

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій і робототехніки

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи

бакалавр

(ступінь вищої освіти)

на тему «Модернізація електропривода стрічкового конвеєра»

Виконав: студент групи 201-пМЕ  
спеціальності 141 «Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Вишневський І.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник Кожушко Г.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Кислиця С.Г.

(прізвище та ініціали)

Полтава - 2023 рік

## ЗМІСТ

	Стор.
ВСТУП.....	6
1 Аналіз існуючих видів конвеєрів та постановка завдання на проектування.....	8
1.1 Типи конвеєрів їх конструкції та сфера застосування.....	8
1.2 Стрічкові конвеєри область застосування.....	12
1.3 Принцип роботи стрічкового конвеєра та його технічні характеристики.....	15
1.4 Сили прискорення та гальмування для стрічкового конвеєра.....	17
1.5 Монтаж та обслуговування стрічкового конвеєра.....	20
1.6 Обслуговування стрічкового конвеєра.....	22
2. Обчислення характеристик силового електроприводу та підбір його елементів.....	24
2.1 Вибір приводного двигуна.....	24
2.2 Встановлення параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна відповідно до даних каталогу.....	26
2.3 Обчислення та проектування природних механічних та електромеханічних параметрів двигуна.....	29
2.4 Підбір частотного керування для стрічкового конвеєра.....	32
2.5 Вибір перетворювача частоти.....	33
2.6 Розрахунок механічних та електромеханічних характеристик системи перетворювач частоти – асинхронний електродвигун....	36
3. Частотно-керований асинхронний привід та його імітаційна модель	39
3.1 Функціональна схема приводу конвеєра.....	39
3.2 Характеристики ланок загальної моделі двигуна.....	40
3.3 Імітаційна модель силового каналу електроприводу.....	41
3.4 Вибір типу задатчика інтенсивності та його параметрів.....	42
3.5 Оптимізація контуру обмеження двигуна.....	44
3.6 Результати дослідження електроприводу конвеєра	46
3.7 Імітаційні моделі електроприводу з регулятором обмеження струму.....	50
3.8 Регулятор обмеження струму.....	52
ВИСНОВКИ.....	54
ЛІТЕРАТУРА.....	55
ДОДАТКИ	57

## ВСТУП

Конвеєр (від англ. Convey - просувати) – це послідовність виконання дій над предметами, в якому процедура роботи ділиться поетапно, з метою збільшення корисності дії, що не залежить від роботи інших її систем. Конвеєром також вважається спосіб перевезення предметів серед стадій при такій роботі.

Актуальність теми. Зараз на ринку існує великий вибір конвеєрних систем, які дуже гнучко можуть вписуватися в існуючі виробничі приміщення. Переміщення товару, одна з найбільших втрат часу на складі, відповідно при правильно побудованій логістичній концепції – це істотно підвищить продуктивність роботи складу. На сьогодні найбільш затребуваним і актуальним рішенням для автоматизації робочих процесів є конвеєр. Оптимізація роботи транспортера для складських завдань залежить від його типу.

Кожен тип конвеєрної системи вирішує свої задачі, наприклад, стрічкові системи використовуються в основному для товару різного габариту, коли є нестандартні за розмірами пачки, а також для переміщення штучного чи насипного вантажу між рівнями приміщення. Стрічка є несучим елементом у даному виді конвеєра, як правило, вона полімерна або на гумовотканній/гумовотросовій основі. Залежно від навантажень обирається матеріал стрічки, а її рух здійснюється завдяки приводному барабану, що призводить в дію редукторний мотор.

Якщо ж товар в коробках, ящиках або на піддонах - більш стандартизований, то ефективніше та практичніше використовувати роликові конвеєрні системи (рольганги). Конструкція такого типу дає можливість використання рольганги в складних умовах і там, де застосування стрічкових конвеєрів неможливе. Вони завжди приводні, так при вмиканні чи вимиканні певної ділянки, конвеєр постійно працює.

А є модульна система конвеєра, яка реалізована на базі приводних роликів, вона дозволяє використовувати привід тільки тоді, коли є товар на конвеєрі,

інакше - стоїть і не працює. Це значно оптимізує витрати на експлуатацію системи і збільшує термін служби, також приводний ролик споживає лише 24V.

Стрічковий конвеєр - досить проста система. Конструктивно транспортер може бути горизонтальним, похилим, жолобчастим, поворотним, пересувним і основне при виборі - це якість стрічки, надійність приводу та, звичайно ж, сам сервіс постачальника, який в разі пориву стрічки зможе оперативно допомогти усунути неполадку.

Головною особливістю роботи конвеєра вважається її безперервність. Це вплинуло на вимоги конструкцій конвеєрів, процес збирання та його механізми став поступово ускладнюватись, оскільки збільшилися розміри вантажоперевезень та їх швидке транспортування. Така умова до механізмів конвеєрів призвела до того, щоб створювати більш гнучкі, пристосовані системи електроприводу до режимів роботи, що швидко змінюються. Раніше необхідна складна, рутинна, довга робота, що вимагає від працівника високу кваліфікацію, поступово заміняться конвеєрами, які значно підвищили корисність його дії.

У подальших розвитку автоматизації конвеєрів призвело до того, що люди почали спрощувати роботу без їхньої участі, це сприяло зведенню всіх механізмів у централізовану систему на базі обчислювальної техніки та мікроконтролерів, що дозволяло збільшити мобільність управління за рахунок аналізу роботи та інформацію про конвеєри. Все це послужило тому, що можна було впізнавати та усувати поломки, аварійні ситуації вести облік роботи конвеєрів в оптимальних режимах, можливість блокування та захисту систем, здійснювати пуск, зупинку та запуск конвеєрних ліній.

Відмінними рисами, що впливають на процес конвеєрів, є: різноманіття технічних схем конвеєрів за їхньою структурою, кількість використовуваних конвеєрів та їх відгалуженнями; неоднорідністю конвеєрів щодо їх технічного виконання; різнотипність за їх кількістю та типом двигунів і.т.д.

## **1 Аналіз існуючих видів конвеєрів та постановка завдання на проектування**

### **1.1 Типи конвеєрів їх конструкції та сфера застосування**

Гвинтовий конвеєр (шнековий) є одним із найстаріших і найпростіших способів переміщення сипучого матеріалу і складається в основному з конвеєрного гвинта, що обертається в нерухомому конвеєрі, як показано на рис. 1.1. Конвеєри знаходять застосування в основному на виробничих заводах, де транспортування є досить безперервним і однорідним характером, при цьому індивідуальні навантаження дуже високі, компактні, легко адаптовані до перевантажених місць і можуть монтуватися горизонтально, вертикально та похило. Їхні опори прості і легко встановлюються. Ці універсальні конвеєри можуть використовуватися для керування потоком матеріалу в процесі обробки, який залежить від точного дозування або як змішувач, мішалки для змішування сухих або рідких інгредієнтів, що забезпечують кристалізацію або коагуляцію. Шнекові транспортери можуть бути ефективно герметизовані, щоб запобігти попаданню пилу, пари, бруду або вологи. Вони можуть бути покриті оболонкою, щоб використовуватися як сушарка або кулера їх можуть зробити з різних видів матеріалу, щоб протистояти корозії, стирання або нагрівання. Шнекові транспортери використовуються як шнеки для заземлення, щоб викопати минулі отвори або прокласти по магістралі для встановлення водопропускних труб. Вони також широко використовуються на молотильних верстатах сінокосарки та інших сільськогосподарських машин. [1,4].

Гвинтовий конвеєр включає циліндричний кожух, гвинт, завантажувальний і розвантажувальний пристрій, привід 1. Одним з недоліків гвинтового конвеєра є його чутливість до перевантажень, яка призводить до утворення всередині жолоба скупчення вантажу, що призводить до зупинки живильника і зниження його експлуатаційної надійності. Скупчення вантажу утворюється тому, що під час завантаження жолоби безперервним потоком вантаж заповнює весь простір під завантажувальним пристроєм, включаючи спіральну поверхню гвинта, досягаючи коефіцієнта наповнення жолоба.

Гвинтовий конвеєр працює наступним чином: під час завантаження гвинтового конвеєра вантаж безперервним потоком заповнює весь простір в зоні завантаження під завантажувальним пристроєм 2, включаючи спіральну поверхню гвинта 4 з кроком 1. При обертанні гвинта 4 вантаж, повністю заповнює весь простір під завантажувальним пристроєм 2 і маючи коефіцієнт наповнення  $\phi_1$ , переміщається суцільним потоком по зоні завантаження. При підході вантажу до зони основної ділянки, за рахунок збільшення кроку спіральної поверхні гвинта до  $t_2$ , коефіцієнт наповнення знижується до  $\phi_2$ , що забезпечує роботу гвинтового живильника без скупчення вантажу і підвищує його експлуатаційну надійність.

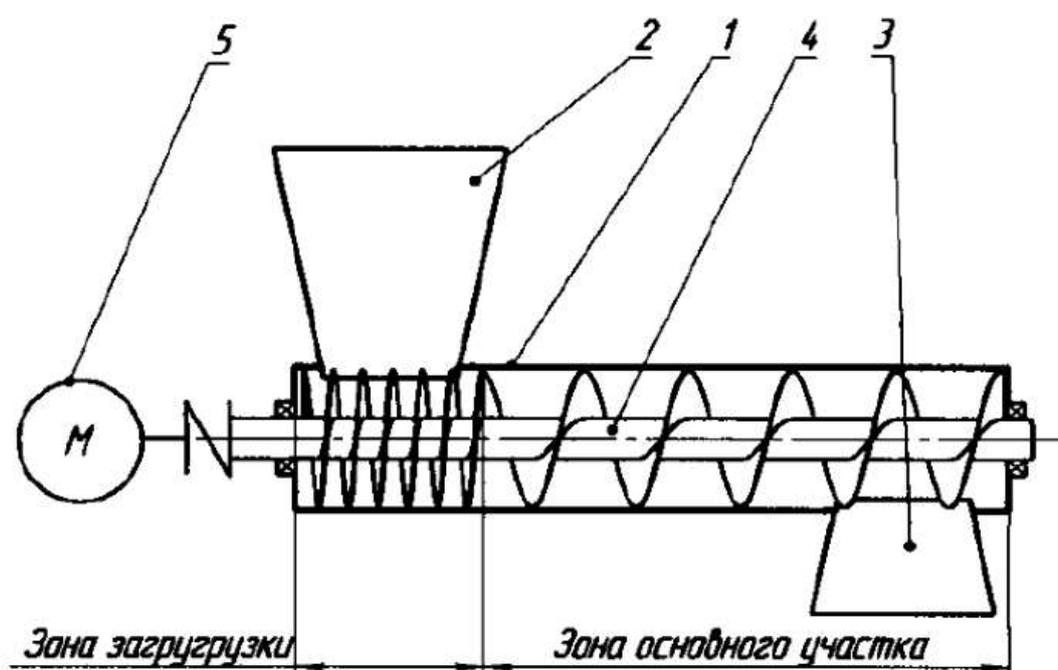


Рисунок 1.1-Гвинтовий конвеєр

Коливальний конвеєр цей конвеєр переміщає матеріали в рівномірному потоці за допомогою руху вперед і назад, в якому знаходиться безперервний металевий жолоб, встановлений на похилих міцних ніжках реактора. Ці конвеєри ідеально підходять для обробки всіх сипких матеріалів, а також гарячих, абразивних, запошених, волокнистих та інших важкообробних матеріалів або об'єктів, що піддаються забрудненню або корозії. Коливальні

конвеєри також використовують охолодження, нагрівання та сушіння. Вони мають герметичний жолоб, в якому немає частин, що рухаються, і можуть бути закриті і герметизовані для пилозахисної або газонепроникної дії.

Коливальні конвеєри можуть бути модифіковані для багатьох випадків застосування (рис. 1.2). Конус може бути виготовлений за спеціальною шириною або він може бути виготовлений з труб, також можуть бути розділені поздовжньо для одночасної обробки різних матеріалів або деталей. Коливальні конвеєри також можуть використовуватися як збірні та сортувальні столи. Конвеєри такого типу також можуть використовуватися для модифікації відповідно до багатьох технологічних процесів, таких як сушіння, охолодження, екранування і т.д.

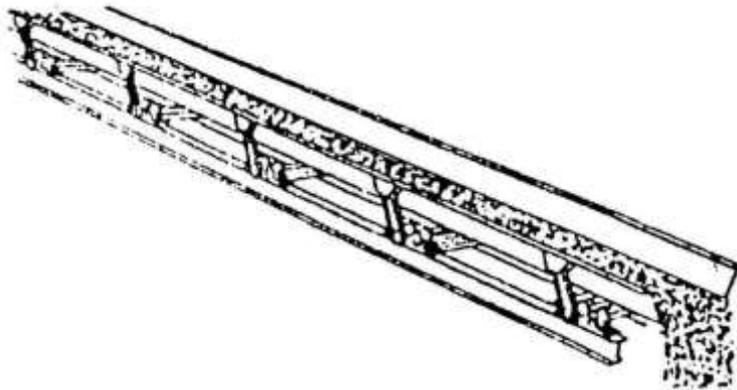


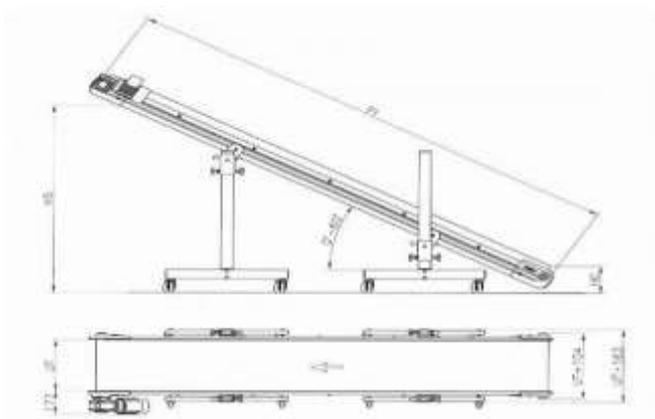
Рисунок 1.2 - Коливальний конвеєр

Лінійний конвеєр використовується для обробки неабразивних сипучих матеріалів, вантажний матеріал йде по вертикалі або в комбінації з горизонтальним та вертикальним шляхом. Він отримує свою назву від того факту, що матеріал вивантажується з відер під дією сили тяжіння (рисунок 1.3 а). Лінійний конвеєр легко налаштовується, так як він не включає будь-який силовий привід.

Через простий складання і розвантаження матеріалу лінійний конвеєр в першу чергу призначений для використання в тих випадках, коли важливе

значення має вивантаження або розкладання матеріалу, що транспортується. Він також підходить для шматкових матеріалів щодо великих ємностей та багатьох інших застосувань, де бажано порівняно економічне обладнання.

Цей конвеєр складається з частин з модифікованими V-подібними ковшами, жорстко встановленими через регулярні проміжки між двома ланцюгами сталевого роликівого ланцюга з довгим кроком, де розташовані дужки зірочок у відкритих жолобах або закритих оболонках, як це визначено вимогами монтажу. Завантаження може бути виконана за допомогою завантажувального відра, або ж матеріал може бути подано в конвеєр в будь-якій точці вздовж більш низького горизонтального ходу - в останньому випадку відра діють як скребки, штовхають матеріал вперед у кут, де він переноситься навколо вигнутого жолоба як показано на малюнку 1.3, б. На вертикальних ходок ця машина функціонує як звичайний ковшовий елеватор. Після досягнення верхнього кута конвеєрна лінія знову приймає горизонтальне положення, а відра працюють як скребки. Матеріал утримується від вантажу в кутку за допомогою спеціально сконструйованих вигнутих жолобів. Вивантаження з конвеєра можна виконувати лише на горизонтальних прогонах, де отвір проходить у дні корита.



а) -Лінійний конвеєр



б) - Принцип роботи конвеєра

Рисунок 1.3 – Лінійний конвеєр та принцип його роботи

Палетний конвеєр складається з одного або двох нескінченних ланцюгів, що приводяться в дію двигуном, на яких розташовані скребки або польоти для

переміщення матеріалу по довжині вздовж нерухомого жолоба (рисунок 1.4). Матеріал, що подається до цього жолоба, проходить через його скребки по довжині випуску або жолобів проміжних розвантажувальних клапанів.

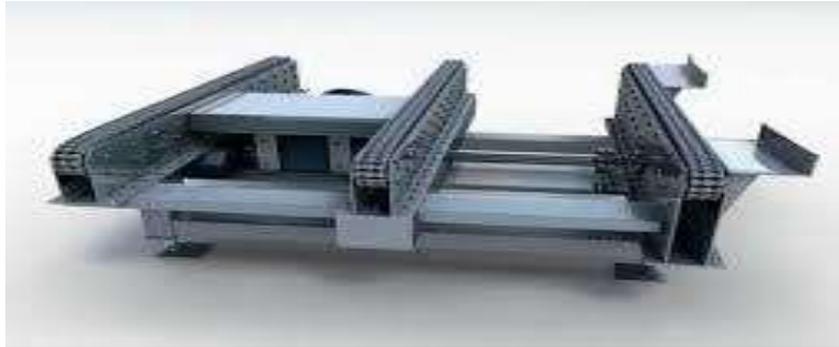


Рисунок 1.4 - Горизонтальний палетний конвеєр

Матеріали для завантаження цього конвеєра повинні бути зручними для подальшого розвантаження. Нині конвеєри такого типу стали зручними в експлуатації, адже буквально вчора конвеєри, які виконували завдання перевезти вантаж з однієї точки в іншу, стали модернізуватися і тепер сфери застосування та використання стали значно ширшими. Палетні конвеєри використовуються для горизонтальних або похилих об'єктів і часто встановлюються там, де кут нахилу порівняно малий.

## **1.2 Стрічкові конвеєри область застосування**

Стрічкові конвеєри використовувалися протягом десятиліть для транспортування об'ємних та одиничних вантажів. Вони довели свою цінність у великій області, тому що установка стрічкового конвеєра може бути адаптована для задоволення практично всіх умов. Попит на всі модернізацію потужності та збільшення довжини транспортування прискорив розвиток технологій стрічкового конвеєра, що початок розробляється нові матеріали та тестуються нові системи транспортування, особливо ті, які впливають на навколишнє середовище. Конвеєрна стрічка відіграє основну роль у всій системі і має долати численні та різноманітні навантаження. На додаток до цього, кожна проблема

транспортування різна і вимагає ретельного планування та вибору правильних елементів для досягнення оптимального транспортування економічним способом. Конвеєрна стрічка - найдорожча і найменш міцна частина конвеєра. Протягом робочого процесу конвеєра, навантажувальний ефект з характерним йому станом і розміром, що впливає на його пояс, робить роботу поясу в напруженому стані. Існує кілька видів типових пошкоджень ремня конвеєра: робоча поверхня та краї зносу, удар, розрив та лущення, викликані впливом великих частинок руди. За економічними розрахунками витрати на транспортерну стрічку становлять половину вартості всього обладнання конвеєра. Отже, вибираючи відповідну стрічку відповідно до умов де буде використовуватися конвеєр, це дозволить покращити обслуговування та робочий процес необхідний для продовження терміну служби ремня, а також знизити витрати на заміну конвеєра. Конвеєрна стрічка має два види: гумовий ремінь та пластиковий ремінь. Гумовий ремінь зазвичай підходить для робочого матеріалу температурою від  $-10^{\circ}\text{C}$  до  $+40^{\circ}\text{C}$ , матеріали понад  $+50^{\circ}\text{C}$  не можуть перевозитися, оскільки зникне еластичність ремня. Якщо температура буде надто низькою, то ремінь стане твердим і матиме тріщини. Вогнестійкий ремінь слід використовувати тоді, коли температура вище  $+90^{\circ}\text{C}$ , в той час як холодний пояс використовується при температурі від  $-15^{\circ}\text{C}$  до  $-55^{\circ}\text{C}$ .

Ремінь має широкий спектр застосувань у реальному житті. Він складається з поясної серцевини і гуму, що покриває. Ядро ремня є його каркасом, воно використовується для витримування навантаження, проходження тягового зусилля та витримує ударну силу. Ядро ремня що складається з шарів покритого полотна може бути зроблений з тканин, як бавовна, вініл, або навісне полотно, або навіть може бути виготовлений з більш міцних матеріалів.

Покриття гуми – це найбільш важливий момент так як захисний шар ремня, функція якого полягає в перешкоді появи в сердечника ремня, зношування та корозії, викликаний тривалого транспортування. Покриття гуми ділиться на частини, верхнє покриття та нижнє покриття. Верхня покриваюча

гума – це несуча поверхня, яка контактує з передаючим матеріалом, його товщина становить 2-6 мм. Нижнє покриття – це покриття, що контактує з опорними натяжними механізмами, її товщина становить 1,5-2 мм. Покриття гуми двох бічних поверхонь ременя називають крайовою гумою, яка має високу зносостійкість, оскільки бічні поверхні легко зношуються. Пластмасовий ремінь є маслостійким, кислототривким і лужно стійким. Ядро пластикового пояса ременя являє собою плоский стрічковий в'язаний матеріал із сумішшю вінілу та бавовни. ПВХ пластик використовується як його покриття. Тверда тканина конвеєрної стрічки має простий виробничий процес, високу продуктивність, низькі витрати та мало шумність. Пластиковий ремінь зазвичай використовують у хімічних підприємствах, підземних шахт тощо. Для зручності виготовлення та транспортування конвеєрної стрічки зазвичай їх виготовляють у довжину 100-200 м, можна виготовити дві стрічки та об'єднати їх, коли це буде необхідно. Гумовий ремінь має механічне з'єднання, також не виключено гарячі та холодні вулканізовані методи з'єднання. Пластмасовий ремінь має механічне з'єднання та пластифіковане з'єднання. Механічне з'єднання знімне воно шкодить для сердечника ременя, а ефективність міцності з'єднання низька і становить 25% - 60%, термін служби малий, і суглоби пошкоджують поверхню шківа, коли вони приходять в контакт. Механічне з'єднання часто використовується на короткій відстані або рухомому стрічковому конвеєрі. Вулканізоване (пластифіковане) з'єднання незнімне. Він має переваги великої здатності, що переносить, довговічність, відсутність пошкоджень поверхні шківа, висока ефективність з'єднання (60% -95%). Існує ряд практичних правил, цінностей та досвіду, які можуть бути корисними на етапі планування. Ці правила призначені для надання допомоги операторам, інженерам та проектувальникам та дозволяє зчитувати елементарні дані. Крім того, є низка інструкцій, які дозволяють точно розраховувати чи перевіряти механізми встановлення, які впливають на роботу.

