його функціональність та універсальність.

Робота викладена на 33 сторінках, у тому числі включає 2 рисунків, 1 таблиць, список цитованої літератури із 27 джерел.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИФРОВА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ, ЕЛЕКТРОПРИВОД, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ТОЧНІСТЬ, НАДІЙНІСТЬ, ІНТЕГРАЦІЯ.

ЗМІСТ

	с.
ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1 ОГЛЯД І КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМА ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	5
1.1 Понятійно-категоріальний апарат дослідження	5
1.2 Огляд різних типів систем промислового електроприводу	6
РОЗДІЛ 2 ЗАСТОСУВАННЯ ПІДПОРЯДКОВАНОГО КЕРУВАННЯ У ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ЕП	12
2.1 Поняття підпорядкованого керування і регулювання ЕП	12
2.2 Застосування методів оптимізації в ЕП. Симетричний оптимум	15
РОЗДІЛ 3 ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕНЬ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	17
3.1 Випробування вхідного дослідного зразка АРЗГ з клапанним приводом.....	19
3.1.1 Використання цифрової системи керування електроприводом.....	20
3.1.2 Використання енергоефективних моторів.....	21
3.2 Використання прогресивних матеріалів та конструкцій:	22
3.2.1 Впровадження легких матеріалів у конструкції електроприводів	23
3.2.2 Використання передових конструкцій для зниження втрат	24
3.3 Розвиток інтелектуальних систем керування.....	25
3.3.1 Використання алгоритмів машинного навчання для оптимізації роботи електроприводів	26
3.3.2 Використання системи дистанційного моніторингу та діагностики.....	27
ВИСНОВКИ	29
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	30

ВСТУП

Галузь електроприводу є надзвичайно важливою для сучасного суспільства. Вона забезпечує рух і функціонування великої кількості промислових устаткувань, транспортних засобів та побутової техніки. Ефективність та надійність електроприводних систем мають прямий вплив на продуктивність, енергоефективність та економічну ефективність цих галузей.

Однак, в галузі електроприводу існують ряд проблем, які потребують уваги та вирішення. Одна з таких проблем - це використання енергії. Оптимізація енергоспоживання та підвищення коефіцієнта корисної дії електроприводу є актуальними завданнями. Для цього потрібно розвивати нові технології та матеріали з високою ефективністю, а також використовувати системи керування та регулювання, що дозволяють оптимізувати роботу електроприводних систем.

Ще одна проблема, яка стоїть перед галуззю, - це надійність та безпека. Електроприводні системи мають працювати безперебійно та безаварійно, особливо в критичних ситуаціях. Необхідно розробляти надійні компоненти та системи, проводити відповідне обслуговування та контроль, а також забезпечувати безпеку операторів та користувачів.

Також важливими аспектами в галузі електроприводу є забезпечення точності та контролю руху, адаптація до змінних умов роботи, зниження шуму та вібрацій, інтеграція з іншими системами та технологіями. Розв'язання цих проблем вимагає поєднання знань з різних галузей, включаючи електроніку, механіку, матеріалознавство та програмне забезпечення.

Загалом, розвиток галузі електроприводу потребує постійного дослідження, інновацій та впровадження нових технологій та матеріалів. Це допоможе покращити продуктивність, ефективність та надійність електроприводних систем, а також забезпечити стабільний розвиток промисловості та інших галузей, які використовують ці системи. [2]

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД І КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМА ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

1.1 Понятійно-категоріальний апарат дослідження

Електропривод — високотехнологічна автоматизована електромеханічна система, до складу якої входять електричні, механічні, електронні вузли. Сучасний електропривод складається з електричного двигуна, електронного перетворювача електричної енергії та системи автоматичного керування. За допомогою електроприводів приводяться до руху майже всі механізми на заводах та фабриках, транспортні засоби, побутова техніка. Трамваї та тролейбуси, потяги та літаки, верстати та підйомні крани, пароплави та автомобілі, вентилятори та кондиціонери, пральні машини та холодильники, принтери та годинники, сканери та дисководи обладнані електроприводами. Різноманітні електроприводи (від крихітки, який обертає стрілки годинника, до гіганта розміром з двоповерхівку, що рухає потужний прокатний стан) споживають разом понад 60% енергії, виробленої усіма електростанціями України. Без електроприводів неможливе сучасне автоматизоване виробництво[1]

Электрический привод (сокращённо — электропривод, ЭП) — управляемая электромеханическая система, предназначенная для преобразования электрической энергии в механическую и обратно и управления этим процессом.

Современный электропривод — совокупность множества электромашин, аппаратов и систем управления ими. Он является основным потребителем электрической энергии (до 60 %) и главным источником механической энергии в промышленности. [3]

Система - це організована і взаємопов'язана сукупність елементів, які взаємодіють для досягнення певних цілей. Система може бути фізичною (наприклад, система промислового електроприводу), абстрактною (наприклад, система управління проектом) або поєднанням фізичних і абстрактних елементів.

У системі кожен елемент виконує певні функції, а їх взаємодія дозволяє системі працювати в цілому. Системи можуть бути простими або складними, і їх можна аналізувати і оптимізувати для досягнення найкращих результатів. [2]

Промислові приводи - це системи та пристрої, що використовуються для передачі потужності та керування рухом в промислових процесах. Вони використовуються для приведення в рух механізмів, машин та обладнання в різних галузях промисловості.

Промислові приводи зазвичай складаються з електричних, гідравлічних або пневматичних компонентів, таких як двигуни, редуктори, насоси, клапани, циліндри тощо. Вони забезпечують передачу руху та потужності від джерела енергії до механізмів, які здійснюють потрібні роботи. [2]

1.2 Огляд різних типів систем промислового електроприводу

Електроприводи, використовувані в різних технологічних установках, можуть мати різні схеми та конструктивні виконання, оскільки вони відповідають вимогам різноманітних робочих машин.

Залежно від типу руху, розрізняються наступні види електроприводів:

Електроприводи обертального руху: односпрямований і реверсивний.

Електроприводи поступального руху: односпрямований, реверсивний або зворотно-поступальний.

Поступальний рух може бути забезпечений за допомогою Електродвигунів обертального руху спільно з преосвітніми механізмами або спеціальними Електродвигунами, які забезпечують поступальний рух, наприклад, лінійні або гідродинамічні приводи.

За ступенем керованості електроприводи можна класифікувати наступним чином:

Нерегульовані: електроприводи з фіксованою швидкістю руху виконавчого органу.

