

Заклад вищої освіти „Подільський державний університет”
Факультет енергетики та інформаційних технологій
Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«РОЗРОБКА ТА ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА»

Виконав:

здобувач вищої освіти денної форми навчання
освітнього ступеня «Магістр», освітньо-професійної
програми «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»

КРИВИЙ Мирослав Анатолійович

Керівник канд. техн. наук, доцент

ДУМАНСЬКИЙ Олександр Васильович

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

«___» _____ 2024 р.

Допускається до захисту:

«___» _____ 2024 р.

Гарант освітньо-професійної програми
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка» спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»
канд. техн. наук, доцент

Павло ПОТАПСЬКИЙ

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ	9
Висновки до розділу 1	15
РОЗДІЛ 2 ПРИНЦИП ДІЇ, КОНСТРУКТИВНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА	16
2.1. Принцип дії та конструктивні особливості конвеєра	16
2.2. Приводні характеристики стрічкового конвеєра	19
Висновки до розділу 2	26
РОЗДІЛ 3 ВИБІР, ОБГРУНТУВАННЯ, ПЕРЕВІРКА ТА РОЗРАХУНОК ХАРАКТЕРИСТИК ДВИГУНА ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	27
3.1. Вибір типу двигуна та його перевірка на перегрівання і умови пуску	27
3.2. Розрахунок статичних механічних характеристик електропривода	31
3.3. Розрахунок динамічних режимів роботи електропривода. Оцінка стійкості	39
Висновки до розділу 3	48
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА	50
4.1. Вибір і обґрунтування способів керування швидкістю асинхронного двигуна	50
4.2. Розробка системи керування електроприводом конвеєра	57
4.3. Розробка структурної, функціональної та принципіальної схеми електропривода	62
4.4. Розрахунок і вибір силових елементів перетворювального агрегату	67
Висновки до розділу 4	70
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	72
5.1. Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта	73
5.2. Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	75
5.3. Пожежна безпека	80
Висновки до розділу 5	83
РОЗДІЛ 6. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПРИВОДА	84
ВИСНОВКИ	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	92

АНОТАЦІЇ

В кваліфікаційній роботі обґрунтовано перехід на індивідуальний електропривод, що дає якісну зміну, оскільки крім функції перетворення електричної енергії у механічну, він може виконувати функцію керування рухом робочого органу механізму - пуск, зупинка, зміна швидкості, реверс тощо. Здійснено оптимізацію режимів роботи електропривода стрічкового конвеєра. Обґрунтована ефективність способу керування швидкістю за рахунок зміни частоти та амплітуди напруги живлення. Розробку схем керування розпочато із розробки структурної електричної схема системи електропривода перетворювач частоти – асинхронний двигун. Дана система складається з асинхронного двигуна, системи керування, регулятора струму та регулятора швидкості. Відповідно до структурної електричної схеми розроблена математична модель системи керування електроприводом стрічкового конвеєра.

ABSTRACTS

The thesis substantiates the transition to an individual electric drive, which gives a qualitative change, because in addition to the function of converting electrical energy into mechanical energy, it can perform the function of controlling the movement of the working body of the mechanism - starting, stopping, changing speed, reversing, etc. The operation modes of the electric drive of the belt conveyor have been optimized. Reasoned effectiveness of the speed control method by changing the frequency and amplitude of the supply voltage. The development of control schemes began with the development of the structural electrical diagram of the frequency converter-asynchronous motor electric drive system. This system consists of an asynchronous motor, a control system, a current regulator and a speed regulator. According to the structural electrical scheme, a mathematical model of the belt conveyor electric drive control system was developed.

РЕФЕРАТ

КРИВИЙ Мирослав Анатолійович. Розробка та дослідження автоматизованого електропривода стрічкового конвеєра. 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Заклад вищої освіти «Подільський державний університет». Факультет енергетики та інформаційних технологій. Кафедра електротехніки, електромеханіки і електротехнологій – Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2024.

В кваліфікаційній роботі написано вступ, шести розділів основної частини, висновку, списку літератури.