У майбутньому все більше і більше використовуватиметься комп'ютер для розрахунків і визначення розмірів стрічкових конвеєрів. При цьому часта кореляція критеріїв оцінки більше не буде. Застосування стрічкового конвеєра є

досі актуальним, адже на відміну від інших конвеєрів його робота не залежить від навантаження та розвантаження, тобто процес можна назвати безперервним. На підприємствах, де транспортування потребує безперервного режиму роботи, такий конвеєр найбільш підходящий. В основному такий конвеєр призначений для сипких матеріалів, мінеральних руд, палива і т. ін. Крім цього, стрічковий конвеєр здатний транспортувати вантаж на великі відстані, його відмінною рисою є простота конструкцій, надійність в експлуатації, недороге енергозабезпечення та дешева вартість витратних матеріалів. Стрічковий конвеєр також може мати криву доріжку з розворотами в горизонтальній області з підйомами та зниженнями у вертикальній площині, дивлячись як розташований рельєф, проте дуже важко встановити надійне кріплення стрічки в місцях, де є нерівність. Залежно від сфери застосування такого конвеєра його довжина, ширина буде визначатися за призначенням. Аналіз роботи доводить, що транспортування вантажів від 8-30 млн. тон на рік на дистанцію до 120 км вигідніше, ніж використовувати автомобіль або будувати залізничну дорогу, це доводить доцільність вибору стрічкового конвеєра з економічної точки зору.

### **1.3 Принцип роботи стрічкового конвеєра та його технічні характеристики**

Стрічковий конвеєр служить для безперервного транспортування матеріалів різних розмірів об'єкта та ваги [3]. На відміну від інших транспортуючих машин, стрічковий конвеєр є легким в обслуговуванні і більш економічний, тому він такий популярний у промисловості (рис. 1.5).

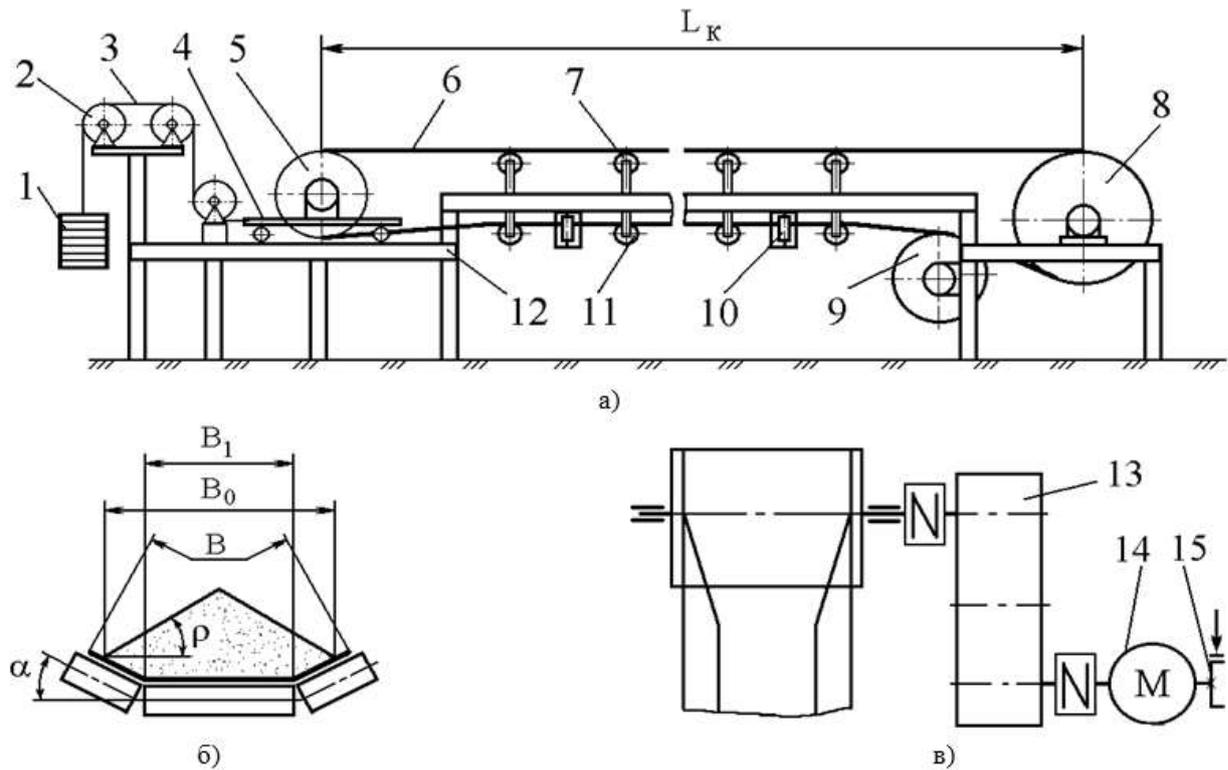


Рисунок 1.5 - Стрічковий конвеєр

Стрічковий конвеєр (рис. 1.5) являє собою нескінченну стрічку 6, що охоплює привідний 8 і натяжний 5 барабани. При обертанні привідного барабана 8 стрічка 6 приводиться в рух. Для запобігання провисанню стрічки встановлюються верхні 7 та нижні 10,11 роликоопори. Ведучий барабан обертається від двигуна 14 через редуктор 13. Для збільшення кута охоплення призначений відхиляючий барабан 9. Для попередження самовільного зворотного руху стрічки після зупинки привід конвеєра обладнують гальмом 15. Усі складові одиниці конвеєра монтуються на рамі 12.

Щоб уникнути провисання стрічки між роликооперами, а також збільшити тягове зусилля, стрічка попередньо натягується за допомогою гвинтового (при незначній довжині) або вантажного (при значній довжині) натяжного пристрою. Вантажний натяжний пристрій складається з візка 4, на якому встановлено натяжний барабан 5, вантажу 1, каната 3 та відхиляючих блоків 2.

Продуктивність стрічкового конвеєра залежить від ширини й швидкості стрічки, форми траси, виду матеріалу, що транспортується, та лежить у широких межах – від декількох десятків до тисяч тон за годину.

Стрічкові конвеєри, які випускаються серійно, мають ширину стрічки до 2 м та швидкість руху від 1 до 3 м/с.

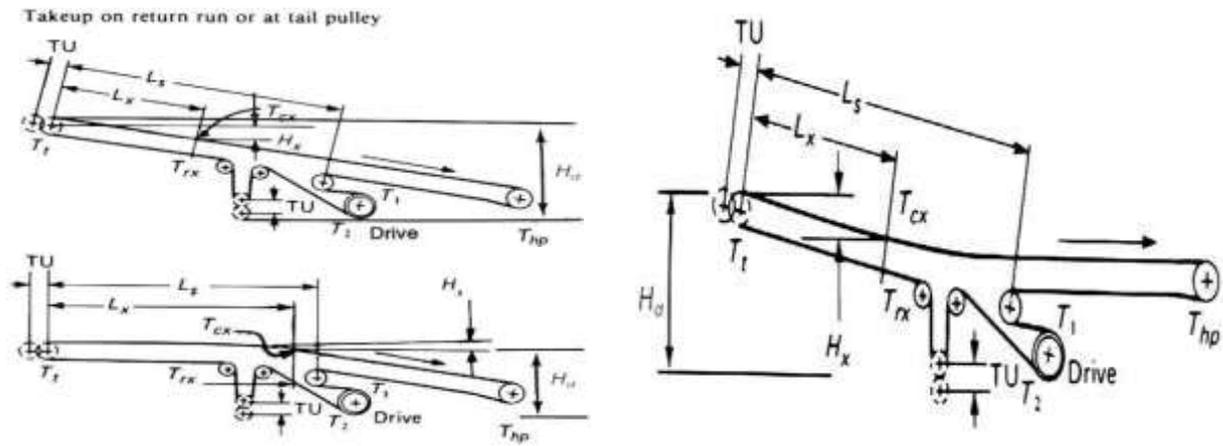
Технічні характеристики:

- Дуже хороша міцність на розтягування та подовження.
- Висока термостійкість та еластичність.
- Висока міцність на розрив та зсув.
- Хороші характеристики до спротиву стирання.

#### **1.4 Сили прискорення та гальмування для стрічкового конвеєра**

Дослідження сил прискорення та гальмування необхідне для наступних причин: напруга ременя - економічність конструкції диктує вибір ременя із міцністю каркаса поблизу нормальних робочих напруг. Отже, додаткові сили, від прискорення або уповільнення, можуть призвести до перенапруги ременя або його скорочення, особливо якщо використовуються механічні дії. Хоча ця проблема, швидше за все, існує по відношенню до ременя конвеєра. Існує можливість перенапруги та інших його механічних компонентів, таких як шківів, вали, бункери та ін. (рис 1.6).

Вертикальна площина вертикальних кривих може зустрічатися дві проблеми. У разі увігнутих кривих (де центр кривизни лежить над стрічкою), якщо ж натяг ременя буде занадто велике під час пуску, ремінь буде піднімати натяжні ролики, що провисають. Для цього необхідно проаналізувати проблему щодо повного, часткового навантаження. У разі опуклих вертикальних кривих (де центр кривизни лежить нижче за пояс), також є можливість перевантажити певні натяжні ролики.



а, конвеєр з опуклою стороною

б, конвеєр з увігнутою стороною

Рисунок 1.6 – Схема конвеєра в нахилі

Умови завантаження на поясі. Стрічковий конвеєр може працювати в нормальному режимі під час зупинки або запуску, якщо він повністю завантажений або порожній. Однак цієї умови може не дотримуватися, якщо тільки частини конвеєра завантажені. Отже, конвеєр має аналізуватися за різних умов завантаження. Наприклад, коли стрічковий конвеєр має увігнуту криву, критична умова пуску може бути підйом ремня на кривій під час прискорення, оскільки передня частина ремня увігнутою вертикальною кривою завантажувється, а решта ремня немає. Це може бути неправильним, якщо конвеєр є регенеративним. У таких умовах потрібний ретельний аналіз.

У місцях де є система стрічкових конвеєрів, що переходять від одного до іншого, початок або зупинка послідовності, завжди є необхідною умовою розташування. Як приклад, пояс з дуже довгими центрами може переноситися на пояс коротких центрів, і в цьому випадку час, необхідний для уповільнення двох поясів повинен бути, очевидно, синхронізований, незважаючи на те, що потрібні відмінності в гальмівних зусиллях. Протягом періоду прискорення потрібна така сама синхронізація. У будь-якому разі наслідки поганого аналізу та забезпечення неналежного контролю призведе до накопичення на передавальній точці наслідком буде руйнування механізмів та поясу, а також несправність у роботі систем конвеєрів. Розпочатий рух під час обох циклів

прискорення або уповільнення, де противагою використовують буксир, рух на підйом може бути недостатнім, якщо не враховувати швидкість. Інженер при проектуванні повинен враховувати як тривалість руху, а й швидкість, особливо у випадках, коли задіяні гідравлічні, електричні чи пневматичні елементи управління. Швидкість запуску та встановлення може впливати на матеріал, що призводить до умов. Очевидно, деякі матеріали можуть бути більш ефективно перевезені або повільніше, ніж інші. Наприклад, якщо повільний рух стрічкового конвеєра з гранульованою залізною рудою припинено занадто швидко, матеріал може почати скочуватися поверхнею стрічки і призвести до накопичення в точці розвантаження. Аналогічно, занадто швидкий запуск похилого ремня може призвести до відкочування матеріалу назад. Без належного аналізу пуску або зупинення сил наслідком буде те, що натяг ремня може впасти до точки, в якомусь місці на лінії, де пояс скорочуватиметься. Наприклад, пояс зі зниженим від кінця хвоста і нахилу на передню частину може бути завантажена тільки на хвостовий кінець. Якщо гальмування застосовується на головному шківі, пояс може мати нульову напругу або навіть деяке ослаблення на стороні, що несе. Очевидно, що результатом буде дисбаланс навантаження, заплутаність, втрата вирівнювання і т.д.

Збій живлення. У разі збою живлення стрічка врешті-решт припинить рух через тертя. Залежно від умов завантаження необхідний час на зупинку конвеєра може бути різним, оскільки сили тертя можуть бути довгими або короткими. У разі зменшення регенеративного стрічкового конвеєра, він може повністю розвантажитися. У системі стрічкових конвеєрів, можливо те, що матеріал у пунктах передачі буде завантажений. Отже, важливо те, що контрольована зупинка у разі збою живлення дуже важлива. Коли гальмування здійснюється за допомогою гальма, виникає натяг ремня від сили гальмування, противагою цьому буде зворотний напрямок руху ремня. Наприклад, якщо привід знаходиться на головному кінці горизонтального або підйомного конвеєра, потужність передається від приводного шківа до сторони ремня, що несе. При гальмуванні з гальмом, підключеним до приводного шківа, двигун

знеструмлюється, зусилля гальма може передаватися від приводного шківця до зворотного пояса. Тому застосування гальма може бути значним щодо кількості противаг, моделей підйому і розміри валу. Ось деякі проблеми, які виникають при прискоренні або уповільненні сил, вони або ігноруються або неправильно оцінюються. Хоча можливі й інші труднощі, про які йшлося вище, достатні, щоб вказати на важливість належного проектування та аналізу.

Прискорювальні та гальмівні сили, що діють на стрічковий конвеєр під час початкового та кінцевого інтервалу однакові в обох випадках. Однак їх величина та знаки алгебри, що регулюють ці сили, змінюються, як і засоби для боротьби з ними. Прискорення стрічкового конвеєра отримують шляхом будь-якого первинного двигуна, зазвичай електродвигун. Результуючі сили в горизонтальному конвеєрі визначаються інерцією плюс тертя; у похилому конвеєрі, за інерцією плюс тертя плюс підйом навантаження; у відхиленому конвеєрі, за інерцією плюс тертя мінус зниження навантаження. Гальмування стрічкового конвеєра отримують за допомогою гальмівним механізмом. Отримані сили горизонтальному конвеєрі визначаються за інерцією мінус тертя; у похилому конвеєрі, за інерцією мінус тертя мінус підйом навантаження; у відхиленому конвеєрі, за інерцією мінус тертя плюс опускання вантажу. Якщо конвеєр містить кілька частин із різними (позитивними чи негативними) схилами, може виникнути комбінація цих умов.

### **1.5 Монтаж та обслуговування стрічкового конвеєра**

Під час проведення монтажних робіт стрічкового конвеєра розглянемо так. Рама стрічкового конвеєра встановлюється з головної частини рами, за якою йдуть всі наступні механізми по порядку, останній - хвостовий кадр. Перед тим, як рама буде встановлена, центральна лінія переміщається вздовж всього конвеєра, оскільки підтримка центральної лінії конвеєра колінеарною є життєво важливою умовою забезпечення нормальної роботи ременя. Отже, всі його секції повинні бути вирівняні, коли встановлюється допустима похибка  $\pm 0,1$  мм

для одного метра конвеєра і для всього конвеєра, а допустима помилка повинна бути обмежена 35 мм. Коли кожен розділ зафіксовано і встановлено конвеєр починає з'єднуватися.

Встановлення приводного пристрою. Коли привідний пристрій встановлений, вал трансмісії конвеєра повинен бути перпендикулярним до центральної лінії конвеєра. Центр провідних шків повинен збігатися з центральною лінією конвеєра, а вісь редуктора має бути паралельна осі приводу. Тим часом, всі осі та шківни мають бути встановлені на рівні. Відповідно до ширини конвеєра горизонтальна похибка осі повинна бути в діапазоні 0,5-1,5 мм. Під час встановлення приводного пристрою можна встановити натяжний пристрій. Колісна вісь натяжного пристрою повинна бути перпендикулярна центральній лінії конвеєра.

Встановлення роликів. Після того, як були встановлені рама, привід та пристрій натягу, можна встановити проміжну рамку для верхнього та нижнього холостого ходу, через яку стрічка матиме уповільнене криве повороту та відстань між рамкою холостого ходу у вигнутому місці має бути  $1/2 - 1/3$  від нормального ролика. Обертання холостого ходу має бути гнучким до наступної установки.

Остання установка стрічкового конвеєра. Щоб переконатися, що стрічка проходить вздовж центральної лінії холостого ходу та шківни від початку до кінця, повинні бути виконані три вимоги, коли встановлені натягувачі, рамка та шківни. По-перше, ролики повинні бути розташовані рядами паралельними один одному та під кутом. По-друге, всі шківни повинні бути в пазах і паралельно один до одного. Остання структура несучої конструкції повинна бути лінійною і підтримувати кут нахилу. Тому останню установку необхідно зробити так що конвеєрна осьова лінія і горизонтальне місце приводного шківни повинні бути розташовані в проміжній рамі. Рама має бути закріплена на фундаменті або підлозі. Пристрій подачі та розвантаження може бути встановлений лише тоді, коли конвеєр закріплений.

Розміщення конвеєрної стрічки. Пояс повинен бути спочатку розгорнутий на неодружених роликах секції без навантаження, а потім накладатися на секцію важкого навантаження після того, як пояс буде розміщений на шківі. Ручна лебідка розміром 0,5-1,5 т допоможе розмістити ремінь. Коли стрічка натягнута і має бути з'єднана, шків натяжного пристрою повинен бути переміщений у крайнє положення, натяжний пристрій повинен бути переміщений до приводного пристрою, а шків повинен перейти у верхню частину вертикальної осі. Редуктор та двигун повинні бути готові перед початком запуску. Після встановлення ременя необхідне пускове введення в експлуатацію. При пуску в експлуатацію, необхідно приділити увагу тому, чи є відключення, робоча температура, приводні деталі, робочий стан роликів, рівень контакту між пристроєм, що чистить, і поверхнею ременя. Установка може бути виконана, тільки тоді всі компоненти будуть працювати справно.

## **1.6 Обслуговування стрічкового конвеєра**

Існує багато причин відмови роботи конвеєра, але регулярний огляд та подальші заплановані профілактичні обслуговування завжди набагато ефективніші та менш дорогі, ніж пробій або ремонт. Слід зазначити, що обслуговування конвеєрної стрічки не тільки включає належний догляд за ременем, але також включає догляд та обслуговування обладнання, яке включає натяжні ролики, шківі, ремінні очищувачі і т.д. Обслуговування стрічкового конвеєра в основному таке ж, як і будь-яке обладнання з частин, що рухаються, і незалежно від того, наскільки добре конвеєр спроектований і сконструйований, він вимагатиме планового технічного обслуговування та періодичного обслуговування [3].

Суворий графік технічного обслуговування та добре підготовлена команда технічного обслуговування можуть врятувати компанію від великих витрат на ремонт протягом роботи обладнання. Функція обслуговування у будь-якій операції відповідає за підтримку максимальної продуктивності обладнання

чи потужності. Заплановане технічне обслуговування скорочує час на ремонт та забезпечує ефективну та безпечну роботу системи. Програма технічного обслуговування починається з управління та їхнього ставлення до суворого планового графіку. Так само важливим для графіка обслуговування стрічкових конвеєрів є те, що обслуговування повинно виконуватися добре підготовленими фахівцями, оснащеними належним випробувальним обладнанням та інструментами. Екіпаж обслуговуючого персоналу має бути кваліфікованим персоналом, уповноваженим закривати конвеєр, щоб зробити необхідний ремонт.

## 2 Обчислення характеристик силового електроприводу та підбір його елементів

Підбір елементів для електроприводу безумовно вважається одним із важливих завдань при проектуванні, адже саме від нього завіситиме економічність та результат його роботи. З цієї причини важливо розуміти та зробити аналіз які елементи будуть найбільш оптимальними з технічної та фінансової частини.

Вивчимо та зробимо аналіз з технічної та економічної частини в якій ми поміняємо електропривод постійного струму на асинхронний двигун із частотним регулюванням [4, 5]

### 2.1 Вибір приводного двигуна

Стрічковий конвеєр функціонує в порядку  $S1$ , для достатнього термічного балансу його цикл повинен перевищувати 10 хвилин, ця умова дозволяє дотримуватися теплової рівноваги (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Діаграма у порядку роботи  $S1$

Розрахуємо найбільшу потужність

$$\begin{aligned}
 P_{з макс} &= \frac{Kz \cdot Q}{\eta} \cdot (c \cdot L + H) \cdot 10^{-3} = \frac{1.1 \cdot 200000}{0.75} \cdot (1.1 \cdot 114.45 + 13.075) \cdot 10^{-3} = \\
 &= 34.130 \text{ кВт}, \tag{2.1}
 \end{aligned}$$

де  $K_z$  - коефіцієнт запасу (1.1÷1.25);

$Q$ - Продуктивність конвеєра, т-год;

$L$ - Протяжність конвеєра, м;

$H$ - Висота підйому, м

$\eta$ - Коефіцієнт корисної дії (0.75÷0.85);

$c$ - Експериментальний коефіцієнт, що зумовлює від типу конвеєра та його потужності (1.1÷2).