Регульовані: електроприводи, де швидкість руху виконавчого органу змінюється залежно від вимог технологічного процесу.

Стежачі: електроприводи, які відтворюють переміщення виконавчого органу відповідно до заданого сигналу.

Програмно-керовані: електроприводи, які забезпечують переміщення виконавчого органу відповідно до заданої програми.

Адаптивні: електроприводи, що автоматично забезпечують оптимальний режим руху виконавчого органу при зміні умов роботи.

Позиційні: електроприводи, що дозволяють регулювання положення виконавчого органу робочої машини.

Залежно від способу з'єднання електродвигуна з виконавчим органом робочої машини розрізняються різні типи електроприводів, але цей аспект не був конкретизований в наданому фрагменті тексту. [2]

1. Редукторний (електропривод, механічна передача якого містить редуктор).
2. Безредукторний (електропривод, електродвигун якого безпосередньо з'єднаний з виконавчим органом).

За родом електричного перетворювача розрізняють:

1. Вентильний електропривод (електропривод в якому преосвітнім пристроєм є вентильний перетворювач енергії). Різновидами вентильного електроприводу є напівпровідниковий електропривод, який в свою чергу ділиться на тиристорний і транзисторний електропривід.

2. Система УВ-Д (вентильний електропривод постійного струму, преосвітнім пристроєм якого є керований випрямляч).

3. Система ПЧ-Д (вентильний електропривод змінного струму, преосвітнім пристроєм якого є регульований перетворювач частоти).

4. Система Г-Д і МУ-Д (електропривод, преосвітнім пристроєм якого є, відповідно, електромашинний перетворювач або магнітний підсилювач).

За рівнем автоматизації можна розрізняти:

1. неавтоматизованих електропривод (електропривод, в якому здійснюється ручне управління за допомогою оператора).

В даний час такий електропривод зустрічається рідко, переважно в установках малої потужності побутової і медичної техніки і т. П.

2. Автоматизований електропривод (електропривод, керований автоматичним регулюванням параметрів).

3. Автоматичний електропривод (електропривод, в якому керуючий вплив виробляється автоматичним пристроєм без участі оператора).

Можна класифікувати електропривод за родом струму. Знаходять застосування електроприводи змінного і постійного струму.

За способом передачі механічної енергії виконавчому органу електропривод підрозділяється у спадковують види:

1. Індивідуальний (електропривод, в якому кожен виконавчий орган робочої машини приводиться в рух окремим двигуном). Цей вид ЕП найбільш поширений, так як тут відсутні механічні передачі, легко здійснюється автоматизація технологічного процесу, поліпшуються умови обслуговування робочої машини.

2. Взаємопов'язаний (електропривод, в якому є два або кілька електрично або механічно пов'язаних між собою електроприводів, при роботі яких підтримується задане співвідношення їх швидкостей або їх навантажень і положення виконавчих органів робочих машин). Окремим випадком взаємопов'язаного електроприводу є багатодвигунний (електропривод, що містить кілька електродвигунів, механічний зв'язок між якими здійснюється через виконавчий орган робочої машини).

3. Груповий (електропривод з одним електродвигуном, що забезпечує рух виконавчих органів декількох робочих машин або кілька виконавчих органів однієї робочої машини). [2].

Електромеханічний перетворювач є невід'ємною частиною системи, яку називають електроприводом. Тому класифікацію електроприводу можна виробляти і по електромеханічного перетворювача енергії.

Найбільше застосування отримав електромашинний електропривод, який виконується на основі перетворення енергії за принципом взаємодії провідників зі струмом в магнітному полі. На цьому принципі засноване близько 90% всіх промислових електроприводів.

Електромагнітний електропривод використовується значно рідше, в основному, в електромагнітних апаратах і приладах, а також в вібраційних пристроях.

Електростатичний електропривод, заснований на взаємодії електричного поля і зарядів, реалізується у вигляді ємнісних перетворювачів, енергоємність яких при класичній конструкції з повітряним зазором значно поступається електромашин і навіть електромагнітному електроприводу. [5].

В останні роки з розвитком плівкових і волоконних структур і мікро- і нанотехнологій з'явилася можливість створення мікро- приводів на основі плівкової і волоконної електромеханіки, що мають на два порядки більшу енергоємність в порівнянні з класичними електростатичними перетворювачами.

П'єзoeлектричний і магнітострікційний електроприводи використовуються в даний час лише в оптичних пристроях для створення малих переміщень. Однак з розвитком мікроелектроніки і волоконної техніки останні три тивань електроприводів мають перспективу більш широкого застосування для створення мікронних переміщень в мікро- і нанотехнології. Для порівняння наведемо енергоємності різних двигунів:

Магнітні - 1 Дж / кг;

Класичні ємнісні - 0,1 Дж / кг;

Плівкові і волоконні - 10 Дж / кг;

Гідравлічні і внутрішнього згорання - 10 Дж / кг;

М'язи тварин і людини - 500 Дж / кг.

Аналіз зазначених даних показує, що для створення мікроелектромеханічних систем (MEMS) найбільш доцільно використовувати переведення енергії електричного поля в механічну, причому необхідне об'єднання функцій двигуна і механізму в одному елементі або мікроструктурі. Теоретичне обґрунтування таких пристроїв вже розроблено на основі створення так званих інтегральних мікроструктурних механізмів, об'єктів, що є функціональним аналогом м'яз живих організмів. [4]

1.3 Класифікація систем промислового електроприводу

Один з найбільш комплексних способів класифікації систем промислового електроприводу може включати наступні критерії:

Тип електромашини:

Синхронні електродвигуни: включають системи з постійними магнітами (СМПМ) і системи зі змінними магнітами (СЗМ).

Асинхронні (індукційні) електродвигуни: включають системи з кільцевим і короткозамкненим ротором. [2].

Тип керування:

Векторне керування: використовується для високопрецизійних додатків, де потрібна точна динаміка і регулювання швидкості.

Керування за допомогою частотного перетворювача: використовується для зміни швидкості електродвигуна шляхом зміни частоти і напруги живлення.

Тип системи живлення:

Однофазна система: використовується в додатках, де доступна лише одна фаза живлення.

Трифазна система: найпоширеніший тип системи живлення для промислових приводів.

Спосіб передачі сигналів:

Аналогові системи: використовують аналогові сигнали для керування інтенсивністю струму та напруги електродвигуна.

Цифрові системи: використовують цифрові сигнали для передачі даних між керуючими пристроями і електродвигуном, що дозволяє більш точно і гнучке керування.

