

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»
 Навчально-науковий інститут електроенергетики
 (інститут)
 Електротехнічний факультет
 (факультет)
 Кафедра кіберфізичних та інформаційно-вимірювальних систем
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра

здобувача вищої освіти Реутов Микита Максимович
 (П.І.Б.)

академічної групи 151-17-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
 (код і назва спеціальності)

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу управління верстатом різання металу
 (назва за наказом ректора)

Консультанти	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинг.	інституційною	
Керівник кваліфікаційної роботи	доц. Трипутень М.М.			
Провідний консультант	ст. викл. Надточий В.В.			
Розробка апаратного забезпечення системи керування	дос. Соснін К.В..			
Визначення моделі об'єкта керування	ст.викл. Бойко О.О.			
Економічна частина	ст. викл. Яремчук І.О.			
Охорона праці	проф. Чеберячко Ю.І.			
Нормоконтролер	ас. Славінський Д.В.			

Дніпро
 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувачем кафедри
кіберфізичних та інформаційно-
вимірювальних систем
(повна назва)

_____ Ткачов В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 2021 року

ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

здобувача вищої освіти Реутов М.М. _____ академічної групи 151-17-1 _____
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____

за освітньо-професійною програмою 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології _____
(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесу управління верстатом різання металу _____

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від _____ № _____.

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	Вступ. Опис технологічного процесу для об'єкта автоматизації. Огляд існуючих систем автоматизації. Стан питання. Вибір напрямку створення автоматизованої системи.	31.03.2021
Розробка апаратного забезпечення системи керування	Обрання датчиків, виконавчих пристроїв та пристрою керування, розробка структурних схем, функціональної схеми автоматизації та принципової схеми електричної.	06.05.2021
Визначення моделі об'єкта управління	Виконання експерименту. Обробка результатів експерименту. Створення моделі об'єкта управління. Перевірка отриманої моделі на адекватність.	25.05.2021
Економічна частина	Економічне обґрунтування доцільності витрат на створення системи керування.	02.06.2021
Охорона праці	Розробка організаційно-технічних заходів, щодо реалізації правил безпеки при експлуатації системи.	10.06.2021

Завдання видано

_____ (підпис п. конс.)

ст. викл. Надточий В.В.
(прізвище, ініціали)

Дата видачі 01.03.2021

Дата подання до атестаційної комісії 10.06.2021

Прийнято до виконання

_____ (підпис здобувача)

Реутов М.М.
(прізвище, ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить __ стор., __ рис., __ табл., __ дод., __ арк. графічного матеріалу формату А4.

Об'єкт розробки: системи управління машиною плазмового різання «Кристал».

Мета: розробка підсистемі автоматичного управління підсистемі переміщення рухомої частини по координатам X та Y, на якому закріплена система подачі ріжучої суміші.

В роботі проаналізована технологічний процес, структура об'єкта керування та вимоги до його функціонування. На підставі чого сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та програмного забезпечення.

Відповідно до загальної тенденції в області автоматизації вибрана сучасна структура системи автоматичного управління і елементна база для автоматичного управління револьвером подачі і скидання труб.

За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій ПЛК та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

Результатом дослідження є макромодель крокового двигуна, яка призначена для дослідження автоматизованих систем позиціонування в середовищі програм Matcad на верхньому рівні абстракції. Завдяки високій економічності та надійності, вона дозволяє знизити ризик появи алгоритмічних збоїв при симуляції. Перевагою моделі є також її універсальність, оскільки вона придатна для моделювання уніполярних та біполярних двигунів. Алгоритм її параметризації на основі емпіричних даних дуже простий.

**СИСТЕМА, УПРАВЛІННЯ, ДАТЧИК, КРОКОВИЙ ЕЛЕКТРОДВИГУН,
МОДЕЛЬ**

ЗМІСТ

Зміст	4
Вступ.....	6
1 Стан питання та постановка завдання.....	8
1.1 Галузь промисловості	8
1.1.1 Загальні відомості про верстати з ЧПУ	8
1.1.2 Загальні відомості про способи різання металів.....	9
1.1.3 Технології розкрою металу при термічному різанні	12
1.1.4 Плазмова різка і зварювання металів	13
1.2 Технологічний процес.....	14
1.3 Об'єкт управління	16
1.4 Функціонування системи управління.....	19
1.5 Висновки по розділу	21
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	22
2.1 Розробка структурної схеми системи управління	23
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	25
2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління	26
2.3.1 Вибір датчиків	26
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	27
2.3.3 Вибір пристрою керування.....	28
2.2.4 Вибір джерел живлення	35
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	37
2.5 Розробка схеми електричної принципової	38
2.5 Висновки за розділом.....	39
3 Визначення моделі об'єкта управління	41

	5
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи	41
3.2 Розробка та дослідження моделі крокового двигуна	45
3.3 Розробка методики дослідження об'єкта управління	50
3.4 Висновки за розділом.....	54
4 Економіка	55
4.1 Розрахунок капітальних витрат	55
4.1.1 Розрахунок трудомісткості розробки програмного забезпечення	55
4.1.2 Розрахунок витрат на створення програмного забезпечення.....	57
4.1.3 Розрахунок додаткових капітальних витрат.....	58
4.2 Експлуатаційні витрати	59
4.3 Оцінка економічної ефективності	62
4.4 Висновок	63
5 Охорона праці	64
5.1 небезпечні та шкідливі виробничі чинники	64
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	65
5.3 Висновки по розділу	72
Висновки	73
Перелік посилань.....	75
Додаток А	79
Додаток Б.....	80
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи	81
Відгук.....	83
Рецензія	85

ВСТУП

Металорізальні верстати є досить поширеною і багато чисельною групою механізмів і призначені для механічної обробки виробів з металу.

Надання оброблюваній на верстаті заготовці необхідної форми поверхні і розмірів здійснюється переміщенням певним чином ріжучого інструменту відносно заготовки. Необхідне відносне переміщення створюється поєднанням рухів інструменту і заготовки. Ці рухи називаються основними або робочими рухами. Їх розділяють на головні, або ріжучі: рух, за рахунок якого інструмент виконує різання металу, і рух подачі, який обумовлює переміщення інструменту або оброблюваної заготовки. Основні рухи здійснюються в металорізальних верстатах різними способами залежно від виду обробки. Окрім основних рухів, у верстатах є також допоміжні рухи, необхідні для налагоджувальних операцій, автоматичного підведення інструментів до заготовки і зворотного відведення, автоматичного контролю розмірів в процесі обробки і так далі.

Сучасний металорізальний верстат обладнаний складною системою автоматизованого електроприводу, що включає багато електричних машин, як генератори, так і двигуни, всілякі підсилювальні і перетворювальні пристрої, багаточисельну апаратуру. У сучасних важких і унікальних верстатах кількість електричних машин досягає кількох десятків. Між електродвигунами верстата існують електричні блокувальні і функціональні зв'язки з використанням складної електричної схеми управління. В сукупності з механічними, гідравлічними і іншими системами автоматизований електропривод забезпечує високу продуктивність і якість роботи сучасних металорізальних верстатів, будучи основою комплексної автоматизації технологічних процесів машинобудування. Швидкий розвиток техніки викликав появу дуже складних і різноманітних систем комплексної автоматизації у верстатобудуванні, таких, як системи слідкуючого електроприводу, програмні, самоналагоджувальні системи і ін.

Збільшення продуктивності верстата і зменшення вартості електроустаткування є основними вимогами, що пред'являються до систем

автоматизованого електроприводу, однак, вони суперечать один одному. Ускладнення систем спричиняє за собою дорожчання електричної частини верстата за рахунок збільшення вартості елементів електроустаткування. Крім того, ускладнюється і дорожчає його обслуговування і експлуатація.

Цілеспрямованим вирішенням цих питань, являється шлях використання комплексної автоматизації верстатів і вживання перспективних за якістю, надійності і зменшенню вартості елементів електроустаткування.

Пошук доцільних рішень є нелегким технічним і економічним завданням. Найбільш складним це завдання стає при виборі систем електроприводу і способу регулювання швидкості механізму верстата. Бурхливий технічний прогрес останніх років дає можливість сучасним електричним системам задовольняти майже будь-яким технічним вимогам.

Нові безконтактні елементи так само як і магнітні і напівпровідникові підсилювачі, тверді некеровані і керовані вентиля і інші елементи автоматики, дозволяють створювати досить надійні системи комплексної автоматизації. А також прогрес в розвитку силової електроніки обумовив появу величезної бази для вдосконалення систем управління приводами змінного струму. Освоєння промислового виробництва біполярних транзисторів з ізольованим затвором (IGBT) дозволило створювати надійні і відносно дешеві перетворювачі, а розвиток швидкодіючої мікроелектроніки дав змогу реалізувати алгоритми керування практично любой складності. З'явилась можливість створювати регульовані електроприводи, засновані на нових законах керування. При цьому ускладнюються розрахунки систем автоматизованого електроприводу. Методика розрахунків удосконалюється, при цьому використовуються модельовані математичні установки і обчислювальні цифрові машини.

Раціонально сконструйований верстат і його електропривод повинні забезпечити якнайповніше використання ріжучих властивостей вживаного інструменту.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Сучасне приладобудування покликане забезпечувати народне господарство ефективними засобами і системами управління на основі широкого використання досягнень науки.

Головне завдання приладобудування - розвиток автоматизованих систем управління на основі сучасних технічних засобів. Це досягається типізацією проектних рішень, автоматизацією систем проектування, уніфікацією, агрегуванням і комплектною поставкою технічних засобів.

У сучасному виробництві більша частина деталей складної форми виготовляється переважно обробкою різанням, причому забезпечується висока точність, а також продуктивність.

Одним з важливих напрямків підвищення якості обробки при різанні в автоматизованому виробництві є адаптивне керування процесом різання. На даний момент існує достатньо систем керування процесу різання, але питання точності, надійності та якості все ще залишаються актуальними. Тому розробка нових систем є необхідним кроком для збільшення обсягів виробництва та мінімізації випуску бракованої продукції.

1.1.1 Загальні відомості про верстати з ЧПУ

Перехід від використання набору верстатів та інших технологічних машин до машинних систем у вигляді гнучких виробничих систем технологічного обладнання крім підвищення продуктивності праці докорінно змінює весь характер машинобудівного виробництва. Створюються умови поступового переходу до виробництва з найвищим ступенем автоматизації. Виключне значення набуває підвищення надійності верстатів за рахунок засобів контролю і вимірювання, а також введення в верстати систем діагностування. Завдання полягає в тому, щоб в результаті корінного вдосконалення технології обробки, створення нових верстатів з автоматичним управлінням, верстатних модулів для гнучких виробничих систем, забезпечити технічне і організаційне переозброєння

всіх галузей машинобудування і на цій основі забезпечити істотне підвищення продуктивності праці.

Для підвищення точності і продуктивності обробки матеріалів на верстатах з ЧПУ пред'являють ряд вимог, що обумовлюються особливістю верстатів з ЧПУ. Недотримання цих вимог значно знижує переваги, які можуть бути отримані від застосування верстатів з ЧПУ.

До таких вимог належать:

- підвищення точності обробки деталей;
- підвищення жорсткості, що забезпечує можливість максимального використання потужності верстата на чорнових операціях і підвищення точності обробки на чистових операціях;
- можливість підходу інструмента до всіх оброблюваних поверхонь при обробці максимального числа поверхонь з однієї установки заготовки;
- висока гнучкість пристосувань, що забезпечує скорочення часу на їх переналагодження або зміну.

Оснащення верстатів гнучкого автоматизованого виробництва різними контрольними і вимірювальними пристроями є необхідною умовою їх надійної роботи, особливо в автономному та автоматизованому режимі. У сучасних верстатах використовують широкий набір засобів вимірювання, іноді дуже точних, таких, наприклад, як лазерні інтерферометри, для збору поточної інформації про стан верстата, інструменту, допоміжних пристроїв і для отримання достовірних первинних даних.

Верстати з ЧПУ є основним засобом автоматизації дрібносерійного і серійного виробництва в машинобудуванні. Отже, на таких верстатах найбільш ефективно застосовувати системи переналагоджуваних пристроїв, що забезпечує переналагодження або перекомпонування, можливість установки широкої номенклатури заготовок різних за формою і розмірами.

1.1.2 Загальні відомості про способи різання металів

Кожен виробник, який працює з листовим металом, стикався з питанням яким обладнанням або способом проводити розкрій листа.

В даний час розрізняють наступні основні способи розкрою листового металу:

- термічне різання;
- механічний розкрій;
- гідроабразивна різання.

Найбільш прогресивною технологією розкрою листового металу вважається термічне різання (рис. 1.1). Основними перевагами даної технології є висока точність і швидкість різання, а також хороша чистота зрізу. Однак термічне різання має обмеження в товщині листа, типу металу, вартістю самого устаткування і ін.



Рисунок 1.1 – Термічне різання металів

Наступним за швидкістю, після лазерної технології різання, йде механічний розкрій за допомогою координатно-револьверних пресів (рис. 1.2).

Область застосування такого обладнання - лист товщиною до 6 мм. Основною перевагою координатно-револьверних пресів є те, що крім отворів і розкрою, дане обладнання дозволяє здійснювати формовку листа: жалюзі, замки, ребра жорсткості і ін. Недоліком даної технології розкрою можна віднести те, що на даному типі обладнання досить складно отримати хорошу якість криволінійних різів. Це пов'язано з тим, що такі різі здійснюються дискретно, тобто за кілька ударів.



Рисунок 1.2 – Механічна різка металів

Порівняно новою технологією розкрою листового металу є гідроабразивна різання (рис. 1.3).



Рисунок 1.3 – Гідроабразивна різка металів

Дана технологія дозволять вам розкроювати не тільки листовий метал, але і будь-який інший тип матеріалу (скло, пластик, камінь і ін.) Товщиною до 350 мм. Основною перевагою даної технології є відмінна чистота торця зрізу, яка не потребує додаткової обробки (як, наприклад, при газокисневому розкрою), а також низька собівартість при різанні товстих листів в порівнянні з будь-якою

технологією розкрою. В процесі розкрою листового металу за допомогою верстата гідроабразивного різання присутня конусність зрізу.

1.1.3 Технології розкрою металу при термічному різанні

Існують наступні типи термічного різання металів:

- різка лазером;
- плазмова різка;
- газокиснева різання;
- вузько-струменевий плазмова різка.

Крім того, існують ще лазер-преси, плазмо-преси та інше спеціалізоване обладнання.

На рис. 1.4 наведені використовувані в машинобудуванні різновиди термічного різання металів.

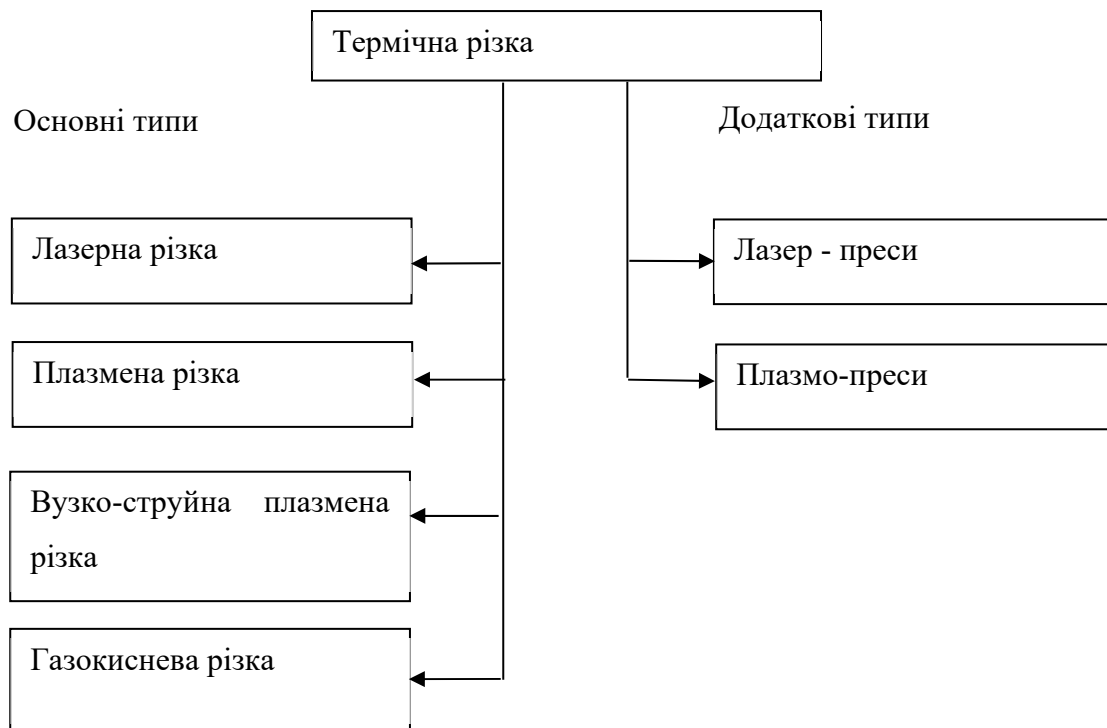


Рисунок 1.4 – Різновиди термічного різання металів

Кожна з цих технологій має свої плюси і мінусами (точність, необхідність подальшої механічної обробки, надійність обладнання і складність обслуговування, кількість споживаної енергії, вимоги до приміщення для встановленого обладнання і т.д.).

