

ДВНЗ “Донецький національний технічний університет ”
Факультет Комп’ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, -
електроінженерії та радіоелектроніки
Кафедра Електричної інженерії

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ к.т.н. Колларов О.Ю.

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 2021 р

**Кваліфікаційна робота
бакалавра**

на тему Електромеханічна система автоматизованої конвеєрної установки

Виконав: студент 4 курсу, групи ЕЛКЗ-17
(шифр групи)

напряму підготовки (спеціальності) 141 «Електроенергетика, електротехніка
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)
та електромеханіка»

Салімзанов Олександр Олександрович
(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Керівник доц. каф., к.ф.-м.н., доц. Любименко О. М.
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент канд. техн. наук, доц., доц. каф.
АТ Поцєпаєв В. В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Нормоконтроль:

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

Любименко О. М.

Студент

_____ (підпис)

_____ (підпис)

02.06.2021

02.06.2021

(дата)

(дата)

Покровськ – 2021 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»

Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, автоматизації, електроінженерії та радіоелектроніки

Кафедра електричної інженерії

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальність: (141) електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри

_____ (Колларов О. Ю.)

« » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Салімзанову Олександр Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: _____
«Електромеханічна система автоматизованої конвеєрної
установки»

керівник роботи _____
доц. каф. ЕлІн, к.ф-м.н., доц. Любименко О. М.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від _____ № _____

2. Строк подання студентом роботи _____ 2 червня 2021 року

3. Вихідні дані до роботи: _____

Продуктивність конвеєра

Швидкість руху стрічки

Насипна щільність вантажу

Довжина конвеєра

Кут нахилу конвеєра

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Характеристика стрічкових конвеєрів як об'єктів керування

2. Аналіз способів оптимізації режимів роботи стрічкового конвеєра

3. Технологічний розрахунок стрічкового конвеєра

4. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, якщо передбачається)

Вісім слайдів презентаційного матеріалу

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділи 1 – 3	Любименко О. М.		
Охорона праці	Біла Н. С.		
Нормоконтроль	Любименко О. М.		

7. Дата видачі завдання 05 травня 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1	03.05.21 – 12.05.21	
2.	Розділ 2	13.05.21 – 23.05.21	
3.	Розділ 3	24.05.21 – 27.05.21	
4.	Охорона праці	28.05.21 – 31.05.21	
5.			
6.			

Студент _____ Салімзанов О. О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Любименко О. М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Салімізанов Олександр Олександрович. Електромеханічна система автоматизованої конвеєрної установки / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – ДВНЗ ДонНТУ, Покровськ, 2021.

Дипломна робота складається зі вступу, основної частини, яка включає три розділи, висновків, списку використаної літератури та додатку.

У першому розділі проводився розгляд питань застосування стрічкових конвеєрів.

У другому розділі представлені дослідження шляхів покращення енергетичних показників електроприводів стрічкових конвеєрів із частотним керуванням, розгляд нерівномірності завантаження як фактору збільшення енерговитрат на переміщення вантажів.

У третьому розділі виконані технологічні розрахунки стрічкового конвеєра, проведений математичний опис асинхронного двигуна, зібрана та промодельована імітаційна модель електроприводу конвеєра.

Ключові слова: стрічковий конвеєр, частотне керування, асинхронний двигун, електропривод, система керування, моделювання, роликкоопора, стрічка.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ ЯК ОБ’ЄКТІВ КЕРУВАННЯ	7
1.1 Загальні відомості про конвеєрні установки	7
1.2 Класифікація конвеєрів	7
1.3 Будова та принцип роботи	8
2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА	15
2.1 Дослідження ступеня ефективності керування стрічкових конвеєрів при змінному вантажопотоці	15
2.2 Покращення енергетичних показників електроприводів стрічкових конвеєрів з частотним керуванням	19
2.3 Способи підвищення енергоефективності електроприводів стрічкових конвеєрів із частотним керуванням	23
2.4 Нерівномірність завантаження як фактор збільшення енерговитрат на переміщення вантажів	29
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА	34
3.1 Розрахунок конвеєрної лінії	34
3.2 Частотно-керований електропривод стрічкових конвеєрів	40
ВИСНОВКИ	51
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	52
ДОДАТОК А	53

ВСТУП

Майже будь-яка промислова діяльність тією або іншою мірою покладається на стрічкові конвеєри для забезпечення безперервного транспортування різних товарів і матеріалів. Використання цього конвеєра сприяє швидкому транспортуванню необхідних вантажів, і необхідні вантажі можуть мати різну структуру.

На сьогоднішній день конвеєри є найбільш вигідним (із економічної точки зору) та зручним способом транспортування товарів у межах підприємства.

Стрічкові конвеєри становлять значну частку у вартості перевезення вантажів. Тому питання пов'язані з ними є актуальним, оскільки енергоефективність та енергозбереження є одними з ключових питань економічного розвитку та енергетичної незалежності країни.

Одним із можливих способів вирішення вищезазначених проблем є використання частотно-керованих асинхронних електроприводів, які можуть покращити енергетичні показники та заощадити ресурси.

Метою даної роботи є дослідження електромеханічної системи автоматизованої конвеєрної установки.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ ЯК ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

1.1 Загальні відомості про конвеєрні установки

Стрічкові конвеєри – це найпродуктивніший вид безперервного транспортування, що використовується для виробництва сипучих та габаритних вантажів, з різною швидкістю виробництва та швидкістю стрічкової стрічки. Відстань транспортування стрічкових конвеєрів може досягати декількох кілометрів, а їх маршрути можуть мати різні схеми, так що є можливість адаптувати конвеєри до виробничих умов та рельєфу.

За допомогою високопродуктивних комплексних потужностей можна проводити інтенсивні транспортні роботи, що дозволяє здійснювати безперервну потокову систему, сприяючи тим самим ефективному використанню конвеєрних перевезень. Застосування дистанційного автоматичного управління конвеєрною лінією підвищує надійність та ефективність роботи конвеєрної лінії та зменшує кількість обслуговуючого персоналу. Оператор управляє всією конвеєрною системою, а також контролює роботу конвеєра та виявляє експлуатаційні несправності різних частин транспортної системи. З цією метою пульт управління оснащений спеціальною системою управління та сигналізації.

1.2 Класифікація конвеєрів

Структура конвеєрної лінії буває розгалуженою та нерозгалуженою. Нерозгалужена конвеєрна лінія – це одна потокова лінія, де кожен конвеєр приймає товари лише з попереднього конвеєра. Розгалужена – це лінія, що складається з конвеєра в основному напрямку та конвеєра на його гілці. Ці

конвеєри транспортують вантажі до конвеєра в основному напрямку, а далі вантажі рухаються з точки відгалуження місця навантаження.

Технологічне призначення конвеєрної лінії визначає наступні типи: стаціонарний, напівстаціонарний та пересувний. Стаціонарна конвеєрна лінія складається з конвеєрів, розташованих у основному місці, і термін її служби визначається відповідним робочим часом. Напівстаціонарна конвеєрна виробнича лінія складається з конвеєрів, розташованих у відповідних приміщеннях, і термін її служби відповідає часу роботи технології. Пересувна конвеєрна лінія складається з місцевих конвеєрів, які рухаються та переносяться після кожного робочого циклу.

Виробнича лінія стаціонарного конвеєра може характеризуватися високою продуктивністю, значною довжиною, тривалим терміном експлуатації та частим роздвоєнням, що вимагає запуску кількох різних маршрутів. Навпаки, виробнича лінія для переносних конвеєрів зазвичай має лише один шлях, продуктивність відносно низька, а термін служби короткий. Напівстаціонарна конвеєрна лінія знаходиться в середньому положенні між нерухомою та пересувною. У деяких випадках визначальними є стаціонарні властивості, в інших випадках переносні.

1.3 Будова та принцип роботи

Загалом принцип роботи стрічкових конвеєрів такий.

Натяжний барабан створює необхідний натяг тягового тіла-стрічки, яка також є несучим елементом. Тягове тіло приводиться в рух приводним механізмом за рахунок сили, прикріпленої до приводного барабана, а приводний механізм включає в себе електродвигун, коробку передач і зчеплення, що з'єднує їх.

Завантаження конвеєрної стрічки здійснюється шляхом пропускання стрічки під живильник в кінці конвеєрної стрічки. Привод в цей час не

вимикається. Гілку тягового тіла, на якій розташовується вантаж, називають робочою гілкою або верхньою гілкою. Друга гілка називається одинарною або нижчою. Стрічка рухається на роликовій опорі відповідної форми: верхня робоча гілка (щілинна або пряма), нижня глуха гілка (пряма). Вивантаження конвеєра зазвичай здійснюється в кінці транспортного шляху, де встановлений приймальний бункер. Приклад роликоопор наведений на рисунку 1.

Розвантаження конвеєрної стрічки зазвичай здійснюється за допомогою приводу (основного) барабана. У деяких випадках необхідно провести проміжну розвантаження в середній частині конвеєра, а потім використовувати роликову розвантажувальну візок або плужний самоскид. Транспортна стрічка приводиться в дію приводом тертя. Привід конвеєра включає в себе привідний барабан і приводний механізм, з'єднані низькошвидкісною муфтою. У склад приводного механізму виходять двигун, редуктор та муфта, що їх з'єднує, і ці муфти встановлюються на рамі.

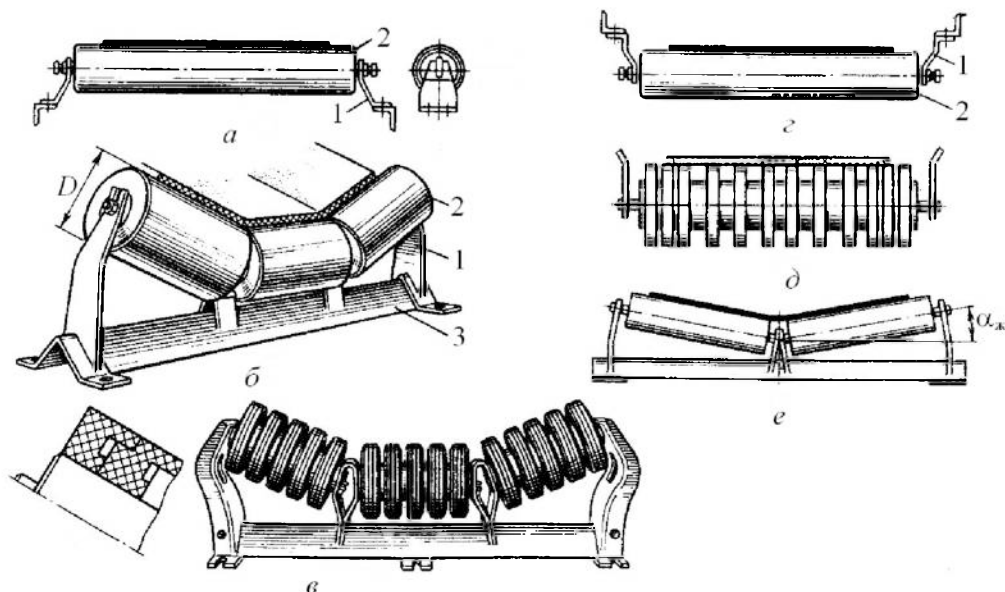


Рисунок 1 – Приклад роликоопор стрічкового конвеєра
а, б, в– для верхньої гілки; г, д, е– для нижньої гілки

Стрічка транспортера розташована на опорі барабана: верхня гілка стрічки знаходиться у верхній частині (з насічкою або прямою), а нижня гілка – на

нижній прямій. Фрикційне з'єднання між приводним барабаном і стрічкою забезпечується натягуванням стрічки за допомогою натяжного пристрою. Натяжним пристроєм можуть бути гвинти, гирі та вузли. Крім того, стрічковий конвеєр також має метод автоматизації своєї роботи: центрирування підшипника кочення, запобігання підйманню та руйнуванню стрічки тощо.

Приводний барабан та натяжний пристрій закріплені на їх кронштейнах, тоді як роликові кронштейни – на профілі, а сам профіль – на стійці проміжної частини. У деяких випадках рекомендується використовувати прямий верхній роликовий кронштейн для підтримки нижньої гілки стрічки, яка кріпиться на стійці за допомогою кронштейна.

Стаціонарні універсальні стрічкові конвеєри повинні бути розроблені для кожного конкретного застосування.

При проектуванні конвеєра необхідно знайти його параметри, вихідні дані (швидкість стрічки, продуктивність, характеристики вантажів, що перевозяться) та інші умови експлуатації установки.

Конвеєри стрічкового типу широко використовуються в гірничодобувній, металургійній та вугільній промисловості, а також при транспортуванні та завантаженні сипучих піщаних сумішей або гравію.

Відмінною особливістю конвеєрів, що використовуються в металургії або видобутку корисних копалин, є використання конвеєрних стрічок, які більш стійкі до температури та хімічного впливу матеріалів.

Стрічковий конвеєр, що використовується для виробництва, складається зі стандартизованих деталей та компонентів для спрощення його заміни та скорочення часу на обслуговування. Цей тип конвеєра зроблений найбільш доступним способом, вдосконаленим в дизайні і простим в обслуговуванні.