Застосування: Повітряні приводи: використовуються для приведення в дію систем, які потребують обертового руху в повітрі, наприклад, вентиляційні системи, компресори тощо.

Рухомі системи: включають системи приводу для рухомих механізмів, таких як роботи, ліфти, конвеєри тощо. [2].

Промислові системи з точним позиціонуванням: використовуються для додатків, які вимагають високо точного позиціонування, наприклад, верстати з числовим керуванням (CNC).

Ця класифікація враховує різні аспекти систем промислового електроприводу, такі як тип електромашини, керування, системи живлення, передача сигналів та конкретні застосування. Залежно від контексту та потреби, можуть бути інші критерії, які також можна включити до класифікації. [2].

РОЗДІЛ 2

ЗАСТОСУВАННЯ ПІДПОРЯДКОВАНОГО КЕРУВАННЯ У ЦИФРОВИХ СИСТЕМАХ ЕП.

2.1 Поняття підпорядкованого керування і регулювання

Сучасні системи керування ЕП як правило виконані на цифровій елементній базі, що вигідно відрізняє їх від аналогових по цілому ряду переваг. В тому числі в використанні сучасних технологій керування ЕП. Зокрема технології підпорядкованого регулювання.

На сучасних вітчизняних бурових установках з індивідуальним електроприводом за системою тиристорний перетворювач - двигун (ТП - Д) основних механізмів широкого поширення набули системи підлеглого управління, які включають послідовне (каскадне) з'єднання контурів управління. У цьому число каскадів управління дорівнює числу керованих величин (координат) електроприводу, кожна з яких має власний регулятор.

Функціональна схема двоконтурної системи підлеглого керування електроприводом постійного струму зображено на рис. 2.1. Схема включає зовнішній (головний) контур регулювання швидкості та підпорядкований йому внутрішній контур регулювання струму з відповідними регуляторами швидкості РС та РТ струму.

На вхід регулятора струму від регулятора швидкості подається сигнал завдання струму $\frac{\text{л}}{\text{зт}}$, а від датчика струму ДТ - сигнал негативного зворотного зв'язку струму $\frac{\text{л}}{\text{ост}}$, відповідний фактичному значенню струму якоря. У свою чергу на вході регулятора швидкості підсумовуються сигнали заданої швидкості ІС, що формується задатчиком швидкості ЗС, і негативного зворотного зв'язку по швидкості ІОС, що знімається з тахогенератора ТГ.

Система підлеглого управління електроприводом переміщення виконавчого органу робочої машини матиме три контури. До наявних двох вищевказаних контурів додається контур регулювання переміщення зі своїм регулятором. У системах підлеглого управління електроприводом вихідний сигнал кожного попереднього регулятора є сигналом для наступного регулятора.

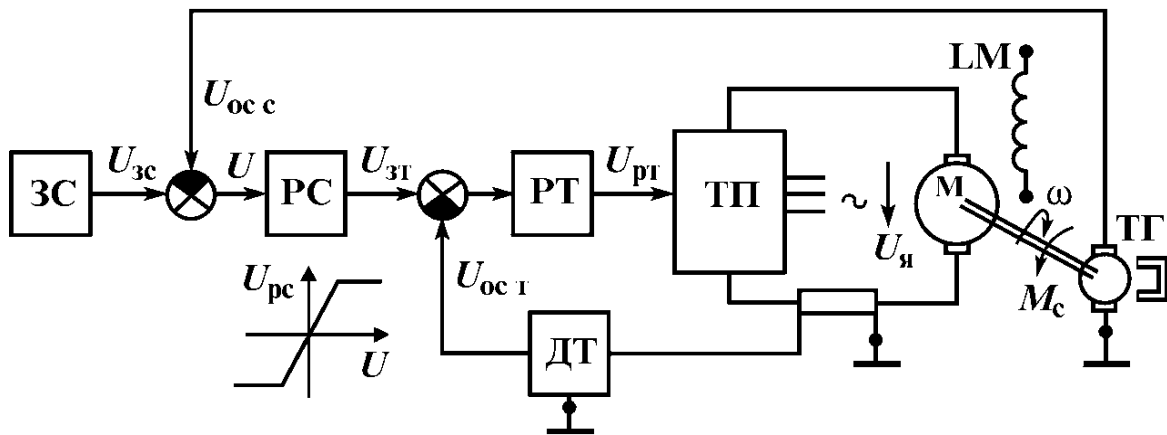


Рис. 2.1. Функціональна електрична схема двоконтурної системи підпорядкованого керування електроприводом

Системи підлеглого керування електроприводами порівняно з раніше застосовуваними системами, що мають загальний підсумовуючий підсилювач, на вході якого сумуються задаючий сигнал і сигнали зворотних зв'язків за швидкістю, напругою, струмом і т.д., мають ряд переваг. Зазначимо деякі з них:

- можливість побудови найрізноманітніших схем управління за агрегатним принципом, тобто. на основі невеликої кількості стандартних елементів (осередків, блоків тощо);
- простота здійснення зв'язку електроприводу з безконтактними логічними та обчислювальними пристроями для керування складними технологічними процесами;
- мала потужність управління;
- застосування комплектних високо надійних елементів, які випускаються з урахуванням сучасних технологій;
- можливість реалізації оптимальних законів управління кожної керованої величини окремо та електроприводом в цілому;

- простота схем, що забезпечують обмеження керованих величин (струму, швидкості та ін) на заданому рівні;
- значне зниження вартості та скорочення термінів проектування, монтажу та введення в експлуатацію електрообладнання та ін.

У системах підлеглого управління завдання регулювання координат електроприводу покладається на систему управління, що використовує засоби обчислювальної техніки та останні досягнення електроніки. Залежно від використаної елементної бази системи управління можуть виконуватися аналоговими, цифровими та цифро-аналоговими. Нині у системах управління електроприводами основних механізмів вітчизняних бурових установок застосовуються аналогові системи. Ведуться роботи із створення цифрових систем управління з урахуванням мікропроцесорної техніки.

Системи управління, побудовані з аналогових елементів, виконуються з функціональних блоків, що вирішують певні завдання. Останні можуть повторюватися в різних за призначенням електроприводах. У їхню номенклатуру входять: джерела живлення, задатчики вхідних сигналів, датчики керованих величин (струму, напруги та ін.), підсилювальні пристрої, регулятори, потенційні роздільники, компаратори, функціональні пристрої, пристрої захисту та комутації, пристрої технологічної логіки, контролюючі та допоміжні пристрої, тобто. функціонально повний набір, що забезпечує побудову систем управління різної структури.

