

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавр

Освітній рівень

Автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом

Назва теми

КвРАКІТ. 2022126.01.01.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 3 курсу, група АКІТс-22-1



Підпис

Данило НАКОНЕЧНИЙ

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник:

д-р техн. наук, проф.



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер



Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

зав. кафедри автоматизації,
комп'ютерно-інтегрованих
технологій та робототехніки



Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«23» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій
Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування
Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКИТгаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.



**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Наконечному Данилу Сергійовичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом

Керівник роботи Мартинюк В.В., д.т.н, професор

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23

2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.





3 Вихідні дані до роботи Обмеження по максимальному ходу механізму – не більше 250 мм. Максимальна швидкість руху – 500 мм/с.

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

Вступ. Огляд літературних джерел та патентних даних. Основна частина. Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)
презентаційні матеріали (слайди)

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|---------------|---|--|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Антиплагіат | Федула М.В., доцент кафедри АКИТгаР |  |  |
| Нормоконтроль | Корецька Л.О., доцент кафедри АКИТгаР |  |  |

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом».

Автор роботи: Наконечний Данило Сергійович.

Керівник роботи: Мартинюк Валерій Володимирович

Пояснювальна записка: 63 с., 17 рис., 3 дод., 40 джерел.

Графічна частина: 11 презентаційних слайдів.

ПРИСТРІЙ КЕРУВАННЯ, ЗВОРОТНО-ПОСТУПАЛЬНИЙ МЕХАНІЗМ, ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, АЛГОРИМТ КЕРУВАННЯ.

Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом, який використовується у процесі в'язання обмоток статорів електродвигунів з використанням функцій електронного кулачкового керування у середовищі Siemens TIA Portal.

Розроблений пристрій може бути інтегрований у сучасні виробничі лінії електротехнічної промисловості, забезпечуючи автоматизацію критичних етапів складання й зменшуючи потребу в ручній праці. Отримані результати можуть бути використані як база для подальших досліджень та удосконалення технологій САМ-керування в задачах промислової автоматизації.







Підпис студента

21.06.2025р.

Дата

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 3 |
| 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ..... | 5 |
| 1.1. Особливості зворотно-поступального механізму | 5 |
| 1.2. Віртуальний профіль кулачка | 11 |
| 1.3. Висновки до першого розділу | 14 |
| 2. ОСНОВНА ЧАСТИНА..... | 15 |
| 2.1. Розробка функції кулачкового керування у TIA Portal | 15 |
| 2.2. Розробка автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом в'язальної машини | 34 |
| 2.3. Висновки до другого розділу | 35 |
| 3. РОЗРОБКА ПРОГРАМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ЗВОРОТНО-ПОСТУПАЛЬНИМ МЕХАНІЗМОМ..... | 36 |
| 3.1. Алгоритм автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом..... | 36 |
| 3.2. Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом | 39 |
| 3.3. Висновки до третього розділу..... | 55 |
| ВИСНОВКИ..... | 56 |
| ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ..... | 58 |
| Додатки..... | 63 |

| | | | | |
|---|------|-----------------|---|------------|
| КРБАКІТ. 2022126.01.01.ПЗ | | | | |
| Зм. | Арк. | Нодокум. | Підпис | Дата |
| Виконав | | Наконечний Д.С. |  | 21.06.2022 |
| Перевір | | Мартинюк В.В. |  | 23.06.2022 |
| Т.Конт | | | | |
| Н.контр. | | Корецька Л.О. |  | 23.06.2022 |
| Затвер. | | Мартинюк В.В. |  | 23.06.2022 |
| Автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом Пояснювальна записка | | | | |
| | | Літера | Аркуш | Аркушів |
| | | у | 2 | 63 |
| ХНУ, АКІТс-22-1 | | | | |

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасних умовах розвитку промислового виробництва особливої ваги набувають автоматизовані технології, які забезпечують підвищення точності, ефективності та надійності виготовлення.

Зворотно-поступальні механізми потребують точного узгодження рухів виконавчих органів, що можливо лише при використанні сучасних програмованих логічних контролерів та систем керування рухом. Інтеграція функцій електронного кулачкового керування (Cam Control) у середовищі ПІА Portal забезпечує високу точність позиціонування, можливість адаптації до змін технологічного процесу та зменшення зносу обладнання.

Таким чином, розробка автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом є актуальним і практично значущим завданням, спрямованим на вдосконалення технологій електромашинобудування та підвищення рівня автоматизації на сучасних підприємствах.

Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом, який використовується у процесі в'язання обмоток статорів електродвигунів з використанням функцій електронного кулачкового керування у середовищі Siemens ПІА Portal.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати такі завдання:

- обґрунтувати доцільність використання зворотно-поступального виконавчого механізму;
- здійснити вибір технічних засобів автоматизації (контролера, приводу, сенсорів);
- реалізувати математичну модель кулачкового профілю для керування рухом;

- створити програмне забезпечення в середовищі TIA Portal з використанням бібліотеки LCamHdl;

Практична значимість результатів полягає в тому, що розроблений автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом може бути ефективно використаний у складі в'язальних машин для формування обмоток статорів електродвигунів, а також в інших технологічних процесах, які вимагають точної синхронізації руху.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, трьох розділів, висновків до кожного розділу, висновків, списку використаних джерел, 3 додатків. Загальний обсяг роботи складає 63 сторінки комп'ютерного тексту, у тому числі: 17 рисунків, список використаних джерел вміщує 40 найменувань.

У вступі обґрунтована актуальність кваліфікаційної роботи, сформульовано мету та задачі кваліфікаційної роботи, відображено її практичне значення.

В першому розділі проведено огляд літературних джерел для реалізації зворотно-поступального руху є застосування у сервоприводах і крокових двигунах для підвищення точності й швидкості реакції

У другому розділі було проведено комплексну розробку функції електронного кулачкового керування в середовищі Siemens TIA Portal та проектування автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом.

У третьому розділі розроблено алгоритм керування та розроблено програму роботи пристрою керування зворотно-поступальним механізмом.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ТА ПАТЕНТНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Особливості зворотно-поступального механізму

Зворотно-поступальні механізми широко використовуються в різних сферах техніки, зокрема у верстатобудуванні, автоматизованих виробничих лініях, гідравлічних та пневматичних системах, а також у медицині та транспорті. Суть зворотно-поступального руху полягає в перетворенні обертального або лінійного руху приводу у рух із ритмічною зміною напрямку, що вимагає високої точності та стабільності керування.

У наукових та технічних публікаціях значна увага приділяється способам підвищення ефективності таких механізмів. Зокрема, в [1, 2] розглядаються конструктивні особливості та типові схеми реалізації зворотно-поступального руху на базі електродвигунів постійного та змінного струму.

У роботах [3, 4] аналізується застосування сервоприводів і крокових двигунів, які дозволяють забезпечити високу точність позиціонування та швидку реакцію системи на зміну параметрів.

Окрема група джерел [5, 6] присвячена використанню програмованих логічних контролерів (ПЛК) і мікроконтролерів для побудови систем автоматизованого керування. У них наголошується на важливості побудови замкненого циклу регулювання з використанням сенсорів положення, швидкості та навантаження. Розглядаються як класичні PID-регулятори, так і сучасні адаптивні та нечіткі алгоритми керування [7].

Важливою складовою є також дослідження методів зменшення зношування та підвищення надійності механізмів. У роботах [8, 9] аналізуються методи компенсації люфту, коливань та впливу зовнішніх

навантажень на точність керування.

У роботі [10] досліджується ефективність застосування інтерфейсів користувача для дистанційного моніторингу роботи механізму та можливість інтеграції пристроїв у локальні мережі або системи Інтернету речей (IoT).

Проведений аналіз літератури свідчить про високий рівень зацікавленості наукової та інженерної спільноти у вдосконаленні систем керування зворотно-поступальними механізмами. Однак більшість існуючих рішень або орієнтовані на вузькоспеціалізоване використання, або потребують значних фінансових вкладень.

Це створює передумови для актуальності розробки доступного, ефективного та гнучкого у налаштуванні автоматизованого пристрою керування, адаптованого до змінних умов роботи.

Зворотно-поступальні механізми є важливими елементами механічних систем, що використовуються для перетворення обертального руху в лінійний або складний, регульований рух. Вони часто використовуються в системах автоматизації та управління, особливо до поширення електронних систем управління, таких як ПЛК.

Зворотно-поступальні механізми необхідні для проектування різноманітних механізмів, які потребують точної синхронізації, послідовності або шаблонів руху.

Зворотно-поступальний механізм складається з двох основних частин.

1. Кулачок - це елемент приводу з певною формою або профілем, який обертається або переміщується.

2. Куліса - це елемент, який рухається у відповідь на рух кулачка, зберігаючи контакт з поверхнею кулачка.

Коли кулачок рухається (обертається або переміщується), він передає заздалегідь визначений рух кулісі. Форма профілю кулачка

безпосередньо визначає рух куліси, що дає змогу точно контролювати рух у механічних системах.

Механічні кулачки доступні в різних формах і комбінаціях, кожна з яких розроблена для конкретного застосування:

1. Дискові або пластинчасті кулачки.

Дисковий кулачок, також відомий як пластинчастий кулачок - це кулачковий механізм з профілем кулачка, вигравіруваним на плоскому круглому диску, прикріпленому до обертового валу. Периметр диска входить в зачеплення з кулісою, перетворюючи обертальний рух кулачка в лінійний або коливальний рух куліси.

Профіль дискового кулачка вирізаний у вигляді плоскої круглої пластини. Обертаючись навколо свого валу, диск рухає кулісу точною, повторюваною траєкторією.

Дискові кулачки використовуються в автомобільних двигунах у механізмах газорозподілу, в текстильному обладнанні, а також для забезпечення контрольованого руху в ткацьких верстатах.

Дискові кулачки широко використовуються в обладнанні, оскільки вони можуть створювати різноманітні профілі руху, просто змінюючи контур краю кулачка.

2. Циліндричні кулачки.

Циліндричний кулачок, або кулачок-барабан - це тип кулачка, що характеризується профілем кулачка, виточеним на поверхні циліндричного тержня. Слідкуючий елемент проходить по периметру циліндра і коли кулачок обертається він направляє слідкуючий елемент, створюючи заздалегідь визначену траєкторію руху.

Профіль кулачка - це канавка або піднесений гребінь, який оточує поверхню циліндра. В залежності від конфігурації кулачка, куліса може рухатися або по осі по довжині циліндра, або радіально.

Циліндричні кулачки використовуються в автоматичних машинах

для синхронізації різних частин машини. Циліндричні кулачки також використовуються у пакувальному обладнанні для контролю часу та руху різних механічних компонентів.

В текстильних машинах циліндричні кулачки використовуються для спрямування ниток у складних візерунках. Циліндричні кулачки мають перевагу в сценаріях, що вимагають точних і складних профілів руху, особливо коли необхідно одночасно регулювати численні послідовності руху.

3. Кулачкові механізми.

Перевідний кулачок - це кулачковий механізм, який працює по лінійній (поступальній) траєкторії, а не обертається. Він перетворює свій лінійний рух на регульований, часто зворотно-поступальний рух куліси.

Особливістю перевідного кулачка є його лінійний рух. Кулачок рухається вперед і назад по прямій лінії. Слідкуючий пристрій реагує на лінійний рух кулачка, переміщуючись вертикально або горизонтально, коли кулачок зміщується.

Перевідні кулачки використовуються в автоматизованих системах для контрольованих, точних лінійних рухів. Також вони використовуються у пресувальних механізмах та у пристроях, що вимагають багаторазового натискання пробивання.

У пакувальних машинах перевідні кулачки використовуються для контролю лінійного переміщення під час таких процесів, як фальцювання або запаювання.

Перевідні кулачки оптимальні для ситуацій, що вимагають простого лінійного руху, позбавленого складнощів з обертанням.

4. Глобоїдальні кулачки.

