

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

ДИПЛОМНА РОБОТА

на тему:

ДОСЛІДЖЕННЯ РЕГУЛЬОВАНОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ДЛЯ ПОДРІБНЮВАЧА КОРМІВ

Виконав:

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

_____ **Сергій ПРИСТАЯК**

Керівник: кандидат технічних наук, доцент

_____ **Олександр КОЗАК**

Оцінка захисту:

Національна шкала _____

Кількість балів _____ Шкала ECTS _____

Допускається до захисту:

«___» _____ 2023 р.

Керівник проектної групи (гарант освітньої
програми) «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка» спеціальності 141
«Електроенергетика, електротехніка
та електромеханіка»

кандидат технічних наук, доцент _____ **Ігор ГАРАСИМЧУК**

м. Кам'янець-Подільський, 2023р.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ПОДРІБНЮВАЧІВ КОРМІВ І СИСТЕМИ ЇХ АВТОМАТИЗАЦІЇ. Ошибка! Закладка не определена.	
1.1 Технологічні і зоотехнічні вимоги до подрібнювачів кормів ..	Ошибка! Закладка не определена.
1.2 Технологічні і конструктивні особливості універсальних кормоподрібнювачів	Ошибка! Закладка не определена.
1.3 Аналіз можливих способів регулювання необхідних параметрів приводу кормоподрібнювачів	Ошибка! Закладка не определена.
1.4 Огляд систем автоматизації технологічного процесу подрібнення кормів.....	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА І ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ОСНОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ РЕГУЛЬОВАНОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ Ошибка! Закладка не определена.	
2.1 Розробка функціональної схеми управління стрічковим конвеєром подрібнювача кормів і обґрунтування принципу регулювання.....	Ошибка! Закладка не определена.
2.2 Вибір силового устаткування регульованого електроприводу	Ошибка! Закладка не определена.
2.2.1 Вибір типу асинхронних двигунів приводів подрібнювача ..	Ошибка! Закладка не определена.
РОЗДІЛ 3 ДОСЛІДЖЕННЯ СТАТИЧНИХ І ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕГУЛЬОВАНОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДУ Ошибка! Закладка не определена.	
3.1 Дослідження статичних і динамічних характеристик для розімкненої системи регульованого електроприводу.....	Ошибка! Закладка не определена.

3.1.1 Розрахункові параметри асинхронного двигуна **Ошибка! Закладка не определена.**

3.1.2 Розрахункові параметри схеми заміщення електродвигуна.. **Ошибка! Закладка не определена.**

3.1.3 Розрахунок природних і штучних механічних характеристик для асинхронного двигуна в робочому режимі роботи **Ошибка! Закладка не определена.**

3.1.4 Дослідження динамічних характеристик асинхронного двигуна в середовищі MATLAB **Ошибка! Закладка не определена.**

3.2 Дослідження замкнутої системи регульованого електроприводу..... **Ошибка! Закладка не определена.**

ВИСНОВОК..... 12

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ..... 14

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі сформульовані технологічні і зоотехнічні вимоги до подрібнювачів кормів. Розглянуті технологічні і конструктивні особливості універсальних подрібнювачів кормів. Виявлені істотні недоліки подрібнювачів кормів з нерегульованими електроприводами.

Проведений аналіз можливих способів регулювання кутової швидкості електроприводів подрібнювачів. Встановлено, що одним з найбільш прийнятних електроприводів для подрібнювачів кормів є регульований електропривод за схемою «перетворювач частоти асинхронний двигун».

Розглянуті існуючі системи автоматизації технологічного процесу подрібнення кормів, забезпечені пристроями для регулювання подання корму в камеру подрібнення.

Обґрунтований принцип регулювання частотою обертання двигуна приводу конвеєра і розроблена функціональна схема управління стрічковим конвеєром подрібнювача з використанням Пі-регулятора. Зроблені вибір і розрахунок параметрів асинхронного двигуна і перетворювача частоти для регульованого електроприводу конвеєра. Побудовані природні і штучні механічні характеристики асинхронного двигуна конвеєра. Досліджені динамічні характеристики асинхронного двигуна в середовищі MATLAB.

Розроблена структурна схема замкнутої системи управління регульованим електроприводом конвеєра подрібнювача, Пі-регулятор, що містить. Побудована і досліджена математична модель регульованого електроприводу з використанням пакету застосовних програм MATLAB і отримані його динамічні характеристики.

