

Хмельницький національний університет
Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістр

Освітній рівень

Метод керування стрічки транспортера з вантажем на машинобудівному

підприємстві

Назва теми

КВРАКІТ.2021067.01.05.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Шифр, назва

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Назва

Виконав:

студент II курсу, група АКІТм-21-1

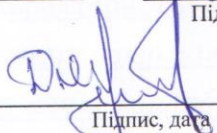


Підпис

Андрій СЛОБОДЯН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник



Підпис, дата

Денис МАКАРИШКІН

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер

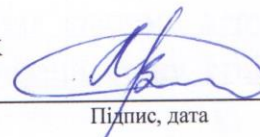


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
зав. кафедри автоматизації
та комп'ютерно-інтегрованих
технологій



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

« 08 » 12 2022 р.

Хмельницький 2022

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

Освітній рівень Магістр

Галузь знань 15 Автоматизація та приладобудування

Спеціальність Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри Мартинюк. В. В

“ 1 ” 07 2022 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ**

Слободян Андрію

Сергійовичу

1. Тема роботи Метод керування стрічки транспортера з вантажем на машинобудівному підприємстві

Керівник роботи Макаришкін Денис Анатолійович, к.т.н., доцент

Затверджено наказом ректора університету від “1” липеня 2022р. №83

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 02.12.2022р.

3. Вихідні дані до роботи (характеристика об'єкта, умов дослідження та ін.)

Мета роботи розробка системи автоматичного керування стрічкою транспортеру із вантажем для машинобудівного підприємства

Предмет дослідження система автоматичного керування стрічкою транспортеру із вантажем





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

Вступ. Проблематика переміщення вантажів із використанням різних типів транспортерів. Моделювання системи керування стрічкою транспортера з вантажем. Розробка візуалізації стану стрічки транспортера з вантажем в режимі online. Висновки.

Завдання отримав

Науковий керівник

Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М. В. к.т.н., доцент		
Нормоконтроль	Корецька Л.О. к.т.н., доцент		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	Вступ	10.09.2022р.	виконано
2	Проблематика переміщення вантажів із використанням різних типів транспортерів	25.09.2022р.	виконано
3	Моделювання системи керування стрічкою транспортера з вантажем	15.10.2022р.	виконано
4	Розробка візуалізації стану стрічки транспортера з вантажем в режимі online	30.10.2022р.	виконано
5	Висновки	10.11.2022р.	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки до КРМ	20.11.2022р.	виконано
7	Оформлення презентаційних матеріалів	1.12.2022р.	виконано

Студент

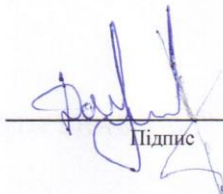


Підпис

Андрій СЛОБОДЯН

Ім'я, Прізвище

Керівник роботи



Підпис

Денис МАКАРИШКІН

Ім'я, Прізвище

Зміст

	с.
ВСТУП	4
1 ПРОБЛЕМАТИКА ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИХ ТИПІВ ТРАНСПОРТЕРІВ	5
1.1 Огляд та аналіз існуючих конструкцій транспортерів для переміщення вантажів	6
1.2 Постановка завдань для САК стрічковим транспортером із вантажем	16
1.3 Висновки до першого розділу	17
2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СТРІЧКОЮ ТРАНСПОРТЕРА З ВАНТАЖЕМ	18
2.1 Моделювання системи керування стрічкою транспортера	18
2.2 Моделювання роботи асинхронного електроприводу	20
2.3 Програмні засоби для візуалізації стану стрічки транспортера та вантажів	27
2.4 Висновки до другого розділу	42
3 РОЗРОБКА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СТАНУ СТРІЧКИ ТРАНСПОРТЕРА З ВАНТАЖЕМ В РЕЖИМІ ONLINE	44
3.1 Створення технологічного об'єкту асинхронного електродвигуна для стрічки транспортера з вантажем	44
3.2 Налаштування технологічного об'єкту асинхронного електродвигуна для стрічки транспортера з вантажем	72
3.3 Розробка програми керування стрічкою транспортера з вантажем на машинобудівному підприємстві	78

3.4 Висновки до третього розділу	85
ВИСНОВКИ	86
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	88
ДОДАТКИ	92

ВСТУП

Загально відомо, що розвиток економічної сфери України досить суттєво обумовлено стабільністю роботи підприємств, що пов'язані саме із гірничо-металургійним комплексом країни і на яких досить поширене застосування стрічкових транспортерів.

При цьому на конкурентоздатність вітчизняної продукції мають великий вплив такі чинники: досить висока питома енергоємність процесів, нижча якість продукції та відносно високі втрати. Ці чинники в свою чергу, призводять до поетапного підвищення собівартості роботи. Загально відомо два шляхи подолання таких проблем: повна заміна морально та фізично застарілого обладнання (в більшості випадків зношення основних фондів сягатиме 80-90%) або модернізація існуючих автоматичних систем.

Аналітичні дослідження провідних закордонних та вітчизняних науковців [1-7] доводять, що найбільш перспективним заходом для поліпшення технологічних показників є комплексна автоматизація технологічних та інформаційних процесів виробництва за допомогою застосування інтегрованих систем інтелектуального, оптимального та адаптивного керування. У зв'язку з достатньо важкими умовами роботи завданням САК стрічкового транспортеру є зниження людського впливу на технологічний процес або взагалі його повне виключення.

Тому метою даної роботи є змодельовати роботу стрічкового транспортеру із вантажем в програмних середовищах TIA PORTAL V.15.1 та MATLAB, для виконання необхідних досліджень його роботи в якості цифрового двійника.

1 ПРОБЛЕМАТИКА ПЕРЕМІЩЕННЯ ВАНТАЖІВ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИХ ТИПІВ ТРАНСПОРТЕРІВ

Загально відомо, що переміщення вантажів на досить великі відстані є важливою ланкою в більшості технологічних процесів на виробництвах. Тому використання конвеєрних транспортерів є досить поширеним на сучасному етапі розвитку промисловості, найбільш поширеними є саме стрічкові конвеєри (рис. 1.1) через досить високу продуктивність та гнучку будову.

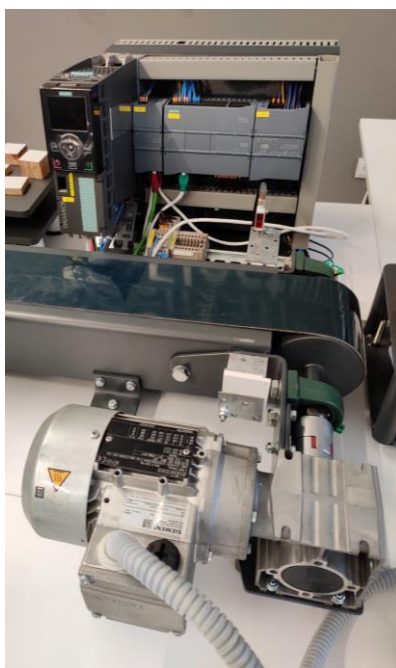


Рисунок 1.1 - Загальний вигляд стрічки транспортеру разом із частотним перетворювачем Sinamic G120 та двигуном

Для підвищення ефективності праці на підприємствах ставиться задача автоматизації конвеєрного транспорту, розробка системи автоматичного керування (САК) із можливістю контролю в режимі реального часу дозволить реалізувати дистанційне керування стрічковим транспортером безпосередньо із автоматизованого робочого місця (АРМ) людини-оператора.

1.1 Огляд та аналіз існуючих конструкцій транспортерів для переміщення вантажів

Конвеєр або транспортер - машина безперервної дії, що призначена для транспортування насипних або штучних вантажів: корисних копалин, породи, матеріалів тощо. Широко використовується в кар'єрах, на шахтах, збагачувальних заводах, складах [2].

Основні елементи транспортеру:

- тяговий, вантажний або тягово-вантажний елемент;
- конвеєрний постав, двигун;
- напрямні та опорні елементи.

Секція транспортеру - частина конструкції транспортера. Для стрічкового транспортеру складається із опор з встановленими на них опорами для роликів вантажної та холостої гілок (рис. 1.2). Головний елемент секції скребкового транспортеру - риштак.



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд прямого (горизонтального) стрічкового транспортеру

Інші елементи конструкції транспортерів: ножовий скидач, скребок, стрічка транспортеру.

Класифікація транспортерів в залежності від [8]:

1) напрямку транспортування об'єктів транспортери поділяють на:

- вертикальні;
- горизонтальні;
- похилі.

2) типу вантажу:

- насипні;
- штучні.

3) розміщення самого конвеєра або деталей:

- підвісні;
- підлогові.

4) тягового органу:

- ланцюгові;
- канатні;
- стрічкові.

5) без тягового органу:

- гвинтові;
- інерційні;
- гравітаційні.

б) виконуваних функцій:

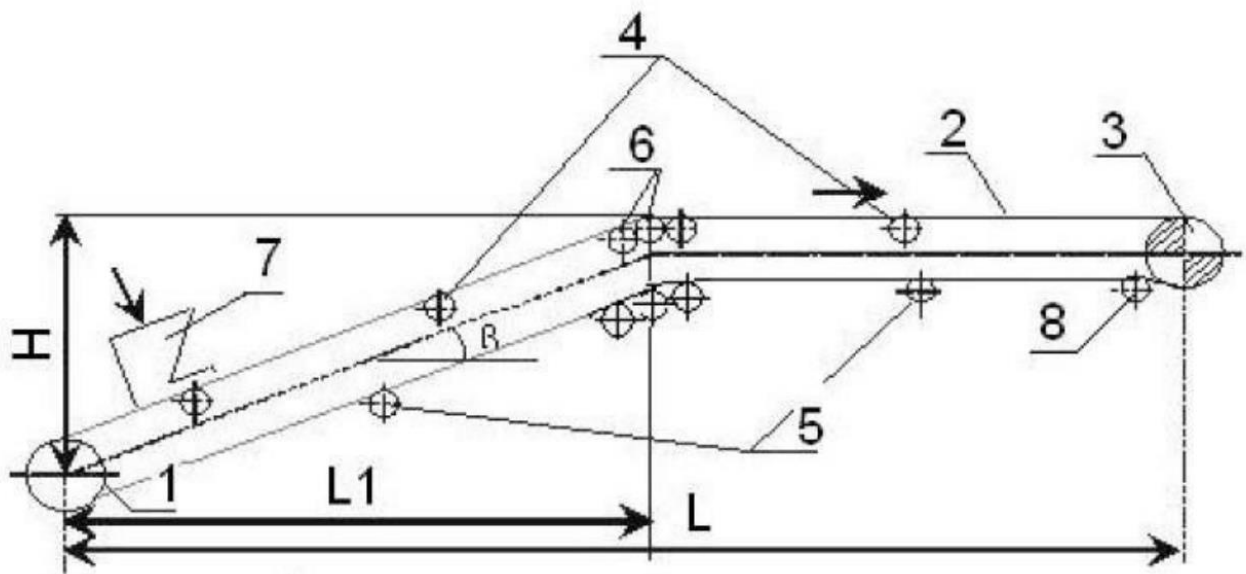
- складальні;
- транспортування.

7) конструкції тягового органу:

- гладкий;
- профільований;
- люлечний;
- скребковий;

- пластинчастий;
- стрічковий;
- ковшовий.

Принцип дії стрічкового транспортеру (рис. 1.3) полягає в наступному. Натяжні барабаном 1 створюється необхідне натягнення тягового органу 2 - гумовотканинної стрічки, яка одночасно є і елементом, який транспортує вантаж. Тяговий орган 2 за рахунок сили зачеплення із приводним барабаном 3 приводиться в рух.



1 - натяжний барабан; 2 - тяговий робочий орган, який транспортує вантаж (стрічка); 3 – приводний барабан; 4 – опори для роликів, робочої гілки транспортеру; 5 – опори для роликів зворотної гілки транспортеру; 6 - батарея опор для роликів; 7 - завантажувальний пристрій; 8 – відхиляючі опори для роликів

Рисунок 1.3 – Принцип дії стрічкового транспортеру:

При проході елемента 2, що транспортує вантаж, під живильником 7 здійснюється завантаження транспортеру. Асинхронний електродвигун при цьому не вимикається. Гілка тягового органу, на якій розташовано вантаж, називається робочої гілкою, відповідно, інша гілка називається зворотною

гілкою. Стрічка транспортеру рухається по опорах для роликів 4 і 5.

Для зміни траєкторії руху стрічки транспортеру може застосовуватись батарея опор для роликів 6. Для збільшення кута охоплення стрічкою транспортеру приводного барабана 3 застосовуються відхиляючі опори для роликів 8.

Розвантаження стрічки транспортеру проводиться, як правило, в кінці траси транспортування, де розташовано приймальний бункер. Іноді використовуються спеціальні пристрої для проміжного розвантаження стрічки транспортеру в різних точках траси. Всі вузли транспортеру розташовані на підтримуючій металоконструкції, яка сприймає навантаження від вантажу, що переміщується. Пристрій підтримує металоконструкції, що залежить від траси транспортування та конструкції всього транспортеру в цілому. Як правило, її виготовляють з прокатної профільної сталі у вигляді окремих однакових секцій довжиною від 3 до 6 м. До рам стрічкових транспортерів пред'являються наступні вимоги, такі як висока міцність та жорсткість, низька маса і забезпечення уніфікації, простота конструкції і безпечне обслуговування.

У горизонтально замкнутих стрічкових транспортерах застосовують обидві гілки, але для їх розміщення, звичайно, потрібна значна виробнича площа. На транспортерах такого типу вантажі можуть здійснювати кругові рухи без знімання з візків, що дозволяє раціонально використовувати транспортер при порівняно меншій довжині робочого приміщення для тривалих виробничих процесів, а також в якості рухомого складу.

Вибір типу транспортеру також залежить і від характеристики самого вантажу. Для транспортування в процесі складання відносно важких чи громіздких виробів використовують, як правило, вертикально замкнуті транспортери, а для легких чи малогабаритних - горизонтально замкнуті транспортери. Технологічні стрічкові транспортери з тривалими та різними за часом операціями роблять, як правило, горизонтально замкнутими з трасами або просторовими, або розташованими в одній площині.

В залежності від числа коливальних мас вібраційні стрічкові транспортери розрізняють як одномасні, двомасні чи багатомасні; за режимом коливальних рухів робочого органу - на дорезонансні, резонансні та зарезонансні. Крім того, розрізняють вібраційні транспортери із прямолінійною, еліптичною, круговою, похилою та горизонтальною траєкторіями руху робочого органу.

Коливальні рухи робочого органу вібраційного транспортеру можуть збуджуватися як інерційними, електромагнітними, ексцентрикними, гідравлічними так і пневматичними приводами. Вібраційні транспортери, як правило, мають довжину в похилому або горизонтальному напрямках до 100 м, а у вертикальному до 10 м. Продуктивність вертикальних - 50 м³/год, а похилих та горизонтальних вібраційних транспортерів до 200 м³/год.

Вібраційний транспортер призначено для переміщення тонкодисперсних (від десятків мікрон), грудкуватих чи зернистих матеріалів (до 1000 мм і більше) з температурою до 1000-1200 °С в вертикальному, похилому чи горизонтальному напрямках. Вібраційний стрічковий транспортер широко застосовується в гірничій промисловості.

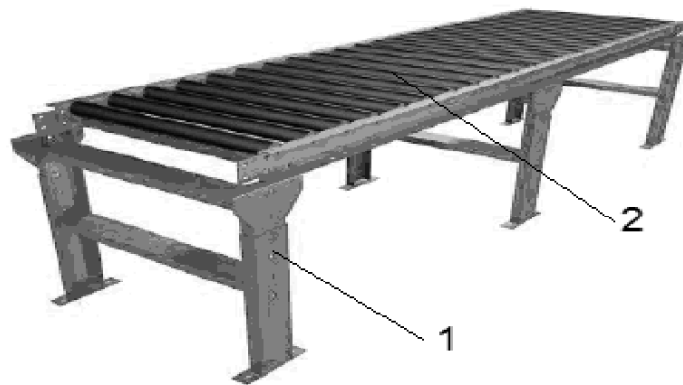
Основні властивості скребкових стрічкових транспортерів:

- простота конструкції або висока придатність до ремонту;
- достатньо висока продуктивність при відносно невеликих енерговитратах;
- можливість переміщення агресивних чи матеріалів, що важко транспортувати;
- можливість розвантаження та завантаження вантажів на різних ділянках транспортеру;
- досить тривалий термін служби;
- низький рівень шуму під час роботи;
- оптимальна вартість.

Рольганг (рис. 1.4). Принципова відмінність даного типу транспортеру полягає саме в його конструкції. Він не має робочої поверхні, як в попередніх

випадках, але в його конструкції встановлено синхронно працюючі ролики. Використовується в основному для несипких вантажів, тільки для великогабаритного вантажу, актуальні в тих випадках, коли використовувати стрічкові транспортери неможливо або недоцільно. Конструкція рольганга повинна бути міцною, оскільки умови роботи таких транспортерів найчастіше дуже складні через удари важких вантажів, постійні навантаження, високі температури та часто сильну запиленість. Ролики та, відповідно, рами для рольгангів виготовляють із конструкційної, неіржавіючої, загартованої сталі. Поділяють рольганги на гравітаційні, приводні, гнучкі гравітаційні.

Гравітаційні рольганги працюють під дією сили тяжіння вантажу, який транспортується по конструкції. Такі рольганги розташовують під певним, наперед прорахованим кутом.



1 – рама; 2 - опори із роликів

Рисунок 1.4 – Загальний вигляд рольганга:

У приводних рольгангах деякі ролики в ланцюзі з'єднані за допомогою групового приводу від загального електроприводу. Особливість конструкції такого типу транспортеру – постійна швидкість руху стрічки та, відповідно, і вантажів по цій стрічці. У гнучких гравітаційних транспортерах особливість полягає в рамі, що розтягується, подібно до гармошки. Використовуються, в основному, для запакованих товарів чи вантажів. Невеликої довжини, які можуть мати як лінійну так і кутову форму, відповідно можливо складати конструкції із трасою будь-якої довжини чи конфігурації.

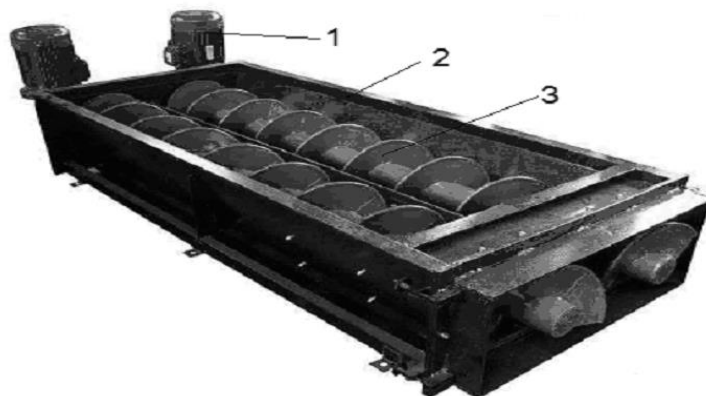
В залежності від особливостей вантажів, що транспортуються, області та цілі використання роликового транспортера, він може комплектуватись додатковими устаткуванням таким, як: відбійники, електронні пристрої стеження, напрямні, знімні борти тощо.

Роликові транспортери використовують для переміщення поштучних вантажів (таких як піддони, контейнери, ящики, труби, колоди, прокат, вилівки, плити чи окремі деталі) в похилому (під невеликим кутом) чи горизонтальному напрямку на різних виробництвах чи складах тощо.

Такі транспортери часто застосовуються у виробничих цехах для забезпечення відповідних технологічних процесів. У прокатному виробництві роликові транспортери - це базовий тип транспортерів для переміщення гарячого прокату. Використовуються у прохідних печах, як частина транспортних, сільськогосподарських чи інших машин.

Неприводні рольганги використовуються на сортувальних, пакувальних, бракувальних столах, перевантажувальних ділянках з одного транспортеру на інший, для переміщення тюків або стосів тощо.

Гвинтовий конвеєр. Це один з «найстародавніших» типів транспортерів. Принцип аналогічний роботі звичайної шнекової м'ясорубки (рис. 1.5), застосовується для сипких речовин. Можуть переміщувати вантажі не тільки горизонтально, але і під деяким кутом, а також і вертикально.



1 – електропривод; 2 – корпус; 3 - шнек

Рисунок 1.5 – Загальний вигляд гвинтового транспортеру:

Гвинтові транспортери мають ряд переваг, такі як: простота конструкції та компактність, повна відсутність зовнішніх рухомих частин, а також легкість у використанні, а відповідно і догляді за транспортером.

Конструкція гвинтового транспортера зазвичай складається із нерухомого жолоба або труби, що містить шнек, який підтримується підвісними підшипниками, з приводом на одному кінці та, відповідно, вільним іншим кінцем. Крім цього, гвинтовий транспортер обладнано механічним редуктором та приводним електродвигуном, завантажувальним та розвантажувальним патрубками та приєднувальними фланцями. Транспортування вантажу вздовж осі жолоба забезпечується витками гвинта.

Відповідно, витки бувають як суцільні чи стрічкові так і фасонні. Суцільні - використовуються при переміщенні сухих, порошкоподібних чи дрібнозернистих вантажів, стрічкові - для липких та крупнозернистих вантажів, фасонні – для транспортування речовин, здатних до злежування, або ж при суміщенні транспортних та деяких технологічних операцій (таких як змішування, подрібнення тощо).

Гвинти можуть виготовлятися одно-, дво-, і тризахідні. Випускаються, також, гнучкі шнекові транспортери, у яких в якості шнеку використовується циліндрична пружина. Швидкість транспортування обсягу речовини є прямо пропорційною до швидкості обертання шнека. У промисловості та гвинтових транспортерах часто застосовуються пристрої для регулювання швидкості. Гвинтові транспортери застосовуються для переміщення у горизонтальному, вертикальному чи нахиленому під кутом напрямках дрібнокускових, сипких, пилоподібних чи порошкових матеріалів (зазвичай на відстань до 60 м по горизонталі та по вертикалі до 15 м і з продуктивністю приблизно до 150 т/год). Діаметр шнека від 10 до 60 см, частота обертання знаходиться в межах від 10 до 120 хв⁻¹. Недоцільно використовувати шнеки для переміщення липких, високоабразивних, а також таких речовини, що схильні до ущільнення.

Гвинтові конвеєри можуть додатково застосовуватись в якості

живильників, дозаторів чи змішувачів. Для змішування матеріалів застосовуються так звані диференційні шнеки, в яких гвинти обертаються у протилежних напрямках.

До переваг шнеків відносять:

- малі габаритні розміри у порівнянні з іншими транспортними пристроями (стрічковими і пластинчастими транспортерами) однакової продуктивності;
- простоту конструкції та легкість технічного обслуговування;
- герметичність та, відповідно, здатність переміщувати гарячі, матеріали, що утворюють пил та токсичні матеріали);
- зручність проміжного розвантаження.

До негативних сторін шнеків відносять їх значне стирання, підвищене зношування жолобу та гвинта та, відповідно, подрібнення вантажу, високу питому витрату енергії.

Як видно із проведеного огляду найбільш популярним є стрічковий транспортер через простоту конструкції, надійність та універсальність переміщення вантажів різних видів. Такі транспортери можливо використовувати для переміщення штучних чи сипких вантажів, як на короткі так і на довгі дистанції. Крім своєї універсальності, стрічкові транспортери володіють і рядом інших переваг: завдяки простоті своєї конструкції, транспортери даного типу володіють малою масою, що значно спрощує конструювання транспортеру; також стрічка даного типу може досягати великих швидкостей, щодо інших типів транспортерів, швидкості стрічки транспортеру можуть досягати 6...8 м/с; довжина стрічки транспортеру може досягати кілометрів, відомі випадки, коли довжина стрічкового транспортеру досягала 14 км.; висока продуктивність стрічкових транспортерів може досягати до 30000 т/год за необхідних умов; а також завдяки своїй простій конструкції стрічкові транспортери дуже гнучкі, що дозволяє створювати складні траєкторії із різними вигинами та нахилами.

Як відомо, стрічкові транспортери широко використовуються для

переміщення сипких вантажів. Між барабанами та натяжною і приводною станціями розташована гнучка стрічка. Барабан, вісь якого може переміщатися в напрямних повзунах, під дією вантажу створює попередній натяг стрічки транспортеру. Такий натяг створює передачу без проковзування тягового зусилля від барабана приводної станції [6].

Друга категорія для горизонтальних та слабо нахилених виробок.

Третя категорія - для нахилів із кутом до 18° .

Четверта категорія - для бремсбергів із кутом до 16° .

П'ята категорія - для похилих стовбурів і гол. схилів з кутом 3- 18° .

Граничний кут нахилу стрічкових транспортерів для переміщення, наприклад, вугілля 20° , для дроблених руд — до 25° .

Кар'єрні стрічкові транспортери за конструкцією розділяють на передавальні та стаціонарні, вибійні, відвальні та магістральні. Крім того, вони можуть бути у складі деяких кар'єрних агрегатів, наприклад, у роторних та ланцюгових екскаваторів, перевантажувачів, відвалоутворювачів, транспортно-відвальних мостів тощо.

Довжина стрічкового транспортеру може досягати 2...3 км, при швидкості руху стрічки 1,5 ... 3 м/с та її ширині до 2 м, подібна конструкція може забезпечити продуктивність до 700 т/год.

Стрічкові транспортери використовуються не тільки для переміщення вантажу в горизонтальній площині, але так як при транспортуванні з кутом нахилу більше за 20° , коли можливе обсипання вантажу, встановлюють стрічковий скребковий транспортер. Наприклад, у гірничорудній промисловості при транспортуванні крупної дробленої руди із кар'єрів продуктивність може становити до 6000 т/год, при ширині стрічки транспортеру 160-200 см, загальна потужність електродвигунів приводу складає 1,2-3,0 МВт. Загалом стрічки транспортеру мають досить високу продуктивність, яка може досягати 30 тис.т/год, довжина таких стрічок в одному поставі від декількох метрів до 10-15 кілометрів, кут нахилу не повинен перевищувати $16-18^\circ$.

1.2 Постановка завдань для САК стрічковим транспортером із вантажем

Проведений аналітичний огляд робіт [1-8], які присвячено автоматизації процесу транспортування вантажів за допомогою стрічкових транспортерів, показав, що при проектуванні САК стрічковим транспортером, необхідно враховувати математичну модель електродвигуна та необхідні закони керування.

САК стрічковим транспортером, що проектується, повинна забезпечити виконання наступних завдань:

- контролювати прискорення та швидкість руху стрічки транспортеру;
- дозволяти екстрені зупинки стрічки транспортеру прямо із АРМ оператора або за допомогою застосування блоку керування;
- автоматизацію роботи, яка повинна виконуватись безпосередньо з АРМ оператора;
- забезпечити необхідний рівень захисту (екстрені та аварійні зупинки), тобто можливість зупинки стрічки транспортеру в будь-якому місці при спрацюванні датчиків чи при зниженні швидкості;
- відображати на блоці керування стрічкою транспортеру та АРМ оператора всієї потрібної інформації про поточний стан обладнання:
 1. Індикація про режими роботи стрічки транспортеру, напрямок та швидкість руху та інших необхідних технологічних параметрів;
 2. Аварійна індикація всіх видів вимикань чи блокувань;
 3. Причини зупинки стрічки транспортеру, в цілому або його складових;
 4. Відображення на АРМ оператора реального стану об'єктів керування.

1.3 Висновки до розділу

Виконано аналітичний огляд існуючих конструкції транспортуючого обладнання для переміщення вантажів на відстань, їх конструктивні характеристики, переваги та недоліки конструкцій, в результаті вибір зроблено на користь гнучкої стрічки транспортера, як найбільш поширеного типу, простоти її виготовлення траєкторії руху та її довжини.

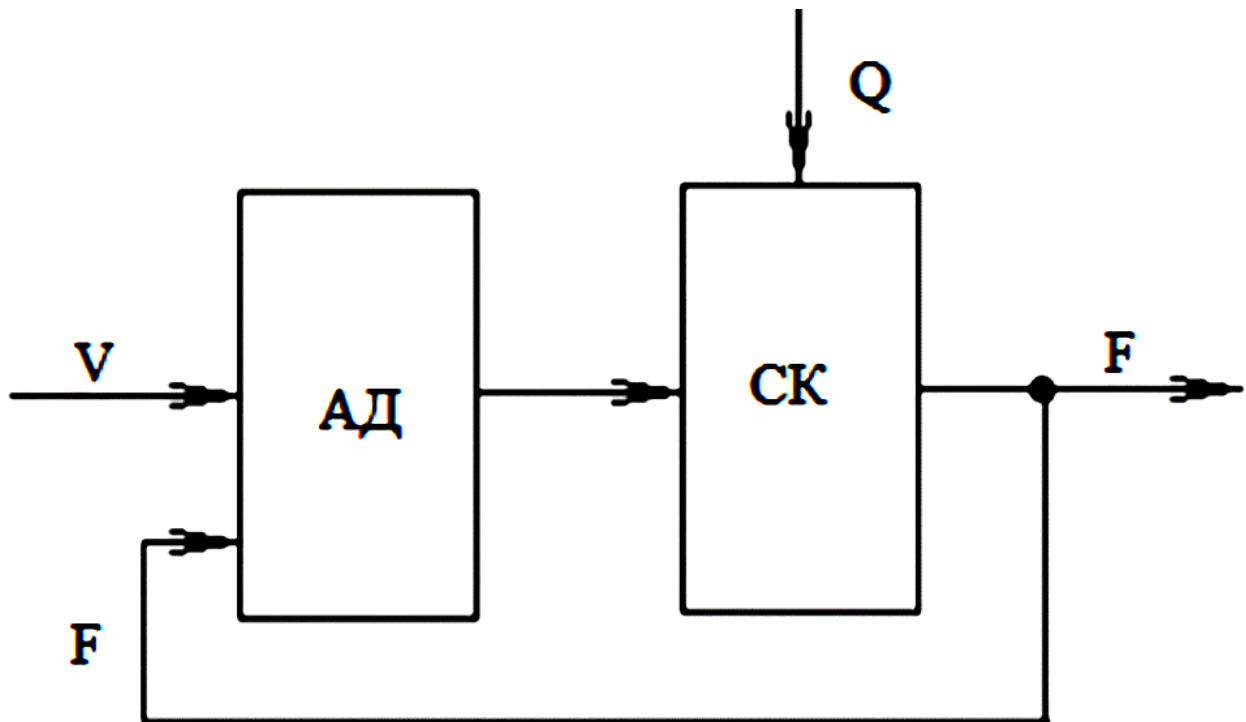
Проведений аналітичний огляд робіт [1-8], присвячених автоматизації процесу переміщення вантажів на відстань за допомогою стрічкових транспортерів, показав, що при проектуванні САК стрічковим транспортером, необхідно враховувати не лише математичну модель електродвигуна, а і необхідні закони керування. Виконано постановку завдань для САК стрічковим транспортером, які необхідно досягнути при виконанні моделювання системи.

2 МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ СТРІЧКОЮ ТРАНСПОРТЕРА З ВАНТАЖЕМ

2.1 Моделювання системи керування стрічкою транспортера

Математична модель об'єкту керування зводиться до розрахунку кількості вантажу на стрічці транспортеру, яка і буде визначати його продуктивність.

Створюємо розрахункову модель стрічкового транспортеру (рис. 2.1).

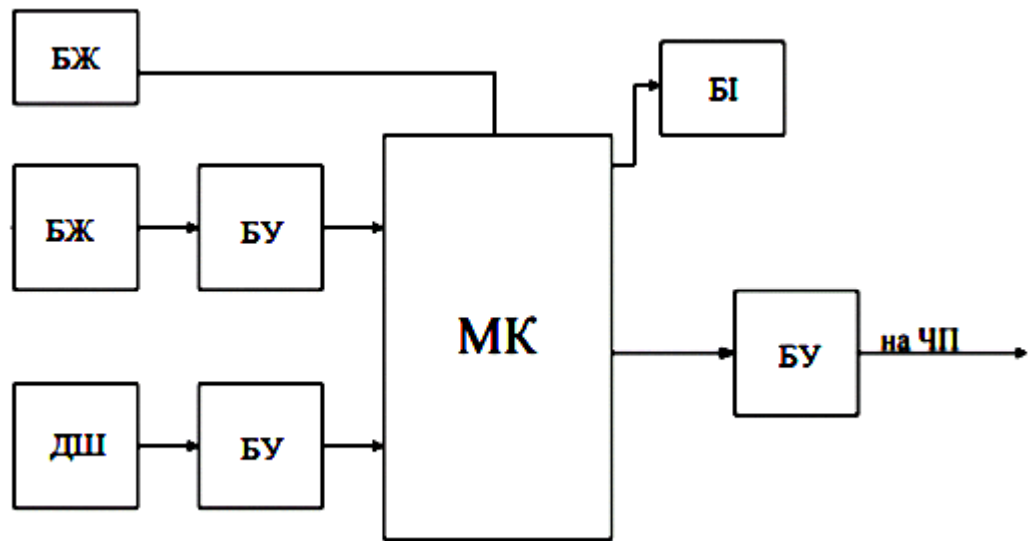


Q – вантажопотік; V – швидкість; F – статична вага; АД – асинхронний двигун; СК – стрічка конвеєрного транспортеру

Рисунок 2.1 – Розрахункова модель стрічкового транспортеру:

Вхідною величиною є саме швидкість руху стрічки транспортера V , то постає завдання в її регулюванні. Виконувати це завдання будемо за допомогою пристрою, структурна схема якого представлена на рисунку 2.2. Під пристроєм ми розуміємо структурні елементи системи автоматичного керування стрічкою транспортеру, які здійснюють частотне керування (регулювання) швидкості руху

[2, 4].



БЖ – блок живлення; ДШ – датчик швидкості; БУ – блок узгодження; МК – мікроконтролер; БІ – блок індикації та сигналізації

Рисунок 2.2 – Структурна схема пристрою керування швидкістю стрічки транспортера:

Головним елементом САК є, звичайно, програмований логічний контролер (ПЛК), який отримує необхідну інформації з датчиків. За допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП), що є вбудованим в ПЛК, контролер може перетворювати вхідні сигнали від технічних засобів в двійковий код, який є досить зручним для подальшого використання [10, 11].

Будь-яка САК розуміє в собі збереження технологічних параметрів (даних) про стан ланок системи, вони наведені в таблиці 2.1 [12, 16].

Таблиця 2.1 – Опис перемінних для САК

№	Назва	Тип перемінної	Адреса перемінної	Керуючий орган
1	Axis_1_Drive_IN	"PD_TEL1_IN"	%I256.0	Електродвигун
2	Axis_1_Drive_OUT	"PD_TEL1_OUT"	%Q256.0	Електродвигун
3	kn	Bool	%M10.0	Реле запуску/зупинки стрічки транспортера
4	HSC_1_B	Bool	%I0.1	Енкодер

Таблиця 2.1 - Продовження

5	HSC_1_A	Bool	%I0.0	Енкодер
6	RightSensor	Bool	%I0.3	Інфрачервоний датчик
7	LeftSensor	Bool	%I0.2	Інфрачервоний датчик
8	SP_Velocity	Int	-	Стартова швидкість
9	Curr_Velocity	Int	-	Реальна швидкість

2.2 Моделювання роботи асинхронного електроприводу

Відомо, що САК повинна охоплювати всі складники обраного об'єкту керування. Тому в програмному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB було створено та виконано дослідження моделі спроектованої САК швидкістю руху стрічки транспортеру, за допомогою якої було проведено дослідження різних режимів роботи при навантаженні та без частотного керування, при навантаженні та без прямого запуску (рис. 2.3). Запропонована модель керує швидкістю обертання головного валу асинхронного електродвигуна, як відомо це важливий чинник для запобігання різних порушень, які можуть в свою чергу, призвести до передчасного зношення або зупинки двигуна [19, 21].

Створена модель крім переліку основних елементів також містить вісім допоміжних підсистем, загальний вигляд яких наведено нижче (рис. 2.4-2.11) [21].