Перший спосіб (різка лазером) дозволяє отримати найкращу поверхню вирізується деталі. Крім того, найтонший метал (0,1...5,0 мм) можна різати тільки лазером. Однак це і найдорожчий спосіб з усіх способів плазмового різання. Для різання металу товщиною від 5 мм може застосовуватися плазма. Різка газом застосовується для металу товщиною від 10 мм і більше. Поверхня деталей, виготовлених таким способом, має найгіршу якість серед розглянутих типів плазмового різання. Але і собівартість деталі, отриманої цим способом, найнижча.

У кваліфікаційній роботі детально розглядаються питання по автоматизації верстатів та обладнання для плазмового різання металів, тому далі розглянемо технологію плазмового різання, обладнання та інші питання, пов'язані з плазмовим різанням металів.

1.1.4 Плазмова різка і зварювання металів

Сутність процесу плазмового різання полягає в локальному інтенсивному розплавлюванні металу в обсязі порожнини різку теплою, що генерується стислою дугою, і видаленні рідкого металу з порожнини високошвидкісним плазмовим потоком, що випливає з каналу сопла плазмотрона (рис. 1.5).

Плазмою метал ріжеться швидше, ніж киснем, не потрібно попередній підігрів металу, ширина розрізу дуже невелика, а також значно менше зона термічного впливу, тому розрізається метал не деформується, а шар фарби, що знаходиться біля розрізу, не пошкоджується.

Плазмова різка швидко стає кращою технологією різання металу по всьому світу. Швидкість плазмового різання, її більш висока якість і можливість різання інших видів металу роблять цю технологію ідеальним вибором для багатьох типів застосування.

Окалина, зона яку піддають термічній обробці, оплавлення верхньої крайки і кут розрізу є деякими з основних факторів, що впливають на якість різання. По двох з цих показників - окалині і зоні піддається термічній обробці - плазмова різка сильно випереджає газокисневу і забезпечує кромку різку, практично без окалини і набагато меншу зону потужної термічної обробки.

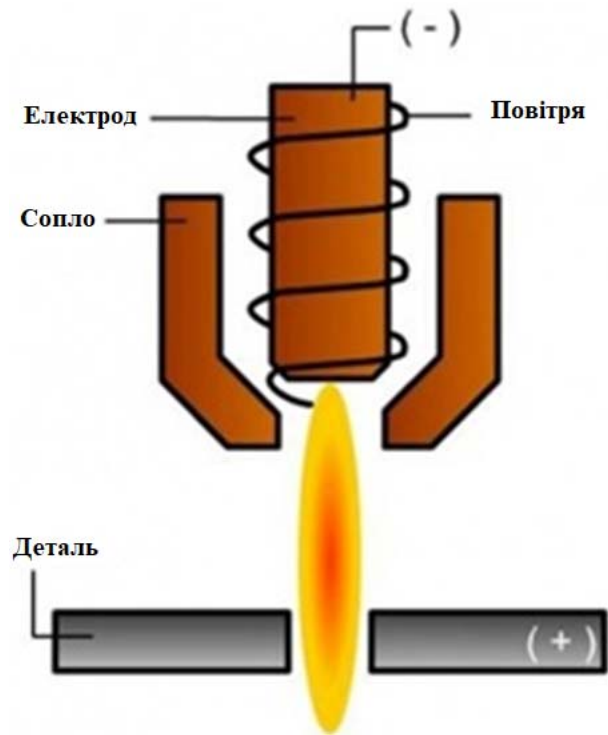


Рисунок 1.5 – Різання металу плазмотроном

На рис. 1.6 показана можливість виконання різання практично без окалини.



Рисунок 1.6 – Деталь, вирізана плазмотроном (сталь 5 мм)

1.2 Технологічний процес

Плазма - іонізований газ, що містить електрично заряджені частинки і здатний проводити струм. Іонізація газу відбувається при його нагріванні. Ступінь іонізації тим вище, чим вище температура газу. У центральній частині дуги газ нагрітий до температур $+5\ 000...+30\ 000\ ^\circ\text{C}$, має високу

електропровідність, яскраво світиться і являє собою типову плазму. Плазмовий струмінь, використовувану для зварювання та різання, отримують в спеціальних плазмотронах, в яких нагрівання газу і його іонізація здійснюються дуговим розрядом в спеціальних камерах.

Процес плазмового різання заснований на використанні повітряно-плазмової дуги постійного струму прямої дії (електрод-катод, метал, що розрізається - анод). Сутність процесу полягає в місцевому розплавленні і видування розплавленого металу з утворенням порожнини різку при переміщенні плазмового різачка, що розрізає метал (рис. 1.7).

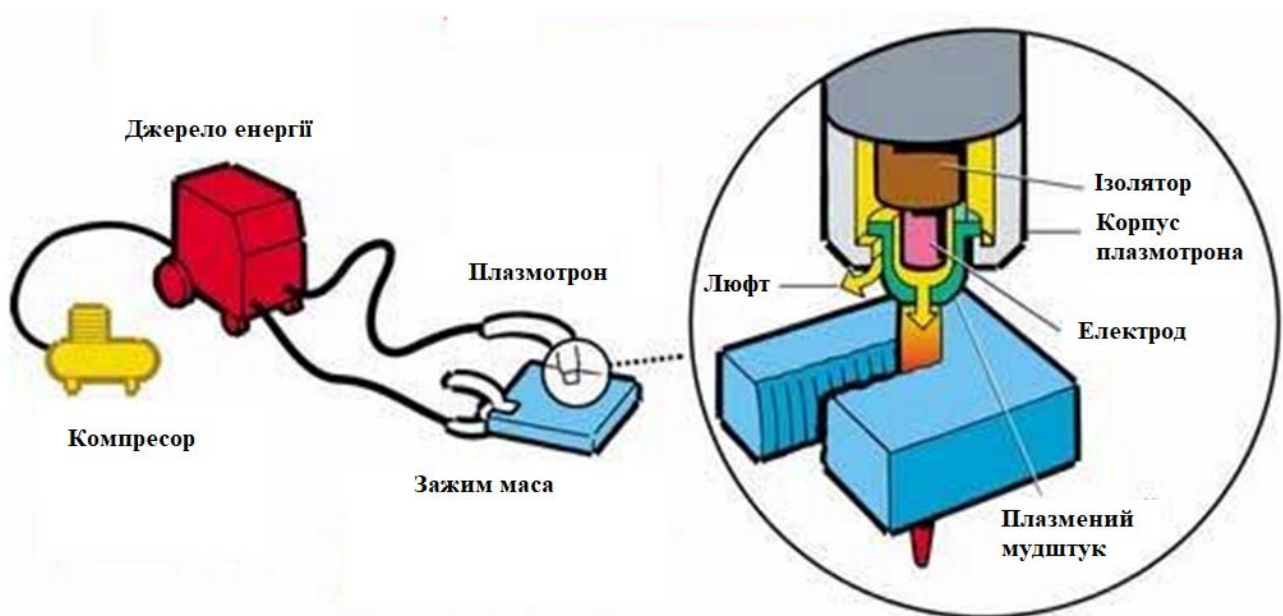


Рисунок 1.7 – Спрощена схема плазмової обробки металів

Для збудження робочої дуги, з допомогою осцилятора запалюється допоміжна дуга між електродом і соплом - так звана чергова дуга, яка видувається з сопла пусковим повітрям у вигляді факела довжиною 20...40 мм. Струм чергової дуги 40...60 А, в залежності від джерела плазмової дуги. При торканні факела чергової дуги металу виникає ріжучий дуга - робоча, і включається підвищена витрата повітря, а чергова дуга при цьому автоматично відключається.

Для розкрою листового металу на сучасних підприємствах застосовуються, як правило, машини плазмового різання «Кристал», «Єнісей»,

«Комета», «Гранат», «ВКФ» і ін. На заводах країн співдружності незалежних держав (СНД) часто експлуатуються верстати з ЧПУ цих типів протягом 30 і більше років. За період експлуатації механічна частина таких машин фізично зношена, електронна і електрична частина фізично зношені і морально застаріли.

Машини плазмового різання даного типу зняті з виробництва і комплектуючі для їх відновлення та ремонту практично відсутні.

І якщо ремонт і часткову заміну механічних частин завод в змозі зробити своїм силами, то з пристроєм ЧПУ, електронікою і програмним забезпеченням системи управління справа йде складніше.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка системи автоматичного управління МПР «Кристал», щоб дозволить істотно підвищити ефективність та якість виробництва.

1.3 Об'єкт управління

Система автоматизованого керування машиною плазмового різання «Кристал» забезпечує переміщення робочих органів машини по необхідній траєкторії і відповідно до карти розкрою, а також реалізує необхідні алгоритми управління технологічним оснащенням машини в процесі виконання розкрою.

Система повинна забезпечувати управління процесом розкрою листового металу для порталного типу з прямокутною системою координат, з плазмовим оснащенням.

Зовнішній вигляд порталної машини плазмового різання металу, типу «Кристал» зображений на рис. 1.8.

Машина має рухоми частину - портал, на якому закріплені провідний и ведені супорт, з системам подачі ріжучої суміші. Портал переміщається по рейкового шляху реалізуючи позиціонування супортів по координаті X. Супорт, в свою чергу, переміщується вздовж порталу, тим самим здійснюючі позиціонування по координаті Y. Машина має один провідний супорт и до шести відомих супортів. Ведені супорт з'єднуються з провідним за допомогою механізму зв'язку супортів.



Рисунок 1.8 – Машина плазмового різання металу «Кристал»

Для забезпечення управління верстатним устаткуванням в автоматичному режимі, в пристрій управління вводяться сигнали з датчиків, що видають поточні координати ХУ виконавчого органу. З цією метою використовуються датчики переміщення. З виходів надходять імпульси, число яких, відповідно до кількості оборотів валу датчика. Дискретність перетворення, дозволяє досягти необхідної точності позиціонування супортів машини. Контроль необхідної висоти різача над листом, забезпечується індуктивним датчиком положення. В системі використовуються також кінцеві перемикачі, що спрацьовують в крайніх положеннях робочих органів машини, а також датчики температури для захисту від перегріву ріжучих органів і охолоджуючої системи.

На плазмову дугу впливають дві основні величини. Перша - величина струму дуги (визначається товщиною розрізуваного металу, що встановлюється оператором перед початком розкрою та не змінюється на протязі всього процесу обробки листа). Друга - довжина самої плазмової дуги, яка має значний вплив на якість та швидкість розкрою, пропорційно залежить від напруги дугового кола.

І нарешті, найбільш складний процес, де процес підпалу дуги, з системою пошуку нуля, який потребує спеціальної конструкції тримача різача та особливого алгоритму роботи.

Але в такій системі існує інша ще сторона проблем - це велика кількість завад, випромінюваних джерелом плазми, що вкрай небажано особливо для слабострумної електроніки, тому доведеться це враховувати окремо.

Спрощена структурна схема системи керування для плазмового розкрою у загальному вигляді може виглядати так, як показано на рис. 1.9:

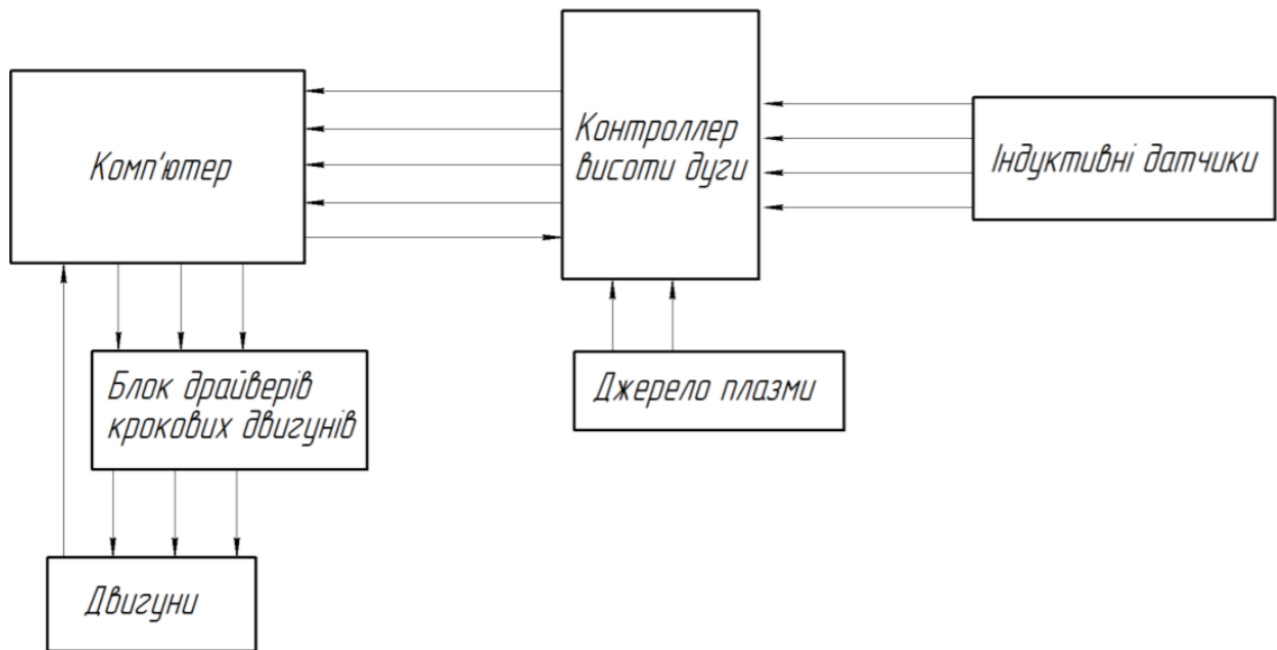


Рисунок 1.8 – Система плазмового розкрою металу

Контролер висоти дуги працює наступним чином - коли відбувається процес плазмового розкрою він виконує свою функцію, керує довжиною дуги та виконує пошук металу при підпалі дуги, а коли верстат виконує неробочі переміщення, або стає у нульове положення, контролер транслює сигнали кінцевих давачів.

Принцип роботи системи управління полягає в наступному, програма, яка встановлена на персональний комп'ютер, виводить верстат у нульове положення, потім встановлює координату ХУ в початкове положення. Після цього подає сигнал на контролер, про початок різі. Далі виконується пошук металу, опускаючи по вісі Z, далі підпалює дугу, чекає від контролера імпульс, підтверджуючий успішність підпалу, який формується контролером плазми на основі наявності струму на виході джерела плазми. Далі починає рухатись по траєкторії заданій керуючою програмою, при цьому приймає імпульси з датчиків

переміщення XY, а контролер висоти дуги починає формувати управляючі команди, на основі напруги джерела, довжини плазми.

Під час роботи верстату, програма отримує зворотній зв'язок від датчиків переміщення XY, та відповідно корегує переміщення по цим вісям.

Система керування, має дозволяти застосовувати в установках плазмові апарати різних типів та потужностей, що зробить доступними системи плазмової обробки навіть для невеликих виробництв.

1.4 Функціонування системи управління

Для ефективної автоматизації установки потрібно виділити контури контролю і керування.

В установці відбувається процес розкрою сталі, отже даній системі мають бути передбачені наступні контури управління:

- контроль та керування приводом вісі «X»;
- контроль та керування приводом вісі «Y»;
- контроль та керування приводом вісі «Z»;
- регулювання процесу підпалу плазмової дуги;
- регулювання довжини плазмової дуги;
- регулювання тиску повітря необхідного для найбільш якісного процесу розкрою.