Глобальний кулачок або сферичний кулачок - це кулачок з тривимірною криволінійною поверхнею, яка нагадує сегмент сфери. Куліса перетинає сферичну поверхню, забезпечуючи більш складний рух,

ніж у плоских або циліндричних кулачків.

Особливістю глобоїдних кулачків є їх сферичний профіль. Профіль кулачка знаходиться на сферичній поверхні, що забезпечує нелінійну траєкторію руху.

Глобоїдальні кулачки використовуються для 3D руху. Рух куліси спрямовується в тривимірному просторі, що дає змогу складно контролювати рух.

Глобоїдальні кулачки використовуються для комплексного керування рухом в системах автоматизації, де потрібен рух у кількох площинах. Глобоїдальні кулачки використовуються в роботизованих руках для точного контролю орієнтації та руху роботизованих частин.

Глобоїдальні кулачки також використовуються в текстильних машинах для досягнення нестандартних або різноспрямованих моделей руху. Глобоїдальні кулачки використовуються в ситуаціях, коли потрібен точний контроль руху в декількох напрямках, що робить їх перевагою в застосуванні зі складними механічними системами та автоматизацією.

5. Клиновий кулачок.

Клиновий кулачок - це кулачковий механізм, в якому використовується клиноподібний кулачок для перетворення лінійного руху в регульований послідовний рух. Зазвичай він використовується для лінійного переміщення, а не для обертання.

Клиновий кулачок рухається по прямій лінії, змушуючи кулісу підніматися або опускатися в залежності від форми кулачка. Привід штовхається похилою поверхнею кулачка, кут нахилу якої може змінюватися для різних профілів руху.

Клинові кулачки використовуються у пресувальних механізмах для точного лінійного пресування. Вони також використовуються в автоматизованих системах для керування компонентами машин.

У пакувальному обладнанні клинові кулачки використовуються для

керування повторюваними лінійними діями. Кулачки з клиновидними кулачками оптимальні для застосувань, які вимагають точного лінійного переміщення без обертального руху.

6. Спиральний кулачок.

Спиральний кулачок - це кулачок зі спіралеподібним профілем, призначений для перетворення обертального руху в лінійне переміщення куліси. Кулачок обертається, змушуючи переміщувач проходити спіральну траєкторію, просуваючись всередину або назовні в залежності від напрямку обертання.

Поверхня спірального кулачка виконана у формі спіралі, тому рух послідовника по спіральній траєкторії є плавним і неперервним, що забезпечує поступове переміщення.

Спиральні кулачки використовуються в механізмах індексації для точного позиціонування компонентів годинників. Вони використовуються в механізмах для керування поступовими змінами, наприклад, під заводом. Спиральні кулачки особливо вигідні в сценаріях, які вимагають плавного, регульованого лінійного руху на різних відстанях.

7. Кулачок у формі серця - це кулачок із симетричним контуром, що нагадує серце, призначений для створення рівномірного руху приводного механізму. Конфігурація кулачка гарантує рівномірну швидкість руху причіпки як на підйомі, так і на спуску під час циклу роботи кулачка.

Симетричний дизайн, а саме форма серця забезпечує рівномірне прискорення та уповільнення, що призводить до плавного руху куліси. Під час обертання кулачка куліса рухається з постійною швидкістю, що робить його рух передбачуваним і стабільним.

Кулачки у формі серця часто використовуються в годинниках для стрілок (наприклад, у секундних стрілках), у механізмах намотування та у пристроях, де потрібна рівномірна намотка.

Вони також використовуються у системах індексації для точних і

плавних рухів, зазвичай там, де повторюваність є ключовим фактором. Серцеподібні кулачки ідеально підходять для застосувань, які вимагають повторюваних, плавних і передбачуваних рухів, наприклад, у системах скидання або позиціонування.

8. Суміщений кулачок.

Кулачковий механізм спряження - це кулачкова система, яка використовує два профілі кулачка, що працюють одночасно для регулювання однієї направляючої. Така конфігурація забезпечує постійне зчеплення з напрямною, що сприяє плавному, беззаторному руху і мінімізує вібрацію, що робить її придатною для високоточних застосувань.

Суміщений кулачок має профіль з двома камерами. Два кулачки взаємодіють з одним фіксатором, зазвичай розташовані на протилежних сторонах. Вони мають постійний контакт принаймні з однією поверхнею кулачка, тому привід залишається в постійному контакті, що виключає прослизання.

Конструкція суміщеного кулачка забезпечує точне, плавне прискорення та уповільнення без втрат руху. Вони використовуються для контрольованого руху без люфтів у робототехніці та верстатах, у високошвидкісних пакувальних машинах, там де надійний, синхронізований рух має вирішальне значення.

1.2 Віртуальний профіль кулачка

Віртуальний профіль кулачка - це цифрова симуляція кулачкового механізму, що дозволяє інженерам і конструкторам моделювати, візуалізувати та оцінювати характеристики руху кулачка без реальних компонентів.

Ця технологія особливо корисна в системах керування рухом, включаючи роботів, верстати з ЧПК і автоматизовані системи, такі як

ПЛК, де точне керування рухом має вирішальне значення.

Віртуальний профіль кулачка - це комп'ютерне зображення кулачкового механізму, яке окреслює кореляцію між обертанням кулачка і рухом його послідовника, диктуючи як послідовник рухається відносно обертання кулачка, яке може бути лінійним або обертальним.

Основною метою використання віртуального профілю кулачка є створення та оцінка кулачкових систем в умовах відсутності ризику, що дозволяє користувачам експериментувати з різними формами кулачків, профілями і типами послідовників для досягнення певних характеристик руху.

Важливими атрибутами віртуальних профілів кулачків є дизайн профілю кулачка, що дозволяє користувачам створювати різноманітні профілі кулачків, включаючи профілі підйому (контур кулачка під час фази підйому стеження), профілі зупинки (інтервали, коли стеження залишається нерухомим) і профілі опускання (контур кулачка під час фази опускання стеження).

Середовище моделювання включає профілі віртуальних кулачків у програмне забезпечення для аналізу руху в реальному часі і виявлення зіткнень, гарантуючи, що слідкуючий пристрій не заважає іншим компонентам.

Крім того, профілі віртуальних камер можуть бути інтегровані з системами управління, такими як ПЛК, що дозволяє користувачам визначати послідовності руху і моделювати взаємодію камери з елементами управління системи. Параметризація дозволяє користувачам задавати такі фактори, як швидкість, прискорення і час, щоб оцінити різні робочі сценарії і проаналізувати їх вплив на рух кулачка і слідкуючого пристрою.

Віртуальні кулачкові профілі широко використовуються в багатьох галузях завдяки їхній здатності відтворювати та вдосконалювати кулачкові

механізми в цифровому середовищі. У робототехніці віртуальні кулачкові профілі мають вирішальне значення для моделювання та регулювання точних рухів роботизованих рук.

Вони полегшують розробку складних схем руху, гарантуючи безперебійну та ефективну роботу роботизованої системи. При обробці з ЧПК ці профілі необхідні для оптимізації траєкторій руху інструменту, мінімізації відходів і підвищення точності рухів ріжучого інструменту, що має вирішальне значення в прецизійному виробництві.

В автоматизованому обладнанні віртуальні профілі кулачків використовуються для розробки та оцінки систем, гарантуючи, що всі компоненти працюють синхронно і з точними інтервалами для підвищення надійності та ефективності системи.

Переваги віртуальних профілів кулачків є значними. Економічна ефективність є значною перевагою, оскільки вона зменшує потребу в реальних прототипах, заощаджує час і матеріали в процесі проектування.

Підвищена точність є значною перевагою, оскільки віртуальні профілі кулачків забезпечують точне середовище для моделювання, гарантуючи, що кулачкова система буде функціонувати так, як було спроектовано до того, як будь-яке фактичне виконання.

Адаптивність віртуальних профілів кулачків є значною перевагою, оскільки їх можна легко змінювати, що дозволяє конструкторам досліджувати різні можливості проектування і вносити корективи, не вдаючись до дорогих фізичних модифікацій.

Крім того, вони полегшують спільну роботу, пропонуючи уніфіковану платформу для інженерів і конструкторів для співпраці, тестування і перевірки різних профілів кулачків, що в кінцевому підсумку призводить до створення чудових системних конструкцій.

1.4 Висновки до першого розділу

1. В результаті аналізу літературних джерел і патентних матеріалів встановлено, що зворотно-поступальні механізми займають важливе місце в сучасних технічних системах і активно застосовуються в автоматизованих комплексах, робототехніці, машинобудуванні, медицині та інших галузях.

2. Функціональність зворотно-поступальних механізмів базується на точному перетворенні обертального або лінійного руху в ритмічний зворотно-поступальний рух, що вимагає ретельно спроектованої конструкції та надійного керування.

3. Огляд наукових джерел засвідчив, що найбільш перспективними підходами до реалізації зворотно-поступального руху є застосування у сервоприводах і крокових двигунах для підвищення точності й швидкості реакції.

4. Важливим напрямом розвитку зворотно-поступальних механізмів є дослідження геометрії кулачкових механізмів, які забезпечують різноманітні траєкторії руху. Розглянуто такі типи кулачків, як дискові, циліндричні, перевідні, глобоїдальні, клинові, спіральні, серцеподібні та суміщені. Кожен тип має свою специфіку застосування та переваги для реалізації точних і повторюваних рухів.

5. Особливу цінність для сучасного інженерного проектування становлять віртуальні профілі кулачків, які дозволяють проводити моделювання механізмів без виготовлення фізичних прототипів. Це значно скорочує час і витрати на розробку, забезпечує високу точність параметризації й полегшує інтеграцію з ПЛК та іншими системами керування.

2 ОСНОВНА ЧАСТИНА

2.1 Розробка функції кулачкового керування у TIA Portal

У середовищі Siemens TIA Portal функція кулачкового керування (англійською мовою Cam Handler) використовується в системах керування рухом для реалізації складних послідовностей переміщень. Функція кулачкового керування дозволяє віртуально замінити механічні кулачки на програмно визначені профілі, що дає змогу підвищити точність, гнучкість і узгодженість рухів у машинах із синхронізованим керуванням.

Функція кулачкового керування є особливо корисною в пакувальних машинах, друкарських верстатах, текстильному обладнанні та інших системах, де потрібна точна координація рухів. Вона доступна на контролерах SIMATIC S7-1500 і S7-1200, які підтримують функції керування рухом (англійською мовою Motion control).

Функція кулачкового керування у TIA Portal характеризується наступними особливостями.

1. Віртуальні профілі кулачків:

- створення та редагування профілів кулачків без використання механічних елементів;
- підтримка нестандартних форм профілю, що дозволяє реалізовувати складні траєкторії руху.

2. Синхронізація з головною віссю:

- профіль кулачка синхронізується з головною віссю (наприклад, сервоприводом або енкодером);
- забезпечується висока точність узгодження рухів між ведучою та слідкуючими осями.

3. Динамічні зміни під час роботи:

- підтримка зміни профілів кулачків у реальному часі, без зупинки

етикетування.

4. Робототехніка.

Забезпечується реалізація складних синхронізованих рухів у завданнях типу "захоплення та переміщення".

5. Текстильна промисловість.

Забезпечується керування подачею тканини, ткацтвом або в'язанням, наприклад, у в'язальних машинах.

Використання ТІА Portal при проектуванні автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом характеризується наступними перевагами.

1. Усі функції керування рухом зосереджені в одному інтерфейсі.

2. Графічні інструменти редагування кулачкового профілю значно спрощують налаштування.

3. Наявність підтримки зміни профілів кулачків у реальному часі під час роботи системи.

При проектуванні автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом будемо використовувати бібліотеку LCamHdl, яка інтегрована у ТІА Portal.

Бібліотека LCamHdl - це програмне забезпечення від Siemens для створення та керування електронними кулачковими профілями у системах керування рухом. Вона спеціально розроблена для сумісності з контролером SIMATIC S7-1500T та широко використовується у додатках, де необхідна високоточна синхронізація руху однієї або кількох слідкуючих осей з головною віссю.