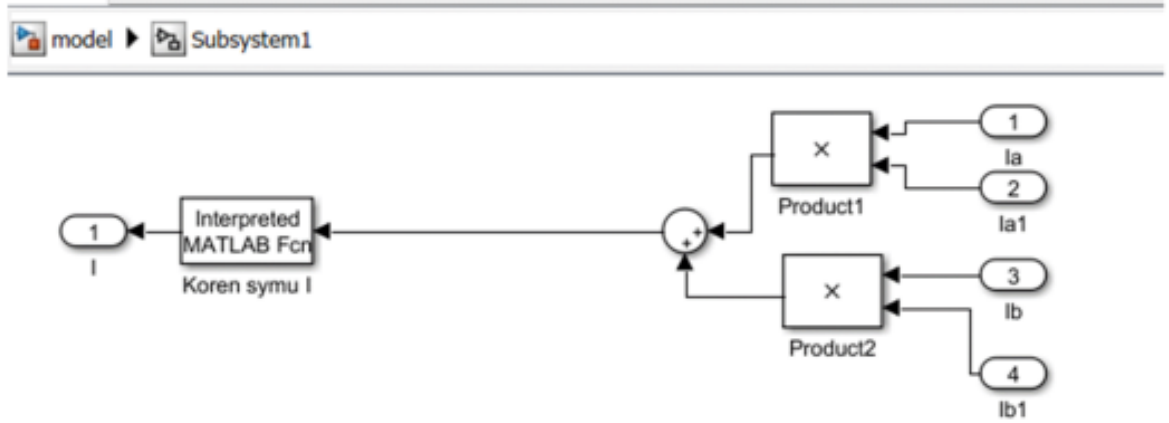


Рисунок 2.4 – Вигляд першої підсистеми САК

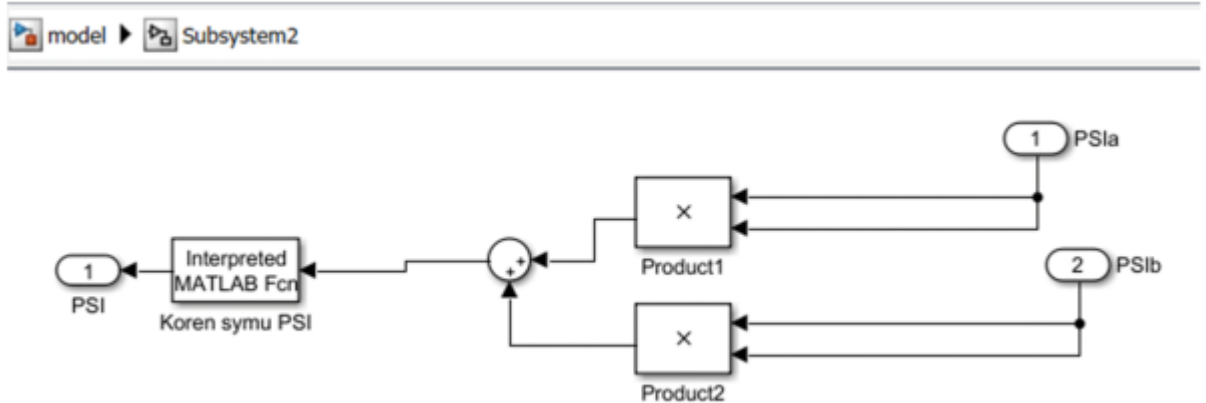


Рисунок 2.5 – Вигляд другої підсистеми САК

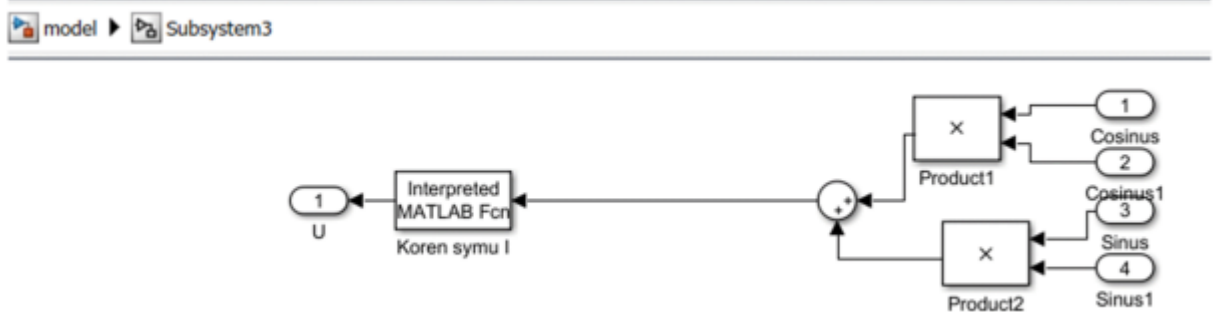


Рисунок 2.6 – Вигляд третьої підсистеми САК

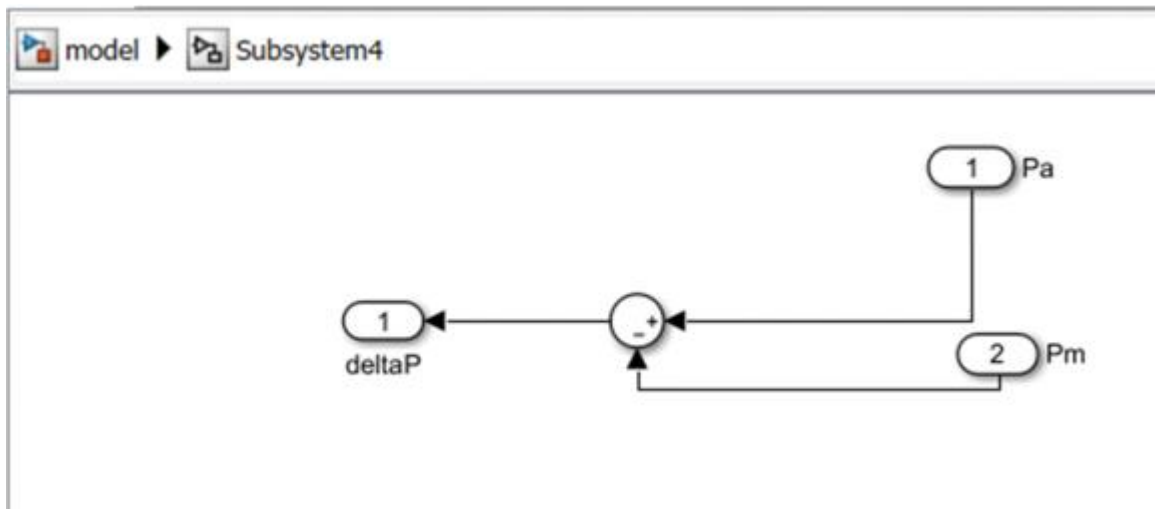


Рисунок 2.7 – Вигляд четвертої підсистеми САК



Рисунок 2.8 – Вигляд п'ятої підсистеми САК



Рисунок 2.9 – Вигляд шостої підсистеми САК

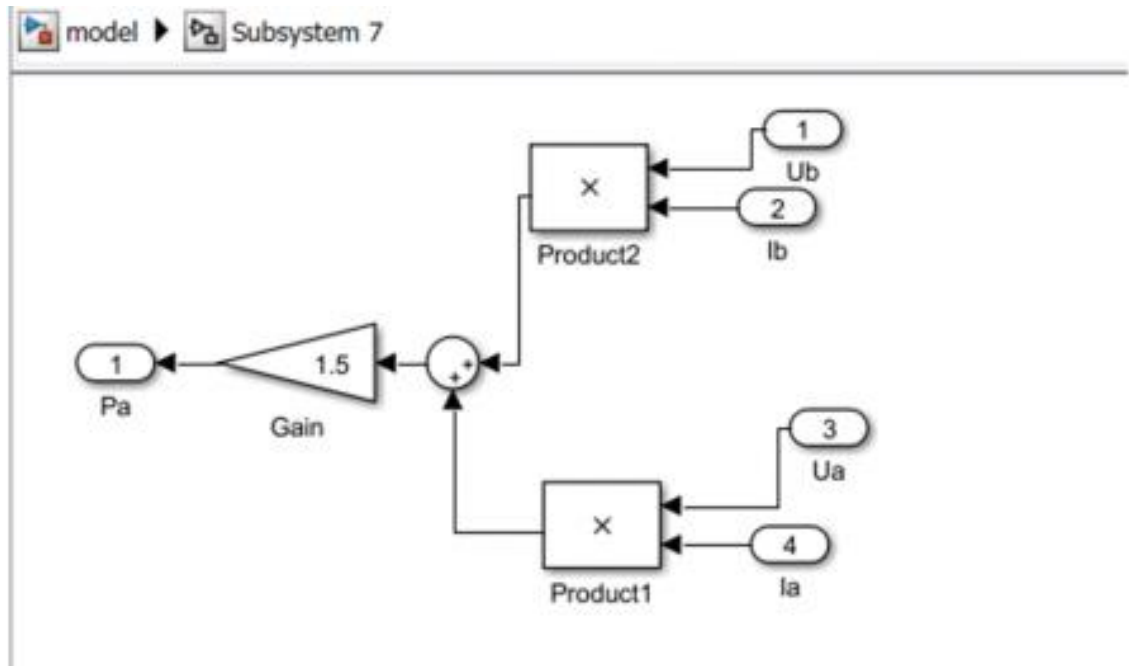


Рисунок 2.10 – Вигляд сьомої підсистеми САК

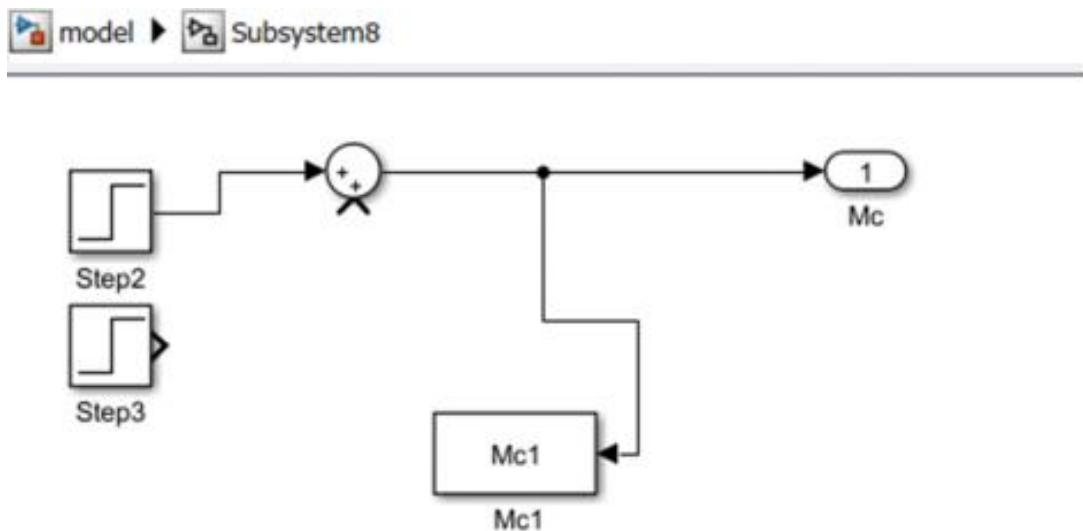


Рисунок 2.11 – Вигляд восьмої підсистеми САК

Кожна з наведених підсистем САК швидкості стрічки транспортера відповідає за різний вид керування та виконує лише свою функцію [21].

Отримані в результаті виконаного моделювання САК графічні залежності струму, швидкості, моменту, активної та номінальної потужностей, модуля потокозачеплення при навантаженні та при різному керуванні наведено на рисунках 2.12-2.15 [19, 21].

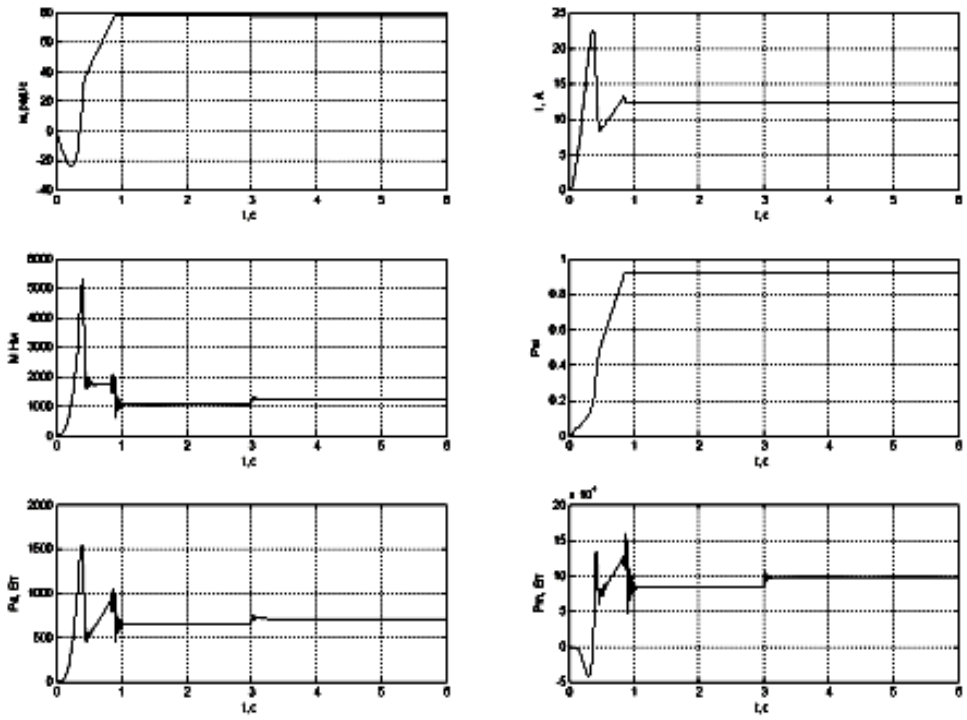


Рисунок 2.12 - Перехідні процеси під навантаженням при частотному керуванні

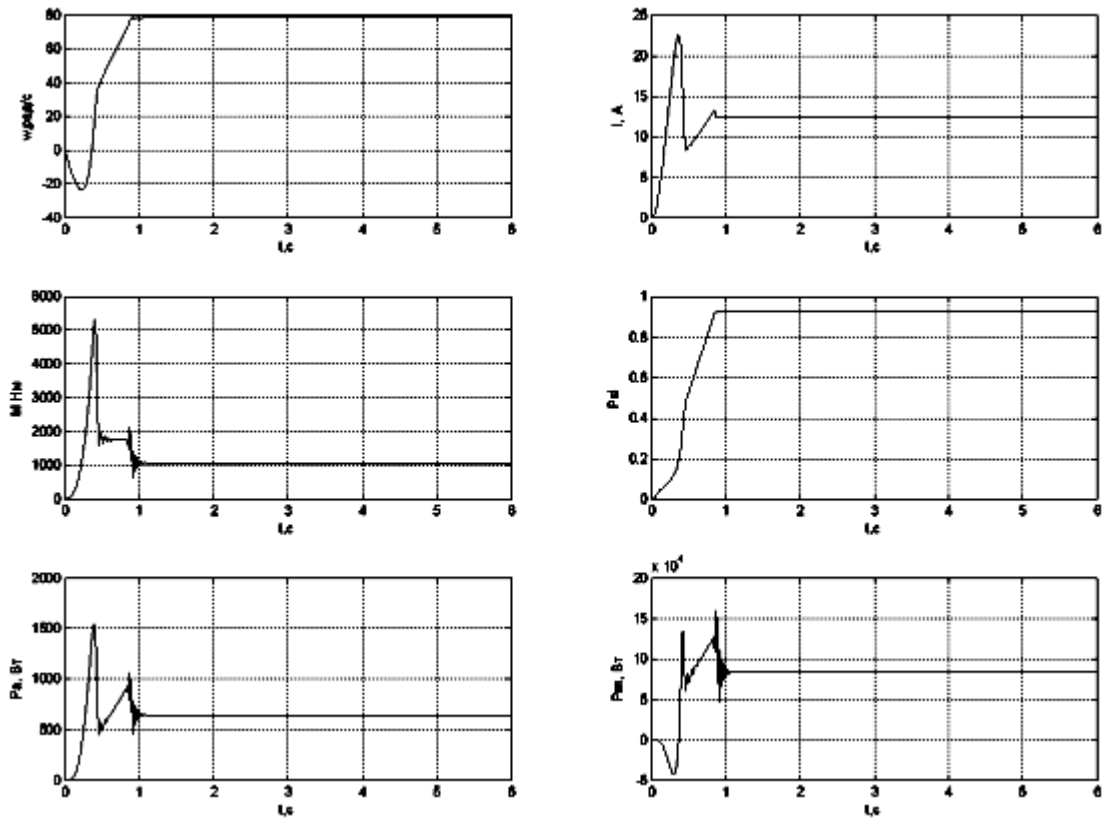


Рисунок 2.13 – Перехідні процеси без навантаження при частотному керуванні

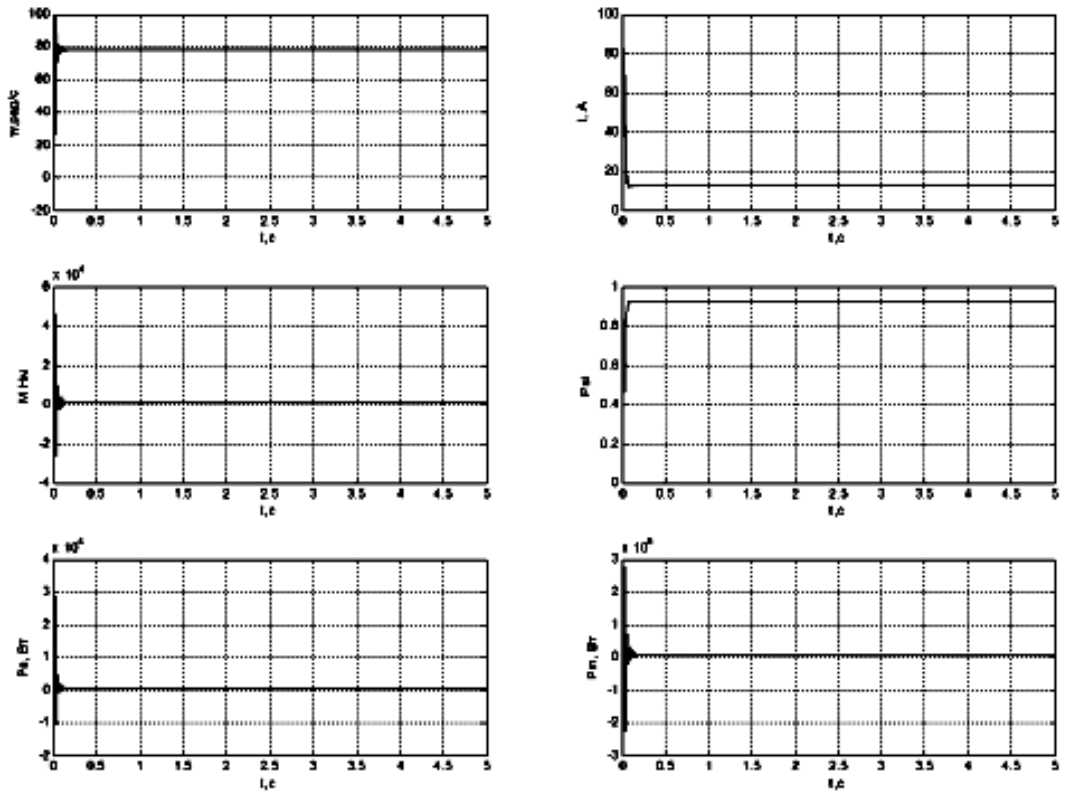


Рисунок 2.14 – Перехідні процеси без навантаження при прямому запуску електродвигуна

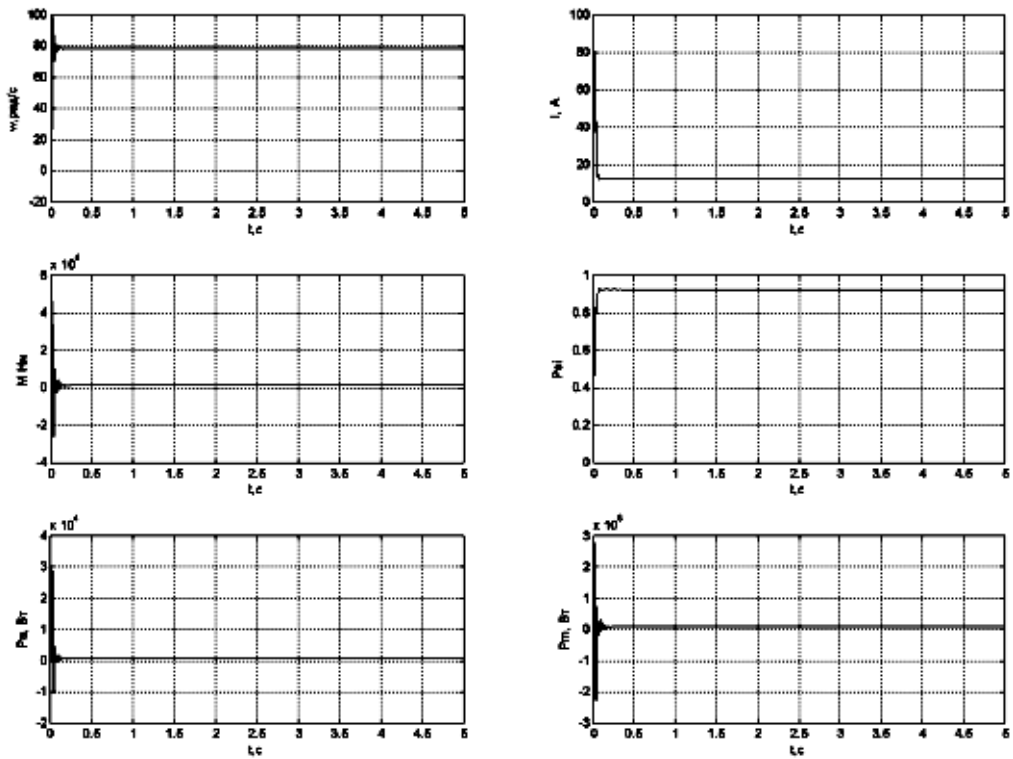


Рисунок 2.15 – Перехідні процеси під навантаженням при прямому запуску електродвигуна

2.3 Програмні засоби для візуалізації стану стрічки транспортера та вантажу

Для розробки програмного забезпечення для ПЛК на сучасному етапі розвитку застосовуються інтегровані середовища розробки (ICP) або англійською IDE – Integrated development environment, що із текстових редакторів, компіляторів, редакторів зв'язків, завантажувачів та симуляторів. ICP зазвичай представляють із себе єдину програму, в якій виконується вся розробка. Вона, як правило, містить багато функцій для створення, редагування, компілювання, розгортання та налаштування програми ПЛК [12-17].

2.3.1 Загальна інформація про ICP

Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) – ICP програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів, що базується на обладнанні фірми «Siemens». В TIA Portal об'єднано три базових програмних пакети:

- 1) Simatic Step 7 V.15, що використовується для програмування контролерів наступних серій: S7-1200, S7-300, S7-400 та WinAC [12];
- 2) Simatic WinCC V.15, що застосовується для розробки людино-машинного інтерфейсу (програмування сенсорних панелей та SCADA-систем);
- 3) Sinamics StartDrive V.15, що використовується для програмування частотних перетворювачів Sinamics [13-16].

У ICP TIA Portal передбачено два способи відображення структури створюваного проєкту автоматизації: portal view та project view. Портальне відображення (рис. 2.16) дозволяє розглянути структуру проєкту із точки зору завдань та функцій, які можуть бути виконані у ньому. Наприклад, створення нового проєкту – Create new project, відкриття збереженого та створеного раніше проєкту – Open existing project, відображення застосованих в проєкті пристроїв (контролерів, модулів введення–виведення, панелей оператора тощо) та

налагодження мережевих з'єднань між пристроями – Devices&networks, діагностування та моніторинг доступних для програмування у даному проєкті пристроїв – Online&Diagnostics та ін.

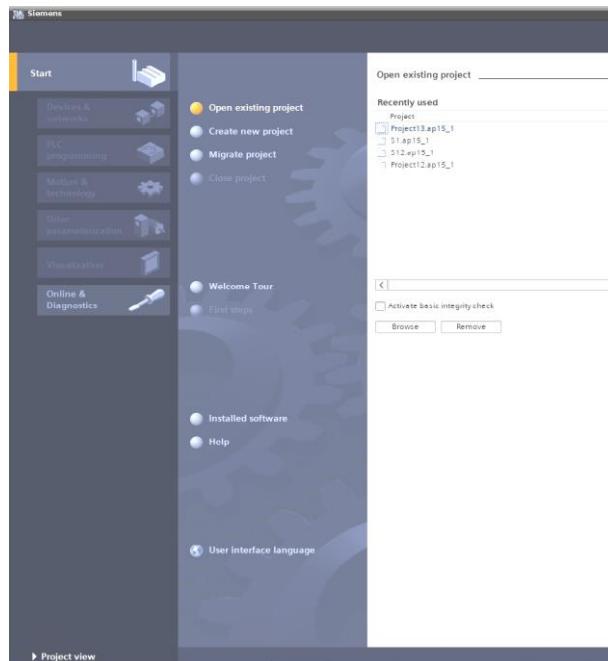


Рисунок 2.16 - Портальне відображення структури проєкту (portal view)

Проектно-орієнтоване відображення (project view) (рис. 2.17) показує всі компоненти розташовані всередині проєкту та дозволяє отримати швидкий доступ до будь-якого з них. У процесі роботи над розробкою проєкту в будь-який момент можна перемикаєтись із портального на проектно-орієнтоване відображення структури проєкту та назад [12, 18, 20].

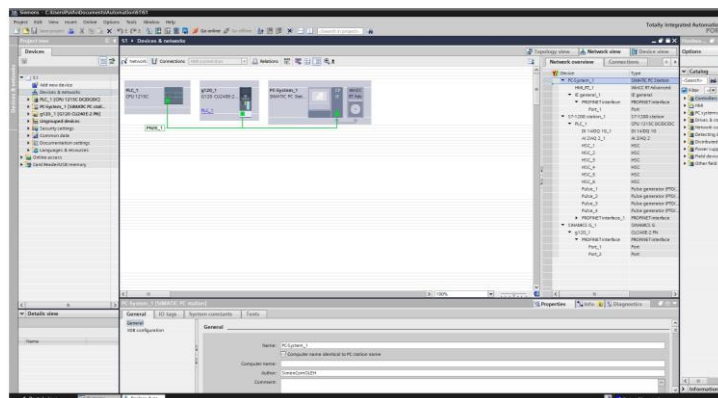


Рисунок 2.17 - Проектно-орієнтоване відображення структури проєкту (project view)

Людино-машинний інтерфейс або Human Machine Interface (HMI) – термін, що охоплює всі інженерні рішення, які можуть забезпечити взаємодію оператора із керованими ним машинами (рис. 2.18) [12].

Під терміном «машина» в даному випадку розуміють система з усіх технічних засобів, що бере участь у процесі вимірювання, сигналізації, контролю та керування, а під терміном «людина» – оператора-технолога, який бере безпосередню участь саме в процесі керування.

Створення системи HMI тісно пов'язано із ергономікою, але не тотожно їй. Проектування HMI складається із: створення робочого місця (наприклад, крісла, столу, або пульта керування тощо), розміщення приладів та необхідних органів керування, освітлення робочого місця, а, можливо, і мікроклімат в цілому.

Далі розглядаються дії людини-оператора з органами керування: розташування дисплеїв та розміри написів на них, доступність органів керування та необхідні зусилля, узгодженість (несуперечність) та «захист від дурня».

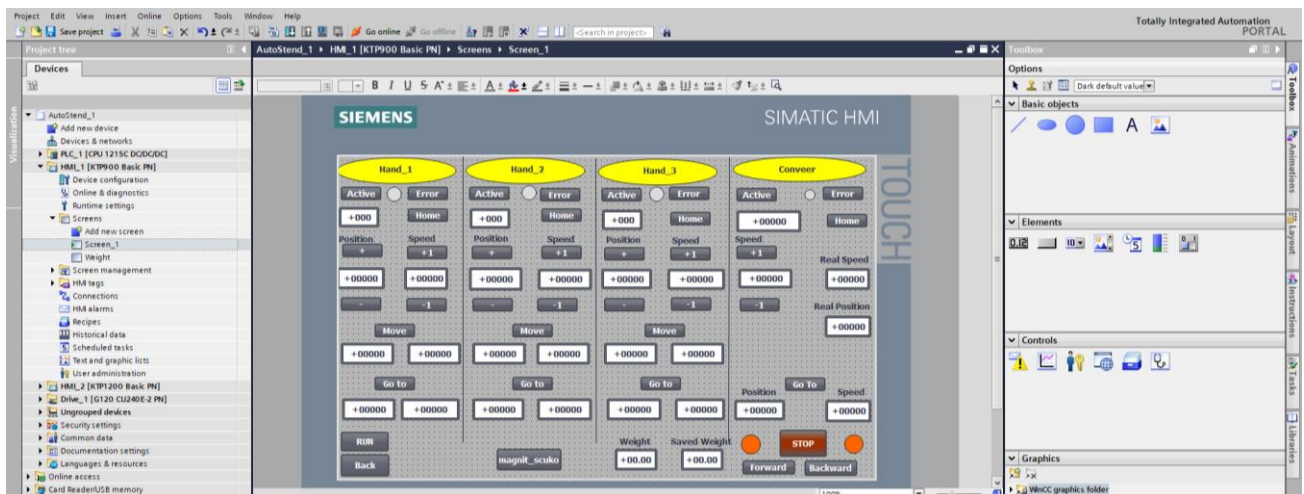


Рисунок 2.18 - Загальний вигляд Human Machine Interface (HMI)

Більшість систем HMI має типовий набір функціональних можливостей для виконання завдань автоматизованих робочих місць, таких як [18, 20]:

- збір інформації про контрольовані технологічні параметри (дані реального часу) із ПЛК та засобів віддаленого вводу–виводу;
- прийом команд людини-оператора та передача їх на ПЛК чи засіб

віддаленого виводу;

- вторинна обробка інформації (масштабування, обмеження вводу, перевірка коректності тощо);
- виконання певної логіки обробки даних з використанням вбудованих мов, наприклад, VBA;
- графічне представлення стану технологічного процесу та обладнання в зручній для сприйняття формі;
- збереження даних реального часу в архівах даних та графічне представлення історичної інформації в зручній для сприйняття формі у вигляді графіків, гістограм тощо;
- формування звітів на основі архівної інформації, помилок та даних реального часу;
- фіксація в електронних журналах виникнення аварійних подій у контрольованому технологічному процесі та дій експлуатаційного персоналу;
- сповіщення експлуатаційного та обслуговуючого персоналу про виявлені аварійні події в технологічному процесі та програмно-апаратних засобах;
- обмін інформацією з автоматизованими системами керування виробництвом та підприємством у складі інтегрованих систем керування;
- захист від несанкціонованого доступу до компонент і файлів;
- формування, запис, збереження та читання даних у вигляді рецептів;
- створення оперативних календарних планів керування обладнанням.

2.3.2 Типи кодових блоків в TIA Portal

В PLC Simatic S7-1200 використовуються три типи кодових блоків (рис. 2.19) [12, 18, 20]:

- організаційний блок або Organization block (OB), що реагує на певні події в CPU та може зупинити виконання програми користувача. Стандартний блок для виконання програми користувача (OB1) є основною структурою програми користувача та єдиним кодовим блоком, взагалі необхідним для користувача

програми. Якщо ми використаємо інші ОВ в своєму проєкті, то ці ОВ будуть переривати виконання ОВ1. Інші ОВ виконують специфічні функції, наприклад, для завдань запуску обладнання, для обробки переривань та помилок або для виконання конкретного програмного коду через певні інтервали часу;

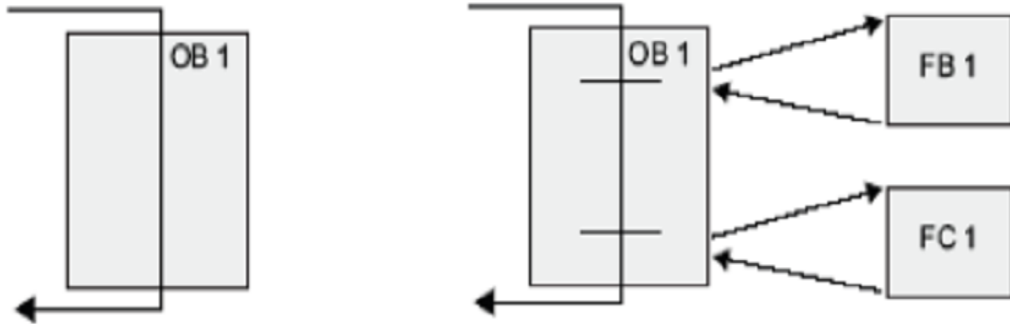


Рисунок 2.19 - Лінійна та модульна блокові структури програми користувача

- функціональний блок або Function block (FB) – це спеціальна підпрограма, яка виконується тільки при виклику із іншого кодового блоку (ОВ, FB або FC). Викликаний блок передає параметри в FB, а також призначає деякий блок даних (Data block, DB), який зберігає дані для цього виклику або примірника цього FB. Зміна екземпляра DB дозволяє головному FB керувати роботою групи пристроїв. Наприклад, один FB може керувати декількома вентилями або насосами за допомогою різних екземплярів DB, що містять конкретні робочі параметри для кожного персонального вентиля або насоса. Вставка виклику для FB – потрібно зробити наступні дії:

а) перетягти FB із дерева проєкту в необхідну мережу, на робочому полі. Відкриється діалогове вікно Call options;

б) у діалоговому вікні введемо, чи потрібно викликати блок як одиничний або Single instance, багаторазовий або Multi-instance або в якості прикладу параметра або Parameter instance:

– якщо ми натиснемо на кнопку Single instance, нам доведеться ввести ім'я в текстовому полі «Name» для DB, який ми хочемо призначити для FB;

– якщо ж ми викликаємо блок, що містить моніторинг, необхідно

призначити функціональний блок ProDiag функціям моніторингу в текстовому полі ProDiag FB;

- якщо ж натиснемо на кнопку Multi-instance, нам потрібно буде ввести назву перемінної в текстовому полі Name in the interface; це ім'я, яке ви використовуєте для введення викликаного FB як статичної перемінної в інтерфейсі викликаного блоку;

- якщо ж натиснемо на кнопку Parameter instance, введемо ім'я параметра InOut, до якого приклад повинен передаватись під час виконання, у текстовому полі Name in the interface.

в) Якщо ми викликаємо блок, що містить моніторинг, необхідно призначити функціональний блок ProDiag функціям моніторингу.

г) Підтвердьте свої записи за допомогою ОК.

- функція або Function (FC) – підпрограма, яка виконується при виклику із драгого кодового блоку (OB, FB або FC). У FC немає прив'язаного до неї кодового блоку даних DB. Блок, який викликає, передає параметри на FC. Вихідні значення FC повинні бути записані в адреси пам'яті або в глобальний DB.

Вставка виклику функції (FC) – перетягніть функцію з дерева проєкту в необхідну мережу на робоче поле [12, 18, 20].

2.3.3 Поняття перемінних та їх адресація

Для завдання символічних імен перемінних в Simatic Step 7 використовуються таблиці символічних імен – PLC tags. Для відкриття такої таблиці необхідно в Project tree вибрати пункт PLC_1→PLC tags→Default tag table, в результаті чого відкриється таблиця Default tag table, створювана середовищем Simatic Step 7 автоматично для кожного проєкту окремо. Для визначення символічного імені перемінної необхідно задати саме символічне ім'я - Name, вказати тип її даних - Data type, абсолютну адресу - Address та при необхідності – коментар [12, 18, 20].

CPU пропонує декілька можливостей для збереження даних під час виконання програми користувача. Глобальна пам'ять CPU складається із ряду спеціалізованих областей пам'яті, включаючи входи (I), виходи (Q) та бітову пам'ять (Меркера, M). Така пам'ять є доступною для всіх кодових блоків без обмеження.

М-пам'ять – будь-який кодовий блок - OB, FB або будь-яка FC може звернутись до даних в М-пам'яті, тобто дані знаходяться глобально в повному розпорядженні всіх елементів програми користувача.

Тимчасова пам'ять – доступ до даних в такому типу пам'яті обмежено тим кодовим блоком - OB, FB або тією FC, де були створені або оголошені адреси в тимчасовій пам'яті. Адреси тимчасової пам'яті залишаються локальними і не можуть бути використані іншими кодовими блоками, навіть якщо кодовий блок викликає інший кодовий блок. Наприклад, якщо OB викликає FC, то FC не може звернутись до тимчасової пам'яті OB, який викликав цю FC. До тимчасової пам'яті можна звертатися тільки через використання символічної адресації.

Перемінна – область пам'яті ПЛК для зберігання даних лише певного типу. Кожна перемінна характеризується своїм адресом та довжиною, яка на пряму залежить від типу даних, що зберігаються. При зверненні в програмі до перемінної для запису або зчитування необхідних даних потрібно вказати адресу цієї перемінної. У мовах програмування високого рівня є два способи вказати адреси перемінної: абсолютна та символічна адреси. При вказуванні абсолютної адреси перемінної потрібно вказати область пам'яті ПЛК, в якій вона знаходиться, номер початкового байта, розмір змінної, за необхідності – номер біта.

Наприклад, I0.1, MW20, QB0. Перша літера визначає область пам'яті ПЛК. Друга літера визначає розмір перемінної в байтах: B або byte – 1 байт, W або word – 2 байта, D або double word – 4 байта. Відомо, що такий спосіб запису адреси перемінної не завжди зручний та при використанні в програмі великої кількості перемінних може призвести до плутанини при написанні програми.

Тому краще застосовувати символічну адресу, при якій з абсолютним адресом перемінної зв'язується деяке слово (ім'я перемінної), що складається із символів та має для розробника певний зрозумілий йому сенс. Так, наприклад, якщо до дискретного входу контролера I0.1 підключена кнопка запуску асинхронного електродвигуна, то за адресом I0.1 можна зв'язати символічне ім'я даної перемінної, наприклад, ButtonStart. Для однієї перемінної може бути поставлено лише одне символічне ім'я [12, 18, 20].

2.3.4 Мови програмування, що використовуються в TIA Portal

Ladder Logic, LAD – це графічна мова програмування, яка заснована на релейно-контактних схемах [12, 18, 20].

Програма відображається в одній або декількох гілках мережі. Мережа має в собі силову шину ліворуч, звідки беруть початок гілки. Бінарні скани сигналів розташовані у вигляді контактів на гілках. Послідовне розташування елементів на гілці створює послідовне з'єднання; розташування на окремих гілках створює паралельний зв'язок. Складні функції представлені рамками. Більшість програмних елементів повинні мати перемінні.

Існує щонайменше одна гілка від силової шини. Мережеве програмування починається з лівого краю ступеню. Ви можете розширити силову шину на кілька ступенів та гілок, наприклад, на рис. 2.20 наведено елементи мережі LAD.

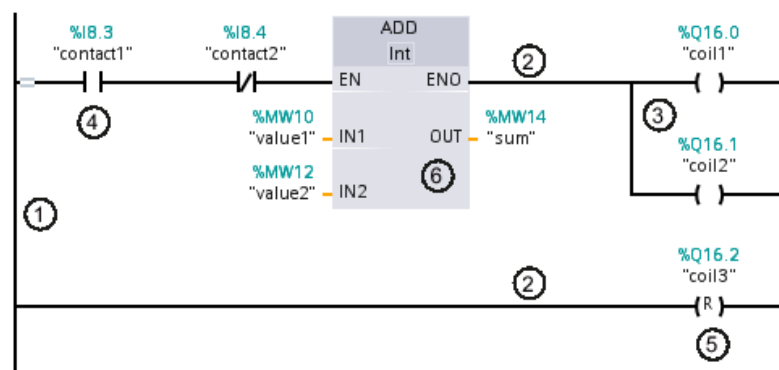


Рисунок 2.20 – Елементи мережі LAD:

- 1 – Power rail - силова шина; 2 – Rung - ступінь; 3 – Branch - гілка; 4 – Contact - контакт; 5 – Coil – котушка; 6 – Box - блок

Силова шина (Power rail) – кожна мережа LAD складається із силовій шини, яка містить принаймні одну ступінь (Rung). Мережу можливо розширити, додаванням додаткових ступенів. Можливо застосовувати додаткові гілки (Branch) для програмування паралельних з'єднань на конкретних ступенях.