Для керування приводом переміщення найбільш ефективним, як правило, є система підпорядкованого регулювання. В таких системах, за класикою, має бути реалізовано три контури регулювання, за струмом, швидкістю та положенням. Для регулювання за струм використовують ПІ – регулятор, швидкість регулюють ПІ- регулятором, для керування за положенням застосовують ПІД-регулятор.

Якщо нам потрібно регулювати положення, то для цього нам підходить швидкість (частота обертання), тому що саме швидкість впливає на зміну положення (швидкість - це похідна від положення). Далі, якщо ми хочемо регулювати швидкість, то для цього нам підходить регулювання моменту двигуна, так як момент визначає прискорення приводу, і він також найпростішим

математичним законом пов'язаний зі швидкістю. Якщо який-небудь внутрішній контур опустити, то положення регулюватися буде регулюватися погано, не з такою швидкістю, як в триконтурній системі.

Контур контролю довжини плазмової дуги використовує напругу дуги плазми, щоб керувати фізичною величиною висоти, відстанню між різаком і оброблюваною деталлю протягом процесу плазмового різання. Від даного параметра залежить: перпендикулярність утворених кромки, щільність плазмової дуги, її стійкість. Чим менше факельний зазор, тим менше кут кромки. Оптимальним вважається відстань від сопла до листа в діапазоні від 1,5 до 10 мм. Ця відстань виставляється індивідуально для кожного випадку і вказується в керівництві по експлуатації джерела плазми. Щоб уникнути дефектів кромки, необхідно витримувати постійним факельний зазор. Зменшення його величини призведе до передчасного згорання і електрода, і дорогого сопла. Особливо небезпечним є контакт сопла і листа, коли факельний зазор дорівнює нулю. Для цього і був створений контроль висоти. Такий стабілізатор дозволить автоматично підтримувати оптимальний, заданий оператором, факельний зазор.

Контур підпалу дуги, засновано на метод пошуку металу при підпалі, який базується на опусканні різак до контакту з металом, при цьому різак не пошкоджується завдяки механічній системі обмеження сили зіткнення, та практично миттєвому реагуванні індуктивного датчика, який фіксує зіткнення. Деякі існуючі системи підпалу, час від часу зіштовхуються з проблемою, коли метал був знайдений, але дуга з тих чи інших причин не загорілася, тоді верстат просто продовжує виконання програми обробки, що приводить до зіпсування заготовки, тому було вирішено встановити контрольний датчик наявності дуги, який фіксує струм.

Контур контролю витрат газу в системі дуже важливий. Слід зазначити, що процес розкрою сталевих листів залежить не тільки від довжини дуги. Важливе значення тут відіграє оптимальний тиск, під яким знаходиться газ. Від цього параметра залежить термін служби сопла і якість різку. Так, якщо тиск підвищений, на початку процесу не вдається отримати якісної кромки. При зниженому ж тиску спостерігається недостатнє охолодження плазмотрона. А це

призводить до роздвоєння дуги і руйнування сопла. Регулювання тиску в нашій системі відбувається механічним регулятором.

1.5 Висновки по розділу

Застосування розроблюваної системи дозволить підвищити швидкість та якість розкрою листа.

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Система керування машиною плазмового різання «Кристал» має забезпечувати переміщення робочих органів машини по необхідній траєкторії і відповідно до карти розкрою, а також реалізувати необхідні алгоритми управління технологічним оснащенням машини в процесі виконання розкрою.

Машина має рухому частину - портал, на якому закріплені провідний і ведені супорти, та система подачі ріжучої суміші. Портал переміщається по рейкового шляху реалізуючи позиціонування супортів по координаті X. Супорт, в свою чергу, переміщується вздовж порталу, тим самим здійснюючи позиціонування по координаті Y. Машина має один провідний супорт кілька відомих супортів. Ведені супорти з'єднуються з провідним за допомогою механізму зв'язку супортів.

Спрощено конструкція повітряно-плазмової установки показана на рис. 2.1.

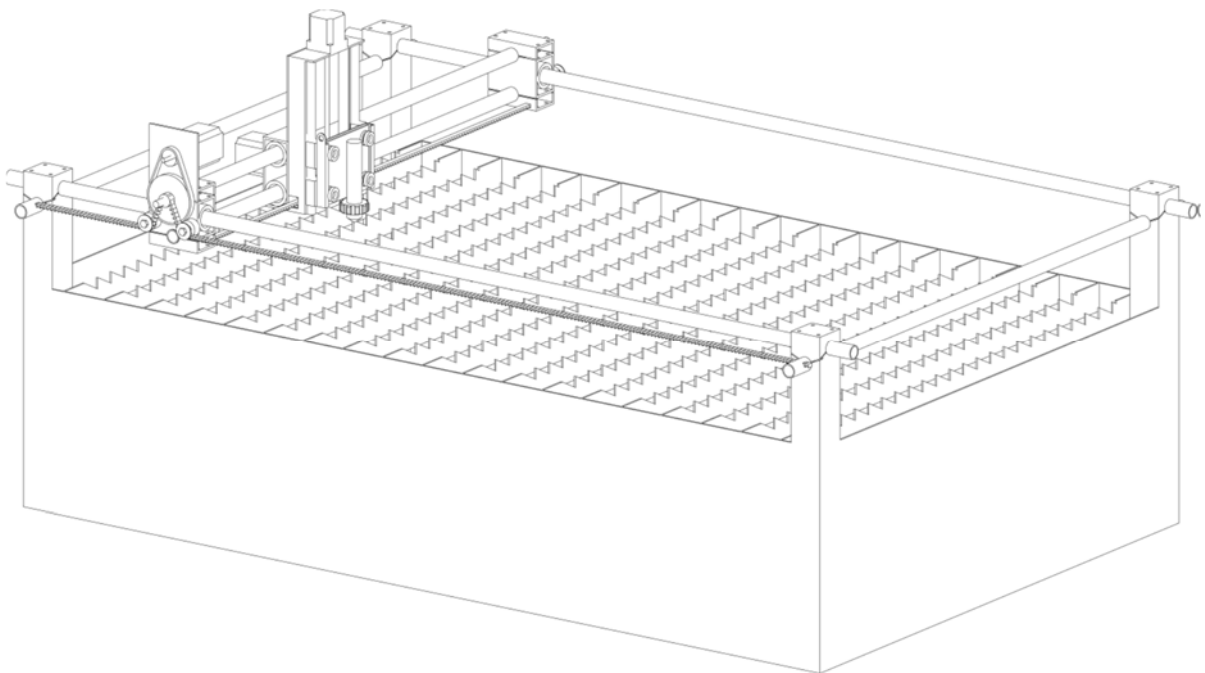


Рисунок 2.1 - Конструкція повітряно-плазмової установки

2.1 Розробка структурної схеми системи управління

В якості об'єкту управління виступає машина плазмового різання «Кристал». У кваліфікаційній роботі основна увага буде приділятися підсистемі переміщення рухомої частини по координатам X та Y , на якому закріплена система подачі ріжучої суміші.

Тобто основна задачі підсистеми управління - це переміщення порталу по рейковому шляху, реалізуючи позиціонування супортів по координаті X і в свою чергу переміщення супорту вздовж порталу, тим самим здійснюючі позиціонування по координаті Y .

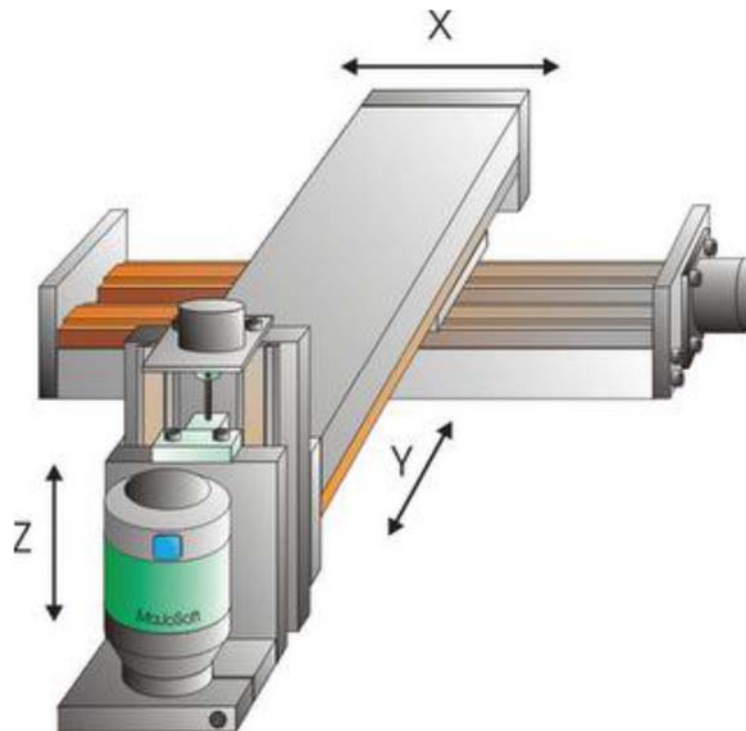


Рисунок 2.2 - Переміщення рухомої частини по координатам

При цьому здійснюється контроль кінцевих положень переміщення по координатам X та Y .

Інші функції не розглядаються.

На рис. 2.2 показана структурна схема підсистеми автоматичного переміщення робочих органів машини з плазмовим оснащенням по оснащенням по необхідній траєкторії і відповідно до карти розкрою листового металу для портального типу з прямокутною системою координат XY .

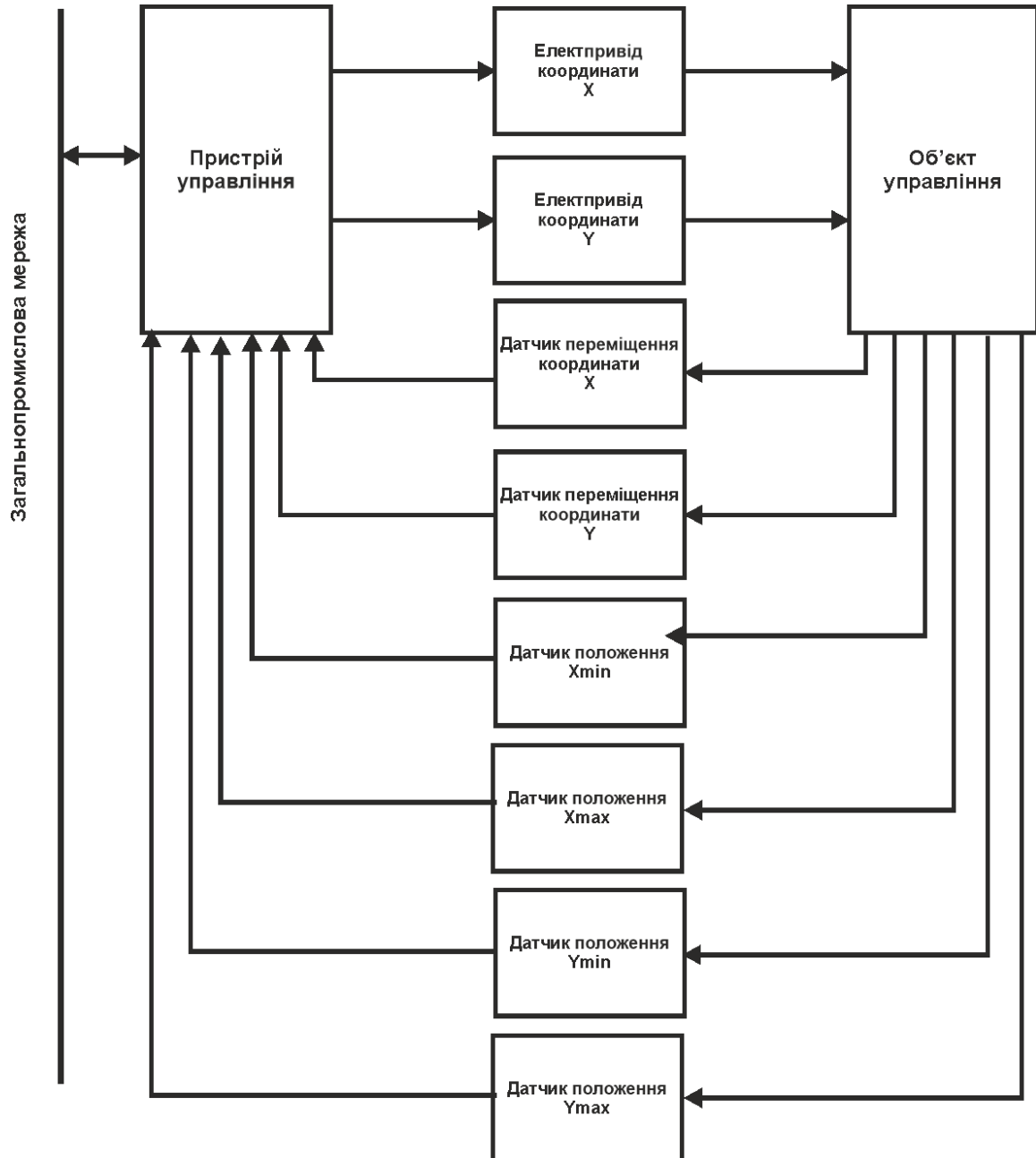


Рисунок 2.1 – Структурна схема підсистеми управління переміщенням ХУ для машини плазмового різання «Кристал»

Для забезпечення управління верстатним устаткуванням в автоматичному режимі, в пристрій управління вводяться сигнали з датчиків, що видають поточні координати ХУ виконавчого органу. З цією метою використовуються датчики переміщення. З виходів надходять імпульси, число яких, відповідно до кількості оборотів валу датчика. Дискретність перетворення, дозволяє досягти необхідної точності позиціонування супортів машини. В системі використовуються також кінцеві перемикачі, що спрацьовують в крайніх положеннях робочих органів машини.

2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Крім того, система повинна забезпечувати візуалізацію і контроль роботи верстата, тому вона повинна включати підсистему інформаційної підтримки роботи оператора, таким чином, функціональна структура системи має вигляд, наданий рис. 2.2

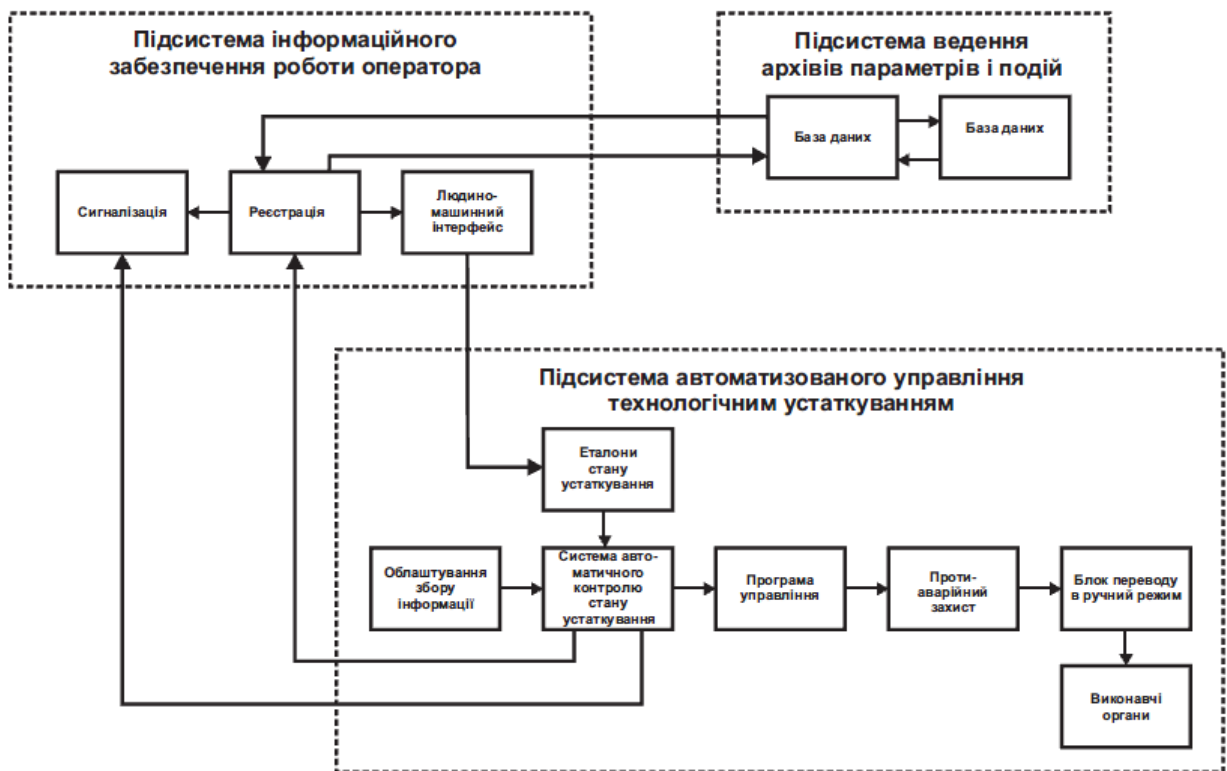


Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Ця підсистема включає в себе процес реєстрації, людино-машинного інтерфейсу і сигналізації для досягнення параметрів управління встановлених значень. Дані система також повинні бути архівовані, тому треба повинна мати підсистему для зберігання архівів параметрів і подій, у тому числі бази даних і резервного зберігання.