Найбільш поширеними і достатньо універсальними є стрічкові конвеєри, що складаються з вантажонесучої нескінченної стрічки, проміжних опорних роликів, приводного і натяжного барабанів з приводним устаткуванням і опорною конструкцією. Випускаються модифікації з різними типами стрічок залежно від потреб замовника, наприклад, з брезентовою, гумовотканинною, сітчастою стрічкою, або спеціальною харчовою стрічкою. Конструкція конвеєрів виконується з чорного металу або неіржавіючої сталі. Конвеєри даного типу можуть переміщати практично будь-які вантажі і предмети: сипкі продукти і одиничні вантажі, коробки, різні деталі і вузли, тощо.

Ключові слова: електропривод, механічна характеристика, динамічний режим, потужності.

ВСТУП

Вантажі в сільському господарстві транспортують стаціонарними та мобільними транспортними засобами. Стаціонарними транспортними засобами є транспортери: стрічкові, скребкові, гвинтові, ковшові та ін. До мобільних транспортних машин належать електрокари, електронавантажувачі, кормороздавачі тощо.

Характерними особливостями переважної більшості конвеєрів є наявність частин, що рухаються поступально і мають порівняно великі маси; низька частота обертання їх приводних валів; великі моменти статичних опорів зрушення, особливо при пуску під навантаженням; випадковий характер навантажувальних діаграм; режим роботи кожного конвеєра залежить від його призначення і може бути тривалим, короткочасним або повторно-короткочасним; експлуатують конвеєри у різних за властивостями оточуючого середовища приміщеннях та на відкритому повітрі.

Стрічкові конвеєри - це пристрої безперервної дії, які призначені для переміщення сипких та штучних вантажів горизонтально чи під нахилом (кут нахилу до $\alpha = 16^\circ$). В сільському господарстві вони широко застосовуються для переміщення зерна і продуктів його переробки (борошна, крупи, комбікормів, зернових відходів). У тому чи іншому вигляді конвеєрні системи існують практично на кожному серійному виробництві або великому складі. Не дивлячись на різноманітність типів і конструкцій таких систем, всі вони виконують, по суті, схожі функції: доставка в потрібне місце вантажу.

Актуальність роботи полягає у тому, що вона присвячена питанню модернізації системи електропривода стрічкового конвеєра, зокрема оптимізації режимів його роботи. Така модернізація пов'язана зі збільшенням ККД електропривода, зменшенням його енергоспоживання, вдосконаленням систем керування цим приводом (з використанням мікропроцесорних систем) для забезпечення можливості включення його до комплексної системи автоматизації.

Об'єктом дослідження є електропривод транспортних засобів, зокрема стрічкових конвеєрів.

Предметом дослідження є оптимізація режимів роботи електропривода стрічкового конвеєра.

Метою роботи є розробка та розрахунок автоматизованого електропривода стрічкового конвеєра та оптимізацію режимів його роботи шляхом удосконалення системи керування, яка забезпечуватиме регулювання продуктивності конвеєра, плавний пуск та гальмування, захист від перевантаження, коротких замикань і аварійних відключень при дотриманні умов надійності, якості і економічності.

При написанні роботи використовувались методи системного аналізу для аналізу структури системи, об'єктно-орієнтованого програмування для автоматизації розрахунків, моделювання для розробки математичних моделей і побудови та аналізу структурних схем керування електроприводом, узагальнення для узагальнення результатів проведених досліджень та інші.

Наукова новизна одержаних результатів полягає у тому, що в роботі дістав подальший розвиток метод управління продуктивністю конвеєра шляхом регулювання його швидкості через регулювання числа обертів вала електродвигуна, що дозволило підвищити економічну і технічну ефективність застосування конвеєра в АПК.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі обґрунтовано перехід на індивідуальний електропривод, що дає якісну зміну, оскільки крім функції перетворення електричної енергії у механічну, він може виконувати функцію керування рухом робочого органу механізму - пуск, зупинка, зміна швидкості, реверс тощо.

Особливо важливим при оптимізації режимів роботи стрічкового конвеєра є керування швидкістю, оскільки його продуктивність прямо пропорційна швидкості руху стрічки. Таке керування доцільно здійснювати на основі нової електронної бази і технічних засобів автоматизації, створення програмно керованих, адаптивних приводів.

В роботі здійснено оптимізацію режимів роботи електропривода стрічкового конвеєра. Для вдосконалення нами прийнято типовий конвеєр із стрічкою шириною 0,8 м, двобарабанным приводом із незалежними приводними блоками, кожен з яких має асинхронний двигун з турбомуфтою. При раціональному виборі електропривода конвеєра враховували приводні характеристики машини, умови навколишнього середовища та електропостачання.