Контакти або Contacts – їх застосовують для створення або переривання струмопровідного зв'язку між двома елементами, струм, звичайно, передається зліва направо. Можливе застосування контактів для запиту стану сигналу або значення операнда та відповідно керування ним залежно від результату поточного потоку.

Котушки або Coils – застосовуються для керування двійковими операндами. Котушки можуть як встановлювати так і скидати двійковий операнд в залежності від стану сигналу результату логічної операції.

У програмі збудованій за допомогою графічної мови LAD нам доступні наступні типи катушок:

- стандартні катушки або Standard coils – встановлюють двійковий операнд, якщо через катушку протікає струм. Конструкція Assignment є прикладом стандартної катушки;

- катушки з додатковою функцією або Coils with additional function – застосовують додаткові функції на додаток до оцінювання результату логічної операції або Result of Logical Operation (RLO). Приклади катушок з додатковою функцією - катушки для виявлення границі RLO та програмного керування;

- блоки або Boxes – це елементи графічної мови LAD зі складними функціями. Порожній блок – виняток, проте можливо застосувати порожній блок в якості заповнювача, в якому ми можемо вибрати необхідну інструкцію.

Для виконання Logic operations використовуються наступні правила:

- з попередніми логічними операціями можна поєднувати лише булеві входи;

- з подальшою логічною операцією може бути поєднаний лише перший булевий вихід;

– може існувати лише один повний логічний шлях для кожної мережі. Шляхи, які не пов'язані між собою, можна зв'язати.

Мова Function Block Diagram або FBD – графічна мова програмування, яка заснована на використанні електронних схем [12, 18, 20].

Програма відображається в одній або декількох мережах, яка в свою чергу містить один або кілька шляхів логічних операцій. Представлення логіки засновано на графічних логічних символах, що застосовуються в булевій алгебрі.

Програма на мові FBD складається з окремих елементів, які зв'язані за допомогою двійкового потоку сигналу. Більшість програмних елементів, що використовуються, повинні мати перемінні. Мережа FBD програмується зліва направо, на рис. 2.21 наведено приклад елементів такої мережі.

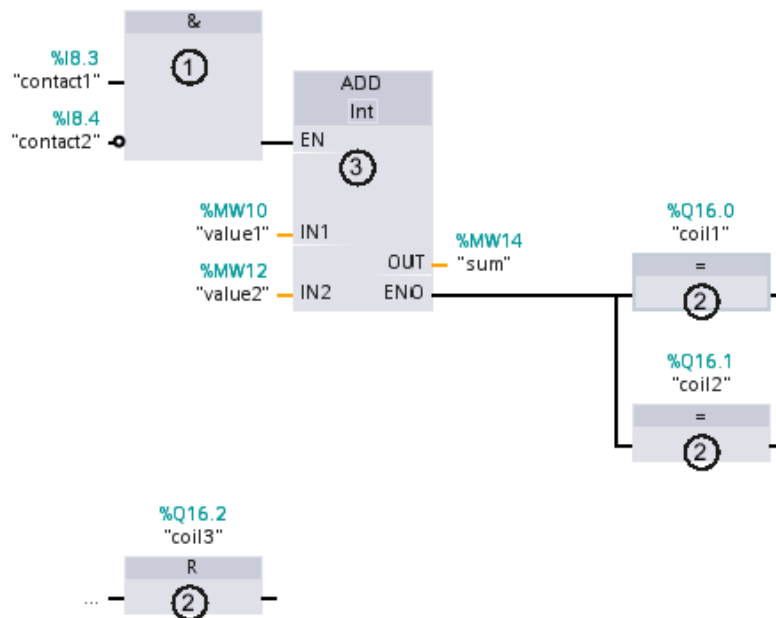


Рисунок 2.21 – Приклад елементів мережі FBD:

- 1 – Binary function - двійкова функція; 2 – Standard box - стандартні блоки;
3 – Complex box - складні блоки

Binary function або двійкові функції застосовуються для запиту двійкових операндів та комбінування їхніх сигнальних станів. В якості прикладів двійкових функцій можна навести: OR operation - АБО операція, AND operation - І операція та EXCLUSIVE OR operation - ЕКСКЛЮЗИВНА АБО операція.

Standard boxes або стандартні блоки застосовуються для керування двійковими операндами, виконують виявлення границі RLO або виконувати функції переходу в програмі. Стандартні блоки зазвичай володіють лише одним входом.

Complex box або Складні блоки використовуються як елементи програми зі складними функціями. Застосування порожнього блоку – виняток, його можливо використовувати в якості заповнювача, в якому ми можемо вибрати необхідну інструкцію.

Правила під час використання елементів графічної мови FBD:

- мережа побудована на мові FBD може складатися з декількох елементів. Всі елементи логічного шляху повинні бути зв'язані між собою відповідно до стандарту ІЕС 61131-3;
- стандартні блоки (такі як лічильники, тригери, математичні операції, таймери тощо) можуть бути додані в якості вихідних даних до блоків, що використовують двійкові логічні операції (наприклад, OR або AND). Блоки порівняння є виключенням із правила;
- в інструкції з попередніми логічними операціями можуть поєднуватися тільки булеві входи;
- в інструкції з додатковою логічною операцією може поєднуватись тільки нижній булевий вихід;
- можна підключити до блоків увімкнення входу EN або увімкнення виходу ENO, але це є не обов'язковим;
- не можна призначати константи (такі як TRUE або FALSE) двійковим логічним операціям, необхідно використовувати перемінні типу даних BOOL;
- у кожній мережі можна застосувати лише одну jump instruction - інструкцію стрибка;
- у кожній мережі можна використати лише одну jump label - мітку стрибка;
- інструкції щодо виявлення позитивної чи негативної границі RLO

можуть бути розташовані не зліва від мережі, оскільки це вимагає наявності попередньої логічної операції [12, 18, 20].

Structured Control Language або SCL – це мова програмування високого рівня, заснована на мові PASCAL. Мова використовує стандарт DIN EN 61131-3 або міжнародний IEC 1131-3. Цей стандарт використовується для мов програмування для ПЛК. Мова програмування SCL відповідає базовому рівню PLCopen мови Structured text (ST) або структурований текст, прописаному в цьому стандарті [18, 20].

SCL також містить вищі мови програмування на додаток до базових елементів ПЛК, таких як таймери, біти пам'яті входи/виходи:

- Expressions - вирази;
- Value assignments - присвоєння значень;
- Operators - оператори.

SCL використовує зручні вказівки щодо керування циклом програми, дозволяючи, наприклад, створювати гілки, стрибки або цикли програми.

Тому SCL особливо підходить для наступних областей використання:

- Data management - керування даними;
- Recipe management - керування засобами;
- Mathematical/statistical tasks - математичні/статистичні завдання;
- Process optimization - оптимізація процесів.

В залежності від використовуваного оператора доступно наступні типи виразів:

- Arithmetic expressions – арифметичні вирази, які складаються або з числового значення, або поєднують з арифметичними операторами два значення чи вирази;

- Relational expressions - реляційні вирази, що порівнюють значення двох операндів та видають булеве значення. Якщо порівняння відповідає дійсності - результат TRUE, якщо воно не виконане то FALSE;

- Logical expressions – логічні вирази поєднують два операнди із логічними

операторами (типу AND, XOR, OR) або операндами заперечення (NOT).

Результат виразу можна використовувати різними способами, такими як:

- присвоєння значення перемінної;
- параметр для виклику блоку або інструкції;
- умову контрольної інструкції [18, 20].

2.3.5 Дизайн екрану НМІ

Екран НМІ може складатися як із статичних так із динамічних елементів [12, 18, 20]:

- статичні елементи, такі як текст або графічні об'єкти, не можуть змінювати свій статус під час роботи;

- динамічні елементи змінюють свій статус в залежності від процесу. Візуальні поточні значення процесу наступні: з пам'яті PLC; з пам'яті екрану НМІ у вигляді буквено-цифрових дисплеїв, тенденцій та смуг.

Поля вводу/виводу на екрані НМІ також вважаються динамічними об'єктами. Значення процесу та вводи людини-оператора обмінюються між ПЛК та екраном НМІ за допомогою перемінних.

Властивості екрану НМІ. Розмітка екрану визначається особливостями екрану НМІ, який ми будемо налаштовувати, процес повністю відповідає плануванню інтерфейсу користувача цього екрану. Якщо встановлений пристрій має функціональні клавіші, то вони відображаються на екрані НМІ. Інші властивості, такі як роздільна здатність екрану, шрифти та кольори, також опираються на характеристики обраного НМІ.

Function keys або функціональні клавіші – це клавіші на пристрої НМІ, на які можна призначити одну або декілька функцій у WinCC, які спрацьовують, як тільки людина-оператор натискає клавішу на пристрої НМІ.

На Function keys можуть бути призначені глобальні або локальні функції:

- глобальні Function keys завжди запускають одну і ту саму дію, незалежно від поточного екрану, що відображається на НМІ;

– локальні Function keys запускають різні дії в залежності від того, який поточний екран, що відображається на пристрої НМІ. Відповідно, таке призначення буде відноситись лише до екрана, на якому ми визначили Function key.

Ми налаштовуємо навігацію по екрану для того, щоб дозволити людині-оператору викликати екран на пристрої НМІ під час виконання:

– редактор Screen застосовують для налаштування кнопок для виклику інших екранів;

– редактор Global Screen – для налаштування глобально призначених Function keys.

Button – дозволить налаштувати об'єкт, який людина-оператор може використовувати під час виконання будь-якої функції, що можливо налаштувати.

Layout – у вікні інспектора ми можемо налаштувати положення, геометрію, типи шрифту, колір та стиль об'єкта. Можливо адаптувати, зокрема, такі властивості:

– Mode – визначає графічне зображення об'єкта – відображення кнопок призначається у Properties→Properties→General→Mode у вікні Інспектора:

1) Invisible – кнопка не буде відображатись під час виконання;

2) Text – кнопка буде відображатись з текстом в якому пояснюється функція цієї кнопки;

3) Graphic – кнопка буде відображатися із зображенням, яке відображає функцію кнопки;

4) Graphics or text – кнопка буде відображатись із текстом або зображенням. Якщо зображення неможливо відобразити, буде відображається відповідний текст;

5) Graphics and text – кнопка буде відображається із текстом та із зображенням.

– Text/Graphic – визначає, статичним чи динамічним буде графічний вигляд;

– Define hotkey – визначає клавішу або ярлик, при застосуванні якого людина-оператор може активувати кнопку.

Перемінні відображаються графічно за допомогою об'єкта «Bar» або гістограма, що може містити шкалу значень.

В Layout, що розташоване в Inspector window ми можемо налаштувати параметри положення, форми, стилю, кольору та типів шрифтів об'єкта, що проектується. Ми можемо адаптувати, зокрема, такі властивості:

– Color transition – буде показувати на зміну кольорового відображення при перевищенні граничних значень;

– Displaying the limit lines/limit markers – буде відобразити налаштований ліміт як маркер або лінію;

– Define bar segments – дозволяє визначити градації шкали;

– Define scale gradation – дозволяє визначити підрозділи, позначення на шкалі та її інтервали.

Color transition – дозволить визначити, як буде відобразатись зміна кольору у Properties→Properties→Appearance:

– Segmented – якщо сигналом буде досягнуто певне обмеження, смужка буде змінювати колірний сегмент за сегментом.

– Entire bar – якщо сигналом буде досягнуто певного обмеження, вся смужка буде змінювати колір.

Об'єкт I/O field використовують для введення та відображення значень процесу. У вікні інспектора ми можемо налаштувати положення, стиль, форму, тип та колір шрифту об'єкта, що проектується. Можливо редагувати, зокрема, наступні властивості:

– Mode – буде визначати відповідь об'єкта під час виконання процесу;

– Display format – буде визначати формат відображення в I/O field для вводу та виводу значень;

– Hidden input буде визначати, чи буде відображено вхідне значення нормально чи зашифровано під час виводу.

Необхідно пам'ятати, що зазвичай I/O field лише виводять дані, тобто режим Output попередньо встановлено за замовчуванням і властивості для налаштування вводу недоступні, наприклад hidden input.

Mode – відповідь поля вводу-виводу вказується у вікні Інспектора в Properties→General→Type.

– Input – тут значення можливо вводити лише в I/O field під час виконання процесу;

– Input/output – значення можливо вводити та виводити в I/O field під час виконання процесу;

– Output – I/O field використовується лише для виводу значень.

Формат відображення для вводу та виводу значень наведено у Properties→General→Format:

– Binary – ввід та вивід значень у двійковому форматі;

– Date – ввід та вивід інформації про дату, формат буде залежати від налаштування мови на пристрої НМІ;

– Date/time – ввід та вивід інформації про дату та час, формат буде залежати від налаштування мови на пристрої НМІ;

– Decimal – ввід та вивід значень у десятковому форматі;

– Hexadecimal – ввід та вивід значень у шістнадцятковому форматі;

– Time – ввід та вивід часу, формат буде залежати від налаштування мови на пристрої НМІ;

– String – ввід та вивід рядків символів [12, 18, 20].

2.4 Висновки до розділу

В другому розділі виконано моделювання системи керування стрічкою транспортера та роботи асинхронного електроприводу. Отримані в результаті проведеного моделювання САК графіки струму, швидкості, моменту, активної та

номінальної потужностей, модуля потокозачеплення при навантаженні та при різному керуванні наведено в розділі.

Описано програмні засоби для візуалізації стану стрічки транспортера та вантажу, розглянуто типи кодових блоків, поняття перемінних та їх адресація, мови програмування, що використовуються в ТІА Portal та описано особливості побудови екрану НМІ.

3 РОЗРОБКА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ СТАНУ СТРІЧКИ ТРАНСПОРТЕРА З ВАНТАЖЕМ В РЕЖИМІ ONLINE

3.1 Створення технологічного об'єкту асинхронного електродвигуна для стрічки транспортера з вантажем

У процесі виконання процесу моделювання необхідно розробити в середовищі TIA Portal проєкт для ПЛК Simatic S7-1200.

Створити новий проєкт – Create new project та налаштувати у ньому мережеві з'єднання між пристроями – Devices&networks, що будуть використовуватись. Обираємо вкладку Add new device (рис. 3.1), з якої виберемо необхідне нам обладнання [12-18, 20].

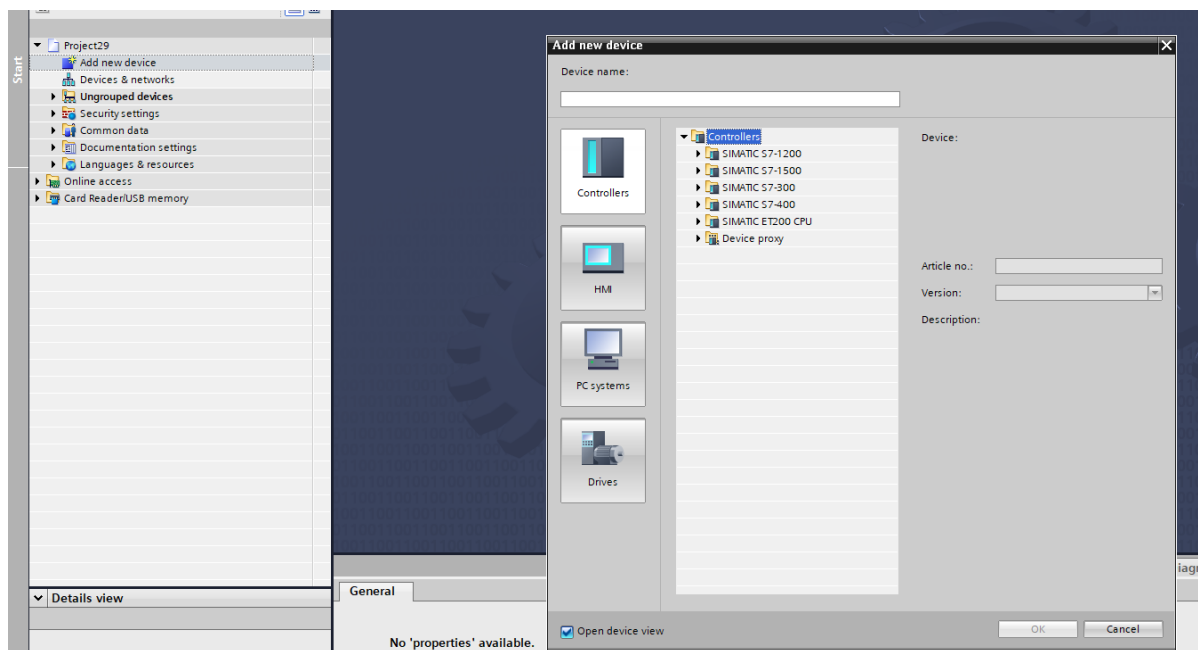


Рисунок 3.1 – Вкладка Add new device

Натискаємо кнопку Controllers із запропонованих програмованих логічних контролерів обираємо встановлений на автоматизованих робочих місцях ПЛК серії 1200, а саме CPU1215DC/DC/DC 6ES7 215-1AG40-0XB0.

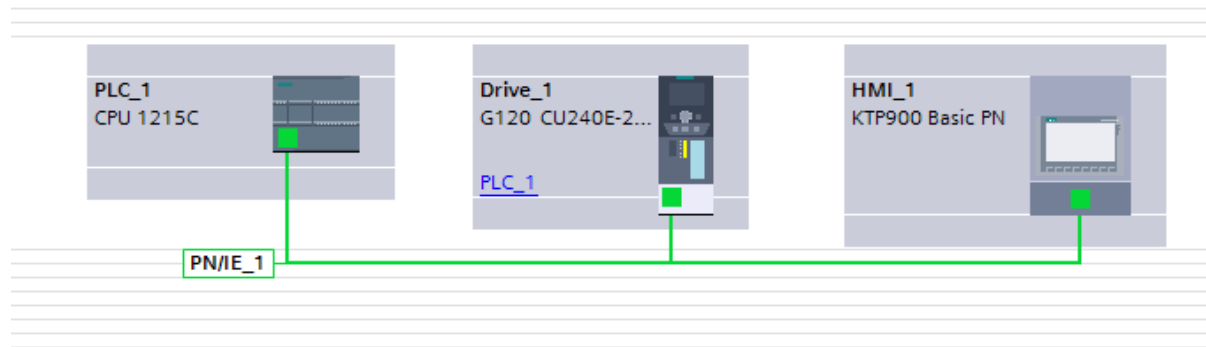


Рисунок 3.2 – Мережеве з'єднання між пристроями Devices&networks

Наступний крок. Обираємо із Catalog→Drives&startets→SINAMICS drives→SINAMICS G120→Control Units→CU240E-2 PN 6SL3244-0BB12-1FA0.

Змінити назву для частотного регулятора відповідно до варіантів Drive_1 та задати для частотного регулятора IP address – 192.168.1.2. Маска шлюзу: 255.255.255.0.

Обираємо із Catalog→HMI→SIMATIC Basic Panel віртуальну панель для керування підключеним обладнанням. Задати для віртуальної панелі IP address – 192.168.1.3. Маска шлюзу: 255.255.255.0.

За допомогою маніпулятора миша виконуємо мережеве з'єднання між пристроями, які ми обрали. Характеристики з'єднання можна подивитись налаштуваннях.

Для спрощення використання технологічних функцій, які можна використовувати з контролером SIMATIC, в середовище програмування TIA Portal було введено те, що називають технологічними об'єктами (Technology objects, TO). У межах цих технологічних об'єктів доступні функції інкапсуюються та надаються створювачеві програми для зручного доступу та зручного використання в середовищі програмування [16, 17].

Зокрема, в області «Керування рухом» ці TO використовують для спрощення керування та обробки осей та додаткових функцій керування рухом та для підтримки користувача у створенні програми користувача із функціоналами керування рухом. Ось чому наголос на цьому документі на

дисплеї ТО із області «Керування рухом».

ТО для керування рухом в SIMATIC має наступні властивості:

- представляє програмний об'єкт у контролері;
- представляє механічні компоненти;
- інкапсулює технологічну функціональність;
- дозволяє рівномірне налаштування та конфігурацію;
- забезпечує просте підключення накопичувачів та кодерів, а також розподіленого введення–виведення;
- містить механічну конфігурацію, моніторинг та обмеження привода та механіки, яка до нього підключена;
- адресація ТО здійснюється за допомогою інструкцій користувача програми PLCopen щодо керування рухом.

Це гарантує просте та стандартизоване використання функцій контролю руху в SIMATIC.

ТО (рис. 3.3) для керування рухом (Motion control) [16, 17]:

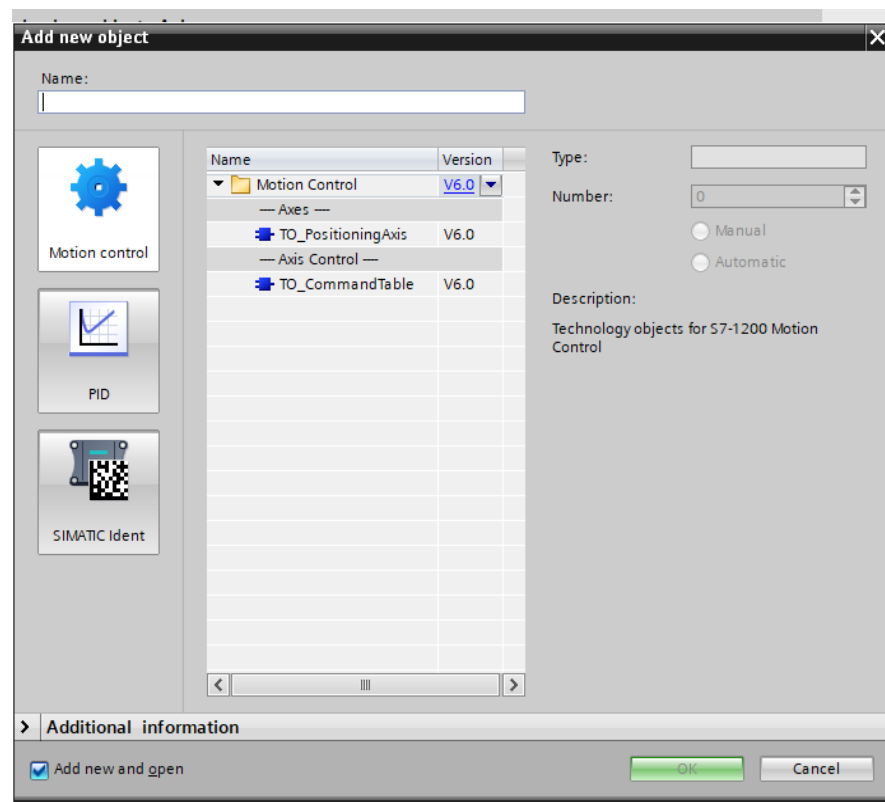


Рисунок 3.3 - Вибір типу ТО для ПЛК S7-1200 для керування рухом осі

– технологічний об'єкт **Позиційна вісь (TO_PositioningAxis)** відображає компонент механічного привода в контролері. Завдяки програмі користувача завдання розміщення можна розміщувати, використовуючи інструкції **PLCopen** керування рухом;

– технологічний об'єкт **Таблиця команд (TO_CommandTable)** дозволяє створювати команди керування рухом та профілі руху в таблиці за допомогою **PLCopen**. Створені профілі застосовуються до фізичного диска з технологічним об'єктом **Вісь** [16, 17, 20].

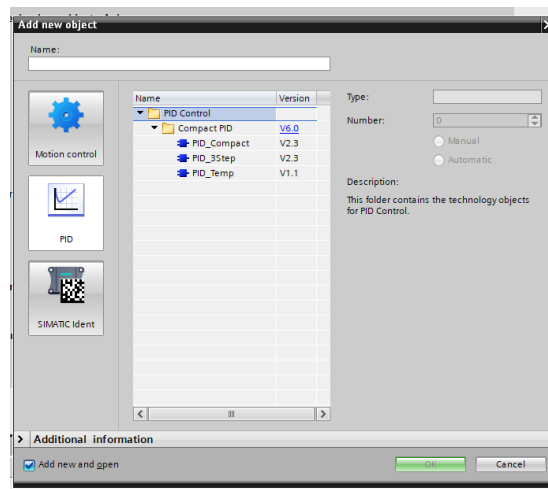


Рисунок 3.4 – Технологічні об'єкти S7-1200 – PID-контроль

ТО для PID-контролю (рис. 3.4):

– універсальний контроль (**PID_Compact**) – технологічний об'єкт **PID_Compact** забезпечує універсальний PID-контроль із інтегрованою оптимізацією. Він відповідає блоку даних екземпляра інструкції **PID_Compact**. Під час виклику інструкції **PID_Compact** цей блок даних також повинен бути переданий. **PID_Compact** включає всі налаштування для певного циклу керування. Коли ви відкриваєте цей ТО, вас підтримує спеціальний редактор для конфігурації елемента керування;

– 3-ступінчасте керування (**PID_3Step**) – технологічний об'єкт **PID_3Step** забезпечує PID-контроль із інтегрованою оптимізацією для клапанів. Він відповідає блоку даних екземпляра інструкції **PID_3Step**. Під час виклику

інструкції PID_3Step цей блок даних також повинен бути переданий. PID_3Step включає всі налаштування для певного циклу керування. Коли ви відкриваєте цей ТО, вас підтримує спеціальний редактор для конфігурації елемента керування;

– контроль температури (PID_Temp) – технологічний об'єкт PID_Temp забезпечує безперервний PID-контроль із інтегрованою оптимізацією. PID_Temp спеціально розроблений для контролю температури. Для цього доступні два виходи, один для опалення та один для охолодження. ТО відповідає блоку даних екземпляра інструкції PID_Temp. Під час виклику інструкції PID_Temp цей блок даних також повинен бути переданий. PID_Temp включає всі налаштування для певного циклу керування. Коли ви відкриваєте цей ТО, вас підтримує спеціальний редактор для конфігурації елемента керування.

У вікні конфігурації «Drive» виконується необхідне налаштування генератору імпульсів, а також вмикання приводу та зворотній зв'язок із ним (рис. 3.5).

Обираємо в якості приводу для стрічки транспортера Drive→PROFIdrive, привод підключено через PROFINET/PROFIBUS. Зв'язок між контролером та приводом здійснюється за допомогою телеграм PROFIdrive, одиниці вимірювання Position unit→mm, моделювання Simulation→No simulation [16-18].

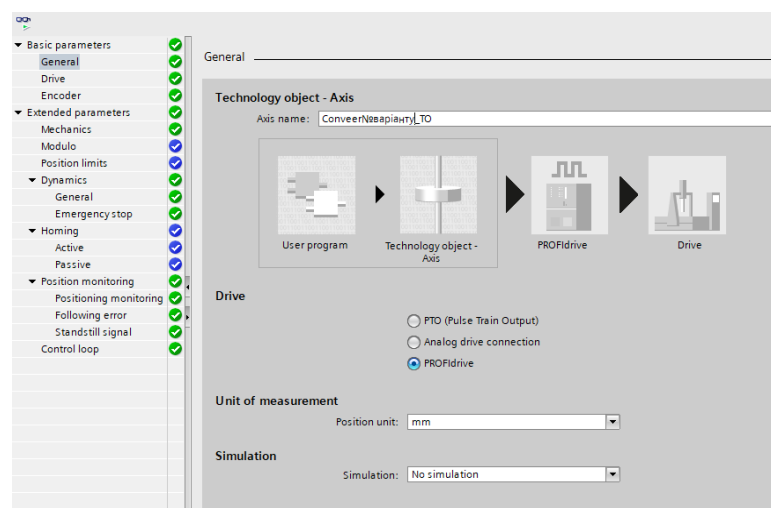


Рисунок 3.5 – Створення нового ТО асинхронного двигуна

Далі налаштуємо частотний регулятор для керування асинхронним двигуном. У вікні конфігурації Drive налаштуємо з'єднання для передачі даних та параметри накопичувача PROFIdrive.

Привод PROFIdrive (у 6 версії програмного забезпечення):

- Data connection – у списку, що випадає, обираємо, чи потрібно підключати дані безпосередньо за допомогою приводного пристрою або за допомогою редагованого блоку даних у програмі користувача;
- Drive – у полі привод обираємо уже налаштований PROFIdrive;
- блок даних (для з'єднання даних Data block) – обираємо раніше створений блок даних, який містить змінну структуру типу даних PD_TELx («x» означає номер телеграми, який буде використовуватись).

Обмін даними з приводом (Data exchange with the drive) – у цій області ми налаштуємо обмін даними між приводом і контролером. Телеграма привода (Drive telegram) (для підключення даних: Data block не можна вибрати).

У списку, що випадає, перевіряємо або обираємо телеграму привода. Специфікація повинна відповідати конфігурації пристрою накопичувача:

- Input/output address – поля показують символічну та абсолютну вхідну та вихідну адреси телеграми;
- Invert drive direction – щоб змінити напрям обертання привода, поставите прапорець (рис. 3.6);
- Automatic transfer of drive parameters in the device – необхідно встановити прапорець, якщо ми хочемо, щоб параметри накопичувача Reference speed та Maximum speed передавались як значення з конфігурації накопичувача на CPU. Параметри накопичувача передаються з шини після (повторної) ініціалізації TO та (повторного) запуску накопичувачів та центрального процесора [16-18].

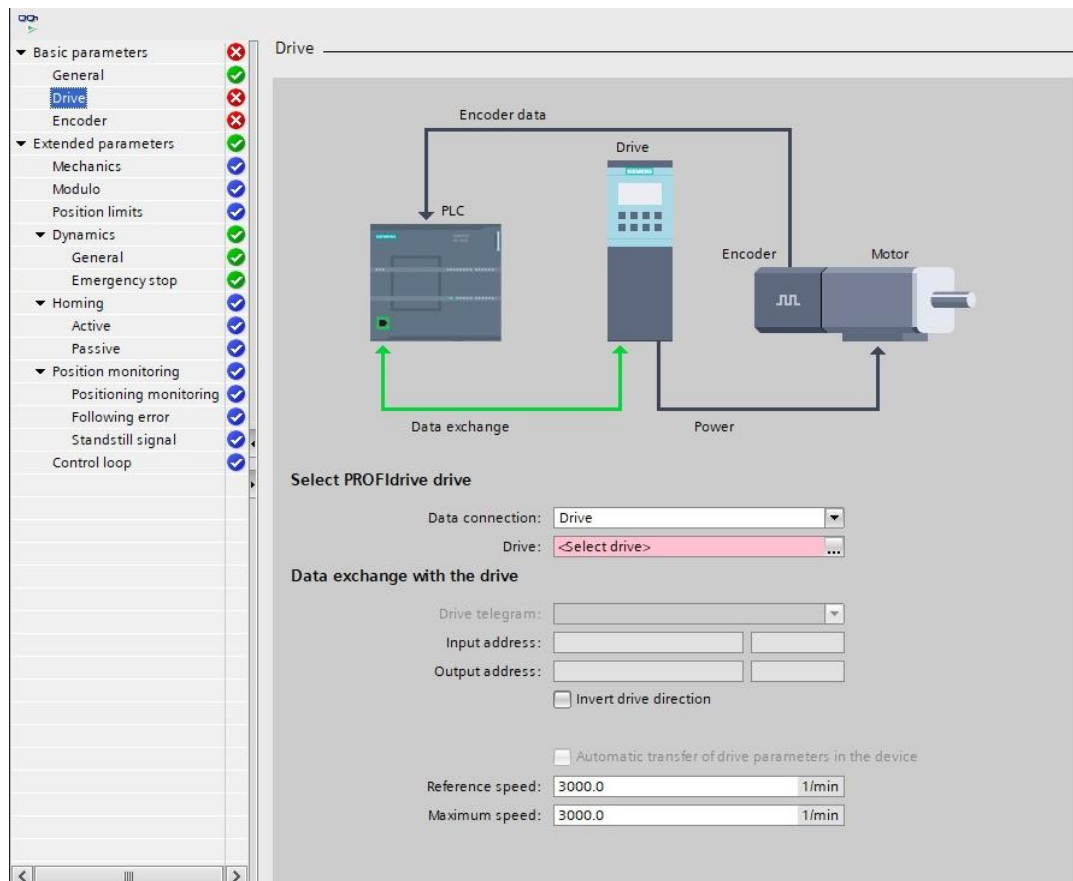


Рисунок 3.6 – Налаштування частотного регулятора SINAMICS G120

Крім того, потрібно синхронізувати наступні параметри вручну:

- Reference speed – налаштовуємо рекомендовану швидкість, щоб вона відповідала швидкості в конфігурації привода. На шині передається значення 16#4000, наприклад, що відповідає 100 % рекомендованої швидкості;
- Maximum speed – це налаштування максимальної швидкості привода в цьому полі. Максимальна швидкість отримується із конфігурації самого привода, тому по шині може передаватися максимум від мінус 200 % до +200 % рекомендованої швидкості. Таким чином, максимальна швидкість може бути вдвічі більшою за рекомендовану швидкість.

Select PROFIdrive drive→Data connection з спадного меню обираємо Drive, Select PROFIdrive drive→Drive потім обираємо Drive_1.

Data exchange with the drive→Drive telegram з меню, що випадає, обираємо DP_TEL1_STANDART. Програма автоматично підтягує потрібні значення

величин:

- Data exchange with the drive→Input address→Axis_1_Drive_IN→%I256.0;
- Data exchange with the drive→Output address→Axis_1_Drive_OUT→%Q256.0.

Якщо ми встановимо галочку у вікні Invert drive direction то програма інвертує напрям руху обертання валу двигуна. Максимальна швидкість руху валу двигуна залежить від обладнання та вказується на рівні 3000 хв^{-1} автоматично.

Тепер виконаємо налаштування encoder (рис. 3.7) – високошвидкісного лічильника (encoder on high-speed counter – HSC) [16-18].

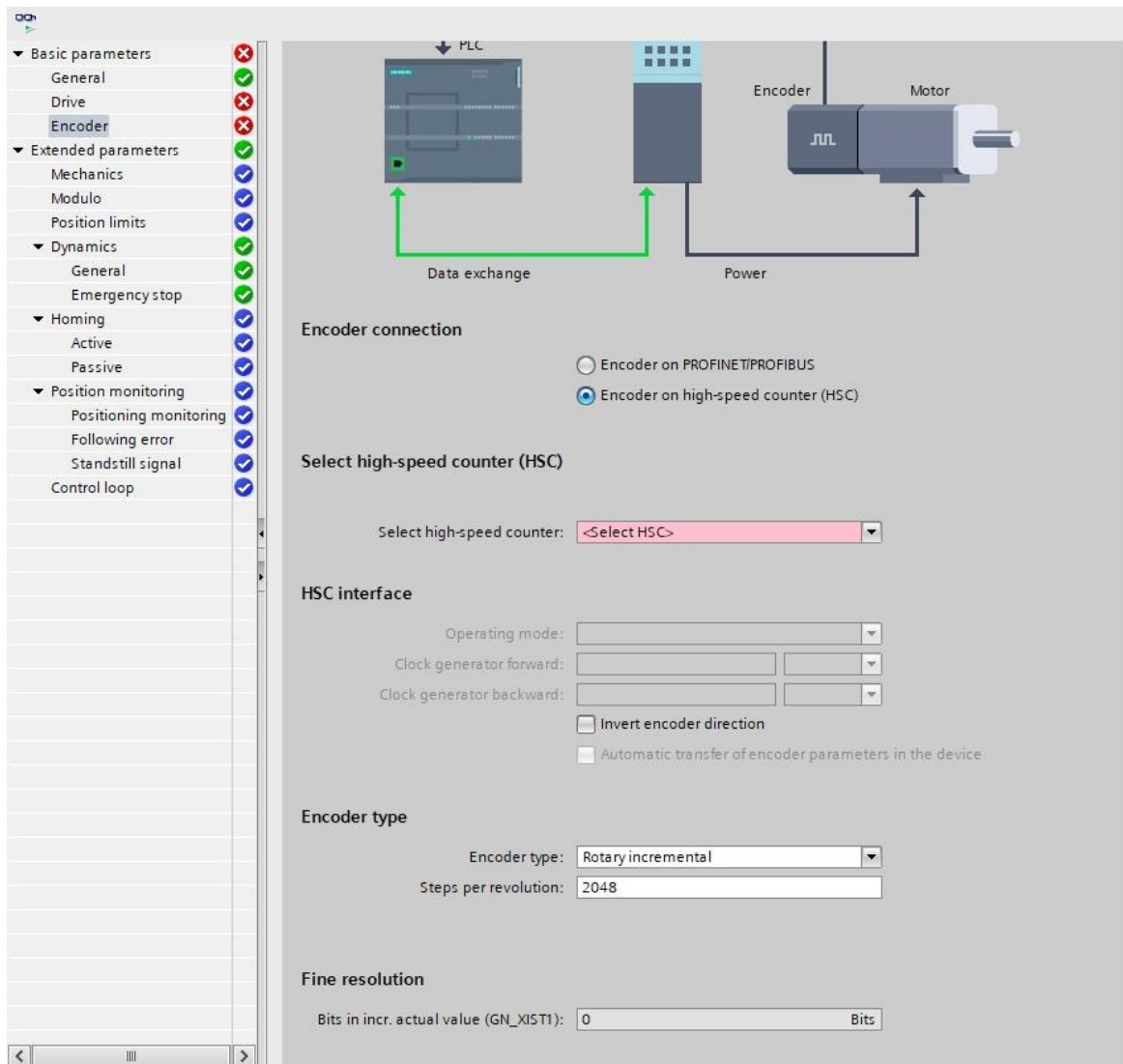


Рисунок 3.7 – Налаштування високошвидкісного лічильника

У полі Select high-speed counter (рис. 3.7) вибираємо високошвидкісний лічильник, на який кодер передає фактичне значення [18, 20].