Момент на валу двигуна з його резистором

$$M_{с нагр} = \frac{P_{с макс}}{\omega_{дв макс}} = \frac{34130}{98.462} = 346.667 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.2)$$

$$\text{тут, } \omega_{дв макс} = \frac{\pi \cdot n_{дв макс}}{30} = \frac{3.14 \cdot 940}{30} = 98.462 \text{ рад/с}. \quad (2.3)$$

$N_{дв макс} = 940$  об/хв – необхідна швидкість для двигуна конвеєра

Розрахуємо електродвигун і виберемо відповідно до каталожних даних

$$P_{дв.н} \geq \frac{M_{с макс} \cdot \omega_{дв н}}{0.5 + \frac{\omega_{эп мин}}{\omega_{дв н}}} \cdot 10^{-3}; \quad M_{дв макс} \geq M_{эп макс}; \quad \omega_{дв н} \geq \omega_{эп макс}$$

Підбираємо необхідний електромотор типу AS350V6, технічні показники, взяті з каталожних даних, внесемо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики електромотора AS350V6

Типовий двигун	Синхронна частота обертання, про/хв	Потужність, кВт	При номінальному навантаженні			
			Ковзання, %	ККД, %	$\cos\varphi$	
AS350V6	1000	45	1.6	85	0.7	
$M_{п} = \frac{M_{макс}}{M_{н}}$	$M_{к} = \frac{M_{макс}}{M_{н}}$	$M = \frac{M_{хв м}}{M_{до}}$	$k_{i дв} = \frac{I_{пуск}}{I_{н}}$	Рівень захисту	Климат. дія	$J_{дв}, \text{кг} \cdot \text{м}^2$
2.2	2.8	1	5.5	IP54	У2	1.2

$z_p = 3$  – кількість пар полюсів

Визначення параметрів обраного електродвигуна проводяться в такий спосіб:

$$\omega_0 = \frac{\pi \cdot n_0}{30} = \frac{3.14 \cdot 1000}{30} = 104.72 \text{ рад/с} \quad (2.4)$$

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_{двн}}{30} = \frac{3.14 \cdot 940}{30} = 98.437 \frac{\text{рад}}{\text{с}}, \quad (2.5)$$

$$I_{1H} = \frac{P_H}{3 \cdot U_{1H} \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_H} = \frac{45000}{3 \cdot 220 \cdot 0.7 \cdot 0.85} = 114.6 \text{ А} \quad (2.6)$$

$$M_H = \frac{P_H \cdot 10^{-3}}{\omega_H} = \frac{45 \cdot 10^{-3}}{98.437} = 457.174 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.7)$$

## 2.2 Встановлення параметрів схеми заміщення асинхронного двигуна відповідно до даних каталогу

Для обчислення електромеханічних та автоматичних даних асинхронного електродвигуна будемо застосовувати його точну модель, що, як у принципі показано різними схемами заміщення. Найбільш легкою та оптимальною для технічних обчислень асинхронного електродвигуна вважається схема, представлена нижче на малюнку 2.2.

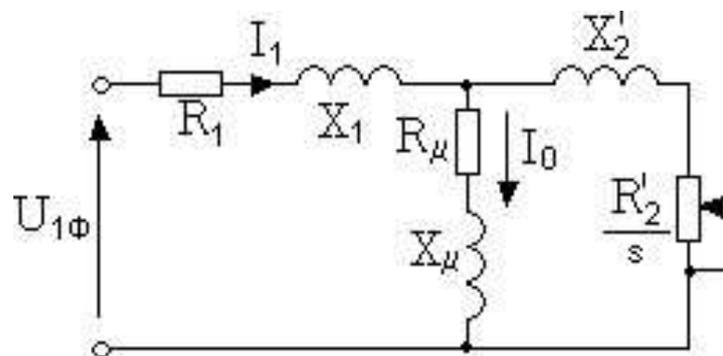


Рисунок 2.2 – Модель заміщення асинхронного двигуна

Рівняння, що показують головні параметри асинхронного двигуна за встановленою схемою:

$$\overline{U_{1\Phi}} - \overline{E_1} - j \cdot X_1 \cdot \overline{I_1} = 0; \quad \overline{E_1} + j \cdot X_2 \cdot \overline{I_2} + R_2 \cdot \overline{I_2} / s = 0; \quad \overline{I_1} + \overline{I_2} - \overline{I_0} \quad (2.8)$$

Встановимо характеристики, показані на моделі заміщення асинхронного мотора AS350V6 взяті за даними довідника (таблиця 2.1). Обчислення здійснимо шляхом наступних ключових припущень: втрати в моторі повинні скласти 0,02  $P_n$ ; активний опір двигуна статора і ротора що знаходяться в обмотках не повинні зависити від порядку роботи мотора, тобто результат витіснення не передбачається.

Розрахунок холостого ходу

$$I_0 = \sqrt{\frac{I_{11}^2 - \frac{p \cdot I_{1n} \cdot (1 - s_n)}{1 - p \cdot s_n}}{1 - \frac{p \cdot (1 - s_n)}{1 - p \cdot s_n}}} = \sqrt{\frac{96.721^2 - \frac{0.75 \cdot 114.6 \cdot (1 - 0.016)}{1 - 0.75 \cdot 0.016}}{1 - \frac{0.75 \cdot (1 - 0.016)}{1 - 0.75 \cdot 0.016}}} = 67.739, \quad (2.9)$$

тут, статорний струм двигуна при неповному навантаженні

$$I_{11} = \frac{p \cdot P_n}{3 \cdot U_{1n} \cdot \cos \varphi_p \cdot \eta_p} = \frac{0.75 \cdot 45000}{3 \cdot 220 \cdot 0.622 \cdot 0.85} = 96.72 \text{ A},$$

де  $p = \frac{P}{P_n}$  - з умови завантаження приймаємо  $p = 0.75$ ,

$\eta_p$  - коефіцієнт корисної дії двигуна при неповному завантаженні,

$\cos \varphi_p$  - коефіцієнт косинуса потужності при неповному навантаженні, приймаємо як 0.622.

Отримане в обмотці статора асинхронного двигуна і його активний опір в обмотці ротора:

$$R_2 = \frac{3 \cdot U_{1\text{фн}}^2 \cdot (1 - s_n)}{2 \cdot m_v \cdot P_n \cdot C_2 \cdot \left(\beta + \frac{1}{s_r}\right)} = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot (1 - 0.016)}{2 \cdot 2.8 \cdot 45000 \cdot 1.054^2 \cdot \left(1 + \frac{1}{0.092}\right)} = 0, \quad (2.10)$$

тут  $\beta$  - це показник, який знаходиться в спектрі наступних значень  $0.6 \div 2.5$ ,

Попередньо приймаємо  $\beta$  як 1

$$C_1 = 1 + \frac{I_0}{2 \cdot k_{i\text{дв}} \cdot I_{1n}} = 1 + \frac{67.739}{2 \cdot 5.5 \cdot 114.6} = 1.054. \quad (2.11)$$

Отримуємо ковзання у критичному режимі

$$s_k = s_n \cdot \frac{m_k + \sqrt{m_k^2 - [1 - 2 \cdot s_n \cdot \beta \cdot (m_k - 1)]}}{1 - 2 \cdot s_n \cdot \beta \cdot (m_k - 1)} =$$

$$= 0.03 \cdot \frac{2.8 + \sqrt{2.8^2 - [1 - 2 \cdot 0.016 \cdot 1 \cdot (2.8 - 1)]}}{1 - 2 \cdot 0.016 \cdot 1 \cdot (2.8 - 1)} = 0.092$$

Опір в обмотках статора  $R_1$  (активний)

$$R_1 = C_1 \cdot R_2 = 1.054 \cdot 0.045 \cdot 1 = 0.048 \text{ Ом.} \quad (2.12)$$

$X_{кн}$  опір короткого замикання (індуктивне)

$$X_{кн} = \gamma \cdot C_1 \cdot R_2 = 10.808 \cdot 1.054 \cdot 0.045 = 0.517 \text{ Ом,} \quad (2.13)$$

$$\text{тут, } \gamma = \sqrt{\frac{1}{s_k^2} - \beta^2} = \sqrt{\frac{1}{0.092^2} - 1^2} = 10.808$$

Отриманий під час обчислень коефіцієнт  $\gamma = 10.808$ , показує зв'язок між індуктивним опором короткочасного замикання у його номінальному режимі з активним опором обмотки ротора тобто ( $C_1 \sim 1$ ), двигун потужністю 45кВт підходить проведення розрахунків.

Індуктивний опір розсіювання в обмотках статора, що проходить через обмотки ротора.

$$X_{2н} = 0.58 \cdot \frac{X_{кн}}{C_1} = 0.58 \cdot \frac{0.517}{1.054} = 0.285 \text{ Ом.} \quad (2.14)$$

Опір розсіювання в обмотках статора

$$X_{1н} = 0.42 \cdot X_{кн} = 0.42 \cdot 0.517 = 0.217 \text{ Ом.} \quad (2.15)$$

Опір індуктивний у намагніченому контурі

$$X_\mu = \frac{E_\mu}{I_0} = \frac{198.8}{67.739} = 2.936 \text{ Ом,} \quad (2.16)$$

тут,

$$E_\mu = \sqrt{(U_{1н} \cdot \cos\varphi_n - I_{1н} \cdot R_1)^2 + (U_{1н} \cdot \sin\varphi_n - I_{1н} \cdot X_{1н})^2} =$$

$$= \sqrt{(220 \cdot 0.7 - 114.591 \cdot 0.048)^2 + (220 \cdot 1.68 - 11.591 \cdot 0.217)^2} = 198.8 \text{ В.}$$

ЕРС, що рухається, в обмотці статора при його номінальній роботі.

З вище представлених формул, розрахунків таких як опори в обмотках статора, індуктивного опору, опір в статорних обмотках і індуктивний опір в намагніченому контурі, ми можемо занести всі дані в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Відокремлені характеристики моделі заміщення двигуна

$R_1$ , Ом	$R_2$ , Ом	$X_{кн}$ , Ом	$X_{1н}$ , Ом	$X_{2н}$ , Ом	$X_{\mu}$ , Ом
0.048	0.045	0.517	0.217	0.285	2.936

### 2.3 Обчислення та проектування природних механічних та електромеханічних параметрів двигуна

Параметр асинхронного мотора (М) обчислюється так:

$$M(s) = \frac{3 \cdot U_2^2 \cdot R_2}{\omega_0 \cdot s \cdot \left[ X_{кн}^2 + \left( R_1 + \frac{R_2}{s} \right) + \left( \frac{R_1 \cdot R_2}{s \cdot X_{\mu}} \right) \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0.045}{104.72 \cdot 0.016 \cdot \left[ 0.517 + \left( 0.048 + \frac{0.045}{0.016} \right) + \left( \frac{0.048 \cdot 0.045}{0.016 \cdot 2.936} \right) \right]};$$

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s). \quad (2.17)$$

$M_{емн}$  – Момент двигуна номінальний

$$M_{эмн} = \frac{3 \cdot U_{1фн}^2 \cdot R_2}{\omega_0 \cdot s_n \cdot \left[ X_{кн}^2 + \left( R_1 + \frac{R_2}{s} \right) + \left( \frac{R_1 \cdot R_2}{s \cdot X_{\mu}} \right) \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0.045}{104.72 \cdot 0.016 \cdot \left[ 0.517^2 + \left( 0.048 + \frac{0.045}{0.016} \right) + \left( \frac{0.048 \cdot 0.045}{0.016 \cdot 2.936} \right) \right]} =$$

$$= 461.440 \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (2.18)$$

Природна механічна характеристика стосується умов роботи двигуна з номінальними значеннями параметрів. Природна характеристика асинхронного двигуна відповідає номінальній напрузі та номінальній частоті змінного струму, що підводиться до статора двигуна за умови відсутності додаткового опору ланцюга ротора.

Побудуємо природні механічні параметри електродвигуна та покажемо їх на рис. 2.3.

Наведені на рис. 2.3, природні механічні параметри двигуна, виведені шляхом обчислень за параметрами Т-подібної моделі заміщення, підходять для

асинхронного двигуна з його ненасиченим магнітним режимом, виявляється взаємозалежністю опору ротора (індуктивної) від його ковзання.

З характеристики видно, що з номінальному моменті навантаження 457,147 Н·м, швидкість дорівнює  $\omega = 103$  рад/с.

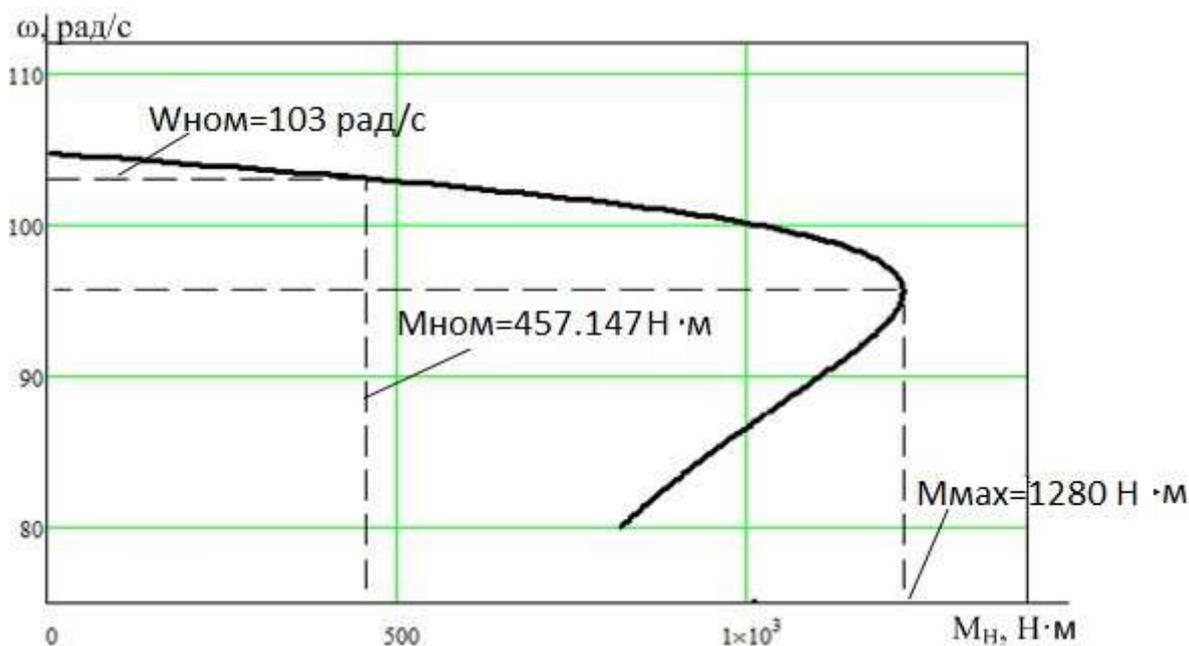


Рисунок 2.3 – Механічні параметри двигуна  $M = f(\omega)$

Взяті з технічного паспорта двигуна (таблиця 2.1)

$$M_{хв} = t_m \cdot M_{двн} = 1 \cdot 457.147 = 457.147 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.19)$$

$$M_{макс} = t_{до} \cdot M_{двн} = 2.8 \cdot 457.147 = 1280 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (2.20)$$

$$M_{п} = t_{п} \cdot M_{двн} = 2.2 \cdot 457.147 = 1006 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.21)$$

Для асинхронного мотора його природно електромеханічні параметри  $\omega (I_1)$

обчислюються так:

$$\begin{aligned}
 I_2(s) &= \frac{U_{1\phi H}}{\pm \sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{KH}^2 + \left(\frac{R_1 \cdot R_2}{s \cdot X_\mu}\right)^2}} = \\
 &= \frac{220}{\pm \sqrt{\left(0.048 + \frac{0.045}{s}\right)^2 + 0.517 + \left(\frac{0.048 \cdot 0.045}{s \cdot 936}\right)^2}}; \\
 I_1(s) &= \sqrt{I_0^2 + I_2(s)^2 + 2 \cdot I_0 \cdot I_2(s)^2 \cdot \sin\varphi_2} = \\
 &= \sqrt{67.739^2 + I_2(s)^2 + 2 \cdot 67.739 \cdot I_2(s)^2 \cdot \sin\varphi_2}
 \end{aligned}$$

$$I_0 = \frac{U_{1\phi H}}{\sqrt{R_1^2 + (X_{1H} + X_\mu)^2}} = \frac{220}{\sqrt{0.048^2 + (0.217 + 2.936)^2}} = 67.739 \text{ A}$$

$$\omega = \omega_0 \cdot (1 - s), \quad (2.22)$$

тут,

$$\sin\varphi_2 = \frac{X_{KH}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{KH}^2}} = \frac{0.517}{\sqrt{\left(0.048 + \frac{0.045}{s}\right)^2 + 0.517^2}}.$$

Обчислені параметри в робочих зонах найбільше підходять до даних взятих з каталогу [2, 4].

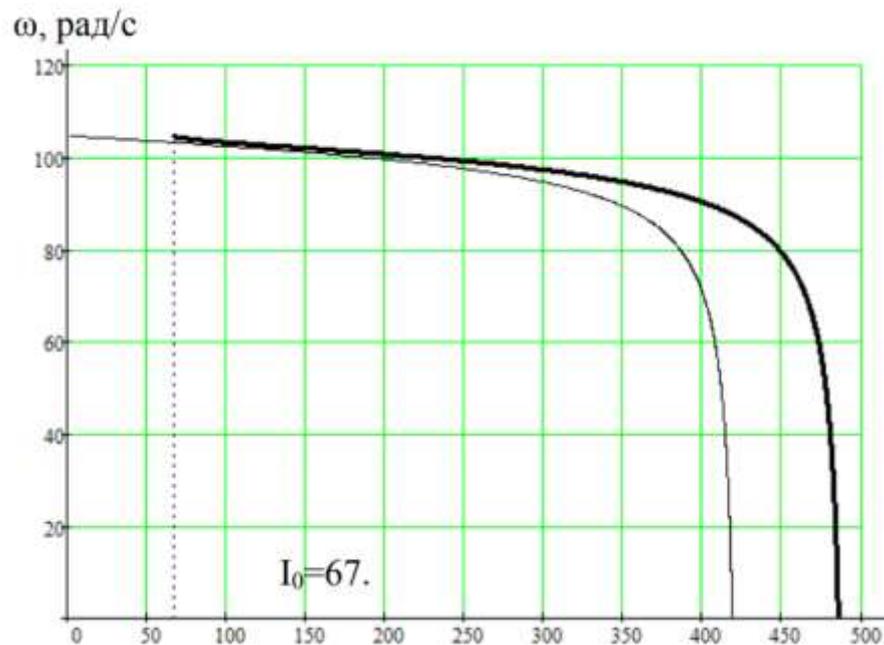


Рисунок 2.4 – Електромеханічні характеристики двигуна

З цієї умови ми можемо сказати, що розраховані обчислення за характеристиками моделі заміщення підходячи до характеристик електродвигуна, спираючись на це ми можемо зробити обчислення за статичними параметрами, також наочно показати імітаційне моделювання асинхронного мотора з його частотним керуванням (рис.2.4).

## 2.4 Підбір частотного керування для стрічкового конвеєра

Конвеєр має частотно-керований електропривод, особливість цього приводу в тому, що він містить різноманітні характеристики. Виберемо найбільш вдалий з них для цього виду автоматизації. Стрічковий конвеєр має малий спектр швидкості свого приводу, найбільш підходящий за простотою і популярнішим способом регулювання, є вольтчастотне управління  $U_1/f_1 = const$ . В наш час використання вольт-частотного регулювання для приводу конвеєра є найбільш відповідним типом, оскільки він становить 1:30, що вважається для конвеєра нормальним. Крім цього керуючись правилом  $U_1/f_1 = const$  для вольт-

частотного регулювання можна досягти незмінність критичного ефекту для цього виду навантаження.

Найважливішими фактами при виборі частотних перетворювачів для приводу конвеєра є його технічні характеристики.

- Здатність конвеєра витримувати велике навантаження.
- Система виявлення збоїв, і навіть їх захист.
- вміння налаштовувати вольтчастотні властивості.

Інші характеристики менш значущі вважатимемо що вони відповідають критеріям сучасним частотно-регульованих приводів. Для раціонального застосування перетворювача буде найбільш оптимальним для стрічкового конвеєра вибір перетворювачів компанії *Schneider Electric* серії *Kooligt*.

## **2.5 Вибір перетворювача частоти**

Частотні перетворювачі можуть бути потужними інструментами в обслуговуванні конвеєрів за допомогою діагностики, вони можуть усувати неполадки, пов'язані в системі. Розуміння того, як частотний перетворювач взаємодіє з процесом, може допомогти нам покращити роботу конвеєра та загальну якість продукції. Не буває непогрішних перетворювачів, як і будь-який пристрій він потребує ремонту або заміни. Частотний перетворювач часто є першим індикатором зміни процесу чи виявлення проблеми (рис. 2.5).

Багато частотних перетворювачів обмінюються даними за допомогою РК-дисплея, світлодіодного дисплея або відкритого блокування або індикації несправності. У більшості програм перетворювач частоти взаємодіє з керуючими пристроями, сигналами управління процесом та ПЛК. Проблема із взаємодією між перетворювачем частоти та цими зовнішніми елементами управління може здатися для частотного перетворювача, коли насправді проблема пов'язана з процесом. Обговорення проблемних ділянок процесу частотного перетворювача з операторами верстата часто може допомогти визначити проблемну область [2, 6].

Якщо зовнішні системи керування працюють правильно, необхідно використовувати частотний перетворювач для систематичного визначення проблем. Якщо індикатор стану дисплея не працює, потрібно перевірити вхідну потужність змінного струму. Якщо індикатор стану не відображається після перевірки або відновлення потужності змінного струму, перевірте силу керування та за потреби відновіть його.



Рисунок 2.5 - Частотний перетворювач

Вибір методу ЧП приводу конвеєра за його обертальною швидкістю. Швидкість обертання в простих прикладах для асинхронного двигуна застосовується шляхом розімкнутих систем методом змін частоти або коливань трифазному напрузі, яка виводиться на двигун. Для кращої оцінки регулювання застосовується векторне регулювання, таке регулювання вважається більш трудомістким. У 3-му розділі використовуємо технічні дані асинхронного двигуна для вибору його частотного перетворювача. У ході перевірок і досліджень електроприводу конвеєра дало зрозуміти, що вибір частотного перетворювача з розімкнутою системою швидкісного регулювання є найбільш прийнятним. Але кінцевий вибір НП вибиратимемо виходячи з того, що спектр скалярного регулювання повинен покривати не тільки верхню частину, а й нижню враховуючи також його момент інерції за результатом обчислень механічних параметрів зробимо остаточний вибір перетворювача частоти для асинхронного двигуна.