Відповідно до мети виробничого процесу конвеєрна стрічка може бути розташована в горизонтальній площині або нахилена під максимальним кутом 45 градусів. Хімічно стабільна конвеєрна стрічка може витримувати лужні сполуки на заводі вапна компанії, тоді як термостійка конвеєрна стрічка може працювати при температурах вантажу до 80 градусів.

Конвеєри сучасних розробок можуть бути оснащені автоматичними системами управління передачею товарів або деталей.

Теоретичною продуктивністю або приймальні здатністю конвеєра називають максимальну продуктивність при найбільшому допустимому заповненні вантажем рухається стрічки.

Технічна продуктивність відповідає номінальному режиму роботи конвеєра. Її встановлюють з урахуванням обраних параметрів міцності стрічки і потужності приводу, і вона є паспортної продуктивністю, т. Е. Продуктивністю, при якій робочі параметри конвеєра відповідають даним, зазначеним у заводській характеристиці конвеєра. Технічна продуктивність менше теоретичної.

Експлуатаційну продуктивність визначають виходячи з фактичного вантажопотоку, що надходить на конвеєр з урахуванням неминучих перерв у роботі з технічних і організаційних причин. Її можна представити як розрахункову величину умовного рівномірного вантажопотоку, еквівалентну фактичного нерівномірного вантажопотоку, що надходить на конвеєр.

Як показує практика і економічні розрахунки, для однієї і тієї ж продуктивності часто виявляється переважно деяке зменшення ширини стрічки і відповідне збільшення її швидкості. Збільшення швидкості викликає зменшення погонного навантаження, при цьому знижується також натяг стрічки, що дозволяє використовувати стрічки з меншою поздовжньої міцністю. У зв'язку з цим зменшується її вартість, або при тій же міцності стрічки збільшується довжина конвеєра в одному ставі; вартість редуктора знижується зі зменшенням передавального числа; при стрічках з меншим числом прокладок потрібно менший діаметр барабанів, маси рухомих частин конвеєра зменшуються. Зростання вантажопотоків і продуктивності установок також вимагає збільшення швидкості руху конвеєрних стрічок.

Однак застосування великих швидкостей не завжди буває виправдано, так як крім технічних труднощів, пов'язаних з необхідністю більш якісного виготовлення окремих вузлів конвеєра балансування підтримувальних роликів,

підвищення міцності підшипників, вдосконалення вузлів ущільнення, швидкість визначається умовами експлуатації конвеєра, його призначенням і місцем розташування, видом і кусковатості вантажу, шириною стрічки, способом завантаження і розвантаження вантажу на стрічці і т. д.

Приклади схем конвеєрних трас наведені на рисунку 2.

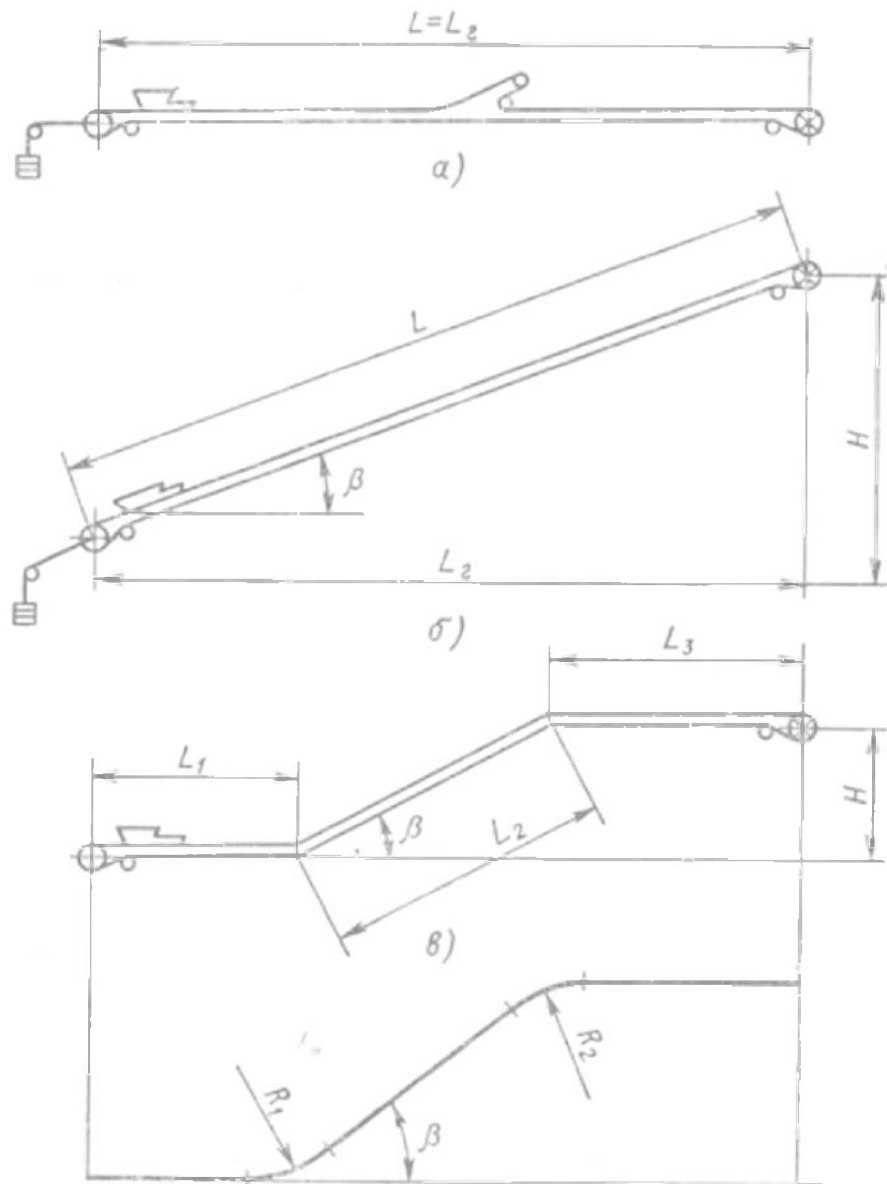


Рисунок 2 – Схеми трас конвеєрів:

а – горизонтальний конвеєр зі скидуючим візком; б – похилий прямолінійний конвеєр; в – конвеєр з ламаної трасою; г – криволінійні ділянки конвеєра

Практикою встановлено, що при великих швидкостях і малої ширині стрічки її рух іноді стає менш стійким і відбувається більш інтенсивне

пробудження вантажу з конвеєра, виникає небезпека збігання стрічки в бік у разі односторонньої завантаження або випадкових перекосів роликів, спостерігається підвищений знос стрічки в місцях завантаження і установки пристроїв для очищення стрічки; підвищується небезпека займання стрічки при треніп її об нерухомі предмети, що має особливо враховувати «я для підземних умов; має місце значне пилеутворення при транспортуванні сухих вантажів, що створюють пил і т. д.

При розрахунку транспортують машин, що працюють при випадкових вхідних вантажопотоки, важливе значення мають характеристики вантажопотоків на різних інтервалах часу. При розрахунку температурного режиму роботи приводу (його температура стабілізується за час, приблизно рівний 5-6 годин) необхідно знати константи вантажопотоку, приблизно рівні за тривалістю постійним часу теплових перехідних процесів в приводі. При розрахунку кількості просипів з конвеєра характеристики вантажопотоку необхідно визначити на менших інтервалах часу, наприклад хвилинному. Такі характеристики можна назвати макроконстантами.

Маючи кінцеву жорсткість в поздовжньому і в поперечному напрямках, стрічка при русі по роликоопор деформується. Деформація стрічки призводить до її провисання між роликоопорами, а також до її розвалу в бічному напрямку, пов'язаного зі зменшенням кривизни поперечного перерізу. Стрічка є недосконалим пружним тілом, і це викликає втрату енергії при її деформації, яка еквівалентна певній силі опору руху.

Насипний вантаж на стрічці також деформується і його деформація призводить до незворотних втрат енергії, тобто до появи ще однієї сили - сили опору руху від деформування вантажу. На ці дві сили впливають всі ті чинники, від яких залежить деформований стан стрічки: натяг і швидкість руху стрічки, лінійне навантаження на неї, відстань між роликоопорами, кут нахилу бічних роликів, жорсткість стрічки в поздовжньому і поперечному напрямках (залежні в свою чергу від швидкості руху стрічки); крім того, складова залежить від типу вантажу, його вологості, кусковатості тощо.

Розрахунок перехідних режимів заснований на аналізі хвильових процесів, що виникають в стрічці при пуску і гальмуванні конвеєра. Найважливішим параметром хвильового процесу є швидкість поширення поздовжньої пружної хвилі.

Основні труднощі при розрахунку швидкості поширення хвиль в конвеєрній стрічці пов'язані з наступними основними факторами:

1) подовжня жорсткість конвеєрної стрічки визначається не тільки поздовжніми пружними деформаціями, але також формою і величиною прогину між роликкоопорами і, отже, нелінійно залежить від натягу стрічки;

2) стрічка має значний внутрішнім тертям, є упругов'язких тілом і її механічні властивості залежать від швидкості навантаження, т. Е. Поздовжня жорсткість стрічки при проходженні пружних хвиль визначається також крутизною фронту хвиль; швидкість хвилі в загальному випадку визначається не тільки пружними, але і в'язкими характеристиками стрічки, а їх значення, як правило, відомі дуже наближено;

3) при залученні в рух нерухомою стрічки частина енергії прямий пусковий хвилі витрачається на подолання сил тертя в роликкоопорах (якщо ці сили перед початком руху не рівні за величиною і напрямком силам тертя при рухомій з усталеною швидкістю стрічці), в результаті чого швидкість поширення прямий хвилі знижується і її величина визначається передпусковий діаграмою натягу контуру стрічки і постійно мінливих прискоренням на фронті хвилі.

2 АНАЛІЗ СПОСОБІВ ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ СТІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

2.1 Дослідження ступеня ефективності керування стрічкових конвеєрів при змінному вантажопотоці

Сучасні тенденції до вдосконалення застосування стрічкових конвеєрів тісно пов'язані з розвитком систем оптимізації режимів роботи на основі мінімізації транспортних витрат.

Досвід роботи зі стрічкових конвеєрів довів, що найефективнішим способом зменшення енергоспоживання та зменшення зносу конвеєрних стрічок, роликів та конвеєрних стрічок є використання частотно-керованого електроприводу, що дозволяє регулювати швидкість стрічки відповідно до фактичної ситуації. Навантаження конвеєра. За звичайних обставин машина отримує інші технічні переваги, не змінюючи конструкції. Приводною станцією, яка використовує електропривод змінної частоти для керування стрічковим конвеєром, може забезпечуватися:

- плавний пуск та зупинка асинхронних двигунів конвеєра;
- регулювання швидкості руху стрічки в автоматичному режимі, з урахуванням конкретних особливостей виробництв, залежно від поточної завантаженості та технологічних режимів роботи обладнання;
- покращення рівня технічного стану стрічкових конвеєрів шляхом автоматизації приводних станцій, підвищення рівня діагностики і захисту електричних кіл;
- зменшення динамічних навантажень у приводі та тяговому органі як у робочому режимі, так і в режимах перевантаження та стопоріння механізмів системи;
- підвищення надійності, подовження ресурсу та терміну служби обладнання;
- збільшення ресурсу тягового органу – стрічки;

– істотне зниження витрат електроенергії на переміщення матеріалів шляхом оптимізації навантажень за роботи в нестационарних, або близьких до нестационарних, режимах.

Енергозберігаюча робота стрічкового конвеєрного обладнання з передачею досягає 30-40% [1], а враховуючи економію електроенергії, збільшення ресурсів та довговічності обладнання, стрічкове конвеєрне обладнання оснащення перетворювачем частоти окупається менш ніж за рік. Вартість окупила.

Дослідження контролю швидкості стрічкового конвеєра для стабілізації його одиничного навантаження показали, що швидкість стрічкового конвеєра може бути набагато нижчою за номінальну. Тому вигідно аналізувати рушійну роботу стрічкового конвеєра у разі зміни швидкості та потоку вантажу.

На рисунку 3 наведено результати аналізу ступеня впливу швидкості тягового органу та інтенсивності потоку вантажу на навантаження на привод.