Перевіряємо час фільтрації двох високошвидкісних цифрових входів, що будуть застосовуватись тому, що час фільтрації повинен бути досить коротким для забезпечення надійного запису імпульсів.

Інтерфейс HSC. У вікні Режим роботи (Operating mode) обираємо режими роботи нашого високошвидкісного лічильника.

Режими роботи кодерів:

а) режим роботи лічильника A/B або лічильник A/B із фазовим зсувом на чверть (A/B counter / A/B counter quadruple):

– генератор годинника A (Clock generator A) – у цьому полі обираємо вхід для сигналів фази A. Ми може обирати вхід, використовуючи символну адресу, або призначити йому абсолютну адресу. Частота та місце розташування (на борту чи сигнальна плата) входу відображаються поруч із адресним вікном;

– генератор годинника B (Clock generator B) – у цьому полі аналогічно обираємо вхід для сигналів фази B. Решта налаштувань аналогічна.

Інвертувати напрям енкодера (Invert encoder direction) – для того, щоб інвертувати фактичне значення енкодера, необхідно встановити відповідну галочку.

б) двофазний режим роботи (Two-phase):

– генератор годинника з рухом вперед (Clock generator forward) – у цьому полі обираємо вхід для підрахунку. Ми можемо обрати вхід, використовуючи символну адресу, або призначити йому абсолютну адресу;

– генератор годинника з рухом назад (Clock generator backward) – у цьому полі виберіть вхід для зворотного відліку.

Автоматична передача параметрів енкодера в пристрій – ця функція неможлива якщо використовуються енкодери на високошвидкісних лічильниках (HSC).

Encoder type – в полі тип енкодера необхідно виконати вибір типу

енкодеру.

Доступні для вибору такі типи енкодерів [16-18, 20]:

а) Linear incremental:

– відстань між двома кроками (Distance between two increments) – у цьому полі ми встановлюємо відстань між двома кроками енкодера;

– точна роздільна здатність (Fine resolution) – біти включені фактичне значення (Gn_XIST1). У цьому полі вказується кількість бітів для тонкої роздільної здатності в межах додаткового фактичного значення (Gn_XIST1).

б) Rotary incremental:

– кроки за один оберт (Steps per revolution) – у цьому полі встановлюється кількість кроків, які кодер рахує за оборот;

– точна роздільна здатність (Fine resolution) – у цьому полі налаштуйте кількість бітів для тонкої роздільної здатності в межах додаткового фактичного значення (Gn_XIST1).

Encoder connection → Encoder on high-speed counter (HSC), відповідно далі обираємо Select high-speed counter (HSC) → HSC_1.

Для нашого завдання HSC interface заповниться автоматично:

– Operation mode → A/B counter;

– Clock generator A → HSC_1_A → %I0.0;

– Clock generator B → HSC_1_B → %I0.1.

Якщо ми встановимо відповідну галочку у вікні Invert encoder direction то програма інвертує напрям обрахунку обертання валу асинхронного двигуна.

– Encoder type → Rotary incremental;

– Steps per revolution → 1000;

– Fine resolution → Bits in incr. actual value (GN_XIST1) → 0 bits.

Далі будемо виконувати налаштування розширених параметрів – механічні властивості асинхронного електродвигуна та його енкодера виконуються у вікні конфігурації Mechanics, рис. 3.8.

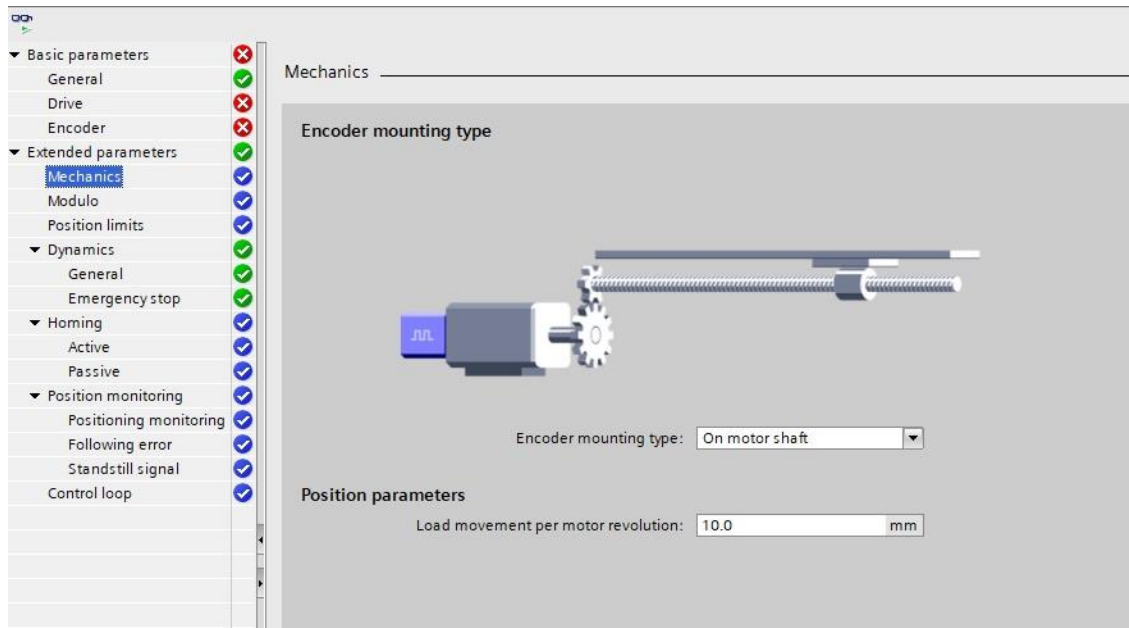


Рисунок 3.8 – Налаштування механічних розширених параметрів

Encoder mounting type – у списку, що випадає, обираємо спосіб розташування на технологічній лінії.

Можливі наступні типи розташування енкодера [18, 20]:

- On motor shaft – зовнішня вимірювальна система (лише для поворотних енкодерів).

Load motion per motor revolution – у цьому полі виконуємо налаштування відстані навантаження для одного оберту асинхронного двигуна.

- Position parameters – залежно від типу, встановлення енкодера, що ми обрали, налаштуємо наступні параметри положення:

- Load motion per motor revolution – у цьому полі встановлюємо відстань навантаження для одного оберту двигуна;

- Distance per encoder revolution – у цьому полі необхідно налаштувати відстань, що реєструється зовнішньою вимірювальною системою за кожний оберт енкодера.

Виберемо Encoder mounting type з вікна, що випадає → External measuring system.

Position parameters → Load movement per motor revolution → 8.4 mm.

Load movement per encoder revolution → 336.0 mm.

Modulo (лише при підключенні через PROFIdrive для аналогового приводу) – будемо застосовувати параметр Modulo (рис. 3.9), якщо є необхідність обмеження діапазон руху до періодичної відстані на основі довжини продукту або ж циклу продукту. Функція Modulo буде застосовуватись лише при контрольованому положенні центральної осі. Коли функція Modulo запущена, значення положення ТО буде відображатись за допомогою періодичного діапазону модулів, який в свою чергу визначається початковим значенням та довжиною [18, 20].

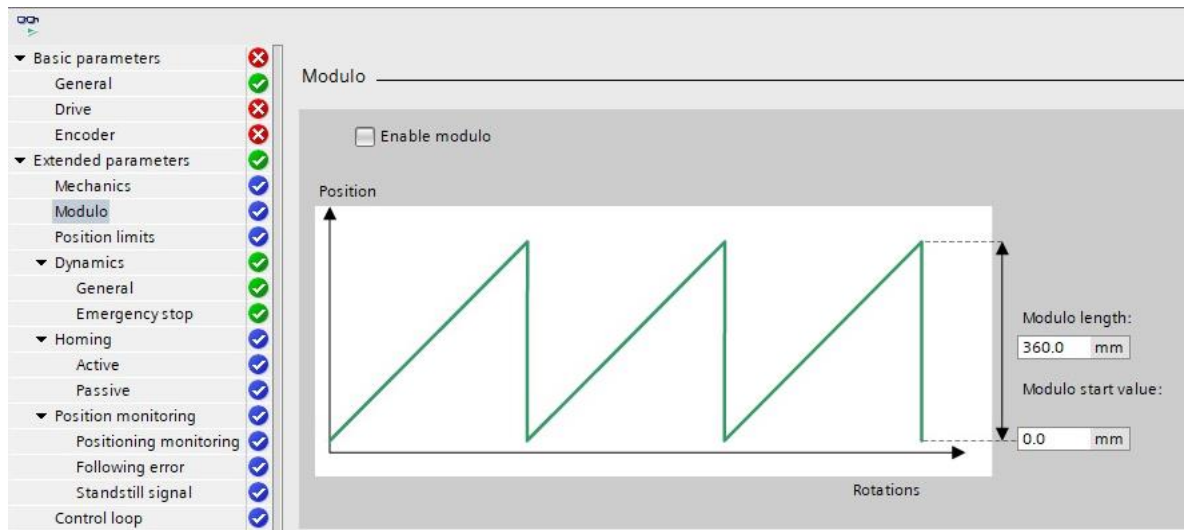


Рисунок 3.9 – Налаштування розширених параметрів функції Modulo

Наприклад, для того, щоб виконати обмеження значення положення осі одним повним обертом, діапазон модулів можна визначити з початкового значення – 0° та довжини – 360° . Якщо роздільна здатність енкодера, наприклад, $0,1^\circ$ на кожен крок енкодера значення положення буде відображатися в діапазоні модулів від $0,0^\circ$ до $359,9^\circ$. Якщо центральна ось у цьому випадку буде виконувати рух до положення – 400° , досягається фактичне положення – 40° (400° до 360°).

Коли активована функція Modulo, необхідно задати напрямок руху в

інструкції керування рухом MC_MoveAbsolute із вхідним параметром Direction. Доступні наступні стандартні значення параметрів:

- 0 – швидкість (параметр Velocity) визначає напрямок руху;
- 1 – до заданого положення рух виконується по позитивному напрямку;
- 2 – до заданого положення рух виконується по негативному напрямку;
- 3 – починаючи із поточного положення осі, програма вибирає найкоротшу відстань до вказаного положення.

Для того, щоб активувати функцію (Enable modulo) – треба встановити прапорець Enable modulo, щоб застосувати систему відліку для осі, яка буде повторюватись (наприклад, від $0,0^\circ$ до $359,9^\circ$), рис. 3.10 [18, 20].

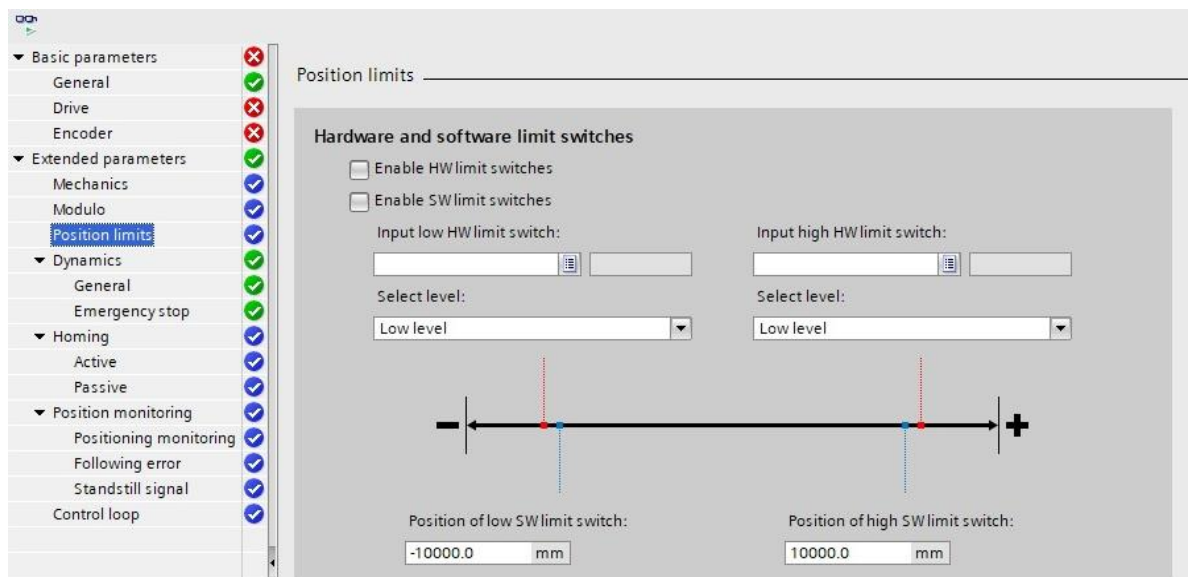


Рисунок 3.10 – Налаштування границь положення ТО

Початкове значення за модулем (Modulo start value) – у цьому полі вказується положення, із якого почнеться діапазон модулів (наприклад, 0°).

Довжина за модулем (Modulo length) – у цьому полі необхідно вказати довжину всього модульного діапазону (наприклад, 360°). Якщо не встановити галочку у вікні Enable modulo то функція не буде застосовуватись.

Position limits – використовують для налаштування меж положення об'єкта на стрічкових транспортерах, галочки не встановлюються.

HW limit switchers – ця функція активує використання нижнього та

верхнього апаратних вимикачів. Апаратні кінцеві вимикачі можуть застосовуватись для задач реверсування напрямку під час процедури самонаведення.

SW limit switchers – ця функцію активує використання нижнього та верхнього кінцевих вимикачів програмного забезпечення [16, 17].

Відповідно активовані програмні кінцеві вимикачі діють тільки при самонаведеній осі.

Застосування вхідного нижнього/верхнього граничного вимикача (Input HW low/high limit switch). Обираємо цифровий вхід для апаратного нижнього або верхнього граничного вимикача зі списку, що випадає (рис. 3.11).

Введення осей відбору потужності повинне використовуватись із можливістю миттєвого переривання. Ви досягнете найкоротшого часу відгуку при застосуванні входів, що підтримують переривання, з підключенням через з'єднання PROFIdrive/аналоговий привод накопичувача.

Цифрові входи центрального процесора або підключеної сигнальної плати можуть застосовуватись як входи з можливістю переривання для кінцевих вимикачів HW. За замовчуванням для цифрових входів програмно встановлюється час фільтрації 6,4 мс. Якщо їх використовувати як апаратні кінцеві вимикачі, можуть виникнути небажані сповільнення, що призведе до зменшення часу фільтрації для відповідних цифрових входів.

В розділі Input filter можна встановити час фільтра у конфігурації пристрою цифрових входів. У списку, що випадає, обираємо рівень сигналу, доступний на центральному процесорі, коли наближається апаратний обмежувач:

- «Низький рівень» (нормально замкнутий контакт)/Low level (normally closed contact) – 0 В (або стан FALSE) рівень сигналу на вході центрального процесора відповідає апаратному кінцевому вимикачу;

- Високий рівень (нормально відкритий контакт)/High level (normally open contact) – 5 В/24 В (або стан TRUE) на вході процесору – наближений апаратний

кінцевий вимикач (фактична напруга залежить від обладнання, що підключено).

Software high/ low limit switch – тут необхідно вказати значення положення нижнього та верхнього кінцевих вимикачів програмного забезпечення у ці поля.

Границі (незалежно від обраної одиниці вимірювання) [18]:

- $1,0e12 \leq$ верхній граничний вимикач програмного забезпечення $\leq 1,0e12$;
- $1,0e12 \leq$ нижній граничний вимикач програмного забезпечення $\leq 1,0e12$.

Значення для верхнього граничного вимикача програмного забезпечення повинно бути вищим або рівним значенню програмного нижнього граничного вимикача.

У вкладці динамічні параметри (Dynamics) – необхідно виконати налаштування швидкості запуску/зупинки, максимальної швидкості, прискорення та сповільнення та границі поштовху (позиціонування осі ТО у версії 2.0) осі (рис. 3.11) [16, 17].

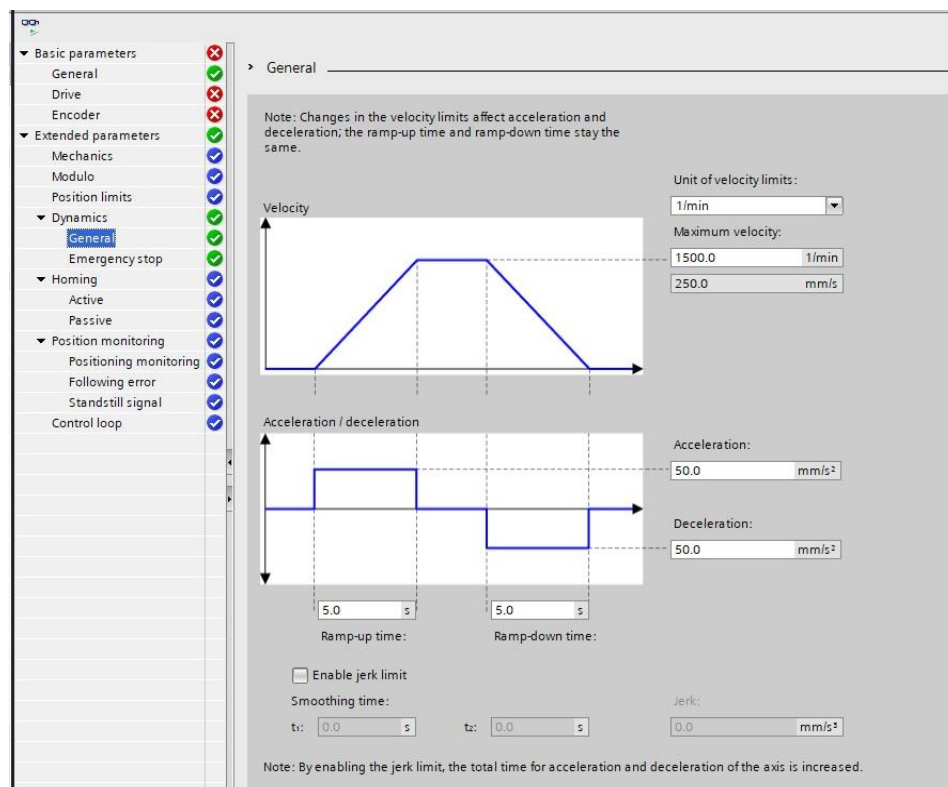


Рисунок 3.11 – Налаштування головних динамічних параметрів у вкладці Dynamics

Одиниця обмеження швидкості Unit of velocity limits – у списку, що випадає, обираємо одиницю вимірювання, за допомогою якої потрібно встановити необхідне обмеження швидкості. Набір одиниць тут залежить від одиниці вимірювання, яку потрібно встановити в розділі Configuration→Basic parameters→General, і використовується тільки для спрощення введення. Це забезпечує можливість ввести максимальну швидкість як значення швидкості двигуна в об/хв (див. рис. 3.11). Проте, необхідно враховувати помилку округлення. Якщо ми обираємо іншу одиницю в списку Unit of velocity limitation, ніж у Configuration→Basic parameters→General, може статися помилка округлення [16, 17].

Встановлення значень Maximum velocity/Start/stop velocity (Максимальна швидкість/швидкість запуску/зупинки) - вкажіть максимально швидкість запуску/зупинки осі та допустиму швидкість. Швидкість запуску/зупинки є мінімально допустимою швидкістю для осі та може бути налаштована лише для приводного з'єднання через Pulse Train Output (PTO) [16, 17].

При підключенні електроприводу через PROFIdrive або аналоговий вихід швидкість запуску/зупинки буде фіксуватись на нулі. Максимальна швидкість при підключенні електроприводу через PROFdrive або аналоговий вихід становить $1,0e12$ вибраної одиниці вимірювання (наприклад, об/хв, мм/с, °/с, ...).

Acceleration/Deceleration – Ramp-up time/Ramp-down time (Час нарощування/Час зменшення) – в цій вкладці необхідно встановити бажане прискорення у вікнах Ramp-up time або Acceleration, відповідно, бажане сповільнення встановлюється у вікнах Ramp-down time або Deceleration.

Співвідношення між часом нарощування та прискоренням та часом зменшення та сповільненням наведені в наступних виразах:

$$Ramp - upTime = \frac{MaximumVelocity - Start / stopVelocity}{Acceleration}; \quad (3.1)$$

$$\text{Ramp - downTime} = \frac{\text{MaximumVelocity} - \text{Start / stopVelocity}}{\text{Deceleration}}. \quad (3.2)$$

Задачі пов'язані із рухом та запуском в програмі користувача, виконуються із обраним прискоренням/сповільненням. Саме тому будь-які зміни меж швидкості (start/stop velocity та maximum velocity) впливають на значення прискорення та сповільнення центральної осі, час нарощування та зниження зберігається без змін [18].

Jerk limit – для того, щоб ввімкнути обмеження поштовху позиціонуючи осі ТО (у версії програмного забезпечення 2) необхідно встановити відповідний прапорець. Прискорення та сповільнення центральної осі не відбувається різко, коли активовано обмеження поштовху; воно акуратно регулюється відповідно до встановленого кроку або часу згладжування. Починаючи із 4 версії програмного забезпечення, прапорець більше не відображається як параметр у блоці даних технології, тому при знятті прапорця, значення поштовху встановлюється на 0,0.

Rounding time/jerk, positioning axis technology object – налаштування часу округлення/поштовху, позиціонування осі ТО (у версії 2.0). Потрібно встановити бажаний поштовх для прискорення та сповільнення у вікні Jerk, а бажаний час згладжування для рампи прискорення вказуємо у полі Smoothing time. Час згладжування, для версії програмного забезпечення версій 2.0-3.0, буде видимий у конфігурації та буде відноситись лише для рампи прискорення. Якщо значення прискорення та сповільнення різняться, час згладжування для рампи сповільнення обчислюється відповідно до поштовху для рампи прискорення.

Час згладжування сповільнення адаптується наступним чином [18]:

- Acceleration > deceleration – час згладжування для рампи сповільнення, менший, ніж для рампи прискорення;
- Acceleration < deceleration – час згладжування для рампи сповільнення, більший, ніж для рампи прискорення;
- Acceleration = deceleration – час згладжування для рампи прискорення та

для рампи сповільнення рівні.

Задачі руху, запущені в програмі користувача, виконуються із вибраним поштовхом. Для накопичувачів PROFIdrive та накопичувачів із аналоговим інтерфейсом електропривода обмеження становить $1e12$.

У вкладці Velocity необхідно ввести наступні значення:

- Unit of velocity limits → mm/s;
- Maximum velocity → 500 mm/s.

У вкладці Acceleration/deceleration вводимо наступні значення:

- acceleration → 250,0 mm/s²;
- deceleration → 250,0 mm/s².

Після цього програма автоматично змінить ramp-up/ramp-down time.

Налаштування сповільнення аварійної зупинки осі виконується у вікні конфігурації Dynamics → emergency stop, рис. 3.12. У разі помилки та при відключенні центральної осі, вона буде зупинятись із цим сповільненням, використовуючи інструкцію керування рухом MC_Power (вхідний параметр StopMode=0 або StopMode=2) [18].

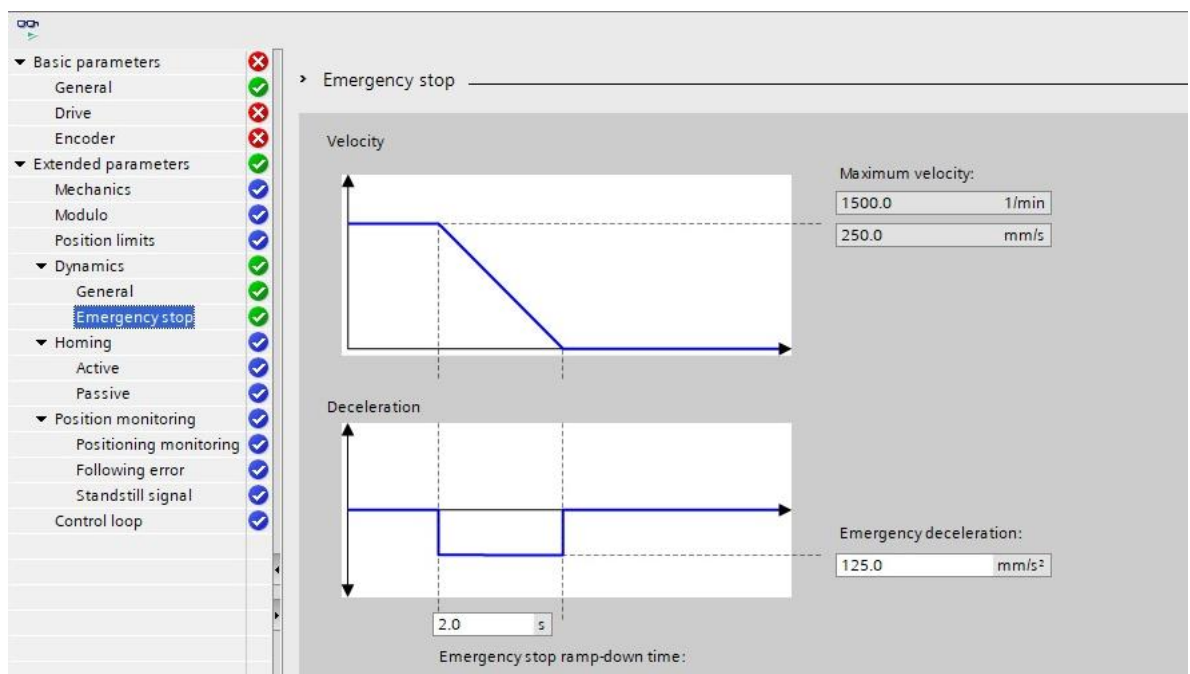


Рисунок 3.12 – Налаштування параметра Dynamics → Emergency stop

Параметр Velocity або значення швидкості, налаштовані у вікні конфігурації General dynamics, також відображаються в цій інформаційній області.

Параметр Deceleration – необхідно вказати значення сповільнення для аварійної зупинки в полі Emergency deceleration або вказати Emergency stop ramp-down time. Співвідношення між часом зниження швидкості аварійної зупинки та аварійним сповільненням наведено в наступному рівнянні:

$$\frac{EmergencyStop}{Ramp-downTime} = \frac{MaximumVelocity - Start / stopVelocity}{EmergencyDeceleration}. \quad (3.3)$$

Вказане аварійне сповільнення повинно бути достатнім для своєчасного зупинення центральної осі у випадку виникнення будь-якої аварійної ситуації (наприклад, коли наближається апаратний кінцевий вимикач до досягнення механічної кінцевої зупинки). Налаштована максимальна швидкість центральної осі повинна бути використана як основа для вибору аварійного сповільнення.

Встановлюємо наступні значення [18]:

Velocity: Maximum velocity → 500,0 mm/s;

Deceleration: emergency deceleration → 250 mm/s².

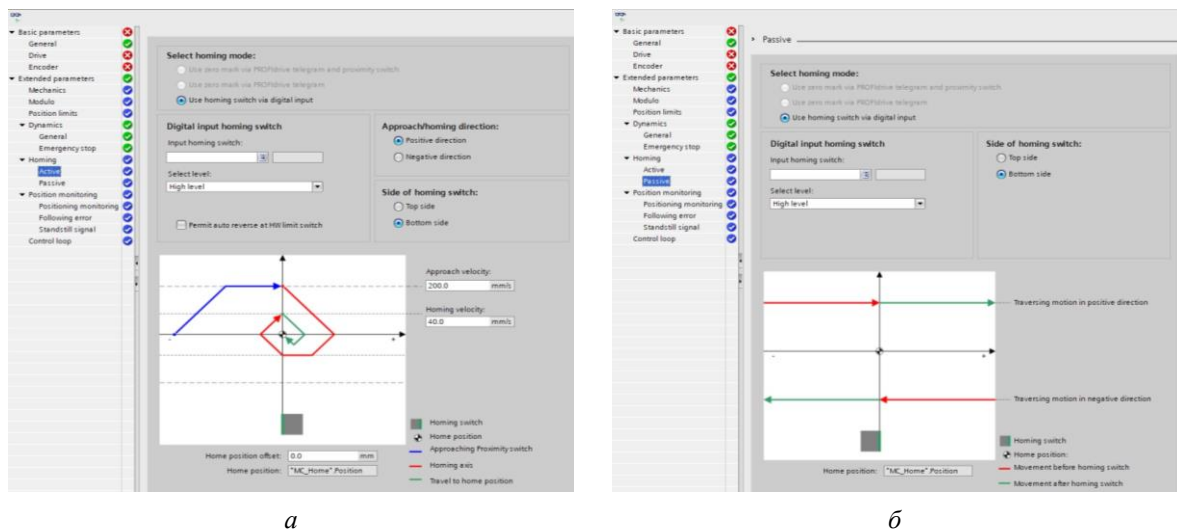
Відповідно до введених значень програма автоматично змінить emergency stop ramp-down time.

Вкладка homing або «самонаведення» тут виконуємо налаштування необхідних параметрів для активного самонаведення в вікні конфігурації Active homing, рис. 3.13, а. Активне самонаведення виконується за допомогою інструкції керування рухом MC_Home із вхідним параметром Режим (Mode = 3).

Необхідно обирати режим самонаведення (тільки при підключенні через PROFIdrive версії 5 або вище), з наступних відомих режимів:

– нульову позначку за допомогою застосування телеграми PROFIdrive та наближеного перемикача;

- нульову позначку через застосування телеграми PROFIdrive;
- позначку самонаведення через застосування цифрового входу.



a – активне; *б* – пасивне

Рисунок 3.13 – Налаштування самонаведення транспортера:

Якщо ми обираємо приводне з'єднання через РТО або аналоговий вихід із використанням HSC в якості енкодера, єдиним доступним режимом самонаведення є Use homing mark via digital input.

Digital inputs – у цій області ми налаштуємо перемикач самонаведення:

- Input homing switch – у цьому полі вибираємо цифровий вхід для перемикача самонаведення. Як вже вказувалось раніше, для цифрових входів встановлено час фільтрації 6,4 мс.

Коли цифрові входи застосовують в якості перемикачів самонаведення, це може спричинити небажане сповільнення і, відповідно неточності. Час фільтра можна встановити в розділі Input filter у конфігурації пристрою цифрових входів. Вказаний час фільтрації повинен бути меншим за тривалість вхідного сигналу на перемикачі самонаведення.

Для підключення асинхронного електроприводу через РТО [16, 17]:

- вхід повинен мати можливість переривання. Входи CPU та входи встановленої сигнальної плати можуть бути обрані в якості входів для перемикача самонаведення;

- Select level – у списку, що випадає, обираємо рівень перемикача самонаведення, який буде використовуватися для самонаведення;

- HW limit switch – якщо встановити прапорець, щоб застосовувати апаратний кінцевий вимикач в якості реверсивного кулачка для процедури самонаведення. Апаратні кінцеві вимикачі повинні бути ввімкненими для реверсування напрямку (для цього повинен бути налаштований хоча б апаратний кінцевий вимикач у напрямку наближення).

Якщо апаратний кінцевий вимикач буде досягнуто під час виконання активного самонаведення, ось буде гальмувати за встановленого сповільнення (але не із сповільненням аварійної зупинки) та змінить напрямок руху.

Якщо ж реверс напрямку не активовано, і ось досягає апаратного кінцевого вимикача під час виконання активного самонаведення, процедура самонаведення буде перервана із помилкою, і ось зупиниться при сповільненні саме аварійної зупинки. Якщо можливо, необхідно використати один із наступних заходів, щоб переконатись, що машина не буде рухатись до механічної кінцевої зупинки у разі зміни напрямку:

- витримуйте невисоку швидкість заходу;
- збільшити відстань між апаратним кінцевим вимикачем та механічним кінцевим упором;
- підвищити налаштоване прискорення/сповільнення.

Approach/homing direction – за допомогою вибору напрямку, ми знайдемо напрямок наближення, який використовується під час виконання активного самонаведення, для пошуку перемикача самонаведення, а також визначення його напрямку. Напрямок самонаведення однозначно визначає напрямок руху, який ось використовує для наближення до використовуваного кінця перемикача самонаведення для виконання операції самонаведення.

Side of homing switch – необхідно вказати, чи потрібно осі розміщувати на нижній або верхній стороні перемикача самонаведення.

Approach velocity – у цьому полі потрібно ввести значення швидкості, з

якою слід шукати перемикач самонаведення під час виконання процедури активного самонаведення.

Границі (не залежать від обраної одиниці вимірювання):

– Start/stop velocity ≤ approach velocity ≤ maximum velocity;

– Homing velocity – у цьому полі потрібно ввести швидкість, із якою слід перейти до перемикача самонаведення для виконання активного самонаведення;

Границі (не залежать від обраної одиниці вимірювання):

– Start/stop velocity ≤ Homing velocity ≤ Maximum velocity;

– Home position offset – якщо потрібне початкове положення є відмінним від положення перемикача самонаведення, у цьому полі необхідно вказати зміщення для початкового положення.

Якщо значення зміщення для початкового положення не дорівнює 0, ось виконає наступні дії після операції самонаведення на перемикачі самонаведення:

- перемістити ось на величину зміщення вихідного положення зі швидкістю самонаведення;

- після досягнення home position offset ось знаходиться у вихідному положенні, яке було вказано у вхідному параметрі Position інструкції «MC_Home» для керування рухом.

Границі (не залежать від обраної одиниці вимірювання):

– $-1,0e12 \leq \text{зміщення вихідного положення} \leq 1,0e12$.

Home position – положення, налаштоване в інструкції керування рухом MC_Home і буде застосовуватись в якості вихідного положення.

Налаштування необхідних параметрів для пасивного самонаведення у вікні конфігурування Homing – Passive (див. рис. 3.13, б).

При створенні програми ми повинні ініціювати рух для пасивного самонаведення (наприклад, використовуючи команду руху по осі). Пасивне самонаведення виконується із вхідним параметром Mode=2 за допомогою інструкції керування рухом MC_Home [18, 20].

Виберіть режим самонаведення (тільки при підключенні через PROFIdrive

версії 5 або вище) із наступних стандартних режимів пасивного самонаведення:

– використання нульової позначки за допомогою наближеного перемикача та телеграми PROFIdrive – система перевірить, коли буде досягнуто перемикача наближення. Після досягнення перемикача наближення, його знову залишають у визначеному напрямку пасивного самонаведення, виявлення нульової позначки вмикається за допомогою телеграми PROFIdrive. Коли ж нульова позначка буде досягнута в попередньо обраному напрямку, тоді фактичне положення ТО буде встановлено в положення початкової позначки;

– використання нульової позначки через телеграму PROFIdrive – система може виявити нульові позначки, як тільки фактичне положення ТО рухається у визначеному напрямку пасивного самонаведення. Коли нульова позначка буде досягнута у вказаному напрямку пасивного самонаведення, фактичне положення ТО буде встановлено на положення самонаведення;

– використання позначки самонаведення за допомогою цифрового входу – система перевірятиме стан цифрового входу, як тільки фактичне значення осі або енкодера буде здійснювати рух у призначеному напрямку пасивного самонаведення. Коли буде досягнуто позначку пасивного самонаведення (через налаштування цифрового входу) у вказаному напрямку пасивного самонаведення, фактичне положення ТО буде встановлено на положення позначки пасивного самонаведення.

Якщо ви вибрали з'єднання електроприводу через РТО то за замовчуванням буде застосовуватись мітка пасивного самонаведення за допомогою цифрового входу [16, 17].

Digital inputs – у цій області необхідно виконати налаштування перемикача пасивного самонаведення:

– Input homing switch – у цьому полі обираємо цифровий вхід для перемикача пасивного самонаведення. Вхід повинен бути із можливістю переривання. Входи вставленої сигнальної плати та входи центрального CPU можуть бути обрані в якості входів для перемикача пасивного самонаведення.

Загально відомо, що за замовчуванням для цифрових входів встановлено час фільтрації в розмірі 6,4 мс. Коли цифрові входи використовуються в якості перемикача самонаведення, це може спричинити небажане сповільнення і, отже, неточності позиціонування. В залежності від швидкості самонаведення та ступеня перемикача пасивного самонаведення, вихідне положення може бути не встановлено. Час фільтру можна вказати в розділі Input filter у конфігуруванні пристрою цифрових входів.

Визначений час фільтрації повинен бути нижчим за тривалість вхідного сигналу на перемикачі пасивного самонаведення:

– Select level – у списку, що випадає, необхідно вказати рівень перемикача пасивного самонаведення, який буде використовуватись для операції самонаведення.

Side of homing switch – в цьому вікні необхідно вибрати, чи потрібно осі розміщувати на верхній або нижній стороні перемикач пасивного самонаведення.

Home position – положення, яке потрібно налаштувати в інструкції керування рухом MC_Home, і яке буде використовувється в якості вихідного положення. Якщо пасивне самонаведення виконується без команди переміщення осі (axis at a standstill), пасивне самонаведення буде здійснюватися на наступному зростаючому чи спадаючому фронті на перемикачі самонаведення.

Positioning monitoring – використовується для налаштування критеріїв моніторингу цільової позиції (рис. 3.14) [16-18].

Моніторинг положення використовується для контролю поведінки фактичного положення в кінці розрахунку необхідного значення. Як тільки задана швидкість досягне нульового значення, фактичне значення положення повинно буде знаходитись в межах обраного tolerance time у вікні позиціонування. Фактичне значення не повинно знаходитись за межами вікна позиціонування протягом мінімального часу перебування.

Якщо фактична позиція розташовується у вікні позиціонування протягом

встановленого часу допуску та залишається у вікні позиціонування, буде встановлено біт стану `<axis name>.StatusBits.Done`.