Основне призначення бібліотеки LCamHdl - це заміна механічних кулачків електронними аналогами, керованими програмним забезпеченням. На відміну від звичайних кулачків, які мають фізичну форму, електронні кулачки використовують задані програмні профілі.

Головні переваги бібліотеки LCamHdl.

1. Можливість змінювати прискорення, швидкість та поштовх (англійською мовою jerk), що відображає швидкість зміни прискорення.

2. Можливість забезпечувати плавну, точну та адаптивну синхронізацію між осями.

3. Можливість формувати взаємозв'язок типу "майстер-слейв", де ведуча вісь керує рухом слідкуючої осі.

4. Можливість створювати профілі для ведених осей з урахуванням їх швидкості, прискорення та положення.

5. Можливість модифікувати профілі кулачків в реальному часі, що особливо корисно при змінних навантаженнях або швидкостях.

Важливою особливістю бібліотеки LCamHdl є контроль поштовху, який забезпечує плавний перехід між фазами руху. Це знижує навантаження на механічні компоненти та зменшує знос та продовжує термін служби обладнання.

Бібліотека LCamHdl забезпечує сучасне, програмно-орієнтоване рішення для реалізації функцій, які раніше залежали від жорсткої механіки. Вона дає високу гнучкість і точність. Зменшує потребу в техобслуговуванні. Покращує продуктивність та надійність систем автоматизації.

Бібліотека LCamHdl допомагає користувачеві створювати та налаштовувати дискові кулачки (англійською мовою cam disks) шляхом використання законів руху. Дискові кулачки - це електронні зубчасті передачі, які дозволяють реалізувати нелінійні переходи, перетворюючи постійний рух ведучої осі у змінний рух слідкуючої осі, базуючись на заданому профілі руху.

Існує два способи конфігурації кулачкових дисків.

1. На етапі проектування в TIA Portal з використанням редактора кулачків (англійською мовою Cam Editor).

2. Під час виконання програми (англійською мовою runtime) -

шляхом динамічного формування кулачкового профілю

В процесі проектування автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом будемо використовувати другий метод, а саме створення профілю кулачка під час виконання програми.

У бібліотеці LCamHdl кулачки зазвичай визначаються через сегменти, а саме поліноміальні (5-го порядку), лінійні та статичні (нерухомі). Кулачки задаються координатами XY у відповідності до рисунку 2.2.

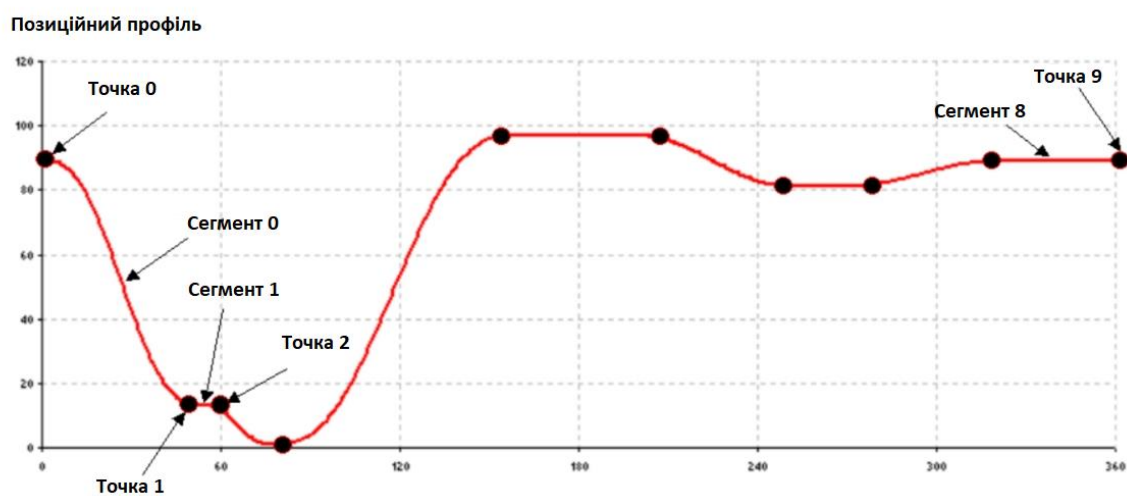


Рисунок 2.2 – Профіль дискового кулачка у TIA Portal

Контролери SIMATIC S7-1500T підтримують створення складних кулачкових дисків із n профілями, які включають $n+1$ точок або m окремих точок у реальному часі.

У розширеній версії LCamHdl Advanced є можливість самостійно обирати закон руху для кожного окремого сегмента профілю. Для визначення сегментів кулачка необхідно вказати всі точки та їх динаміку (1-у та 2-у геометричну похідну) у відповідності до рисунка 2.3.

В процесі проектування автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом створимо функціональний блок (FB), який виконує розрахунок параметрів для сегментів технологічного об'єкта.

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

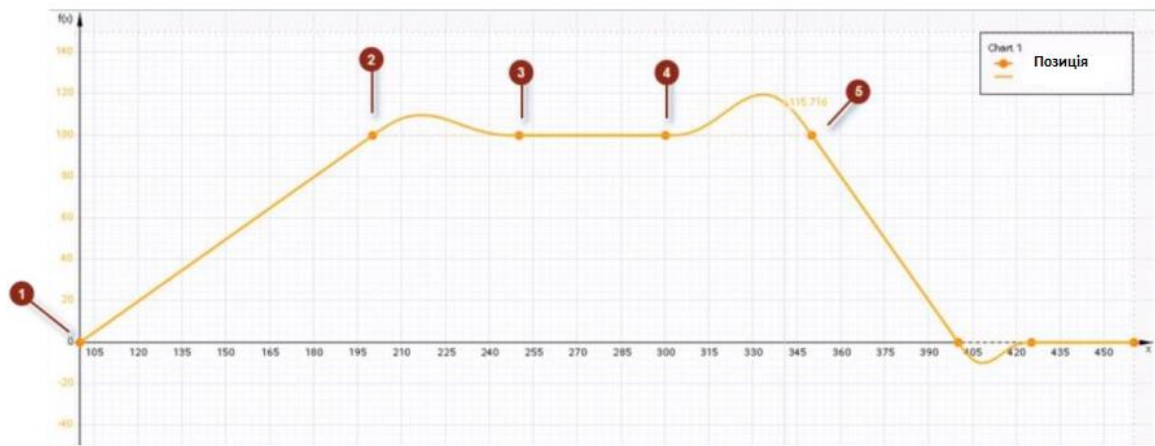


Рисунок 2.4 – Графік позиціонування дискового кулачка

Вісь Y- позиція слідкуючої осі (англійською мовою following value), яка визначає положення або переміщення виконавчого механізму.

| | Cam4_Basic | Array[1..8] of "LCa... | |
|---|-------------------|------------------------|-------|
| 1 | Cam4_Basic[1] | "LCamHdl_typeBas... | |
| | leadingValue | LReal | 100.0 |
| | followingValue | LReal | 0.0 |
| | velocityRatio | LReal | 1.0 |
| | accelerationRa... | LReal | 0.0 |
| 2 | Cam4_Basic[2] | "LCamHdl_typeBas... | |
| | leadingValue | LReal | 200.0 |
| | followingValue | LReal | 100.0 |
| | velocityRatio | LReal | 1.0 |
| | accelerationRa... | LReal | 0.0 |
| 3 | Cam4_Basic[3] | "LCamHdl_typeBas... | |
| | leadingValue | LReal | 250.0 |
| | followingValue | LReal | 100.0 |
| | velocityRatio | LReal | 0.0 |
| | accelerationRa... | LReal | 0.0 |
| 4 | Cam4_Basic[4] | "LCamHdl_typeBas... | |
| | leadingValue | LReal | 300.0 |
| | followingValue | LReal | 100.0 |
| | velocityRatio | LReal | 0.0 |
| | accelerationRa... | LReal | 0.0 |
| 5 | Cam4_Basic[5] | "LCamHdl_typeBas... | |
| | leadingValue | LReal | 350.0 |
| | followingValue | LReal | 100.0 |
| | velocityRatio | LReal | -2.0 |
| | accelerationRa... | LReal | 0.0 |
| | Cam4_Basic[6] | "LCamHdl_typeBas... | |
| | Cam4_Basic[7] | "LCamHdl_typeBas... | |
| | Cam4_Basic[8] | "LCamHdl_typeBas... | |

Рисунок 2.5 – Таблиця параметрів дискового кулачка

Конфігурація кулачкового профілю та його геометричні похідні (швидкість, прискорення та поштовх) задаються безпосередньо в програмній частині. Для реалізації переходів руху використовуються різноманітні математичні функції, які в цьому контексті називають типами профілю.

Крім поліномів 3-го, 5-го та 7-го порядку доступні також інші типи профілів.

1. Пряма лінія.
2. Квадратична парабола.
3. Базова синусоїда.
4. Нахилена синусоїда.
5. Модифікована трапеція прискорення.
6. Модифікована синусоїда.
7. Комбінація «синус – пряма лінія» (трапеція швидкості).
8. Гармонічна комбінація.

Крім того, можливо рухати окремі точки, що дозволяє створювати дискові кулачки з комбінованими ділянками, які поєднують перехідні функції та окремі точки.

На відміну від блоку LCamHdl_CreateCamBasic, функціональний блок LCamHdl_CreateCamAdvanced працює на рівні окремих сегментів. Це забезпечує можливість вставляти інтервали між сегментами та використовувати масив точок (англійською мовою points array), який входить до технологічного об'єкта кулачка.

На рисунку 2.6 зображено графік віртуального кулачкового профілю, який використовується для керування виконавчим механізмом і складається з 4-х сегментів і створений за допомогою функціонального блоку LCamHdl_CreateCamAdvanced. Точка 1 (позначена червоним маркером) - це початок активного зростання. Позиція зростає лінійно (синя лінія) від 0 до приблизно 100 одиниць.

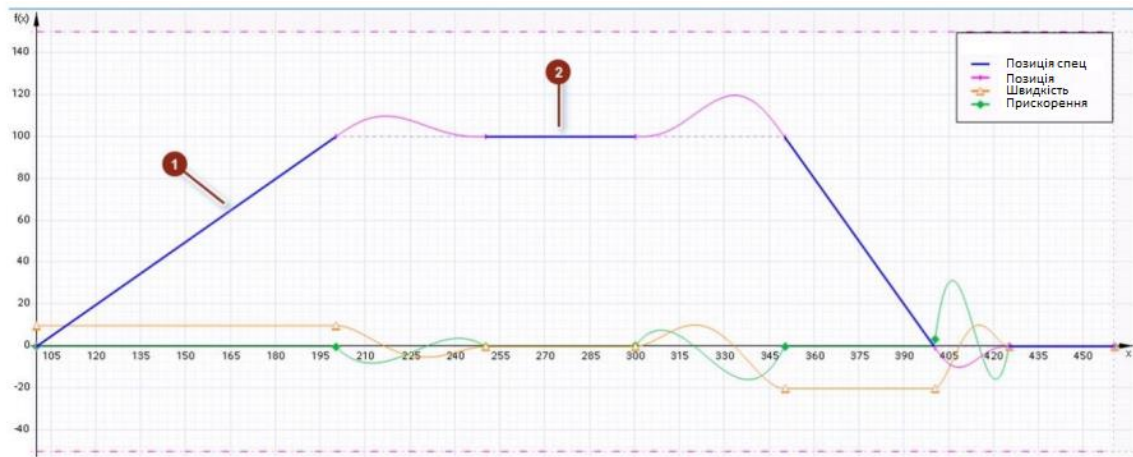


Рисунок 2.6 – Графік віртуального кулачкового профілю, який використовується для керування виконавчим механізмом

Швидкість стала (горизонтальний помаранчевий відрізок), а прискорення на цій ділянці нульове, що відповідає рівномірному рухові.