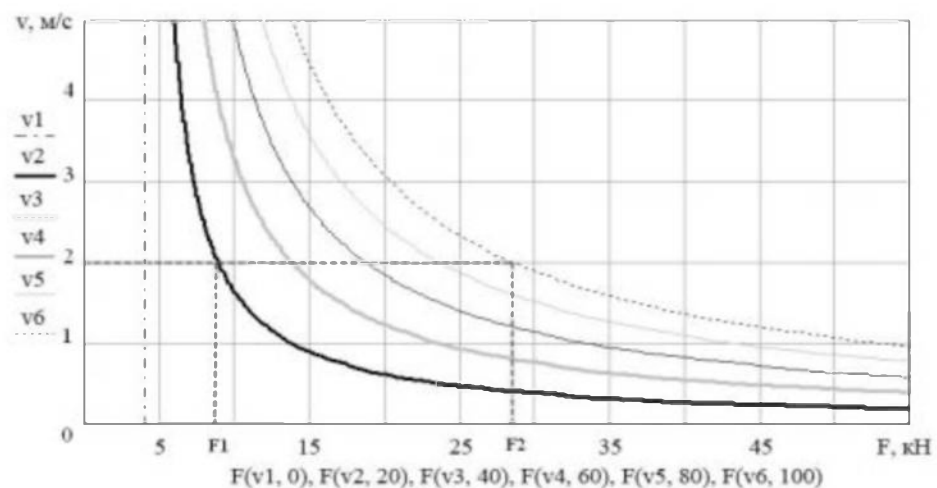


Рисунок 3 – Залежність величини тягового зусилля F від швидкості переміщення стрічки v та об'єму вантажопотоку Q

Із наведених результатів можна зробити висновок, що залежно від потоку вантажу значення тяги при постійній швидкості змінюватиметься кілька разів (наприклад, коли $v = 2$ м / с, сила тяги змінювалась у 3,5 рази), що навантаження двигуна змінюється і, отже, його ковзання. Виходячи з того, що оптимальне

ковзання відповідає максимальному коефіцієнту потужності та ефективності, є необхідним регулювати швидкість ремня, щоб досягти найкращої роботи ЕП.

За умови, що потік товару є змінним внаслідок періодичної роботи обладнання, результати математичного моделювання циклу роботи стрічкового конвеєра (рис. 4, 5) підтверджують наведені вище припущення.

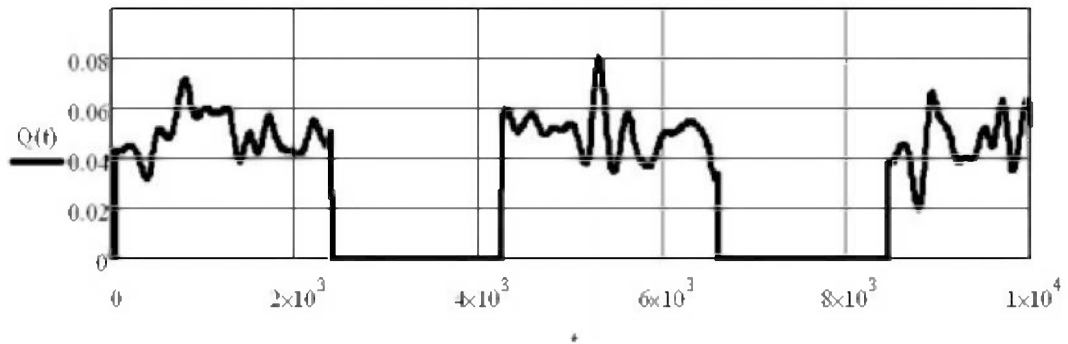


Рисунок 4 – Залежність вантажопотоку Q в функції часу, враховуючи циклічність роботи установки

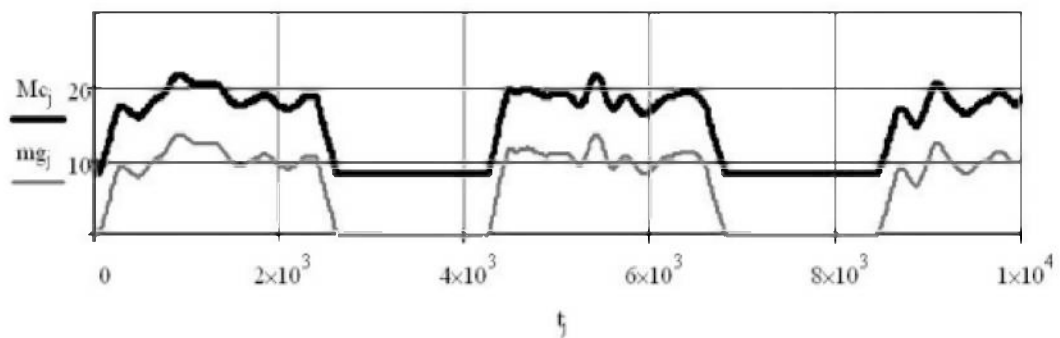


Рисунок 5 – Залежності маси матеріалу на стрічці mg та статичного моменту опору на валу двигуна M_c , враховуючи циклічність роботи конвеєра

З наведеної діаграми видно, що при відсутності регулювання швидкості обертання статичний крутний момент двигуна буде істотно змінюватися відповідно до потоку, що негативно позначиться на надійності двигуна та його енергоспоживанні. Якщо швидкість регулюється відповідно до потоку, можна оптимізувати енергетичні показники електричної конвеєрної стрічки, попутно збільшивши строк служби конвеєрної стрічки при її вартості в діапазоні від 40% до 75% ціни всього конвеєра.

Тому рекомендується знижувати швидкість АД при зменшенні потоку вантажу. Це забезпечує незмінність питомої ваги вантажу, що транспортується, а отже і постійний крутний момент на валу двигуна.

Для того, щоб оцінити можливе зниження використання енергії за допомогою регульованих стрічкових конвеєрів порівняно з нерегульованими електроприводами, було розраховано відносне споживання електроенергії при використанні нерегульованих електроприводів та регульованих по частоті електроприводів для транспортування однакових обсягів вантажів. співвідношення різних номінальних кутових швидкостей, що дорівнює 1: 2 та 1: 3 швидкості, тим самим дискретно контролюючи лінійну швидкість конвеєрної стрічки [2].

В процесі оцінки вважалося, що система автоматичного керування електроприводом забезпечує підтримку постійного робочого навантаження конвеєрної стрічки. Електропривод конвеєра в такому випадку працює з оптимальним споживанням енергії. У таблиці 1 наведено значення параметрів електроприводу стрічкового конвеєра 2L80U та отримані дані про енергоспоживання приводу конвеєра, виражене у відносних одиницях.

Базовим значенням є потужність, споживана нерегульованим електроприводом. Провівши аналіз з технічного паспорта стає зрозумілим, що, наприклад, застосування плавної зміни лінійної швидкості ременя за допомогою регульованого по частоті електроприводу дозволяє зменшити споживання енергії на 26-38% порівняно з нерегульованим електроприводом. Для дискретного контролю лінійної швидкості конвеєрної стрічки використовуються двошвидкісні електроприводи із співвідношеннями кутових швидкостей 1 до 2 та 1 до 3. Порівняно з нерегульованими приводами споживання енергії можна зменшити на 5 ... 21%. Чим менше навантаження на конвеєрну стрічку, тим вища економія енергії при використанні регульованих приводів.

Таблиця 1 – Споживання електроенергії стрічковим конвеєром

Тип електроприводу	Енергія, споживана при відповідному завантаженні конвеєра, в.о.	
	низька	висока
Нерегульований асинхронного типу	1,0	1,0
Частотно-регульований асинхронний	0,63	0,75
Двошвидкісний асинхронного типу зі співвідношенням швидкостей	0,8	0,92
	1:2	0,81
	1:3	0,95

Отже, використовуючи частотно-регульований привід конвеєрного двигуна, можна плавно регулювати лінійну швидкість стрічки, найбільше економити енергію і транспортувати вантаж із змінним потоком. Також важлива можливість плавного запуску конвеєра. Зверніть увагу, що характеристикою регулювання частоти електричного приводу конвеєра є те, що йому потрібно використовувати асинхронний двигун з функцією примусового охолодження, щоб кутова швидкість не змінювалася, коли кутова швидкість регулюється нижче номінального стану охолодження двигуна. Таким чином, можна забезпечити постійне значення в умовах нагріву, яке дорівнює номінальному значенню, яке є крутним моментом АД на всіх швидкостях.

2.2 Покращення енергетичних показників електроприводів стрічкових конвеєрів з частотним керуванням

В даний час експлуатаційні характеристики стрічкових конвеєрів вимагають особливої уваги до енергії, ефективного використання електроенергії та підвищення енергоефективності його роботи. У той же час можна

передбачити, що вплив енергозбереження на таке обладнання буде дуже значним.

Енергозбереження двигуна можна реалізувати за допомогою автоматичного електроприводу. Електроприводи повинні економити енергію завдяки економічній роботі конвеєрної стрічки та зменшувати втрати електроприводів, але автоматичні електроприводи є не лише джерелом розумного використання електроенергії, але й ресурсами обладнання. Плавню запускаючи та зупиняючи стрічку в контрольованому режимі, вона може забезпечити режим роботи, за винятком перевантаження. У цьому випадку, оскільки найкоштовнішим компонентом стрічкового конвеєра є сама стрічка, конвеєр буде працювати довгий час і економити ресурси. Це підтверджує, що дослідження та розробка характеристик, режимів роботи енергозберігаючих електроприводних пристроїв для стрічкових конвеєрів є актуальним завданням.

Система енерго- та ресурсозбереження. Електричні приводи змінного струму з регульованою статора частотою поступово стають основними електроприводами стрічкових конвеєрів. Він достатньо простий в експлуатації і має хороші контрольні характеристики. Удосконалення цього приводу змінного струму є предметом значної кількості наукових доробків. Є дані, що зменшення середньої швидкості конвеєра при збереженні постійного навантаження може зменшити втрати енергії на одиницю ваги транспортованого товару. Зменшуючи продуктивність та підтримуючи постійну швидкість конвеєра, ефективність знизиться, а відносна частка енергії для подолання крутного моменту на холостому ході збільшиться. Контроль швидкості обертання конвеєра може заощадити до 39% енергії, споживаної приводним конвеєрним двигуном, порівняно з нерегульованими конвеєрами на тонну. Автоматичне керування завантаженості конвеєрної стрічки може здійснюватися за допомогою різних систем автоматичного керування. Це може бути стабільна система, яка автоматично контролює певне навантаження, яка утримує навантаження на потрібному рівні, а швидкість ремня встановлюється на основі зчитування конкретного датчика навантаження. Ця система пр кілька недоліків: наприклад,

зміна частоти, спричинена швидкістю стрічки, є великою, а рівень динамічного навантаження високим, що скоротить термін служби стрічки. Іншим недоліком є затримка транспорту та труднощі з підтримкою необхідної якості управління. Деякі з цих недоліків можуть бути усунені двоканальними та трипозиційними системами, які автоматично управляються певними навантаженнями. У системі використовується зарядний бункер з регульованою за потужністю подачею та автоматичним електроприводом для основного тягового приводу конвеєра. В якості пристрою управління використовується трипозиційний контролер з двома каналами керування. Відповідно до об'єму матеріалу в бункері, канал утворює ступінчасту зміну швидкості та продуктивності стрічки. Якщо змінюються вхідна витрата та рівень матеріалу в бункері, система керування регулює швидкість стрічки та продуктивність подавача. Ця робота системи керування може підтримувати постійну питому вагу конвеєрної стрічки, одночасно усуваючи високі рівні динамічного навантаження. Вищезгадана система управління розглядає енергетичну ефективність електроприводу з точки зору процесу.

Оптимізація втрат в електроприводі. Розглянемо проблеми оптимізації втрат, пов'язані з двигунами, перетворювачами частоти та, як правило, електричними приводами. Для стрічкових конвеєрів найважливішим є оптимізація втрат енергії асинхронних двигунів. Для вирішення проблеми оптимізації необхідно здійснити аналіз екстремальних енергетичних характеристики АД, що показує характер зв'язку між втратами потужності двигуна та абсолютним ковзанням. Графік цієї характеристики показує зміну ковзання в конкретному режимі роботи, що дозволяє визначити умови, що мінімізують втрати асинхронного двигуна. Отже, при номінальному навантаженні, коли абсолютне значення ковзання менше, ніж номінальне ковзання, будуть реалізовані мінімальні втрати потужності асинхронного двигуна. У цьому випадку муфта основного потоку перевищує номінальне значення, а напруга живлення розширюється відносно номінальної. При ковзанні, рівному номінальному і більше асинхронний двигун має певні

характеристики, і коли напруга статора збільшується, струм статора зменшується. На основі характеристик роботи пропонується алгоритм із пошуку магнітного стану асинхронних двигунів для мінімізації втрат потужності. Цей алгоритм найбільш підходить для асинхронних двигунів з електроприводом зі скалярним управлінням U / f .

Для систем векторного управління проблема оптимізації втрат часто може зводитися до пошуку найкращого потоку статора. Розмір оптимального потоку статора знаходиться між оптимальним магнітним потоком, який мінімізує втрати в міді, та оптимальним магнітним потоком, який мінімізує втрати в сталі, з цієї причини вони мають особливий вираз [3]. Застосування найкращого зв'язку потоку статора може мінімізувати загальні втрати електричної енергії, тому пропонується спеціальний чисельний метод пошуку. Перевага запропонованого способу полягає в тому, що він застосовний до будь-якої системи управління асинхронними приводами, що забезпечує можливість контролю стану двигуна за допомогою польово-орієнтованого управління або прямого контролю крутного моменту.

Аналіз приводів електричних конвеєрів. Вищезазначений аналіз показує, що ефект від використання регульованого частоти електроприводу для стрічкового конвеєра полягає не тільки в простому встановленні перетворювача частоти, але також за допомогою правильно підібраної та налаштованої системи управління.