Ця система структура гарантує, що інформація управляється, збирається, записується, візуалізується, зберігається у базі даних і забезпечується резервне копіювання. Крім того, обладнання контролюється і сигналізується при досягненні параметрів контролю за вказаними значеннями.

2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління

Відповідно до вимог, система управління взаємодіє з об'єктом керування, тому повинна мати підсистему управління технологічним обладнанням. Ця підсистема включає в себе наступні компоненти:

- інформаційні пристрої (датчики);
- технологічні карти роботи і умови експлуатації обладнання (технологічні режими);
- апаратуру контролю стану обладнання;
- програму управління;
- аварійний захист;
- ручний блок управління;
- виконавчі органи (електроприводи).

2.3.1 Вибір датчиків

В якості датчиків контролю положення обрано кроковий двигун з енкодером, технічні характеристики якого будуть наведені у наступному розділі.

У якості датчик точного позиціювання для кінцевого положення по осям X та Y обрано індуктивний датчик наближення LJ12A3-2-Z-BX NPN NO, який має відстань спрацювання 2 мм (рис. 2.3).

Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1.



Рисунок 2.3 – Індуктивний датчик наближення LJ12A3-2-Z-BX NPN NO

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчик LJ12A3-2-Z-BX NPN NO

Найменування параметра	Значення
Тип	індуктивний
Матеріал	Сталь
Різьба	M12
Відстань спрацювання, мм	2
Вихід	NO
Максимальна частота, кГц	400
Напруга живлення, В	6÷30
Споживана потужність, Вт	1,8 Вт
Ступінь захисту	IP67

2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

В якості електроприводів для переміщення по вісям X та Y (2 од.) обрано кроковий двигуни типу NT57STH76 - двофазний кроковий двигун з енкодером.

Розмір фланця – 57 мм, плавний хід, мала інерція. В поєднанні з HSS57 драйвером працює, як замкнута система та є ідеальним удосконаленням і хорошою заміною відкритої системи, що запобігає втраті кроків двигуна і забезпечує високу точність двигуна.



Рисунок 2.4 - Вигляд крокового двигуна NT57STH76

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики крокового двигуна NT57STH76

Параметр	Значення
Фаза	2
Кут кроку	1,8°
Напруга	24 В
Струм	4,2А
Опір	0,5Ω
Індуктивність	1,8 мГн
Крутний момент	19 кг/см
Клас ізоляції	В
Маса	1,5кг

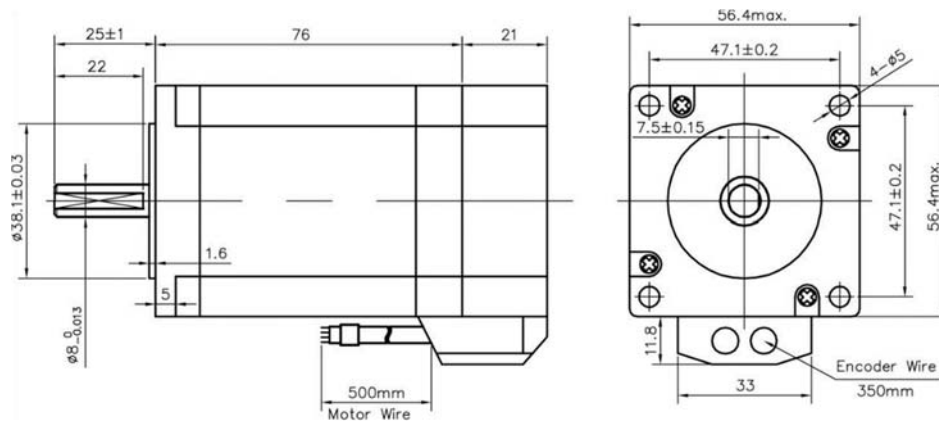


Рисунок 2.5 - Габаритні розміри двигуна

Таблиця 2.3 – Сигнали енкодера крокового двигуна NT57STH76

№	Колір	Ім'я	Опис	№	Колір	Ім'я	Опис
1	Червоний	VCC	+5 В вхідне живлення	4	Зелений	В-	Енкодер канал В-
2	Білий	GND	0 В вхідне живлення	5	Чорний	А+	Енкодер канал А+
3	Жовтий	В+	Енкодер канал В+	6	Синій	А-	Енкодер канал А-

2.3.3 Вибір пристрою керування

Для безпосереднього управління кроковими двигунами обрано 2 драйвери типу HSS57 – 2-фазний драйвер крокового двигуна з енкодером.

Нове покоління драйверів, які дозволяють уникнути втрат кроків та забезпечують високу точність двигуна. Зменшення крутного моменту при збільшенні швидкості значно нижчі, ніж у звичайного крокового двигуна. Замкнута система є ідеальним удосконаленням і хорошою заміною відкритої системи. Крім того, вона також має деякі функції АС серводвигунів, в той же час, її ціна значно нижча.



Рисунок 2.6 - Зовнішній вигляд драйвера HSS57

Особливості драйвер HSS57:

- закрита система крокового двигуна, ніколи не втрачає крок.
- зменшення крутного моменту при збільшенні швидкості значно нижчі, ніж у звичайного крокового двигуна.
- автоматичне регулювання струму в залежності від навантаження.
- підходить для всіх механічних навантажень (в тому числі низька жорсткість шківа і колеса), немає необхідності в налаштуванні параметрів.
- плавна робота двигуна, низька вібрація, високі динамічні характеристики при прискоренні і гальмуванні.
- відсутня вібрація при зміні від нульової швидкості до максимальної.
- драйвер пета 23, пета 24 серій 2.2 N.m – 3 N.m замкнутий цикл крокового двигуна;
- частота імпульсів може досягати 200 кГц;
- 16 видів мікрокроків;
- енкодер 512 - імпульсів/об;
- діапазон напруги DC 24В...50 В;
- управління сигнальне або RS-232 / RS-485 MODBUS.

Система замкнутого циклу може бути застосована до всіх видів невеликого автоматичного обладнання та інструментів, таких як гравірувальні

верстати, спеціальні промислові швейні машини, маркувальні машини, потерти, ЧПУ машини та інші.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики драйвера HSS57

Параметри	Значення
Діапазон напруги	DC: 24...50 В
Максимальний вихідний струм	6.0 А (зміна струму в залежності від навантаження)
Струм споживання	7~20 мА
Частота	0~200КHz
Сумісність	NT57STH, NT60STH
Енкодерні лінійки	1 000
Опір ізоляції	>=500МОм
Робоча температура	0...50°C
Робоча вологість	40...90%
Вібрація	5.9м/с ² max
Температура зберігання	-20°C~65°C
Вага	560 г

Таблиця 2.5 – Сигнали енкодера драйвера HSS57

Номер порту	Назва	Опис	Колір проводу
1	ЕВ+	Енкодер В фаза вхід +	жовтий
2	ЕВ-	Енкодер В фаза вхід -	зелений
3	ЕА+	Енкодер А фаза вхід +	чорний
4	ЕА-	Енкодер А фаза вхід -	синій
5	VCC	Напруга енкодера (+5 В)	червоний
6	EGND	Енкодер Gnd (0 В)	білий

Таблиця 2.6 – Сигнали порту управління контролера драйвера HSS57

Номер порту	Назва	Опис	Доповнення
1	PUL+	Крок +	Якщо сигнал контролю напруги +5 В, то на вхідний порт не потрібно підключати додатковий опір. Якщо сигнал контролю напруги +12 В, то на вхідний порт, необхідно підключити опір 1 кОм. Якщо сигнал контролю напруги +12 В, то на вхідний порт, необхідно підключити опір 2 кОм.
2	PUL-	Крок -	
3	DIR+	Напряв +	
4	DIR-	Напряв -	
5	ENA+	Enable вхід +	
6	ENA-	Enable вхід -	
7	PEND+	Position signal output +	ОС вихід (в замкнутому положенні - кінцеве положення)
8	PEND-	Position signal output -	
9	ALM+	Вихідний сигнал тривоги +	ОС вихід (сигнал тривоги в замкнутому положенні)
10	ALM-	Вихідний сигнал тривоги -	

Таблиця 2.7 – Сигнали порту управління мікрокроком контролера драйвера HSS57

Мікрокрок/об	SW3	SW4	SW5	SW6
400 (за замовчуванням)	on	on	on	on
800	off	on	on	on
1600	on	off	on	on
3200	off	off	on	on
6400	on	on	off	on
12800	off	on	off	on
25600	on	off	off	on
51200	off	off	off	on
1000	on	on	on	off
2000	off	on	on	off
4000	on	off	on	off
5000	off	off	on	off
8000	on	on	off	off
10000	off	on	off	off
20000	on	off	off	off
40000	off	off	off	off

SW1: NC

SW2: Налаштування напрямку повороту: вкл. = CW, викл. = CCW

SW3, SW4, SW5, SW6: встановлення мікрокроку

Індикація:

- PWR: індикатор живлення - коли живлення включено, світиться зеленим;
- ALM: індикатор тривоги - якщо червоне світло блимає один раз протягом 3 с, це означає, перевантаження по струму або коротке замикання; якщо червоне світло блимає два рази протягом 3 с, це означає перевантаження напруги; якщо червоне світло блимає три рази протягом 3 с, це означає, ультра різницю або що відключений енкодер датчик.

Відповідно вимогам до системи управління, в якості пристрою управління повинен використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення реакції на змінення положення чи кату повороту буксиру. Крім того, контролер повинен мати не менш 1 КБайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління.

Так як система повинна бути підключена до пульта оператора в якості котрого виступає персональний комп'ютер, при цьому важливо, щоб провідників було найменше контролер повинен мати інтерфейс RS-485.

Даним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 КБайт, об'єм робочої пам'яті 96 КБайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.8). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.8.



Рисунок 2.7 – Програмований логічний контролер 214-2BS33

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики програмованого логічного контролеру 214-2BS33

Найменування параметра	Значення
Тип	CPU 214SER
Пам'ять, КБайт	144
Робоча пам'ять, КБайт	96
Максимальна кількість модулів, штук	32
Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
Час виконання команди над словом, мкс	1,8
Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
RS-485 інтерфейс	Присутній
Напруга живлення, В	24
Споживана потужність, Вт	5

Датчики кінцевого положення по вісям переміщення X та Y (4 од.) – це індуктивні датчики наближення типу LJ12A3-2-Z-BX NPN NO з дискретним виходом підключено до модулю дискретного вводу VIPA 221-1BF00 який має вісім дискретних входів (рис. 2.7). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.8.



Рисунок 2.7 – Модуль дискретного вводу 221-1BF00

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики модуля дискретного вводу 221-1BF40

Найменування параметра	Значення
Тип	SM 221
Кількість каналів	8
Тип каналу	Дискретний
Діапазон вхідного сигналу, В	0÷24
Довжина екранованого провідника, м	600
Споживана потужність, Вт	2

Схема підключення датчиків наявності до модуля дискретного вводу наведена на рис. 2.8.

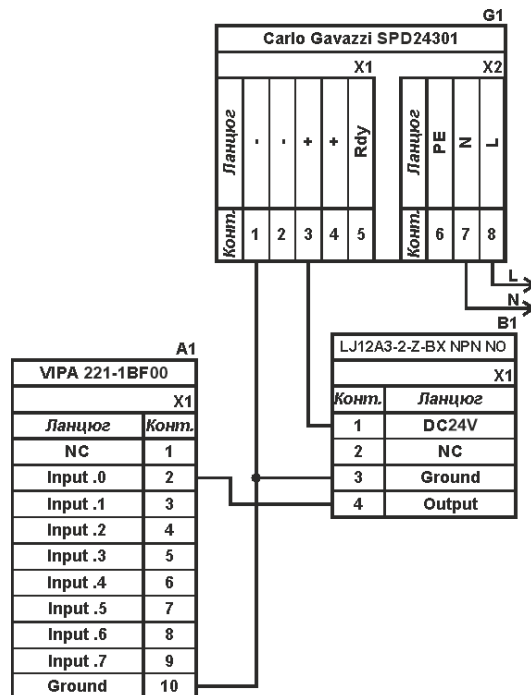


Рисунок 2.8 – Схема підключення датчика кінцевого положення

Згідно з вимогами до підсистеми управління, в якості котрого виступає програмований логічний контролер, та пультом оператора, в якості якого виступає персональний комп'ютер, повинна бути організована мережа за допомогою інтерфейсу RS-485. Обраний програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 має інтерфейс RS-485. Схема підключення персонального комп'ютеру до програмованого логічного контролеру наведена на рис. 2.9.

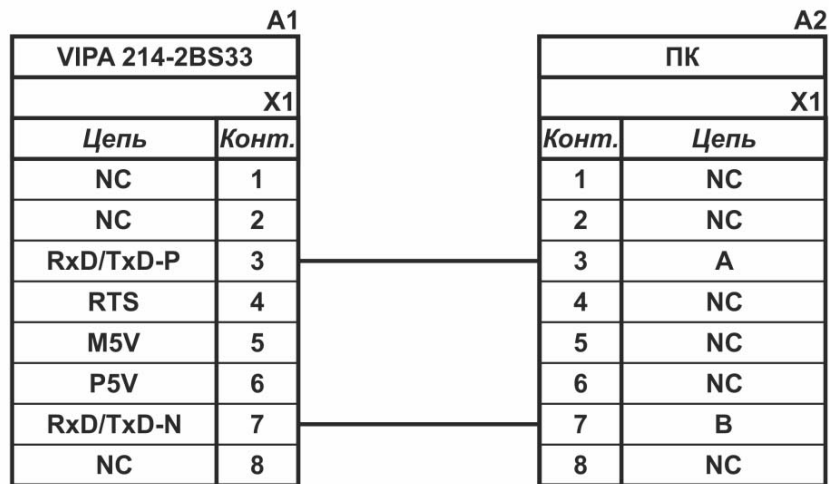


Рисунок 2.9 – Схема підключення по інтерфейсу RS-485

На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.9.

Таблица 2.9 – Пристрій управління та його модулі

Назва модуля	Пристрій	Напруга живлення	Потужність споживання
VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний модуль	24 В	5.0 Вт
VIPA 221-1BF00	Модуль дискретного вводу	24 В	2.0 Вт
	Датчик наближення LJ12A3-2-Z-BX NPN NO	24 В	1.8 Вт
	Датчик наближення LJ12A3-2-Z-BX NPN NO	24 В	1.8 Вт
	Датчик наближення LJ12A3-2-Z-BX NPN NO	24 В	1.8 Вт
Драйвер HSS57	Модуль управління кроковим двигуном HSS57	24 В	1.0 Вт
	Кроковий двигун типу NT57STH76	24 В	105.0 Вт
Драйвер HSS57	Модуль управління кроковим двигуном HSS57	24 В	1.0 Вт
	Кроковий двигун типу NT57STH76	24 В	105.0 Вт

2.2.4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна споживана потужність програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5.00 + 2.00 + 1.00 + 1.00 = 9.00 \text{ Вт.} \quad (2.1)$$

Виходячи з цього у якості джерела живлення програмованого логічного контролера обрано блок живлення SPD24301 змінної напруги $\sim 85 \div \sim 264$ В, вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.10). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.10.



Рисунок 2.10 – Блок живлення SPD24301

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики блоку живлення SPD24301

Найменування параметра	Значення
Напруга живлення, В	$\sim 85 \div \sim 264$
Вихідна напруга, В	24
Потужність, Вт	30
Максимальний вихідний струм, А	1,25

Схему підключення програмованого логічного контролеру 214-2BS33 до блока живлення SPD24301 наведено на рис. 2.11.