Точка 2 - це ділянка плато, тому позиція стабільна на рівні 100 одиниць. Швидкість дорівнює нулю, а прискорення також відсутнє.

Дисковий кулачок генерується на основі інтерполяційних точок під час виконання програми. У цьому випадку відомі лише координати X і Y точок інтерполяції.

X - положення ведучої осі (Master).

Y - положення сліdkуючої осі (Slave).

У цьому випадку використовується функціональний блок LCamHdl_CreateCamBasedOnXYPoints. Він спрощує створення дискового кулачка, який складається лише з інтерполяційних точок. Режим інтерполяції можна задати через структуру параметрів у блоці даних кулачка (TOCam DB) - TO-Cam.InterpolationSettings.InterpolationMode.

Доступні режими інтерполяції.

1. Лінійна (англійською мовою linear).
2. С-сплайн (англійською мовою C splines).
3. В-сплайн (англійською мовою B splines).

На рисунку 2.7 зображено С-сплайн режим інтерполяції.



Рисунок 2.7 – С-сплайн режим інтерполяції

На рисунку 2.8 зображено функціональний блок LCamHdl_CreateCamBasic.

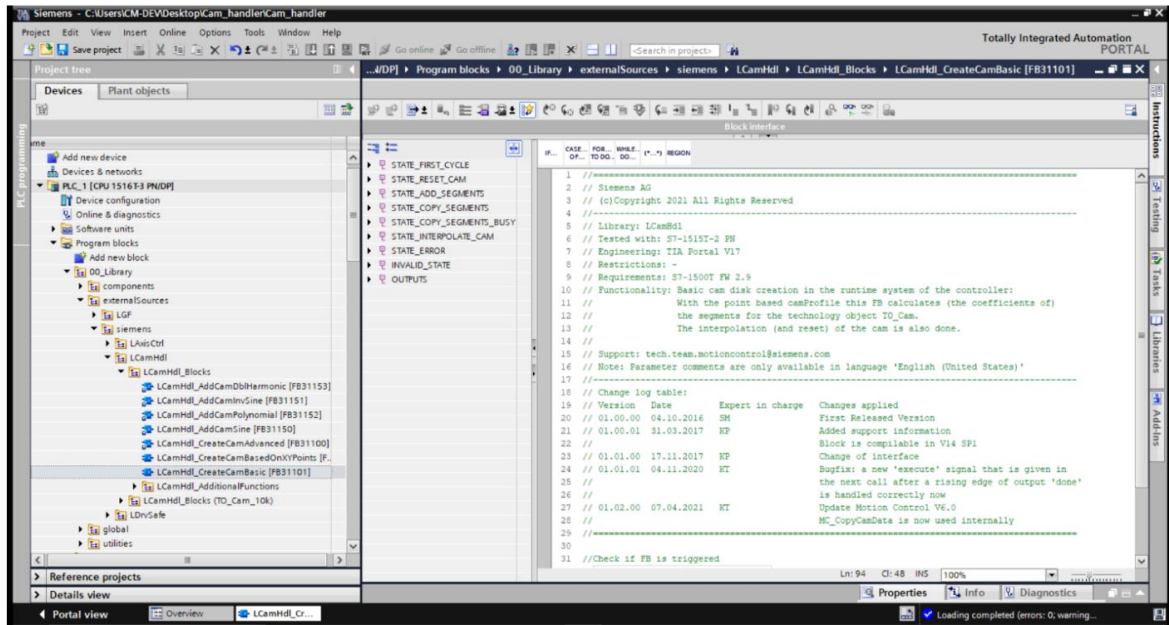


Рисунок 2.8 – Функціональний блок LCamHdl_CreateCamBasic

Цей функціональний блок автоматично формує таблицю точок кулачка (Cam Table) на основі введених параметрів. Таблицю точок кулачка використовують блоки позиціювання (MC_CamIn, MC_CamOut) для синхронізованого руху виконавчих механізмів у системах Motion Control.

Вибір полінома п'ятого або шостого порядку для створення кулачкового профілю в TIA Portal залежить від потреб профілю руху.

Поліном 5-го порядку забезпечує плавні переходи та є достатнім для багатьох задач, де основною вимогою є безперервний рух без різких змін прискорення. Поліном 5-го порядку менш ресурсоемний у порівнянні з поліномом 6-го порядку, що важливо для систем з обмеженими обчислювальними ресурсами або коли достатньо простої моделі.

Поліном 5-го порядку підходить, коли не потрібен високоточний контроль поштовху. Добре справляється з базовими профілями прискорення та гальмування.

Поліном 6-го порядку забезпечує вищу точність, кращий контроль над поштовхом, тобто над швидкістю зміни прискорення. Це дозволяє ще плавніше реалізовувати фази прискорення, знижуючи механічне навантаження на систему.

Основна перевага поліному 6-го порядку - максимально плавний профіль руху з підвищеною точністю керування прискоренням і ривком. Особливо важливо для високоточних задач, таких як робототехніка або обробка на ЧПУ.

Сфера застосування поліному 6-го порядку - коли потрібно зменшити знос обладнання, забезпечити високу точність або реалізувати складні динамічні дії.

Закон руху в системах керування переміщенням, таких як TIA Portal або інші ПЛК-системи - це математична функція або набір правил, які описують, як змінюються положення, швидкість, прискорення та поштовх

об'єкта в часі.

Мета використання законів руху - це забезпечення плавного, контрольованого та точного переміщення механізмів. Основні компоненти законів руху.

1. Положення (P) - це зміщення об'єкта у просторі. P(t) - це функція положення в часі.

2. Швидкість (V) - це похідна від положення в часі $V(t) = dP(t)/dt$.

3. Прискорення (A) - це похідна від швидкості в часі $A(t) = dV(t)/dt$.

4. Поштовх (J) - це похідна від прискорення в часі $J(t) = dA(t)/dt$.

Існують наступні закони руху.

1. Рівномірна швидкість (англійською мовою Constant Velocity).

Швидкість залишається постійною з часом. Об'єкт рухається з рівномірною швидкістю, без прискорення чи сповільнення. Застосовується в задачах з одноманітним переміщенням.

2. Трапецієподібний закон руху (англійською мовою Trapezoidal Motion Law).

Використовується найчастіше. Об'єкт прискорюється від стану спокою до заданої швидкості, потім рухається з постійною швидкістю, а далі сповільнюється до зупинки. Часто використовується в конвеєрах.

3. S-крива (англійською мовою S-Curve Motion Law).

Гарантує, що зміни прискорення та поштовха відбуваються плавно, без різких стрибків, які можуть спричинити механічне навантаження або пошкодження. Використовується в високоточних системах, наприклад, роботизовані маніпулятори та ЧПУ.

4. Поліноміальний закон руху (англійською мовою Polynomial Motion Law).

У TIA Portal часто використовують поліноми шостого порядку для створення гладких кривих руху. Це дозволяє одночасно керувати всіма чотирма параметрами: положенням, швидкістю, прискоренням та

2.2 Розробка автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом в'язальної машини

Промислова в'язальна машина використовується для встановлення міцних та безпечних з'єднань між різними компонентами за допомогою процедури шнурування, яка передбачає протягування мотузки, дроту або аналогічного матеріалу через або навколо елементів для їхнього з'єднання.

Цей метод особливо корисний, коли між компонентами необхідна гнучкість, міцність або поглинання напруги. В електромеханічних системах, таких як електродвигуни та трансформатори, в'язальна машина є важливою для закріплення торцевих витків обмоток статора, щоб гарантувати їхню стабільність та електричну ізоляцію, тим самим підвищуючи довговічність двигуна.

Традиційний метод вставки утримує частину обмотки, яку називають головкою обмотки, поза канавкою, що є важливим з точки зору виробництва. Головка стискається під час процесу намотування та закріплюється шнуром або ниткою з обох боків статора.

Шнурування запобігає взаємодії з ротором та наступними процесами, уникаючи порожнин (обертний диск поблизу нерухомого диска створює порожнину ротор-статор або простір для колеса), допомагаючи підтримувати зовнішні розміри статора та забезпечуючи оптимальне розсіювання тепла.

Окрім електромеханічних систем, в'язальні машини широко використовуються в таких секторах, як автомобілебудування, машинобудування та виробництво, для закріплення компонентів, таких як ремені та шестерні, тим самим забезпечуючи однорідність, точність та ефективність складання та посилення механічних деталей.

Автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом в'язальної машини використовується у технологічному

процесі виробництва статорів електродвигунів. Ротор і статор - це два основних компоненти електродвигуна, які взаємодіють для створення механічного руху.

Статор - це нерухома частина електродвигуна, зазвичай виготовлена зі сталених пластин (ламелей), які зменшують втрати енергії через вихрові струми. Основна функція статора - це створювати обертове магнітне поле, яке індукуює струм у роторі та тим самим генерує обертання.

Основні компоненти статора.

1. Осердя (магнітопровід).

Осердя статора складається з тонких сталевих пластин, складених у шари. Ці ламелі зменшують втрати на вихрові струми, обмежуючи їх протікання в напрямку магнітного потоку.

2. Обмотки.

Провідники з міді або алюмінію намотані навколо осердя статора. Саме ці обмотки проводять електричний струм, що створює магнітне поле.

3. Ізоляція.

Обмотки мають електроізоляцію, що запобігає коротким замиканням та забезпечує безпечну експлуатацію.

На рисунку 2.9 зображено зовнішній вигляд статора електродвигуна.



Рисунок 2.9 – Зовнішній вигляд статора електродвигуна

Технологічний процес виробництво статора електродвигуна складається з наступних операцій.

1. Формування осердя.

Сталеві пластини (ламелі) складаються у циліндричну конструкцію. Ці ламелі виготовляють із електротехнічної сталі і часто покривають спеціальним ізоляційним шаром для зменшення вихрових струмів.

2. Намотування обмоток.

Обмотки статора формуються вручну або автоматизованими машинами. Провід намотується в пази осердя. Часто використовується настановне пристосування (пристрій для намотування) для підвищення точності.

3. Ізоляція та тестування.

Після намотування обмотки покривають ізоляційним лаком або просоченням для забезпечення безпеки. Потім статор тестують на предмет коротких замикань або обривів обмоток.

4. Збирання.

Після завершення намотування статор комплектується підшипниками та іншими вузлами. Обмотки підключаються до клемної колодки для подальшого електричного з'єднання.

В'язання (англійською мовою lacing) у статорах - це важливий технологічний процес, який використовується для стабілізації витків обмотки, що дозволяє зберігати механічну цілісність та електричну надійність електродвигуна.

Під час в'язання термінальні витки обмотки статора закріплюються спеціальним шнуром або ниткою (зазвичай із нейлону, поліестеру або інших міцних матеріалів). В'язання у статорах використовується з наступних причин.

1. Запобігання руху та вібрації.

В'язання закріплює обмотки статора, не даючи їм рухатися або

утримання, що зменшує рівень шуму під час роботи двигуна.

На рисунку 2.10 зображено фактори, які вимагають використання в'язання у статорах електродвигунів.