Отримані результати підтверджують, що рівень енергозбереження стрічкових конвеєрів дуже низький без використання спеціальних систем управління електроприводами. Однак теорія полягає в тому, що заощадження можна збільшити. При використанні прямого управління крутним моментом із завданням постійного з'єднання потоку, як методу управління асинхронним двигуном, величина магнітних втрат залишається незмінною. Отримана економія не в тому, що використовуються перетворювачі частоти, а внаслідок зменшення частоти обертання двигуна і, отже, напруги. Згідно з даними моніторингу, рівень напруги знизився з 80% від номінального значення до 85%.

Згідно з цією теорією, при роботі в вищезазначених умовах, впливаючи на магнітний потік, електропривод з регульованою частотою може використовуватися при однаковому навантаженні для отримання значних ефектів. Цей факт дає підтвердження існуванню енергозберігаючих запасів стрічкових конвеєрів. Отже, оптимізація потоку може покращити енергетичну ефективність приводу стрічкового конвеєра. Отже, при низькому навантаженні двигуна заощаджені витрати дуже значні – досягають 70% на холостому ході, проте в міру збільшення навантаження, заощаджена вартість майже дорівнює нулю.

2.3 Способи підвищення енергоефективності електроприводів стрічкових конвеєрів із частотним керуванням

В даний час проблема ефективного використання енергії стає все більш помітною. У різних галузях промисловості одним з найважливіших технічних процесів є процес використання стрічкових конвеєрів для транспортування матеріалів. Використовуючи електропривод з перетворювачем частоти, можна досягти найкращого споживання електричної енергії в електроприводі конвеєра.

Існує два основні шляхи підвищення енергоефективності стрічкових конвеєрів: регулювання швидкості та зміна стану двигуна. У цій роботі представлено науковий доказ того, що енергетичну ефективність процесу можна покращити за допомогою електроприводу. Те саме стосується творів. Коли конвеєр знаходиться під навантаженням, його продуктивність зменшиться, і при постійній швидкості конвеєра відносна частка потужності для подолання крутного моменту на холостому ході збільшиться. Тому для підвищення ефективності необхідно працювати зі змінною швидкістю. Ця швидкість повинна забезпечувати необхідну продуктивність при постійному крутному моменті навантаження.

Публікація підтверджує, що при регулюванні швидкості транспортера на одну тонну можна економити до 39% енергії. Автор стверджує, що стрічковий

конвеєр споживає приблизно 1 мільйон кіловат-годин електроенергії на рік на кілометр. У той же час щорічне споживання електроенергії може бути менше 0,3 млн кВт-год. Для того, щоб забезпечити велику економію енергії, вдаються до регулювання швидкості конвеєрної стрічки.

Оптимізація швидкості електричного конвеєра стрічкового конвеєра. Джерело підтвердило, що автоматичне управління навантаженням конвеєрної стрічки може заощадити еквівалентно:

$$\Delta E = \frac{1-k_E}{k_E k_t} 100\% ,$$

де $k_E = \frac{q_{сер}}{q_{ном}}$; $k_t = \frac{q_{ном}}{q_c}$ – коефіцієнти використання відповідно конвеєра і тари,

$q_{сер}, q_{ном}$ – погонне завантаження стрічки конвеєра відповідно середнє і номінальне, q_c – вага одного метру стрічки.

Керування завантаженням стрічки конвеєра в автоматичному режимі може бути здійснено за допомогою різних систем автоматичного управління.

Система стабілізації, яка автоматично регулює робоче навантаження, утримує кінцеве навантаження на встановленому рівні відповідно до законодавства.

Ця система має ряд недоліків, таких як висока частота зміни швидкості стрічки та збільшення рівня динамічного навантаження, що призводить до скорочення терміну корисного використання стрічки. Іншими недоліками є затримка в контурі управління, і важко забезпечити необхідні показники якості регулювання.

Деякі з цих недоліків були усунені в двоканальній трипозиційній системі, що використовується для автоматичного контролю робочого навантаження. У системі використовується підйомний пристрій з регульованою подачею та конвеєр із регульованим електроприводом [4]. В якості пристрою управління використовується трипозиційний контролер з двома каналами управління. Ними

формується ступінчаста зміна швидкості стрічки $\pm c_{\text{трив}}$ і продуктивності подачі $\pm \Delta Q$, що є функцією висоти матеріалу в бункері h .

Коли вхідний вантажний потік зміниться, рівень матеріалу в приймальному обладнанні також зміниться. Система змінює швидкість стрічки та продуктивність подавача відповідно до таких виразів: $\Delta v = \pm \Delta v$, $Q = \pm \Delta Q$. Ця робота системи управління підтримує постійне робоче навантаження конвеєрної стрічки.

Отже, можна зробити висновок, що якщо швидкість стрічки можна регулювати, це потрібно зробити.

Оптимізація втрат електричного приводу стрічкового конвеєра. З точки зору впливу на процес, вищезазначена система управління враховує енергетичну ефективність електроприводу. Однак здатність впливати на технічні процеси є не завжди доступною. Для електроприводів одним із важливих критеріїв якості з енергетичних причин є втрата потужності. Зменшення їх також є джерелом енергоефективності.

Розглянемо проблему електричного приводу, який оптимізує регулювання частоти для втрат потужності в асинхронному двигуні АД. Вибираючи метод вирішення задачі оптимізації, корисно розуміти характеристики аналізу крайніх характеристик двигуна, які відображають значення параметра в кожній фіксованій точці рекомендованої робочої зони електроприводу при зміні абсолютне ковзання β асинхронного двигуна.

Ця книга отримала результати розрахунку граничних характеристик асинхронних двигунів, як показано на рисунку 6. Ці цифри підтверджують основну можливість забезпечення роботи двигуна із заданими швидкістю та навантаженням при різному абсолютному ковзанні β .

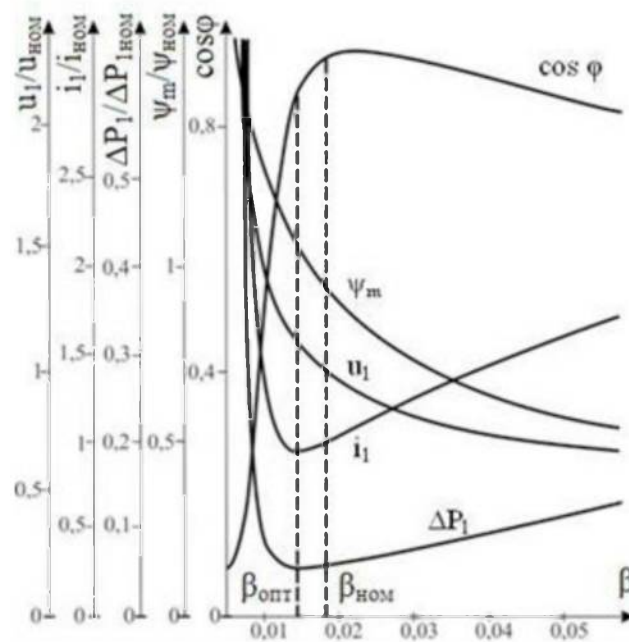


Рисунок 6– Характеристики АД, як об'єкта оптимального управління

Зміни ковзання при заданих технічних параметрах дозволяють виявити умови, що мінімізують втрати двигуна. З діаграми на рисунку 6 можна бачити, що при номінальному навантаженні, коли абсолютне значення ковзання в основному менше номінального значення ($\beta_{опт} < \beta_{ном}$), втрати асинхронного двигуна мінімізуються. У цьому випадку основний магнітний потік (зв'язок основного магнітного потоку) перевищує номінальне значення ($\psi_{m.опт} > \psi_{m.ном}$). Порівняно з номінальним значенням, це вимагає певного збільшення напруги джерела живлення. В області номінального ковзання двигун є специфічним елементом схеми, оскільки струм статора зменшується із збільшенням напруги статора.

Блок-схема алгоритму пошуку параметрів магнітного стану двигуна з метою мінімізації втрат продемонстрована на рисунку 7. Цей алгоритм є найбільш придатним для електроприводів асинхронних двигунів із пропорційним законом частоти управління, але він також може використовуватися для інших систем керування.

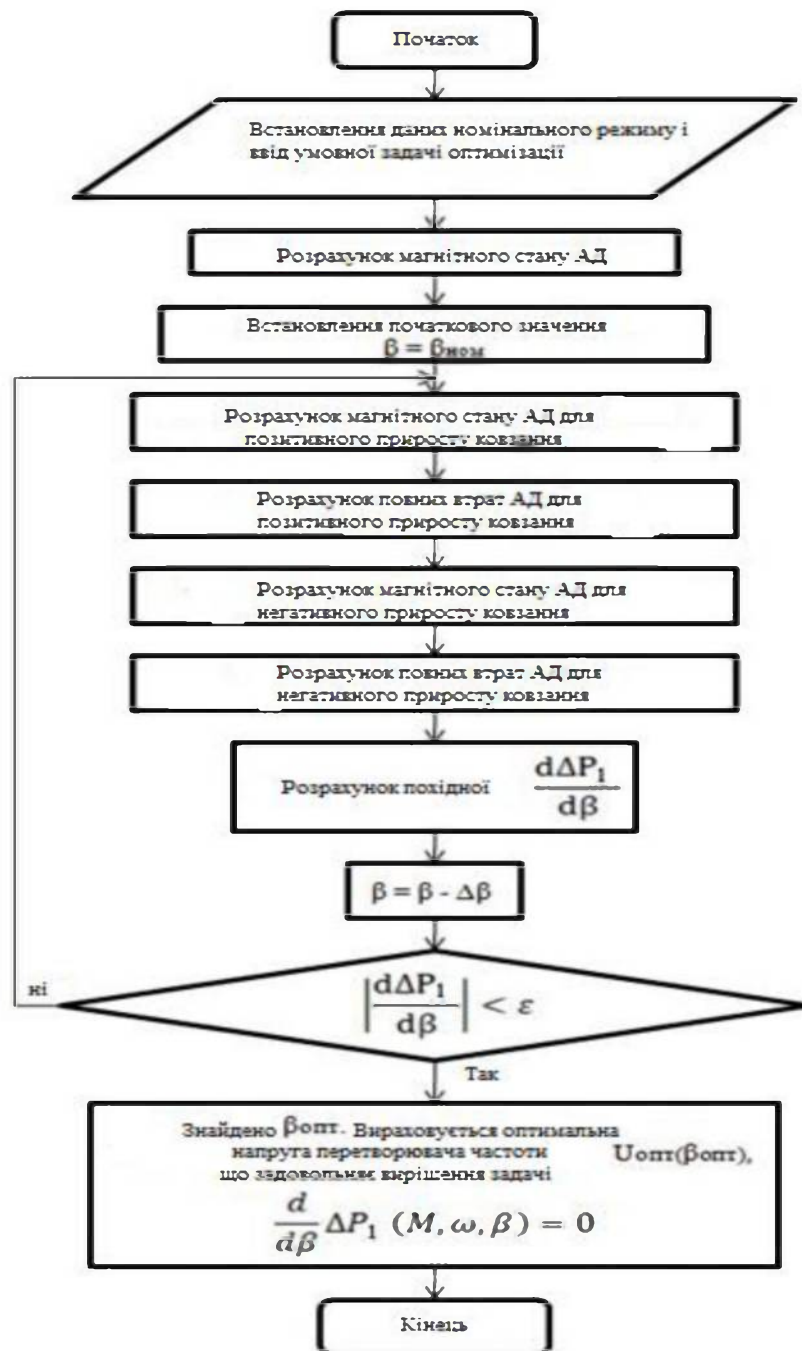
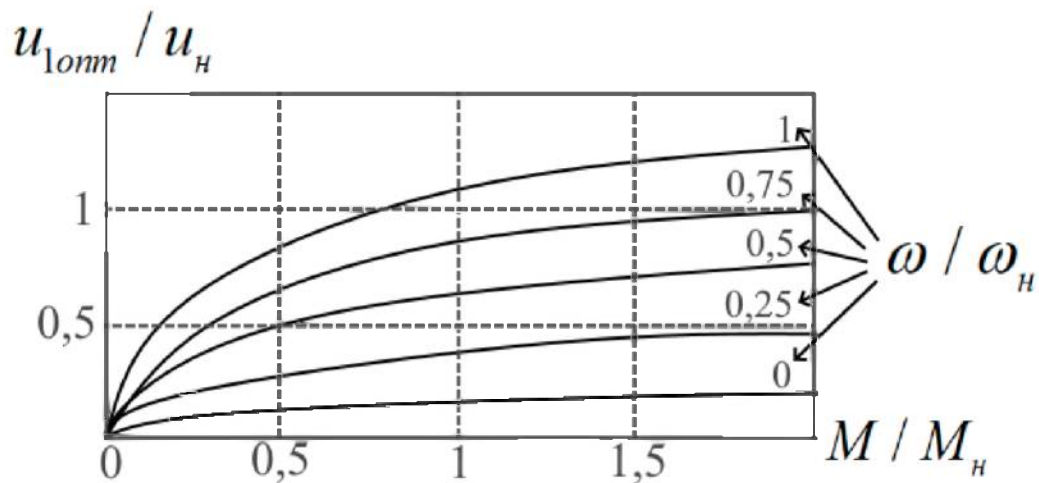


Рисунок 7 – Блок-схема алгоритму пошуку параметрів магнітного стану асинхронного двигуна з метою мінімізації втрат

Чим більше значення крутного моменту, тим нижча частота обертання двигуна і тим критичніша зміна втрат функції, спричинених абсолютним виразом. Зміни крутного моменту суттєво вплинуть на величину найкращого абсолютного ковзання. Тому неприпустимо ігнорувати залежність оптимального абсолютного ковзання від крутного моменту двигуна. При оптимальному

контролі магнітний потік сильно змінюється і залежить від крутного моменту та швидкості. На магнітний потік більше впливає крутний момент навантаження. Зі збільшенням крутного моменту вплив швидкості на потік знижується. Для забезпечення режиму найменших втрат магнітний потік повинен бути примусовим щодо його номінального значення, що досягається збільшенням напруги обмотки статора. На рисунку 8 показані характеристики напруги оптимально керованого статора асинхронного двигуна з мінімальними втратами. Ці характеристики вказують на те, що для забезпечення найкращого режиму до обмотки статора потрібно додати вищу напругу.