В результаті порівняння відомих конвеєрних систем електроприводів була вибрана система ПЧ-АД, яка характеризується рядом переваг, таких як широкий діапазон регулювання швидкості, незмінна жорсткість механічних характеристик робочої ділянки, можливість забезпечення зниження пускових струмів до мінімального рівня, необхідного для пуску, та зниження ударних навантажень при пуску, економія електроенергії за рахунок високого ККД перетворювача та оптимізації роботи приводного двигуна із конкретним навантаженням.

За результатами порівняння економічної ефективності розглянутих електродвигунів було обрано двигун типу АІР180S4 з номінальною потужністю 22 кВт і номінальним числом обертів вала 1465 об/хв.

Була проведена перевірка вибраного двигуна за нагріванням з використанням методу еквівалентного моменту. Вибраний електродвигун було також перевірено на перевантажувальну здатність та за умовами пуску. Всі ці перевірки підтвердили обґрунтованість вибору електродвигуна.

Побудована з використанням формул Клосса та Чекунова механічна характеристика електродвигуна є жорсткою, що задовольняє умовам роботи стрічкового конвеєра.

При дослідженні перехідних процесів розроблена структурна схема асинхронного двигуна і проведено моделювання. Побудову динамічних характеристик вибраного двигуна реалізовано в середовищі Matlab Simulink. Оцінку стійкості системи проводили за допомогою логарифмічної амплітудно-частотної та логарифмічної фазо-частотної характеристик за передавальною функцією розімкнутої системи. За результатами розрахунків побудовані графіки, з яких видно, що система є стійкою та має достатній запас стійкості.

Оцінка якості системи керування показала, що перехідний процес не має коливань, а, отже, перерегулювання відсутнє. Таким чином якість системи автоматичного управління електроприводом стрічкового конвеєра цілком достатня.

В роботі обґрунтована ефективність способу керування швидкістю за рахунок зміни частоти та амплітуди напруги живлення. Розробку схем керування розпочато із розробки структурної електричної схеми системи електропривода перетворювач частоти – асинхронний двигун. Дана система складається з асинхронного двигуна, системи керування, регулятора струму та регулятора швидкості. Відповідно до структурної електричної схеми розроблена математична модель системи керування електроприводом стрічкового конвеєра.

На основі електричної структурної схеми для даної системи електропривода розроблені також функціональна і принципіальна схеми. Принципіальна електрична схема розроблена відповідно до вимог забезпечення високої надійності, простоти і економічності, чіткості дій при

аварійних режимах, зручності оперативної роботи, експлуатації, чіткості оформлення тощо.

В роботі напрацьовані технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта та технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії. Значна увага приділена пожежній безпеці. Дотримання розроблених положень і рекомендацій сприятиме охороні праці та безпеці життєдіяльності при роботі і обслуговуванні стрічкового конвеєра.

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній роботі немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач вищої освіти _____ Мирослав КРИВИЙ

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) Белов М. П., Новиков В. А., Рассудов Л. Н. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 576 с. – ISBN 978-5-7695-4497-2.
- 2) Герасимов В.Г. Груинский В.А. Электротехнический справочник. Том №2 М.: Энергоатомиздат, 1986 - 712с.
- 3) Грабко В.В. Электропривод підприємств АПК: навч. Посіб. / В.В. Грабко, С.М. Левицький. – Вінниця, ВНТУ, 2012. – 198 с.
- 4) Діоди. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.chipdip.ru/catalog/diodes-rectifier/?page=2>
- 5) Электропривод: Навчальний посібник / О. Ю. Синявський, П. І. Савченко, В. В. Савченко, Ю. М. Лавріненко, В. В. Козирський, Ю. М. Хондола, І. П. Ільчов; За ред.. О. Ю. Синявського. – К.: Аграр Медіа Груп, 2013. 586 с.
- 6) Электропривод: Підручник / Ю.М. Лавріненко, О.С. Марченко, П.І. Савченко, О.Ю. Синівський, Д.Г. Войтюк, В.П. Лисенко; За ред.. Ю.М. Лавріненка. Видавництво «Ліра-К». – К., 2009. – 504 с.
- 7) Электропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній.: Підручник. За ред.. Є.Л. Жулая. К. – Вища освіта. 2001. – 288 с.
- 8) Электропривід / О.С.Марченко, Ю.М.Лавріненко, П.І.Савченко, Є.Л.Жулай. – К.: Урожай, 1995. – 260 с.
- 9) Епифонов А. П. Основы электропривода : учебное пособие / Епифонов А. П. – СПб. : Издательство «Лань», 2008. – 192 с.
- 10) Электроприводы переменного тока с частотным регулированием – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 265 с.
- 11) Ильинский Н.Ф., Козаченко В.Ф. Общий курс электропривода: учебник для ВУЗов. – М.: Энергоатомиздат, 1992. - 544 с.