Функціонально-технічною одиницею, що має самостійний закінчений конструктив, є осередок. Це друкована плата із мікросхемами, виконана у вигляді висувної конструкції. Осередок може виконувати будь-яку функцію, наприклад, регулятора, датчика струму, задатчика інтенсивності та ін. Осередки встановлюються за допомогою пазів у загальному каркасі (касеті). Заповнена безліччю осередків касета утворює наступний конструктивний рівень-блок. Усередині блоку комірки з'єднуються між собою за допомогою проводів і роз'ємів через об'єднуючу друковану плату (комірку), що є в блоці. Наступний

конструктивний ступінь – шафа (закрита конструкція) або стійка (відкрита конструкція).

2.2 Застосування методів оптимізації в ЕП. Симетричний оптимум

При створенні модулів аналогових систем керування електроприводами закладено певні системотехнічні принципи, що дозволяють раціонально вирішувати завдання проектування та експлуатації електроприводів. Найважливішими з цих принципів є сумісність модулів. При цьому забезпечується інформаційна сумісність (за фізичною природою та допустимими межами зміни сигналів); енергетична (з виду енергії для живлення модулів); конструктивна (за приєднувальним та габаритним розмірами, а також за модулями, що застосовуються); метрологічна (за допустимими похибками).

Можливість поєднання окремих модулів забезпечується тим, що інформація передається уніфікованими безперервними сигналами, обмеженими за рівнем напругою ± 10 В.

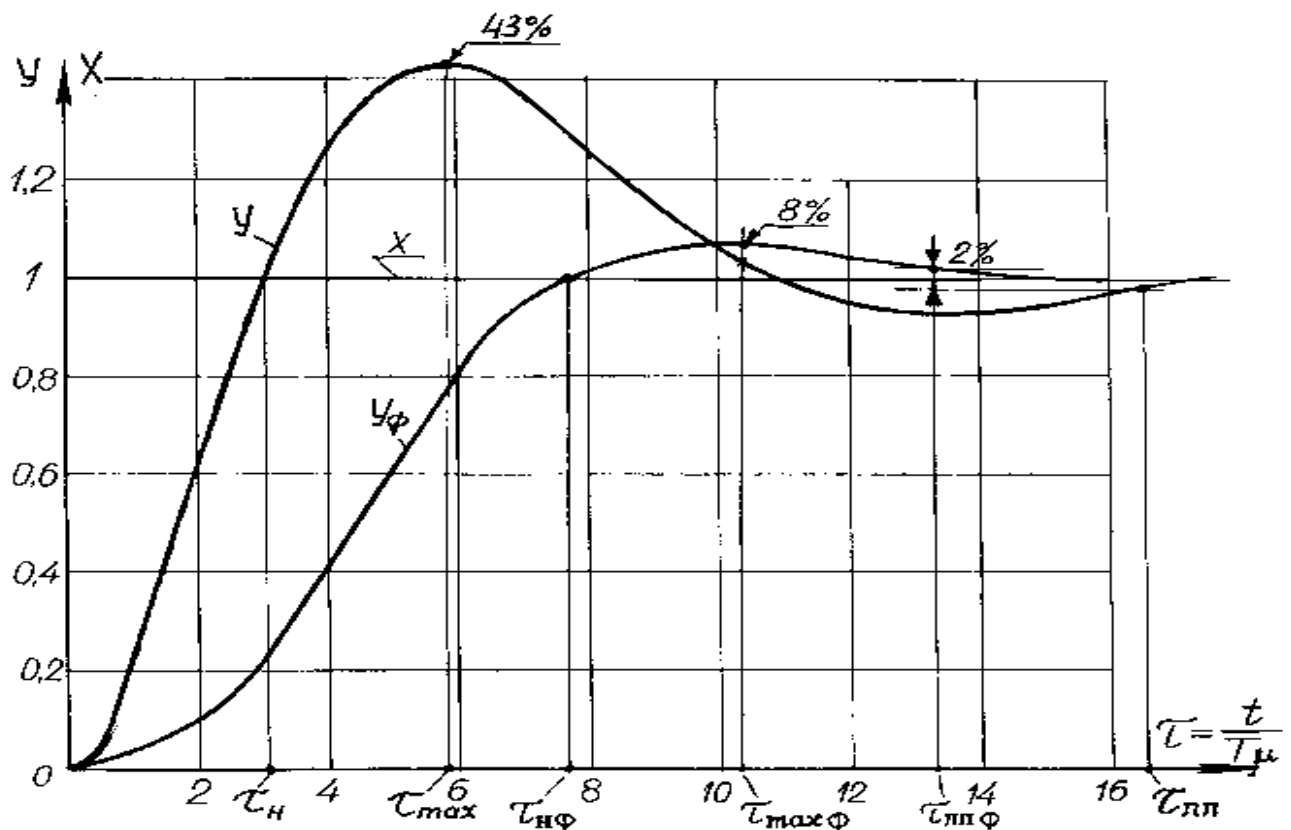


Рис. 2.2 Симетричний оптимум настройки контурів регулювання

З метою зменшення числа роз'ємів та підвищення надійності систем управління в даний час відзначається тенденція переходу до модернізованих осередків, що реалізує складні функції та замінює кілька осередків, що виконують прості функції. Наприклад, такий осередок може містити: регулятор струму, регулятор швидкості з вузлом обмеження, вузол виділення сигналу ЕРС двигуна, задатчик інтенсивності розгону двигуна. Оскільки такі осередки виконують складні функції, їх практично не можна застосовувати інших цілей, ніж, котрим вони призначені, і є універсальними. Ці осередки використовуються лише у загальній частині систем керування електроприводами всіх виконань, для реалізації специфічних функцій необхідно застосування сукупності осередків, що виконують прості функції.

Важливою особливістю систем підпорядкованого керування електроприводами є можливість простих середовищ. Важливою особливістю систем підпорядкованого керування електроприводами є можливість простими засобами забезпечити оптимальне протікання процесів в контурах регулювання. Найбільш поширення на практиці отримало настройка параметрів регуляторів по технічному або симетричному оптимумам.