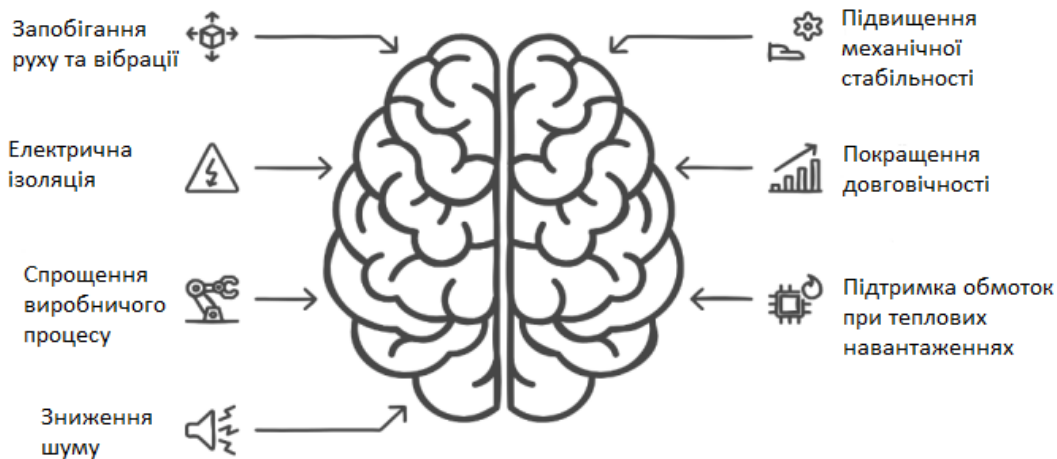


Рисунок 2.10 – Фактори, які вимагають використання в'язання у статорах електродвигунів

Матеріали для в'язання обираються залежно від конкретних потреб двигуна, з урахуванням умов експлуатації, температурних характеристик та очікуваного механічного навантаження.

В процесі в'язання у статорах електродвигунів використовуються наступні матеріали:

- нейлоновий шнур;
- поліестерова нитка;
- кевлар (для застосувань, де потрібна висока міцність).
- склотканина або інші термостійкі матеріали для умов з підвищеною температурою.

Основні переваги використання в'язання у статорах електродвигунів.

1. Підвищена надійність.

В'язання зберігає цілісність та фіксацію обмоток, що сприяє загальній надійності двигуна.

2. Економічність.

В'язання - це доступний метод, який дозволяє підвищити ефективність та довговічність статора без необхідності застосування складних або дорогих компонентів.

3. Безпека.

Правильно виконане в'язання гарантує відсутність вільних витків, які могли б призвести до коротких замикань або інших електричних проблем, підвищуючи загальний рівень безпеки двигуна.

2.3 Висновки до другого розділу

1. У другому розділі було проведено комплексну розробку функції електронного кулачкового керування в середовищі Siemens TIA Portal та проектування автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом для в'язальної машини, що використовується у процесі виготовлення статорів електродвигунів.

2. Аналіз функції кулачкового керування (Cam Handler) у TIA Portal показав, що цей інструмент є потужним засобом реалізації прецизійного керування в системах Motion Control. На відміну від механічних кулачкових механізмів, програмно реалізовані профілі дозволяють досягти більшої гнучкості в зміні траєкторії, високої точності синхронізації слідкуючих осей відносно ведучої, можливості динамічного оновлення профілю під час виконання програми (runtime), скорочення часу проектування, налагодження та адаптації системи.

3. Розглянуті функціональні блоки бібліотеки LCamHdl, а саме LCamHdl_CreateCamBasic для створення простого кулачкового профілю на основі набору точок та LCamHdl_CreateCamAdvanced для побудови кулачків із сегментною структурою та додатковим контролем над швидкістю, прискоренням та поштовхом (jerk).

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМИ РОБОТИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРИСТРОЮ КЕРУВАННЯ ЗВОРОТНО-ПОСТУПАЛЬНИМ МЕХАНІЗМОМ

3.1 Алгоритм автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом

На рисунку 3.1 зображено блок-схему алгоритму автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом

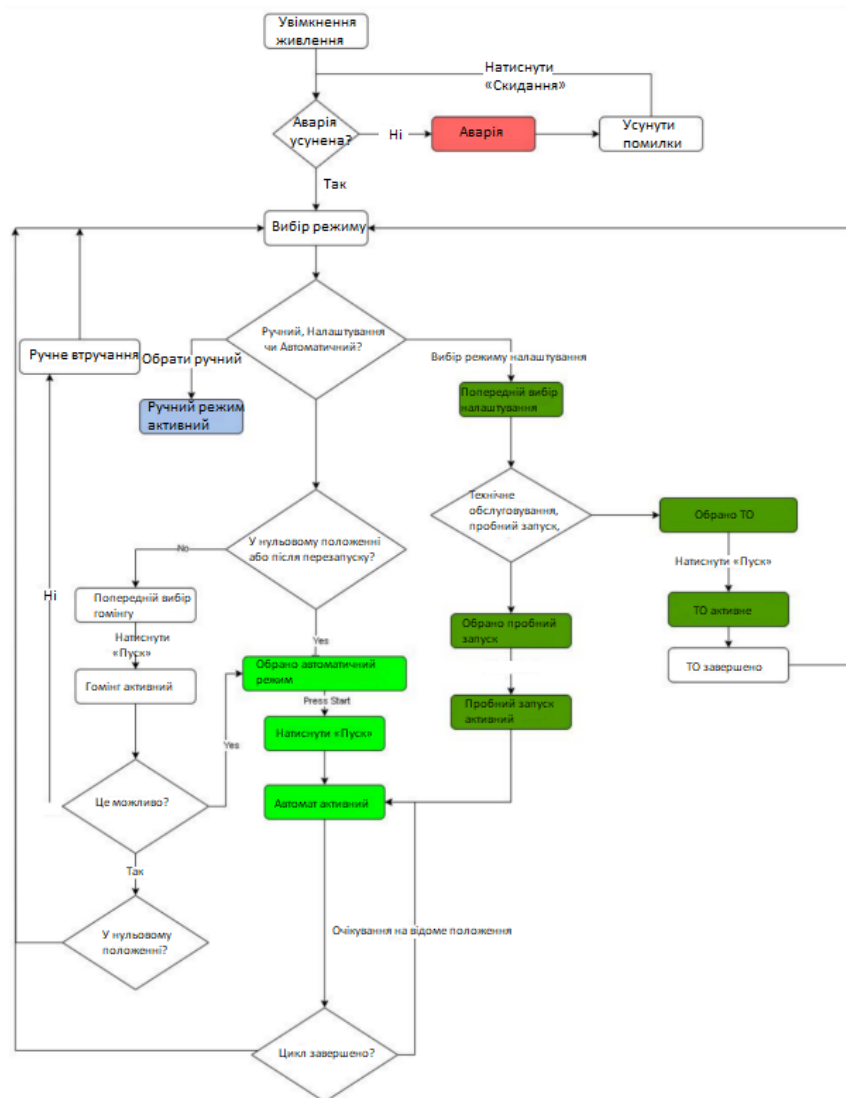


Рисунок 3.1 - Блок-схему алгоритму керування

Алгоритм автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом має три режими роботи.

1. Ручний режим роботи.
2. Режим налаштування.
3. Автоматичний режим роботи.

Після увімкнення живлення (англійською мовою Power On) здійснюється запуск автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом.

Далі відбувається перевірка, чи немає аварії (Alarm Check). Якщо виявлено аварійну ситуацію (Alarm OK? → No), активується стан аварії (червоний блок). Користувач повинен скинути аварію та усунути помилки, перш ніж продовжити.

Наступним кроком алгоритму є вибір режиму роботи (англійською мовою Mode Selection). Якщо аварій немає, користувач вибирає один із режимів.

1. Ручний режим роботи (англійською мовою Manual).
2. Режим налаштування (англійською мовою Setup).
3. Автоматичний режим роботи (англійською мовою Automatic).

У ручному режимі роботи (ліва гілка – сині блоки) перевіряється, чи знаходиться система в домашньому положенні або позиції перезапуску.

Якщо ні, тоді активується функція Homing Preselect (попереднє позиціювання), після цього система переходить у стан Homing Active. Якщо повернення в вихідне положення завершено, система переходить до стану Automatic Preselected.

Після натискання кнопки Start, система переходить у Automatic Active.

Режим налаштування (центральна гілка – зелені блоки) активується стан Setup Preselect. У цьому режимі користувач може обрати різні режими налаштування.

1. Цикл обслуговування (англійською мовою Maintenance Cycle).

2. Пробний запуск (англійською мовою Dry Run).
3. Покроковий режим (англійською мовою Step Mode).
4. Одиничний або груповий режим (англійською мовою Single/Group Mode).

Під час пробного запуску (англійською мовою Dry Run) система переходить у стан Dry Run Selected. Натискання Start активує стан DryRun Active.

Під час технічного обслуговування (англійською мовою Maintenance) натискання кнопки Start активує Maintenance Active. Після завершення обслуговування система виходить із цього режиму.

Автоматичний режим роботи (права гілка – зелені блоки).

Якщо система знаходиться в домашньому положенні та всі умови виконано, вона переходить у Automatic Preselected. Після натискання кнопки Start запускається Automatic Active. Під час виконання процесу система подає запит на завершення циклу (Request End Cycle).

Далі система очікує досягнення кінцевої позиції, перевіряє завершення циклу (англійською мовою cycle completed?). Після завершення циклу система може повернутись у вихідне положення або перезапустити процес.

Обробка помилок відбувається через перевірку аварій, яка потребує втручання користувача для продовження. Повернення в вихідне положення (встановлення в нульове положення) є необхідною умовою для запуску автоматичного режиму.

Режим налаштування (Setup) дозволяє виконання пробних запусків (Dry Run) для тестування без реального виконання, проведення технічного обслуговування та виконання окремих або групових циклів.

Автоматичний режим реалізує виробничі цикли, перевіряє умови та забезпечує завершення процесу.

Такий тип блок-схем має вирішальне значення в середовищах

автоматизації, зокрема у Siemens TIA Portal для програмування ПЛК.

Переваги розробленого алгоритму автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом.

1. Структуроване керування машиною.
2. Безпечні переходи між режимами роботи
3. Ефективне виявлення та усунення несправностей, а також чітке виконання автоматизованих завдань.

3.2 Розробка програми роботи автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом

На рисунку 3.2 зображено вікно проекту програми роботи автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом в середовищі Siemens TIA Portal.

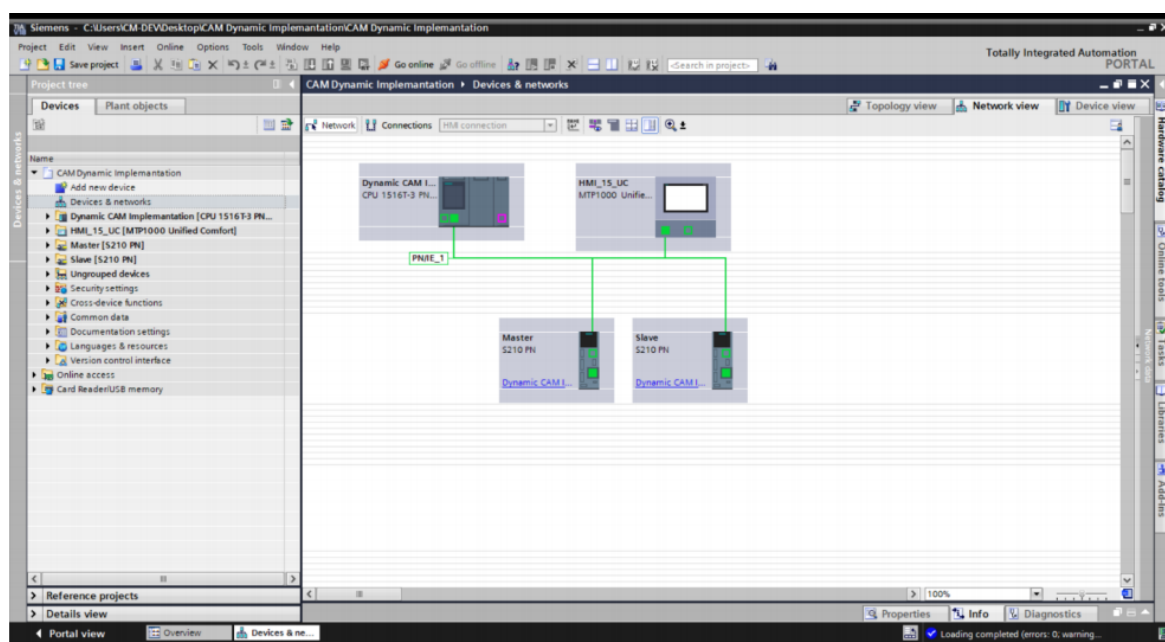


Рисунок 3.2 - Вікно проекту програми роботи автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом в середовищі Siemens TIA Portal

Дерево проекту (ліва панель) містить всі пристрої та налаштування в межах проекту. Основні компоненти включають Dynamic CAM Implementation [CPU 1516T-3 PN/DP], який виконує функцію головного ПЛК (S7-1500T), що відповідає за нагляд і керування логікою динамічного CAM. Він оснащений розширеними функціями керування рухом, які підходять для операцій синхронізації.