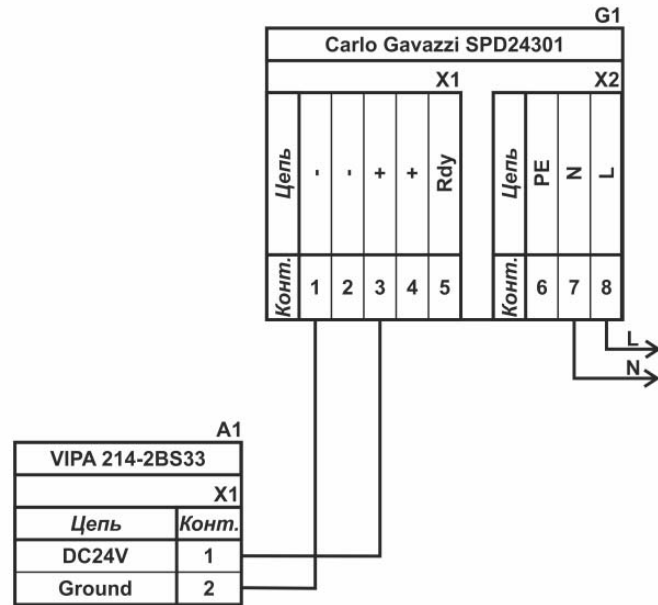


Рисунок 2.11 – Схема підключення програмованого логічного контролера до блока живлення SPD24301

Усі датчики і двигуни можуть житися від одного +24 В блока живлення. Їх сумарна споживана потужність:

$$P = 4 * 1.8 + 2 * 105.0 = 217.2 \text{ Вт.} \quad (2.2)$$

Виходячи з цього у якості джерела живлення датчиків обрано блок живлення JLV-24300KS торгівельної марки Jinbo.



Рисунок 2.12 – Блок живлення JLV-24300KS

Таблиця 2.11 – Технічні характеристики блоку живлення JLV-24300KS

Найменування параметра	Значення
Напруга живлення, В	~85÷~264
Вихідна напруга, В	24
Потужність, Вт	300
Максимальний вихідний струм, А	12,5

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі вимог до підсистеми управління переміщення порталу по рейковому шляху та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.13.

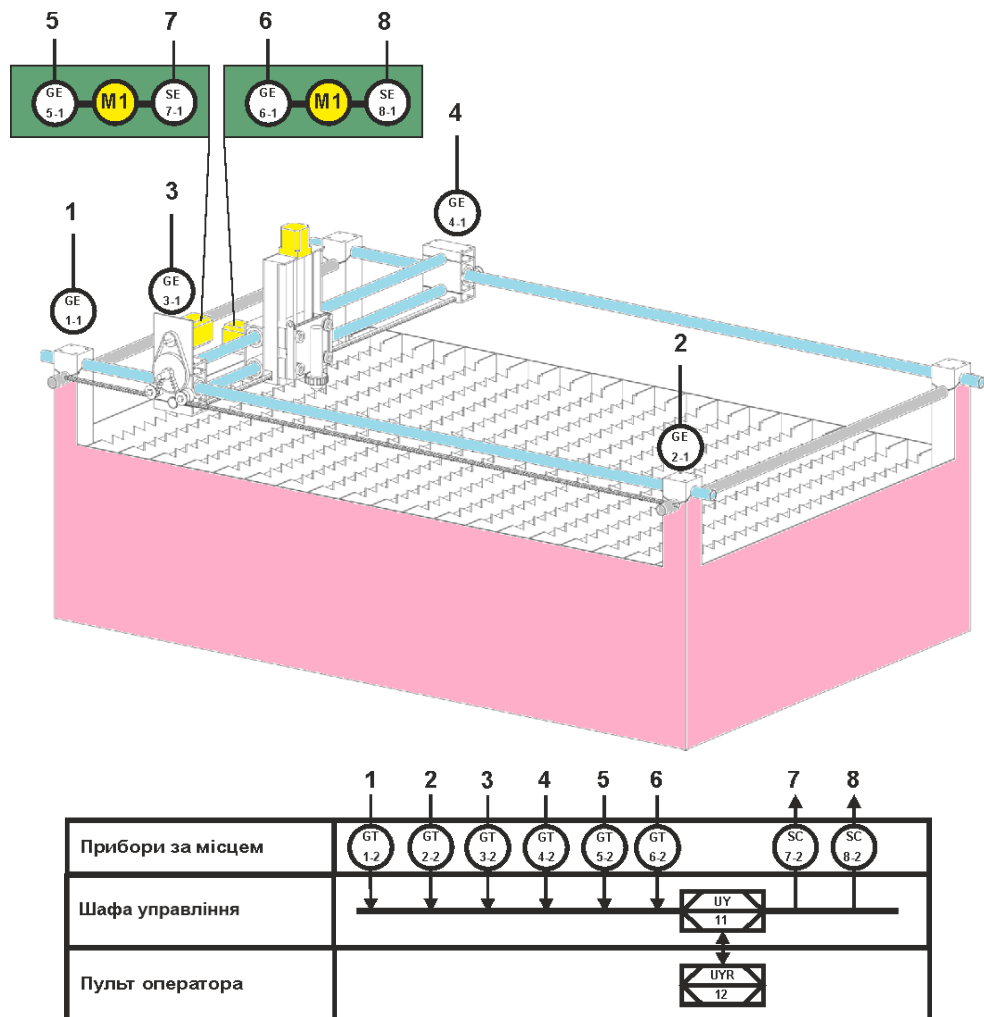


Рисунок 2.13 – Функціональна схема автоматизації системи управління

У якості пристрою управління використовується програмований логічний контролер (UY 11 – VIPA 214-2BS33). Даний програмований логічний контролер

підключено до пульта оператора (UYR 12) в якості котрого виступає персональний комп'ютер за допомогою інтерфейсу RS-485.

Кінцеве положення супорту по вісі X визначається за допомогою двох індуктивних датчиків, які розміщені у кінцевих положеннях вісі X (GE 1–1, GE 2–1 LJ12A3-2-Z-BX NPN NO) та їх перетворювачів (GT 1–2 та GT 2–2).

Кінцеве положення супорту по вісі Y визначається за допомогою двох індуктивних датчиків, які розміщені у кінцевих положеннях вісі Y (GE 3–1, GE 4–1 LJ12A3-2-Z-BX NPN NO) та їх перетворювачів (GT 3–2 та GT 4–2).

Швидкість обертів крокового електродвигуна NT57STH76, який забезпечує переміщення по вісі Y визначається за допомогою датчика (GE 5–1 енкодером, вбудованим в кроковий електродвигун) та його перетворювача (GT 5–2).

Швидкість обертів крокового електродвигуна NT57STH76, який забезпечує переміщення по вісі X визначається за допомогою датчика (GE 6–1 енкодером, вбудованим в кроковий електродвигун) та його перетворювача (GT 6–2).

Управління кроковим електродвигуном NT57STH76 переміщення по вісі Y забезпечується за допомогою драйверу типу HSS57 (SE 7–1) та його перетворювача (SC 7–2).

Управління кроковим електродвигуном NT57STH76 переміщення по вісі X забезпечується за допомогою драйверу типу HSS57 (SE 8–1) та його перетворювача (SC 8–2).

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми управління револьвером подачі та скидання труби (рис. 2.14).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Jinbo JLV-24300KS(G2) підключено до модулю дискретного вводу VIPA 221-1BF00 (A1 – X3), датчиків кінцевого

переміщення супортів по вісям X та Y (B1...B4), драйверів управління HSS57 кроковими двигунами NT57STH76, які здійснюють переміщення по вісям X та Y (A2, A2).

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та пультом оператора в якості якого виступає персональний комп'ютер (A4) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2, A2 – X1).

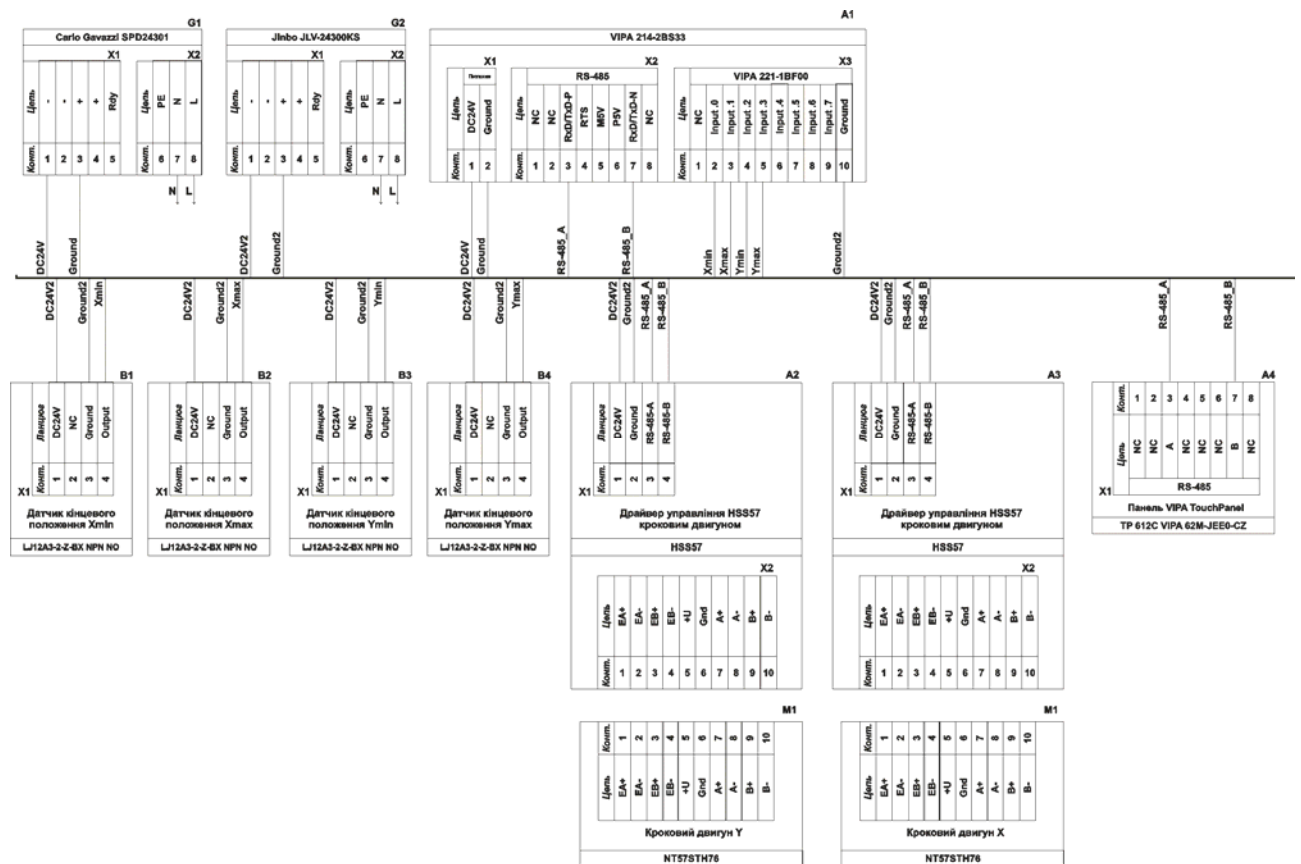


Рисунок 2.14 – Схема електрична принципова системи управління

2.5 Висновки за розділом

Підсистема управління забезпечує автоматичне переміщення порталу по рейковому шляху, реалізуючи позиціонування супортів по координатам X і в свою чергу переміщення супорту вздовж порталу, тим самим здійснюючі позиціонування по координаті Y, забезпечує переміщення робочих органів машини плазмового різання «Кристал» по необхідній траєкторії і відповідно до карти розкрою.

У цьому розділі вибрано апаратно-програмні засоби для створення підсистеми управління, розроблена функціональна схема автоматизації, розроблена схема принципова підсистеми управління.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

Система керування машиною плазмового різання «Кристал» має забезпечувати переміщення робочих органів машини по необхідній траєкторії і відповідно до карти розкрою, а також реалізувати необхідні алгоритми управління технологічним оснащенням машини в процесі виконання розкрою.

Машина має рухому частину - портал, на якому закріплені провідний и ведені супорт, та система подачі ріжучої суміші. Портал переміщається по рейкового шляху реалізуючи позиціонування супортів по координаті X. Супорт, в свою чергу, переміщується вздовж порталу, тим самим здійснюючі позиціонування по координаті Y. Машина має один провідний супорт кілька відомих супортів. Ведені супорт з'єднуються з провідним с за допомогою механізму зв'язку супортів.

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

У кваліфікаційній роботі основна увага буде приділятися підсистемі переміщення рухомої частини по координатам X та Y, на якому закріплена система подачі ріжучої суміші. Тобто основна задачі підсистеми управління - це переміщення порталу по рейковому шляху, реалізуючи позиціонування супортів по координаті X і в свою чергу переміщення супорту вздовж порталу, тим самим здійснюючі позиціонування по координаті Y. При цьому здійснюється контроль кінцевих положень переміщення по координатам X та Y. Інші функції не розглядаються.

Для забезпечення управління в автоматичному режимі, в пристрій управління вводяться сигнали з датчиків, що видають поточні координати XY виконавчого органу. З цією метою використовуються датчики переміщення. З виходів надходять імпульси, число яких, відповідно до кількості оборотів валу датчика. Дискретність перетворення, дозволяє досягти необхідної точності позиціонування супортів машини. В системі використовуються також кінцеві перемикачі, що спрацьовують в крайніх положеннях робочих органів машини.

Таблиця 2.1 – Основні технічних характеристик рухомої частини

Параметр	Значення
Типи електродвигунів	крокові NT57STH76
Кількість фаз	2
Кут кроку	1,8°
Напруга	24 В
Струм	4,2А
Опір	0,5Ω
Індуктивність	1,8 мГн
Крутний момент	19 кг/см
Вбудований енкодер	512 імпл./об
Маса	1,5кг

Для безпосереднього управління кроковим двигуном обрано 2-фазний драйвер HSS57, який має наступні основні особливості:

- закрита система крокового двигуна, ніколи не втрачає крок;
- частота імпульсів може досягати 200 кГц;
- 16 видів мікрокроків;
- енкодер 512 - імпульсів/об;
- діапазон напруги DC 24В...50 В;
- управління сигнальне або RS-232 / RS-485 MODBUS.

Система замкнутого циклу може бути застосована до всіх видів невеликого автоматичного обладнання та інструментів, таких як гравірувальні верстати, спеціальні промислові швейні машини, маркувальні машини, плотери, ЧПУ машини та інші.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики драйвера HSS57

Параметри	Значення
Діапазон напруги	DC: 24...50 В
Максимальний вихідний струм	6.0 А (зміна струму в залежності від навантаження)
Струм споживання	7~20 мА
Частота	0~200KHz
Сумісність	NT57STH, NT60STH
Енкодерні лінійки	1 000
Опір ізоляції	>=500МОм
Робоча температура	0...50°C
Робоча вологість	40...90%
Вібрація	5.9м/с ² max
Температура зберігання	-20°C~65°C
Вага	560 г

Одним з обов'язкових етапів проектування систем автоматичного позиціонування є її моделювання. Система управління є композицією електронних підсистем (інформаційної та силової), які керують виконавчими механізмами. Перетворення інформації з електронного домену у механічний в нашому випадку здійснюється через привод крокових електродвигунів, які доречі є досить поширеними в системах контрольованого прецизійного руху та обертання.

Крокові двигуни (КД) фактично є синхронними двигунами, які дозволяють фіксувати ротор в заданому положенні. Керуючий вплив задається послідовністю електричних імпульсів.

КД можна визначити як електромеханічні перетворювачі сигналу управління (імпульсів напруги) в переміщення кутове, або лінійне, тому найбільш повні моделі КД містять параметри та функції з доменів механічного та електронного, які пов'язані в систему алгебро-диференціальних рівнянь. Такі моделі використовують для дослідження динамічних характеристик електромеханічних перетворювачів. При абстрагуванні від типу домену (на верхньому рівні абстракції) при дослідженні систем управління, КД представляють ланками із передаточними характеристиками в комплексній формі. Однак, для наскрізного проектування електронних підсистем керуванням руху, зручно використовувати спеціалізовані САД.

Таким чином, актуалізується задача розробки макромоделі КД високого рівня абстракції (як ланки САУ) на математичному базисі обраної САД. Об'єктом дослідження є процес моделювання систем автоматизованого позиціонування із КД.