Налаштування на симетричний оптимум (СО) забезпечує більш швидкі процеси в контурі, порівняно з контуром, налаштованим на ЗМ. Перехідна характеристика контуру налаштованого на СО (рис. 2.2) характеризується часом першого узгодження $t_1 = 3.1T = 43\%$. и малим перерегулюванням. Така перехідна характеристика буд мати місце, якщо ЛАЧХ розімкнутого контуру буде мати вигляд, що показано на рис. 2.2

РОЗДІЛ 3

ПЕРСПЕКТИВИ УДОСКОНАЛЕНЬ СИСТЕМ ПРОМИСЛОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

Системи промислового електроприводу постійно розвиваються і вдосконалюються, щоб задовольняти зростаючі потреби промисловості. В цьому розділі розглянемо кілька перспективних напрямків удосконалень систем промислового електроприводу.

Використання енергоефективних технологій: Одним з головних напрямків удосконалення систем промислового електроприводу є зниження енергоспоживання. Це досягається за допомогою використання енергоефективних технологій, таких як використання електродвигунів з високим коефіцієнтом корисної дії, застосування приводів зі змінною швидкістю обертання, оптимізація систем регулювання швидкості і енергозберігаючі методи керування.

Розвиток промислового Інтернету речей (IIoT): IIoT відкриває нові можливості для управління та моніторингу систем промислового електроприводу. За допомогою датчиків, з'єднаних мережею, можна збирати дані про режим роботи, енергоспоживання, стан обладнання та передавати їх до хмарних систем для аналізу та оптимізації. Це дозволяє виявляти потенційні проблеми, прогнозувати відмови та виконувати профілактичний ремонт, що підвищує надійність та ефективність системи.

Впровадження системи безперебійного живлення: Враховуючи значення безперебійної роботи промислових процесів, впровадження систем безперебійного живлення стає все більш актуальним. Це може включати в себе використання додаткових джерел живлення, таких як акумуляторні батареї чи дизельні генератори, а також розробку алгоритмів автоматичного переключення на резервне живлення у разі відмови основного джерела.

Розширення використання систем автоматизації: Автоматизація є ключовим аспектом удосконалення систем промислового електроприводу. Розширення

використання автоматичного керування, програмованих логічних контролерів (ПЛК), роботів із застосуванням штучного інтелекту, а також системи візуалізації та моніторингу дозволяє забезпечити більш точне та ефективне управління промисловими процесами.

Ці напрямки удосконалень систем промислового електроприводу спрямовані на поліпшення продуктивності, надійності, енергоефективності та автоматизації промислових процесів. Реалізація цих перспектив дозволить підвищити конкурентоспроможність промислових підприємств і сприяти сталому розвитку промисловості.

Окремо варто згадати штучний інтелект він набуває все більшого застосування в різних сферах, сприяючи автоматизації процесів, підвищенню ефективності та забезпеченню нових можливостей для людей. Його використання розширюється в сферах медицини, фінансів, транспорту, енергетики та багатьох інших, перетворюючи спосіб, яким ми працюємо, взаємодіємо та розвиваємося. [2].

3.1 Впровадження енергоефективних технологій:

Впровадження енергоефективних технологій є однією з ключових перспектив удосконалень систем промислового електроприводу. Це пов'язано з необхідністю зменшення споживання електроенергії в промислових процесах та зниження впливу на навколишнє середовище. Для досягнення цих цілей розробляються та впроваджуються різні енергоефективні технології. Деякі з них включають:

Використання ефективних двигунів: Заміна застарілих неефективних двигунів на сучасні, високоефективні електродвигуни може значно знизити споживання електроенергії. Нові технології, такі як двигуни з безконтактною передачею енергії та електродвигуни з постійними магнітами, є особливо енергоефективними.

Використання частотних приводів: Частотні приводи дозволяють регулювати швидкість обертання двигунів залежно від потреби. Це дозволяє зменшити

енергоспоживання, особливо в тих випадках, коли необхідно змінювати швидкість чи навантаження.

Використання високоефективних перетворювачів: Використання високоефективних перетворювачів електроенергії, таких як м'які стартери та інвертори, дозволяє знизити втрати енергії під час перетворення та передачі електроенергії.

Використання систем рекуперації енергії: Системи рекуперації енергії дозволяють збирати та використовувати енергію, яка відбувається під час гальмування або сповільнення приводів. Це дозволяє економити енергію та знижувати споживання електроенергії.

Впровадження систем автоматичного керування: Системи автоматичного керування дозволяють оптимізувати роботу промислових процесів, забезпечуючи ефективне використання електроенергії. Вони можуть відслідковувати та регулювати споживання енергії в реальному часі з метою забезпечення оптимальної ефективності.

Ці енергоефективні технології допомагають забезпечити оптимальну продуктивність промислового електроприводу при мінімальному споживанні електроенергії. Впровадження таких технологій не тільки допомагає знизити енергетичні витрати, але й сприяє створенню більш стійкої та екологічно-орієнтованої промислової інфраструктури.

3.1.1 Використання цифрової системи керування електроприводом

Використання цифрової системи керування електроприводом є однією з ключових енергоефективних технологій, що впливає на удосконалення систем промислового електроприводу. Цифрова система керування замінює традиційні аналогові системи керування і надає більш точне та гнучке керування приводом, що дозволяє досягти ефективності та енергозбереження.

Основні переваги використання цифрової системи керування електроприводом включають:

Висока точність керування: Цифрова система керування забезпечує високу точність регулювання швидкості, обертового моменту та положення приводу. Це дозволяє оптимізувати роботу системи та уникнути непотрібних енергетичних втрат.

Гнучкість налаштування: Цифрова система керування дозволяє швидко та зручно змінювати параметри роботи приводу, такі як швидкість, прискорення, граничні значення тощо. Це дозволяє підлаштовувати роботу приводу під конкретні умови та завдання, забезпечуючи ефективне використання електроенергії.

Функція регенерації енергії: Деякі цифрові системи керування електроприводом мають вбудовану функцію регенерації енергії. Це означає, що вони можуть перетворювати енергію, що віддається під час гальмування або сповільнення приводу, у електричну енергію та повертати її назад в електричну мережу. Це дозволяє ефективно використовувати віддаючуся енергію та знижує споживання електроенергії.

Можливості моніторингу та діагностики: Цифрові системи керування надають можливості моніторингу та діагностики приводу в реальному часі. Це дозволяє виявляти потенційні проблеми, виконувати превентивне обслуговування та забезпечувати оптимальну роботу системи. Це також сприяє підвищенню надійності та тривалості служби приводу.