- 12) Карлащук В. И.. Электронная лаборатория на IBM PC. Лабораторный практикум на базе Electronics Workbench и MATLAB. СОЛОН-Пресс. 2004.
- 13) Ключев В.И., Терехов В.И. Электропривод и автоматизация общепромышленных механизмов. –М.: Энергия, 1980.
- 14) Конвеєри. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.inppk.ru/>
- 15) Марущак Я.Ю .Синтез електромеханічних систем з послідовним та паралельним корегуванням: Навчальний посібник. – Львів, Видавництво НУ „Львівська політехніка”, 2004. – 312 с.
- 16) Методичні вказівки до курсового проектування з дисципліни "Електропривід" для студентів спеціальності "Енергетика сільськогосподарського виробництва" / Укл. І.З.Щур, І.М.Дробот. – Львів, 2003. – 53 с.
- 17) Моделирование электромеханических систем : підручник / [Чорний О.П., Луговий А.В., Родькін Д.Й., Сисук Г.Ю., Садовой О.В]. – Кременчук, 2001. – 410 с.
- 18) Онищенко Г. Б. Электрический привод / Онищенко Г. Б. – [2-е изд., стер.]. – М. : Издательский центр «Академия», 2008. – 288 с.
- 19) Основы электроприводу: Підручник/ Ю.М. Лавріненко, О.Ю. Синявський, В.В. Савченко. К.: 2010.
- 20) Півняк Г.Г. Сучасні частотно – регульовані асинхронні електроприводи з широтно – імпульсною модуляцією : монографія / Г.Г. Півняк, О.В. Волков.- Дніпропетровськ : Національний гірничий університет, 2006. – 470 с.
- 21) Практикум з електропривода / В.С.Олійник, О.С.Марченко, Є.Л.Жулай, Ю.М.Лавріненко. - К.: Урожай, 1995. – 190 с.
- 22) Практикум по электроприводу в сельском хозяйстве / П.И.Савченко, И.А.Гаврилюк, И.Н.Земляной, Н.В.Худобин. – М.: Колос, 1996. – 150 с.

- 23) Преобразователи частоты. Основы выбора и подбора [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://powergroup.com.ua>.
- 24) Системы управления электроприводами / [Голубь А.П., Кузнецов Б.И., Опрішко И.А., Соляник В.П.]: под ред. В.П. Соляника. – К: УМК ВО, 1992. – 376 с.
- 25) Спиваков А. О. Теория ленточных конвейеров – М.: «Машиностроение», 1978. – 346 с.
- 26). Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А.Елисеева, А.В.Шинянского. - М. Энергоатомиздат, 1983 - 615 с.
- 27). Тиристоры. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://elvpr.ru/poluprovodnikprib/tiristory/index.php>
- 28). Черных И.В. электромеханических устройств в MATLAB, Simulink / Черных И.В. – М.: ДМК Пресс, СПб. : Питер. 2008. – 288с.
- 29). Чорний О.П., А.В. Луговой, Д.Й. Родькін, Г.Ю. Сисюк, А.В. Садовий М. В. Моделювання електромеханічних систем. – Кременчук, 2001.
- 30). Шахмейстер Л.Г., Дмитриев В.Г. Теория и расчет ленточных конвейеров. -2-е изд., перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1987. -336 с.
- 31). Математична модель системи управління стрічкового транспортера Клендій П.Б., Демків М.М. Матеріали I Міжнародної науково-практичної конференції «Сталий розвиток аграрної сфери: інженерно-економічне забезпечення» . - Бережани, 2020 – С.237-238

ДОДАТКИ