Рисунк 8 – Статорна напруга асинхронного двигуна при оптимальному керуванні за мінімумом втрат

Знайдіть проблему проміжного стану двигуна, де значення налаштування муфти потоку статора знаходиться між найкращим значенням налаштування муфти потоку статора та найкращим значенням налаштування муфти потоку статора, що мінімізує втрати потужності R_e . Це забезпечує мінімальні втрати потужності та суму втрат сталі $R_e + P_c$. Забезпечує числову технологію пошуку для оптимального значення налаштування муфти потоку статора, яка може мінімізувати $R_e + P_c$. Метод пошуку завдання на оптимізацію загальних втрат асинхронного двигуна показаний на рисунку 9.

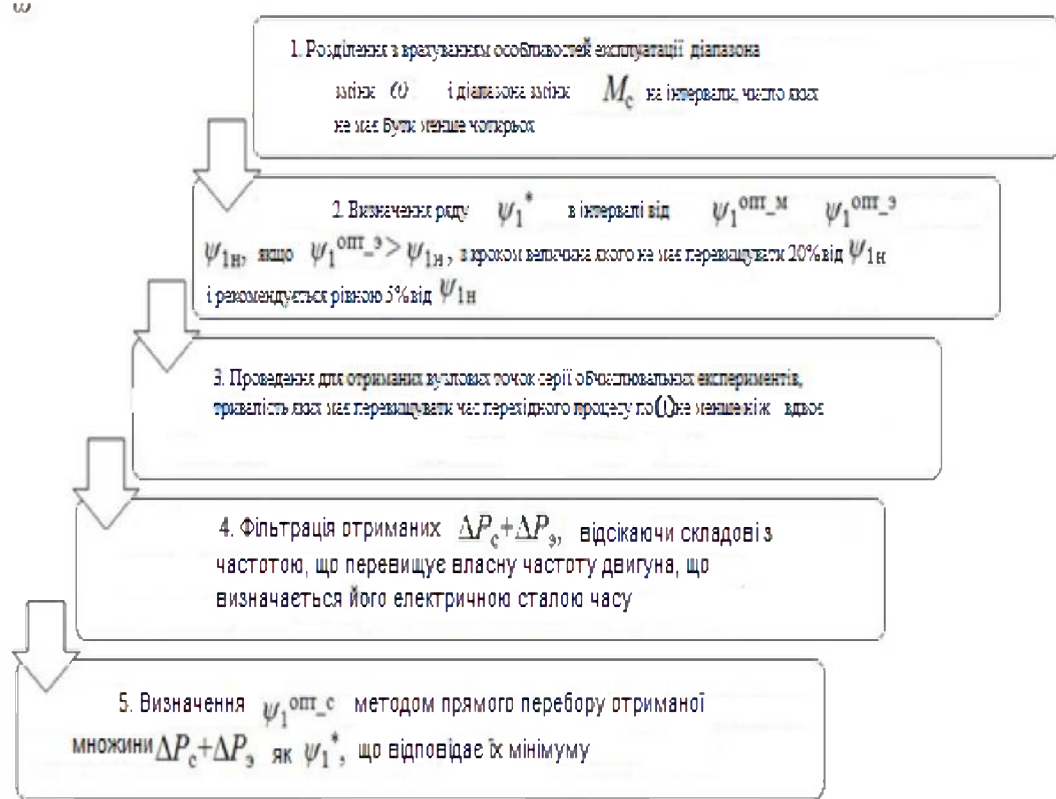


Рисунок 9 – Блок-схема алгоритму пошуку завдань для оптимізації за сумарними втратами АД

Перевага запропонованого методу визначення в тому, що він застосовний до системи управління двигуном змінного струму, що забезпечує можливість регулювання стану двигуна, наприклад, можливість векторного управління та безпосереднього контролю крутного моменту.

2.4 Нерівномірність завантаження як фактор збільшення енерговитрат на переміщення вантажів

Одним із шляхів підвищення ефективності транспортування конвеєром є зменшення транспортних витрат. Важливо зменшити енергетичні витрати та збільшити термін служби конвеєрів, щоб зменшити транспортні витрати. Сучасні дослідження з цього питання дали різні результати при оцінці

енергоефективності регульованих приводних стрічкових конвеєрів.[5] Ця ситуація також є проблематичною для оцінки статистичних характеристик обсягу вантажних перевезень на транспортному літаку, що безпосередньо впливає на результати розрахунку його енергоефективності та ресурсів.

Найбільш поширеним індексом енергоефективності транспортного обладнання є параметр питомого енергоспоживання E -енергоспоживання при транспортуванні 1 тонни вантажу на відстань 1 км, який визначається за такою формулою:

$$E = \frac{N}{Q_{сер} L}, \text{ кВт} \cdot \text{год} / (\text{т} \cdot \text{км}),$$

де N – споживана потужність, кВт; $Q_{сер}$ – середній вантажопотік, т/год; L – практична довжина конвеєра, км.

У реальних умовах значення споживаної потужності та середнього вантажопотоку, які відповідають поточному значенню маси вантажу на конвеєрі, змінюються під час роботи конвеєрного механізму.

У більшості випадків для конвеєрів потік товару нерівномірний, що впливає на статичне навантаження електроприводу. Ці характеристики стрічкових конвеєрів роблять енергоефективність, економію енергії та інші питання найважливішими. У цьому випадку використання регульованих електроприводів є не лише джерелом розумного використання електроенергії, але й ресурсом конвеєрного обладнання.

На сьогодні електропривод із частотним керуванням розглядається як стандартна конфігурація стрічкового конвеєра. Він відносно простий і має хороші керуючі характеристики, що дозволяє найкращим чином використовувати потужність, яку приводить конвеєр.

Отже, енергоефективність процесу стрічкового конвеєра може бути покращена за допомогою електроприводу. Коли транспортер недостатньо навантажений і швидкість стабільна, його продуктивність зменшиться, а

відносна частка потужності при подоланні крутного моменту на холостому ході зростає. Отже, для підвищення ефективності стрічкового конвеєра необхідно змінити швидкість.

Контроль навантаження конвеєрної стрічки може бути реалізований за допомогою різних автоматичних систем управління.

Коли основною технічною вимогою є забезпечення максимально можливих показників конвеєрної стрічки наскільки це можливо, регулювання швидкості руху слід застосовувати у напрямку збільшення конвеєрної стрічки у разі зменшення потоку вантажу. Одночасно енергетичні показники погіршуються, і швидкість потрібно регулювати вгору.

Більшість експертів вважають, що доцільно використовувати стрічкову конвеєрну систему для стабілізації ходового навантаження на стрічці та утримання її на заданому рівні. У разі зменшення обсягу вантажу швидкість слід зменшувати пропорційно, щоб підвищити енергоефективність та заощадити ресурси, підтримуючи майже постійне статичне навантаження. Тому механічне обладнання конвеєра (роликові підшипники, ремені тощо) постійно працює. Номінальний режим проектування. Однак ця система має деякі недоліки. В умовах швидко мінливого вантажного потоку швидкість стрічки змінюється досить часто, а підвищений рівень динамічного навантаження призводить до зменшення терміну служби стрічки, і стрічка є найдорожчою частиною конвеєрного обладнання.

Одним із ефективних способів підвищення технічного рівня транспортної техніки на гірничих підприємствах є оптимізація їх роботи на основі енергоефективності.

У структурі задачі оптимізації цільова функція займає ключову позицію, оскільки вона не тільки визначає стандарт оптимізації, але й визначає постійні параметри проектування та оптимізації.

Як варіант вирішення проблеми оптимізації режиму роботи приводу стрічкового конвеєра для зменшення енергетичних витрат на транспортування вантажів, традиційно пропонується оптимальний алгоритм регулювання частоти

швидкості стрічки. Однак наразі не існує єдиного стандарту для оцінки енергоефективності регульованих приводних стрічкових конвеєрів.

Запропонована цільова функція не може оптимізувати режим роботи регульованого приводу на основі енергоефективності, але вона не повністю враховує вплив фактичного закону розподілу вантажу на конвеєр, технологічні та конструктивні параметри. Конвеєр та його привід мають єдину енергоефективність.[6] Тому необхідні дослідження для з'ясування впливу цих параметрів конвеєра на споживання енергії під час перевезення вантажів.

В результаті експериментальних досліджень було встановлено, що стрічкове навантаження суттєво впливає на величину одиничного енергоспоживання для транспортування масових вантажів конвеєром, взаємозв'язок якого є гіперболічним, та мінімальне значення одиничного енергоспоживання для транспорт відповідає максимальній потужності конвеєра. Аналіз залежності одиничної витрати енергії на транспортування вантажів конвеєрною стрічкою від стрічкового навантаження показує, що в робочих умовах конвеєр працює не ефективно, оскільки математичне сподівання одиничного енергоспоживання в 1,9 рази перевищує мінімальне значення останнього режиму.

Отже, на величину одиниці енерговитрат на перевезення вантажів суттєво впливає величина навантаження на стрічку, яка виникає в результаті прийому потоку навантаження на конвеєр, зміна якого під час транспортування є випадковою. Характер зміни навантаження стрічки визначається законом розподілу потоку заряду як випадкова величина. Отже, функція цілі оптимізації структури та методів контролю швидкості стрічкового конвеєра з точки зору енергоефективності повинна враховувати коефіцієнт навантаження стрічки залежно від приймальної потужності конвеєра.

При визначенні середньозваженої одиниці енерговитрат слід враховувати конструктивні параметри механічної частини конвеєра, приводних двигунів та стрічкових регуляторів швидкості. Отже, величина цільової функції повинна

визначатися наведеними технологічними та конструктивними параметрами конвеєра.

Оптимальний параметр структури приводу і режиму роботи стрічкового конвеєра – швидкість стрічки, визначається методом регулювання швидкості стрічки.

Швидкість конвеєрної стрічки можна регулювати електрично та механічно. Найбільш перспективним методом регулювання швидкості стрічкової стрічки тепер слід враховувати регулювання частоти.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗРАХУНОК СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА

3.1 Розрахунок конвеєрної лінії

3.1.1 Вихідні дані

Об'єктом дослідження обираємо стрічковий конвеєр для транспортування насипних вантажів від ТОВ «ЕКВИПТЕХ», Україна.

Нормативна продуктивність $Q = 120 \text{ т/год}$

Швидкість переміщення стрічки $v = 1,25 \text{ м/с}$

Насипна щільність вантажу $\rho = 0,8 \text{ т/м}^3$

Довжина конвеєра $L = 30 \text{ м}$

Кут нахилу $\beta = 0^\circ$

Загальну схему конвеєра стрічкового типу приведено на рис. 10.

3.1.2 Розрахунок параметрів і вибір елементів конвеєрної установки

Ширина стрічки конвеєра

У разі використання конвеєру для транспортування штучних вантажів, ширина стрічки::

$$B = b + (50 \div 200) \text{ мм},$$

де b – ширина вантажу, мм.

Якщо технологічний процес передбачає транспортування насипних вантажів ширина стрічки:

$$B = 1.1 \left(\sqrt{\frac{Q}{V \cdot \rho \cdot k_n \cdot k_\beta}} + 0.05 \right) = 1.1 \left(\sqrt{\frac{120}{1.25 \cdot 0.8 \cdot 470 \cdot 0.95}} + 0.05 \right) = 0.625 \text{ м}$$

де Q – номінальна продуктивність конвеєра, т/год;

V – швидкість руху конвеєрної стрічки, м/с;

p – щільність насипаного вантажу, т/м³;

$k_n = 3600 \cdot S_{sp} / b^2$ – коефіцієнт розмірів вантажу відносно стрічки;

k_β – коефіцієнт, що враховує кут нахилу конвеєра.

Отримане значення ширини конвеєрної стрічки потрібно округлити до найближчої величини за стандартом ГОСТ 22644-77:

Вибір типу конвеєрної стрічки, знаходження її основних параметрів.

Стрічкові конвеєри найчастіше облаштовують прогумованими тканинними стрічками, що конструктивно виконані з гумових прокладок, що розташовуються на пошаровому тяговому каркасі. Умовами експлуатації та призначення розрізняються п'ять типів гумовотканинних стрічок: загального призначення, теплостійкі та підвищеної теплостійкості, морозостійкі, негорючі і харчові.