Впровадження цифрової системи керування електроприводом допомагає забезпечити більш точне, гнучке та енергоефективне керування приводом. Вона

сприяє зниженню споживання електроенергії та впровадженню енергоефективних практик у промислових процесах. [4]

3.1.2 Використання енергоефективних моторів

Використання енергоефективних моторів є ще однією важливою перспективою удосконалення систем промислового електроприводу з точки зору енергоефективності. Традиційні мотори мають деякі втрати енергії через теплові втрати, механічні опори, втрати через струм в обмотках та інші чинники. Енергоефективні мотори спроектовані таким чином, щоб мінімізувати ці втрати та забезпечити кращу ефективність електроприводу.

Основні переваги використання енергоефективних моторів включають:

Вищий коефіцієнт корисної дії (ККД): Енергоефективні мотори мають вищий ККД, що означає, що вони перетворюють більшу частину введеної електричної енергії в корисну механічну роботу. Це дозволяє зменшити втрати енергії та знизити споживання електроенергії.

Нижша теплова втрата: Енергоефективні мотори мають меншу теплову втрату, оскільки вони оптимізовані для покращення розсіювання тепла. Це допомагає знизити нагрівання мотора та покращити його надійність та тривалість служби.

Використання ефективних матеріалів: Енергоефективні мотори використовують високоякісні матеріали, які мають менші втрати і кращі магнітні властивості. Наприклад, використання магнітів з постійними магнітами може значно покращити ефективність моторів.

Підтримка енергозбереження: Використання енергоефективних моторів підтримує ініціативи щодо енергозбереження та сталого розвитку. Зменшення

споживання електроенергії в промислових системах сприяє зниженню викидів парникових газів та екологічному покращенню.

Впровадження енергоефективних моторів у промисловій сфері може значно зменшити споживання електроенергії та покращити загальну енергоефективність систем промислового електроприводу. Це може бути досягнуто шляхом заміни старих моторів на нові енергоефективні моделі або застосування високоефективних моторів у нових проектах.

3.2 Використання прогресивних матеріалів та конструкцій:

Використання прогресивних матеріалів та конструкцій є ще однією перспективою удосконалення систем промислового електроприводу. Це включає використання нових матеріалів і технологій в проектуванні та виготовленні компонентів приводу з метою поліпшення їх енергоефективності, надійності та тривалості служби.

Основні переваги використання прогресивних матеріалів та конструкцій включають:

Зменшення маси та обсягу: Прогресивні матеріали, такі як легкі сплави або композитні матеріали, можуть зменшити масу компонентів приводу. Це сприяє зменшенню маси всієї системи, що дозволяє знизити інерцію та енергетичні втрати під час руху.

Покращена теплова стійкість: Прогресивні матеріали можуть мати кращі теплові властивості, що дозволяє працювати при вищих температурах без погіршення ефективності. Це особливо важливо в умовах високих навантажень або вимог до продуктивності. [4]

Покращена магнітна ефективність: Використання прогресивних магнітних матеріалів може покращити магнітну ефективність обмоток та статорів моторів. Це дозволяє забезпечити вищу потужність та ККД моторів при тих самих розмірах або зменшення розмірів мотора зі збереженням потужності.

Покращена жорсткість та міцність: Прогресивні конструкції можуть мати покращену жорсткість та міцність, що дозволяє забезпечити стійкість приводу під час роботи при високих навантаженнях або у важких умовах.

Оптимізація теплового управління: Використання прогресивних матеріалів та конструкцій дозволяє оптимізувати теплове управління приводу. Це може включати використання кращої теплоізоляції, розподілу тепла та охолодження, що сприяє збереженню енергії та тривалості роботи приводу.

Використання прогресивних матеріалів та конструкцій у системах промислового електроприводу допомагає досягти кращої ефективності, надійності та тривалості роботи. Вони дозволяють оптимізувати роботу приводу та ефективніше використовувати електроенергію. [4]

3.2.1 Впровадження легких матеріалів у конструкції електроприводів

Впровадження легких матеріалів у конструкції електроприводів є важливим кроком у поліпшенні їх енергоефективності та продуктивності. Використання легких матеріалів дозволяє знизити масу компонентів приводу, що має кілька переваг:

Зменшення маси системи: Легкі матеріали, такі як алюміній, магнієві сплави або композитні матеріали, мають нижчу щільність порівняно з традиційними матеріалами, такими як сталь. Це дозволяє зменшити масу електроприводу, що призводить до зменшення інерції та енергетичних втрат під час руху.

Покращена енергоефективність: Зменшення маси приводу сприяє зменшенню енергії, необхідної для руху системи. Це може призвести до зниження споживання електроенергії та підвищення загальної енергоефективності приводу.

Підвищена швидкодія: Зменшення маси компонентів приводу сприяє зниженню їх інерції, що дозволяє досягти більшої швидкодії та реактивності системи. Це особливо важливо в деяких промислових застосуваннях, де висока швидкість реагування є критичним фактором.

Зменшення вібрації та шуму: Легкі матеріали можуть мати кращі властивості поглинання вібрацій та шуму. Впровадження таких матеріалів у конструкції

електроприводів допомагає знизити рівень вібрацій та шуму, що поліпшує комфорт роботи та тривалість служби системи.

Покращена корозійна стійкість: Деякі легкі матеріали, наприклад, алюміній та магнієві сплави, мають високу корозійну стійкість, що робить їх відмінними вибором для електроприводів, які працюють в агресивних середовищах.

Впровадження легких матеріалів у конструкції електроприводів є одним із способів покращення їх характеристик і продуктивності. Це дозволяє досягти більшої енергоефективності, знизити масу системи та поліпшити її робочі властивості.

3.2.2 Використання передових конструкцій для зниження втрат

Використання передових конструкцій є ще однією перспективою для зниження втрат у системах промислового електроприводу. Ці конструкції орієнтовані на оптимізацію роботи системи та зменшення енергетичних втрат. Деякі з важливих передових конструкцій включають:

Високоєфективні передачі: Використання передових передач, таких як зубчасті, ременеві або ланцюгові передачі з високим ККД, дозволяє зменшити втрати енергії під час передачі руху від двигуна до навантаження. Оптимізовані профілі зубців, використання спеціальних матеріалів та покриттів можуть знизити тертя та знос, що призводить до більшої ефективності системи.

Інтегровані приводи: Використання інтегрованих приводів, які поєднують двигун, контролер та інші компоненти в одну компактну одиницю, може допомогти знизити втрати енергії, пов'язані з передачею сигналів та потужності між окремими компонентами. Інтегровані приводи можуть забезпечувати більш точне керування, мінімізувати провідникові втрати та сприяти загальній енергоефективності системи.