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням для підсистеми управління до контуру управління переміщення по вісям X та Y , в

якості якого виступає електромеханічна частина приводів, входять датчики обертів, пристрій управління, в якості котрого виступає програмований логічний контролер та електроприводи переміщення по вісях X та Y.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з програмним комплексом SCADA-система zenon. Така система дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об'єкту для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи яка наведена на рис. 3.1.

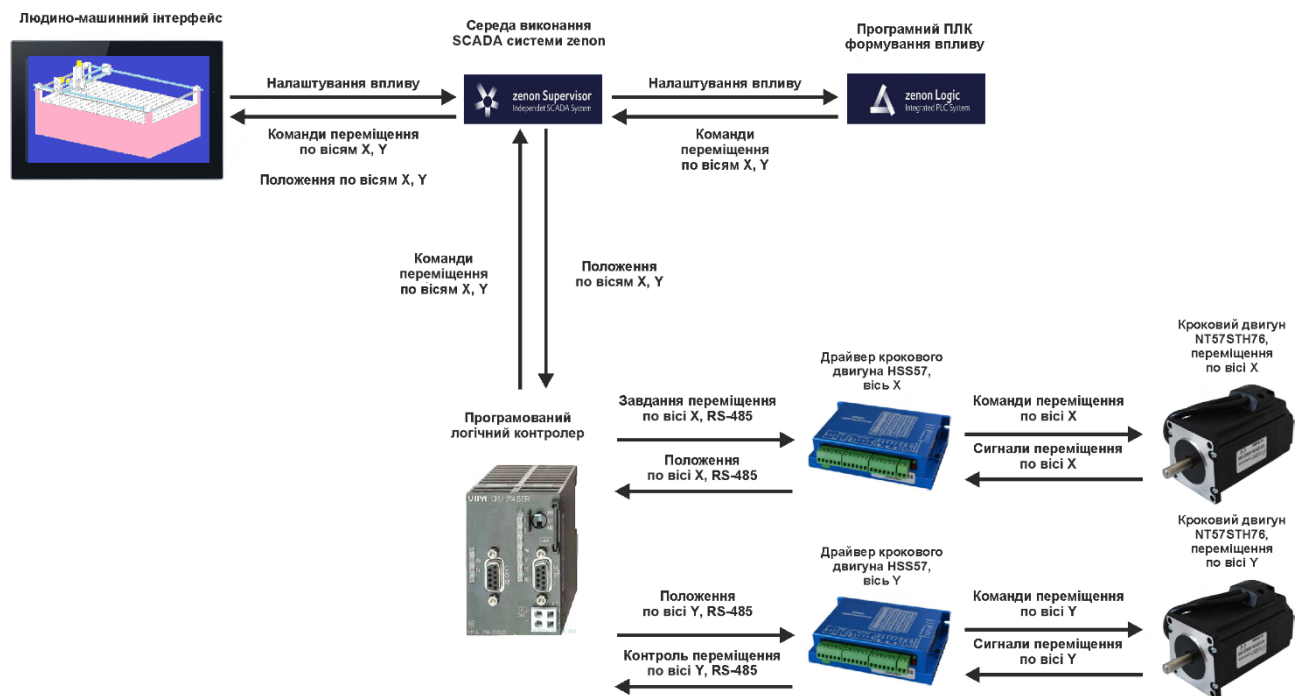


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно з структурною схемою система дослідження може формувати керуючі впливи для крокових двигунів, у якості яких виступає завдане переміщення по вісях X та Y. Система може контролювати переміщення по вісях X та Y, за допомогою енкодерів, вбудованих у крокові двигуни. За розгін та підтримку заданого швидкісного режиму відповідає VIPA 214-2BS33.

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером з програмним комплексом SCADA-система zenon реалізується за допомогою інтерфейсу Ethernet.

3.2 Розробка та дослідження моделі крокового двигуна

На початку треба розробити модель крокового двигуна, як ланки САУ, придатної для ефективного моделювання динамічних характеристик систем позиціонування на верхньому рівні абстракції.

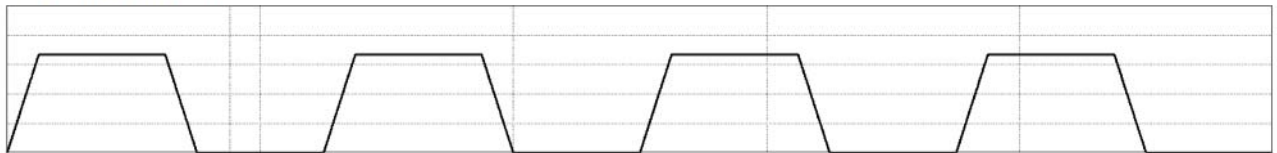
Для досягнення цієї мети, необхідно розв'язати низку задач: на основі певних спрощень і припущень:

сформувані концептуальну модель;

- підібрати з бібліотеки інструменти для структурного синтезу моделі;
- здійснити її параметризацію (за даними натурального експерименту з реальним КД);
- виконати аналіз / симуляцію із ціллю верифікації та оптимізації моделі;
- інсталювати готову модель в бібліотеку ECAD.

В системах позиціонування виконавчого механізму, КД працюють у встановленому режимі, коли частота імпульсів керування оптимальна і постійна, тому для економічності ми можемо прийняти припущення про лінійне перетворення вхідної напруги в кут повороту ротору (концептуальна модель КД). При такому підході для кожного двигуна важливим є тільки розмір кроку КД та параметри сигналу управління драйвера (рис. 3.2).

Сигнали управління



Кут повороту ротору

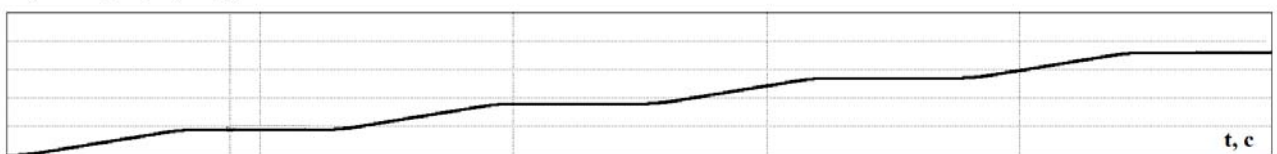


Рисунок 3.2 – Лінійне перетворення вхідної напруги в кут повороту ротору

Оскільки для безпосереднього управління кроковим двигуном NT57STH76 обрано спеціалізований двофазний драйвер крокового двигуна з вмонтованим

енкодером типу HSS57, який дозволяє уникнути втрат кроків, таким чином забезпечують високу точність обертів двигуна. Замкнута система є ідеальним удосконаленням і хорошою заміною відкритої системи, яка фактично таким чином перетворює КД до рівня серводвигуна.

Тобто треба створити модель отриманого таким чином сервоприводу.

Враховуючі електромеханічні параметри рухомої частини (порталу) машини плазмового різання «Кристал» маємо наступне - максимальна швидкість переміщення проталу по любій з вісей 2 м/хв, прискорення та гальмування не більш ніж $0,4 \text{ м/хв}^2$, то можна створити у Matlab наступну модель сервоприводу, яку показано на рис 3.3, а результат моделювання при образному керуючому впливі, показано на рис. 3.4.

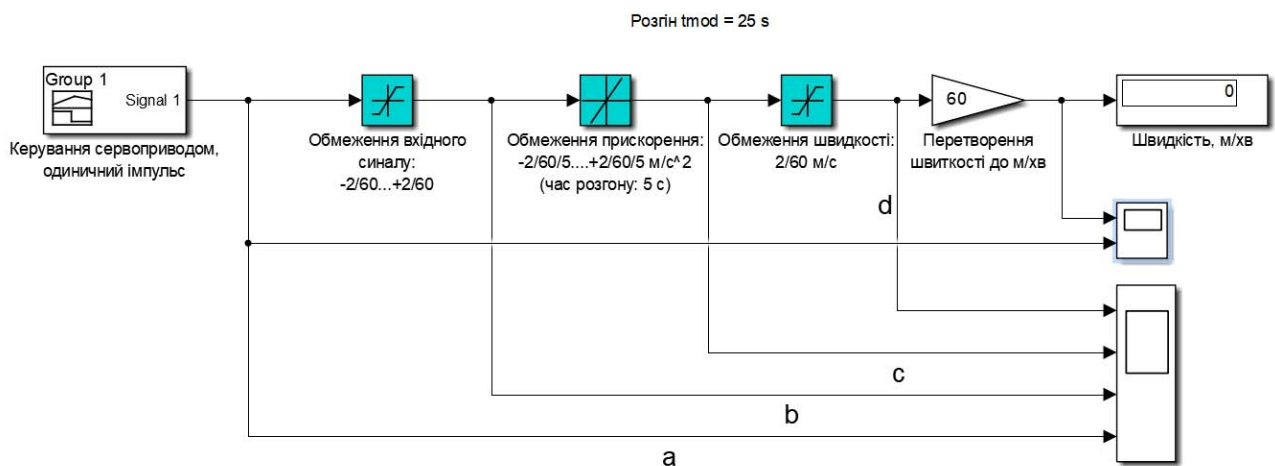


Рисунок 3.3 – Модель сервоприводу

Як бачимо з результату моделювання модель повністю забезпечує необхідні параметри швидкості, та розгону і гальмування по вісі переміщення порталу - максимальна швидкість переміщення проталу по вісі 2 м/хв, прискорення та гальмування не більш ніж $0,4 \text{ м/хв}^2$, час розгону до максимальної швидкості становить 5 с.

На графіку рис. 3.5 бачимо як працюють функціональні модулі, які забезпечують роботу моделі сервоприводу.

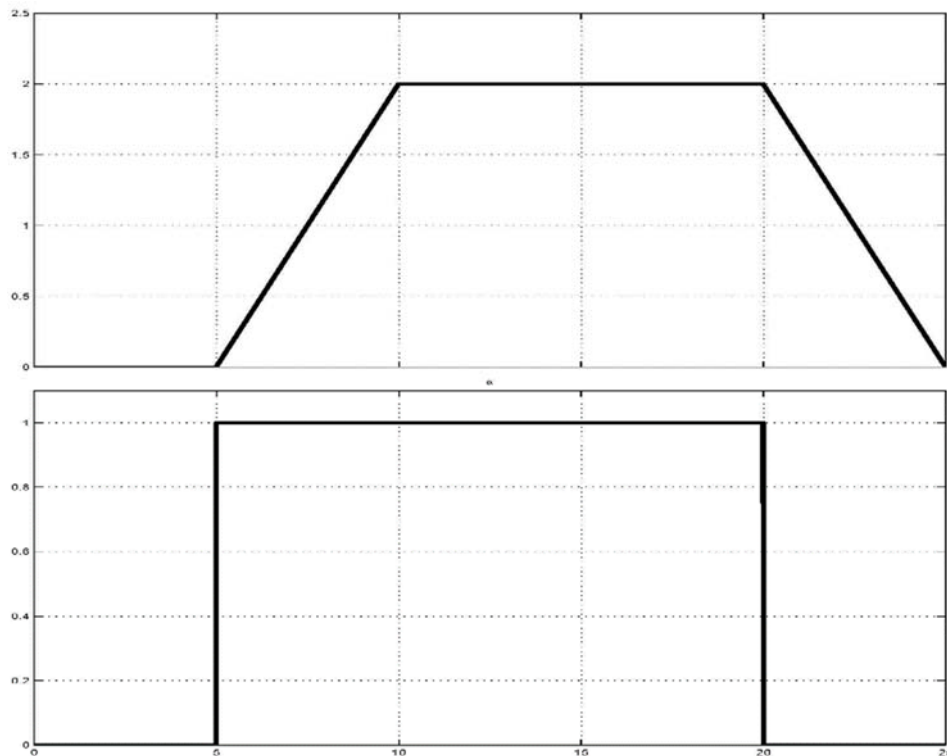


Рисунок 3.4 – Отримання даних при східчастому керуючому впливі, розгін та переміщення

На графіку «а» показано сигнал одиничного імпульсу керуючого імпульсу, який значно перевищує допустиме значення, для максимальної швидкості переміщення по вісі 2 м/хв, або $2/60 = 0,033$ м/с. Наступний графік «b» показує вже обмежений керуючий сигнал по амплітуді на максимально можливому рівні 0,033 м/с. Наступний графік «с» показує формування сигналу розгону та гальмування, обмеження прискорення на рівні $0,033 / 5\text{м} = /\text{с}$ керуючий сигнал по амплітуді на максимально можливому рівні $0,0067$ м/с², відповідно розгін до максимальної швидкості переміщення здійснюється за 5 с.

Наступний графік «d» показує що сформований сигнал циклограми не виходить за межі максимальної швидкості переміщення 0,033 м/с, та здійснюється не потребує обмежень по швидкості.

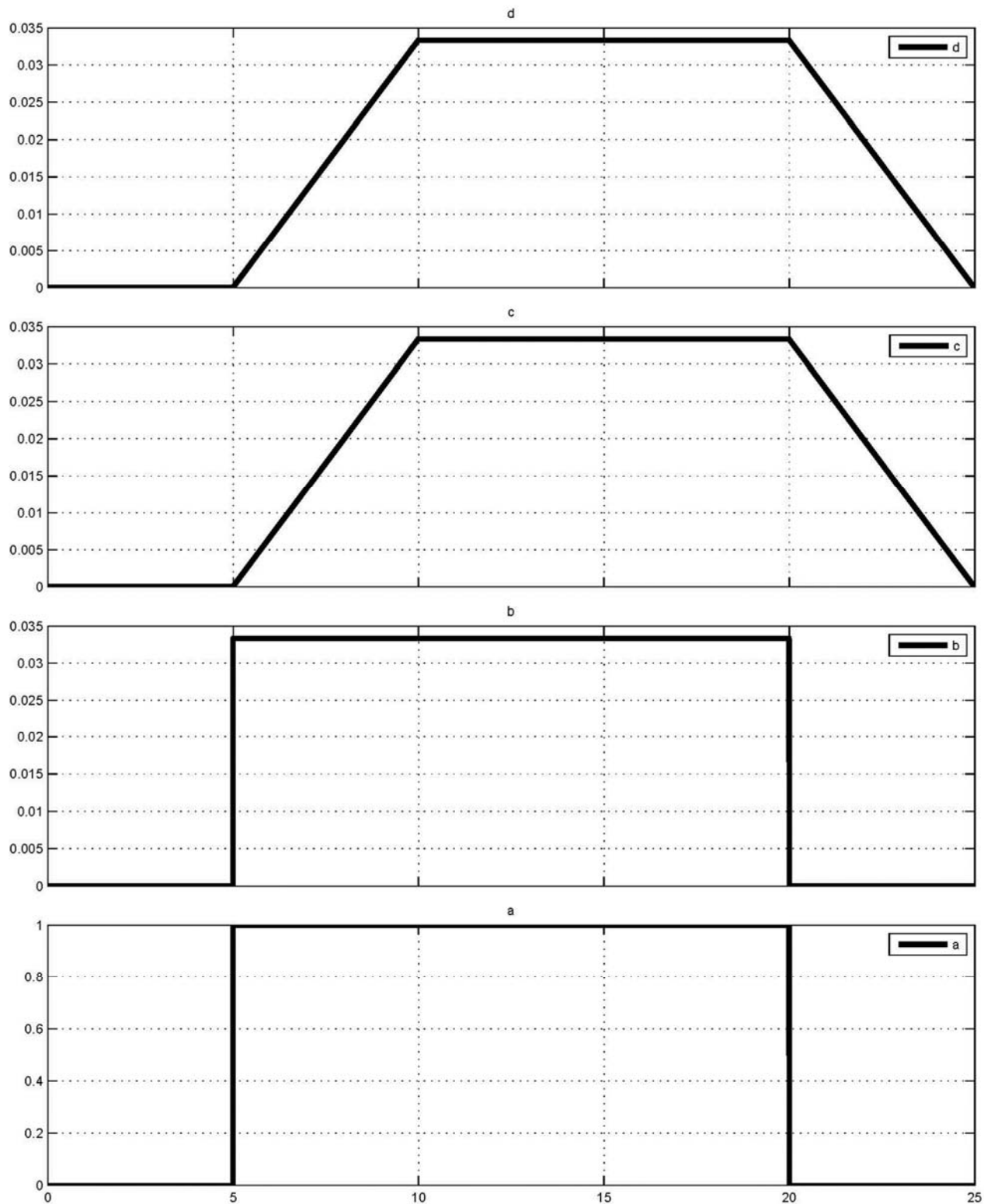


Рисунок 3.5 – Графіки функціональних модулів, які забезпечують роботу моделі сервоприводу

На графіку рис. 3.6 показано сигнали роботи моделі сервоприводу, які відповідають сигналам керування, наприклад 100 %, 50%, 25 % та 12,5% від максимального (номінального) значення.