ANNOTATION

The thesis formulated technological and livestock feed requirements for shredders. The technological and design features of the universal shredder feed. Revealed significant deficiencies Food shredders with an uncontrollable drive. The analysis of possible ways to control the angular velocity of electric grinders. It was established that one of the most suitable for electric grinders feed is regulated electric drive on a "frequency converter - asinhronny engine".

The existing system of automation of the process of grinding feed, equipped with devices to regulate the supply of feed in the grinding chamber.

Sound principles regulating engine speed conveyor drive and developed a functional diagram of the control conveyor belt grinder with PI. Make your selection and calculation of the parameters of the induction motor and the inverter for adjustable electric conveyor. Built natural and artificial mechanical characteristics of an induction motor of the conveyor. The dynamic characteristics of the induction motor in the environment of MATLAB.

The block diagram of closed - loop control of the conveyor adjustable electric grinder containing PI. We constructed and investigated mathematical model of controlled electric drive with the application package MATLAB and obtained its dynamic characteristics.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікації роботи складається з: 85 стор., 10 табл., 28 рисунків., 18 літературних джерел.

Тема роботи: **«Дослідження регульованого електроприводу для подрібнювача кормів».**

Більшість подрібнювачів кормів з нерегульованими електроприводами має істотний недолік, оскільки вимагає постійного контролю і регулювання оператором подання зерна і інших кормів в камеру подрібнення, а також якості помелу в процесі роботи. Ручне регулювання, як правило, призводить до неповного завантаження або перевантаження агрегату. При цьому, як показує практика експлуатації цих агрегатів, велику частину робочого часу електропривод працює в недовантаженому стані, і навпаки нерідкі випадки відключення електроприводу із-за перевантаження двигуна. Мали місце випадки міжвиткового, міжфазного замикання обмоток двигуна із-за їх перегрівання. Приведене окрім необхідності постійного спостереження за роботою машини, спричиняє за собою зниження якості продукції і таких експлуатаційних показників, як коефіцієнт завантаження і енергоефективність машини.

Нині в різних галузях виробництва знаходить широке застосування регульовані електроприводи, які відрізняються високою надійністю, високими техніко-економічними показниками і мають широкий діапазон регулювання координат.

У зв'язку з цим розробка регульованого електроприводу, використовуваного для регулювання подання кормового матеріалу в камеру подрібнення є актуальною.

Ключові слова: ЕЛЕКТРОПРИВОД, МІЖФАЗНЕ ЗАМИКАННЯ, ПОДРІБНЕННЯ, РЕГУЛЮВАННЯ, СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ, ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЛЕР

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ОУ - об'єкт управління

КП – керуючий пристрій

САУ - система автоматизованого управління

ККД - коефіцієнт корисної дії

ПЛК - програмований логічний контроллер

ПД - пропорційно-інтегрально-диференціальний

АПК - агропромисловий комплекс

ПММ - паливно-мастильний матеріал

ЛМ - логічний мікроконтроллер

ОАД - однофазний асинхронний електродвигун

ВСТУП

Актуальність проблеми. Необхідними і обов'язковими умовами ведення інтенсивного тваринництва є не лише забезпечення стійкої кормової бази, але і застосування сучасних способів і прийомів переробки і приготування кормів, що забезпечують їх найбільш ефективне використання. Останніми роками намітилася тенденція розробки і впровадження універсальних подрібнювачів кормів, що пояснюється тим, що при хорошій якості подрібнення забезпечується переробка найширшого спектру грубих, зелених, концентрованих і інших видів кормів, що позбавляє від необхідності придбання дорогих машин вузько спеціалізованих на певних кормах.

Більшість подрібнювачів кормів з нерегульованими електроприводами має істотний недолік, оскільки вимагає постійного контролю і регулювання оператором подання зерна і інших кормів в камеру подрібнення, а також якості помелу в процесі роботи. Ручне регулювання, як правило, призводить до неповного завантаження або перевантаження агрегату. При цьому, як показує практика експлуатації цих агрегатів, велику частину робочого часу електропривод працює в недовантаженому стані, і навпаки нерідкі випадки відключення електроприводу із-за перевантаження двигуна. Мали місце випадки міжвиткового, міжфазного замикання обмоток двигуна із-за їх перегрівання. Приведене окрім необхідності постійного спостереження за роботою машини, спричиняє за собою зниження якості продукції і таких експлуатаційних показників, як коефіцієнт завантаження і енергоефективність машини.