HMI_15_UC (MTP1000 Unified Comfort) виконує роль панелі людино-машинного інтерфейсу (HMI) для візуалізації та взаємодії з процесом автоматизації, дозволяючи операторам здійснювати контроль над системою та вносити зміни в реальному часі.

Master [S210 PN] і Slave [S210 PN] - це сервоприводи SINAMICS S210, що використовуються для точного керування рухом, працюють одночасно для забезпечення узгодженого механічного переміщення.

Розділ "Ungrouped Devices and Other Settings" містять додаткові параметри, зокрема налаштування документації, міжпристроєві функції, мовні параметри та системи контролю версій, що сприяє підвищенню ефективності проекту.

У конфігурації мережі (центральна панель) усі пристрої з'єднані через PN/IE_1 (PROFINET) - комунікаційний протокол, який забезпечує безперебійну передачу даних.

CPU 1516T-3 виступає як центральний контролер, який взаємодіє з HMI-панеллю (MTP1000) для моніторингу та керування в реальному часі, а також з Master і Slave-приводами S210 для реалізації динамічних профілів руху. Ці приводи мають важливе значення для точного механічного узгодження в таких застосуваннях, як CAM-керування, обертові переміщення або передачі механізмів.

Основна мета конфігурації Dynamic CAM Implementation полягає у використанні в застосуваннях керування рухом. CPU 1516T-3 динамічно обробляє CAM-профілі під час виконання програми, дозволяючи

здійснювати синхронізацію та адаптацію в режимі реального часу.

Приводи Master і Slave S210 забезпечують точну синхронізацію механічних переміщень, включно з САМ-механізмами та обертовими системами, у той час як НМІ дозволяє операторам відстежувати продуктивність системи та змінювати параметри без зупинки процесу.

Дерево проекту в лівій частині середовища TIA Portal є важливим для моніторингу реалізації динамічного САМ і пропонує ієрархічне представлення всіх компонентів. Цей розділ забезпечує навігацію для повної конфігурації, програмування та діагностики ПЛК і пов'язаних із ним елементів.

Розділ Device Configuration дозволяє користувачам задавати апаратні налаштування для ПЛК, включаючи інтерфейси зв'язку, підключені пристрої та модулі вводу/виводу, зокрема для налаштування функцій керування рухом CPU.

Розділ Online & Diagnostics надає інструменти для моніторингу стану ПЛК, діагностики та тестування САМ-профілів у реальному часі, що сприяє виявленню та усуненню проблем із синхронізацією руху.

У модульних проектах розділ Software Units класифікує завдання керування рухом або процедури, пов'язані з САМ, на керовані програмні блоки.

Розділ Program Blocks містить логіку програмування ПЛК для виконання САМ-функцій, таких як створення, керування та динамічна модифікація САМ-профілів під час виконання.

Розділ Technology Objects зосереджений на операціях керування рухом, включаючи кулачкове керування (camming) та синхронізацію передач (gearing), і забезпечує проектування осей, визначення САМ-профілів і синхронізацію приводів, таких як S210 Master і Slave.

External Source Files - це розділ для керування зовнішніми САМ-профілями або файлами даних, які можна включити до системи керування

У розділі Library представлено багаторазово використовувані компоненти коду або бібліотеки, які можуть застосовуватися в різних частинах програми. Розділ містить такі категорії.

1. Components - містить попередньо налаштовані модулі керування рухом або функції, що повторно використовуються для задач САМ/

2. External sources - зберігає зовнішні файли або імпортовані фрагменти коду;

3. Global - містить глобальні змінні або функції, доступні по всій програмі;

4. Utilities - містить допоміжні функції або інструменти, які спрощують програмування.

Розділ Organization Blocks є основним для роботи програми. Розділ Organization Blocks містить наступні блоки.

1. Main - основний організаційний блок, який виконує циклічну логіку та викликає додаткові блоки чи підпрограми.

2. MC-Interpolator - відповідає за інтерполяцію руху, обчислення та синхронізацію САМ-профілів, а також управління багатовісними рухами.

3. MC-Servo - виконує завдання сервокерування, забезпечуючи синхронізовану роботу приводів S210 Master і Slave.

Сегмент DBs (Data Blocks) забезпечує структуроване зберігання змінних, параметрів і динамічних даних, а IDBs (Instance Data Blocks) зберігають параметри, пов'язані з керуванням рухом - розташування осей, швидкості, конфігурації синхронізації.

Підрозділ Station містить наступні елементи.

1. Global - глобальні структури даних або налаштування, які використовуються у всіх компонентах станції;

2. Cam_Implementation - параметри та логіка, пов'язані з динамічною реалізацією САМ, включаючи САМ-профілі та взаємозв'язки осей.

Блок HMI Data Block містить DB_ST1_HMI, який забезпечує зв'язок

між ПЛК і НМІ (панеллю MTP1000 Unified Comfort), зокрема відображення стану системи, обробку введення оператора та зміну параметрів у реальному часі.

Розділ Program Blocks є головним для реалізації динамічного САМ. Вікно розділу Program Blocks зображене на рисунку 3.3.

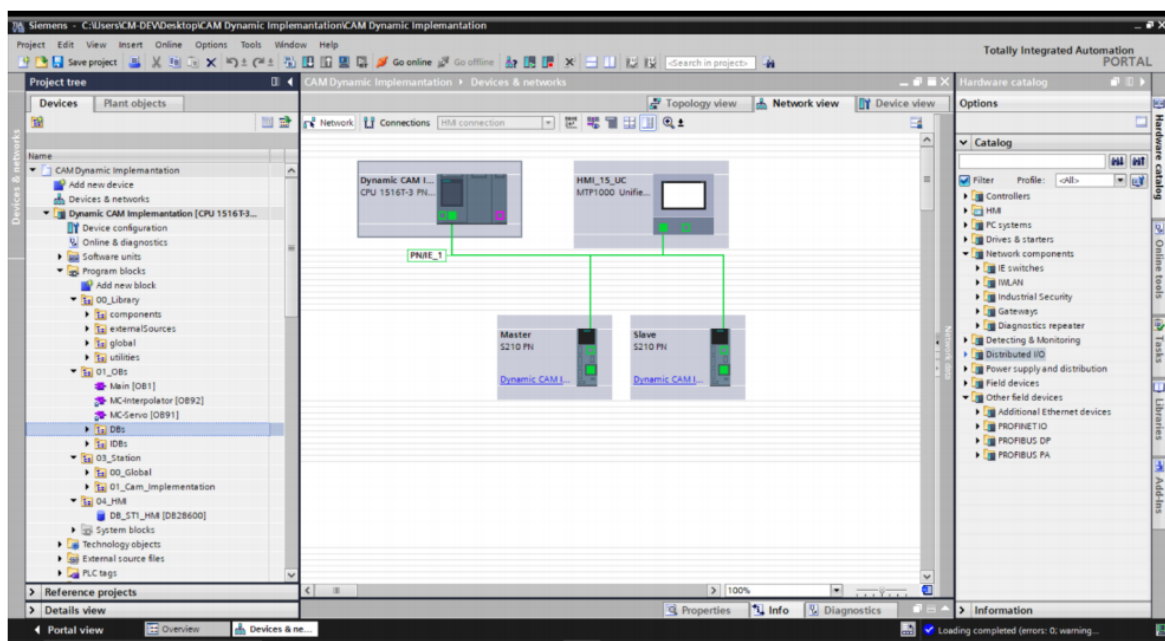


Рисунок 3.3 - Вікно розділу Program Blocks

Розділ Program Blocks виконує наступні дії.

1. Здійснює циклічне виконання завдань у Main.
2. Забезпечує керування рухом у реальному часі.
3. Керує даними через структуровані DB.
4. Сприяє інтеграції та комунікації між ПЛК, НМІ та глобальними налаштуваннями.

У сукупності ці модулі забезпечують ефективну роботу системи, точне керування рухом та гнучкість у реальному часі.

Розділ Library у дереві проєкту TIA Portal виконує функцію централізованого сховища багаторазових компонентів, що сприяє модульному програмуванню та скороченню часу розробки.

Ця бібліотека організована за кількома категоріями, щоб оптимізувати керування проектом і підвищити ефективність.

1. Категорія Components містить попередньо налаштовані модулі для різних завдань.

2. Категорія Safety Components - для керування блокуваннями та аварійними зупинками.

3. Категорія Standard Components - містить блоки:

- Analog Sensor - для обробки даних аналогових датчиків;
- CamHandler - для керування САМ-профілями;
- Digital Sensor - для обробки цифрових входів;
- Recipe - для керування наборами параметрів;
- Servo - для керування сервоприводами;
- Valve - для автоматизації процесу з використанням клапанів.

3. Категорія ExternalSources - містить зовнішні ресурси, підрозділи:

- LGF - власна бібліотека;
- Siemens - стандартні бібліотеки, надані Siemens.

4. Категорія Global містить повторно використовувану логіку і структури даних, підрозділи:

- Alarms - для діагностики системи;
- Graph - для логіки автоматів станів;
- HardwareOk - для перевірки стану обладнання;
- Safety - глобальні параметри безпеки;
- SCADA - для інтеграції з SCADA;
- Station - загальні конфігурації станції.

Розділ Utilities надає важливі інструменти та служби.

Бібліотека Library забезпечує послідовність і гнучкість у межах усього проекту, пропонуючи широкий спектр багаторазових інструментів, що робить її необхідною для реалізації складних задач, таких як динамічне САМ-керування.

Станція CAM FC та FB зображена на рисунку 3.4.

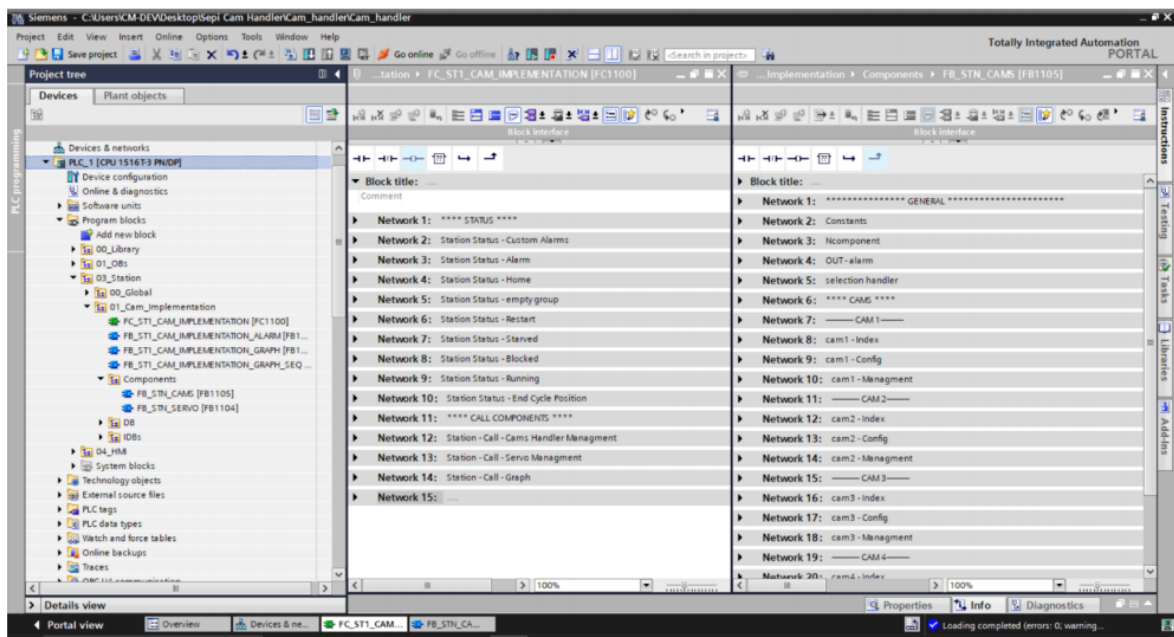


Рисунок 3.3 - Вікно розділу станція CAM FC та FB

Станція позначає певний функціональний блок або операційний сегмент у процесі автоматизації. Вона контролює виконання певних завдань, відстежує статуси та взаємодіє з системою CAM для забезпечення безперебійної роботи.