З технічної частини вибір перетворювача частоти для приводу конвеєра використовуватимемо ПЧ AFS71HD55N4 компанії Шнайдер. На практиці такі перетворювачі заслужили гарну оцінку через їхню надійність, енергетичні витрати, хорошу експлуатацію. Технічні параметри ПЛ показані у таблиці 2.3.

Найважливішими фактами при виборі частотних перетворювачів для приводу конвеєра є його технічні характеристики.

- Здатність конвеєра витримувати велике навантаження
- Система виявлення збоїв, а також їх захист
- вміння налаштовувати вольт-частотні властивості

Якщо зовнішні системи керування працюють правильно, необхідно використовувати частотний перетворювач для систематичного визначення проблем. Якщо індикатор стану ще не відображається після перевірки або відновлення потужності змінного струму, перевірте силу керування та за потреби відновіть його.

Таблиця 2.3 – Технічні параметри ПЛ AFS71HD55N4

Технічні характеристики	Одиниця виміру	Параметр
Потужність, взята з технічного паспорта	кВт	55
	л.с.	75
Струм лінійний (при 380 В)	А	120
Повна потужність (при 380 В)	кВА	79
Максимальний струм к.з.	кА	22
Струм макс. в устан. режимі	А	116
Перехідний струм макс. протягом	60с	174
	2с	191
Спектр скалярного управління		1:40 – швидкісне регулювання 1:100 – векторне розімкнене управління
Частота комутації	кГц	2,5
Захисне виконання		IP20
Маса	кг	44
Рівень шуму	дБа	63.7

## 2.6 Розрахунок механічних та електромеханічних характеристик системи перетворювач частоти – асинхронний електродвигун

Навантаження електричного приводу конвеєра є постійним за значенням в технічному періоді, тому регулювання швидкості донизу від основної (номінальної) швидкості двигуна  $n_{p \text{ ном}} = 1000$  об/хв до найменшої його робочої швидкості  $n_{p \text{ мін}} = 500$  об/хв здійснюється тільки при виконанні регулювання  $U_1/f_1 = \text{const}$ .

Механічні параметри мотора  $\omega(M)$  при змінних заданих умов частоти та напруги живлення обчислюються за формулами:

$$M(s, f_1) = \frac{3 \cdot U_{1\phi}^2(f_1) \cdot \dot{R}_2}{\omega_0 \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \cdot s \cdot \left[ X_{\text{кн}}^2 \cdot \left( \frac{f_1}{f_{1H}} \right)^2 + \left( R_1 + \frac{\dot{R}_2}{s} \right)^2 + \left( \frac{R_1 \cdot \dot{R}_2}{s \cdot X_\mu \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}} \right)^2 \right]} =$$

$$= \frac{3 \cdot U_{1\phi}^2(f_1) \cdot 0.045}{\omega_0 \cdot \frac{f_1}{50} \cdot s \cdot \left[ 0.517^2 \cdot \left( \frac{f_1}{50} \right)^2 + \left( 0.048 + \frac{0.045}{s} \right)^2 + \left( \frac{0.048 \cdot 0.045}{s \cdot 2.936 \cdot \frac{f_1}{50}} \right)^2 \right]};$$

$$\omega = \omega_0 \cdot (1-s). \quad (2.23) \quad \text{Тут, } U_1(f_1) = U_{1\phi H} \cdot \frac{f_1}{f_{1H}} \text{ при } f_1 < f_{1H}.$$

Електромеханічні параметри мотора  $\omega(I_1)$  при значеннях частоти і напруги живлення, що змінюються, обчислюються за формулами:

$$I_1(s, f_1) = \sqrt{I_0(f_1)^2 + I_2^2(s, f_1) + 2 \cdot I_0(f_1) \cdot I_2(s, f_1) \cdot \sin \varphi_2(s, f_1);}$$

$$I_2(s, f_1) = \frac{U_{1\phi H}(f_1)}{\sqrt{\left( R_1 + \frac{\dot{R}_2}{s} \right)^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot \left( \frac{f_1}{f_{1H}} \right)^2 + \left( \frac{R_1 \cdot \dot{R}_2}{s \cdot X_\mu \cdot \frac{f_1}{f_{1H}}} \right)^2}} =$$

$$= \frac{U_{1\phi}(f_1)}{\sqrt{\left( 0.048 + \frac{0.045}{s} \right)^2 + 0.517^2 \cdot \left( \frac{f_1}{50} \right)^2 + \left( \frac{0.048 \cdot 0.045}{s \cdot 2.936 \cdot f_1/50} \right)^2}}.$$

$$\sin\varphi_1(s, f_1) = \frac{X_{\text{кн}} \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}}\right)^2}} = \frac{0.517 \cdot \frac{f_1}{50}}{\sqrt{\left(0.048 + \frac{0.045}{s}\right)^2 + 0.517^2 \cdot \frac{f_1}{50}}};$$

$$I_0(f_1) = \frac{U_{1\phi}(f_1)}{\sqrt{R_1^2 + (x_{1\text{н}} + x_{\mu})^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}}\right)^2}} = \frac{U_{1\phi}(f_1)}{\sqrt{0.048^2 + (0.217 + 2.936)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{50}\right)^2}}.$$

Якщо зовнішні системи керування працюють правильно, необхідно використовувати частотний перетворювач для систематичного визначення проблем. Якщо індикатор стану не відображається після перевірки або відновлення потужності змінного струму, перевірте силу керування та за потреби відновіть його [1, 5].

Механічні параметри мотора  $\omega(M)$  за змінних заданих умов частоти і напруги живлення обчислюються за формулами вище. В результаті обчислень було побудовано сімейство механічних параметрів  $\omega(M)$  (рис. 2.6)

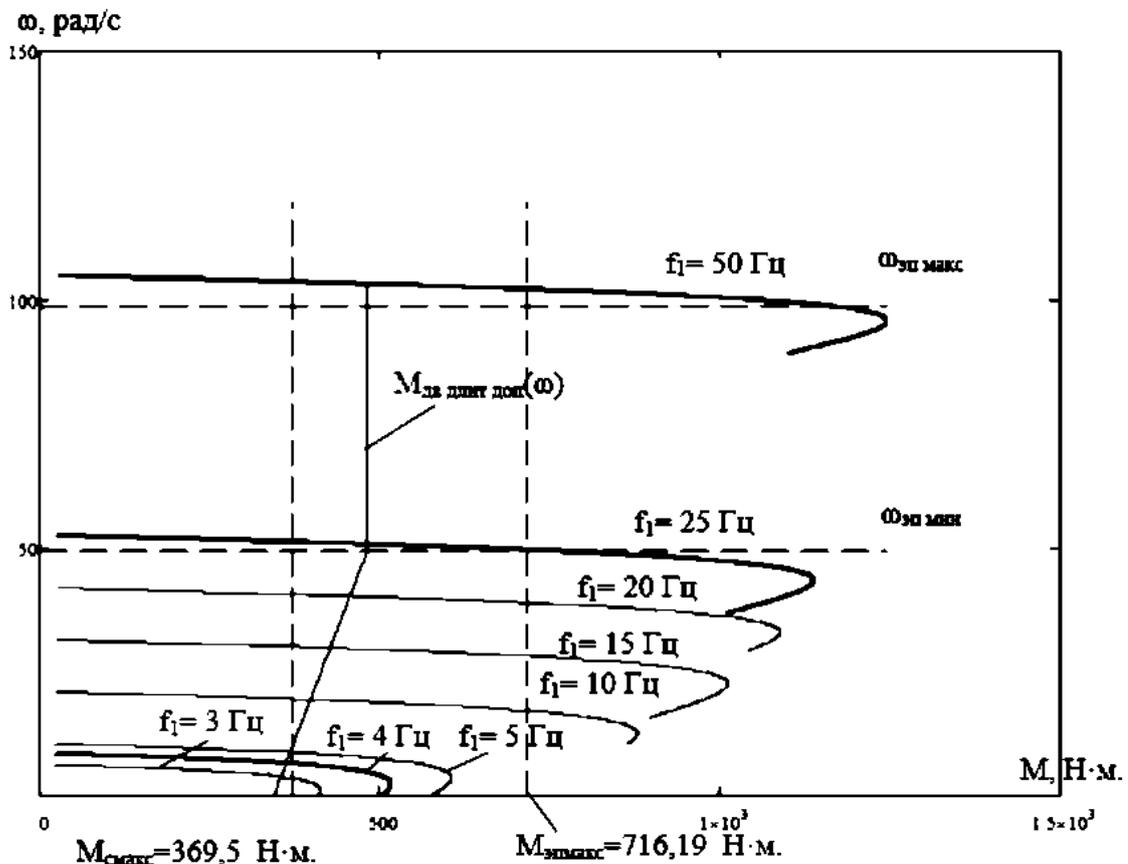


Рисунок 2.6 – Механічні характеристики  $\omega(M)$  системи перетворювач двигуна при скалярному управлінні та законі регулювання  $U_1/f_1 = \text{const}$ .

$$\sin\varphi_1(s, f_1) = \frac{X_{\text{кн}} \cdot \frac{f_1}{f_{1\text{н}}}}{\sqrt{\left(R_1 + \frac{R_2}{s}\right)^2 + X_{\text{кн}}^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}}\right)^2}} = \frac{0.517 \cdot \frac{f_1}{50}}{\sqrt{\left(0.048 + \frac{0.045}{s}\right)^2 + 0.517^2 \cdot \frac{f_1}{50}}};$$

$$I_0(f_1) = \frac{U_{1\phi}(f_1)}{\sqrt{R_1^2 + (x_{1\text{н}} + x_{\mu})^2 \cdot \left(\frac{f_1}{f_{1\text{н}}}\right)^2}} = \frac{U_{1\phi}(f_1)}{\sqrt{0.048^2 + (0.217 + 2.936)^2 \cdot \left(\frac{f_1}{50}\right)^2}}$$

За результатами розрахунків збудовано сімейство електромеханічних характеристик  $\omega(I_1)$  (рис. 2.7).

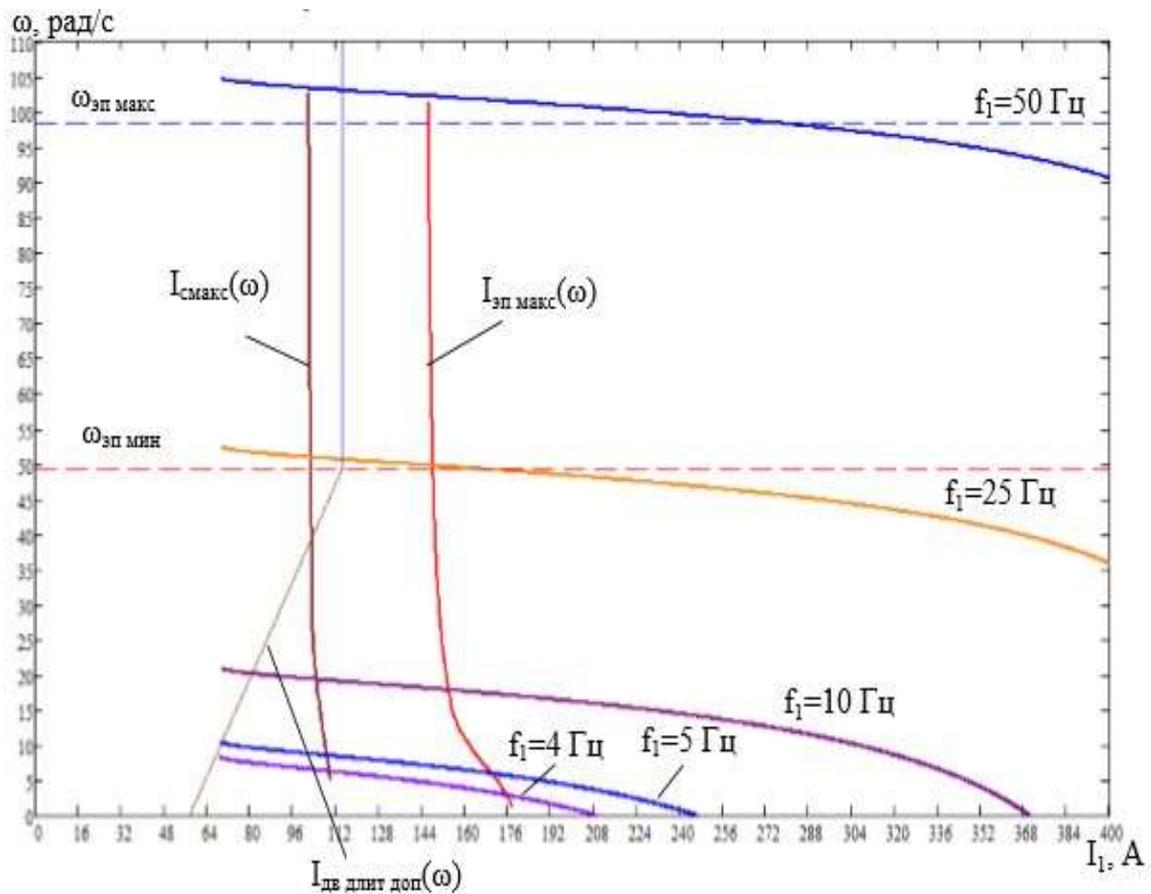


Рисунок 2.7 – Електромеханічні характеристики  $\omega(I_1)$  системи перетворювач-двигун при скалярному управлінні та законі управління  $U_1/f_1 = \text{const}$

### 3. Частотно-керований асинхронний привід та його імітаційна модель

#### 3.1 Функціональна схема приводу конвеєра

Асинхронний двигун і привід його конвеєра з частотним керуванням швидкісного типу наведено на рис. 3.1.

Структура приводу конвеєра включає: датчик насиченості руху на вході, ПЧ AFS71HD55N4, асинхронний мотор AS350V6 з ротором КЗ. Характеристиками зміни приводу є: вид та характеристики датчика насиченості швидкості, також враховується найменше значення  $f_{\text{мін}}$ , частотного перетворювача та правило регулювання та зміни вольт-частотної характеристики  $U_1 = f_1$ .

При постановці завдань на проектування для живлення асинхронного приводного двигуна і подальшого його аналізу приймаємо модель рівносильну трифазної асинхронної машини з короткозамкненим ротором в системі координат, що рухається. Загальна модель мотора з короткозамкненим ротором в частині, що рухається  $\omega_{\text{за}}$  система координат  $x, y$  з реактивним навантаженням показана на рис. 3.1.

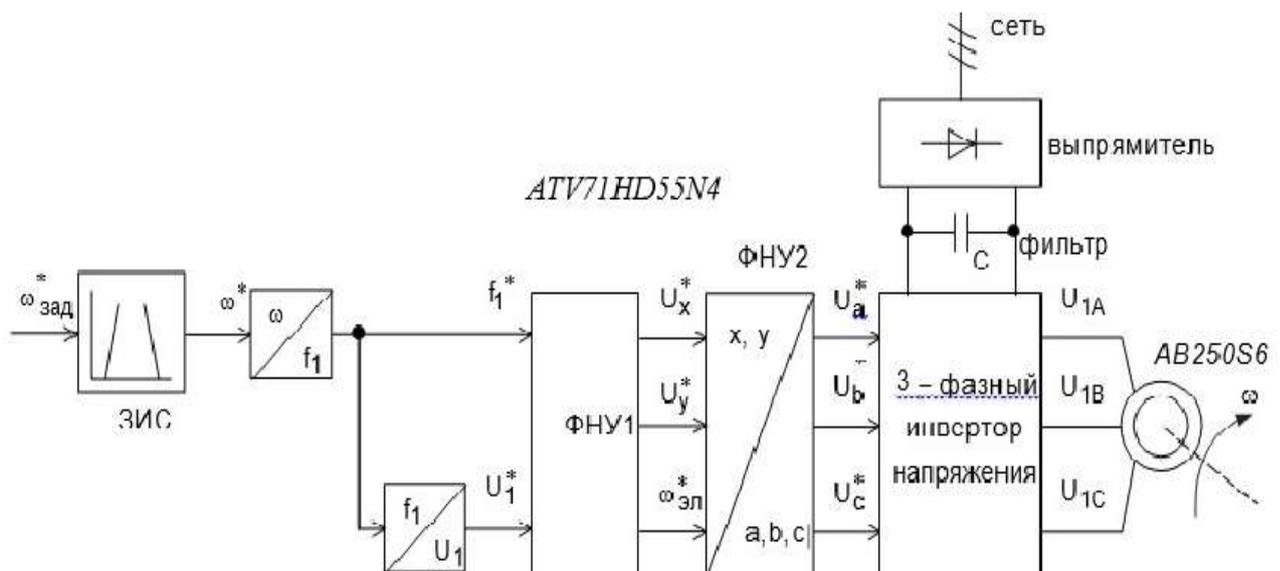


Рисунок 3.1 – Функціональна схема частотно-керованого асинхронного приводу конвеєра зі швидкісним регулюванням

Загальна модель трифазного мотора в системі координат, що рухається, містить у собі два основних факторів впливу:

-2 незмінних формою напруг  $U_{1x}$  і  $U_{1y}$ , числові значення рівні фазним напруг двигуна і обчислюються відповідно до заданої залежності  $U_1(f_1)$ ;

-Кутова частота обертання поля статора визначається  $\omega_{ел1} = 2\pi \cdot f_1$ .

### 3.2 Характеристики ланок загальної моделі двигуна

Індуктивність обмоток:

$$\text{- статора } L_1 = \frac{X_{1q}}{2 \cdot \pi \cdot f_1} + L_m = \frac{0.217}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} + 0.00934 = 0.010031 \text{ Гн}; \quad (3.1)$$

$$\text{- ротора } L_2 = \frac{X_{2q}}{2 \cdot \pi \cdot f_1} + L_m = \frac{0.283}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} + 0.00934 = 0.010245 \text{ Гн}; \quad (3.2)$$

$$\text{тут } q = 1 - \frac{L_m^2}{L_1 \cdot L_2} = 1 - \frac{0.00934^2}{0.01 \cdot 0.01} = 0.151 \text{ - коефіцієнт рассеяния};$$

$$L_m = \frac{X_m}{2 \cdot \pi \cdot f_1} = \frac{2.936}{2 \cdot 3.14 \cdot 50} = 0.00934 \text{ Гн} \text{ - індуктивність, обумовлена}$$

магнітним потоком у повітряному зазорі.

Еквівалентний опір

$$R_3 = R_1 + R_2 \cdot \frac{L_m^2}{L_2^2} = 0.048 + 0.045 \cdot \frac{0.00934^2}{0.01^2} = 0.086 \text{ Ом} \quad (3.3)$$

Електромагнітні постійні часу:

$$T_3 = \frac{q \cdot L_1}{R_3} = \frac{0.151 \cdot 0.01}{0.086} = 0.018 \text{ с}; \quad T_2 = \frac{L_2}{R_2} = \frac{0.01}{0.045} = 0.226 \text{ с} \quad (3.4)$$

Ми використовуємо програму MATLABR2007b як модель для автоматизованих процесів керування двигуном та для імітаційного моделювання в системі керованого електроприводу додаткового конвеєра та електромеханічних систем [3, 4].

Розглянемо модель схеми електричного ланцюга електроприводу з трифазним асинхронним двигуном та реактивним навантаженням.

### 3.3 Імітаційна модель силового каналу електроприводу

Модель підбору елементів імітаційної моделі силового каналу електроприводу з трифазним асинхронним двигуном та реактивним навантаженням наведена на рис. 3.2. На схемі суперблоком – двигун представлений асинхронний електродвигун, суперблоком – ПЧ – перетворювач частоти, а суперблоком – ТС- задатчик інтенсивності швидкості

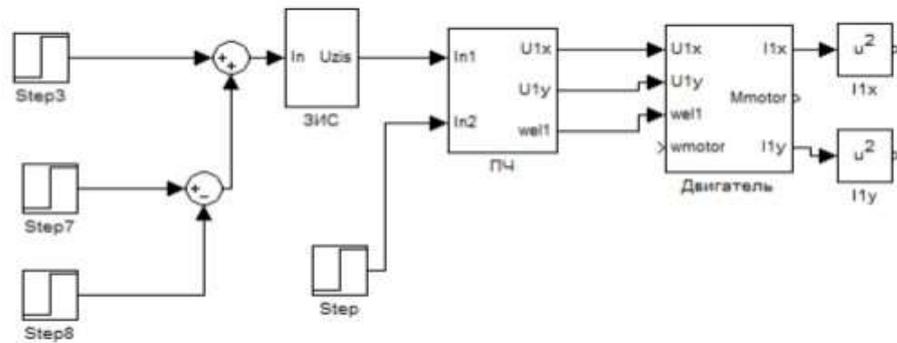


Рисунок 3.2 – Схема набору імітаційної моделі силового каналу електроприводу

Схема набору імітаційної моделі перетворювача частоти наведена на рис.3.3. Прийнято кусочно-лінійну апроксимацію вольт-частотної характеристики.

Параметри налаштування блоку  $U_1/f_1$  імітаційної моделі перетворювача частоти:  $x_1 = 0, 5, 30, 50, 100$ ;  $x_2 = 5.5, 27.5, 132, 220, 220$ .

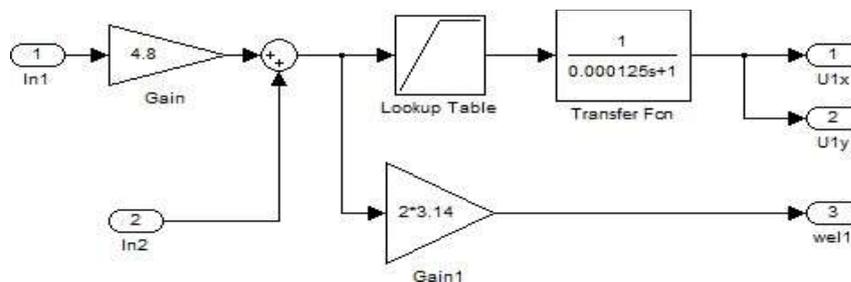


Рисунок 3.3 – Схема імітаційної моделі перетворювача частоти

### 3.4 Вибір типу задатчика інтенсивності та його параметрів

Обмеження умов очікування двигуна, що обмежують час доступу за допомогою відкритих циклів з використанням дискових рамп, використовуючи швидкість рамп в електричному ланцюзі. По суті встановлення лінійно обумовленого регулятора швидкості забезпечує постійне значення (тобто падіння гальмування), тобто швидкість. Постійне прискорення диска за умови збереження постійної величини динамічного моменту приводу. Електромагнітний момент двигуна та його максимальне значення залежать від імпульсу навантаження. Момент, коли двигун генерує навантаження, реактивний, і починаючи з розетки регулятор швидкості підтримує постійне значення від систем приводу. Тому електричний привід лопатки подачі може досягти критичної точки при високому навантаженні, а механізм руху педаль тригера механічно регулюється, якщо характеристики моменту, що крутить, рівні крутний момент крутного моменту. В обох випадках струм інвертора перевищує струм роз'єднання, а диск недостатній.