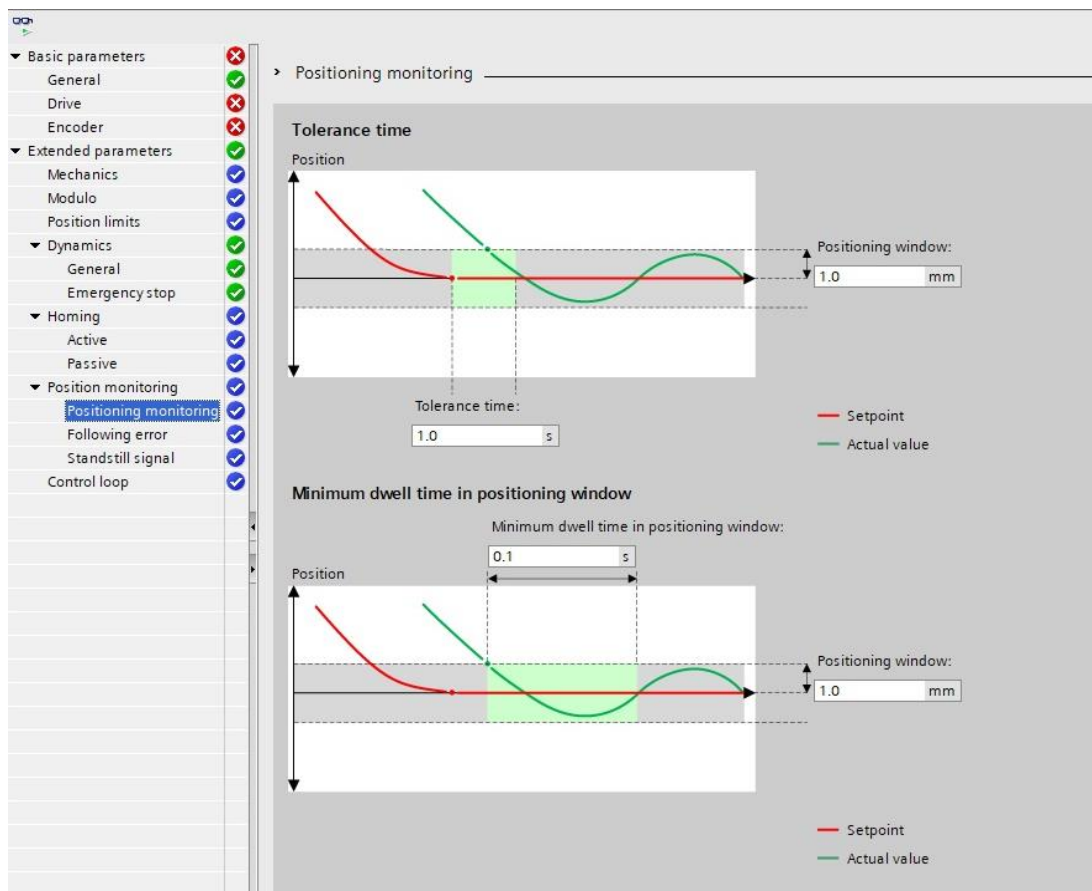


Рисунок 3.14 – Налаштування tolerance time

Перевірка положення не робить жодної різниці між тим, як виконано інтерполяцію необхідного значення. Наприклад, кінець інтерполяції необхідного значення можна досягнути наступним чином:

- контролем позиції зупинку під час руху при використанні інструкції керування рухом `MC_Halt`;
- до необхідного значення, що досягає потрібного положення.

У наступних випадках ось зупиняється контролюванням положення, а в інструкції керування рухом буде відображено помилку позиціонування, а саме `ErrorID16#800F`:

- фактичне значення не потрапляє у вікно позиціонування протягом встановленого часу допуску;

– фактичне значення виходить, протягом встановленого мінімального часу перебування, із вікна позиціонування.

Position window – саме у цьому полі необхідно виконати налаштування розміру вікна позиціонування.

Tolerance time – у цьому полі виконується введення часу допуску, протягом якого значення позиції має потрапити у вікно позиціонування.

Minimum dwell time in positioning window – у цьому полі виконаємо налаштування мінімально можливого часу затримки, протягом якого фактичне значення положення повинно розташуватись у вікні позиціонування.

У вікні Position window задаємо наступні значення - 5,0 мм, відповідно tolerance time→10.0 s.

Встановлюємо minimum dwell time in positioning window для об'єкта в розмірі 0,1 с, відповідно Position window залишиться на рівні 5,0 мм.

У вкладці Following error виконаємо встановлення границі похибки положення – лише при підключенні через PROFIdrive та аналогового привода (рис. 3.15) – виконаємо налаштування допустимого відхилення фактичного положення осі від заданого значення положення [16-18].

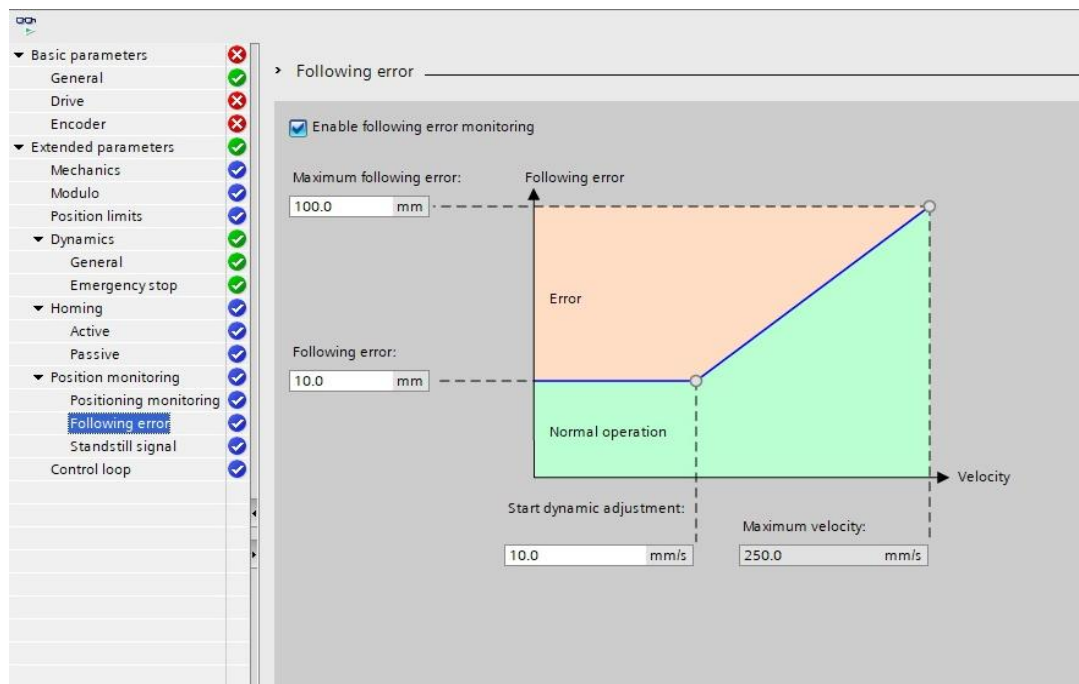


Рисунок 3.15 – Відстеження Following error

Наступна похибка – це різниця між заданим необхідним положенням та фактичним реальним значенням положення осі. Час передачі заданого значення на привод та фактичного значення на програмований логічний контролер будуть враховані при розрахунку наступної похибки. Ця похибка контролюється на основі залежності від швидкості наступної границі похибок та має пряму залежність від заданої швидкості.

Постійна допустима наступна похибка може бути встановлена для всіх швидкостей, що нижчі за регульовану нижню границю швидкості. Вище цієї границі малої швидкості допустима наступна похибка буде зростати пропорційно заданій швидкості руху. Максимальна наступна похибка допускається відповідно із максимальною швидкістю. Якщо дозволена наступна похибка перевищена, ось буде зупинена та в інструкції керування рухом буде відображено похибку Error-ID16#800D.

Enable following error monitoring – необхідно встановити прапорець, щоб увімкнути відслідковування похибки, ось буде зупинена в діапазоні похибок (помаранчева зона на рисунку).

Maximum following error – у цьому полі виконаємо налаштування рівня наступної похибки, допустимої із максимальною швидкістю.

Following error – у цьому полі виконується налаштування допустимої наступної похибки для низьких швидкостей (без динамічної адаптації).

Start dynamic adjustment – у цьому полі вказуємо швидкість, над якою слід динамічно адаптувати наступну похибку. Якщо швидкість вища то наступна похибка до максимальної швидкості, буде адаптуватись до максимальної наступної похибки.

Maximum velocity буде відображена у цьому полі, вона була вказана раніше в розділі Dynamics→General.

Standstill signal використовують лише при підключенні через PROFIdrive та аналогового електроприводу (рис. 3.16) [16-18].

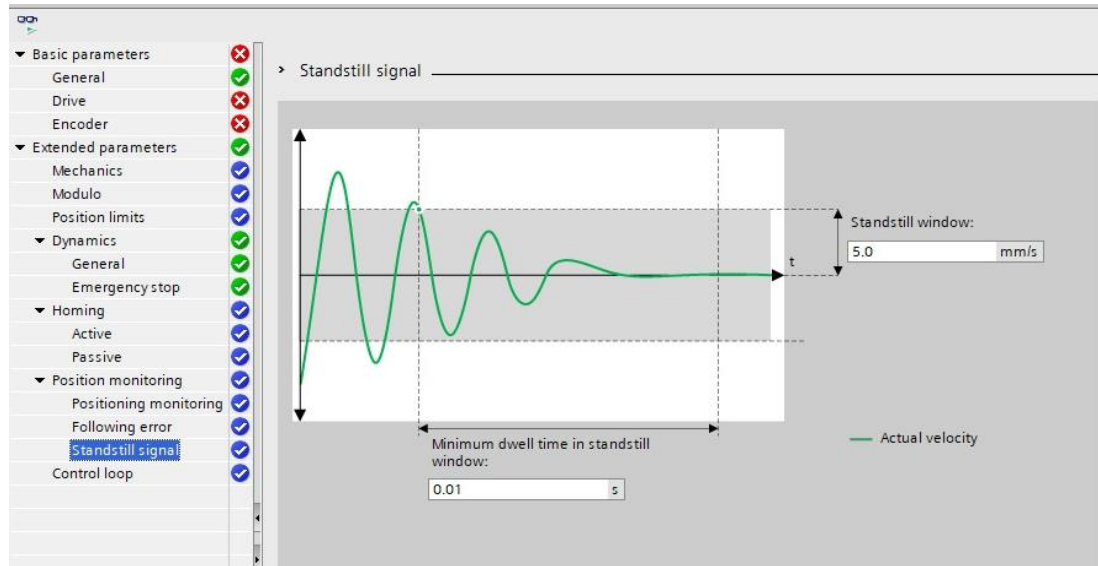


Рисунок 3.16 – Налаштування параметру Standstill signal

У вікні конфігурування Standstill signal виконаємо налаштування критерію виявлення так званої бездіяльності.

Для <Axis name>.StatusBits.Stand-Still швидкість осі повинна залишатись у вікні Standstill signal протягом мінімального можливого проміжку часу. Розмір вікна Standstill window налаштовується окремо - Minimum dwell time in standstill window.

У вікні standstill signal встановлюємо величину 500,0 мм/с, час тоді залишаємо без змін – 0,01 с [18].

Налаштування control loop буде здійснюватися лише для підключення через PROFIdrive та підключення аналогового електроприводу (рис. 3.17).

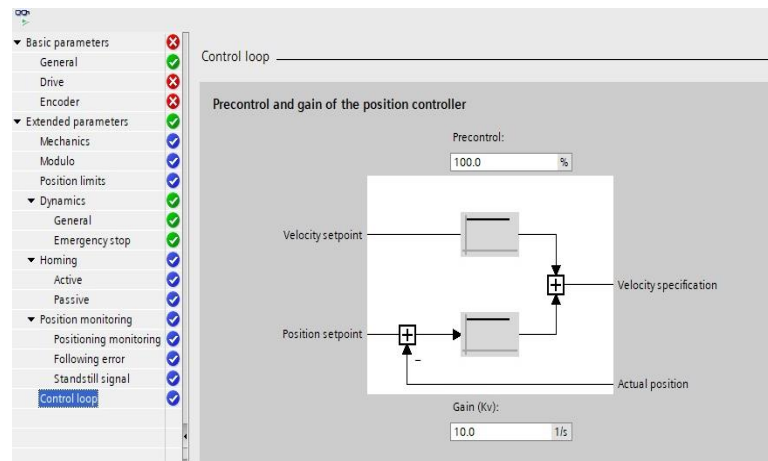


Рисунок 3.17 – Налаштування precontrol and gain of the position controller

У вікні конфігурування control loop виконаємо налаштування попереднього контролю та коефіцієнту підсилення K_v для контуру керування положенням.

Коефіцієнт підсилення K_v буде впливати на наступні параметри: рівномірність руху; час позиціонування; точність позиціонування та контроль зупинки. Чим кращі механічні властивості осі (висока жорсткість), тим точніше ми можемо налаштувати коефіцієнт підсилення K_v . Це призведе до зниження наступної похибки, і буде досягнуто вищу динамічну реакція [16-18, 20].

3.2 Налаштування технологічного об'єкту асинхронного електродвигуна для стрічки транспортера з вантажем

Функція Tuning допоможе при визначенні оптимального коефіцієнту підсилення K_v для регулювання положення осі ТО [16, 17].

Precontrol – у цьому полі будемо налаштовувати попередній контроль швидкості контуру керування позицією у відсотках.

Коефіцієнт підсилення K_v або Gain – у цьому полі ми задаємо коефіцієнт підсилення K_v контуру керування положенням осі.

Вводимо коефіцієнт підсилення на рівні $1,0 \text{ c}^{-1}$, а попередній контроль вказуємо на рівні 100 %.

Вікно Commissioning – дозволяє провести перевірку стрічки транспортеру з вантажем в тестовому режимі, на правильність підключення та відсутність помилок та похибок (рис. 3.18).

Будемо використовувати Axis control panel для переміщення осі в ручному режимі, оптимізації налаштувань осі та тестування нашої автоматичної системи керування.

Панель керування для осі можна застосувати, лише якщо встановлено підключення до CPU в режимі on-line, тому рекомендується відключати будь-який інший Інтернет-зв'язок, коли використовується панель керування для осі та оптимізація, щоб час відгуку тривав найменший проміжок часу.

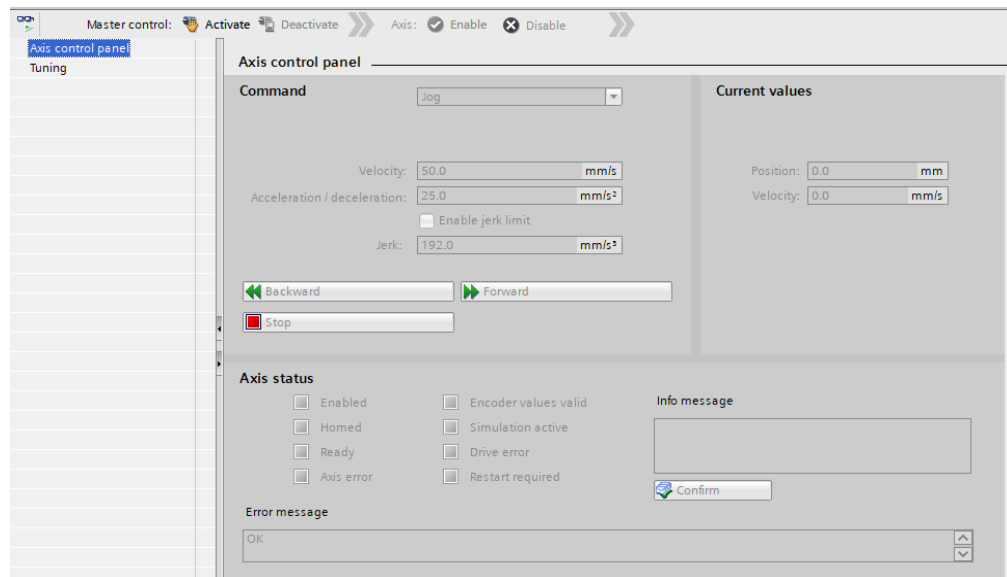


Рисунок 3.18 – Вікно введення в експлуатацію (Commissioning)

Панель керування для осі стрічки транспортера поділена на декілька областей.

1. Master control – у цій області ми можемо взяти на себе головне керування над ТО або повернути його своїй автоматичній програмі користувача:

– кнопка Activate – використовується для підключення до CPU в Інтернеті та дозволяє взяти на себе головне керування для обраного ТО.

Необхідно звернути увагу на наступне, приймаючи на себе головне керування:

- для того щоб прийняти на себе головне керування, ТО повинен бути вимкнтий у програмі користувача;

- поки головне керування не повертається, програма користувача не впливає на функції ТО. Завдання керування рухом від програми користувача до ТО в такому випадку буде відхилятися із помилкою;

- кнопка Deactivate – за допомогою кнопки ми повернемо головне керування у власну програму користувача.

2. Область Axis – у цій області вмикаємо або вимикаємо ТО для роботи із панеллю керування осі/оптимізацією:

- кнопка Enable – вмикання обраного ТО;

- кнопка Disable – вимикання обраного ТО.

3. Область Command – робота можлива лише при умові вмикання осі, ми можемо вибрати одну із наступних команд:

- Jog – ця команда відповідає команді керування рухом MC_MoveJog, що використовується в програмі користувача;

- Positioning – ця команда відповідає командам керування рухом MC_MoveAbsolute та MC_MoveRelative, що застосовуються в програмі користувача. Ось повинна бути самонаведена для виконання операції абсолютного позиціонування;

- Homing – ця команда відповідає команді керування рухом MC_Home, що використовується в програмі користувача. Для самонаведення використовуються наступні кнопки. Кнопка Homing відповідає режиму – 3 (активне наведення). Для активного самонаведення перемикач самонаведення повинен бути повністю налаштований у конфігурації осі. Кнопка Set reference point відповідає режиму – 0 (пряме абсолютне самонаведення).

Значення швидкостей самонаведення та заходу, зміщення опорного положення автоматично беруться із конфігурації осі без змін.

Залежно від вибору користувача відображаються відповідні поля для введення заданих значень та кнопки запуску команди.

Для активації обмеження поштовху потрібно встановити прапорець Enable jerk limitation. За замовчуванням поштовх встановлюється із 10% від налаштованого значення, це значення можливо редагувати відповідно до вимог.

4. Область Current values – у цій області відображаються фактичні значення для осі: Position та Velocity.

5. Область Axis status в ній вказується поточний стан осі та стан асинхронного електропривода (табл. А.1).

У вікні Info message буде наводитись розширена інформація про стан осі.

У вікні Error message вказується поточна похибка чи помилка. Необхідно натиснути Acknowledge, щоб підтвердити та видалити всі помилки.

З міркувань безпеки параметри velocity, acceleration/deceleration та jerk будуть ініціалізуватись зі значеннями, еквівалентними лише 10% від встановлених значень, коли панель керування осі активована. Параметр jerk може використовуватись лише для ТО Axis у версії 2.0 та вище.

Значення введені у вікні конфігурації, що відображаються при виборі Extended parameters→Dynamics→General, будуть застосовуватись для ініціалізації.

Параметр velocity на панелі керування осі вираховується із параметрів Maximum velocity та Acceleration/Deceleration з Acceleration у конфігурації. Тому параметри Velocity, Acceleration/deceleration та Jerk можна редагувати на панелі керування осі і це не буде мати вплив на значення в конфігурації. Час відгуку панелі керування осі залежить від навантаження CPU на зв'язок, тому необхідно закрити всі інші Інтернет-вікна порталу ТІА, для мінімізації часу відгуку. Можливо виконати налаштування часу очікування в діалоговому вікні запуску.

Вкладка Tuning – виконується переміщення осей із з'єднанням через PROFIdrive або через аналоговий вихід із контролем положення (рис. 3.19) [18].

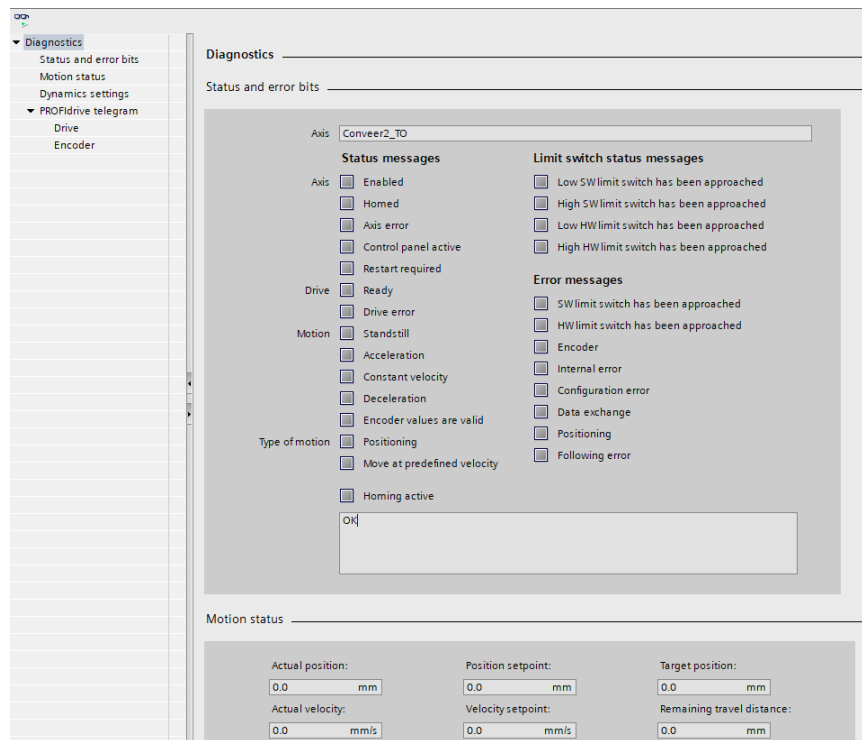


Рисунок 3.19 – Загальний вигляд вікна Diagnostics

Функція Diagnostics використовується для визначення оптимального коефіцієнту підсилення або коефіцієнту K_v для контуру керування осі. Профіль швидкості осі записується за допомогою використання функції трасування для цієї мети на час конфігурованого руху позиціонування. Тоді ми можемо виконати оцінку запису та відповідно адаптувати коефіцієнт підсилення. Рекомендується відключити будь-який інший Інтернет-зв'язок, коли використовується панель керування осі та оптимізація, щоб зменшити тривалість часу відгуку [16, 17].

Функцію Diagnostics для ТО осі позиціонування можна знайти в дереві проєкту в розділі Technology object→Commissioning.

Діалогове вікно Tuning умовно поділено на наступні області.

Область Master control – у цій області ми беремо на себе головне керування над ТО або повертаємо керування власній програмі користувача:

– кнопка Activate – за її допомогою ми встановлюємо підключення до CPU в Інтернеті та приймаємо на себе головне керування для обраного ТО;

- кнопка Deactivate – за її допомогою ми повернемо головний контроль у

власну програму користувача.

Область Axis – у цій області вмикаємо або вимикаємо ТО для роботи із панеллю керування осі чи оптимізацією:

- кнопка Enable – використовується для вмикання обраного ТО;
- кнопка Disable – використовується для вимикання обраного ТО.

Область Axis status – відображаються поточний стан осі та стан асинхронного електроприводу (див. табл. А.1).

Optimize gain setting – оптимізація налаштування коефіцієнта підсилення:

– Precontrol – у цьому полі виконуємо поточний контроль швидкості контролера у відсотках;

– Distance – у цьому полі виконуємо налаштування відстані навантаження для одного кроку тесту;

– прапорець Customize dynamics – цей параметр треба обрати для того, щоб адаптувати прискорення та максимальне прискорення при оптимізації;

–Velocity – у цьому полі виконується налаштування максимальної швидкості для одного кроку тесту;

– Acceleration – у цьому полі налаштування прискорення для одного кроку тесту;

– Measurement duration – перераховується та вводиться в залежності від величин обраних прискорення, швидкості та відстані. Значення тривалості вимірювання можна редагувати згодом;

– Gain – у цьому полі виконується налаштування фактичного коефіцієнту підсилення контролера положення K_v . Коефіцієнт підсилення вводиться в дію після його введення, якщо коефіцієнт K_v занадто великий, це може призвести до помилки на асинхронному електроприводі.

Run measurement та виконати кроки тестування у даній області за допомогою використання наступних кнопок:

– Forward – виконуєте тестовий крок для оптимізації в позитивному напрямку;

– Backward – виконуєте тестовий крок для оптимізації в негативному напрямку;

– Stop – завершити поточний руху для оптимізації та відповідно закінчити запис трасування.

Trace – з кожним виконаним кроком тесту автоматично запускається та відображається запис трасування необхідних параметрів після завершення кроку тесту. Після повернення головного керування запис трасування буде видалено. Повний опис функції Trace знаходиться в розділі про використання функції аналізатора трасування та логіки у довіднику TIA Portal. Відсутність передачі параметрів – налаштовані значення параметрів відкидаються після повернення головного керування. За необхідності треба перенести значення у свою конфігурацію.

Start of optimization – трасування завжди запускається одночасно із початком оптимізації, крім того в діалоговому вікні запуску можна редагувати час очікування [16-18, 20].

3.3 Розробка програми керування стрічкою транспортера з вантажем на машинобудівному підприємстві

Відкриваємо дереві проєкту вкладку PLC_1→Program blocks →Add new object→Data block. Вказуємо назву Conveer_1 DB для центральної осі стрічки та переходимо до налаштування основних параметрів обладнання, що підключене.

Створимо нову величину із умовною назвою SP_Velocity та типом даних – Integer, початкове значення введено – 30, ставимо галочку в колонці Retain, програма буде запам'ятовувати введене значення [12, 16, 17].

Створимо, ще одну величину із умовною назвою Curr_Velocity, типом даних – Integer, початкове значення введемо – 0, також ставимо галочку в колонці Retain, програма буде запам'ятовувати введене значення.

Відкриваємо в дереві проєкту вкладку PLC_1→Program blocks→Main

[OB1], рис. 3.20 [12, 14].

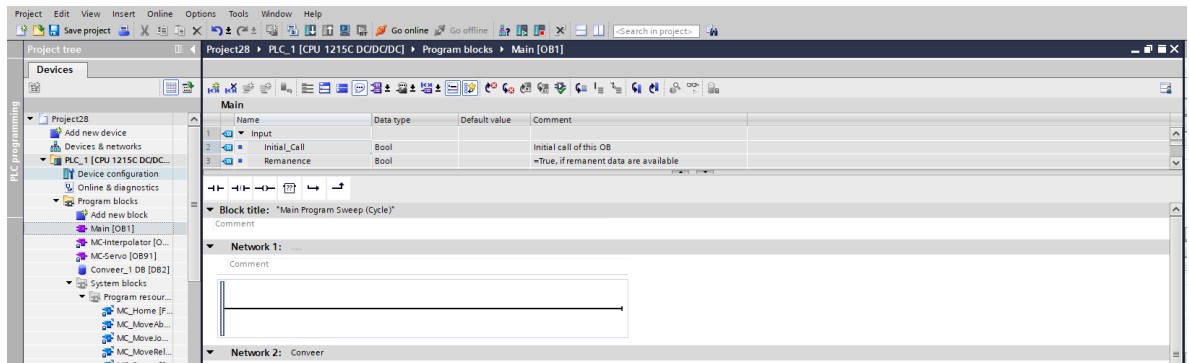


Рисунок 3.20 – Загальний вигляд блоку Main [OB1]

Виконаємо заміну назви робочого поля Network1 на Conveer та створюємо в цьому полі з використанням графічної мови LAD принципову схему використовуючи нормально відкриті контакти та котушку, за допомогою якої буде зберігатися отримане значення в пам'ять програми. Необхідно врахувати те, що стрічку транспортера треба запустити, заставити рухатись у додатному напрямку та у випадку аварії швидко зупинити.

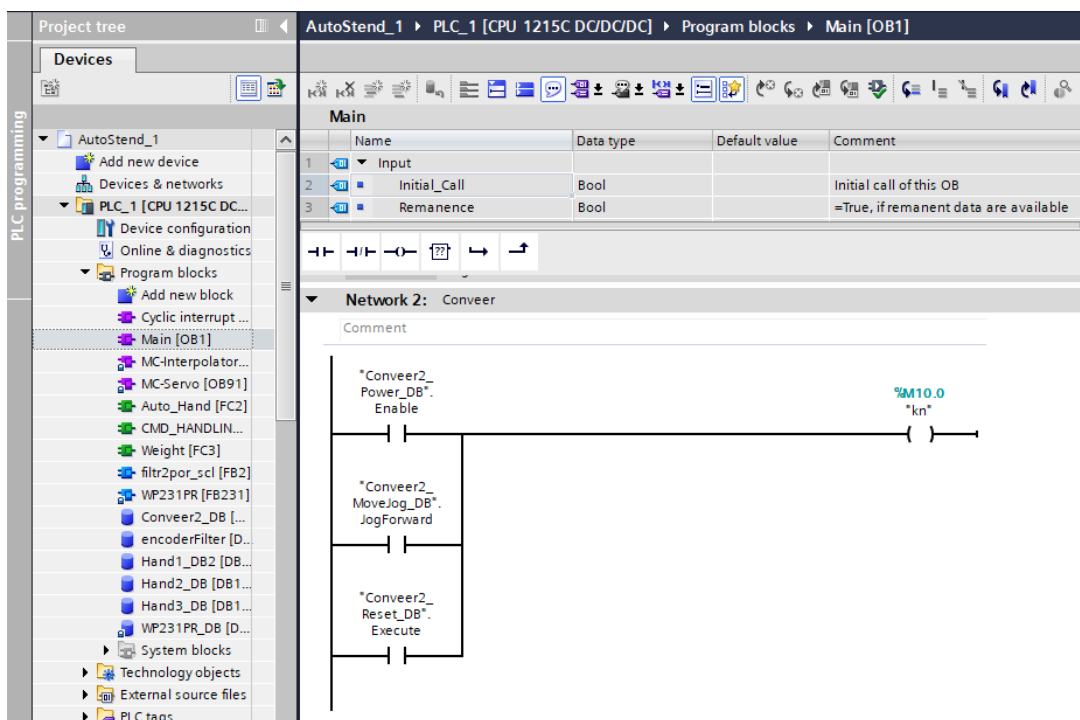


Рисунок 3.21 – Вигляд програми на мові LAD для запуску стрічки транспортера

Наступний крок. За допомогою використання комбінації клавіш Ctrl+R

створюємо ще одне робоче поле, змінюємо його назву на Conveer2 і в цьому полі створюємо програму за допомогою застосування графічної мови FBD [12, 16].

Для цього використовуємо стандартні блоки, які візьмемо із вкладки Technology→Motion control, яка знаходиться справа в спеціальному блоці Instructions→Basic instructions (рис. 3.22).

Для запуску стрічки транспортера з вантажем ми використаємо наступні стандартні блоки [12, 14, 16, 18]:

- MC_Power – використовується для вмикання або вимикання осі. Вимоги: ТО осі позиціонування налаштовано вірно; немає очікуваної помилки, що перешкоджає активації (рис. 3.22);

- MC_MoveJog – використовується для запуску осі в постійний рух із заданою швидкістю в режимі пробіжки. Ми можемо застосувати дану інструкцію для контролю руху, наприклад, для тестування та введення в експлуатацію. Вимоги: ТО осі позиціонування налаштовано вірно; ось включена;

- MC_Reset – використовується для підтвердження Operating error with axis stop та Configuration error. Помилки, що вимагають підтвердження, можна знайти в List of ErrorIDs and ErrorInfos, що знаходиться у розділі Remedy. Конфігурацію осі можна завантажити в робочу пам'ять після переходу в режимі RUN. Вимоги: ТО осі позиціонування налаштовано вірно; причину очікуваної помилки конфігурації, що вимагає підтвердження, усунуто (наприклад, прискорення в ТО позиціонування осі було замінено на її дійсне значення) (рис. 3.23);

- MC_MoveAbsolute – використовується для початку руху самонаведеної осі, щоб виконувати рух в абсолютному положенні. Вимоги: ТО осі позиціонування налаштовано вірно; ось включена та самонаведена;

- MC_MoveRelative – використовується для початку руху позиціонування відносно заданої початкової позиції. Вимоги: ТО осі позиціонування налаштовано вірно; ось включена;

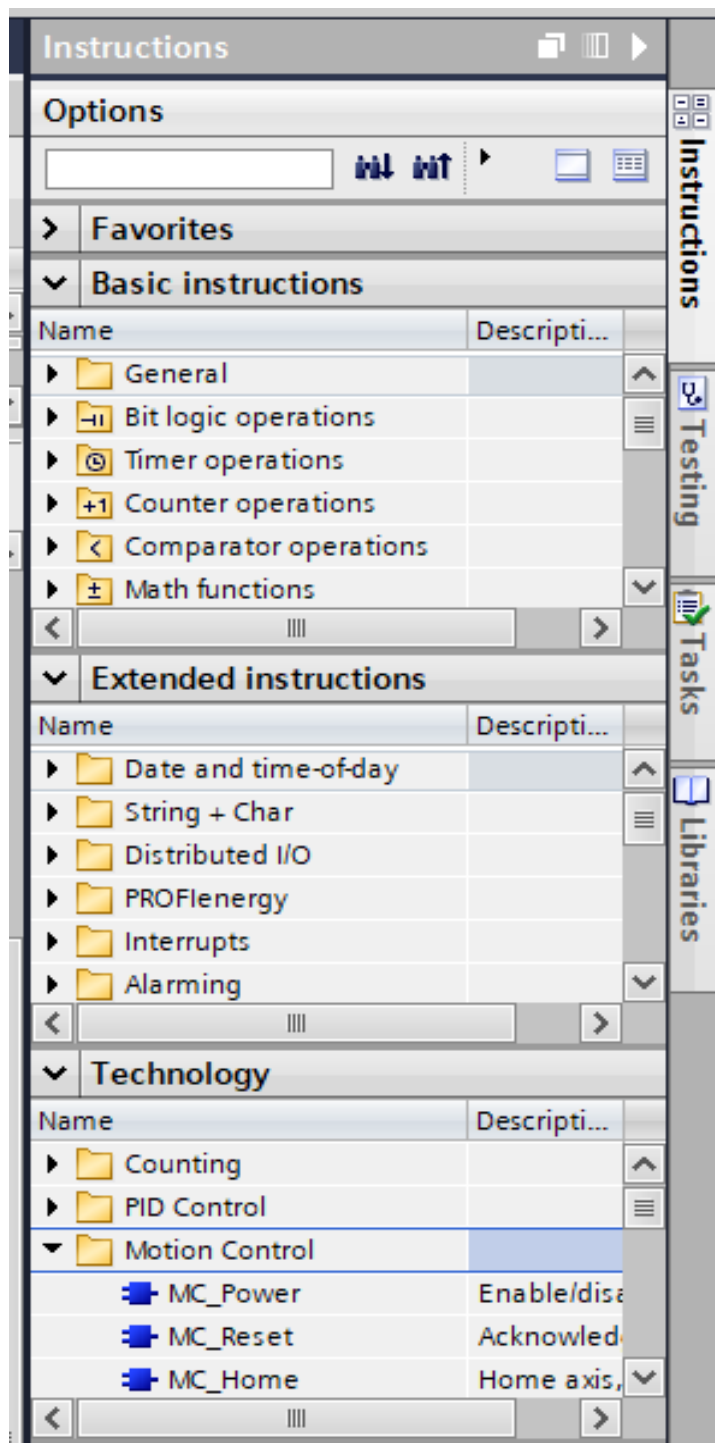


Рисунок 3.22 – Загальний вигляд спеціального блоку Instructions

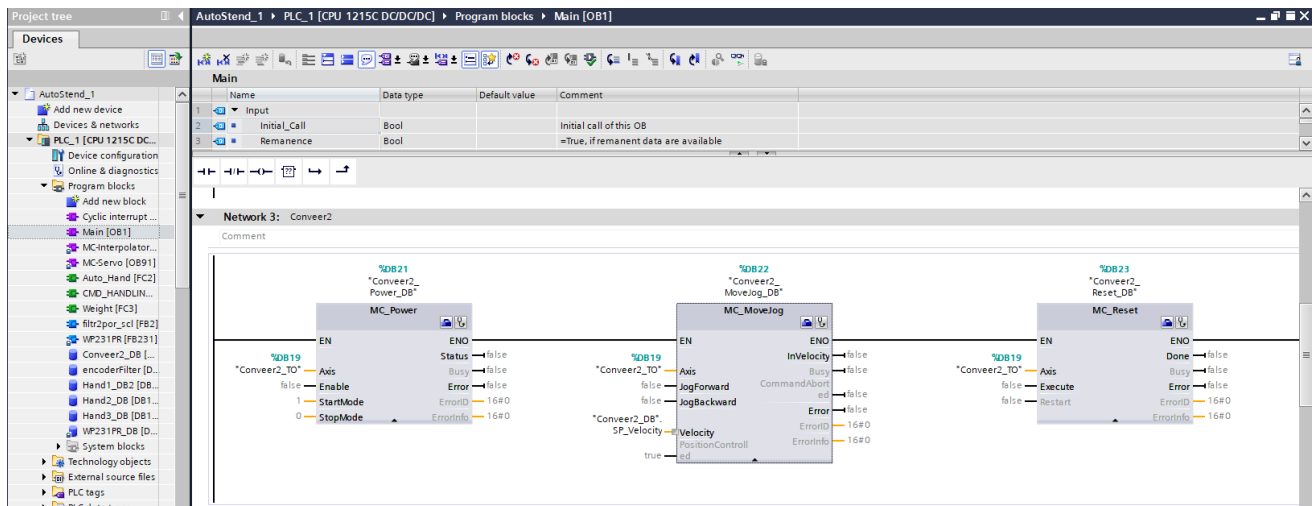


Рисунок 3.23 - Вигляд програми на мові FBD для запуску стрічки транспортера

– MC_Home – використовується для узгодження координат осі із реальним, фізичним положенням асинхронного електропривода. Для виконання операції абсолютного позиціонування осі потрібно самонаведення. Можна виконати стандартні наступні типи самонаведення:

–Active homing або Mode=3 – самонаведення буде виконується автоматично;

–Passive homing або Mode=2 – під час виконання пасивного самонаведення інструкція MC_Home керування рухом не буде виконувати жодного руху самонаведення. Тому потрібний для цього рух буде реалізовано користувачем за допомогою застосування інших інструкцій керування рухом. Коли буде увімкнено перемикач самонаведення, вісь буде самонаводиться;

– Direct homing absolute або Mode=0 – положення поточної осі встановлюється поточним значенням параметра Position;

– Direct homing relative або Mode=1 – поточне положення осі компенсується встановленим значенням параметра Position;

– Absolute encoder adjustment relative або Mode=6 – поточне положення осі компенсується встановленим значенням параметра Position;

– Absolute encoder adjustment absolute або Mode=7 – положення поточної осі встановлюється за значенням параметра Position;

– Mode=6 та Mode=7 можна застосовувати лише із накопичувачами із аналоговим інтерфейсом та підключенням через PROFIdrive.