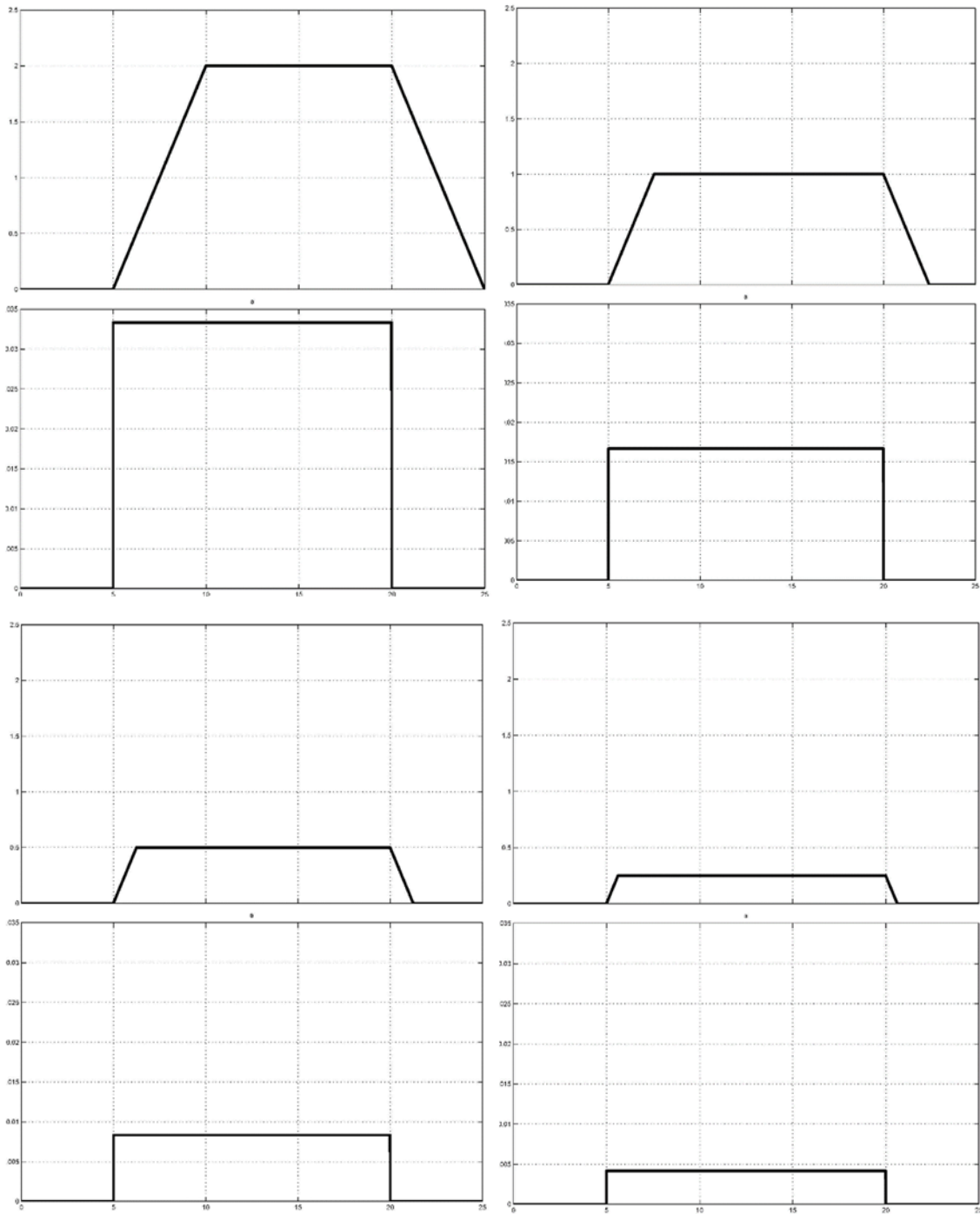


Рисунок 3.6 – Сигнали роботи моделі сервоприводу 100 %, 50%, 25 % та 12,5% максимальної швидкості переміщення по вісі

Як бачимо з результату моделювання модель повністю забезпечує необхідні динамічні, статичні параметри регулювання швидкості переміщення порталу, при цьому максимальна швидкість переміщення проталу по вісі 2 м/хв, прискорення та гальмування не більш ніж $0,4 \text{ м/хв}^2$, регулювання швидкості $0 \dots 2 \text{ м/хв. (} 0 \dots 100 \% \text{)}$.

3.3 Розробка методики дослідження об'єкта управління

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів та поданнях їх на виконавчий пристрій. При цьому об'єкт управління накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт управління може бути досліджено за допомогою метода активного експерименту.

Об'єкт дослідження електромеханічна система переміщення рухомої частини по координатам X та Y . Основна задачі підсистеми управління - це переміщення порталу по рейковому шляху, реалізуючи позиціонування супортів по координаті X і в свою чергу переміщення супорту вздовж порталу, тим самим здійснюючі позиціонування по координаті Y . При цьому здійснюється контроль кінцевих положень переміщення по координатам X та Y .

Модель електромеханічної системи переміщення порталу буде складатися з двох моделей переміщення – сервоприводів переміщення, відповідно по вісям X та Y .

Для забезпечення управління в автоматичному режимі, в пристрій управління вводяться сигнали з датчиків, що видають поточні координати X Y виконавчого органу. З цією метою використовуються датчики переміщення. З виходів надходять імпульси, число яких, відповідно до кількості оборотів валу датчика. Дискретність перетворення, дозволяє досягти необхідної точності позиціонування супортів машини. В системі управління використовуються також кінцеві перемикачі, що спрацьовують в крайніх положеннях робочих органів машини. Для фіксації робочого органу треба використовувати електромеханічні гальма.

Макромоделі системи управління переміщенням по вісі X для дослідження моделі об'єкта управління переміщенням по вісі X (сервоприводу) наведена на рис. 3.7.

До входу макромоделі під'єднано джерело імпульсного сигналу «Керування сервоприводом X », який ініціює переміщення по вісі X - на задану довжину переміщення, за заданою швидкістю, та параметрами розгону та гальмування.

До входу макромоделі під'єднано джерело константного сигналу «Кінцеве положення, м» - який задає цільову довжину переміщення по вісі X.

До входу макромоделі під'єднано джерело константного сигналу «Максимальна швидкість переміщення, м/хв», який задає швидкість переміщення по вісі X.

До входу макромоделі під'єднано джерело константного сигналу «Максимальне прискорення, м/хв²», який задає максимальне та гальмування прискорення при переміщення по вісі X.

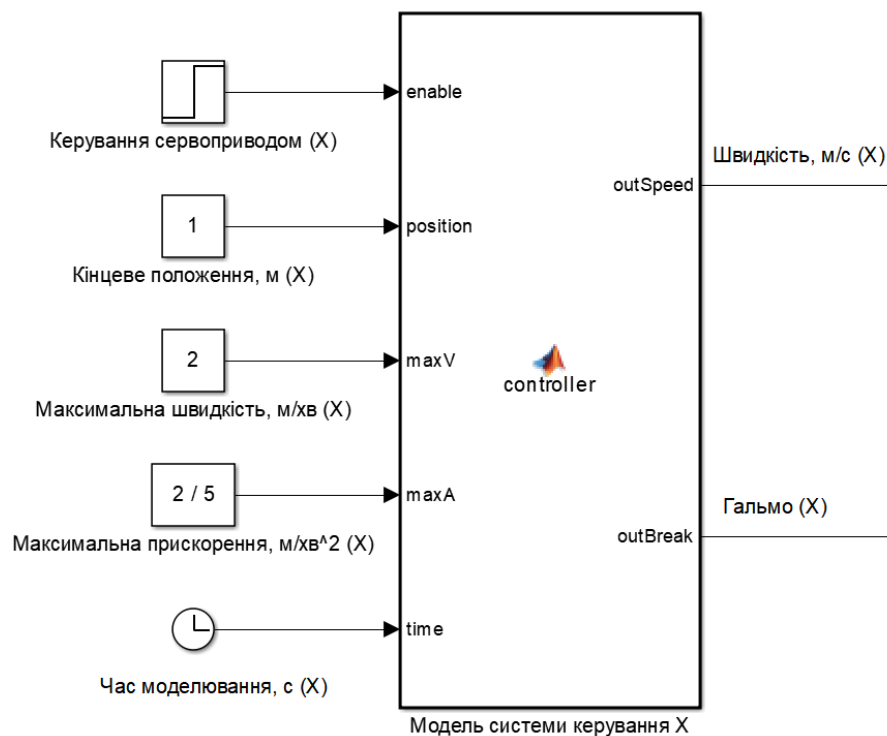


Рисунок 3.6 – Макромоделі системи управління переміщенням по вісі X

До входу макромоделі під'єднано джерело часу «Час моделювання», яке задає час моделювання.

На виході макромоделі сигнал «Швидкість переміщення, м/с», задає режим переміщення по вісі X – управління сервоприводом крокового двигуна X.

На виході макромоделі сигнал «Гальмо», управляє електрогальмом фіксації супорта X при закінченні переміщення.

За вказаними вхідними параметрами у макромоделі програмним способом здійснюється розрахунок параметрів вихідного сингала управління сервоприводом переміщення по вісі X, здійснює переміщення по вісі X - на

задану довжину переміщення, за заданою швидкістю, та параметрами розгону та гальмування.

Програма макромоделі:

```
function [outSpeed, outBreak] = controller(enable, position, maxV, maxA, time)

% enable - Дозвіл на переміщення 0/1 - викл./вкл.
% position - Кінцеве положення, м
% maxV - Максимальна швидкість, м/хв
% maxA - Максимальне прискорення, м/хв^2
% time - Час моделювання, с
% outSpeed - Швидкість, м/с
% outBreak - Гальмо 0/1 - викл./вкл.

persistent sEnable;           % Початок переміщення по фронту
persistent sTimeMovement;    % Час переходу до лінійного переміщення, с
persistent sTimeBraking;     % Час початку гальмування, с
persistent sTimeStop;        % Час остановки
if (isempty(sEnable))
    sEnable = 0;
    sTimeMovement = 0;
    sTimeBraking = 0;    sTimeStop = 0;
end

outSpeed = 0;
outBreak = 0;

maxA = maxA / 60;           % Перетворення до м/с^2
maxV = maxV / 60;         % Перетворення до м/с

if (sEnable == 0 && enable == 1)
    sEnable = 1;           % Переміщення почалося

    nTimeUpDown = maxV / maxA;           % Час розгону/гальмування, с
    nUpDown = maxA * nTimeUpDown^2 / 2;  % Довжина розгону/гальмування, м
    sTimeMovement = time + nTimeUpDown;  % Час початку лінійного переміщення, с
    sTimeBraking = sTimeMovement + (position - 2 * nUpDown) / maxV; % Час початку гальмування, с
    sTimeStop = sTimeBraking + nTimeUpDown; % Час зупинки, с
end

if (enable == 1 && time < sTimeMovement)
    outSpeed = maxV;
elseif (time >= sTimeMovement && time < sTimeBraking)
    outSpeed = maxV;
elseif (time >= sTimeBraking && time < sTimeStop)
    outSpeed = 0;
else
    outSpeed = 0;
    outBreak = 1;
end
```

Система управління містить два однакові контури управління переміщенням по вісям X та Y., розглянути вище. Також в схему додано блоки інтеграторів для контролю переміщення по відповідним вісям, та блоки перетворення швидкості переміщення по вісям з розмірності «м/с» у розмірність «м/хв».

Початкові дані для переміщення наступні:

X:	кінцеве положення, м	1,5;
–	максимальна швидкість, м/хв	2;

- максимальне прискорення, м/хв^2 0,4;
- Y: кінцеве положення, м 1,25;
- максимальна швидкість, м/хв 2;
- максимальне прискорення, м/хв^2 0,4;

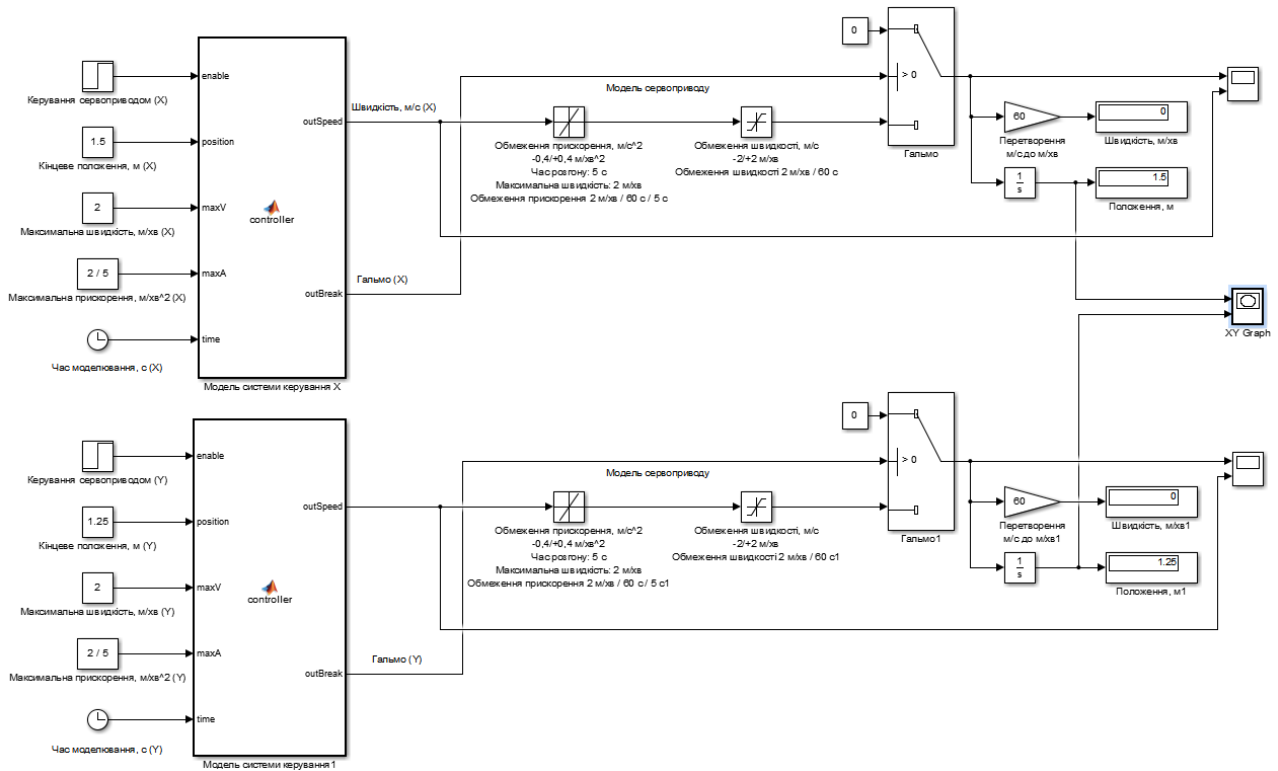


Рисунок 3.7 – Системи управління переміщенням по вісям X та Y

Результати моделювання наведено на рис. 3.8.

Макромодель є відкритою до редагування, адаптації та подальшого розвитку; її можна експортувати в інші програми.

Використаний при моделінгу підхід придатний до застосування при моделюванні автоматизованих систем із КД в інших математичних процесорах.