Мережі «Станція» (наприклад, Мережа 1 - Мережа 10) зосереджені на контролі та регулюванні положення станції в більшій системі. Це охоплює операційні стани (наприклад, «Працює», «Заблоковано» або «Додому»), керування помилками (наприклад, «Сигнали тривоги» та «Налаштовані сигнали тривоги») та регулювання життєвого циклу (наприклад, «Перезапуск» або «Положення завершення циклу»).

Ключові мережі, пов'язані зі станцією.

1. Мережа 1: Стан станції - Користувацькі тривоги.

Обробляє тривоги, характерні для станції, дозволяючи налаштовувати конфігурації.

2. Мережа 2: Стан станції - Тривога.

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

КРБАКІТ. 2022126.01.01.ПЗ

Арк.
46

Вказує, чи перебуває станція в стані тривоги, ймовірно, запускаючи попередньо визначені дії або ведення журналу.

3. Мережа 3: Стан станції - Домашня.

Показує, чи перебуває станція у своєму "домашньому" або початковому положенні, що критично важливо для синхронізації.

4. Мережа 5: Стан станції - Перезапуск.

Керує процедурами перезапуску станції, забезпечуючи безпечне відновлення.

5. Мережа 6: Стан станції - Недостатньо даних.

Вказує, чи станції бракує вхідних даних або ресурсів для продовження роботи.

6. Мережа 7: Стан станції – Заблокована.

Перевіряє, чи заблоковані операції станції, можливо, через проблеми з висхідним або низхідним потоком.

7. Мережа 8: Стан станції – Працює.

Показує, чи станція активно виконує свої процеси.

8. Мережа 10: Стан станції - Положення кінця циклу

Позначає завершення циклу, забезпечуючи готовність до наступного завдання.

Станція взаємодіє з блоками обробників САМ (FC_ST1_CAM_IMPLEMENTATION) та такими компонентами, як FB_STN_CAMS, для контролю певних функцій САМ, включаючи індексування, конфігурацію та управління. Це гарантує точне регулювання механічних рухів та їх координацію.

Сегмент «Технологічні об'єкти» всередині дерева проекту зосереджується на управлінні компонентами керування рухом та динамічними сутностями, необхідними для реалізації динамічного САМ.

У цьому розділі налаштовано основні компоненти для точної синхронізації та керування рухом. Конкретні профілі САМ, які містяться в

блоках даних (DB), позначених як Cam1 - Cam4, забезпечують траєкторії руху або послідовності для скоординованого керування рухом.

Кожен елемент САМ пов'язаний з окремим набором характеристик руху, включаючи кутові положення, швидкості та критерії синхронізації, які є вирішальними для регулювання динамічного руху серводвигунів та досягнення точної синхронізації між головною та веденою осями.

Блок даних CamHmi сприяє інтеграції профілів САМ з людино-машинним інтерфейсом (НМІ), дозволяючи оператору контролювати, змінювати та керувати параметрами, пов'язаними з САМ, в режимі реального часу через панель НМІ.

TO_Master - це технологічний об'єкт для головної осі, який встановлює головне посилання для синхронізації руху. Цього посилання дотримуються інші компоненти, включаючи ведені осі.

TO_Master керує основним циклом, який приводить у рух усю систему САМ. Аналогічно, TO_Slave - це технологічний об'єкт для веденої осі, синхронізує рух веденої осі з рухом головної, гарантуючи точну та динамічну координацію між двома осями для операцій, керованих САМ.

VirtualMaster служить віртуальною головною віссю для моделювання або сценаріїв без фізичної головної осі, що полегшує тестування та перевірку конфігурацій керування рухом без необхідності фізичного обладнання та дозволяє віртуальне введення в експлуатацію. Область «Технологічні об'єкти» є важливою для налаштування та керування керуванням рухом у рамках реалізації динамічного САМ.

Визначення профілів САМ та технологічних об'єктів для осей Master, Slave та Virtual Master забезпечує ідеальну синхронізацію руху та динамічне налаштування. Взаємодія з НМІ через об'єкт CamHmi полегшує керування оператором та налаштування параметрів у режимі реального часу.

Ця структура підвищує гнучкість та ефективність системи керування рухом, сприяючи плавній синхронізації та реагуванню на динамічні

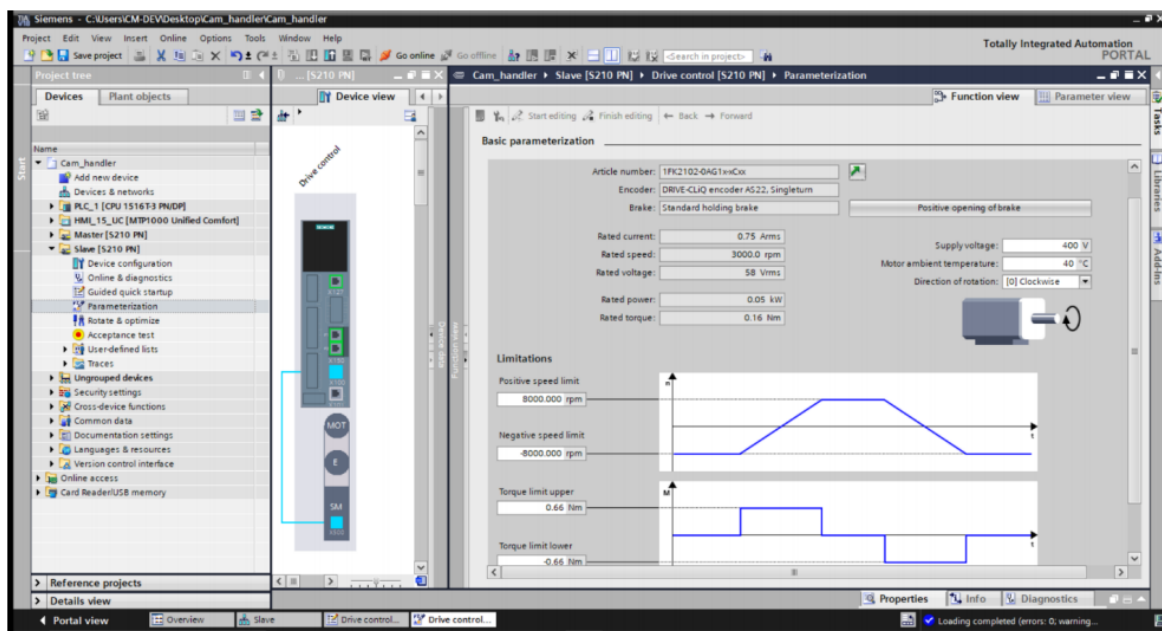


Рисунок 3.6 - Налаштування слідкуючого пристрою

Розділ «Параметризація» забезпечує конфігурацію для слідкуючого пристрою [S210 PN], починаючи зі специфікацій двигуна. Використаний двигун - це серводвигун 1FK2102-0AG1xxCxx, інтегрований з енкодером DRIVE-CLiQ AS22 (однооборотний) для точного зворотного зв'язку та стандартним утримувальним гальмом для забезпечення стабільності положення під час простою.

Основні характеристики двигуна включають номінальний струм 0,75 А, номінальну швидкість 3000 об/хв, номінальну напругу 58 В, номінальну потужність 0,05 кВт та номінальний крутний момент 0,16 Нм.

Обмеження руху встановлюють робочі параметри двигуна, гарантуючи безпеку та оптимальну продуктивність. Верхнє обмеження швидкості встановлено на рівні 8000 об/хв, тоді як нижнє обмеження швидкості становить -8000 об/хв.

Обмеження крутного моменту встановлено як з верхнім, так і з нижнім обмеженнями на рівні 0,66 Нм, що забезпечує функціонування системи в межах безпечних параметрів крутного моменту. Параметри навколишнього середовища включають напругу живлення 400 В, робочу

| | | | | |
|-----|------|---------|--------|------|
| | | | | |
| Зм. | Арк. | №докум. | Підпис | Дата |

КРБАКІТ. 2022126.01.01.ПЗ

Арк.
51

температуру навколишнього середовища 40°C та орієнтацію обертання двигуна за годинниковою стрілкою.

Керований швидкий запуск спрощує налаштування приводу за допомогою послідовного процесу конфігурації, який охоплює підключення до ПЛК, визначення обмежень руху та крутного моменту, налаштування вводу/виводу для вимірювальних зондів та оптимізацію обертання приводу.

Ця конфігурація гарантує, що слідкуючий привід функціонує синхронно з головним приводом, дотримуючись його опорного профілю руху, зберігаючи при цьому динамічну точність.

Слідкуючий привід [S210 PN] розроблений для виконання синхронізованого руху з головним приводом, використовуючи точну параметризацію та керовану оптимізацію, щоб гарантувати ефективну та надійну роботу в рамках реалізації динамічного САМ.

Налаштування веденого пристрою [S210 PN] у розділі "Швидкий запуск з інструкцією" гарантує належне налаштування сервоприводу SINAMICS S210 для синхронізованого керування рухом у рамках реалізації динамічного САМ.

Конфігурація починається з підключення до ПЛК, при цьому привід здійснює циклічний зв'язок через телеграми, а функції безпеки адмініструються через PROFI-safe, що гарантує безпечну передачу даних у режимі реального часу.

Розділ "Обмеження" визначає основні параметри, що охоплюють напругу живлення 400 В (p210) та температуру навколишнього середовища двигуна 40°C, при цьому напрямок обертання встановлюється за годинниковою стрілкою.

Додатне обмеження швидкості встановлюється на рівні 8000 об/хв, тоді як від'ємне обмеження швидкості встановлюється на рівні -8000 об/хв. Тривалість уповільнення 0,000 секунди гарантує миттєве зупинення, тоді як обмеження крутного моменту встановлюються на рівні 0,66 Нм як для

через зв'язок PROFI-safe та плавній інтеграції обмежень швидкості, крутного моменту та вводу/виводу. Результатом є система, вдосконалена для безпечної, надійної та ефективної роботи в синхронізованому керуванні рухом.

НМІ або людино-машинний інтерфейс - це система, яка забезпечує взаємодію між користувачами та машинами, процесами або системами. Вона пропонує графічний інтерфейс для операторів, інженерів та техніків для контролю, регулювання та модифікації промислових процесів.

Функції НМІ охоплюють моніторинг стану машин у режимі реального часу, візуалізацію даних за допомогою графіків, сповіщень та тенденцій, керування системою, включаючи ініціювання, зупинку або налаштування машин, а також діагностику та усунення несправностей за допомогою повідомлень про помилки або зворотного зв'язку системи.

НМІ складається з трьох основних компонентів.

1. Апаратного забезпечення, включаючи екрани або сенсорні панелі; програмного забезпечення, яке відповідає за створення візуальних елементів та логіки.

2. Комунікаційних протоколів, таких як PROFINET або Modbus, які забезпечують з'єднання між НМІ та ПЛК або іншими пристроями.

Siemens TIA Portal надає комплексні рішення НМІ, бездоганно інтегровані в екосистему автоматизації, що враховує різноманітні типи панелей НМІ, такі як базові панелі для простих застосувань, панелі комфорту для покращеної графіки та функціональності, а також уніфіковані панелі комфорту для сучасних, масштабованих та високопродуктивних НМІ.