Загальні вимоги: ТО осі позиціонування налаштовано вірно; ось включена (не діє для режиму підключення накопичувача через PROFIdrive чи аналогового привода Mode=0 чи Mode=1).

Жодна команда MC_CommandTable не може бути активована при запуску із Mode=0, Mode=1 чи Mode=2.

Створюємо схему послідовно з'єднавши блоки згідно наведеного переліку, в назві блоків виконуємо заміну MC на Conveer, для всіх блоків здійснюємо прив'язку перемінної Axis до Conveer_№2 ТО, блок MC_MoveJog повинен зчитувати початкову швидкість (або перемінну Velocity) зі створеної нами бази даних Conveer_1 DB (рис. 3.23).

В робочому полі за допомогою математичної мови SCL створюємо заміну типу даних Curr_Velocity із створеної нами Conveer_2 DB в ActualVelocity в ТО, який було створено та описано в підрозділі 3.1 [16-18].

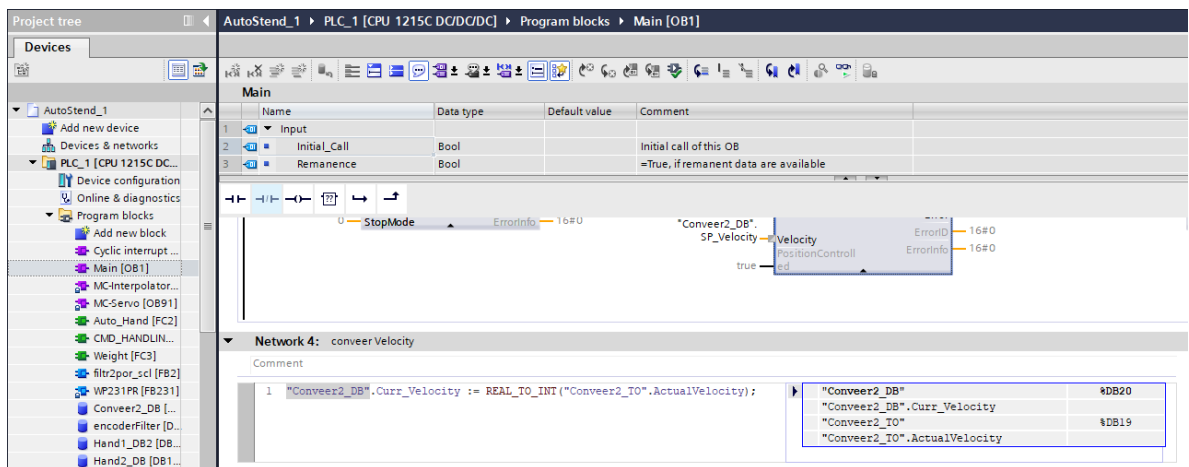


Рисунок 3.24 - Вигляд програми на мові SCL для запуску стрічки транспортера

Для роботи стрічкового транспортера було створено екран НМІ з необхідними полями вводу/виводу, кнопками та індикаторами (рис. 3.25).

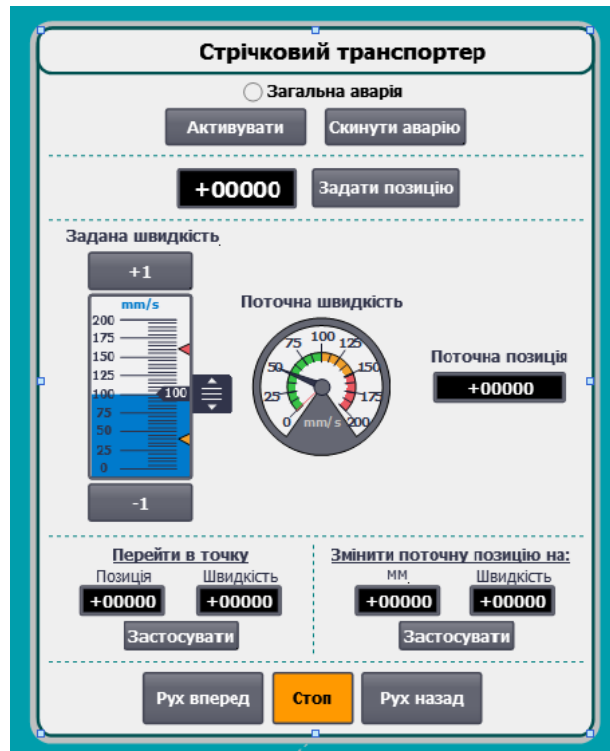


Рисунок 3.25 – Загальний вигляд екрану НМІ для керування стрічковою транспортером

Подальша робота із моделювання та візуалізації роботи стрічкового транспортеру із вантажем в реальному часі буде виконана в програмному середовищі Factory I/O та продовжена в наступному у зв'язку із неможливістю отримання ліцензійної версії програми в даний момент.

Апробацію роботи проведено на Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту», 18-19 жовтня 2022 року, м. Хмельницький, робота отримала схвальні відгуки і тому за результатами було надруковано тези в Збірнику тез конференції та опубліковано повнотекстову статтю у фаховому виданні Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» Випуск №2, 2022 рік.

3.4 Висновки до розділу

Виконано поетапне моделювання та візуалізація роботи стрічкового транспортеру із вантажем із використанням програмного середовища TIA Portal V.15.1. Описано створення ТО асинхронного електродвигуна для стрічки транспортеру та керування ним за допомогою перетворювача частоти Sinamic G120, налаштування всіх необхідних елементів та запуск електродвигуна в якості цифрового двійника в тестовому режимі.

Наведено використання трьох мов програмування LAD, FBD, SCL та створення за їх допомогою програми керування стрічкою транспортеру з вантажем. А також створення екрану НМІ для керування автоматизованим процесом транспортування вантажу в реальному часі.

Подальша робота із моделювання та візуалізації роботи стрічкового транспортеру із вантажем в реальному часі буде виконана в програмному середовищі Factory I/O та продовжена в наступному у зв'язку із неможливістю отримання ліцензійної версії програми в даний момент.

Апробацію роботи проведено на Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту», 18-19 жовтня 2022 року, м. Хмельницький, робота отримала схвальні відгуки і тому за результатами було надруковано тези в Збірнику тез конференції та опубліковано повнотекстову статтю у фаховому виданні Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірвальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» Випуск №2, 2022 рік.

ВИСНОВКИ

Виконано аналітичний огляд існуючих конструкції транспортуючого обладнання для переміщення вантажів на відстань, їх конструктивні характеристики, переваги та недоліки конструкцій, в результаті вибір зроблено на користь гнучкої стрічки транспортера, як найбільш поширеного типу, простоти її виготовлення траєкторії руху та її довжини.

Проведений аналітичний огляд робіт [1-8], присвячених автоматизації процесу переміщення вантажів на відстань за допомогою стрічкових транспортерів, показав, що при проектуванні САК стрічковим транспортером, необхідно враховувати не лише математичну модель електродвигуна, а і необхідні закони керування. Виконано постановку завдань для САК стрічковим транспортером, які необхідно досягнути при виконанні моделювання системи.

В другому розділі виконано моделювання системи керування стрічкою транспортера та роботи асинхронного електроприводу. Отримані в результаті проведеного моделювання САК графіки струму, швидкості, моменту, активної та номінальної потужностей, модуля потокозачеплення при навантаженні та при різному керуванні наведено в розділі.

Описано програмні засоби для візуалізації стану стрічки транспортера та вантажу, розглянуто типи кодових блоків, поняття перемінних та їх адресація, мови програмування, що використовуються в TIA Portal та описано особливості побудови екрану НМІ.

Виконано поетапне моделювання та візуалізація роботи стрічкового транспортеру із вантажем із використанням програмного середовища TIA Portal V.15.1. Описано створення ТО асинхронного електродвигуна для стрічки транспортеру та керування ним за допомогою перетворювача частоти Sinamic G120, налаштування всіх необхідних елементів та запуск електродвигуна в якості цифрового двійника в тестовому режимі.

Наведено використання трьох мов програмування LAD, FBD, SCL та

створення за їх допомогою програми керування стрічкою транспортеру з вантажем. А також створення екрану НМІ для керування автоматизованим процесом транспортування вантажу в реальному часі.

Подальша робота із моделювання та візуалізації роботи стрічкового транспортеру із вантажем в реальному часі буде виконана в програмному середовищі Factory I/O та продовжена в наступному у зв'язку із неможливістю отримання ліцензійної версії програми в даний момент.

Апробацію роботи проведено на Міжнародній науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих учених «Сучасні тенденції розвитку інженерії, технологій та транспорту», 18-19 жовтня 2022 року, м. Хмельницький, робота отримала схвальні відгуки і тому за результатами було надруковано тези в Збірнику тез конференції та опубліковано повнотекстову статтю у фаховому виданні Міжнародний науково-технічний журнал «Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах» Випуск №2, 2022 рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизований електропривод машин та установок: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавр за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / О.В. Чермалих, О.В. Данілін, А.В. Босак, Л.В. Торопова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 24,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 61 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41535>.
2. Баховець Б.О. Автоматизований електропривод: навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2011. - 238 с.
3. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні / [Л.Є.Пелевін, К. І. Почка, О. М. Гаркавенко та ін.]. – К.: Інтерсервіс, 2016. – 258 с.
4. Автоматизований електропривід машин та установок для шахт та копалень. Навч. пособ. для студ. вищ. навч. закл. / К.Н. Маренич, Ю.В. Товстик, В.В. Турупалов, С.В. Василюк, І.Я. Лизан. – Донецьк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНІТЕХ», 2015. – 252 с.
5. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с. ISBN 978-966-695-502-2.
6. Yusong Pang. Intelligent belt conveyor monitoring and control / Yusong Pang. – Technische university Delft, 2010. – 196 p.
7. Bart Zeeuw van der Laan. System reliability analysis of belt conveyor / Bart Zeeuw van der Laan. – Transportation engineering, 2016. – 73 p.
8. Конвеєри. Режим доступу: <https://www.3bhungaria.com.ua/conv>
9. Програмований контролер S7-1200. Системний посібник. 11/2009, A5E02669003-02.
10. Куцик А. Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах : навч. посіб. / А. Куцик, В. Місюренко. – Львів : Вид-во

НУ «Львівська політехніка», 2011. – 200 с.

11. Пупена О. М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах : навч. посіб. / О. М. Пупена, І. В. Ельперін, Н. М. Луцька, А. П. Ладанюк. – Київ : Ліра-К, 2011. – 552 с.

12. Посібник по програмуванню S7-1200/S7-1500. STEP 7 (TIA Portal) та STEP 7 Safety в TIA Portal – Entry-ID: 81318674, V1.4, 11/2015. – 109 с.

13. SINAMICS G120. Керуючі модулі CU240B-2/CU240E-2. Довідник по параметруванню. – 04/2014 A5E33839529D AA – 866 с.

14. SINAMICS G120: модульний перетворювач частоти – 16 с.

15. SINAMICS Intelligent Operator Panel (IOP). Налаштування панелі оператора на частотному регуляторі. – 02/2016, FW V1.6.2 A5E367–68540B AA – 78 р.

16. The Technology Objects (TO) of SIMATIC S7-1500(T). TIA Portal V14/SIMATIC S7-1500/SIMATIC S7-1500T. – Entry ID: 109743134, V1.0, 05/2017 – 60 р.

17. Moving PTO positioning axes of an S7-1200 as IO device centrally from an IO controller. SIMATIC S7-1200/S7-1500. – Entry-ID: 109768880, V1.0, 10/2019. – 30 р.

18. Автоматизація технологічних процесів : лабораторний практикум з дисципліни для здобувачів вищої освіти спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування»; 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: П. С. Майдан, Д. А. Макаришкін, Е. О. Золотенко, А. В. Буряк. – Хмельницький : ХНУ, 2022. – 116 с.

19. О.П. Губарев. Мехатроніка: Циклічно-модульний підхід до вирішення практичних задач автоматизації / Губарев О.П., Ганпанцурова О.С. // К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 160 с.

20. Моделювання роботи та візуалізація стану стрічкового конвеєра в програмному середовищі TIA PORTAL v.15.1 (повідомлення 1) / Слободян А.С.,

Макаришкін Д.А., Майдан П.С., Соколан Ю.С. // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах, 2022. - №2. - С. 96-107.

21. Peter Corke. Robotics, Vision and Control: Fundamental Algorithms In MATLAB. - 2nd edition. – Springer, 2017. – 722 p.

22. Мехатроніка : навч. посіб. / Ловейкін В.С., Ромасевич Ю.О., Човнюк Ю.В. - – К., 2012. - 357 с

23. Основи робототехніки: навчальний посібник / Н.В. Морзе, Л.О. Варченко-Троценко, М.А. Гладун. – Кам'янець-Подільський : ПП Буйницький О.А., 2016. – 184 с.

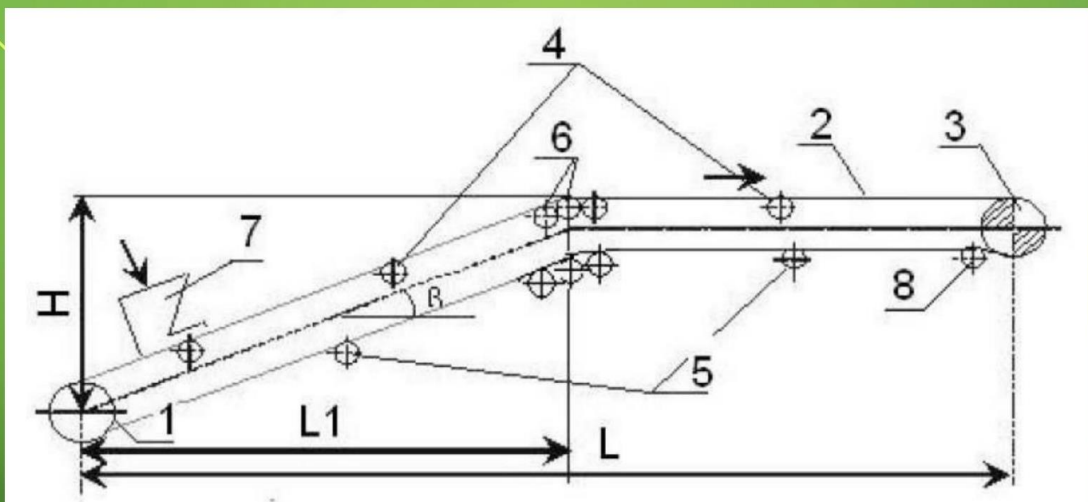
Додатки

МЕТОД КЕРУВАННЯ СТРІЧКИ ТРАНСПОРТЕРА З ВАНТАЖЕМ НА МАШИНОБУДІВНОМУ ПІДПРИЄМСТВІ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

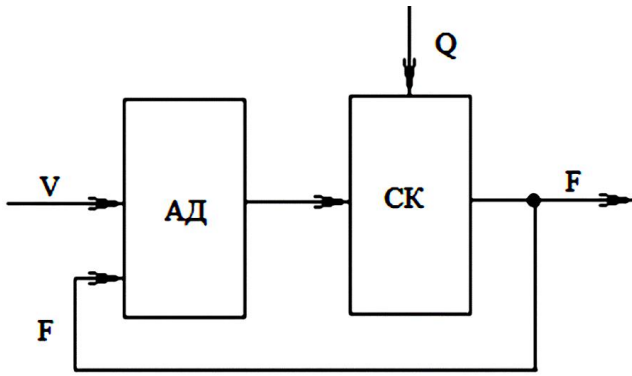
АКТУАЛЬНІСТЬ

Аналітичні дослідження провідних закордонних та вітчизняних науковців доводять, що найбільш перспективним заходом для поліпшення технологічних показників є комплексна автоматизація технологічних та інформаційних процесів виробництва за допомогою застосування інтегрованих систем інтелектуального, оптимального та адаптивного керування. У зв'язку з достатньо важкими умовами роботи завданням САК стрічкового транспортеру є зниження людського впливу на технологічний процес або взагалі його повне виключення.



1 - натяжний барабан; 2 - тяговий робочий орган, який транспортує вантаж (стрічка); 3 – приводний барабан; 4 – опори для роликів, робочої гілки транспортеру; 5 – опори для роликів зворотної гілки транспортеру; 6 - батарея опор для роликів; 7 - завантажувальний пристрій; 8 – відхиляючі опори для роликів

Принцип дії стрічкового транспортеру:

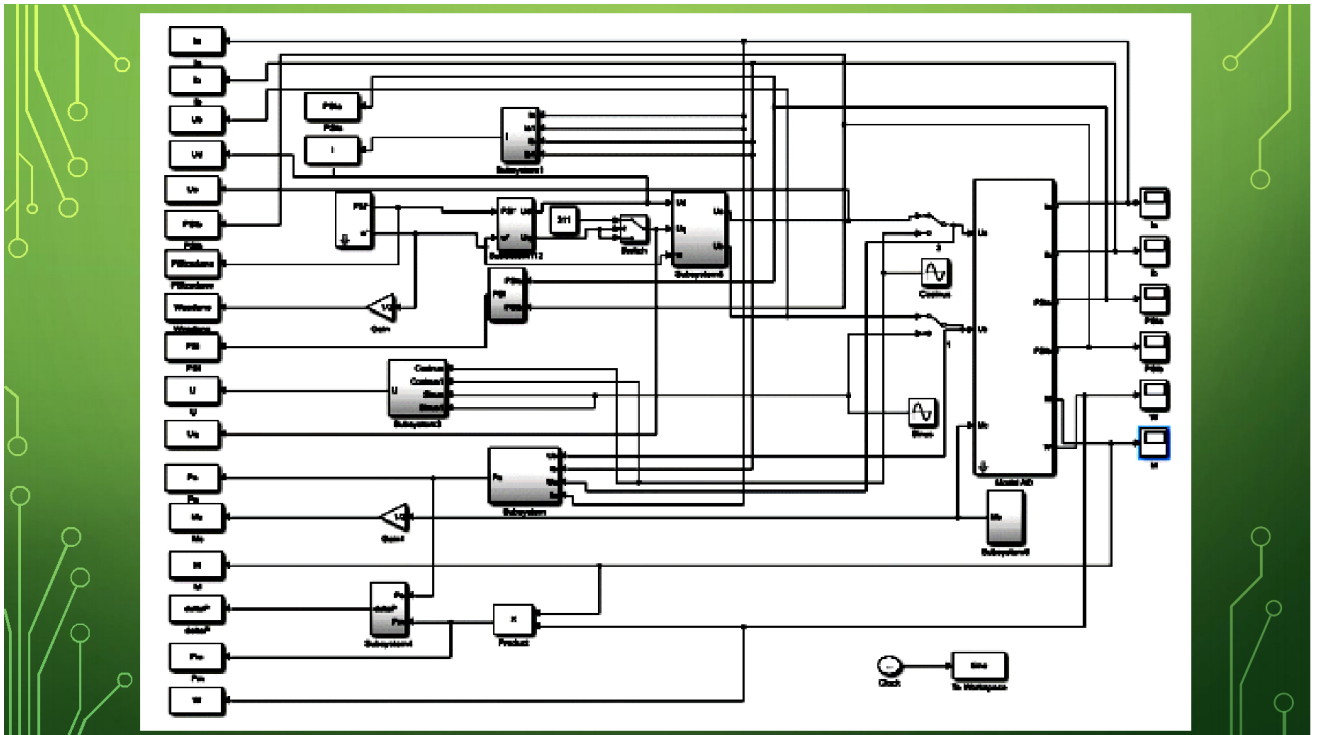
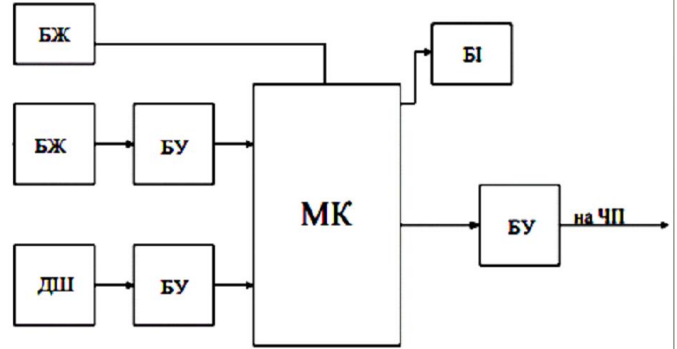


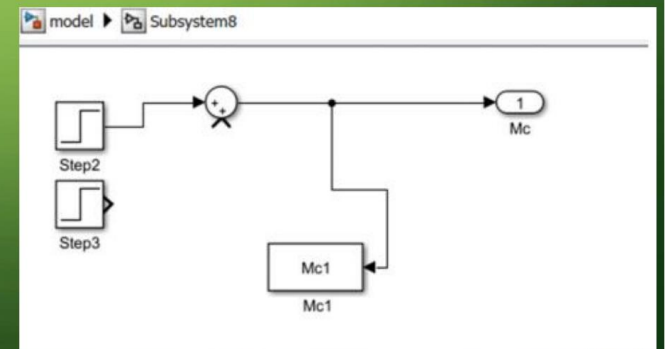
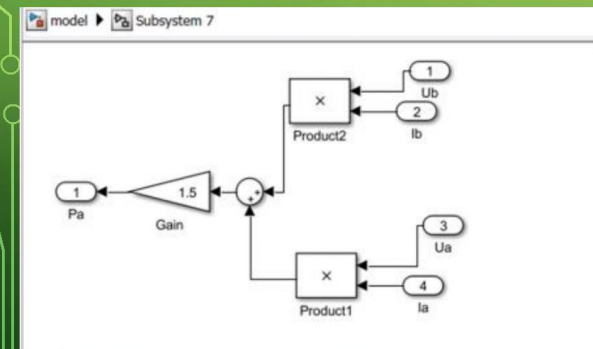
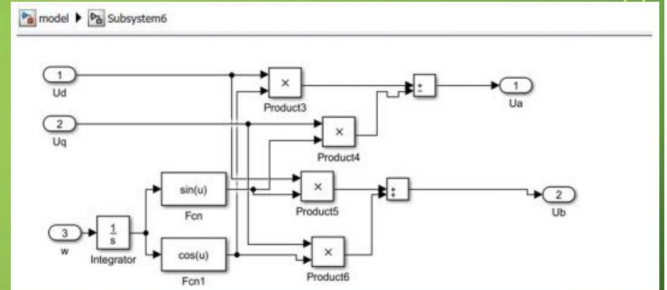
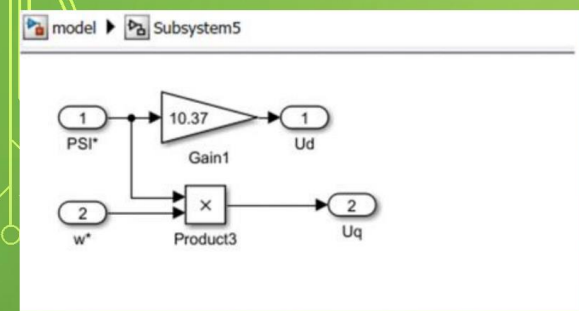
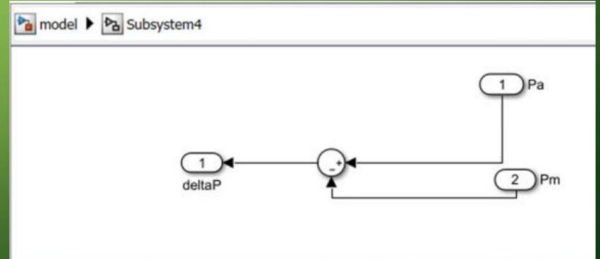
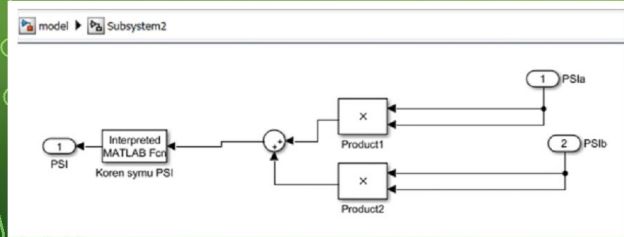
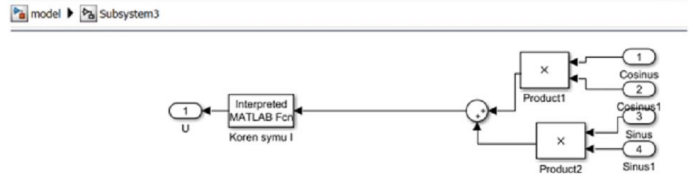
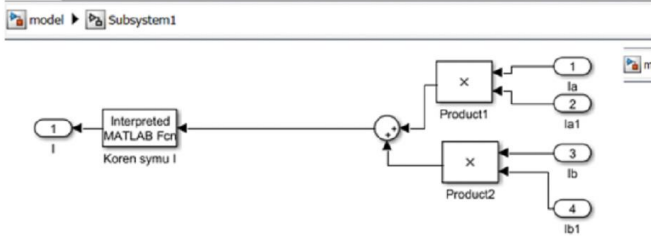
БЖ – блок живлення; ДШ – датчик швидкості; БУ – блок узгодження; МК – мікроконтролер; БІ – блок індикації та сигналізації

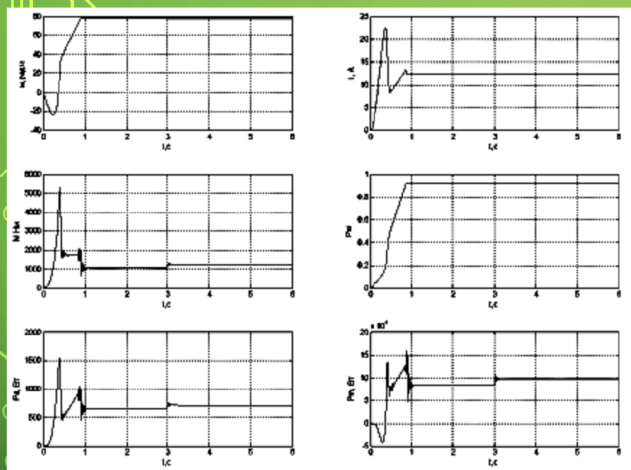
Структурна схема пристрою керування швидкістю стрічки транспортера:

Q – вантажопотік; V – швидкість;
F – статична вага; АД – асинхронний двигун;
СК – стрічка конвеєрного транспортеру

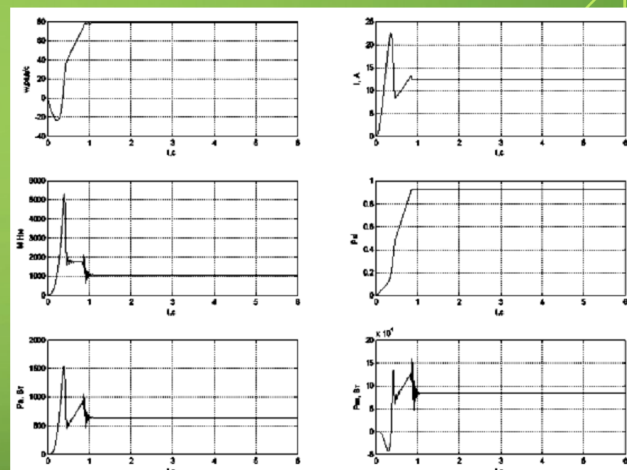
Розрахункова модель стрічкового транспортеру:



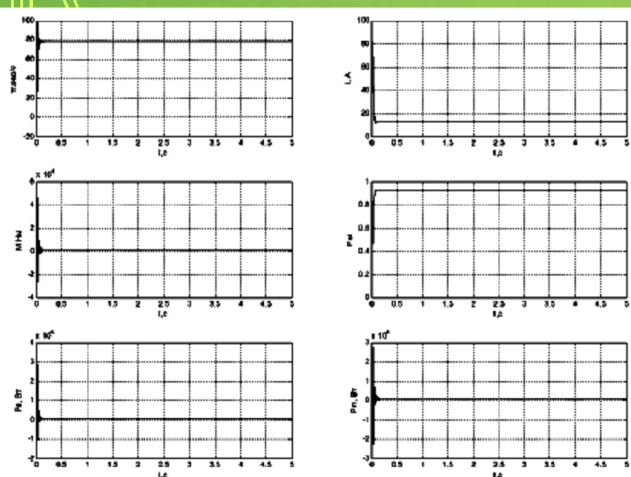




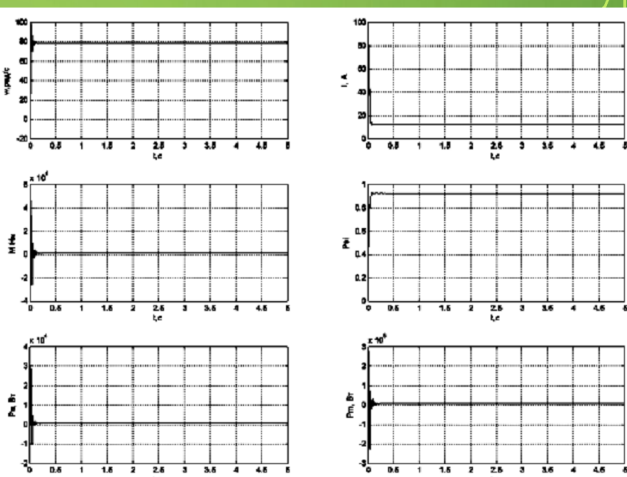
Перехідні процеси під навантаженням при частотному керуванні



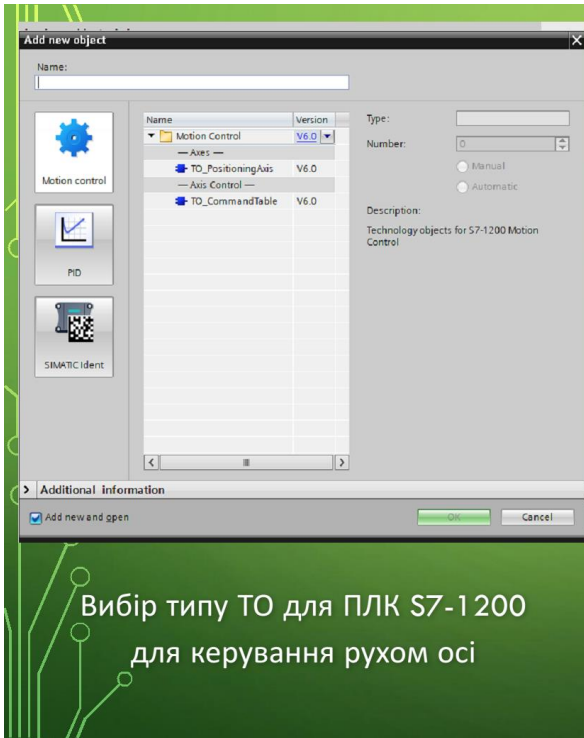
Перехідні процеси без навантаження при частотному керуванні



Перехідні процеси без навантаження при прямому запуску електродвигуна

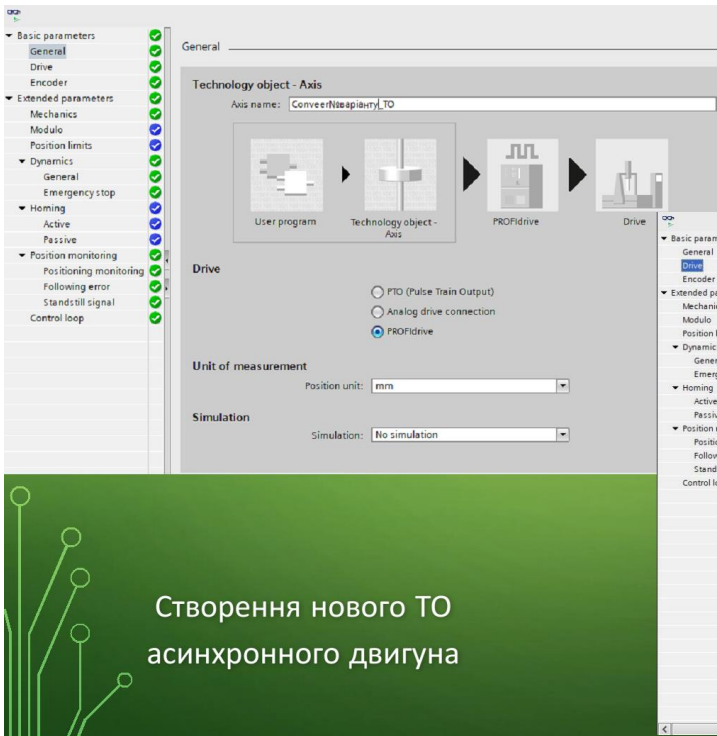
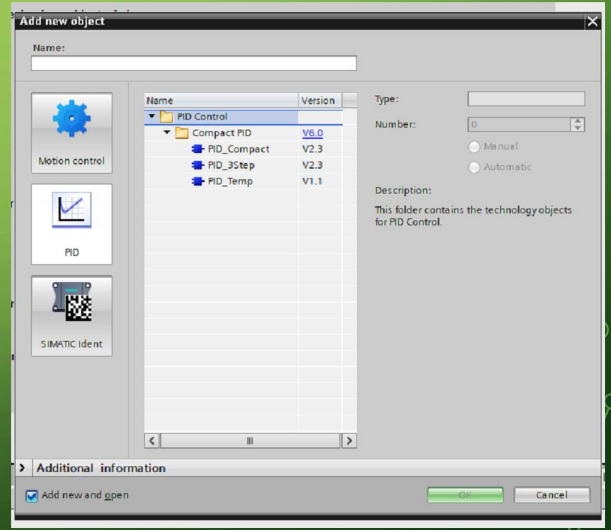


Перехідні процеси під навантаженням при прямому запуску електродвигуна



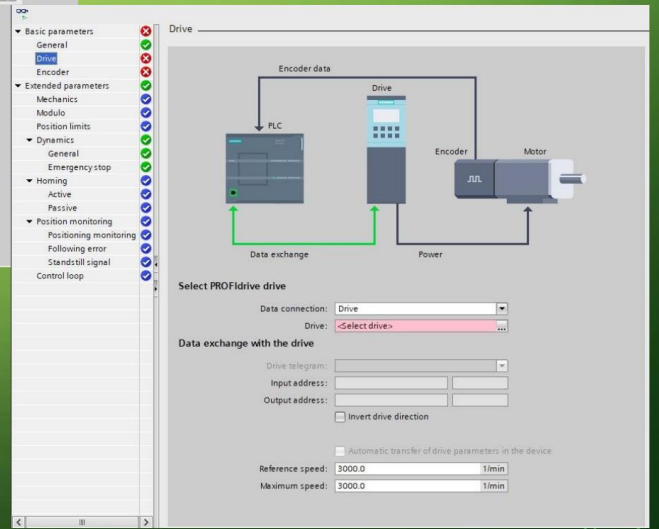
Вибір типу ТО для ПЛК S7-1200 для керування рухом осі

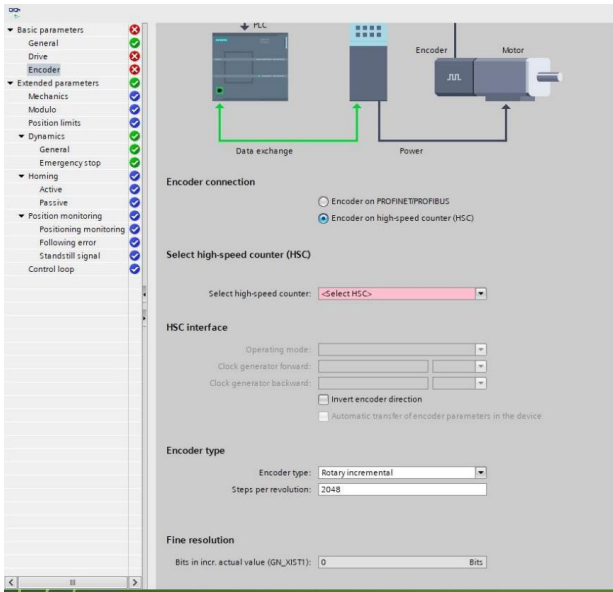
Технологічні об'єкти S7-1200 – PID-контроль



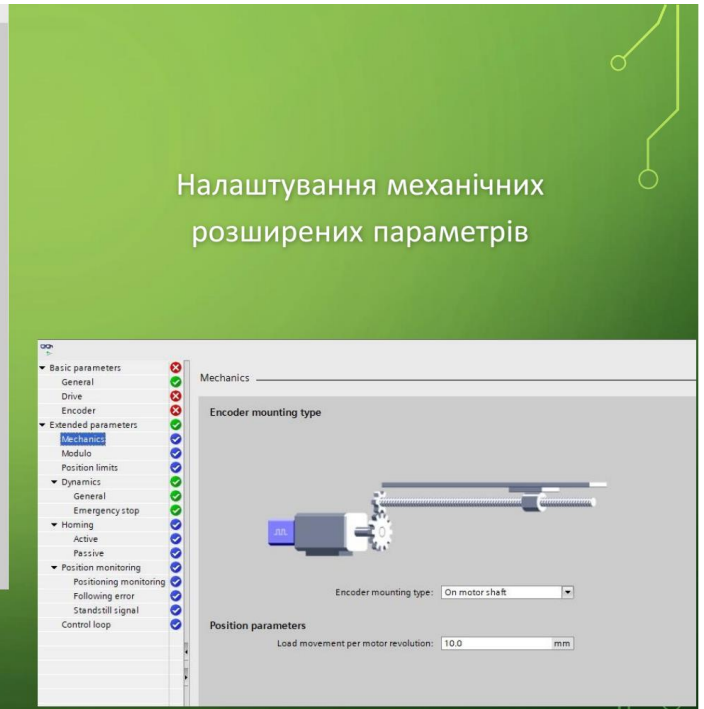
Створення нового ТО асинхронного двигуна