Удосконалені підшипники: Використання передових підшипників, таких як кулькові підшипники зі зменшеною тривалістю контакту, керамічні підшипники або магнітні підшипники, може знизити втрати енергії через тертя та підвищити ефективність системи. Оптимізовані конструкції підшипників дозволяють

забезпечити меншу зносостійкість, низьку тривалість контакту та зменшену паливну енергію.

Керування робочими точками: Використання передових алгоритмів та систем керування може допомогти оптимізувати робочі точки системи приводу, забезпечуючи ефективнішу роботу при різних умовах навантаження. Розумні системи керування можуть аналізувати вхідні дані, включаючи швидкість, навантаження та показники енергоспоживання, і автоматично підлаштовувати параметри приводу для досягнення найбільшої енергоефективності.

Оптимізовані системи охолодження: Використання передових систем охолодження, таких як вентилятори зі змінною швидкістю, термоелектричні охолоджувальні пристрої або рідинні охолоджуючі системи, може допомогти забезпечити ефективне охолодження компонентів приводу та зменшити втрати енергії, пов'язані з нагрівом.

Впровадження передових конструкцій для зниження втрат в системах промислового електроприводу є важливим кроком у поліпшенні енергоефективності та продуктивності. Ці конструкції спрямовані на оптимізацію роботи системи та зменшення енергетичних втрат, що призводить до зниження споживання електроенергії та покращення загальної ефективності приводу.

3.3 Розвиток інтелектуальних систем керування

Розвиток інтелектуальних систем керування є однією з перспектив удосконалень систем промислового електроприводу. Ці системи базуються на використанні передових технологій, таких як штучний інтелект, машинне навчання та аналіз даних, для автоматизації та оптимізації роботи приводу.

Основні переваги розвитку інтелектуальних систем керування включають:

Оптимізація робочих параметрів: Інтелектуальні системи керування можуть аналізувати різноманітні дані про привід, такі як швидкість, навантаження, температура тощо, і використовувати цю інформацію для оптимального

налаштування параметрів роботи приводу. Це дозволяє досягти кращої продуктивності та енергоефективності системи.

Автоматичне адаптивне керування: Інтелектуальні системи керування можуть автоматично адаптуватися до змінних умов роботи та навантаження. Вони можуть реагувати на зміни в реальному часі і виконувати необхідні корекції для підтримки оптимальної продуктивності та ефективності приводу.

Прогнозування та діагностика: Інтелектуальні системи керування можуть аналізувати дані з датчиків та моніторингових систем, щоб прогнозувати можливі поломки або несправності приводу. Це дозволяє планувати попередні технічні обслуговування та запобігати непередбачуваним зупинкам та втратам продуктивності.

Взаємодія та інтеграція: Інтелектуальні системи керування можуть взаємодіяти з іншими системами та компонентами промислового обладнання, що дозволяє створювати інтегровані рішення та забезпечувати високу автоматизацію та зручність управління.

Вдосконалення енергоефективності: Завдяки аналізу даних та автоматичному керуванню, інтелектуальні системи можуть забезпечувати ефективнішу роботу приводу, що дозволяє знизити споживання електроенергії та зменшити втрати.

Розвиток інтелектуальних систем керування в системах промислового електроприводу допомагає покращити продуктивність, енергоефективність та надійність системи. Вони є важливим кроком у напрямку створення більш автоматизованих та оптимізованих промислових процесів.

3.3.1 Використання алгоритмів машинного навчання для оптимізації роботи електроприводів

Використання алгоритмів машинного навчання є однією з ключових стратегій для оптимізації роботи електроприводів. Ці алгоритми здатні аналізувати великі обсяги даних, виявляти закономірності та використовувати їх для підтримки прийняття рішень та автоматичного керування.

Деякі конкретні застосування алгоритмів машинного навчання для оптимізації роботи електроприводів включають:

Прогнозування навантаження: Алгоритми машинного навчання можуть аналізувати історичні дані про навантаження та інші фактори, що впливають на роботу приводу, і прогнозувати майбутні навантаження. Це дозволяє приводу адаптуватися до змін у навантаженні та підлаштовувати параметри роботи для досягнення оптимальної продуктивності.

Оптимізація параметрів регулювання: Алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для визначення оптимальних параметрів регуляторів приводу. Вони можуть адаптуватися до змінних умов роботи, виявляти оптимальні налаштування та автоматично виконувати їх в режимі реального часу.

Виявлення несправностей та діагностика: Алгоритми машинного навчання можуть аналізувати дані з датчиків та моніторингових систем для виявлення ознак несправностей або аномальної роботи приводу. Вони можуть навчитися розпізнавати паттерни, які вказують на потенційні проблеми та запропонувати відповідні рекомендації щодо обслуговування або виправлення.

Оптимальне управління енергією: Алгоритми машинного навчання можуть використовуватися для оптимізації споживання енергії приводом. Вони можуть аналізувати дані про енергоспоживання та режим роботи приводу і автоматично знаходити способи енергозбереження шляхом оптимального керування параметрами приводу.

Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє електроприводам оптимізувати свою роботу, покращувати продуктивність та енергоефективність. Вони сприяють автоматизації та інтелектуалізації систем управління, що має суттєвий вплив на промислові процеси.

3.3.2 Використання системи дистанційного моніторингу та діагностики

Використання системи дистанційного моніторингу та діагностики є ще однією перспективою удосконалення систем промислового електроприводу. Ці системи дозволяють в реальному часі відстежувати стан приводу, збирати дані та виявляти можливі несправності або проблеми. Дистанційне моніторинг і діагностика мають декілька переваг:

Виявлення несправностей в реальному часі: Системи дистанційного моніторингу надають можливість постійно відстежувати параметри роботи приводу, такі як температура, вібрація, струм тощо. Це дозволяє виявляти аномалії та несправності в режимі реального часу, що дає змогу оперативно реагувати на проблеми та запобігати виникненню серйозних поломок або зупинок.

Прогнозування деградації та попередження поломок: Системи дистанційного моніторингу можуть аналізувати зібрані дані та використовувати алгоритми машинного навчання для прогнозування деградації компонентів приводу або попередження можливих поломок. Це дозволяє планувати попереднє обслуговування та заміну деталей, зменшуючи час простою та витрати на ремонт.

Віддалений доступ та керування: Системи дистанційного моніторингу надають можливість отримувати доступ до приводу з віддаленої локації. Це дозволяє інженерам або технічному персоналу віддалено виконувати налаштування, діагностику, вирішувати проблеми та навіть керувати приводом без необхідності фізичного присутності на місці.