Для обраної конвеєрної стрічки попередньо можна прийняти три тканинних прокладки за мінімальної міцності прокладки $K_p = 55 \text{ Н / мм}$, товщина однієї такої тканинної прокладки 1,15 мм.

Товщина обкладання поверхні обирається в діапазоні 1-3 мм для робочої і 1-2 мм для неробочої.

Таким чином обрана стрічка позначається:

3-650-2-БКНЛ-75-2-2-Б-ГОСТ-20-77,

Орієнтовна маса одного метра стрічки

$$q_n = 1.1B(i \cdot \delta_1 + \delta_2 + \delta_3) = 1,1 \cdot 0,8(3 \cdot 1.15 + 2 + 2) = 6,56 \text{ кг / м},$$

де $\delta_1, \delta_2, \delta_3$ – товщини прокладок, мм; i – число тканинних прокладок.

3.1.3 Визначення основних параметрів роlikоопор

Вибір типу роlikового кронштейна.

Роликова опора є основною частиною стрічкового конвеєра. Валик повинен бути міцним, мати низький опір обертання, допомагати центрувати стрічку та забезпечувати необхідну герметичність стрічки. Для стрічкової робочої гілки при транспортуванні сипучих вантажів слід використовувати багато роликових опор (жолоб (тип "Ж"), а для сипучих вантажів ("плоска опора" (тип Р), що складається з одного ролика. Роликова опора виконана з валу, жорстко закріпленого на опорі (тип І), а опора закріплена на рамі конвеєрної стрічки болтами.

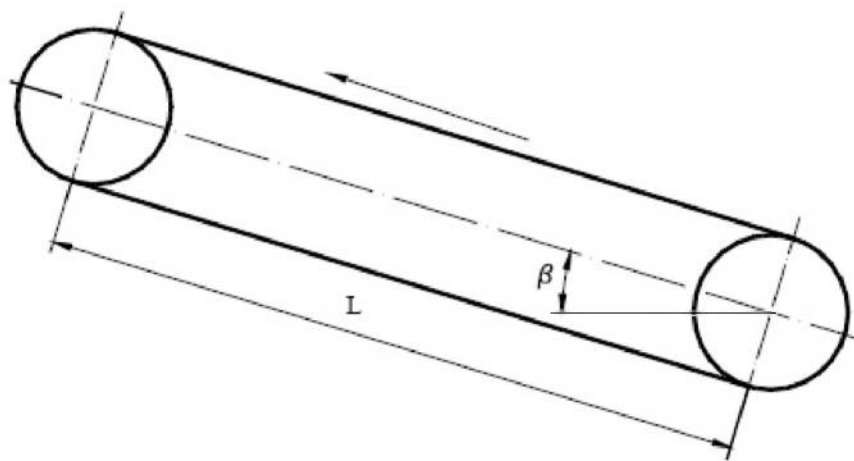


Рисунок 10 – Принципова схема стрічкового конвеєра

Розрахунок розмірів і ваги опорних роликів.

Обраною роликоопорою є:

Ж750-208 ГОСТ 21654-77

Визначення відстаней між роликоопорами.

Відстань між сусідніми роликоопорами для насипних вантажів:

для робочої гілки: $l'_p = 1 - 1,5 \text{ м}$; для холостої гілки $l''_p = 2 - 3 \text{ м}$.

Таким чином погонні маси обертових частин роликоопор
–робоча гілка:

$$q'_p = \frac{Q'_p}{l'_p} = \frac{12+1.7}{1} = 13,7 \text{ кг / м}$$

–холоста гілка:

$$q'' = \frac{Q''_p}{l''_p} = \frac{25}{2} = 12,5 \text{ кг / м}$$

де Q'_p і Q''_p – маса обертових частин роlikоопор на робочій гілці і холостій гілці відповідно.

3.1.4 Тяговий розрахунок конвеєра

Розрахунок тяги полягає у визначенні натягу стрічки в точці контуру шляхом обходу контурної лінії та тяги конвеєра.

Контур конвеєрного шляху поділяється на прямий (горизонтальний і похилий) і криволінійний (стрічковий поворот на барабанах і роliках). Нумерація та обчислення починаються з точки збігу стрічки та приводного барабана, що є точкою 1 на рисунку 11.

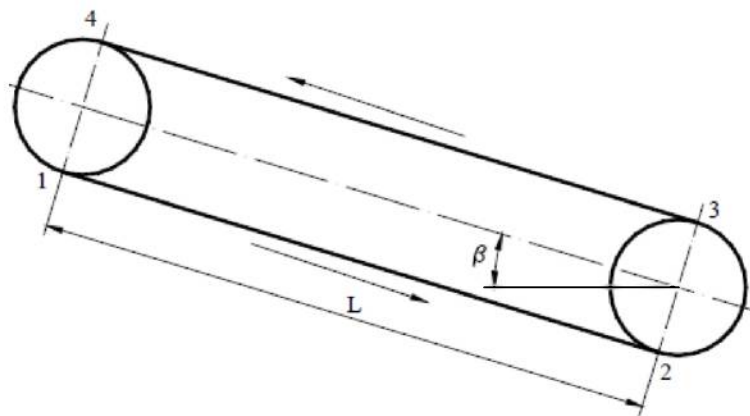


Рисунок 11 – Схема руху вантажів на конвеєрі

Розрахуємо натяг стрічки в точці контуру.

Розрахунок тягової сили конвеєра проводять методом послідовного підсумовування опору руху стрічки по всьому шляху руху конвеєра.

Контур шляху поділяється на різні частини за типом опору: пряма лінія (горизонтальна, похила), обертання (відхилення стрічки на барабані або барабані), завантажувально-розвантажувальний вузол. Нумерація та обчислення починаються з точки збігу стрічки та приводного барабана і продовжуються по всьому контуру шляху до кінця стрічки на приводному барабані.

Для верхньої гілки та нижньої гілки конвеєра спосіб визначення опору стрічки на прямій ділянці відрізняється. Опір стрічки на робочих і холостих гілках обчислюється за такою формулою:

$$\begin{aligned} S_2 &= S_1 + W_{1-2} \\ S_3 &= S_2 + W_{3-4} = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} \\ S_4 &= S_1 + W_{3-4} = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4} \end{aligned}$$

Опір на холостій гілці:

$$\begin{aligned} W_{1-2} &= (q_1 + q''_p) \cdot L \cdot g \cdot \cos \beta \cdot W' - q_a \cdot L \cdot g \cdot \sin \beta = \\ &= (5.327 + 12.5) \cdot 30 \cdot 9.81 \cdot 0.989 \cdot 0.022 - 5.327 \cdot 30 \cdot 9.81 \cdot 0.149 = 907.94H \end{aligned}$$

де L – довжина конвеєра, м;

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$;

W' – величина коефіцієнту опору руху стрічки:

– в приміщенні з опаленням та нормальною вологістю за наявності незначної кількості абразивного пилу

$$W' = 0.022 \div 0.025;$$

– в приміщенні без опалення та з підвищеною вологістю або під відкритим небом зі значною кількістю абразивного пилю

$$W' = 0,035 \div 0,04.$$

$$q = \frac{Q}{3.6V} = 26,7 \text{ кг / м}$$

$$\begin{aligned} W_{3-4} &= (q + q_n + p'_p) \cdot L \cdot g \cdot \cos \beta \cdot W' + (q + q_n) \cdot L \cdot g \cdot \sin \beta = \\ &= (26.7 + 5.327 + 13.7) \cdot 30 \cdot 9.81 \cdot 0.989 \cdot 0.022 + (26.7 + 5.327) \cdot 30 \cdot 9.81 \cdot 0.149 = 43320 \text{ Н} \end{aligned}$$

Величина S_1 та S_4 визначаються внаслідок розв'язання системи рівнянь:

$$S_4 = S_1 + W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4}$$

$$S_4 = S_1 \cdot e^{\mu\alpha}$$

$$W_{2-3} = 0.05 \cdot S_2 - 0.05(S_1 + W_{1-2})$$

$$S_1 e^{\mu\alpha} - S_1 = W_{1-2} + W_{2-3} + W_{3-4}$$

$$S_1 e^{\mu\alpha} - S_1 - 0.05 \cdot S_1 = W_{1-2} + 0.05 \cdot W_{1-2} + W_{3-4}$$

$$S_1 (e^{\mu\alpha} - 1 - 0.05) = W_{1-2} + 0.05 \cdot W_{1-2} + W_{3-4}$$

$$S_1 = \frac{W_{1-2} + 0.05 \cdot W_{1-2} + W_{3-4}}{0.82} = \frac{907.94 + 0.05 \cdot 907.94 + 43320}{0.82} = 53990 \text{ Н}$$

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = 53990 + 907.94 = 55000 \text{ Н}$$

$$S_3 = S_2 + W_{3-4} = 54898 + 43320 = 98218 \text{ Н}$$

$$W_{2-3} = 0.05 \times S_2 = 2744.9 \text{ Н}$$

$$S_4 = S_1 + W_{3-4} = 53990 + 43320 = 97310 \text{ Н},$$

де $e^{\mu\alpha}$ – тяговий коефіцієнт (для барабанів зі сталі або чавуна при вологій атмосфері та при куті обхвату 180 градусів можна взяти $e^{\mu\alpha} = 1,87$)

Розрахунок тягового зусилля.

Вираз для обчислення окружного зусилля на приводному барабані:

$$F_t = (S_4 - S_1) + 0.03 \cdot (S_4 + S_1) = \\ = (97310 - 53990) + 0.03 \cdot (97310 + 53990) = 47859 H$$

Перевірка стрічки на міцність.

Необхідне число прокладок стрічки:

$$i = \frac{S_{\max} n}{K_p \cdot B} = \frac{98218 \cdot 8}{150 \cdot 650} = 6$$

$$S_{\max} = S_3$$

$$K_p = 150 H / \text{мм}$$

де S_{\max} – максимально можливий натяг стрічки, Н; n – коефіцієнт запасу міцності; B – ширина стрічки, мм; k_p – коефіцієнт міцності тягової прокладки, Н / мм.

Може виявитись, що попередньо обрана кількість прокладок ($i = 2$) буде недостатньою, то її необхідно збільшувати (для обраної вище стрічки $i_{\max} = 8$), або обирати стрічку з прокладками з більшими коефіцієнтами міцності $k_p = 100$, 150 або 200 Н / мм.

3.2 Частотно-керований електропривод стрічкових конвеєрів

3.2.1 Застосування частотно-керуваних електроприводів

Інвертор виконує плавне регулювання швидкості і зменшує пусковий струм. Професійна серія має додаткові функції, які можуть розширити сферу застосування в різних сферах. Комунальний сектор вимагає найчастішого регулювання частоти – у системах водопостачання та водопостачання, опалення та вентиляції, енергетиці та гірничодобувній промисловості та харчовій промисловості.

Застосування перетворювача частоти в харчовій промисловості систем водопостачання та водовідведення насосів із управлінням перетворювачем

частоти використовуються для різних цілей: заглибні насоси та стволи свердловин на входах води, висхідні насоси на підйомних станціях, водопостачання та перекачування на насосних станціях та стічних водах станцій. Це рішення не вимагає використання запірної арматури для підтримки тиску та продуктивності. Регулювання частоти може значно зменшити потреби в енергії та запобігти надзвичайним ситуаціям.

У сфері житлово-комунального господарства перетворювач частоти може регулювати роботу насоса в температурній точці, автоматично керувати приводом у вентиляційному обладнанні та ліфті та керувати роботою компресора в подачі холодного повітря. Розроблено спеціальні рішення для систем протипожежного захисту.

У харчовій промисловості та інших галузях управління частотою дозволяє контролювати конвеєрні стрічки та швидкість конвеєрних стрічок на основі параметрів процесу. Безперебійна робота виробничої лінії може продовжити термін служби механічних деталей та підключеного обладнання.

Що стосується енергії, перетворювачі частоти контролюють роботу реактивних вентиляторів, повітродувок і витяжних вентиляторів, а також димових евакуаторів. Автоматизація управління приводом оптимізує процес згоряння та видалення диму. В результаті підвищується ефективність роботи котлоагрегату: економія палива, зменшення аварій та збільшення терміну служби обладнання, тим самим збільшуючи прибутковість виробництва.

Для гірничодобувної промисловості створена серія спеціальних перетворювачів частоти Mining Drive. Ця серія характеризується високою безпекою: обладнання може працювати при перевантаженні 180% від номінального струму двигуна. Регулювання крутного моменту за фактичним навантаженням може забезпечити високу продуктивність та зменшити споживання енергії до 30%. Виробництво такого перетворювача дозволяє вибрати найкраще рішення для функції конкретного проекту та зменшити собівартість продукції.

У металургійній промисловості перетворювачі частоти забезпечують високу точність регулювання виробничого циклу та контрольоване змішування розплавленого металу для отримання виробів з певними фізико-технічними параметрами. Розглянемо інноваційну систему змішування металів EMS (електромагнітне перемішування). EMS підтримує рівномірність міцності та температури, відповідно регулює струм і частоту, стабілізує геометричні параметри та повністю автоматичний потік процесу.