Нині в різних отраслях виробництва знаходить широке застосування регульовані електроприводи, які відрізняються високою надійністю, високими техніко-економічними показниками і мають широкий діапазон регулювання координат.

У зв'язку з цим розробка регульованого електроприводу, використовуваного для регулювання подання кормового матеріалу в камеру подрібнення є актуальною.

Метою роботи є підвищення ефективності використання подрібнювача кормів шляхом розробки регульованого електроприводу для її системи завантаження.

Вказана мета визначила наступні основні завдання дисертаційної роботи:

- проведення літературного огляду по технологічних і конструктивних особливостях подрібнювачів кормів;
- аналіз можливих способів регулювання необхідних параметрів електроприводу подрібнювачів кормів і систем автоматизації технологічного процесу;
- розробка функціональної і структурної схем управління стрічковим конвеєром подрібнювача кормів і обґрунтування принцип регулювання частоти обертання двигуна конвеєра, вибір і розрахунок параметрів асинхронного двигуна і перетворювача частоти для регульованого електроприводу конвеєра;
- дослідження статичних і динамічних характеристик розімкненої і замкнутої систем регульованого електроприводу за схемою «ПЧ-АД» для конвеєра подрібнювача.

Загальна методика досліджень. Поставлені завдання вирішені на основі теоретичного і практичного аналізу роботи по регульованих електроприводах з використанням фундаментальних положень теорії автоматизованого електроприводу, методів математического моделювання в програмному середовищі Matlab.

Наукова новизна проведених досліджень в тому, що уперше: запропоновано і обґрунтовано доцільність застосування регульованого електроприводу за схемою «ПЧ-АД» для регулювання подання кормових матеріалів в камеру подрібнення; обґрунтовані параметри основних елементів регульованого електроприводу за схемою «ПЧ-АД» для конвеєра подрібнювача; розроблені функціональна і структурна схеми системи управління конвеєром з використанням Пі-регулятора і отримані статичні і динамічні характеристики частотно-регульованого електроприводу.

Апробація роботи. Матеріали кваліфікаційної роботи обговорені і апробовані на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції "Ефективне використання енергії; стан і перспективи" ЗВО «ПДУ». За результатами дослідження опублікована наукова теза.

ВИСНОВОК

Встановлено, що останніми роками намітилася тенденція розробки і впровадження універсальних подрібнювачів кормів. Це пояснюється тим, що при хорошій якості подрібнення забезпечується переробка найширшого спектру грубих, зелених, концентрованих і інших видів кормів, що позбавляє від необхідності придбання дорогих машин вузько спеціалізованих на певних кормах.

Сформульовані технологічні і зоотехнічні вимоги до подрібнювачів кормів. Розглянуті технологічні і конструктивні особливості універсальних подрібнювачів кормів. Подрібнювачі кормів з нерегульованими двигунами має істотний недолік, оскільки вимагає постійного контролю оператором подання зерна, а також якості помелу в процесі роботи.

Проведений аналіз можливих способів регулювання кутової швидкості приводу подрібнювачів. Встановлено, що найбільш прийнятним для універсальних подрібнювачів є електропривод типу «перетворювач частоти - асинхронний двигун».

Розглянуті існуючі системи автоматизації технологічного процесу подрібнення кормів, забезпечені пристроями для регулювання подання корму в камеру подрібнення. Завдання розробки системи стабілізації завантаження подрібнювача є актуальним.

Розроблена функціональна схема управління стрічковим конвеєром подрібнювача кормів і обґрунтований принцип регулювання частотою обертання двигуна приводу конвеєра. Вибрані асинхронний двигун і перетворювач частоти для регульованого електроприводу конвеєра. Досліджені статичні і динамічні характеристики для розімкненої системи регульованого електроприводу. Побудовані природні і штучні механічні характеристики асинхронного двигуна конвеєра. Побудовані також механічні характеристики системи «ПЧ-АД» при збереженні постійності перевантажувальної здатності. Досліджені динамічні характеристики асинхронного двигуна в середовищі MATLAB.