Асинхронні відкриті двигуни з керованою частотою двигуна запускають двигун на найнижчій частоті  $f_m$  а потім в кінці перехідного процесу до швидкості, з якою швидкість потоку досягає постійного стану. Були підібрані датчики інтенсивності з S-подібними формами (рисунок 3.4) та параметрами:

$$t_1 = 0.5 \text{ c}; t_2 = 3 \text{ c}; Tu_1 = t_1 = 0.5 \text{ c}; Tu_2 = t_1 + t_2 = 0.5 + 3 = 3.5 \text{ c};$$

$$k = 0.05 \cdot \frac{t_1}{t_1 + t_2} = 0.05 \cdot \frac{0.5}{0.5 + 3} = 0.0071 \text{ c}$$

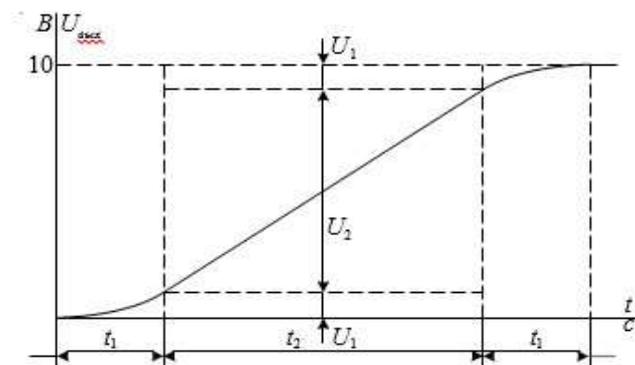


Рисунок 3.4 – Тимчасова характеристика задатчика швидкості з S – образною характеристикою

Схема набору імітаційної моделі задатчика інтенсивності швидкості наведено рис. 3.5.

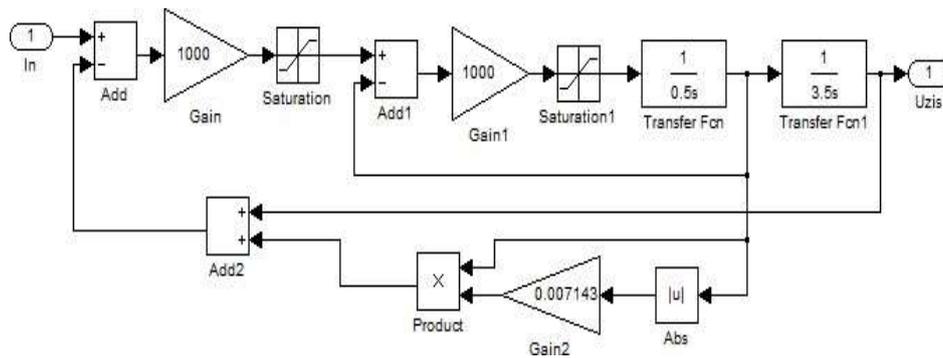


Рисунок 3.5 – Схема набору імітаційної моделі задатчика інтенсивності швидкості  $S$  – образною характеристикою

Параметри налаштування ЗІС:

-блок *Saturation*: Upper limit = 10В; Lower limit = -10В;

-блок *Saturation1*: Upper limit = 10В; Lower limit = -10В;

Імітаційна модель частотно-регульованого електроприводу живильника із задатчиком інтенсивності швидкості показана на рис. 3.6, де: суперблок – ЗІС – це задатчик інтенсивності швидкості.

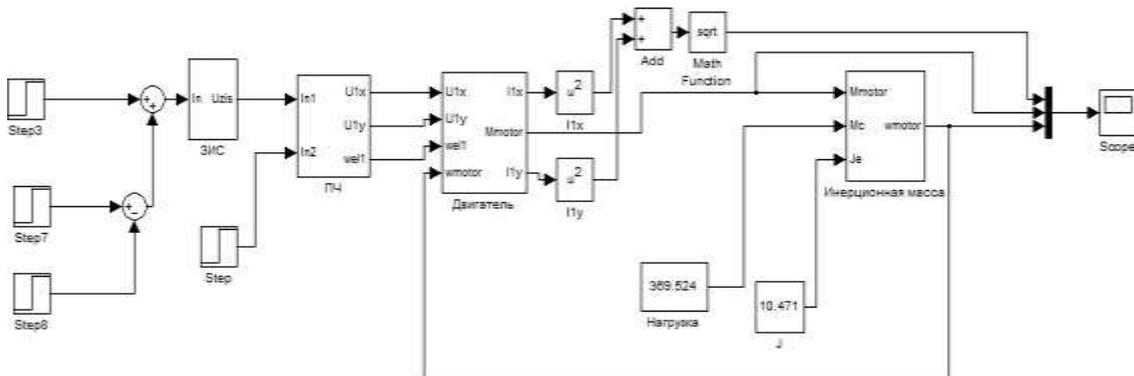


Рисунок 3.6 – Імітаційна модель частотно-регульованого електроприводу конвеєра із задатчиком інтенсивності швидкості

Перехідні процеси в електроприводі з  $S$  – образним задатчиком інтенсивності підтвердили суттєве зменшення коливального моменту двигуна у

пуско-гальмівних режимах роботи, що й визначило остаточний вибір задатчик інтенсивності з S – образною характеристикою.

Суперблок (Інерційна маса) містить імітаційну модель одномасової механічної системи з моментом навантаження реактивного характеру – представлена на рис. 3.7.

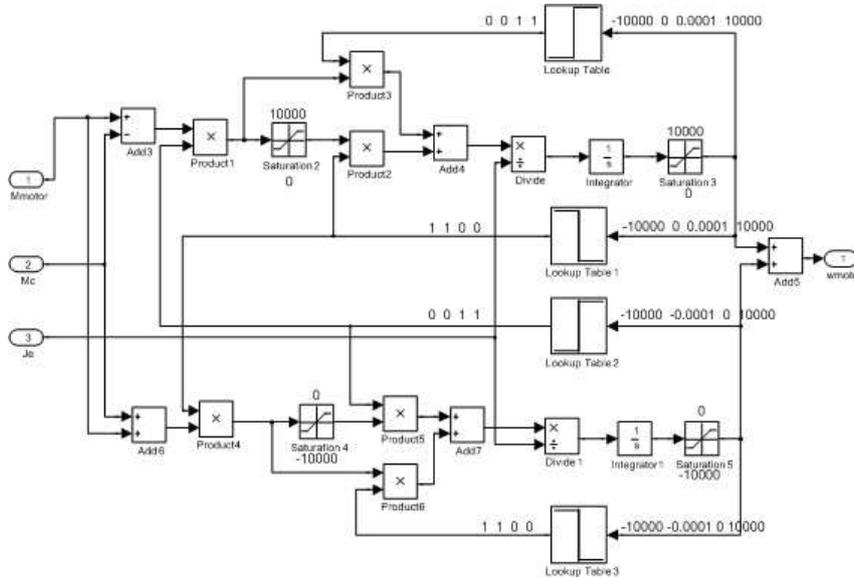


Рисунок 3.7 – Імітаційна модель одномасової механічної системи

### 3.5 Оптимізація контуру обмеження двигуна

Розрахункова модель контуру обмеження струму показана малюнку 3.8. Контур у прямому каналі має дві інерційні ланки першого порядку із співвідношенням постійних часу  $\frac{T_{\Sigma}}{T_u} \gg 1$ . Ланцюг зворотного зв'язку інерційна, що визначається часом перетворення при обчисленнях фазного струму статора двигуна, що діє,  $I_{1\phi}$ . Контур налаштовується на модульний оптимум (МО) із ПІ-регулятором.

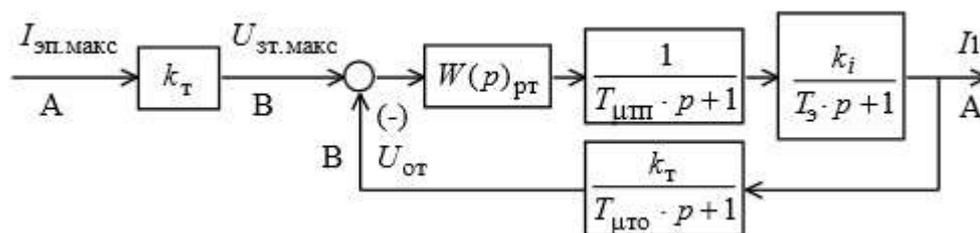


Рисунок 3.8 – Структурна схема лінеаризованого контуру струму

На схемі рис. 3.8 прийнято такі позначення:

$I_{\text{еп макс}} = 200\text{А}$  - максимальний допустимий струм електроприводу;

$U_{\text{еп макс}} = 8\text{В}$  – напруга заданого струму;

$T_{\text{ит}} = T_{\text{и}} = \frac{1}{f_{\text{шнм}}} = 0.0004$  с – мала постійна часу у прямому каналі;

$T_{\text{ст}} = \frac{1}{f_{\text{шнм}}} \cdot n_t = \frac{1}{2500} \cdot 3 = 0.0012$  с - мала постійна часу ланцюга зворотного зв'язки з струму;

$n_t = 3$  - Число періодів модуляції для вимірювання струму;

$k_t = \frac{U_{\text{эт макс}}}{I_{\text{еп макс}}} = \frac{8}{200} = 0.04$  В/А - коефіцієнт зворотного зв'язку по струму.

Передатна функція ПІ-регулятора струму:

$$W_{pt}(p) = k_{pt} \cdot \frac{T_{pt} p + 1}{T_{pt} p} \quad (3.5)$$

Коефіцієнт вселення регулятора струму:

При регулюванні по каналу керування напругою інвертора

$$k_{ptu} = \frac{T_{\Sigma}}{k_{iu} \cdot k_t \cdot a_t \cdot (T_{\text{итп}} + T_{\text{ито}})} = \frac{0.018}{11.689 \cdot 0.04 \cdot 2 \cdot (0.0004 + 0.0004)} = 18.959$$

тут  $a_t = 2$  - коефіцієнт оптимізації контуру струму при налаштуванні на МО.

$T_{\text{рт}} = T_{\text{е}} = 0.018$  с - постійна часу регулятора струму

Проте основним режимом схеми граничного струму є реакція ефект стимуляції, що призводить до перевищення заданого постійного допустимого струму двигуна. Ефекти, що змінюються, відрізняються за частотою і напругою двигуна, а також від навантаження електроприводу. Якщо пробій не змінює швидкість двигуна, то перехідні процеси в поточному циклі матимуть індикатори продуктивності ближче до очікуваних значень. Однак, якщо швидкість двигуна суттєво зміниться, у ланцюзі виникає статична помилка через безперервність швидкості похідної. Щоб мінімізувати всі помилки, ми можемо вибрати значення введення поточного контролера шляхом моделювання з урахуванням специфічних характеристик навантаження двигуна.

### 3.6 Результати дослідження електроприводу конвеєра

Метою моделювання конвеєрного електроприводу було вивчення ефективності електроприводу у всіх основних режимах роботи:

- підключення приводу до мінімальної швидкості та максимальної швидкості;
- вилучення та завантаження розливів;

На рис. 3.9 представлений графік характеристики роботи конвеєра без вантажу, як видно за графіком в діапазоні 10 хвилин, робота є піковою.

На рис. 3.10 показано графік характеристик роботи конвеєра з вантажем

Результати моделювання дослідження включають ряд вимог до швидкості і навантаження, щоб гарантувати, що частота конвеєра є здатністю керованого приводу.

Межа поточного режиму роботи двигуна поточного ланцюга визначається заданим значенням поточного значення, яке перевищує характеристику постійної змінної, викликане зміною. Португальські ефекти відрізняються за частотою та напругою двигуна, а також від навантаження електроприводу. Якщо пробій не змінює швидкість двигуна, то перехідні процеси в поточному циклі матимуть індикатори продуктивності ближче до очікуваних значень. Однак, якщо швидкість двигуна суттєво змінюється, у ланцюзі виникає статична помилка через безперервність швидкості похідної. Щоб звести до мінімуму помилку, можна вибрати значення введення поточного контролера шляхом моделювання з урахуванням специфічних характеристик навантаження двигуна.

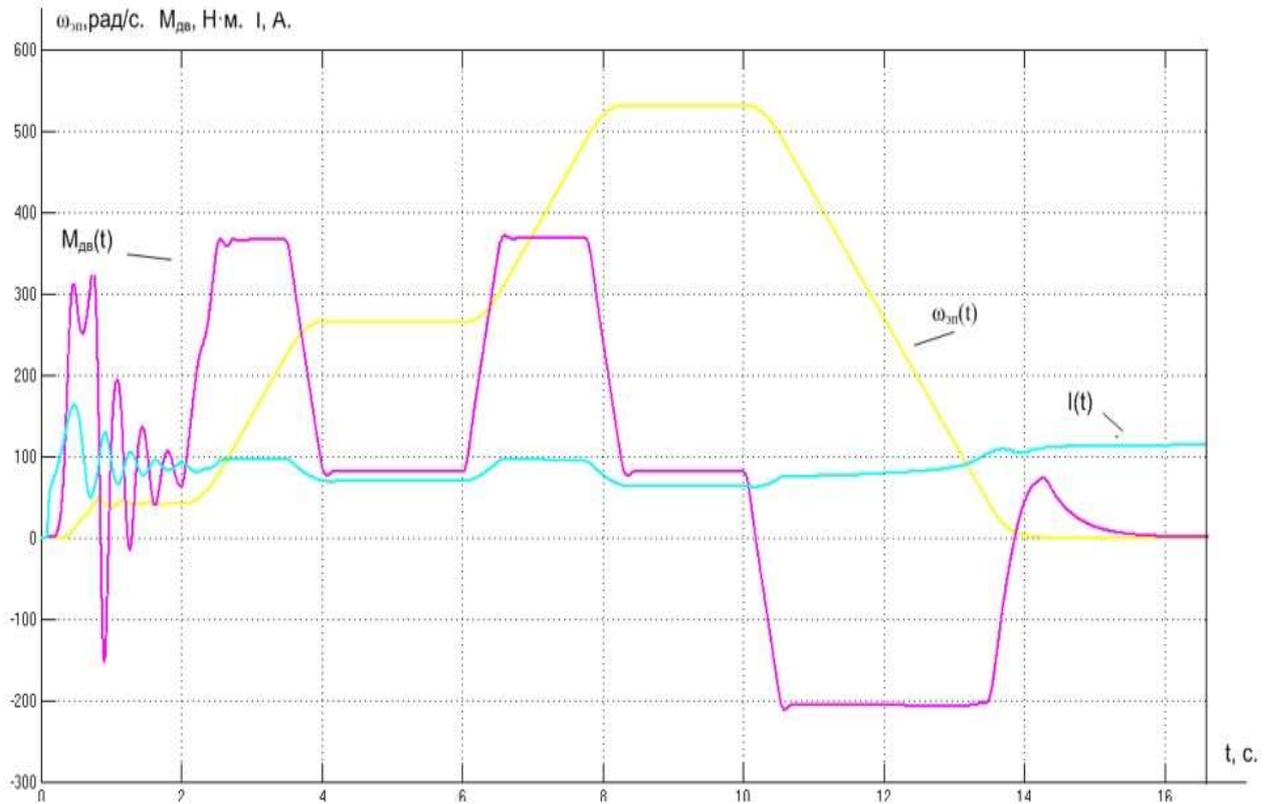


Рисунок 3.9 – Характеристики роботи електроприводу конвеєра інтенсивності без вантажу

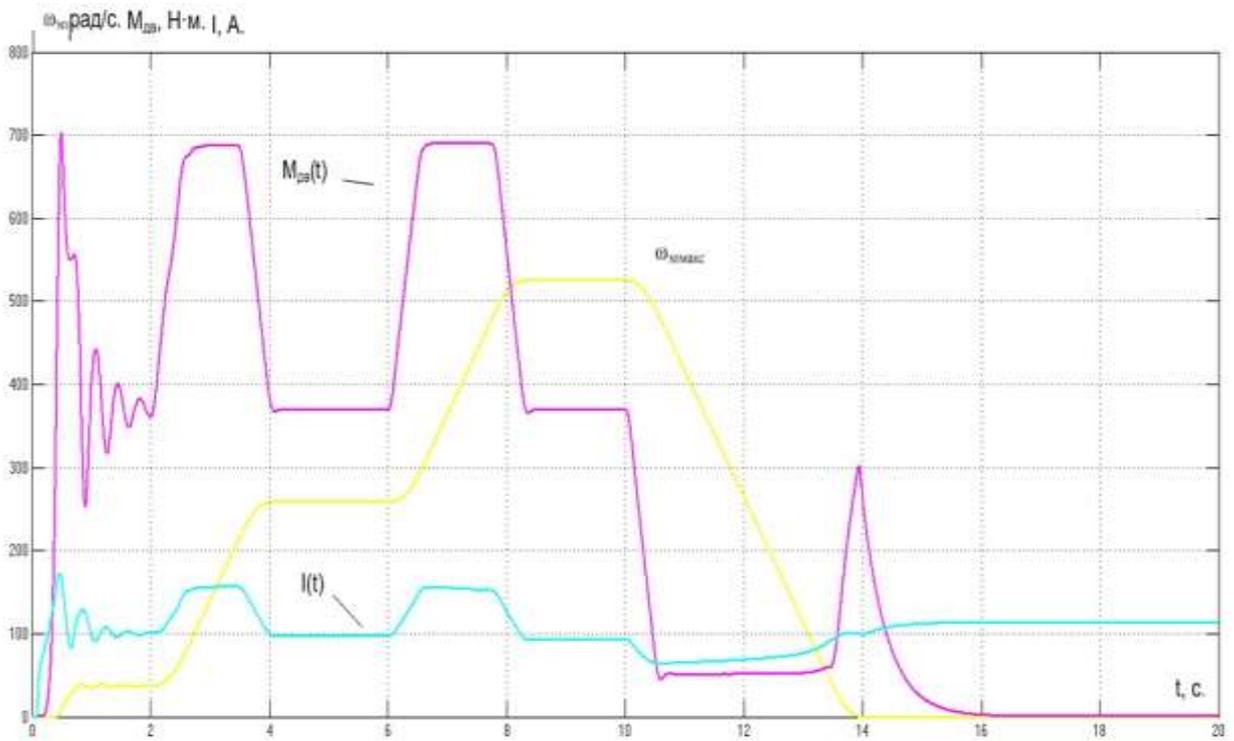


Рисунок 3.10 – Характеристики роботи електроприводу конвеєра інтенсивності з вантажем

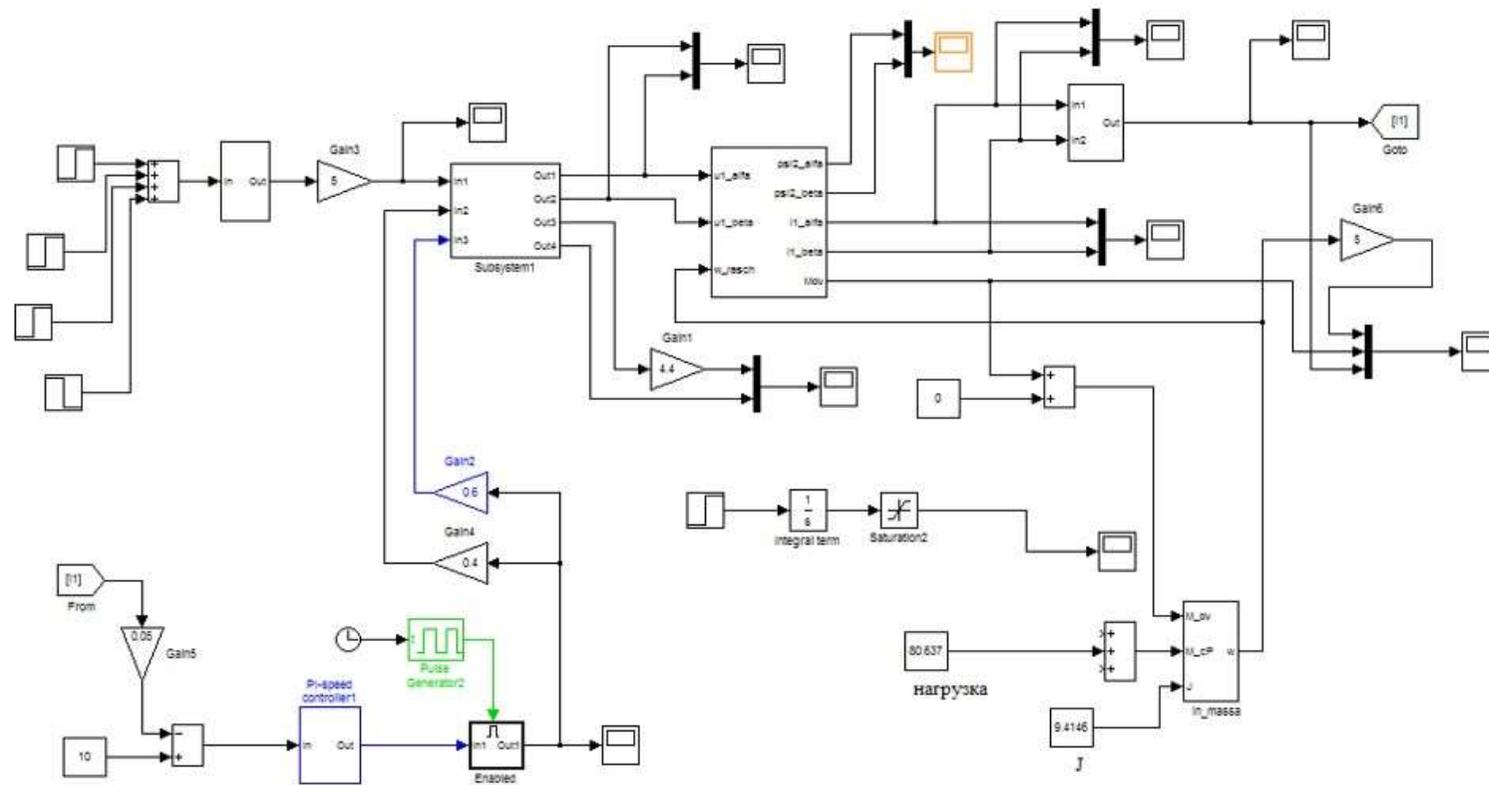


Рисунок 3.11 – Імітаційна модель частотно-регульованого електроприводу конвеєра без вантажу із задатчиком інтенсивності швидкості