Характеристики НМІ в TIA Portal включають графічний дизайн, який полегшується інтерфейсом перетягування для створення екранів НМІ, безшовну інтеграцію з ПЛК Siemens через PROFINET, інтегровані інструменти для сигналізації та тенденцій для контролю системних подій,

настроювані макети екранів та ієрархічну навігацію для ефективної організації екранів, а також багаторівневе керування користувачами для регульованого доступу.

Процедура розробки включає проектування екранів з візуальними компонентами, такими як кнопки, повзунки та графіки, зв'язування цих компонентів з тегами ПЛК через прив'язку даних та оцінку інтерфейсу в ПІА Portal перед розгортанням на обладнанні НМІ.

3.3 Висновки до третього розділу

1. В третьому розділі було виконано повну розробку алгоритму та реалізацію програми роботи автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом у середовищі Siemens ПІА Portal з використанням технології електронного кулачкового керування (САР).

2. Алгоритм роботи, представлений у вигляді блок-схеми, забезпечує структуровану логіку керування з підтримкою трьох основних режимів: ручного, налаштування та автоматичного. Це дає змогу реалізувати як базові операції керування, так і гнучке технічне обслуговування або тестування системи без втручання в основний виробничий цикл. В алгоритмі також передбачена перевірка аварійних ситуацій з блокуванням подальшого виконання до їх усунення, що забезпечує підвищений рівень безпеки роботи системи.

3. Розроблена система САР-керування відповідає сучасним вимогам до точності, безпеки, гнучкості та інтеграції, що робить її ефективним рішенням для застосувань у текстильній, електромеханічній, пакувальній та інших галузях промисловості.

ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі було розроблено автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом в'язальної машини, який забезпечує високоточне, адаптивне й надійне управління виконавчим механізмом, критично важливим для технологічного процесу шнурування обмоток електродвигунів.

2. У першому розділі було проведено глибокий огляд літературних джерел і технічної документації, присвячених технологіям електромеханічного з'єднання, сучасним підходам до автоматизації, а також можливостям використання САМ-керування в системах руху. Визначено перспективні напрямки застосування віртуальних кулачків у промислових задачах, таких як керування механізмами в пакувальних, текстильних та робототехнічних комплексах.

3. У другому розділі розроблено функцію кулачкового керування у середовищі Siemens TIA Portal, обґрунтовано вибір бібліотеки LCamHdl як базового інструменту для формування електронних кулачкових профілів, проведено аналіз динамічних параметрів кулачкового руху, включаючи швидкість, прискорення та поштовх, реалізовано моделі САМ-профілів на основі поліномів 5-го та 6-го порядку та описано структуру та функціональне призначення механізму в'язання у виробництві статора електродвигуна.

4. Проаналізовано фактори, які вимагають автоматизації цього процесу, зокрема: зменшення вібрацій, підвищення надійності та довговічності, мінімізація ручної праці.

5. У третьому розділі розроблено програму роботи пристрою в середовищі TIA Portal. Реалізовано алгоритм з підтримкою ручного, налаштувального та автоматичного режимів.

6. Виконано конфігурацію апаратних компонентів (ПЛК S7-1500T,

сервоприводи SINAMICS S210, HMI-панель MTP1000).

7. Використано функціональні блоки САМ (зокрема LCamHdl_CreateCamBasic, LCamHdl_CreateCamAdvanced, LCamHdl_CreateCamBasedOnXYPoints) для реалізації керування синхронізованими осями, забезпечено безпечну роботу системи з урахуванням обмежень швидкості, зворотного зв'язку з енкодера та аварійних сценаріїв.

8. Здійснено повний цикл проектування автоматизованого пристрою - від теоретичного обґрунтування до програмної реалізації, забезпечено високоточне САМ-керування та підвищено ефективність і надійність процесу в'язання статора електродвигуна.

9. Розроблений пристрій може бути інтегрований у сучасні виробничі лінії електротехнічної промисловості, забезпечуючи автоматизацію критичних етапів складання й зменшуючи потребу в ручній праці. Отримані результати можуть бути використані як база для подальших досліджень та удосконалення технологій САМ-керування в задачах промислової автоматизації.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Siemens AG. TIA Portal V17. System Manual. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 10.03.2020).
2. Siemens AG. Technology Object Cam: Function Manual. 2022. 122 с.
3. Siemens AG. SIMATIC Motion Control with S7-1500T Controllers. 2021. 94 с.
4. IEC 61131-3: Programmable controllers. Part 3: Programming languages. Geneva. IEC. 2013. 322 p.
5. Siemens Industry Online Support. LCamHdl Function Block Description. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 20.03.2020).
6. IEC 60050. International Electrotechnical Vocabulary: Mechatronics. Geneva. IEC. 2015. 84 p.
7. Григор'єв Ю. І. Системи автоматичного керування. К. Лібра, 2020. 436 с.
8. Марченко М. П. Сервомеханізми в автоматизації. Харків. НТУ «ХП». 2019. 312 с.
9. SICK AG. Motion Control Sensors Application Guide. Waldkirch, 2021. 68 p.
10. Stober Drives. CAM Positioning and Interpolation Handbook. Pforzheim. Stober, 2020. 105 p.
11. Omron Corporation. Motion Control Engineering Guide. Tokyo. 2021. 134 p.
12. Кушніренко О. І., Кірсанов В. В. Програмовані логічні контролери. Харків. ХНУРЕ. 2021. 158 с.
13. Тарасов А. А. Основи промислової автоматики. Львів. Видавництво ЛНТУ. 2018. 206 с.

14. Beckhoff Automation. TwinCAT Motion Control. Verl, 2021. 86 p.
15. Festo Didactic. Motion Control in Mechatronics. Esslingen. Festo. 2022. 110 p.
16. Компанієць А. І. Основи мехатроніки. Київ. КНУБА. 2019. 254 с.
17. National Instruments. Introduction to Motion Profiles. URL: <https://www.ni.com> (дата звернення: 25.03.2020).
18. ABB Group. ACS Drives Programming Manual. Zurich. 2020. 142 p.
19. Дьяків О. М. Інженерія керованого руху. Львів. ЛНУ. 2020. 280 с.
20. Ткаченко С. А., Білик В. В. Інтелектуальні системи керування. К. КНУ. 2021. 360 с.
21. Kollmorgen. CAM Profile Development and Execution. Radford 2021. 84 p.
22. Moog Inc. Motion Control Reference Guide. East Aurora. 2020. 130 p.
23. Мельник А. М. Промислова робототехніка. Тернопіль. ТНТУ. 2022. 304 с.
24. Петухов А. М. Системи керування електроприводами. Одеса. ОНАХТ. 2018. 210 с.
25. Rockwell Automation. Kinetix Motion Control Design Guide. Milwaukee. 2022. 140 p.
26. Johnston G. L. H., Orekhov A. L., Simaan N. Design Considerations and Robustness to Parameter Uncertainty in Wire-Wrapped Cam Mechanisms. Int. J. Adv. Manuf. Technol. Springer. 68 p.
27. Motion Profile S-Curve Optimization. IEEE. 2021. Vol. 9. P. 11245–11256.
28. Holtz J. Motion Control in Industrial Applications. Proceedings of

the IEEE. 2020. Vol. 108(8). P. 1324–1340.

29. Шевченко В. С. Технології виробництва електродвигунів. Харків . УІПА. 2021. 144 с.

30. Спосіб автоматизованого керування зворотно-поступальним механізмом. Пат. 103827 Україна. МПК G05B 19/418. Опубл. 25.05.2023.

31. Polynomial-based motion planning for smooth trajectory control. IFAC PapersOnLine. 2021. Vol. 54(15). P. 357–362.

32. IEEE Standard 187.4-2018. Motion Control Vocabulary. New York. IEEE. 2018. 68 p.

33. Design of Electronic CAM Profiles in PLC Systems. Journal of Mechatronic Systems. 2023. Vol. 11(2). P. 119–130.

34. Слюсар В. І. Автоматизація технологічних процесів. К. КНУТД. 2022. 298 с.

35. Schunk GmbH. Actuators and Motion Systems Catalog. Lauffen, 2021. 98 p.

36. Fanuc Corporation. Servo Drive Motion Control Handbook. Oshino, 2022. 120 p.

37. REXROTH Bosch Group. Motion Logic System Manual. Stuttgart. 2021. 76 p.

38. Method for generating CAM profiles in programmable logic controllers. US Pat. 7934695 B2. Publ. 03.05.2021.

39. Real-time Motion Control Optimization with CAM Profiles. ISA Transactions. 2022. Vol. 124. P. 441–449.

40. EtherCAT Technology Group. Motion Control Profile Specification. Version 2.4. Nuremberg, 2021. 92 p.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник Наконечний Данило Сергійович

Тема: Автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом

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

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 63

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом, який використовується у процесі в'язання обмоток статорів електродвигунів з використанням функцій електронного кулачкового керування у середовищі Siemens TIA Portal.
2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню
3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі були розглянуті основні аспекти функціонування зворотно-поступальних механізмів, проведено аналіз літературних джерел і патентної документації, виявлено сучасні технічні рішення для автоматизованого керування зворотно-поступальними механізмами. У другому розділі було проведено комплексну розробку функції електронного кулачкового керування в середовищі Siemens TIA Portal та проектування автоматизованого пристрою керування зворотно-поступальним механізмом. У третьому розділі розроблено алгоритм керування та розроблено програму роботи пристрою керування зворотно-поступальним механізмом.
4. Позитивні сторони роботи: Розроблений пристрій може бути інтегрований у сучасні виробничі лінії електротехнічної промисловості, забезпечуючи автоматизацію критичних етапів складання й зменшуючи потребу в ручній праці.

5. Негативні сторони роботи: Не в достатньому обсязі проаналізовано фактори, які вимагають автоматизації цього процесу, зокрема: зменшення вібрацій, підвищення надійності та довговічності, мінімізація ручної праці.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному технічному рівні.


8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: добре (4,00/С)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи) _____

Мішани Віктор Валерійович, доцент
каф. ТМІТ

"21" червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн.наук, проф. Мартиноку В.В.

Наконечного Д. С.

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 3 курс, групи АКІТс-22-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, 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 (StrikePlagiarism 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.

02.06.2025

дата



підпис

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 2.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 9%

| | | | | |
|--|----------|---------|---------------------------|---------|
| ID: 247406 Title: БКР Автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом Added in a DB: 2025-06-23 Authors: Данило НАКОНЕЧНИЙ Heads: Валерій МАРТИНЮК Consultants: Opponents: | Document | | Sum coincidence on the DB | |
| | Symbols | Lexemes | Symbols | Lexemes |
| | 65420 | 1043 | 1805 (3%) | 23 (2%) |

Plagiarism sources

| ID | Description | Plagiarism presence in the document | |
|----|-------------|-------------------------------------|---------|
| | | Symbols | Lexemes |
| | | | |

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Данило НАКОНЕЧНИЙ

Співавтор:

Назва: Наконечний на антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 2%

Коефіцієнт подібності 2: 0%

Мікропробіли: 0

Заміна букв: 1

Інтервали: 0

Білі знаки: 2

Дата створення звіту: 2025-06-23 13:02:09.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедур. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-23



Доцент Микола Федула

Дата

експерт

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: Автоматизований пристрій керування зворотно-поступальним механізмом

Автор: Наконечний Данило Сергійович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

Науковий керівник: Мартинюк Валерій Володимирович, доктор технічних наук, професор

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

| № | Висновок | Позначка про відповідність |
|---|--|----------------------------|
| 1 | Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту. | відповідає |
| 2 | Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. 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 й 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, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноновживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

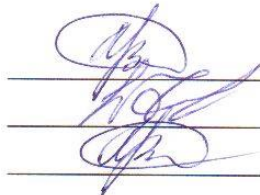
3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 2 % і адресується до 16 джерел, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи



Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Валерій МАРТИНЮК