Аналіз та оптимізація продуктивності: Системи дистанційного моніторингу збирають великі обсяги даних, які можна використовувати для аналізу та оптимізації продуктивності приводу. Вони дозволяють виявляти паттерни, тренди та покращувати ефективність роботи приводу шляхом оптимального налаштування та керування.

Застосування систем дистанційного моніторингу та діагностики допомагає підвищити надійність, ефективність та доступність систем промислового електроприводу, а також знизити час простою та витрати на обслуговування.

ВИСНОВОК

Галузь електроприводу відіграє ключову роль у сучасному суспільстві, забезпечуючи рух та функціонування промислових устаткувань, транспорту та побутової техніки. Оптимізація енергоспоживання та підвищення коефіцієнта корисної дії стають актуальними завданнями, що потребують розвитку нових технологій та використання систем керування. Надійність та безпека електроприводних систем також мають вирішальне значення, і вимагають надійних компонентів та безпечних умов експлуатації. Забезпечення точності та контролю руху, адаптація до змінних умов, зниження шуму та вібрацій, а також інтеграція з іншими системами є важливими аспектами. Розвиток галузі електроприводу потребує постійних досліджень, інновацій та впровадження нових технологій, що сприятиме покращенню продуктивності, ефективності та надійності цих систем.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://elprivod.nmu.org.ua/ua/entrant/electricdrive.php>
2. <https://core.ac.uk/download/pdf/52159022.pdf>
3. https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%B8%D1%87%D0%B5%D1%81%D0%BA%D0%B8%D0%B9_%D0%BF%D1%80%D0%B8%D0%B2%D0%BE%D0%B4
4. https://stud.com.ua/84180/tehnika/klasifikatsiya_elektroprivodiv
5. <https://studfile.net/preview/7737384/page:47/>
6. <https://aemk.kpi.ua/цифрові-системи-керування-електротех/>
7. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-osobennostey-fazovoperehodnyh->
8. <https://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/sistemy-elektroprivodov-ispolnitelnyh-mehanizmov-burovyh-ustanovok-2.html>
9. <https://studfile.net/preview/4200964/page:8/>
10. <https://leg.co.ua/knigi/oborudovanie/sistemy-elektroprivodov-ispolnitelnyh-mehanizmov-burovyh-ustanovok-2.html>
11. https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/38772/1/Tolochko_KGPI_1998.pdf
12. Чермалых В. М. Исследование сложных электромеханических систем. – Киев, КПИ, 1979. – 63 с.
13. А.с. № 1447743 СССР, МКИ В 66 В 5/00 /Устройство для управления приводом шахтной подъемной машины./Васильев В.И., Дубовик В.Г., Чермалых В. М. Открытия. Изобретения.- 1988. - № 48.

14. А.с. № 1296500 СССР, МКИ В 66 В 5/00 / Устройство для управления приводом шахтной подъемной машины / Чермалых В.М., Васильев В.И., Матвиенко Н.П. Открытия. Изобретения.- 1987. - № 10.
15. Barkand T. D. Investigation of the accident and installation and testing of dynamic braking on the main elevator at Duquesne Light, Warwick Mine, #3 North Portal / T. D. Barkand // MSHA. Mine Electrical Systems Division Investigative Report C-052287-12. May 1987. URL: <https://arlweb.msha.gov/s&hinfo/paper5.htm>
16. Barkand T. D. Emergency braking systems for mine hoists / T. D. Barkand // MSHA. United States Department of the Interior. Bureau of Mines. Mineral Commodity Summaries 1992. p.5. U.S. Government Printing Office. 1992-619-434/41349. URL: <http://www.msha.gov/s&hinfo/techrpt/hoist/paper6.htm>
17. Траубе Е.С. Тормозные устройства и безопасность шахтных подъемных машин / Е. С. Траубе, И.С. Найденко // – М. : Недра, 1980, – 256 с.
18. http://library.ukrpatent.org/document?fund=5&id=257992&to_fund=5&ipc=B66http://library.ukrpatent.org/document?fund=5&id=257992&to_fund=5&ipc=B66 Васильев В.И. Пути снижения динамических нагрузок в канатах шахтных подъемных установок системами автоматически регулируемого предохранительного торможения / В.И. Васильев // Стальные канаты: Сб. науч. тр. МАИСК. – Одесса: “Астропринт”, 2010, №8. – С. 18-29.
19. Васильев В.И. Оптимизация управления сложной электромеханической системой с распределенными параметрами [Текст] // Адаптивні системи автоматичного керування. Міжвідомчий науково-технічний збірник – 2013. – 1(22). – С. 95-101 – Реж. дост.: <http://asac.kpi.ua/article/view/29085> .

20. Васильев В.И. Оптимальное управление сложными динамическими системами / В.И. Васильев, Е.В. Васильев // East European Scientific Journal #5(45), 2019, p.32-44. Jerozolimskie 85/21, 02-001 Warsaw, Poland (Східноєвропейський науковий журнал #5(45), 2019, С.32-44) — https://eesa-journal.com/wp-content/uploads/EESA_may1.pdf
21. Блэкборн Дж. Ф. Гидравлические и пневматические системы управления. / Дж. Ф. Блэкборн, Г. Ритхоф, Дж. Л. Шерер //— М.: ИИЛ, 1962. – 612 с.
22. Васильев В. І. Комп'ютерне дослідження динаміки зупинки ШПУ при запобіжному гальмуванні / В. І. Васильев // Вісник Сум ДУ. Серія Технічні науки, 2011, №1 - С. 84-88.
23. Солодовников В.В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования / В.В. Солодовников, В.Н. Плотников, А.В. Яковлев // М.: Машиностроение, 1985. – с. 155.
24. Дорф Р. К., Бишоп Р. Х. Современные системы управления. М : Лаборатория базовых знан., 2004. 832 с.
25. Бесекерский В.А. Теория систем автоматического регулирования. В.А. Бесекерский, Е.П. Попов // М., Наука, Гл. ред. ф.-м. литер. / 1975. –768 с.
26. Католиков В.Е. Автоматизированный электропривод подъемных установок глубоких шахт / В.Е. Католиков, А.Д. Динкель, А.М. Седунин // – М. : Недра, 1983. – 270 с.
27. Степанов А.Г. Аварийное торможение подъемных установок сверхглубоких шахт. Горное оборудование и электромеханика №7, 2014 г., с. 33-41.