При виборі перетворювача частоти для регулювання швидкості тягового тіла конвеєрної установки слід дотримуватися таких правил:

а) Номінальна напруга приводного двигуна повинна відповідати номінальній напрузі перетворювача;

б) Номінальна потужність (струм) інвертора повинна відповідати номінальній потужності (струму) інвертора;

в) Дозволено включати лише кілька двигунів паралельно з перетворювачами частоти з перетворювачами частоти. Таке підключення двигуна допускається в діапазоні потужності (струму) перетворювача частоти (загальна номінальна потужність підключеного двигуна повинна бути рівною або меншою, ніж номінальна потужність перетворювача частоти);

г) перетворювач частоти на базі інвертора струму призначений для роботи з одним електроприводом, тобто він може бути підключений лише до одного приводного двигуна конвеєра;

д) для шахт, що становлять небезпеку для газу та пилу, потрібні вибухозахищені перетворювачі частоти. Вітчизняна та зарубіжна промисловість випускає спеціальні вибухозахищені перетворювачі частоти з вибухозахищеними перетворювачами частоти, які застосовуються на шахтних конвеєрах потужністю до 500 кВт під напругою 660 і 1140 В. Це необхідно для конвеєрних стрічок.

3.2.2 Розрахунок параметрів структурної схеми системи керування стрічковим конвеєром

Відповідно до структури, вхідний кінець обраної системи управління повинен мати ПІД-регулятор швидкості, що відповідає компоновці сучасних перетворювачів частоти, що містить вбудований цифровий ПІД-контролер. Загальна структурна схема класичної швидкісної системи має такий вигляд (рис. 12).

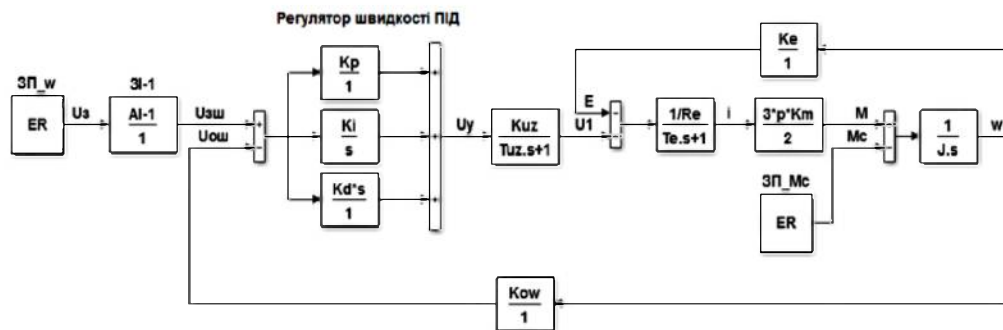


Рисунок 12 – Структурна схема електромеханічної системи ПЧ-АД з ПІД регулятором швидкості

Із причини того, що для стрічкових конвеєрів при частотному керуванні найчастіше встановлюється закон регулювання напруги від частоти $U_1 / f_1 = const$, в структурній схемі відсутній канал регулювання частоти, натомість має місце тільки один канал зміни напруги на статорній обмотці.

Перетворювач частоти представлений аперіодичною ланкою першого порядку з коефіцієнтом підсилення та постійною часу.

Забезпечення обмеження прискорення електроприводу виконується через задатчик інтенсивності першого порядку ЗІ-1.

Блок ЗП формує сигнали на потрібну швидкості, а блок ЗП_Mc забезпечує накладення потрібного характеру навантаження на механічну частину.

Загалом система містить єдиний від'ємний зворотний зв'язок за швидкістю.

Параметри двигуна.

Напруга фази статора:

$$U_{1\phi} = \frac{U_{1H}}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219.4(B)$$

Номінальний струм двигуна:

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3 \cdot U_{1\phi} \cdot \cos \varphi \cdot \eta} = \frac{75 \cdot 10^3}{3 \cdot 219.4 \cdot 0.9 \cdot 0.91} = 139 \text{ A}$$

Опір роторного кола:

$$R'_2 = \frac{1}{3} \cdot \frac{(P_H + P_{Mex})}{\left(I_H^2 \cdot \frac{1 - s_H}{s_H} \right)} = \frac{1}{3} \cdot \frac{(75000 + 2250)}{\left(150^2 \frac{1 - 0.01}{0.01} \right)} = 0.012 \text{ Ом}$$

де P_{Mex} – механічні втрати двигуна:

$$P_{Mex} = 0.03 \cdot P_H = 0.03 \cdot 75 \cdot 10^3 = 2250 \text{ (Вт)}$$

Опір статорного кола:

$$\begin{aligned} R_1 &= \frac{U_{1H} \cdot \cos(1 - \eta)}{I_H} - C^2 \cdot R'_2 - \frac{P_{Mex}}{3 \cdot I_H^2} = \\ &= \frac{380 \cdot 0.9 \cdot (1 - 0.93)}{150} - 1.03^2 \cdot 0.012 - \frac{2250}{3 \cdot 150^2} = 0.117 \text{ Ом} \end{aligned}$$

Індуктивність кола намагнічування:

$$L_m = \frac{X_m}{2 \cdot \pi \cdot f_{1ном}} = \frac{3.5}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.11 \text{ (Гн)}$$

Індуктивність розсіювання обмоток статорного та роторного кола:

$$L_1 \approx L_2 = \frac{X_1}{2 \cdot \pi \cdot f_{\text{ном}}} = \frac{3.5}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 3.2 \cdot 10^{-4} (\text{Гн})$$

Повні індуктивності кіл статора та ротора:

$$\begin{aligned} L_c = L_p = L_m + L_1 = L_m + L'_2 = \\ = 0.011 + 0.00032 = 0.01132 \text{ Гн} \end{aligned}$$

Еквівалентні індуктивність статорного кола та стала часу:

$$\begin{aligned} L_e = 1.825 \cdot (L_c - \frac{L_m^2}{L_p}) = 1.825 \cdot (0.01132 - \frac{0.011^2}{0.01132}) = 0.0024 (\text{Гн}) \\ T_e = \frac{L_e}{R_e} = \frac{0.0024}{0.1166} = 0.021 \text{ с} \end{aligned}$$

Змінні та параметри регулювання.

Номінальний момент

$$M_n = \frac{P_n}{\omega_n} = \frac{75 \cdot 10^3}{77,2} = 971,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент двигуна у режимі холостому ході

$$M_0 = 0,1 \cdot M_n = 0.1 \cdot 971.8 = 97,18 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Кутова швидкість магнітного поля статора

$$\omega_0 = 0,105 \cdot n_0 = 0,105 \cdot 750 = 78,8 \text{ рад / с}$$

Кутова швидкість у номінальному режимі

$$\omega_n = \omega_0 \cdot (1 - s_n) = 78,8 \cdot (1 - 0,02) = 77,2 \text{ рад / с}$$

Коефіцієнт передачі за моментом

$$K_m = \frac{L_m}{L_p} = \frac{0,011}{0,01132} = 0,97$$

Стала часу $T_{uz} = 0,005(\text{с})$.

Коефіцієнт передачі перетворююча частоти

$$K_{uz} = \frac{U_{1\phi}}{10} = \frac{219,4}{10} = 21,94$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за швидкістю

$$K_\omega = \frac{10}{\omega_n} = \frac{10}{77,2} = 0,13$$

Коефіцієнт передачі за ЕРС

$$K_\varepsilon = \frac{U_{1\phi} - I_{1n} \cdot R_\varepsilon}{\omega_n} = \frac{129,4 - 139 \cdot 0,117}{77,2} = 2,631$$

Коефіцієнт задатчика інтенсивності

$$K_1 = \frac{(1,9 \cdot M_n - M_n)}{J \cdot \omega_n} = \frac{(1,9 \cdot 971,8 - 971,8)}{18,88 \cdot 77,2} = 1,2$$

Момент інерції системи:

$$J = J_{\partial \mathcal{B}} + J'_{\text{мех}} = 2,93 + 15,95 = 18,88 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

Коефіцієнти передачі відповідних складових ПД-регулятора:

– Пропорційної

–

$$\begin{aligned} K_p &= \frac{J \cdot R_g}{a_{\omega} \cdot T_{\text{из}} \cdot K_{\text{из}} \cdot 1,5 \cdot p \cdot K_m \cdot K_{\omega}} = \\ &= \frac{18,88 \cdot 0,117}{2 \cdot 0,005 \cdot 21,94 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 0,97 \cdot 0,129} = 17,82 \end{aligned}$$

– інтегральної

$$K_i = \frac{K_g}{a_{\omega} \cdot T_{\text{из}} \cdot K_{\text{из}} \cdot K_{\omega}} = \frac{2,63}{2 \cdot 0,005 \cdot 21,94 \cdot 0,129} = 93,93$$

– диференційної

$$K_d = \frac{T_g \cdot J \cdot R_g}{a \cdot \omega \cdot T_{\text{из}} \cdot K_{\text{из}} \cdot 1,5 \cdot p \cdot K_m \cdot K_{\omega}} = \frac{0,032 \cdot 18,88 \cdot 0,117}{2 \cdot 0,005 \cdot 21,94 \cdot 1,5 \cdot 3 \cdot 0,97 \cdot 0,129} = 0,56$$

3.2.3 Синтез математичної моделі системи оптимального керування швидкості електроприводом стрічкового конвеєра

Тому, за рекомендаціями експертів, це було прийнято головним критерієм управління оптимальністю режиму роботи стрічкового конвеєра, який полягає у підтримці постійного робочого навантаження на стрічку.

Принцип побудови цієї системи наочно проілюстрований схемою, показаною на рис.13.

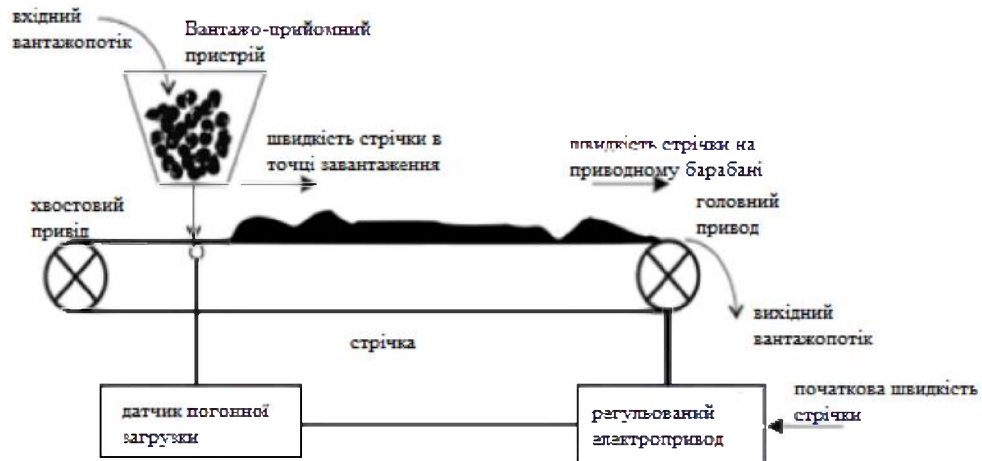


Рисунок 13 – Стабілізована система із автоматичним регулюванням погонного навантаження на конвеєрній стрічці

Насправді основним елементом системи є датчик навантажувального приводу, який встановлюється в точці, куди надходить потік вхідного транспортного матеріалу.

Для тестування теоретичних даних відносно підвищення енергоефективності конвеєра відповідно до визнаного стандарту стабільності робочого навантаження була синтезована модель імітаційної структури за допомогою системи MATLAB на основі програмного комплексу Simulink для вивчення оптимальної системи управління конвеєрною стрічкою.

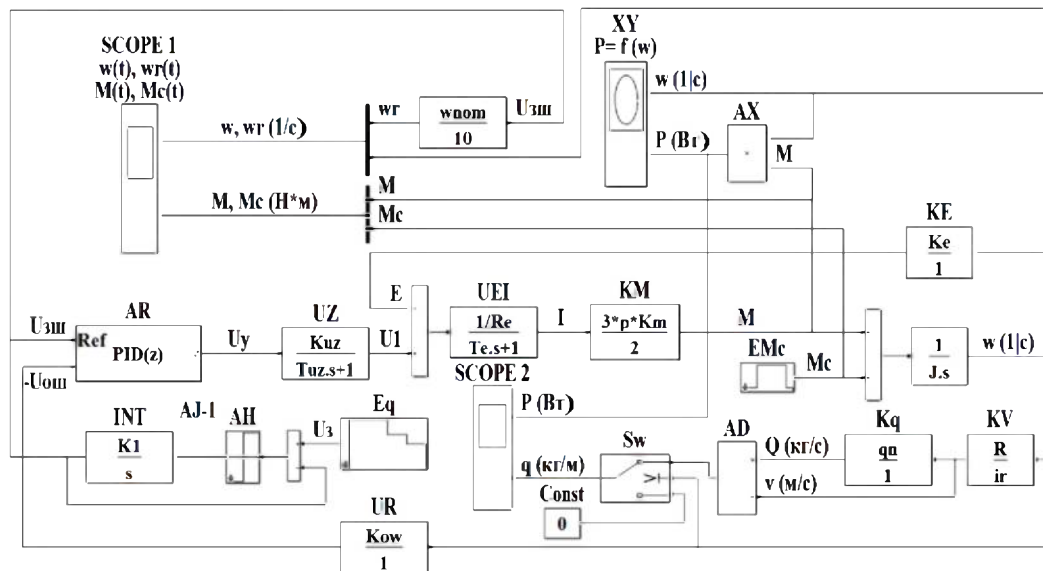


Рисунок 14 – Модель системи стабілізації погонного навантаження на стрічці

Блок *Scope1* дозволяє відслідкувати динаміку поведінки системи регулювання швидкості конвеєра залежно від вантажопотоку. Швидкісні $w(t)$, $w_r(t)$ та навантажувальні $M(t)$, $M_c(t)$ діаграми зведені на рис. 15.