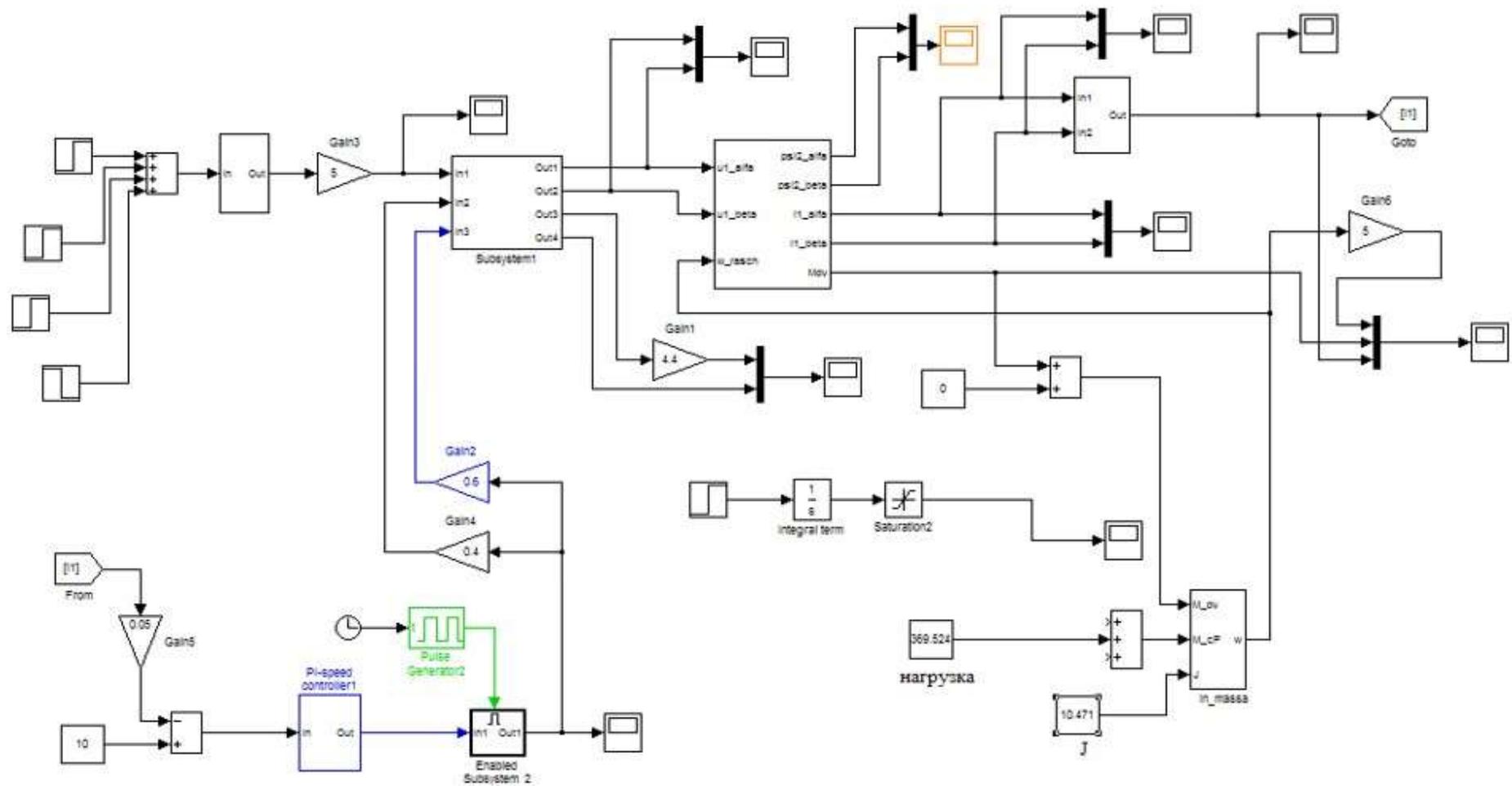


Рисунок 3.12 – Імітаційна модель частотно-регульованого електроприводу конвеєра з вантажем із задатчиком інтенсивності швидкості

### 3.7 Імітаційні моделі електроприводу з регулятором обмеження струму

Імітаційна модель електроприводу з обмеженням струму електроприводу каналом управління напругою інвертора наведена на рис. 3.13. Зворотний зв'язок каналу керування напругою двигуна має постійне налаштування у всьому діапазоні регулювання швидкості.

Наведена на рис. 3.13 імітаційна модель електроприводу з обмеженням струму по каналу управління напругою інвертора реалізована з використанням моделі асинхронного двигуна обертається зі швидкістю  $\omega_{ел 1}$  довільно орієнтованої системі координат  $x, y$ .

До складу імітаційної моделі рис. 3.13 входять:

- суперблок задатчика інтенсивності швидкості з s-подібною характеристикою;
- суперблок формувача фазної напруги;
- суперблок одномасової механічної системи;
- суперблок перетворювача струмів статора із системи координат  $x, y$  систему координат  $a, b$  в трифазну систему координат  $A, B, C$ ;
- Суперблок обчислювача діючого значення струму статора;
- суперблок регулятора обмеження струму (РОТ).

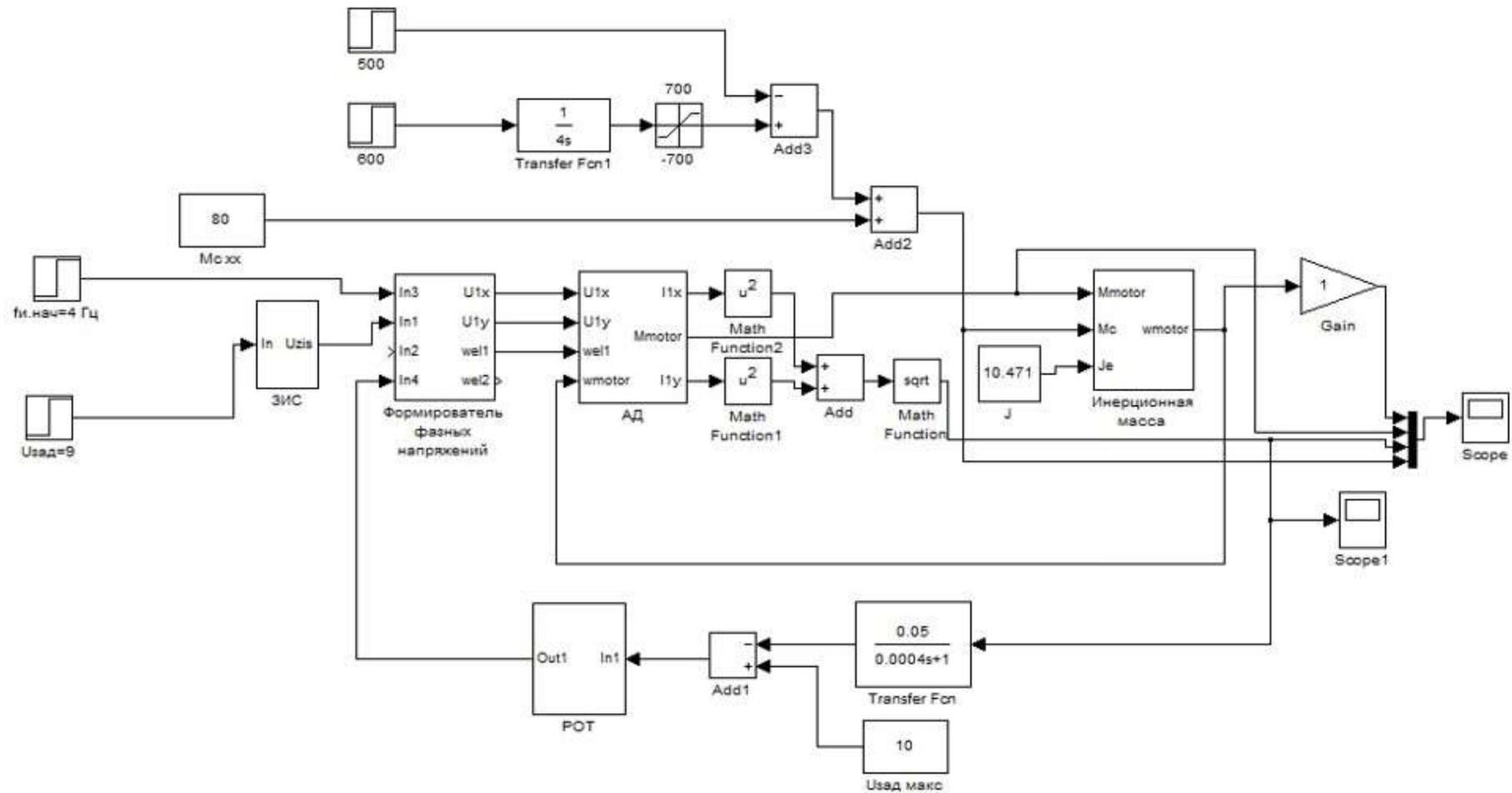


Рисунок 3.13 – Імітаційна модель електроприводу з обмеженням струму каналом керування напругою інвертора

### 3.8 Регулятор обмеження струму

Імітаційну модель регулятора обмеження струму електроприводу при перевантаженнях (РОТ) наведено на рис. 3.14. Особливістю моделі Прегулятора обмеження струму є нелінійна характеристика обмеження напруги.

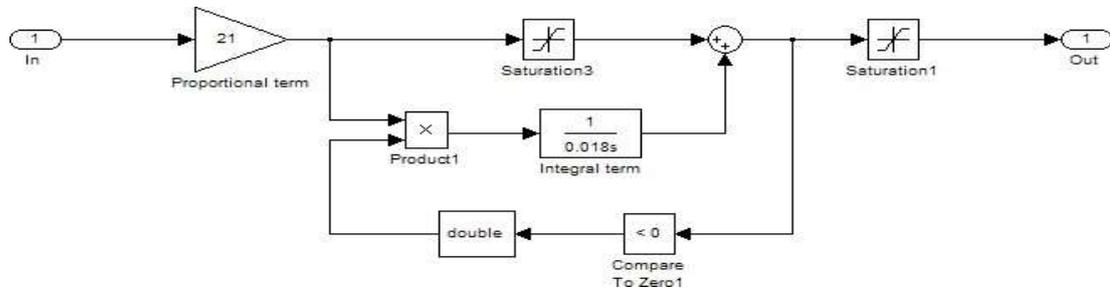


Рисунок 3.14 – Імітаційна модель регулятора обмеження струму

Графіки перехідних процесів, отримані під час пуску електроприводу на холостому ході ( $U_{\text{зал}} = 8\text{В}$ ) і потім плавному збільшенні моменту, наведено рис.3.15.

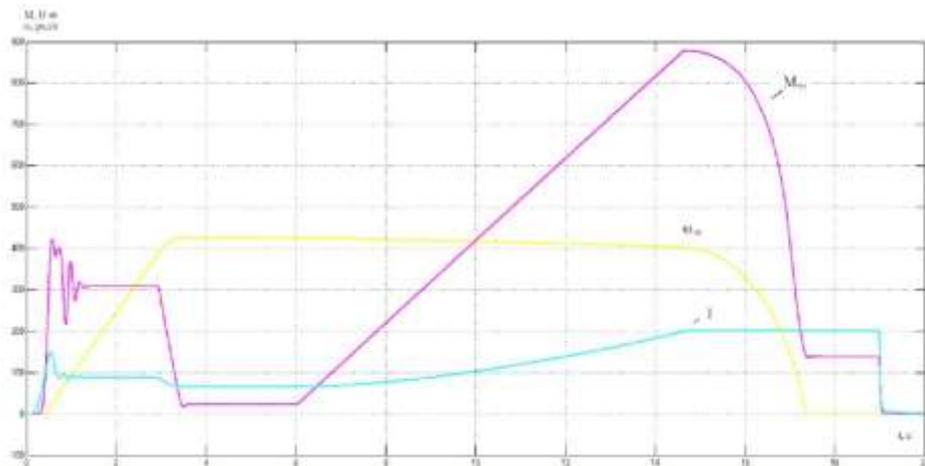


Рисунок 3.15 – Графіки перехідних процесів  $I_1(t)$ ,  $\omega_1(t)$ ,  $M_{\text{дв}}(t)$ ,  $M_c(t)$  у режимі перевантаження двигуна

При перевантаженні, коли перевищується допустимий рівень моменту (аварійний режим), спрацьовує струмообмеження, обмежується струм на заданому рівні ( $I_{\text{зал}} = 200\text{А}$ ) та момент. Далі повинен спрацьовувати захист та відключати електропривод. Після зняття навантаження привід слід запускати заново.

### 3.9 Імітаційна модель електроприводу конвеєра із частотним скалярним управлінням та обліком ШІМ напруги інвертора

На рис. 3.16 і 3.17 наведені діаграми  $I_1(t)$ ,  $\omega(t)$ ,  $M_{дв}(t)$  і  $M_c(t)$  при відпрацюванні електроприводом конвеєра імітаційного циклу роботи при пуску, відповідно, з початково порожньою стрічкою та з початково завантаженою стрічкою.

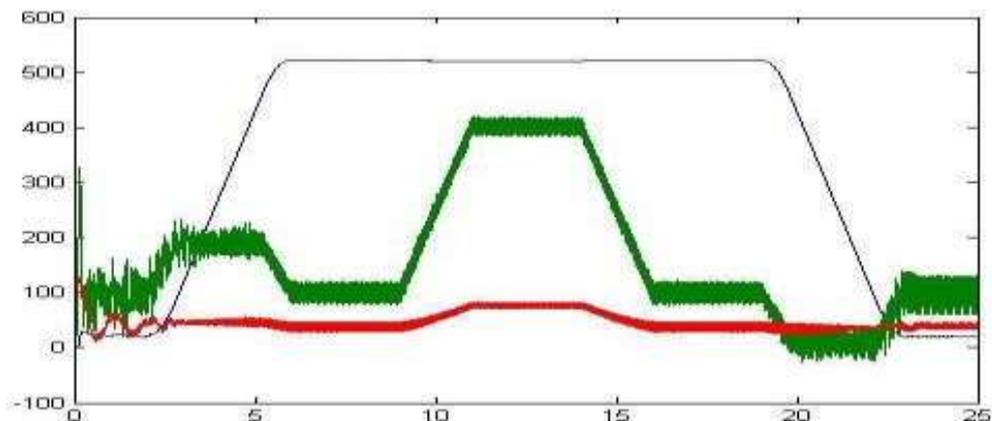


Рисунок 3.16 – Графіки переходних процесів  $I_1(t)$ ,  $\omega(t)$ ,  $M_{дв}(t)$  та  $M_c(t)$  у режимі порожньої стрічки

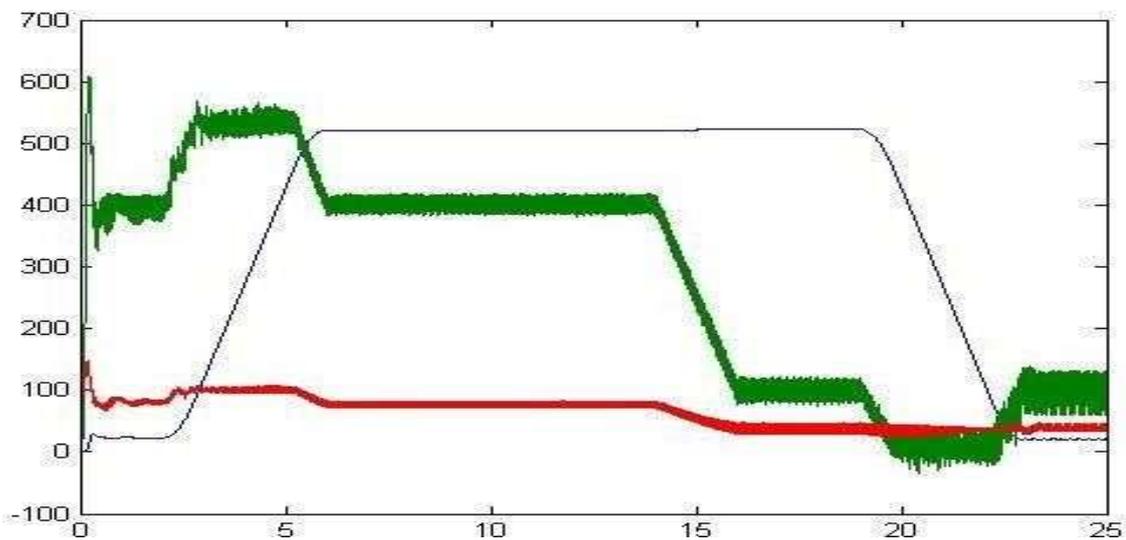


Рисунок 3.17 – Графіки переходних процесів  $I_1(t)$ ,  $\omega(t)$ ,  $M_{дв}(t)$  та  $M_c(t)$  у режимі навантаженої стрічки

## ВИСНОВКИ

Метою даної бакалаврської роботи є модернізація електроприводу конвеєрної стрічки. Рекомендується змінити використаний застарілий привід на якісніший по роботі та технічним характеристикам електропривод змінного струму з регульованим асинхронним двигуном. В результаті необхідної обчислювальної потужності тип електродвигуна двигуна AS350V6, а також обраний перетворювач частоти Schneider Electric ATV71HD55N4.

В результаті завершеної кваліфікаційної роботи створюється електропривод, який повністю відповідає вимогам технічних умов. Пуск двигуна і максимальне управління моментом, що крутить, повертаються на  $k_p = k_m = 2$  і не менше 5%. Визначено характеристики перетворювача напруги та частоти, а також надані практичні рекомендації щодо налаштування задатчика для оптимізації та скорочення часу роботи, необхідного для плавності та гладкості переходу.

Внаслідок заміни нерегульованого електроприводу на сучасний асинхронний електропривод із ЧР дає нам таке:

- конвеєр здійснюється малим пуском та найменшими завантаженнями на механічну та електричну частину;
- дозволяє контролювати плавну швидкість конвеєра у незалежному процесі управління;
- частотний перетворювач легко поєднується в базу управління і є його інтелектуальною частиною автоматики, не потребує складних інтегральних схем і надає можливість великим набором сервісних послуг, а також включає системи захисту електроприводу, контроль струму, що надходить, і регулювання швидкості.

Розглянутий варіант із заміною застарілого приводу на новий дозволяє замінити застарілі частини приводу, дуже зручний в експлуатації, а також найголовніше це його гнучкість регулювання.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гвинтовий живильник–дозатор: Заявка на винахід No UA 53988 A Україна, МПК B65G 33/24, B65G 33/26 / Д.Л. Радик, В.В. Васильків – Опубл. 17.02.2003.
2. Гвинтовий транспортер для дозованого транспортування сипких матеріалів: Заявка на патент No UA 27245 C2 Україна, МПК B65G 33/00, B65G 33/14 / Валлнер Фелікс (АТ), Кепплінгер Леопольд Вернер (АТ), Бьом Христиан (АТ) – Опубл. 15.08.2003.
3. Коваленко І.В. Розрахунки основних процесів, машин та апаратів хімічних виробництв: навч. посіб. / І.В. Коваленко, В.В. Малиновський. – К.: Норіта-плюс, 2007. – 104 с.
4. Андрейко С.В., Казак І.О. Удосконалення конструкції гвинта живильника гвинтового // Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки: зб. наук. праць за матеріалами XI Всеукр. наук.-практ. конф. (Київ, 4-5 червня 2020 р.). К: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2020. С. 48-49.
5. Андрейко С.В., Казак І.О. Особливості конструкції гвинтового живильника з гвинтом з еластичними пластинами // Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки: зб. наук. праць за матеріалами XI Всеукр. наук.-практ. конф. (Київ, 4-5 червня 2020 р.). К: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2020. С. 50-51.
6. Бондарев, В. С., Дубинець, О. І., Колісник, М. П., Бондарев, С. В., Горбатенко, Ю. П., & Барабанов, В. Я. (2009). Підйомно-транспортні машини: Розрахунки підймальних і транспортувальних машин.
7. <https://ssk.ua/ua/blog/lentochnyj-konvejer-dlya-chego-nuzhen-i-kak-vybrat-512>
8. Коруняк П., Баранович С., Ковальчук Т. Шляхи вдосконалення конструкцій стрічкових конвеєрів. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2014. No 18. С. 245–250.

9. Коруняк П. С., Малащенко В. О. Спосіб регулювання форми поперечного перерізу стрічки стрічкового конвеєру. Підйомно-транспортна техніка. 2015. № 1. С. 48–51.
10. Пасіка В. Р., Малащенко В. О., Коруняк П. С. Проектування стрічкових конвеєрів з розширеними функціональними можливостями. Матеріали XIV Міжнародного симпозіуму українських інженерів-механіків, 23-24 трав. 2019 р. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2019. С. 65–67.
11. Пасіка В. Р., Малащенко В. О., Коруняк П. С. Пропозиції до проектування стрічкових конвеєрів з розширеними функціональними можливостями. Підйомно-транспортна техніка. 2020. № 1. С. 61–66.
12. Підйомно-транспортні машини. Розрахунки підймальних і транспортувальних машин: підручник / В. С. Бондарев та ін. Київ: Вища шк., 2009. 734 с.
13. Стрічковий конвеєр: пат. 95317 Україна: МПК В65G 17/00; опубл. 25.12.2014, Бюл. № 24.
14. Стрічковий транспортер для насипних вантажів: пат. 56890 Україна: МПК В65G 25/00; опубл. 25.01.11, Бюл. № 2.