Розроблена структурна схема замкнутої системи управління регульованим електроприводом конвеєра подрібнювача, ПІ-регулятор, що містить. Оптимальні параметри ПІ-регулятора в системі управління конвеєром подрібнювачем визначаються за допомогою моделювання. Для побудови і дослідження математичної моделі використовувався пакет застосовних програм MATLAB. Представлені програма розрахунку і графіки перехідних процесів швидкості конвеєра.

Дослідження перехідних процесів при різних заданих швидкостях показує, що розроблена система забезпечує необхідну якість регулювання частоти обертання двигуна конвеєра, і тим самим підтримує необхідну продуктивність подрібнювача кормів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зеленов А.Б. Теорія електропривода: Методика проектування електроприводів: Підручник. – Луганськ: Вид-во "Ноулідж", 2010. – 670 с.
2. Теорія електропривода: Підручник / За ред. М.Г. Поповича. – К.: Вища школа, 1993. – 494 с.
3. Донець О. В. Теорія електропривода: конспект лекцій (для студентів усіх форм навчання за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка, електромеханіка) / В. І. Колотіло, О. В. Донець; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 148 с. Режим доступу https://eprints.kname.edu.ua/57522/1/76Л_Консп_Лекцій_2019%20печ.pdf
4. Безрученко В. М. Теорія електроприводу [Електронний ресурс]: підручник. Дніпропетровськ: ДНУЗТ, 2011. Режим доступу <http://eadnurt.diit.edu.ua/jspui/handle/123456789/402>
5. ДСТУ EN 60034-1:2016 Машини електричні обертові. Частина 1. Номінальні та робочі характеристики (EN 60034-1:2010; EN 60034-1:2010/AC:2010, IDT)
6. Василега П. О. Електропривод робочих машин : підручник / П. О. Василега. – Суми: Сумський державний університет, 2022. – 290 с. ISBN 978- 966-657-900-6
7. Електропривод виробничих машин і механізмів: Навчальний посібник / О.Ю. Синявський, В.В. Савченко, В.Я. Бунько, В.Ю. Рамш; За ред. О.Ю. Синявського. – К.: ФОП Ямчинський О.В., 2020. – 444 с. ISBN 978-617- 7890-88-0
8. Видмиш А. А., Ярошенко Л. В. Основи електропривода. Теорія та практика. Частина 1. / Навчальний посібник. – Вінниця: ВНАУ, 2020. – 387 с. Режим доступу <http://repository.vsau.org/getfile.php/25015.pdf>
9. Leonhard W. Control of Electrical Drives. Berlin: Springer-Verlag, 2001.
10. Колб Ант. А, Колб А. А. Теорія електроприводу: Навчальний посібник. – 2-е вид. перероб. і доп. –Д., Національний гірничий університет, 2011. – 540 с.

11. Електромеханічні системи автоматизації та електропривод (теорія і практика): Навчальний посібник/ За ред. М.Г.Поповича, В.В.Кострицького. – К.: КНУТД, 2008. – 408 с.

12. Шкурпела О. О., Никоненко Д. В., Яровий Г. І., Яцько С. І. Дослідження математичної моделі системи регулювання електропередачі дизель-поїзда ДЕЛ-02 в режимі електродинамічного гальмування. Вісник національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». Серія “Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія і практика” (спеціальний випуск). 2013. № 136 (1009). С. 146-148.

13. . James P. Forsyth. Accelerated testing of IGBT power modules to determine time to failure. Power Electronics, Machines and Drives (PEMD 2010), 5th IET International Conference, 2010. P. 1-4.

14. Khanna V. Power IGBT Modules. Insulated Gate Bipolar Transistor IGBT Theory and Design, 2005. P. 465-498.

15. Komatsu K. Yatsu and oth. New IGBT modules for advanced neutralpointclamped 3-level power converters. Power Electronics Conference (IPEC), 2010 International, 2010. Vol. 1. P. 523-527.

16. Peresada S., Tilli A., TonielliA. Theoretical and experimental comparison of indirect field-oriented controllers for induction motors. IEEE Transactions on Power Electronic, 2003. Vol. 18. No. 1. Pp. 151–163.

17. Levi E., Sokola M., Vukosavic S.N. A method for magnetizing curve identification in rotor flux oriented induction machines. IEEE Transactions on Energy Conversion, 2000. Vol. 15. No. 2. Pp. 157–162.

18. Leonhard W. Control of Electrical Drives. (3rd edition). Berlin: Springer-Verlag, 2001. 460 p.