Налаштування частотного регулятора SINAMICS G120

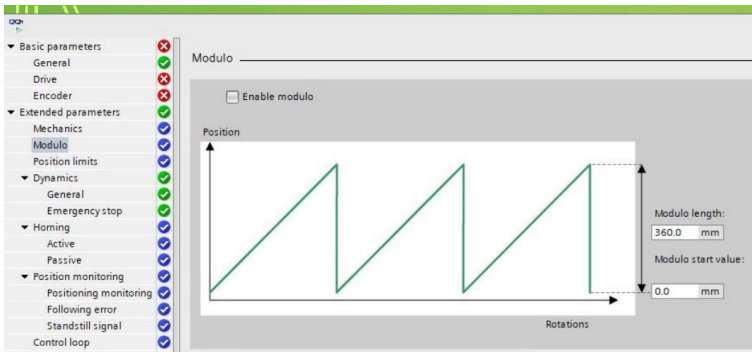




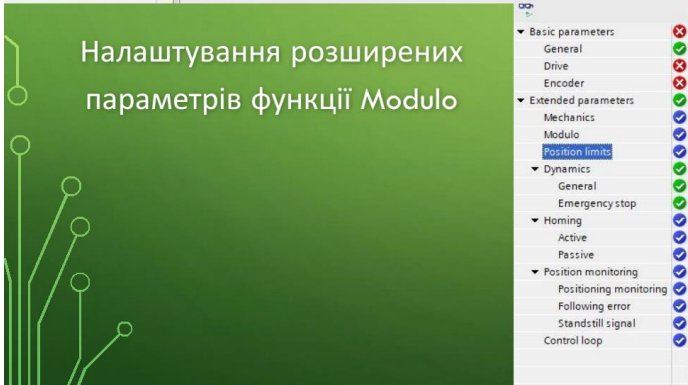
Налаштування високошвидкісного лічильника



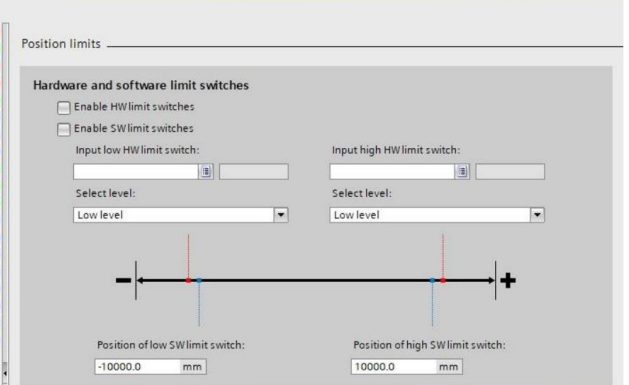
Налаштування механічних розширених параметрів



Налаштування границь положення TO



Налаштування розширених параметрів функції Modulo

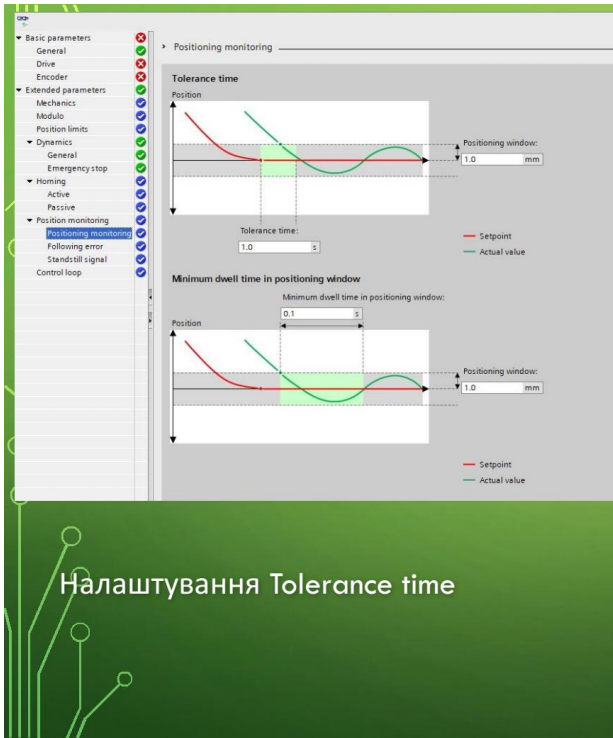


Налаштування головних динамічних параметрів у вкладці Dynamics

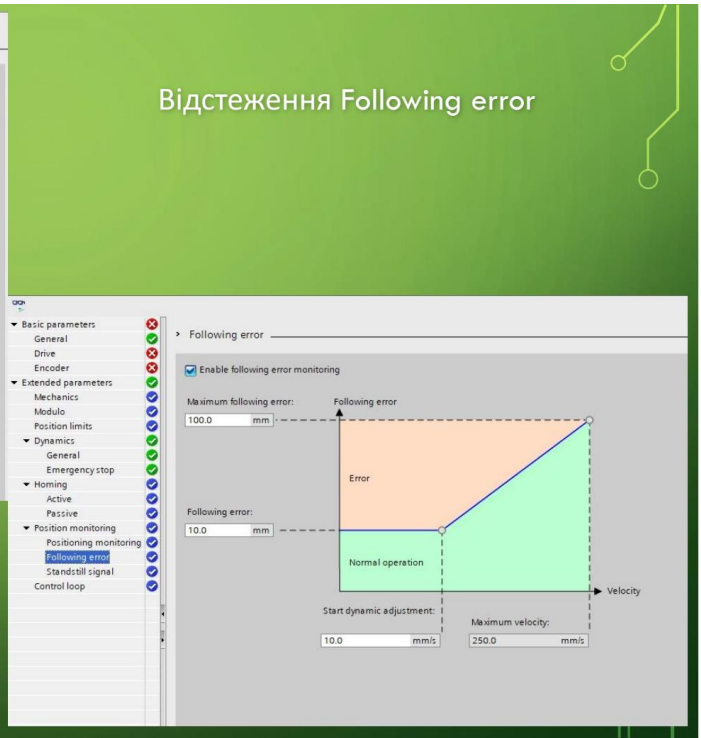
Налаштування параметра Dynamics®Emergency stop

Активне налаштування самонаведення транспортера

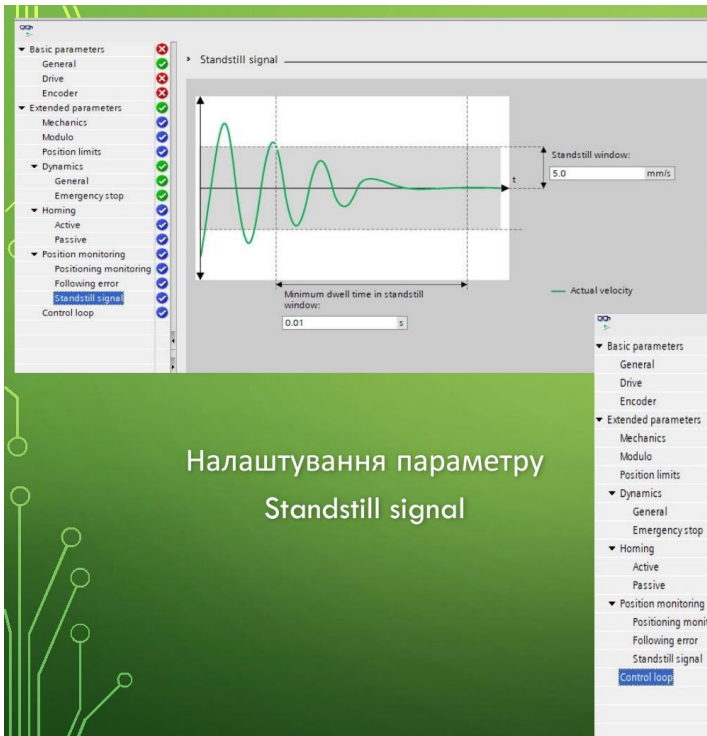
Пасивне налаштування самонаведення транспортера



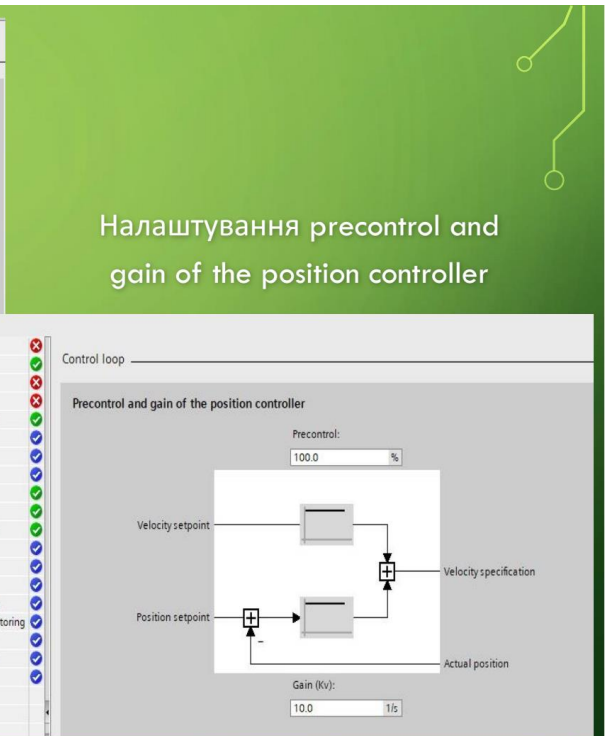
Налаштування Tolerance time



Відстеження Following error



Налаштування параметру Standstill signal



Налаштування precontrol and gain of the position controller

The image shows two overlapping windows from a software application. The 'Axis control panel' window on the left contains a 'Command' dropdown set to 'Jog', 'Current values' for Velocity (50.0 mm/s), Acceleration/deceleration (35.0 mm/s²), Jerk (192.0 mm/s³), and Position (0.0 mm). It also features 'Backward' and 'Forward' buttons, an 'Axis status' section with checkboxes for Enabled, Homed, Ready, Axis error, Encoder values valid, Simulation active, Drive error, and Restart required, and an 'Error message' field showing 'OK'. The 'Diagnostics' window on the right displays 'Status and error bits' for 'Axis: Conveer2_T0', including 'Status messages', 'Limit switch status messages', and 'Error messages'. A 'Motion status' section at the bottom shows 'Actual position: 0.0 mm', 'Position setpoint: 0.0 mm', 'Target position: 0.0 mm', 'Actual velocity: 0.0 mm/s', 'Velocity setpoint: 0.0 mm/s', and 'Remaining travel distance: 0.0 mm'.

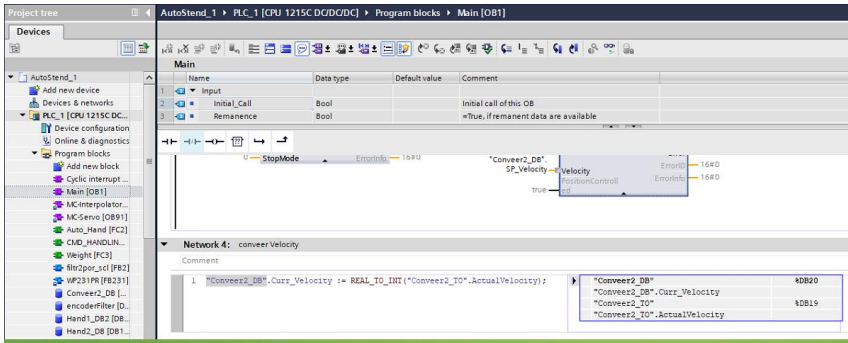
Загальний вигляд вікна Diagnostics

Вікно введення в експлуатацію (Commissioning)

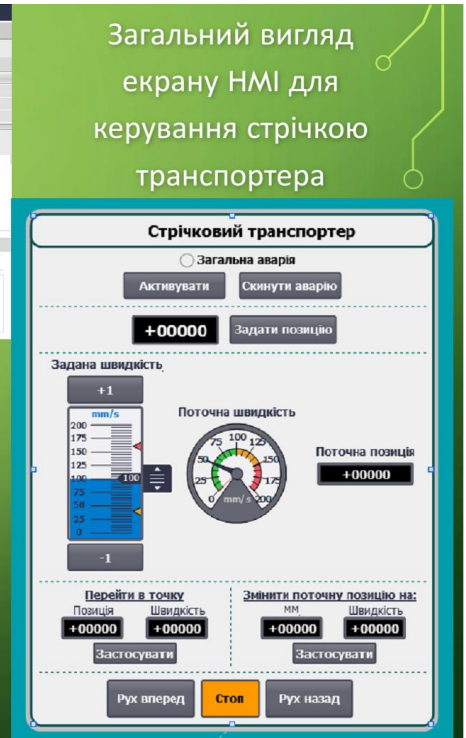
The image displays two views of a PLC program. The top view shows a Function Block Diagram (FBD) for 'Network 2: Conveer' with a comment 'Conveer2_Move Jog_DB'. It features a normally open contact labeled 'Conveer2_Power_DB' Enable and a coil labeled 'Conveer2_Reset_DB' Execute. The bottom view shows a Ladder Logic Diagram (LAD) for 'Network 3: Conveer2' with a comment 'Conveer2_Moving_DB'. It contains three parallel normally open contacts: 'Conveer2_ID' Axis JogForward, 'Conveer2_ID' Axis JogBackward, and 'Conveer2_ID' Axis SP_Velocity. Each contact is connected to a coil for 'Conveer2_Reset_DB' Execute. The software interface includes a 'Project tree' on the left and a 'Main' table with columns for Name, Data type, Default value, and Comment.

Вигляд програми на мові FBD для запуску стрічки транспортера

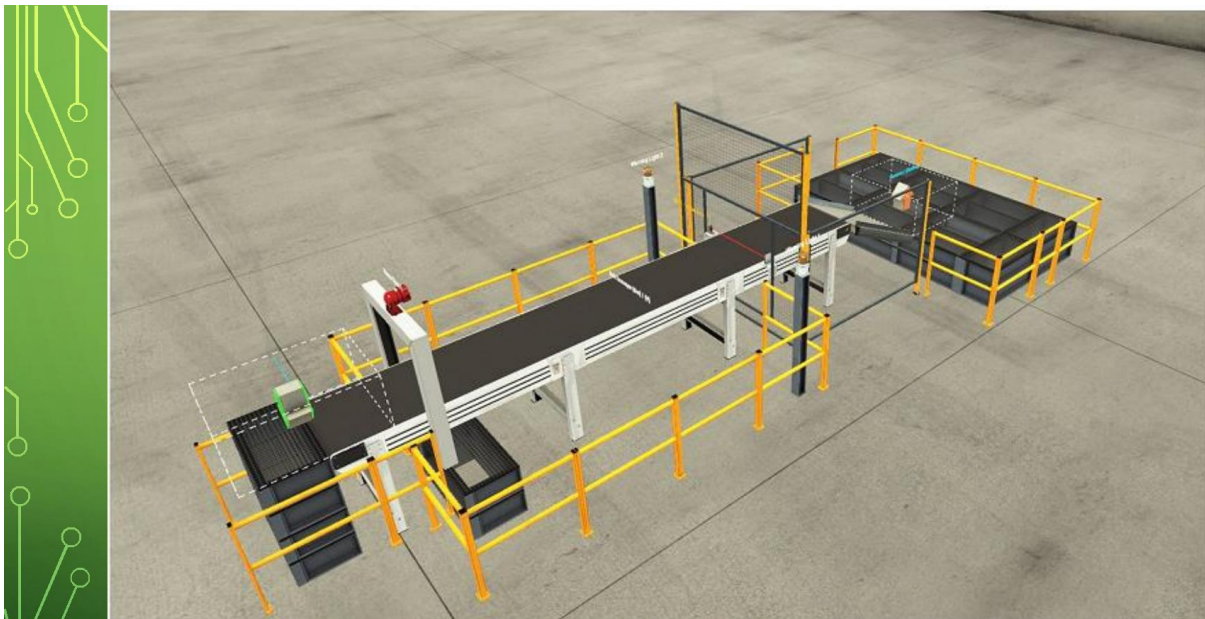
Вигляд програми на мові LAD для запуску стрічки транспортера



Вигляд програми на мові SCL для запуску стрічки транспортера



Загальний вигляд екрану HMI для керування стрічкою транспортера



Візуалізація стану стрічки транспортера з вантажем в програмному середовищі FACTORY I/O

Додаток Б

Таблиця Б.1 – Поточні стани осі та асинхронного електропривода

Повідомлення про стан (Status message)	Опис
Enabled	Ось увімкнена та готова до керування за допомогою команд керування рухом
Homed	Ось самонаведена та здатна виконувати команди абсолютного позиціонування інструкції керування рухом MC_MoveAbsolute
Ready	Привод готовий до роботи
Axis error	Сталася помилка в ТО позиціонування осі. У вікні Повідомлення про помилку відображається детальна інформація про причину помилки
Encoder values valid	Значення енкодера є дійсними
Simulation active	Ось моделюється в центральному процесорі. Уставки не виводяться на привод
Drive error	Електропривод повідомив про помилку через втрату сигналу Електропривод готовий
Restart required	Модифікована конфігурація осі була завантажена в пам'ять завантаження в режимі CPU RUN. Щоб завантажити змінену конфігурацію в робочу пам'ять, потрібно перезапустити ось. Для цього скористайтесь інструкцією керування рухом MC_Reset

Додаток В

 Modern trends in engineering, technology and transport development

УДК 658.5:005.591.6; 681.5

Слободян А.С., Макаришкін Д.А.
Хмельницький національний університет**МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ СТРІЧКОВОГО
КОНВЕЄРА ФІРМИ SIEMENS**

Анотація. Загально відомо, що транспортування вантажів на великі відстані є досить важливою ланкою в більшості технологічних процесів на виробництвах. Тому використання конвеєрного транспорту є досить розповсюдженим на сучасному етапі розвитку промисловості, найбільш поширеними є саме стрічкові конвеєри через високу продуктивність та гнучку будову. Для підвищення ефективності праці на підприємствах ставиться задача автоматизації конвеєрного транспорту, розробка системи автоматичного керування (САК) із можливістю контролю в режимі реального часу дозволить реалізувати дистанційне керування стрічковим конвеєром безпосередньо із автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.

Ключові слова: мехатроніка, автоматизація, стрічковий конвеєр, моделювання, технологічний об'єкт, система автоматичного керування, цифровий двійник, TIA PORTAL V.15.1.

SIMULATION OF SIEMENS BELT CONVEYOR OPERATION

Abstract. It is well known that transportation of goods over long distances is an important link in most technological processes in industries. Therefore, the use of conveyor transport is quite widespread at the present stage of industrial development, the most common are belt conveyors because of their high efficiency and flexible structure. To improve the efficiency of labor at enterprises the problem of automation of conveyor transport is set, the development of automatic control system with the ability to monitor in real time will allow to implement remote control of the belt conveyor directly from the automated workplace (AWP) of the operator.

Key words: mechatronics, automation, belt conveyor, simulation, technological object, automatic control system, digital twin, TIA PORTAL V.15.1.

Постановка проблеми. Загально відомо, що транспортування вантажів на великі відстані є досить важливою ланкою в більшості технологічних процесів на виробництвах. Використання конвеєрного транспорту є досить розповсюдженим в сучасній промисловості, найбільш поширеними видом є стрічкові конвеєри через їх високу продуктивність та гнучкість будови.

Для підвищення ефективності роботи на промислових підприємствах ставиться завдання автоматизації конвеєрного транспорту, розробка системи автоматичного регулювання (САР) із можливістю легкого контролю в режимі реального часу, що в свою чергу дозволяє реалізувати дистанційне керування стрічковим конвеєром безпосередньо із автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.

Аналіз робіт провідних закордонних та вітчизняних вчених [1-6] доводять, що найбільш перспективним заходом для поліпшення технологічних показників є комплексна автоматизація технологічних та інформаційних процесів виробництва за допомогою використання інтегрованих систем інтелектуального, оптимального та адаптивного керування. У зв'язку з досить складними умовами праці завданням САР стрічкового конвеєра є зменшення використання людської сили або взагалі її повне виключення.

Метою роботи є: моделювання роботи стрічкового конвеєру для виконання необхідних досліджень його роботи в якості цифрового двійника.

Виклад основного матеріалу. Моделювання роботи стрічкового конвеєра виконується в програмному середовищі TIA Portal V.15.1 [7, 8, 9] із застосуванням Technology objects (ТО).

TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) – інтегроване середовище розробки програмного забезпечення систем автоматизації технологічних процесів на основі обладнання виробництва фірми «Siemens». У TIA Portal об'єднані три основних програмних пакети:

- 1) Simatic Step 7 V.15 для програмування контролерів S7-1200, S7-300, S7-400 і WinAC;
- 2) Simatic WinCC V.15 для розробки людино-машинного інтерфейсу (програмування сенсорних панелей та SCADA-систем);
- 3) Sinamics StartDrive V.15 для програмування перетворювачів частоти Sinamics.

У межах цих технологічних об'єктів доступні функції інкапсулюються та надаються розробнику програми для зручного доступу та використання в середовищі програмування.

Зокрема, в області «Керування рухом» ці ТО використовують для спрощення керування та обробки осей та додаткових функцій керування рухом та для підтримки користувача у створенні користувацької програми із функціоналами керування рухом.

ТО для керування рухом в SIMATIC має наступні властивості:

- представляє програмний об'єкт у контролері;
- представляє механічні компоненти;
- інкапсулює технологічну функціональність;
- дозволяє рівномірне налаштування та конфігурацію;
- забезпечує просте підключення накопичувачів та кодерів, а також розподіленого введення–виведення;
- містить механічну конфігурацію, моніторинг та обмеження привода та механіки, яка до нього підключена;
- адресація ТО здійснюється за допомогою інструкцій користувача програми PLCopen щодо керування рухом.

Це гарантує просте та стандартизоване використання функцій контролю руху в SIMATIC.

ТО для керування рухом (Motion control):

- ТО Позиційна вісь (TO_PositioningAxis) відображає компонент механічного привода в контролері. Завдяки користувацькій програмі завдання розміщення можна розміщувати, використовуючи інструкції PLCopen керування рухом;

- ТО Таблиця команд (TO_CommandTable) дозволяє створювати команди керування рухом та профілі руху в таблиці за допомогою PLCopen. Створені профілі застосовуються до фізичного диска з технологічним об'єктом Вісь.

ТО для PID-контролю:

- універсальний контроль (PID_Compact) – ТО PID_Compact забезпечує універсальний PID-контроль із інтегрованою оптимізацією. Він відповідає блоку даних екземпляра інструкції PID_Compact. Під час виклику інструкції PID_Compact цей блок даних також повинен бути переданий. PID_Compact включає всі налаштування для певного циклу керування. Коли ви відкриваєте цей ТО, вас підтримує спеціальний редактор для конфігурації елемента керування;

- 3-ступінчасте керування (PID_3Step) – ТО PID_3Step забезпечує PID-контроль із інтегрованою оптимізацією для клапанів. Він відповідає блоку даних екземпляра інструкції PID_3Step. Під час виклику інструкції PID_3Step цей блок даних також повинен бути переданий. PID_3Step включає всі налаштування для певного циклу керування. Коли ви відкриваєте цей ТО, вас підтримує спеціальний редактор для конфігурації елемента керування;

– контроль температури (PID_Temp) – ТО PID_Temp забезпечує безперервний PID-контроль із інтегрованою оптимізацією. PID_Temp спеціально розроблений для контролю температури. Для цього доступні два виходи, один для опалення та один для охолодження. ТО відповідає блоку даних екземпляра інструкції PID_Temp. Під час виклику інструкції PID_Temp цей блок даних також повинен бути переданий. PID_Temp включає всі налаштування для певного циклу керування. Коли ви відкриваєте цей ТО, вас підтримує спеціальний редактор для конфігурації елемента керування.

Висновки. Описано перший етап моделювання роботи асинхронного двигуна стрічкового конвеєра в програмному середовищі TIA Portal, а саме створення технологічного об'єкту такого двигуна, тобто створення його цифрового двійника. Проаналізовано необхідні технологічні параметри, які необхідно задати в цифровому двійнику та відповідно на реальному стрічковому конвеєрі.

Література

1. Автоматизований електропривод машин та установок: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавр за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / О.В. Чермалих, О.В. Данілін, А.В. Босак, Л.В. Торопова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 24,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 61 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41535>.
2. Баховець Б.О. Автоматизований електропривод: навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2011. - 238 с.
3. Автоматизированный электропривод машин и установок шахт и рудников. Учеб. пособ. для студ. высш. учебн. завед. / К.Н. Маренич, Ю.В. Товстик, В.В. Турупалов, С.В. Василец, И.Я. Лизан. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2015. – 252 с.
4. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с. ISBN 978-966-695-502-2.
5. Yusong Pang. Intelligent belt conveyor monitoring and control / Yusong Pang. – Technische university Delft, 2010. – 196 p.
6. Bart Zeeuw van der Laan. System reliability analysis of belt conveyor / Bart Zeeuw van der Laan. – Transportation engineering, 2016. – 73 p.
7. Руководство по программированию S7-1200/S7-1500. STEP 7 (TIA Portal) и STEP 7 Safety в TIA Portal – Entry-ID: 81318674, V1.4, 11/2015. – 109 с.
8. Програмируемый контроллер S7-1200. Системное руководство. 11/2009, A5E02669003-02.
9. The Technology Objects (TO) of SIMATIC S7-1500(T). TIA Portal V14/SIMATIC S7-1500/SIMATIC S7-1500T. – Entry ID: 109743134, V1.0, 05/2017 – 60 p.

Додаток Г

Міжнародний науково-технічний журнал
«Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах»

ISSN 2219-9365

<https://doi.org/10.31891/2219-9365-2022-70-2-13>

УДК 658.5:005.591.6; 681.5

Андрій СЛОБОДЯН
Хмельницький національний університет
slobodian2145@gmail.com
Денис МАКАРИШКІН
Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0003-3447-811X>
makaryshkin@ukr.net
Павло МАЙДАН
Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0003-3319-8730>
maidanp@khmnu.edu.ua
Юлія СОКОЛАН
Хмельницький національний університет
<https://orcid.org/0000-0002-0273-5719>
sokolan.julia@gmail.com

МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ СТАНУ СТРІЧКОВОГО КОНВЕЄРА В ПРОГРАМНОМУ СЕРЕДОВИЩІ TIA PORTAL V.15.1 (ПОВІДОМЛЕННЯ 1)

Загально відомо, що транспортування вантажів на великі відстані є досить важливою ланкою в більшості технологічних процесів на виробництвах. Тому використання конвеєрного транспорту є досить розповсюдженим на сучасному етапі розвитку промисловості, найбільш поширеними є саме стрічкові конвеєри через високу продуктивність та гнучку будову. Для підвищення ефективності праці на підприємствах ставиться задача автоматизації конвеєрного транспорту, розробка системи автоматичного керування (САК) із можливістю контролю в режимі реального часу дозволить реалізувати дистанційне керування стрічковим конвеєром безпосередньо із автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.

В роботі наведено результати моделювання роботи стрічкового конвеєра, виконані в програмному середовищі TIA PORTAL V.15.1. А саме перший етап, створення технологічних об'єктів, що використовуються в якості цифрових двійників для запуску асинхронного двигуна, який розташований на технологічній лінії.

Створення технологічних об'єктів дозволить перевірити правильність роботи маніпулятора в тестовому режимі, визначити та запрограмувати необхідні швидкості та прискорення, місця встановлення та розширені налаштування лічильників, відслідкувати та виключити можливі помилки при запуску в роботу.

Проаналізовано необхідні технологічні параметри, які необхідно задати в цифровому двійнику та відповідно на реальному стрічковому конвеєрі: налаштування головних динамічних параметрів, налаштування самонаведення осі, налаштування часу допуску, налаштування попереднього керування та посилення контролера положення. В подальшому буде розглянуто введення двигуна в експлуатацію в тестовому режимі та розробку необхідної програми для запуску двигуна в реальному технологічному процесі, з наступною візуалізацією технологічної лінії.

Ключові слова: мехатроніка, автоматизація, стрічковий конвеєр, асинхронний двигун, моделювання, технологічний об'єкт, система автоматичного керування, автоматизоване робоче місце, цифровий двійник, TIA PORTAL V.15.1.

Andrii SLOBODIAN, Denys MAKARYSHKIN, Pavlo MAIDAN, Julia SOKOLAN
Khmelnitskyi National University

SIMULATION AND VISUALIZATION OF THE BELT CONVEYOR STATE IN THE TIA PORTAL V.15.1 SOFTWARE ENVIRONMENT (NOTIFICATION 1)

It is well known that transportation of goods over long distances is an important link in most technological processes in industries. Therefore, the use of conveyor transport is quite widespread at the present stage of industrial development, the most common are belt conveyors because of their high efficiency and flexible structure. To improve the efficiency of labor at enterprises the problem of automation of conveyor transport is set, the development of automatic control system with the ability to monitor in real time will allow to implement remote control of the belt conveyor directly from the automated workplace (AWP) of the operator.

This paper presents the results of modeling the belt conveyor made in the software environment TIA PORTAL V.15.1. Namely, the first stage of creating technological objects used as digital twins to run the induction motor, which is located on the production line. Creation of technological objects will allow to check the correctness of the manipulator in the test mode, to determine and program the necessary speeds and accelerations, places of installation and advanced settings of counters, to track possible errors during the start-up.

Analyzed the necessary process parameters to be set in the digital twin and on the real belt conveyor: setting the main dynamic parameters, setting the self-targeting axis, setting the tolerance time, setting the previous control and amplification of the position controller. Further it will be considered to commission the motor in test mode and develop the necessary program to run the motor in a real technological process, followed by visualization of the technological line.

Key words: mechatronics, automation, belt conveyor, asynchronous motor, simulation, technological object, automatic control system, automated workplace, digital twin, TIA PORTAL V.15.1.

International Scientific-technical journal
«Measuring and computing devices in technological processes» 2022, Issue 2

**Постановка проблеми у загальному вигляді
та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями**

Загально відомо, що транспортування вантажів на великі відстані є досить важливою ланкою в більшості технологічних процесів на виробництвах. Тому використання конвеєрного транспорту є досить розповсюдженим на сучасному етапі розвитку промисловості, найбільш поширеними є саме стрічкові конвеєри (рис. 1) через високу продуктивність та гнучку будову.

Для підвищення ефективності праці на підприємствах ставиться задача автоматизації конвеєрного транспорту, розробка системи автоматичного керування (САК) із можливістю контролю в режимі реального часу дозволить реалізувати дистанційне керування стрічковим конвеєром безпосередньо із автоматизованого робочого місця (АРМ) оператора.

Проведений аналіз робіт [1, 2, 4] присвячених автоматизації процесу транспортування вантажів за допомогою стрічкових конвеєрів, показав, що при проектуванні САК стрічковим конвеєром, необхідно враховувати математичну модель та необхідні закони керування.



Рис.1. Загальний вигляд стрічки конвеєру разом із частотним перетворювачем Sinamic G120 та двигуном

Спроектвана САК стрічковим конвеєром повинна забезпечувати наступні функції:

- контролювати швидкість та прискорення руху стрічки конвеєра;
- дозволити екстрені зупинки стрічки конвеєра прямо із АРМ оператора або за допомогою блоку керування;

- автоматизацію роботи, яка здійснюється безпосередньо з АРМ оператора;
- забезпечення необхідного рівня захисту (екстрені та аварійні зупинки), тобто можливість зупинки стрічки конвеєру в будь-якому місці при зниженні швидкості чи при спрацюванні датчиків;
- відображення на блоці керування стрічкою конвеєра та АРМ оператора всієї необхідної інформації про стан обладнання:

1. Індикація про режими роботи стрічки конвеєра, напрямку та швидкість руху та інших необхідних технологічних параметрів;
2. Аварійна індикація всіх видів блокувань та вимикань;
3. Причини зупинки стрічки конвеєра, в цілому або її складових;
4. Відображення на АРМ оператора стану об'єктів керування.

Аналіз досліджень та публікацій

Відомо, що розвиток економіки України досить суттєво обумовлений стабільною роботою підприємств, які пов'язані із гірничо-металургійним комплексом країни і на яких досить поширене використання стрічкових конвеєрів.

При цьому на конкурентоздатність нашої продукції мають суттєвий вплив наступні чинники: висока питома енергоємність процесів, низька якість продукції та досить високі втрати. Це в свою чергу, призводить до покрокового підвищення собівартості робіт. Відомо різні шляхи подолання цих проблем: повна заміна застарілого обладнання (в більшості випадків зношення основних фондів складає 80-90% на деяких підприємствах) або вдосконалення існуючих автоматичних систем тощо.

Дослідження провідних закордонних та вітчизняних вчених [1-7] доводять, що найбільш перспективним заходом для поліпшення технологічних показників є комплексна автоматизація технологічних та інформаційних процесів виробництва за допомогою застосування інтегрованих систем інтелектуального, оптимального та адаптивного керування. У зв'язку з досить складними умовами праці

завданням САК стрічкового конвеєра є зменшення використання людської сили або взагалі її повне виключення.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: моделювання роботи стрічкового конвеєру в програмних середовищах TIA PORTAL V.15.1 та MATLAB, для виконання необхідних досліджень його роботи в якості цифрового двійника.

Виклад основного матеріалу

Для спрощення застосування деяких технологічних функцій, які можна використовувати разом із контролером SIMATIC, в програмному середовищі TIA Portal [8] було використано так звані Technology objects (TO). При використанні таких TO доступні функції інкапсулюються та надаються розробнику програми для зручності доступу та зручного використання в програмному середовищі [9, 10].

TO для «Motion control» (рис. 2) – так званий технологічний об'єкт «TO_PositioningAxis», що використовується для відображення компонент механічного привода в ПЛК серії 1200, 1500 [8, 10].

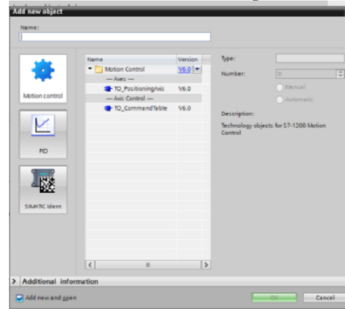


Рис. 2. Вибір типу TO для ПЛК S7-1200 для керування рухом осі

У вікні конфігурації «Drive» виконується необхідне налаштування генератора імпульсів, а також вмикання привода та зворотній зв'язок із ним (рис. 3).

Обираємо в якості привода для стрічкового конвеєру Drive→PROFIdrive, привід підключено через PROFINET/PROFIBUS. Зв'язок між контролером та приводом здійснюється за допомогою телеграм PROFIdrive, одиниці вимірювання Position unit→мм, моделювання Simulation→No simulation.

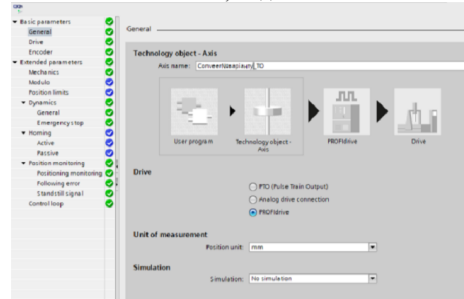


Рис. 3. Створення нового TO для керування асинхронним двигуном стрічкового конвеєра

Наступний крок, налаштуємо частотний регулятор. У вікні конфігурації Drive налаштуємо з'єднання для передачі даних та параметри накопичувача PROFIdrive.

Привід типу PROFIdrive (y V6):

– підключення даних (Data connection) – у списку, що випадає, обираємо, чи потрібно підключати дані безпосередньо за допомогою приводного пристрою або за допомогою редагованого блоку даних у програмі користувача;

– привід (Drive) – у полі Drive обираємо уже налаштований PROFIdrive;

– блок даних (для з'єднання даних Data block) – обираємо раніше створений блок даних, який містить змінну структуру типу даних PD_TELx («x» означає номер телеграми, яка буде використовуватись).

Обмін даними із приводом (Data exchange with the drive) – у цій області виконується налаштування обміну даними між приводом та контролером. Телеграма привода (Drive telegram) (для підключення даних:

Data block не можна змінювати). У списку, що випадає, перевіряємо або обираємо телеграму привода. Специфікація повинна відповідати конфігурації пристрою накопичувача:

- вхідна/вихідна адреси (Input/output address) – поля показують символічну та абсолютну вхідну та вихідну адреси телеграми;
- інвертувати напрям руху (Invert drive direction) – щоб змінити напрям обертання привода, необхідно встановити прапорець (рис. 4);
- автоматична передача параметрів привода в пристрій (Automatic transfer of drive parameters in the device) – необхідно встановити прапорець, якщо ми хочемо, щоб параметри накопичувача Reference speed та Maximum speed передавались як значення з конфігурації накопичувача на CPU. Параметри накопичувача передаються з шини після (повторної) ініціалізації ТО та (повторного) запуску накопичувачів та центрального процесора.

Крім того, потрібно синхронізувати наступні параметри вручну:

- рекомендована швидкість (Reference speed) – виконується налаштування рекомендованої швидкості, щоб вона відповідала швидкості в конфігурації привода. На шині передається значення 16#4000, наприклад, що відповідає 100 % рекомендованої швидкості;
- максимальна швидкість (Maximum speed) – налаштовується максимальна швидкість привода в цьому полі. Максимальна швидкість отримується з конфігурації привода, по шині може передаватися максимум від мінус 200 % до +200 % рекомендованої швидкості. Таким чином, максимальна швидкість може бути вдвічі більшою за рекомендовану швидкість.

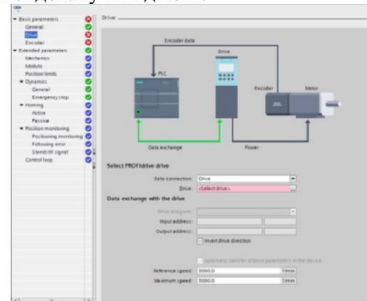


Рис. 4. Налаштування частотного регулятора SINAMICS G120

Select PROFIdrive drive→Data connection з меню, що випадає, обираємо Drive, Select PROFIdrive drive→Drive потім обираємо Drive_1.