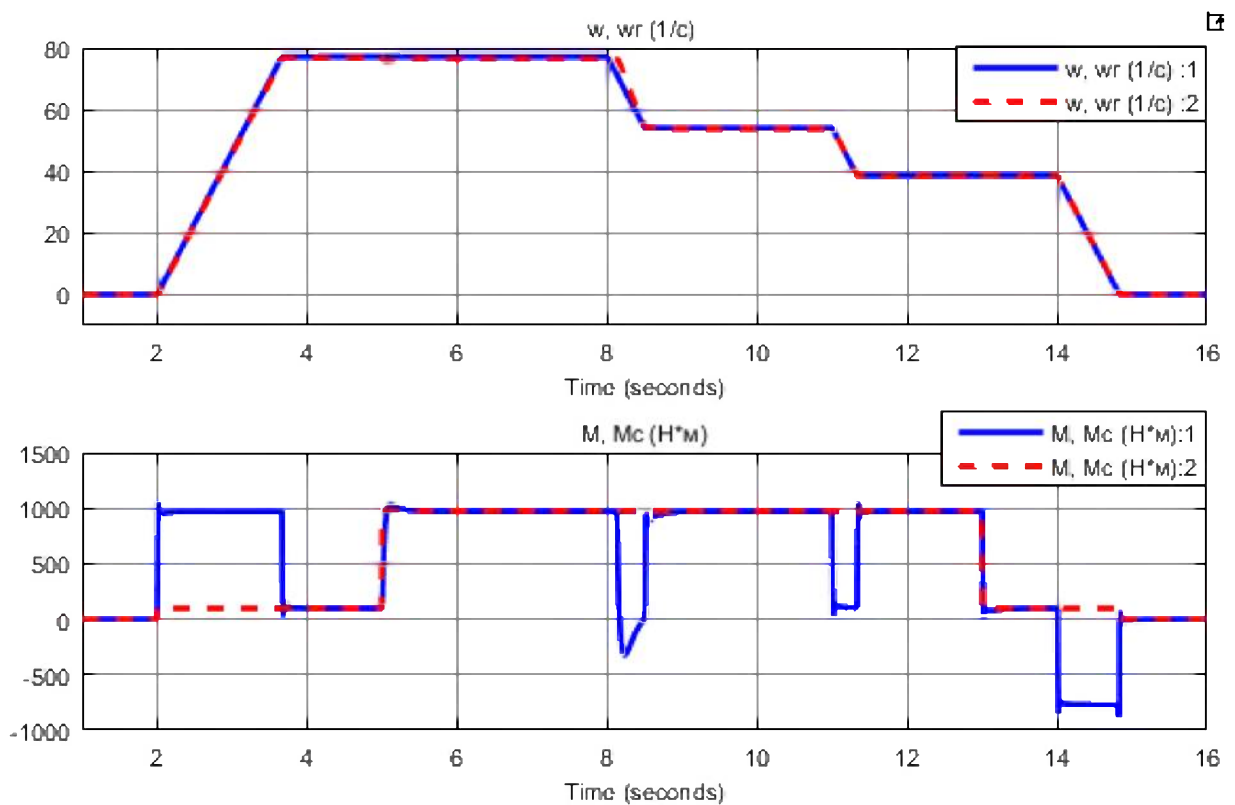


Рисунок 15 – Швидкісні $w(t)$, $w_r(t)$ та навантажувальні $M(t)$, $M_c(t)$ діаграми

Активна потужність на валу двигуна $P(t)$ та погонне навантаження $q(t)$ в функції часу для конвеєра з частотно-керованим управлінням електроприводом отримані за допомогою блоку осцилографа *Scope2* і наведені на рис. 16.

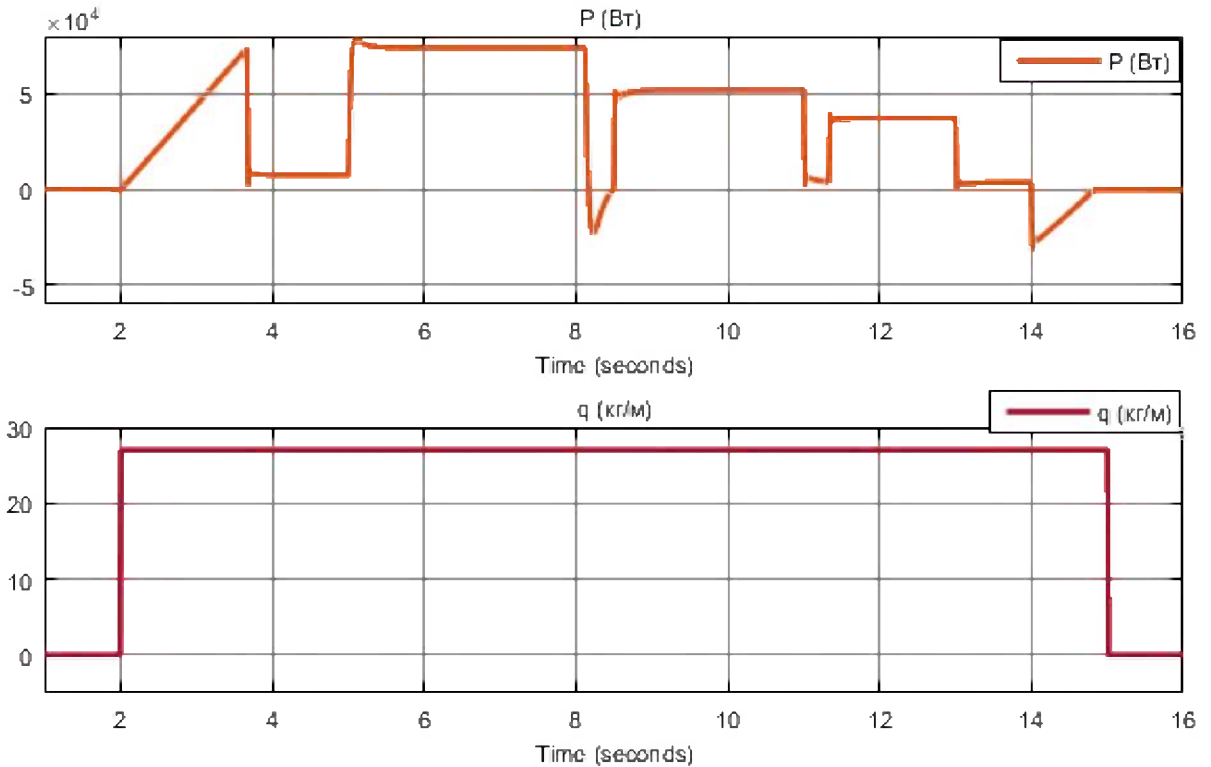


Рисунок 16 – Активна потужність на валу двигуна $P(t)$ та погонне навантаження $q(t)$ в функції часу

Отримані результати підтвердили доцільність впровадження системи автоматизації оптимального керування режиму роботи частотно-керованого електроприводу стрічкового конвеєра зі стабілізацією рівня погонного навантаження на стрічці.

ВИСНОВКИ

За рахунок оптимізації режимів роботи стрічкових конвеєрів за визначеними критеріями є можливим підвищення надійності, енергоефективності, забезпечення ресурсозбереження.

У ході виконання прийнято, що основним критерієм оптимізації відносно зниження споживаної конвеєром потужності при транспортуванні підтримання сталим погонного навантаження на стрічці через регулювання швидкості руху стрічки конвеєра.

Найбільш перспективним можна вважати застосування частотно-регульованого асинхронного електропривода. Він покращує енергетичні показники стрічкового конвеєра та забезпечує ресурсозбереження.

Система частотно-керованого електроприводу розглянутого конвеєра забезпечує достатньо точне відпрацювання бажаного пропорційного закону зміни кутової швидкості двигуна.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи / М.Г.Попович, О.Ю.Лозинський, В.Б.Клепиков та ін. — К.: Либідь, 2005. — 680 с.
2. Лозинський А., Мороз В., Паранчук Я. Розв'язування задач електромеханіки в середовищах пакетів MathCAD і MATLAB: Навчальний посібник. — Львів: «Магнолія 2006», 2007, 215 с.
3. Моделювання електроприводів: Навч. посібник / Л.Д.Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. — Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2004. — 428 с.
4. Основы автоматизации машиностроительного производства: Учеб. для машиностроит. спец. вузов/ Е.Р. Ковальчук, М.Г. Косов, В.Г. Митрофанов и др.; Под ред. Ю.М. Соломенцева. — 2-е изд., испр. — М.: Высшая шк., 1999. — 312 с.
5. Теорія електропривода, під редакцією М.Г.Поповича, Київ: Вища школа, 1993. — 493.
6. Лескевич П. А. Исследование динамики ленточных конвейеров: дис. канд. техн. наук. / П. А. Лескевич – Днепропетровск: АН УССР, филиал института механики, – 1964.
7. Шахмейстер Л. Г. Теория и расчет ленточных конвейеров / В. Г. Дмитриев, Л. Г. Шахмейстер. – М.: Машиностроение, – 1978. – 392 с.

ДОДАТОК А

ОХОРОНА ПРАЦІ

Монтаж конвеєра являє собою комплекс заходів, що включають в себе збірку окремих вузлів на опорному підставі, регулювання їх положення, підключення до джерела енергії, випробування і наладку режиму робіт. Монтаж здійснюється відповідно до монтажними кресленнями, інструкцією заводу-виготовлювача і правилами експлуатації і техніки безпеки підземних стрічкових конвеєрів. Підготовка до монтажу конвеєра починається з розбивки осей опорних конструкцій, що примикають пристроїв і складання металоконструкцій приводу, натяжної станції і середньої частини става. Особливу увагу при монтажі конвеєра повинна бути приділена прямолінійності става конвеєра в плані. Вирівнювання става при монтажі в більшості випадків роблять по струні, натягнутій уздовж става по осі конвеєра відповідно до маркшейдерської лінії для монтажу конвеєра. Провідні зарубіжні конвеєростроїтельні фірми комплектують випускаються ними конвеєри індивідуальними лазерними установками, їх лазерний промінь забезпечує контроль прямолінійності става конвеєра при монтажі на довжині до 1600 м.

Ширина проходів з обох боків конвеєра повинна бути 0,7 м з одного боку і 0,4 м з іншого. Відстань від верхньої виступаючої частини конвеєра до верхняка кріплення повинна бути не менше 0,5 м, а у приводних і натяжних станцій 0,6 м. При монтажі контролюються також кут нахилу конвеєра до горизонту, дотримання розрахункових значень радіусів опуклих і увігнутих ділянок профілю конвеєра.

При експлуатації конвеєрів і конвеєрних ліній з централізованим управлінням повинно забезпечуватися:

а) автоматична подача чітко чутного по всій довжині конвеєрної лінії сигналу, що діє до моменту закінчення запуску останнього конвеєра лінії. При цьому допускається відключення сигналу на тому конвеєрі лінії, на якому запуск

закінчений. Дія сигналу повинно починатися за 5 сек. до початку запуску першого конвеєра;

б) централізований пуск конвеєрів, починаючи з останнього конвеєра в лінії (рахуючи від розвантаження); відключення - в зворотному порядку;

в) одночасне відключення усіх конвеєрів (в разі зупинки одного з конвеєрів), що транспортують вантаж на зупинений конвеєр;

г) аварійне відключення приводу конвеєра при:

- несправності електродвигуна; несправності механічної частини конвеєра (обрив або зупинка стрічки);

- тривалому пуску конвеєра;

- несправності ланцюгів управління, що веде у себе втрату керованості; обриві заземляючої жили, якщо вона використовується в ланцюгах управління;

- завалі перевантажувального пристрою (для стаціонарних і напівстаціонарних конвеєрних ліній);

- зниженні швидкості стрічки до 75% від нормальної (пробуксовці);

д) неможливість централізованого повторного вмикання несправного конвеєра при спрацьовуванні захисту;

е) двосторонній телефонний або гучномовний зв'язок між пунктами розвантаження і завантаження лінії, а також між пунктами установки приводів конвеєрів і

оператором пульта управління;

ж) місцеве блокування, що запобігає пуску даного конвеєра з дистанційного пульта управління;

з) уловлювання вантажної стрічки при її розриві або контроль цілісності тросів в виробках з кутом нахилу понад 10 °;

і) наявність знаходяться біля пультів управління виписок з поясненням значення застосовуваних засобів сигналізації та режиму управління конвеєра.

Управління конвеєрними лініями повинно здійснюватися спеціально навченим персоналом.