# Додатки

## **1 Analysis of existing types of conveyors and task setting designing**

### **1.1 Types of conveyors, their construction and scope of application**

The screw conveyor (screw) is one of the oldest and simplest ways of moving bulk material and consists mainly of a conveyor screw rotating in a stationary conveyor, as shown in Fig. 1.1. Conveyors are used mainly in manufacturing plants, where transportation is quite continuous and uniform in nature, while individual loads are very high, compact, easily adapted to congested areas and can be mounted horizontally, vertically and at an angle. Their supports are simple and easy to install. These versatile conveyors can be used to control the flow of material in a processing process that depends on precise dosing or as a mixer, agitator for mixing dry or liquid ingredients, ensuring crystallization or coagulation. Screw conveyors can be effectively sealed to prevent the ingress of dust, steam, dirt or moisture. They can be sheathed to be used as a dryer or cooler and can be made from different types of material to resist corrosion, abrasion or heat. Auger conveyors are used as ground augers to excavate past holes or to route along a main to install culverts. They are also widely used on threshing machines, hay mowers and other agricultural machines. [1,4]

The screw conveyor includes a cylindrical casing, a screw, a loading and unloading device, drive 1. One of the disadvantages of a screw conveyor is its sensitivity to overloads, which leads to the formation of an accumulation of cargo inside the chute, which leads to the stop of the feeder and a decrease in its operational reliability. The accumulation of cargo is formed because during loading of the chute with a continuous flow, the cargo fills the entire space under the loading device, including the spiral surface of the screw, reaching the filling factor of the chute.

The screw conveyor works as follows: during loading of the screw conveyor , the cargo fills the entire space in the loading area under the loading device 2, including the spiral surface of the screw 4 with a step of 1, in a continuous flow. When the screw 4 rotates, the cargo completely fills the entire space under the loading device 2 and having a filling factor  $\phi_1$ , moves in a continuous flow through the loading zone. When the load approaches the zone of the main section, by increasing the pitch of the spiral

surface of the screw to  $t_2$ , the filling factor decreases to  $\phi_2$ , which ensures the operation of the screw feeder without accumulation of the load and increases its operational reliability.

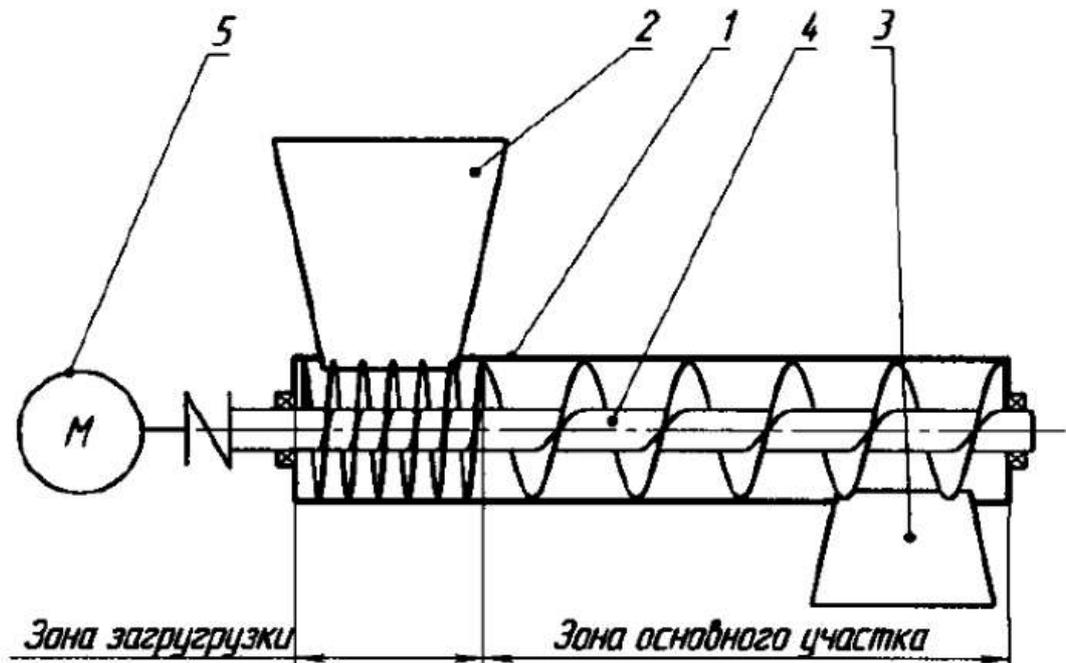


Figure 1.1-Screw conveyor

**Oscillating Conveyor** This conveyor moves materials in a uniform flow by means of a back and forth motion in which is a continuous metal chute mounted on inclined, strong reactor legs. These conveyors are ideal for handling all loose materials as well as hot, abrasive, dusty, fibrous and other difficult to process materials or objects subject to contamination or corrosion. Oscillating conveyors also use cooling, heating and drying. They have a sealed chute that has no moving parts and can be closed and sealed for dust-proof or gas-tight operation.

Oscillating conveyors can be modified for many applications (Fig. 1.2). The cone can be made to a special width or it can be made of tubes, and can also be split lengthwise for simultaneous processing of different materials or parts. Oscillating conveyors can also be used as assembly and sorting tables. Conveyors of this type can also be used for modification according to many technological processes, such as drying, cooling, shielding, etc.

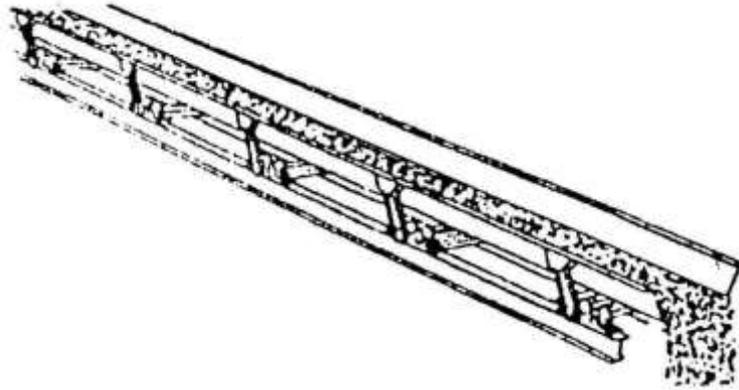


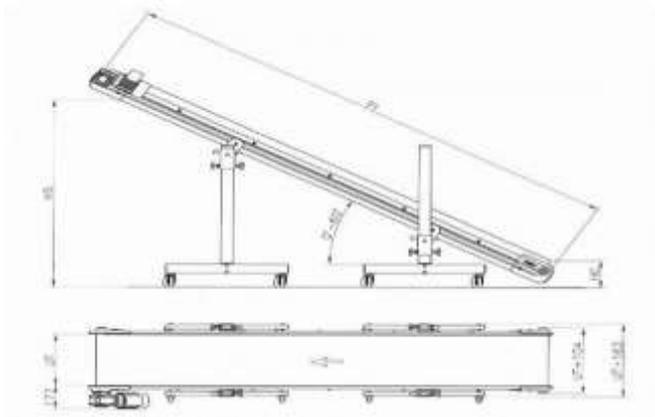
Figure 1.2 - Oscillating conveyor

The linear conveyor is used for processing non-abrasive bulk materials, the cargo material goes vertically or in combination with horizontal and vertical paths. It gets its name from the fact that the material is discharged from the buckets under the influence of gravity (Figure 1.3 a). The linear conveyor is easy to set up, as it does not include any power drive.

Due to the simple assembly and unloading of the material, the linear conveyor is primarily intended for use in those cases where the unloading or disassembly of the transported material is important. It is also suitable for bulk materials in relation to large containers and many other applications where relatively economical equipment is desired.

This conveyor consists of parts with modified V-shaped buckets , rigidly installed at regular intervals between two chains of long-pitch steel roller chain, where sprocket brackets are located in open troughs or closed shells, as determined by installation requirements. Loading can be done by means of a loading bucket, or the material can be fed into the conveyor at any point along the lower horizontal run - in the latter case the buckets act as scrapers, pushing the material forward into the corner where it is carried around the curved chute as shown in Figure 1.3, b. On vertical walkers, this machine functions as a conventional bucket elevator. After reaching the upper corner, the conveyor line again assumes a horizontal position, and the buckets

work as scrapers. The material is kept away from the load in the corner by means of specially designed curved chutes. Unloading from the conveyor can be done only on horizontal runs, where the hole passes at the bottom of the trough.



a) - Linear conveyor



b) - Principle of operation of the conveyor

Figure 1.3 – Linear conveyor and the principle of its operation

A pallet conveyor consists of one or two motor-driven endless chains on which scrapers or flights are located to move the material lengthwise along a fixed chute (Figure 1.4). The material supplied to this chute passes through its scrapers along the length of the outlet or intermediate discharge valve chutes.

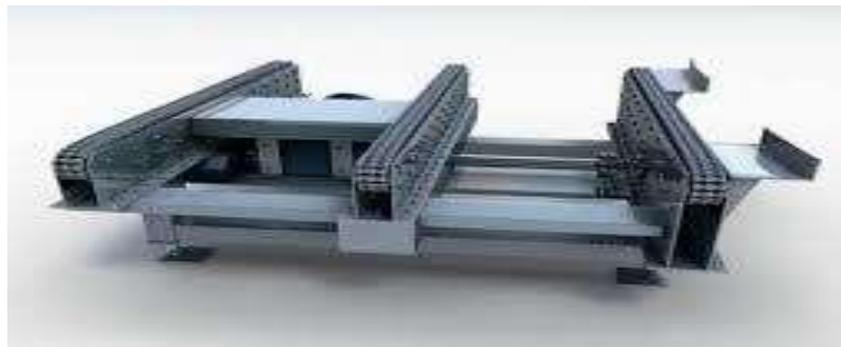


Figure 1.4 - Horizontal pallet conveyor

Materials for loading this conveyor must be convenient for further unloading. Nowadays, conveyors of this type have become convenient to use, because it was just yesterday that the conveyors, which carried out the task of transporting cargo from one point to another, began to be modernized and now the areas of application and use

have become much wider. Pallet conveyors are used for horizontal or inclined objects and are often installed where the angle of inclination is relatively small.

## **1.2 Belt conveyors scope of application**

Belt conveyors have been used for decades to transport bulk and unit loads. They have proven their value in a wide area because the belt conveyor installation can be adapted to meet almost all conditions. The demand for all power upgrades and increased conveying lengths has accelerated the development of belt conveyor technology, which is beginning to develop new materials and test new conveying systems, especially those that have an impact on the environment. The conveyor belt plays a major role in the entire system and must overcome numerous and varied loads. In addition, every transportation problem is different and requires careful planning and selection of the right elements to achieve optimal transportation in a cost-effective manner. The conveyor belt is the most expensive and least durable part of the conveyor. During the working process of the conveyor, the loading effect with its characteristic state and size affecting its belt makes the belt work in a stressed state. There are several types of typical conveyor belt damage: working surface and wear edges, impact, tearing, and peeling caused by exposure to large ore particles. According to economic calculations, the cost of the conveyor belt is half of the cost of the entire conveyor equipment. Therefore, choosing the appropriate belt for the conditions where the conveyor will be used will improve the maintenance and workflow necessary to extend the life of the belt, as well as reduce the cost of replacing the conveyor. The conveyor belt has two types: rubber belt and plastic belt. A rubber belt is usually suitable for working material with a temperature of  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , materials above  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$  cannot be transported, because the elasticity of the belt will disappear. If the temperature is too low, the belt will become hard and crack. The fire-resistant belt should be used when the temperature is above  $+90\text{ }^{\circ}\text{C}$ , while the cold belt is used at temperatures from  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  to  $-55\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

The belt has a wide range of applications in real life. It consists of a lumbar core and covering rubber. The core of the belt is its frame, it is used to withstand the load, pass the traction force and withstand the impact force. The belt core consisting of layers of coated fabric can be made of fabrics such as cotton, vinyl, or woven fabric, or can even be made of stronger materials.

The rubber coating is the most important point, as it is the protective layer of the belt, the function of which is to prevent the appearance of the belt core, wear and corrosion caused by long-term transportation. The rubber coating is divided into parts, the upper coating and the lower coating. The upper covering rubber is a bearing surface in contact with the transmitting material, its thickness is 2-6 mm . The bottom coating is a coating in contact with the supporting tensioning mechanisms, its thickness is 1.5-2 mm. The rubber coating on the two side surfaces of the belt is called edge rubber, which has high wear resistance because the side surfaces are easily worn. The plastic belt is oil-resistant , acid-resistant and alkali-resistant. The core of the plastic webbing belt is a flat ribbon knitted material with a mixture of vinyl and cotton. PVC plastic is used as its coating. The solid fabric of the conveyor belt has a simple production process, high productivity, low cost and low noise. Plastic belt is usually used in chemical plants, underground mines, etc. For the convenience of manufacturing and transporting conveyor belts, they are usually made in lengths of 100-200 m, you can make two belts and combine them when necessary. The rubber belt has a mechanical connection, hot and cold vulcanized connection methods are also not excluded. The plastic belt has a mechanical connection and a plasticized connection. The mechanical connection is removable, it is harmful to the belt core, and the effectiveness of the strength of the connection is low and is 25%-60%, the service life is short, and the joints damage the surface of the pulley when they come into contact. A mechanical connection is often used on a short distance or moving belt conveyor. The vulcanized (plasticized) connection is permanent. It has the advantages of high carrying capacity , durability, no damage to the surface of the pulley, high connection efficiency (60%-95%). There are a number of rules of thumb, values and experiences that can be useful in the planning phase. These rules are intended to assist operators, engineers, and

designers and allow the reading of elementary data. In addition, there are a number of instructions that allow you to accurately calculate or verify the installation mechanisms that affect performance.

In the future, the computer will be used more and more to calculate and determine the dimensions of belt conveyors. At the same time, there will no longer be a frequent correlation of assessment criteria. The use of a belt conveyor is still relevant, because unlike other conveyors, its operation does not depend on loading and unloading, that is, the process can be called continuous. Such a conveyor is most suitable for enterprises where transportation requires continuous operation. Basically, such a conveyor is intended for loose materials, mineral ores, fuel, etc. and n . In addition, the belt conveyor is able to transport cargo over long distances, its distinguishing feature is the simplicity of constructions, reliability in operation, inexpensive energy supply and low cost of consumables. The belt conveyor can also have a curved track with turns in the horizontal area with rises and falls in the vertical plane, depending on the terrain, but it is very difficult to wrap the belt securely in places where there is unevenness. Depending on the scope of application of such a conveyor, its length and width will be determined by purpose. The analysis of the work proves that transporting goods from 8-30 million tons per year over a distance of up to 120 km is more profitable than using a car or building a railway, this proves the feasibility of choosing a belt conveyor from an economic point of view.

### **1.3 The principle of operation of the belt conveyor and its technical characteristics**

The belt conveyor is used for continuous transportation of materials of various object sizes and weights [3]. Unlike other conveying machines, the belt conveyor is easy to maintain and more economical, which is why it is so popular in industry (Fig. 1.5).

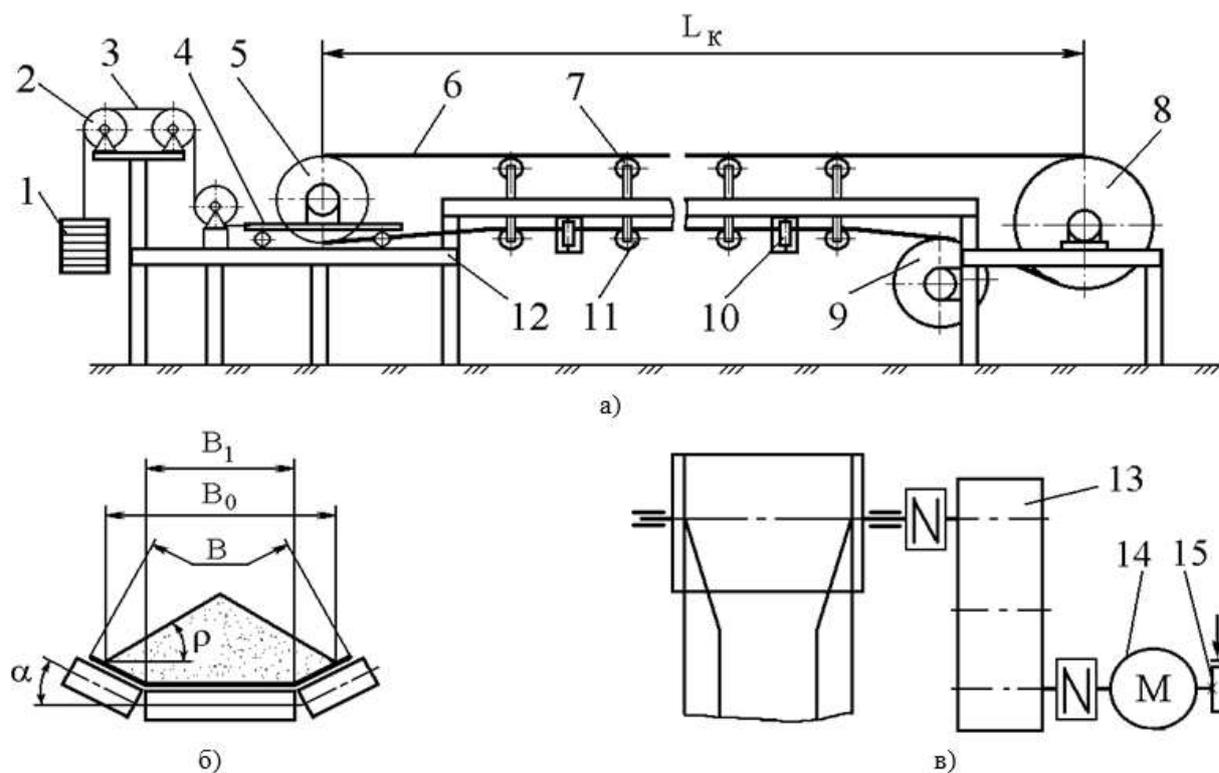


Figure 1.5 - Belt conveyor

The belt conveyor (Fig. 1.5 ) is an endless belt 6, covering the drive 8 and tension 5 drums. When the drive drum 8 rotates, the tape 6 is set in motion. To prevent tape sagging, upper 7 and lower 10,11 roller supports are installed . The leading drum rotates from the motor 14 through the reducer 13. To increase the angle of coverage, a deflecting drum 9 is designed. To prevent the spontaneous reverse movement of the belt after stopping, the conveyor drive is equipped with a brake 15. All component units of the conveyor are mounted on the frame 12.

In order to avoid sagging of the tape between the roller supports , as well as to increase the traction force, the tape is pre-tensioned using a screw (for a small length) or cargo (for a significant length) tensioning device. The cargo tensioning device consists of a cart 4 on which a tensioning drum 5, cargo 1, rope 3 and deflection blocks 2 are installed.

The productivity of the belt conveyor depends on the width and speed of the belt, the shape of the track, the type of material being transported, and lies within wide limits - from several tens to thousands of tons per hour.

Belt conveyors, which are produced in series, have a belt width of up to 2 m and a speed of movement from 1 to 3 m/s.

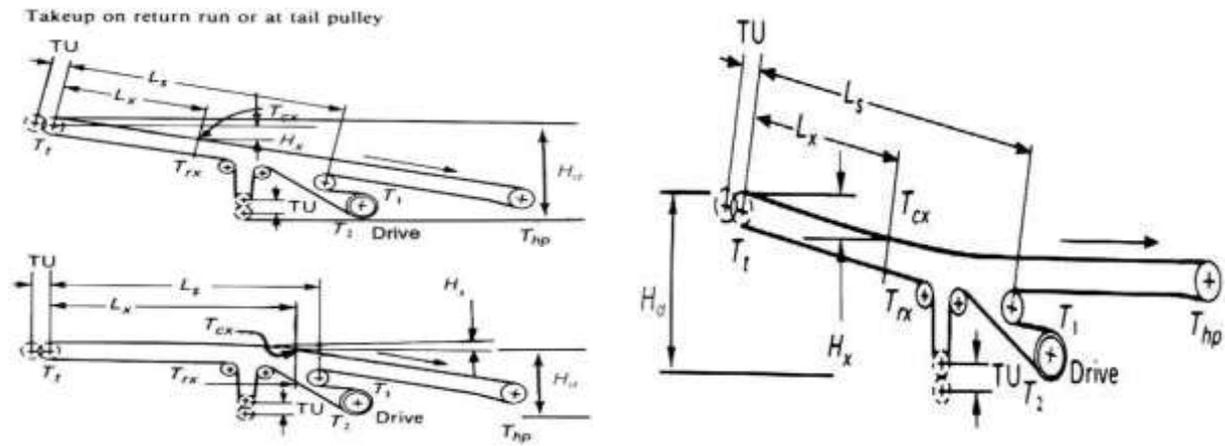
Specifications:

- Very good tensile strength and elongation.
- High heat resistance and elasticity.
- High tensile and shear strength.
- Good abrasion resistance characteristics.

#### **1.4 Acceleration and braking forces for a belt conveyor**

The study of acceleration and braking forces is necessary for the following reasons: belt tension - the economy of the design dictates the choice of a belt with frame strength close to normal operating stresses . Therefore, additional forces, from acceleration or deceleration, can cause the belt to overstretch or shorten, especially if mechanical action is used. Although this problem most likely exists in relation to the conveyor belt. There is a possibility of overvoltage and its other mechanical components, such as pulleys, shafts, hoppers, etc. (Fig. 1.6).