Data exchange with the drive→Drive telegram обираємо DP_TEL1_STANDART. Програма автоматично підтягує необхідні її значення:

- Data exchange with the drive→Input address→Axis_1_Drive_IN→%I256.0;
- Data exchange with the drive→Output address→Axis_1_Drive_OUT→%Q256.0.

Якщо встановити галочку у вікні Invert drive direction то програма інвертує напрям руху обертання валу асинхронного двигуна. Максимальна швидкість руху залежить від обладнання та встановлюється на рівні 3000 хв⁻¹ автоматично.

Налаштування високошвидкісного лічильника (encoder) (рис. 5) – (encoder on high-speed counter – HSC).

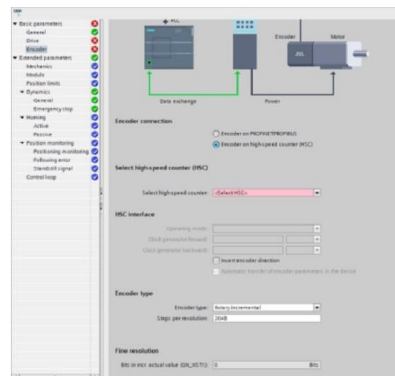


Рис. 5. Налаштування лічильника для асинхронного двигуна стрічкового конвеєра

Виконується аналогічно описаній раніше методиці [8, 10], наведемо лише головні характеристики. Encoder connection → Encoder on high-speed counter (HSC), відповідно далі обираємо Select high-speed counter (HSC) → HSC_1.

Вікно HSC interface заповниться автоматично:

- Operation mode → A/B counter;
- Clock generator A → HSC_1_A → %I0.0;
- Clock generator B → HSC_1_B → %I0.1.

Якщо встановити галочку у вікні Invert encoder direction то програма інвертує напрям обрахунку обертання валу асинхронного двигуна.

- Encoder type → Rotary incremental;
- Steps per revolution → 1000;
- Fine resolution → Bits in incr. actual value (GN_XIST1) → 0 bits.

Налаштування розширених механічних параметрів електродвигуна (Extended parameters) наведено на рис. 6.

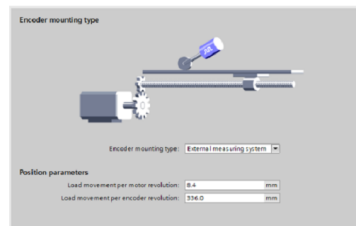


Рис. 6. Налаштування механічних розширених параметрів встановлення лічильника для асинхронного двигуна стрічкового конвеєра

Тип кріплення лічильника (Encoder mounting type) – у списку, що випадає, необхідно обрати спосіб його встановлення на механізмі. Можливі наступні типи встановлення лічильника:

1. На валу двигуна (On motor shaft) – зовнішня вимірювальна система (лише поворотні лічильники).

Навантаження на валу за оберт двигуна (Load motion per motor revolution) – у цьому полі налаштуємо відстань навантаження для одного обертання двигуна.

2. Параметри положення (Position parameters) – залежно від обраного типу встановлення лічильника, налаштуємо наступні параметри положення:

- навантаження на валу за оберт двигуна (Load motion per motor revolution) – у цьому полі налаштуємо відстань навантаження для одного обертання;

- відстань за оборот лічильника (Distance per encoder revolution) – у цьому полі налаштуємо відстань, що реєструється зовнішньою вимірювальною системою за кожен оберт лічильника.

Отже, тип кріплення лічильника (Encoder mounting type) обираємо з спадного вікна → External measuring system.

Position parameters → Load movement per motor revolution → 8.4 mm.

Load movement per encoder revolution → 336.0 mm.

Modulo (лише для підключення PROFIdrive/аналогового привода) – використовуємо параметр Modulo (рис. 7), якщо хочемо обмежити діапазон обходу до періодичної відстані на основі довжини продукту/циклу продукту. Функція Modulo можлива лише при контрольованому положенні осі, коли ввімкнено Modulo, значення положення ТО представляється за допомогою періодичного діапазону модулів. Діапазон за Modulo визначається початковим значенням і довжиною.

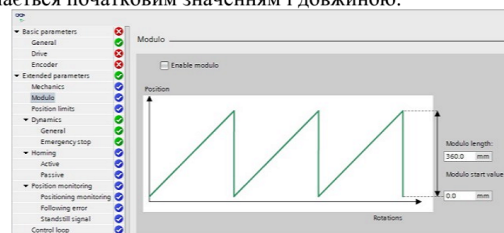


Рис. 7. Налаштування розширених параметрів Modulo

Наприклад, щоб обмежити значення положення осі одним повним обертанням, діапазон модулів можна визначити з початковим значенням – 0° та довжиною – 360°. З роздільною здатністю лічильника – 0,1° на крок лічильника значення положення відображається в діапазоні модулів від 0,0° до 359,9°. Якщо

вісь у цьому випадку рухається до положення -400° , досягається фактичне положення -40° (400° до 360°).

Коли активовано Modulo, необхідно вказувати напрям руху в інструкції керування рухом MC_MoveAbsolute із входнім параметром Direction. Доступні наступні значення параметрів [10]:

- 0 – швидкість (параметр Velocity) визначає напрям руху;
- 1 – до вказаного положення рухаються в позитивному напрямі;
- 2 – до вказаного положення рухаються в негативному напрямі;
- 3 – починаючи з поточного положення, технологія вибирає найкоротшу відстань до вказаного положення.

Увімкнути функцію Modulo (Enable modulo) – треба встановити прапорець Enable modulo, щоб використовувати повторювану систему відліку для осі (наприклад, від $0,0^\circ$ до $359,9^\circ$), дивись рис. 7.

Початкове значення Modulo (Modulo start value) – у цьому полі визначте положення, з якого повинен починатись діапазон модулів (наприклад, 0°). Довжина за модулем (Modulo length) – у цьому полі визначають довжину модульного діапазону (наприклад, 360°). Якщо не встановимо галочку у вікні Enable modulo то функція не використовується [10].

Вікно конфігурації Position limits – використовують для налаштування границь положення об'єкта для стрічкових конвєсєрів (рис. 8).

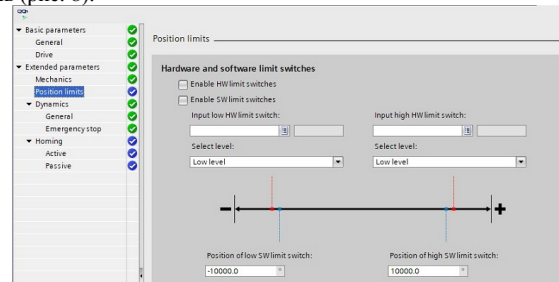


Рис. 8. Налаштування вкладки Position limits для налаштування границь положення об'єкта стрічкового конвєсєра

Якщо підключити кінцеві вимикачі (HW limit switchers) – то активуємо функцію нижнього та верхнього апаратних вимикачів за допомогою цього прапорця. Апаратні кінцеві вимикачі можуть використовуватись для цілей реверсування напрямку під час процедури самонаведення.

Кінцевий вимикач (SW limit switchers) – за його допомогою, можливо активувати функцію нижнього та верхнього кінцевих вимикачів програмного забезпечення за допомогою цього прапорця. Проте необхідно враховувати, що активовані програмні кінцеві вимикачі діють лише на самонаведеній осі.

Введення осей відбору потужності повинно мати можливість переривання. Ви досягаєте найкоротшого часу відгуку за допомогою входів, що підтримують переривання, з підключенням накопичувача через з'єднання PROFIdrive/аналоговий привод. Цифрові входи центрального процесора та цифрові входи підключеної сигнальної плати можуть бути обрані як входи з можливістю переривання для кінцевих вимикачів HW. Але за замовчуванням для цифрових входів встановлено час фільтрації 6,4 мс. Якщо їх використовувати як апаратні кінцеві вимикачі, можуть виникнути небажані уповільнення, в такому випадку необхідно зменшити час фільтрації для відповідних цифрових входів.

Час фільтра можна встановити в розділі Input filter у конфігурації пристрою цифрових входів. У списку, що випадає, обираємо рівень сигналу, доступний на центральному процесорі, коли наближається апаратний обмежувач:

- Low level (normally closed contact)/Низький рівень (нормально замкнутий контакт) – 0 В (FALSE) на вході центрального процесора відповідає апаратному кінцевому вимикачу;
- High level (normally open contact)/Високий рівень (нормально відкритий контакт) – 5 В/24 В (TRUE) на вході процесору – наближений апаратний кінцевий вимикач (фактична напруга залежить від обладнання, що використовується).

Програмний верхній/нижній граничний вимикач (Software high/low limit switch). Необхідно ввести значення положення нижнього та верхнього кінцевих вимикачів програмного забезпечення у ці поля.

Значення верхнього граничного вимикача програмного забезпечення повинно бути більшим або рівним значенню програмного нижнього граничного вимикача.

Налаштування динамічних параметрів (dynamics) – налаштування максимальної швидкості, швидкості запуску/зупинки, прискорення та сповільнення і границі поштовху (позиціонування осі TO у V2) осі у вікні конфігурації Загальна динаміка/General dynamics [8, 10].

Одиниця обмеження швидкості Unit of velocity limits – у списку, що випадає, необхідно вказати одиницю вимірювання, за допомогою якої потрібно встановити обмеження швидкості. Набір одиниць тут залежить від одиниці вимірювання, встановленої в розділі Конфігурація→Основні параметри→Загальні

(Configuration→Basic parameters→General), і використовується лише для спрощення введення. Це забезпечує можливість ввести максимальну швидкість як значення швидкості двигуна в об/хв (рис. 9).

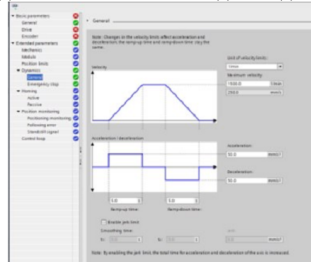


Рис. 9. Налаштування головних динамічних параметрів ТО асинхронного двигуна стрічки конвеєра

Можливо виникне помилка округлення. Коли обираємо іншу одиницю в списку *Одиниця обмеження швидкості (Unit of velocity limitation)*, ніж у *Конфігурація→Основні параметри→Загальні (Configuration→Basic parameters→General)*, зверніть увагу, що може статися помилка округлення.

Максимальна швидкість/швидкість запуску/зупинки (*Maximum velocity/Start/stop velocity*), в цих вікнах необхідно вказувати максимально допустиму швидкість та швидкість запуску/зупинки осі. Швидкість запуску/зупинки є мінімально допустимою швидкістю осі і може бути налаштована лише для приводного з'єднання через ПТО (*Pulse Train Output*). Для підключення привода через PROFIdrive або аналоговий вихід швидкість запуску/зупинки фіксується на нулі. Максимальна швидкість при підключенні через PROFdrive або аналоговий вихід становить $1,0e12$ вибраної одиниці вимірювання (наприклад, мм/с, °/с, ...).

Прискорення/сповільнення – *Час нарощування/Час зменшення (Acceleration/Deceleration – Ramp-up time/Ramp-down time)*, тут вказується бажане прискорення у вікнах *Ramp-up time* або *Acceleration*. Бажане уповільнення можна встановити у вікнах *Ramp-down time* або *Deceleration*.

Для ввімкнення обмеження поштовху (*jerk limit*), позиціонуючи ТО осі асинхронного двигуна (у V2) необхідно встановити необхідний прапорець. Прискорення та сповільнення осі не відбувається різко, коли активовано обмеження поштовху, а акуратно регулюється відповідно до встановленого кроку або часу згладжування. Проте починаючи з V4, прапорець більше не відображається як параметр у блоці даних технології, тому вимикаючи прапорець, значення поштовху встановлюється на 0,0.

Час округлення/поштовху, позиціонування осі ТО (у V2) (*Rounding time/jerk, positioning axis technology object*), тут треба встановити необхідне значення поштовху для прискорення та сповільнення у вікні *Поштовх (Jerk)*. Введіть бажаний час згладжування для рампи прискорення у полі *Час згладжування (Smoothing time)*. Необхідно пам'ятати, що час згладжування для V2...3, видимий у конфігурації, стосується лише рампи прискорення. Якщо значення прискорення та сповільнення різняться, час згладжування рампи уповільнення обчислюється відповідно до поштовху рампи прискорення.

Час згладжування сповільнення адаптується наступним чином:

- прискорення>сповільнення (*Acceleration>deceleration*) – час згладжування, який використовується для рампи сповільнення, коротший, ніж для рампи прискорення;
- прискорення<сповільнення (*Acceleration<deceleration*) – час згладжування, який використовується для рампи сповільнення, більший, ніж для рампи прискорення;
- прискорення=сповільнення (*Acceleration=deceleration*) – часи згладжування рампи прискорення та сповільнення рівні.

Задачі руху, запущені в програмі користувача, виконуються з вибраним поштовхом.

У вкладці швидкість (*velocity*) вказуємо: – *Unit of velocity limits*→мм/с; – *Maximum velocity*→500 мм/с.

У вкладці прискорення (*acceleration/deceleration*) вказуємо: – *acceleration*→250.0 мм/с²; – *deceleration*→250.0 мм/с².

Програма автоматично змінить час прискорення та сповільнення (*ramp-up/ramp-down time*).



Рис. 10. Налаштування параметра Аварійна зупинка для асинхронного двигуна стрічки конвеєра

Налаштування уповільнення аварійної зупинки осі у вікні конфігурації Динамічна аварійна зупинка (Dynamics emergency stop), рис. 10. У разі помилки та при відключенні осі, вісь зупиняється із цим сповільненням, використовуючи інструкцію керування рухом MC_Power (вхідний параметр StopMode=0 або 2).

Швидкість (Velocity) – тут вказані значення швидкості, налаштовані у вікні конфігурації. Загальна динаміка (General dynamics), знову відображаються в цій інформаційній області.

Сповільнення (Deceleration) – тут можливо ввести значення сповільнення для аварійної зупинки в полі Аварійне сповільнення (Emergency deceleration) або Час зниження швидкості аварійної зупинки (Emergency stop ramp-down time).

Вказане аварійне сповільнення повинно бути достатнім для своєчасного зупинення осі у випадку аварійної ситуації (наприклад, коли наближається апаратний кінцевий вимикач до досягнення механічної кінцевої зупинки). Налаштована максимальна швидкість осі повинна бути використана як основа для вибору аварійного сповільнення. Вкладка швидкість (velocity): Maximum velocity→500.0 mm/s. Вкладка сповільнення (deceleration): emergency deceleration→250 mm/s². Програма автоматично змінить час аварійного сповільнення (emergency stop ramp-down time).

Вкладка самонаведення (homing) – налаштування необхідних параметрів для активного самонаведення в вікні конфігурації Активне самонаведення (Active homing), рис. 11, а. Активне самонаведення починається за допомогою інструкції керування рухом MC_Home із вхідним параметром Режим (Mode = 3).

Режим самонаведення (тільки для підключення через PROFIdrive V5 або вище) необхідно обрати із наступних варіантів: – нульову позначку за допомогою телеграми PROFIdrive та наближеного перемикача; – нульову позначку через телеграму PROFIdrive; – позначку самонаведення через цифровий вхід.

Напрямок наближення/самонаведення (Approach/homing direction) (рис. 11) – за допомогою вибору напрямку, визначаємо напрям наближення, який використовується під час активного самонаведення, для пошуку перемикача самонаведення, а також його напрямку. Напрямок самонаведення однозначно визначає напрям руху, який вісь використовує для наближення до конфігурованого кінця перемикача самонаведення, щоб виконати операцію самонаведення.

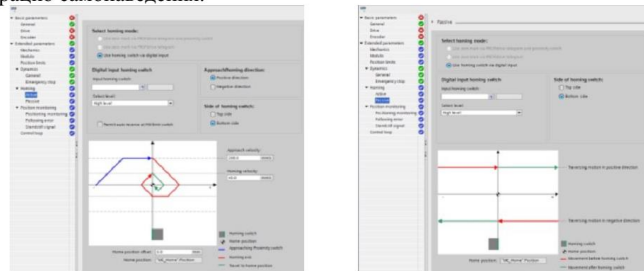


Рис. 11. Налаштування самонаведення осі асинхронного двигуна стрічки конвеєра:
а) – активне; б) – пасивне

Сторона перемикача самонаведення (Side of homing switch) – тут визначається, чи потрібно осі розміщувати на верхній або нижній стороні перемикача самонаведення.

Швидкість наближення (Approach velocity) – у цьому полі вказується швидкість, із якою слід шукати перемикач самонаведення під час процедури самонаведення.

Границі (незалежно від обраної одиниці виміру):

– швидкість запуску/зупинки ≤ швидкість наближення ≤ максимальна швидкість (Start/stop velocity ≤ approach velocity ≤ maximum velocity);

– швидкість самонаведення (Homing velocity) – у цьому полі вкажіть швидкість, з якою слід перейти до перемикача самонаведення для самонаведення, границі аналогічні попередньо наведеним;

– зміщення домашнього положення (Home position offset) – якщо бажане початкове положення відхиляється від положення перемикача самонаведення, у цьому полі можна вказати зміщення початкового положення.

Якщо значення не дорівнює 0, вісь виконує наступні дії після самонаведення на перемикачі самонаведення:

1) перемістити вісь зі швидкістю самонаведення на величину зміщення вихідного положення;

2) після досягнення Зміщення вихідного положення (home position offset) вісь знаходиться у вихідному положенні, яке було вказано у вхідному параметрі Позиція (Position) інструкції «MC_Home» керування рухом.

«Домашня позиція» або позиція самонаведення (Home position) – положення, налаштоване в інструкції керування рухом MC_Home, використовується як вихідне положення.

Налаштування необхідних параметрів для пасивного самонаведення у вікні конфігурації Наведення – пасивне (Homing – Passive) (див. рис. 11, б). Необхідно ініціювати рух для пасивного самонаведення (наприклад, використовуючи команду руху по осі). Пасивне самонаведення починається за допомогою інструкції керування рухом MC_Home із вхідним параметром Mode=2.

Можливо змінити режим самонаведення (тільки для підключення через PROFIdrive V5 або вище) із наступних режимів самонаведення:

- при використанні нульової позначки за допомогою телеграми PROFIdrive та наближеного перемикача – система перевіряє, коли досягнуто перемикача наближення. Після досягнення перемикача наближення, його знову залишають у призначеному напрямі самонаведення, виявлення нульової позначки вмикається за допомогою телеграми PROFIdrive. Коли нульова позначка досягається в попередньо обраному напрямі, тоді фактичне положення ТО встановлюється в положення початкової позначки;

- при використанні нульової позначки через телеграму PROFIdrive – система дозволяє виявляти нульові позначки, як тільки фактичне положення ТО рухається у призначеному напрямі самонаведення. Коли нульова позначка досягнута у вказаному напрямі самонаведення, фактичне положення ТО встановлюється на положення самонаведення;

- при використанні позначки самонаведення через цифровий вхід – система перевіряє стан цифрового входу, як тільки фактичне значення осі або енкодера рухається у призначеному напрямку самонаведення. Коли досягається позначка самонаведення (налаштування цифрового входу) у вказаному напрямку самонаведення, фактичне положення ТО встановлюється на положення позначки самонаведення.

Вкладка моніторинг позиціонування (Positioning monitoring) – виконується налаштування критеріїв моніторингу цільової позиції (рис. 12).

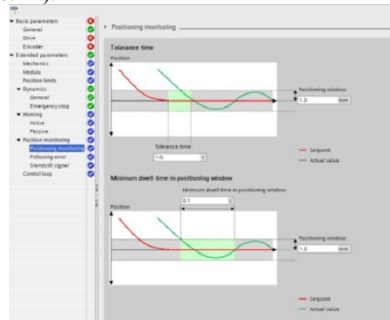


Рис. 12. Налаштування часу допуску (tolerance time) у вкладці моніторингу позиціонування

Моніторинг позиціонування контролює поведінку фактичного положення в кінці розрахунку заданого значення. Як тільки задана швидкість досягне нульового значення, фактичне значення положення повинно знаходитися в межах часу допуску (tolerance time) у вікні позиціонування. Фактичне значення не повинно виходити з вікна позиціонування протягом мінімального часу перебування.

Якщо фактична позиція досягає вікна позиціонування протягом часу допуску і залишається у вікні позиціонування протягом мінімального часу затримки, встановлюється біт стану <axis name>.StatusBits.Done.

Моніторинг позиціонування не робить жодної різниці між тим, як завершено інтерполяцію заданого значення. Наприклад, кінця інтерполяції заданого значення можна досягти наступним чином:

- до заданого значення, що досягає цільового положення;
- контрольованою позицією зупинкою під час руху за допомогою інструкції керування рухом MC_Halt.

У наступних випадках вісь зупиняється моніторингом позиціонування, а в інструкції керування рухом відображається помилка позиціонування (ErrorID16#800F):

- фактичне значення не досягає вікна позиціонування протягом часу допуску;
- фактичне значення виходить із вікна позиціонування протягом мінімального часу перебування.

Вікно позиціонування (Position window) – у цьому полі виконується налаштування розмір вікна позиціонування.

Час допуску (Tolerance time) – у цьому полі налаштуйте час допуску, протягом якого значення позиції має досягти вікна позиціонування.

Мінімальний час перебування у вікні позиціонування (Minimum dwell time in positioning window) – у цьому полі виконується налаштування мінімального часу затримки, протягом якого фактичне значення

положення повинно знаходитися у вікні позиціонування. У вікні Position window встановлюємо 5,0 мм, відповідно tolerance time→10.0 s. Встановлюємо мінімальний час перебування у вікні позиціонування для об'єкта (minimum dwell time in positioning window) в 0,1 с, відповідно вікно позиціонування залишаємо (Position window) 5,0 мм.

У вкладці Following error виконується встановлення межі похибки положення – лише для підключення PROFIdrive та аналогового привода (рис. 13) – виконується налаштування допустимого відхилення фактичного положення осі від положення заданого значення.

Наступна похибка – це різниця між заданим положенням та фактичним значенням положення осі. Час передачі заданого значення на привод та фактичного значення на контролер враховуються при розрахунку наступної похибки. Ця похибка контролюється на основі залежності від швидкості наступної межі помилок і залежить від заданої швидкості.

Постійна допустима наступна похибка може бути вказана для швидкостей, нижчих ніж регульована нижня границя швидкості. Вище цієї границі низької швидкості допустима наступна похибка збільшується пропорційно заданій швидкості. Максимальна наступна похибка допускається з максимальною швидкістю.

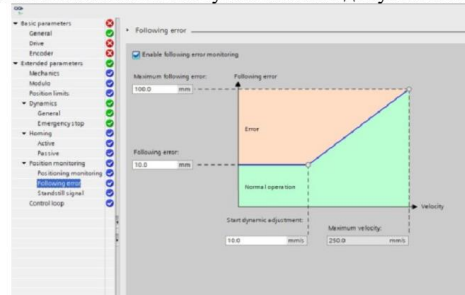


Рис. 13. Відстеження похибки положення осі

Якщо дозволена наступна похибка перевищена, вісь зупиняється і в інструкції з керування рухом відображається похибка (Error-ID16#800D).

Увімкніть моніторинг наступних похибок (Enable following error monitoring) – для цього необхідно встановити прапорець. Коли він ввімкнений то вісь зупиняється в діапазоні похибок (помаранчева зона). Максимальна наступна похибка (Maximum following error) – у цьому полі виконуємо налаштування наступної похибки, допустимої з максимальною швидкістю. Наступна похибка (Following error) – у цьому полі налаштуємо допустиму наступну похибку для низьких швидкостей (без динамічної адаптації).

Початок динамічного регулювання (Start dynamic adjustment) – у цьому полі налаштуйте швидкість, над якою слід динамічно адаптувати наступну похибку. Вище цієї швидкості, наступна похибка до максимальної швидкості, буде адаптована до максимальної наступної похибки.

Максимальна швидкість (Maximum velocity) відображається у цьому полі, вона налаштована в розділі Динаміка→Загальне (Dynamics→General).

Сигнал бездіяльності або простою (Standstill signal) використовують лише для підключення PROFIdrive та аналогового привода (рис. 14).

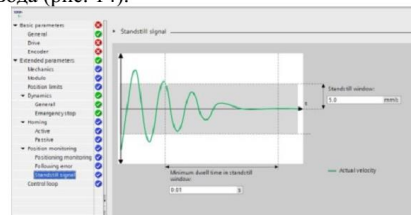


Рис. 14. Налаштування сигналу про бездіяльність для підключеного асинхронного двигуна

У вікні конфігурації Standstill signal налаштуйте критерії виявлення бездіяльності.

Для відображення бездіяльності (<Axis name>.StatusBits.Stand-Still) швидкість осі повинна залишатись у вікні бездіяльності протягом мінімального часу, тому необхідно налаштувати у вікні бездіяльності (Standstill window) його розмір. Мінімальний час перебування у вікні бездіяльності (Minimum dwell time in standstill window) – тут встановіть мінімальний час перебування у ньому. У вікні сигнал про бездіяльність (standstill signal) встановлюємо величину 500,0 мм/с, час залишаємо без змін – 0,01 с.

Налаштування контуру керування положенням (control loop) виконується лише для PROFIdrive і підключення аналогового привода (рис. 15). У вікні конфігурації control loop налаштовується попередній

контроль та коефіцієнт посилення K_v контуру керування положенням. Коефіцієнт посилення K_v має вплив на наступні параметри: точність позиціонування та контроль зупинки; рівномірність руху; час позиціонування. Чим кращі механічні умови осі (висока жорсткість), тим вище ви можете налаштувати коефіцієнт посилення K_v . Це зменшує наступну похибку, і досягається вища динамічна реакція.

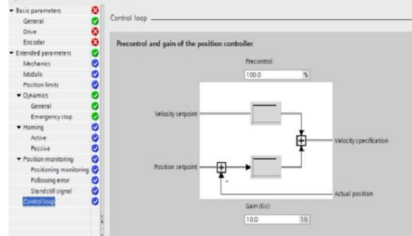


Рис. 15. Налаштування попереднього керування та посилення контролера положення (precontrol and gain of the position controller)

Функція Налаштування (Tuning) допомагає визначити оптимальний коефіцієнт посилення для регулювання положення осі.

Precontrol – у цьому полі налаштуйте попередній контроль швидкості контуру керування позицією у відсотках. Коефіцієнт посилення або коефіцієнт K_v (Gain) – у цьому полі ви налаштуєте коефіцієнт посилення K_v контуру керування позиціонуванням. Встановлюємо коефіцієнт посилення на рівні $1,0 \text{ c}^{-1}$, а попередній контроль 100 %.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Виконано перший етап моделювання роботи асинхронного двигуна стрічкового конвеєра в програмному середовищі TIA Portal, а саме створення ТО даного двигуна, тобто створення його цифрового двійника. Проаналізовано необхідні технологічні параметри, які необхідно задати в цифровому двійнику та відповідно на реальному стрічковому конвеєрі. В подальшому буде розглянуто введення двигуна в експлуатацію в тестовому режимі та розробку необхідної програми для запуску двигуна в реальному технологічному процесі, з наступною візуалізацією технологічної лінії.

Література

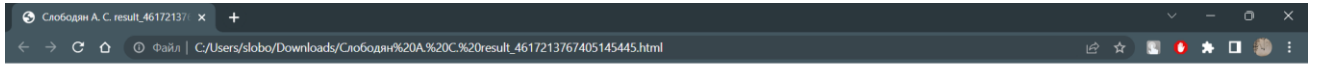
1. Автоматизований електропривод машин та установок: конспект лекцій [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавр за освітньою програмою «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / О.В. Чермалих, О.В. Данілін, А.В. Босак, Л.В. Торопова; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 24,3 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 61 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41535>.
2. Баховець Б.О. Автоматизований електропривод: навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2011. - 238 с.
3. Синтез робототехнічних систем в машинобудуванні / [Л.С.Пелевін, К. І. Почка, О. М. Гаркавенко та ін.]. – К.: Інтерсервіс, 2016. – 258 с.
4. Автоматизований електропривод машин і установок шахт і рудників. Учеб. пособ. для студ. высш. учебн. завед. / К.Н. Маренич, Ю.В. Товстик, В.В. Турупалов, С.В. Василиця, И.Я. Лизан. – Донецк: ООО «Технопарк ДонГТУ «УНИТЕХ», 2015. – 252 с.
5. Сучасні електромехатронні комплекси і системи : навч. посібник / Т. П. Павленко, В. М. Шавкун, О. С. Козлова, Н. П. Лукашова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. – 116 с. ISBN 978-966-695-502-2.
6. Yusong Pang. Intelligent belt conveyor monitoring and control / Yusong Pang. – Technische university Delft, 2010. – 196 p.
7. Bart Zeeuw van der Laan. System reliability analysis of belt conveyor / Bart Zeeuw van der Laan. – Transportation engineering, 2016. – 73 p.
8. Руководство по программированию S7-1200/S7-1500. STEP 7 (TIA Portal) и STEP 7 Safety в TIA Portal – Entry-ID: 81318674, V1.4, 11/2015. – 109 с.
9. Программируемый контроллер S7-1200. Системное руководство. 11/2009, A5E02669003-02.
10. Автоматизация технологических процессов : лабораторный практикум з дисципліни для здобувачів вищої освіти спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування»; 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»; 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / уклад.: П. С. Майдан, Д. А. Макаришкін, Е. О. Золотенко, А. В. Буряк. – Хмельницький : ХНУ, 2021. – 116 с.

11. The Technology Objects (TO) of SIMATIC S7-1500(T). TIA Portal V14/SIMATIC S7-1500/SIMATIC S7-1500T. – Entry ID: 109743134, V1.0, 05/2017 – 60 p.

12. Moving PTO positioning axes of an S7-1200 as IO device centrally from an IO controller. SIMATIC S7-1200/S7-1500. – Entry-ID: 109768880, V1.0, 10/2019. – 30 p.

References

1. Avtomatyzovanyi elektropryvod mashyn ta ustanovok: konspekt leksii [Elektronnyi resurs]: navch. posib. dlia zdobuvachiv stupenia bakalavr za osvithoiu prohramoiu «Inzhynirnh intelektualnykh elektrotekhnichnykh ta mekhatronnykh kompleksiv» / O.V. Chermalykh, O.V. Danilin, A.V. Bosak, L.V. Toropova; KPI im. Ihoria Sikorskoho. – Elektronni tekstovi dani (1 fail: 24,3 Mbait). – Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2021. – 61 s. <https://eja.kpi.ua/handle/123456789/41535>
2. Bakhovets B.O. Avtomatyzovanyi elektropryvod: navchalnyi posibnyk. - Rivne: NUVHP, 2011. - 238 s.
3. Syntez robototekhnichnykh system v mashynobuduvanni / [L.Ie.Pelevin, K. I. Pochka, O. M. Harkavenko ta in.]. – K.: Interservis, 2016. – 258 s.
4. Avtomatizirovannyj elektropryvod mashin i ustanovok shaht i rudnikov. Ucheb. posob. dlya stud. vyssh. uchebn. zaved. / K.N. Marenich, Yu.V. Tovstik, V.V. Turupalov, S.V. Vasilec, I.Ya. Lizan. – Doneck: OOO «Tehnopark DonGTU «UNITEH», 2015. – 252 s.
5. Suchasni elektromekhatronni komplekxy i systemy : navch. posibnyk / T. P. Pavlenko, V. M. Shavkun, O. S. Kozlova, N. P. Lukashova ; Kharkiv. nats. un-t misk. hosp-va im. O. M. Beketova. – Kharkiv : KhNUMH im. O. M. Beketova, 2019. – 116 s. ISBN 978-966-695-502-2.
6. Yusong Pang. Intelligent belt conveyor monitoring and control / Yusong Pang. – Technische university Delft, 2010. – 196 p.
7. Bart Zeeuw van der Laan. System reliability analysis of belt conveyor / Bart Zeeuw van der Laan. – Transportation engineering, 2016. – 73 p.
8. Rukovodstvo po programmirovaniyu S7-1200/S7-1500. STEP 7 (TIA Portal) i STEP 7 Safety v TIA Portal – Entry-ID: 81318674, V1.4, 11/2015. – 109 p.
9. Programmiruemyj kontroller S7-1200. Sistemnoe rukovodstvo. 11/2009, A5E02669003-02.
10. Avtomatyzatsiia tekhnolohichnykh protsesiv : laboratornyi praktykum z dystsypliny dlia zdobuvachiv vyshchoi osvity spetsialnosti 133 «Haluzeve mashynobuduvannia»; 141 «Elektroenerhetyka, elektrotekhnika ta elektromekhanika»; 151 «Avtomatyzatsiia ta kompiuterno-intehrovani tekhnolohii» / ukklad.: P. S. Maidan, D. A. Makaryshkin, E. O. Zolotenko, A. V. Buriak. – Khmelnytskyi : KhNU, 2021. – 116 p.
11. The Technology Objects (TO) of SIMATIC S7-1500(T). TIA Portal V14/SIMATIC S7-1500/SIMATIC S7-1500T. – Entry ID: 109743134, V1.0, 05/2017 – 60 p.
12. Moving PTO positioning axes of an S7-1200 as IO device centrally from an IO controller. SIMATIC S7-1200/S7-1500. – Entry-ID: 109768880, V1.0, 10/2019. – 30 p.



Sat Dec 10 07:00:44 EET 2022, Федута Микола Васильович, Хмельницький національний університет, ХНУ

Anti-Plagiarism v-15.257

Максимальне співпадіння з одним документом 3.0%

Словники перевірки: en_US_ru_UA Помилки в документах: 10%

ID: 109311 Назва: МКР Метод керування стрічкою транспортера з вантажем на машинобудівному підприємстві Додано в БД: 2022-12-10 Автора: Слободян А. С. Керівники: Макаршкін Д.А. к.т.н., доцент Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символ	Лексем	Символ	Лексем
	105002	899	4378 (4%)	50 (6%)

Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символ	Лексем



Ім'я користувача:
Кафедра АКІПТК

Дата перевірки:
07.12.2022 23:23:09 EET

Дата звіту:
07.12.2022 23:43:36 EET

ID перевірки:
1013235233

Тип перевірки:
Doc vs Internet

ID користувача:
100005862

Назва документа: Слободян антиплагіат

Кількість сторінок: 87 Кількість слів: 14140 Кількість символів: 109601 Розмір файлу: 10.02 MB ID файлу: 1012995050

1.73% Схожість

Найбільша схожість: 0.56% з Інтернет-джерелом (<https://lra-k.com.ua/preview/12741.pdf>)

1.73% Джерела з Інтернету

79

Сторінка 89

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

0.5% Цитат

Цитати

2

Сторінка 90

Не знайдено жодних посилань

0% Вилучень

Немає вилучених джерел

Рецензія

опонента на кваліфікаційну роботу магістра виконану за темою «Метод керування стрічки транспортера з вантажем на машинобудівному підприємстві» студента групи АКІТм-21-1 Слободяна Андрія

У кваліфікаційній роботі магістра студента Слободяна А.С. проведено проектування та розробку систем автоматичного керування рухом стрічки транспортеру із вантажем на прикладі автоматизованої лінії фірми Siemens.

В результаті проведено аналітичного огляду було обрано в якості об'єкта автоматизації стрічку транспортера, як найбільш поширений та гнучкий вид конвеєрів, що використовується на машинобудівних підприємствах та в інших галузях.

Виконано математичне моделювання системи керування стрічкою транспортера та роботи асинхронного двигуна в програмному середовищі Simulink математичного пакету MATLAB, отримані в результаті графіки струму, швидкості, моменту, активної та номінальної потужностей, модуля потокозачеплення при навантаженні та при різному керуванні наведено в роботі. Для візуалізації стану стрічки транспортера та вантажу застосовуються інтегровані середовища розробки в даному випадку Totally Integrated Automation Portal фірми Siemens. Наведено аналітичний огляд використовуваного обладнання та особливості використання вбудованих мов програмування. Спроектовано програму для керування стрічкою транспортера із вантажем, створено екран НМІ для керування процесом переміщення вантажу.

Для мікропроцесорного автоматичного керування рухом стрічки транспортера із вантажем в режимі реального часу було використано програмований логічний контролер Siemens S7-1200. Ці мікропроцесорні системи керують рухом стрічки транспортеру з вантажем, а крім того синхронізують свою роботу із частотним перетворювачем Sinamic G120, який напряму керує роботою асинхронного електродвигуна. Всі необхідні команди подаються з блоку керування. При необхідності архівування та запам'ятовування інформації може бути використана SCADA – система, автоматизоване робоче місце для системи з Siemens S7-1200. Візуалізація процесу автоматичного керування стрічкою транспортера, реалізується на операторній панелі та екрані НМІ та автоматизованому робочому місці.

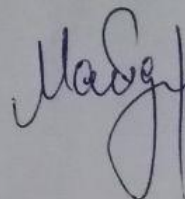
В цілому кваліфікаційна робота «Метод керування стрічки транспортера з вантажем на машинобудівному підприємстві» виконано на високому технічному

рівні, вона має безперечну актуальність в області сучасних технологій автоматизації, а студент Слободян А.С. заслуговує оцінку «відмінно».

Опонент: канд. техн. наук, доц.

кафедри машин і апаратів

електромеханічних та енергетичних систем



Павло МАЙДАН

Завідувачу кафедри АКІТ
д-ру техн.наук, проф. Мартинюку В.В.

Слободяна Андрія Сергійовича
ПІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 2 курсу, групи АКІТм-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2022 (зі змінами від 26.11.2022), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

05.12.2022

дата



підпис

РІШЕННЯ КАФЕДРИ

АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Метод керування стрічки транспортера з вантажем на машинобудівному підприємстві

Автор: Слободян Андрій

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Науковий керівник: к.т.н, доц. Макаришкін Денис Анатолійович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту.	<u>Відповідає</u>
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої та електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: Запозичення у розмірі 1,73%, виявлені в роботі відповідають тексту стандартних бланків та списку літератури, решта запозичень є випадковими, або на них є посилання, тому ці запозичення не є плагіатом, бо вони не стосуються наукової новизни і практичної значущості роботи.

08.12.2022р.

Науковий керівник роботи:

Зав. каф. АКІТ



Денис МАКАРИШКІН

Валерій МАРТИНЮК