The vertical plane of the vertical curves may encounter two problems. In the case of concave curves (where the center of curvature lies above the belt), if the belt tension is too high during start-up, the belt will lift the slack tension rollers. For this, it is necessary to analyze the problem of full and partial load. In the case of convex vertical curves (where the center of curvature lies below the belt), it is also possible to overload certain tension rollers.



a, a conveyor with a convex side

b, a conveyor with a concave side

Figure 1.6 – Diagram of a conveyor in an incline

Belt loading conditions. The belt conveyor can operate normally during stop or start if it is fully loaded or empty. However, this condition may not be observed if only parts of the conveyor are loaded. Therefore, the conveyor must be analyzed under different loading conditions. For example, when a belt conveyor has a concave curve, the critical starting condition may be belt lift on the curve during acceleration, because the front of the belt with the concave vertical curve is loaded while the rest of the belt is not. This can be wrong if the pipeline is regenerative. In such conditions, a thorough analysis is required.

In places where there is a system of belt conveyors passing from one to another, the start or stop of the sequence is always a necessary condition of location. As an example, a belt with very long centers can be transferred to a belt with short centers, in which case the time required to decelerate the two belts must obviously be synchronized, even though differences in braking forces are required. During the acceleration period, the same synchronization is required. In any case, the consequences of poor analysis and provision of inadequate control will lead to accumulation at the transfer point, the result will be the destruction of mechanisms and the belt, as well as malfunction of the conveyor systems. Initiated motion during both acceleration or deceleration cycles, where a tow is used as a counterweight, the upward motion may not be sufficient unless speed is considered. The design engineer

must take into account both the duration of the movement and the speed, especially in cases where hydraulic, electric or pneumatic controls are involved. The speed of start-up and installation can affect the material resulting in conditions. Obviously, some materials can be transported more efficiently or more slowly than others. For example, if the slow motion of a granular iron ore belt conveyor is stopped too quickly, the material may begin to roll off the surface of the belt and cause a build-up at the discharge point. Likewise, starting the inclined belt too quickly can cause the material to roll back. Without proper analysis of the starting or stopping forces, the consequence will be that the belt tension may drop to a point, somewhere along the line, where the belt will shorten. For example, a belt lowered from the tail end and inclined to the front can be loaded only at the tail end. If braking is applied to the main pulley, the belt may have zero tension or even some slack on the bearing side. Obviously, the result will be load imbalance, confusion, loss of alignment , etc.

Power failure. In the event of a power failure, the belt will eventually stop moving due to friction. Depending on the loading conditions, the time required for the conveyor to stop can be different, because the frictional forces can be long or short. If the regenerative belt conveyor is reduced, it can be completely unloaded. In a belt conveyor system, it is possible that the material at the transfer points will be loaded. So the important thing is that a controlled shutdown in the event of a power failure is very important. When braking is carried out with the help of a brake, there is tension on the belt from the braking force, which will be counterbalanced by the opposite direction of movement of the belt. For example, if the drive is at the head end of a horizontal or elevating conveyor, the power is transmitted from the drive pulley to the carrying side of the belt. When braking with the brake connected to the drive pulley, the motor is de-energized, the brake force can be transmitted from the drive pulley to the reverse belt . Therefore, the use of the brake can be significant in terms of the number of counterweights , lifting models and shaft dimensions. Here are some of the problems that occur when accelerating or decelerating forces are either ignored or misjudged. Although the other difficulties discussed above are possible, they are sufficient to indicate the importance of proper design and analysis.

The acceleration and deceleration forces acting on the belt conveyor during the initial and final intervals are the same in both cases. However, their magnitude and algebraic signs governing these forces change, as do the means to combat them. Acceleration of the belt conveyor is obtained by any prime mover, usually an electric motor. The resultant forces in a horizontal conveyor are determined by inertia plus friction; in an inclined conveyor, by inertia plus friction plus load lift; in a deflected conveyor, by inertia plus friction minus load reduction. Braking of the belt conveyor is obtained with the help of a braking mechanism. The resulting forces on the horizontal conveyor are determined by inertia minus friction; in an inclined conveyor, by inertia minus friction minus load lift; in a deflected conveyor, by inertia minus friction plus the lowering of the load. If the conveyor contains several parts with different (positive or negative) slopes, a combination of these conditions may occur.

### **1.5 Assembly and maintenance of the belt conveyor**

During the assembly work of the belt conveyor, we will consider the following. The frame of the belt conveyor is installed from the main part of the frame, which is followed by all the following mechanisms in order, the last one is the tail frame. Before the frame is installed, the center line is moved along the entire conveyor, as keeping the center line of the conveyor collinear is vital to the proper operation of the belt. Therefore, all its sections must be aligned when the permissible error of  $\pm 0.1$  mm is established for one meter of the conveyor and for the entire conveyor, and the permissible error must be limited to 35 mm. When each section is fixed and installed the pipeline begins to connect.

Installation of the drive device. When the drive is installed, the conveyor drive shaft must be perpendicular to the conveyor centerline. The center of the drive pulley must coincide with the center line of the conveyor, and the axis of the reducer must be parallel to the axis of the drive. Meanwhile, all axles and pulleys must be level. According to the width of the conveyor, the horizontal error of the axis should be in the range of 0.5-1.5 mm. A tensioning device can be installed during the installation of

the drive device. The wheel axis of the tensioning device must be perpendicular to the central line of the conveyor.

Installation of rollers. After the frame, drive and tensioner have been installed, an intermediate frame for the upper and lower idler can be installed, through which the belt will have a slow turning curve and the distance between the idler frame in the curved place should be  $1/2 - 1/3$  of normal video. The idle rotation must be flexible until the next installation.

The latest installation of the conveyor belt. To ensure that the belt runs along the idler and pulley centerline from start to finish, three requirements must be met when the tensioners, frame, and pulleys are installed. First, the rollers must be arranged in rows parallel to each other and at an angle. Secondly, all the pulleys must be in the grooves and parallel to each other. The last structure of the supporting structure must be linear and support the angle of inclination. Therefore, the last installation must be done so that the conveyor axis line and the horizontal position of the drive pulley must be located in the intermediate frame. The frame must be fixed to the foundation or floor. The feeding and unloading device can only be installed when the conveyor is fixed.

Placement of the conveyor belt. The belt must first be unwound on the unmarried rollers of the no-load section and then applied to the heavy-load section after the belt has been placed on the pulley. A 0.5-1.5 t manual winch will help place the belt. When the belt is stretched and must be connected, the pulley of the tensioning device must be moved to the extreme position, the tensioning device must be moved to the drive device, and the pulley must move to the upper part of the vertical axis. Gearbox and motor must be ready before starting. After installing the belt, commissioning is required. When commissioning, it is necessary to pay attention to whether there is a disconnection, operating temperature, drive parts, the working condition of the rollers, the level of contact between the cleaning device and the belt surface. The installation can be performed only then all components will work properly .

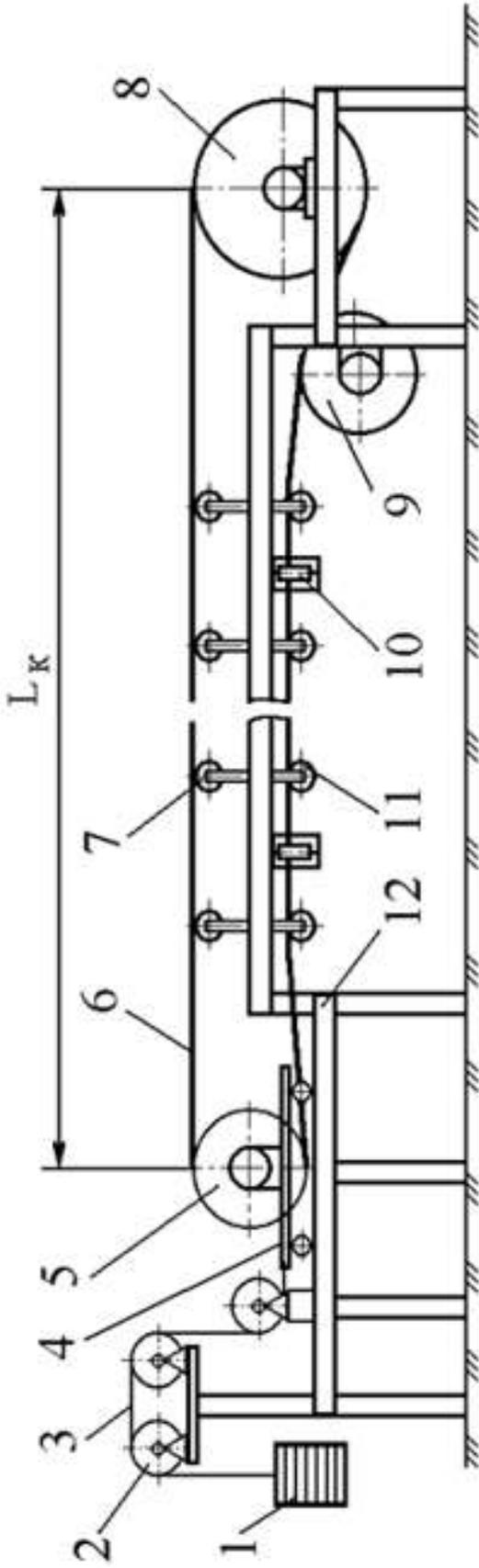
## **1.6 Belt conveyor maintenance**

There are many reasons for conveyor failure, but regular inspection and subsequent scheduled preventive maintenance is always much more effective and less expensive than a breakdown or repair. It should be noted that conveyor belt maintenance not only includes proper care of the belt, but also includes the care and maintenance of equipment that includes idlers, pulleys, belt cleaners , etc. Belt conveyor maintenance is basically the same as any equipment with moving parts, and no matter how well the conveyor is designed and constructed, it will require routine maintenance and periodic maintenance [3].

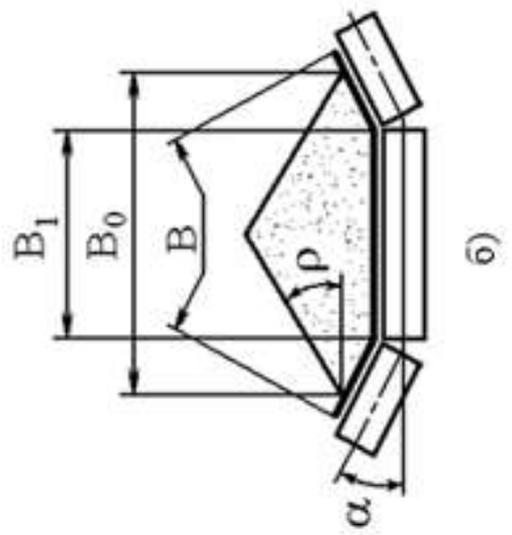
A strict maintenance schedule and a well-trained maintenance team can save a company from high repair costs during the life of the equipment. The maintenance function in any operation is responsible for maintaining maximum performance of equipment or capacity. Scheduled maintenance reduces repair time and ensures efficient and safe system operation. A maintenance program begins with management and their adherence to a strict schedule. Equally important to the belt conveyor maintenance schedule is that maintenance should be performed by well-trained technicians equipped with the proper test equipment and tools. The maintenance crew must be qualified personnel authorized to shut down the conveyor to make the necessary repairs.

# Стрічковий конвеєр

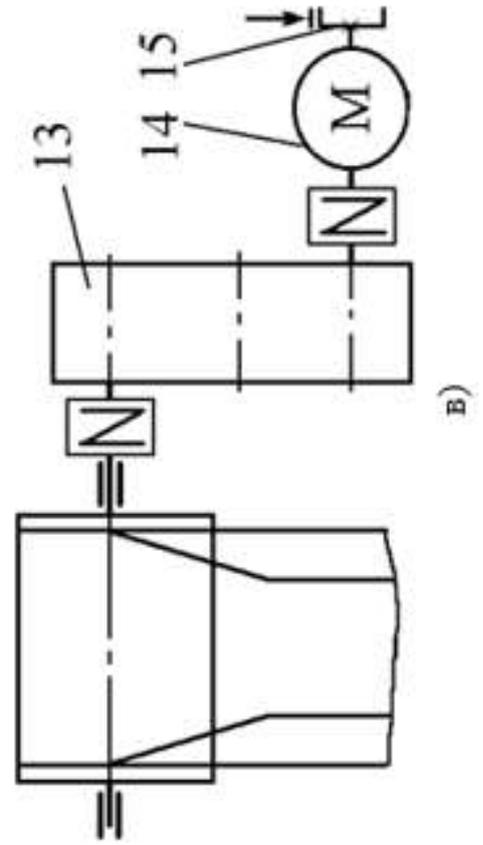
1



a)

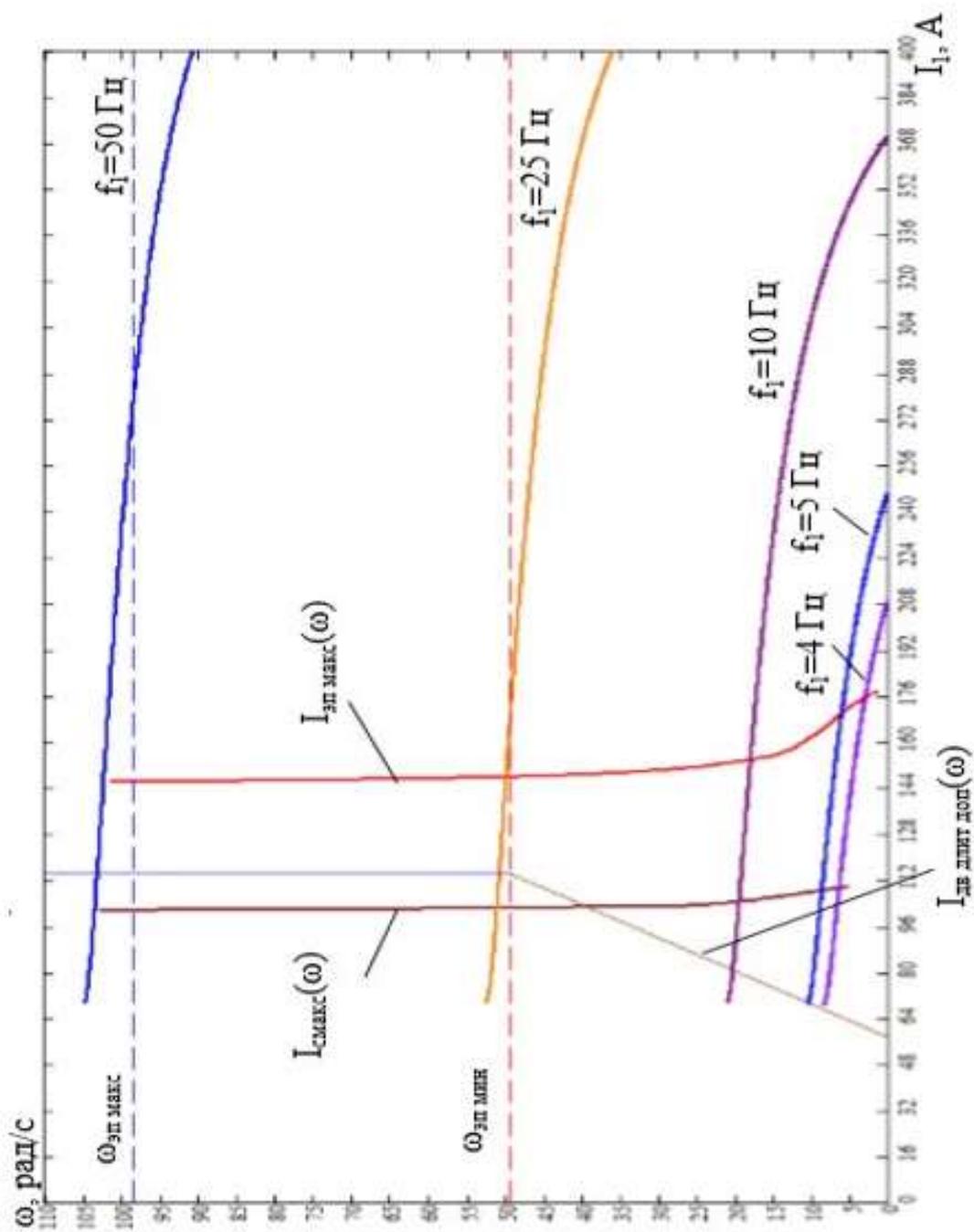


б)



в)

Електромеханічні характеристики  $\omega(I_1)$  системи перетворювач-двигун при скалярному управлінні та законі управління  $U_1/f_1 = \text{const}$





Тимчасова характеристика задатчика швидкості з S – образною характеристикою

4

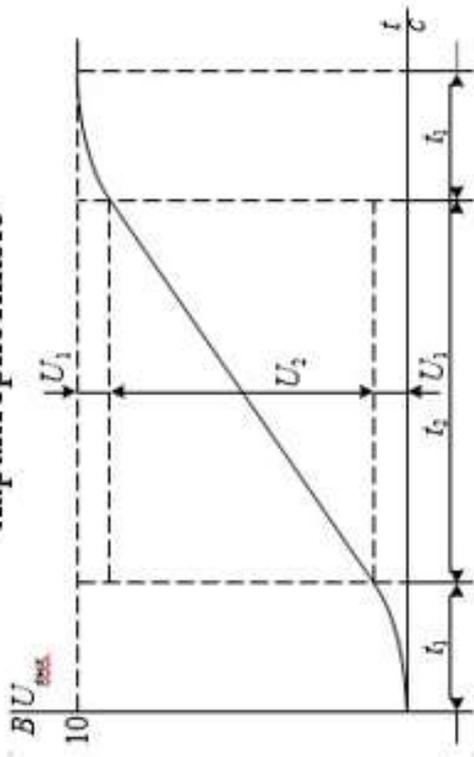
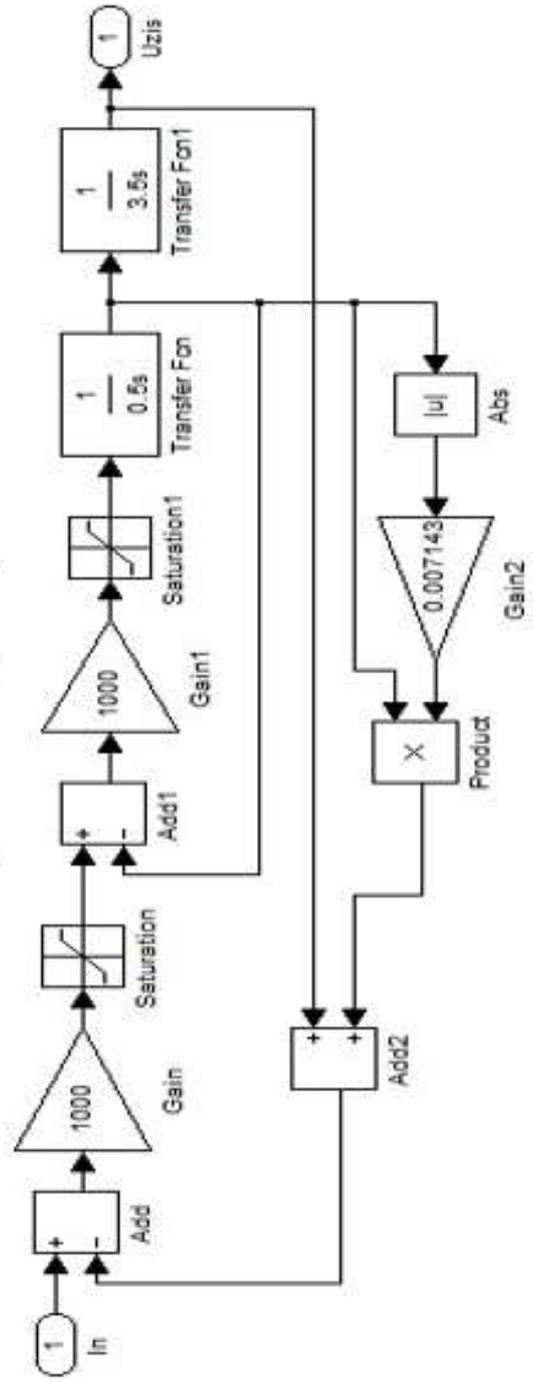
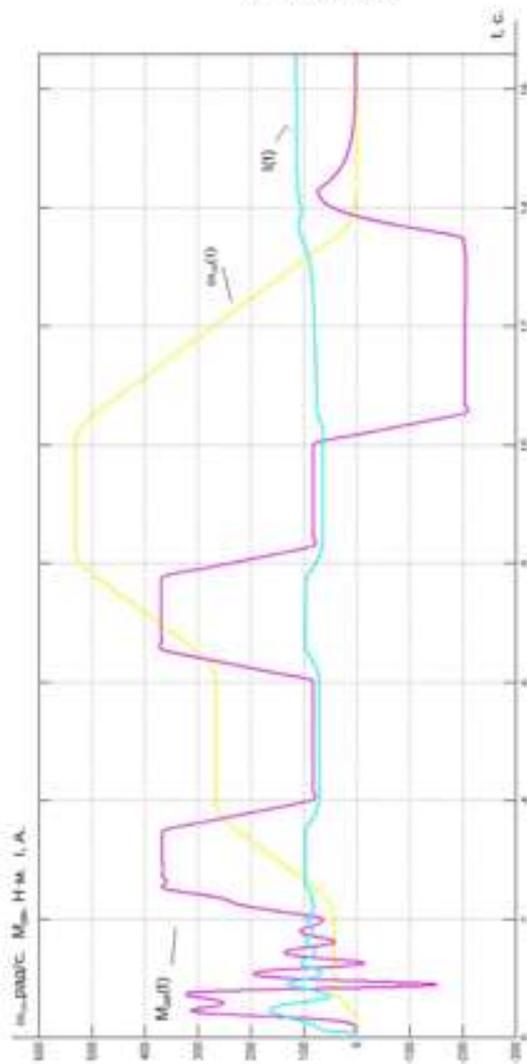


Схема набору імітаційної моделі задатчика інтенсивності швидкості S – образною характеристикою





### Характеристики роботи електроприводу конвеєра інтенсивності без вантажу



### Характеристики роботи електроприводу конвеєра інтенсивності з вантажем