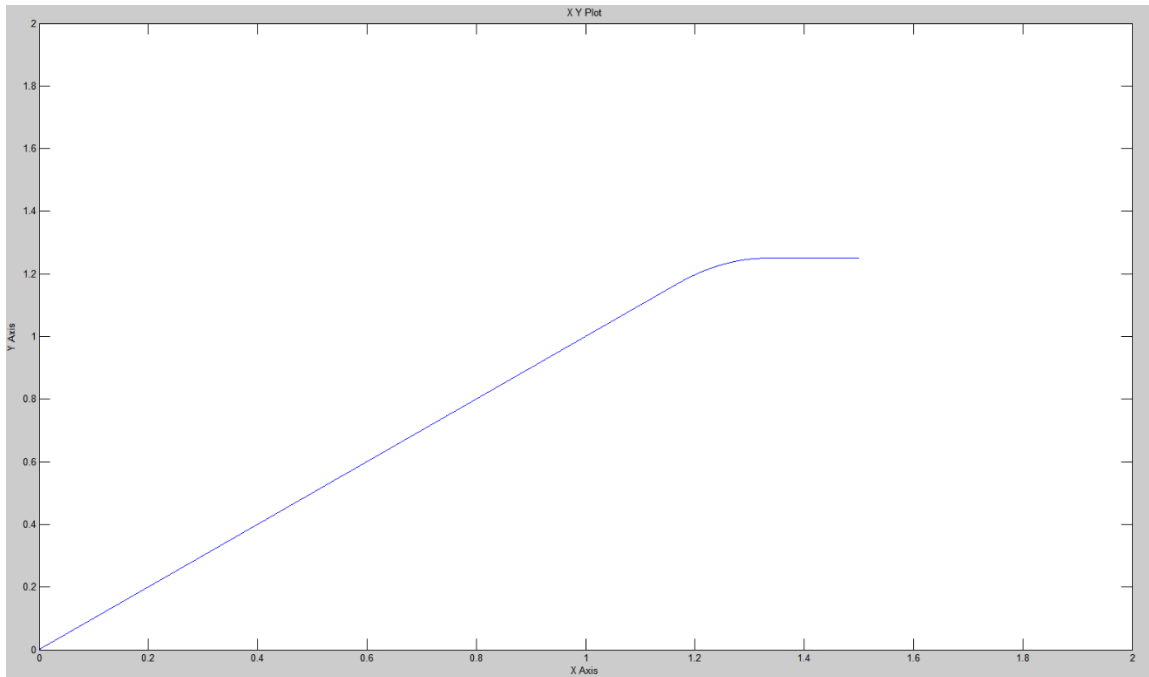


Рисунок 3.8 – Результат моделювання переміщенням по вісям $X=1,5$ м та $Y=1,25$ м

3.4 Висновки за розділом

Результатом дослідження є макромодель крокового двигуна, яка призначена для дослідження автоматизованих систем позиціонування в середовищі програм Matcad на верхньому рівні абстракції.

Завдяки високій економічності та надійності, вона дозволяє знизити ризик появи алгоритмічних збоїв при симуляції.

Перевагою моделі є також її універсальність, оскільки вона придатна для моделювання уніполярних та біполярних двигунів. Алгоритм її параметризації на основі емпіричних даних дуже простий.

Використання розробленої моделі дозволяє значно прискорити модельний експеримент при проектуванні мехатронних систем позиціонування та забезпечити робастність симуляції. Використаний при моделінгу КД новий підхід можна застосовувати при дослідженні подібних САУ.

4 ЕКОНОМІКА

Кваліфікаційна робота присвячена актуальній задачі удосконалення автоматизованої системи управління машиною плазмового різання «Кристал» має забезпечувати переміщення робочих органів машини по необхідній траєкторії і відповідно до карти розкрою, а також реалізувати необхідні алгоритми управління технологічним оснащенням машини в процесі виконання розкрою.

У цьому розділі кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки системи управління, виконаної на базі ПЛК VIPA та scada zenon.

4.1 Розрахунок капітальних витрат

4.1.1 Розрахунок трудомісткості розробки програмного забезпечення

Нормування праці в процесі створення програмного забезпечення ускладнене із-за творчого характеру праці програмістів. Тому трудомісткість обробки програмного забезпечення може бути розрахована на основі системи моделей з різною точністю оцінки.

Трудомісткість обробки праці програмного забезпечення можна розрахувати по формулі:

$$t = t_0 + t_d + t_a + t_n + t_{opl} + t_d, \text{ людино-годин} \quad (4.1)$$

- де t_0 – витрати праці на підготовку і опис поставленого завдання;
 t_d – витрати праці на дослідження алгоритму рішення завдання;
 t_a – витрати праці на обробку блок-схеми алгоритму;
 t_n – витрати праці на програмування по готовій блок-схемі;
 t_{opl} – витрати праці на налаштування програм на ЕОМ;
 t_d – витрати праці на підготовку документації за завданням.

Складові частини витрат праці визначаються на підставі умовної кількості оброблюваних операторів в програмному забезпеченні. До них відносять ті оператори, яких необхідно написати в процесі роботи над програмою з

урахуванням можливих уточнень в постановці завдання і удосконалення алгоритму.

Умовна кількість операторів в програмі:

$$Q = q \cdot c \cdot (1 + p), \quad (4.2)$$

де q – кількість операторів, використовуваних в програмі;

z – коефіцієнт складності програми;

p – коефіцієнт корекції програми в процесі її обробки.

За узгодженням з керівником проекту, значення коефіцієнтів z і p були узяті відповідно до 1,25 і 0,2.

Таким чином, для програми, описаної в кваліфікаційній роботі:

$$Q = 1200 \cdot 1,25 \cdot (1 + 0,2) = 1800 \text{ операторів.}$$

Оцінка витрат праці на підготовку і опис завдання в цій кваліфікаційній роботі складають $t_0 = 10$.

Витрати праці на вивчення опису завдання визначаються з уточненням опису і кваліфікації програміста по формулі:

$$t_u = \frac{Q \cdot B}{(75 \dots 85) \cdot k}, \text{ людино-годин,} \quad (4.3)$$

де B – коефіцієнт збільшення витрат праці $B = 1, 2, 1, 5$;

k – коефіцієнт програміста, які визначається залежно від стажу роботи за фахом.

В даному випадку коефіцієнт $k = 0,8$ - при стажі роботи до 2 років.

Таким чином, витрати праці на вивчення опису завдання :

$$t_0 = \frac{1800 \cdot 1,3}{85 \cdot 0,8} = 34,4 \text{ людино-годин}$$

Витрати праці на обробку алгоритму рішення задачі :

$$t_a = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ людино-годин,} \quad (4.4)$$

$$t_a = \frac{1800}{25 \cdot 0,8} = 90 \text{ человеко - часов.}$$

Витрати праці на складання програми по готовій блок-схемі:

$$t_n = \frac{Q}{(20 \dots 25) \cdot k}, \text{ людино-годин,} \quad (4.5)$$

$$t_n = \frac{1800}{25 \cdot 0,8} = 90 \text{ людино-годин}$$

Витрати праці на налаштування програм ЕОМ розраховуються по формулі, за умови автономного налаштування одного завдання :

$$t_{oml} = \frac{Q}{(4...5) \cdot k}, \text{ людино-годин,} \quad (4.6)$$

$$t_{oml} = \frac{1800}{5 \cdot 0,8} = 450 \text{ людино-годин}$$

Витрати праці на підготовку документації за завданням визначаються по формулі:

$$t_o = t_{op} + t_{oo}, \text{ людино-годин} \quad (4.7)$$

де t_{op} – трудомісткість підготовки матеріалів до рукопису;

t_{oo} – трудомісткість редагування, друку і оформлення документації.

$$t_{op} = \frac{Q}{(15...20) * k}; \quad (4.8)$$

$$t_{op} = \frac{1800}{20 \cdot 0,8} = 112,5 \text{ людино-годин}$$

$$t_{oo} = 0,75 \cdot t_{op}; \quad (4.9)$$

$$t_{op} = 0,75 \cdot 112,5 = 84,4 \text{ людино-годин,}$$

$$t_o = 112,5 + 84,4 = 196,9 \text{ людино-годин}$$

$$t = 10 + 34,4 + 90 + 90 + 450 + 196,9 = 871,3 \text{ людино-годин.}$$

Таким чином, трудомісткість розробки програмного забезпечення складає 871,3 людино-годин.

4.1.2 Розрахунок витрат на створення програмного забезпечення

Витрати на створення програмного забезпечення ($K_{пз}$) включають витрати на заробітну плату розробника програми і вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ ($З_{мн}$) :

$$K_{пз} = З_{зп} + З_{мн}, \text{ грн.} \quad (4.10)$$

Заробітну плату розробника програми визначається по формулі:

$$Z_{zn} = t \cdot C_{np}, \text{ грн}, \quad (4.11)$$

де t – загальна трудомісткість розробки програмного забезпечення;

C_{np} – середньо-годинна заробітна плата програміста (основна і додаткова) з нарахуваннями, грн/годину. $C_{np}=45$ грн/годину.

$$Z_{zn} = 871,3 \cdot 45 = 37\,408,5 \text{ грн}.$$

Вартість машинного часу, необхідного для налаштування програми на ЕОМ :

$$Z_{mv} = t_{отл} \cdot C_{мч}, \text{ грн} \quad (4.12)$$

де $t_{отл}$ – трудомісткість відлагодження програм на ЕОМ;

$C_{мч}$ – вартість машино-години ЕОМ, грн/годину.

$$C_{мч}=15 \text{ грн/годину}.$$

$$Z_{mv} = 450 \cdot 15 = 6750 \text{ грн}$$

$$K_{no} = 37\,405,5 + 6750 = 44\,158,5 \text{ грн}.$$

Таким чином, витрати на створення програмного забезпечення складають 44 158,5 грн

4.1.3 Розрахунок додаткових капітальних витрат

Капітальні витрати - це засоби, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації.

Капітальні витрати на розробку створюваної системи відбиті в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Розрахунок капітальних витрат при розробці

№	Устаткування	Кількість, шт.	Ціна, грн	Монтажно-налагоджувальні роботи, грн	Всього
1	Датчик IA18DSN14NO	1	527,00	42,16	569,16
2	АТSTK500(комплект розробника) Датчик E40H8-1 800-3-N-24	2	7425,00	594,0	8019,00
3	Контролер реверсування RR2A40D150)	2	4125,00	330,00	4455,00
4	Частотний перетворювач ESMD152L4TXA	1	20825,00	1666,00	22491,00
5	Проблисковий маячок MLPS-24-Y	1	510,00	40,80	550,80
6	Програмований логічний контролер 214-2BS33	1	9800,00	784,00	10584,00
7	Модуль дискретного вводу 221-1BF00	1	4050,00	324,00	4374,00
8	Функціональний модуль 250-1BS00	1	2500,00	200,00	2700,00
9	Модуль аналогового виводу 232-1BD40	1	9800,00	784,00	10584,00
10	Модуль дискретного виводу 222-1BF00	1	2500,00	200,00	2700,00
11	Блок живлення SPD24301	1	2500,00	200,00	2700,00
	Всього	-	64562	5164,96	69726,96

4.2 Експлуатаційні витрати

Експлуатаційні витрати - це поточні витрати на експлуатацію і обслуговування об'єкту проектування за певний період (наприклад, рік), виражені в грошовій формі:

$$Z_{тек} = C_a + C_z + C_c + C_m + C_э, \quad (4.13)$$

де C_a – амортизаційні відрахування;

C_z – заробітна плата обслуговуючого персоналу;

C_c – відрахування на соціальні заходи від заробітної плати (22% від C_z);

C_m – витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування;

$C_э$ – вартість електроенергії, споживаної об'єктом.

Устаткування, розроблене у кваліфікаційній роботі системи, відноситься до 4 групи по мінімальних термінах корисного використання. Передбачуваний термін експлуатації системи складає 5 років.

Розрахунок амортизаційних відрахувань зробимо по методу прискореного зменшення залишкової вартості, де використовується подвоєна норма амортизації:

$$H_A = \frac{2}{t} \cdot 100, \% \quad (4.14)$$

де H_A - коефіцієнт амортизації, долі одиниць.

Перевагою цього методу є те, що впродовж перших років експлуатації об'єкту проектування накопичується значна сума коштів, необхідних для його відновлення.

Отже, норма амортизації для проекрованої і альтернативної системи управління складе:

$$H_{a a} = \frac{2}{5} \cdot 100 = 40\%, H_{a пр} = \frac{2}{5} \cdot 100 = 40\%.$$

$$C_a = \frac{ПС \cdot H_a}{100\%}, \text{ грн} \quad (4.15)$$

де C_a - річна сума амортизації, грн;

$ПС$ - первинна вартість (капітальні витрати – К), грн.

$$C_a = C_z \cdot 0,4 = 69726,96 \cdot 0,4 = 27\,890,78 \text{ грн.}$$

Розрахуємо заробітну плату обслуговуючого персоналу :

$$C_z = ((T_k - T_{пр} - T_{вих} - T_{отп}) \cdot t_m) \cdot T_{ч}, \text{ грн}, \quad (4.16)$$

де T_k – кількість календарних днів у році;

$T_{пр}$ – кількість днів празників у році;

$T_{отп}$ – кількість днів відпустки у році;

$T_{вих}$ – кількість вихідних днів у році;

t_m – термін зміни;

$T_{ч}$ – середньо-годинна заробітна плата.

$$C_z = (((365 - 10 - 104 - 20) \cdot 8) \cdot 42 = 77\,616 \text{ грн.}$$

Розрахуємо відрахування на соціальні заходи від заробітної плати:

$$C_c = 0,22 \cdot C_z = 0,22 \cdot 77\,616 = 17\,075,52 \text{ грн.}$$

Розрахуємо витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт устаткування:

$$C_T = 0,01 \cdot K = 0,01 \cdot 69726,96 = 697,27 \text{ грн.}$$

Розрахуємо вартість електроенергії, споживаної об'єктом:

$$C_{\text{э}} = K_{\text{э}} * ds * K_{\text{д}} * K_{\text{м}} * T, \text{ грн.}$$

де $K_{\text{э}}$ - кількість електроенергії, споживаної на робочому місці за годину;

$K_{\text{м}}$ - кількість місяців в році;

$K_{\text{м}}$ - кількість робочих днів за місяць;

ds - тривалість зміни;

T - тариф на електроенергію для підприємств (для підприємств 2 класу 2,64272 грн. кВт/ч. з ПДВ).

$$C_{\text{э}} = 1 * 8 * 21 * 12 * 2,64272 = 3\,310,53 \text{ грн.}$$

Експлуатаційні витрати складуть:

$$Z_{\text{тек}} = 27\,890,78 + 77\,616 + 17\,075,52 + 697,27 + 3\,310,53 = 126\,590,1 \text{ грн.}$$

Таким чином, річні експлуатаційні витрати, пов'язані із застосуванням системи, що розробляється, складатимуть 126 590,1 грн.

Річну економію на поточних витратах ($P_{\text{ЭК}}$), визначається по формулі:

$$P_{\text{ЭК}} = Z_{\text{р}} - (Z_{\text{тек}} + Z_{\text{э}}) \quad (4.18)$$

де $Z_{\text{тек}}$ - річні поточні витрати, пов'язані із застосуванням системи⁴

$Z_{\text{р}}$ - витрати без застосування системи;

$Z_{\text{э}}$ - витрати після застосування системи.

Розрахуємо річні витрати на рішення задачі без застосування розробленої системи.

За джерельними даними собівартість випуску продукції у середньому зменшиться на 1% (об'єм випуску дорівнює $Z_{\text{р}} = 72\,000\,000$ грн.).

Розрахуємо річні витрати на рішення задачі без застосування розробленої системи;

Витрати на рішення задачі після застосування системи:

$$Z_{\text{э}} = 0,72 * 100\,000\,000 * (1,00 - 0,01) = 71\,280\,000 \text{ грн.}$$

Визначимо річну економію на поточних витратах:

$$P_{\text{ЭК}} = 72\,000\,000 - (126\,590,1 + 71\,280\,000) = 593\,409,9 \text{ грн.}$$

Таким чином, річна економія на експлуатаційних витратах складає 593,4 тис. грн.

4.3 Оцінка економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності здійснюється на основі визначення і аналізу наступних показників :

- 1) розрахункового коефіцієнта ефективності капітальних витрат E_p ;
- 2) терміну окупності капітальних витрат $T_{\text{эк}}$.

Коефіцієнт ефективності капітальних витрат показує, скільки гривень додаткової економії приносить одна гривна капітальних витрат :

$$E_p = \frac{P_{\text{эк}}}{K}, \quad (4.19)$$

де D_0 - капітальні витрати на придбання і впровадження системи видаленого контролю;

$P_{\text{эк}}$ - річна економія.

$$E_p = 593\,409,9 / 69\,726,96 = 8,51 \text{ (долі одиниць)}.$$

Таким чином, коефіцієнт ефективності капітальних витрат складе 8,51.

Термін окупності капітальних витрат на придбання і впровадження проекту за рахунок загальної економії розраховується по формулі:

$$T_{\text{эк}} = \frac{K}{P_{\text{эк}}}, \quad (4.20)$$

$$T_{\text{эк}} = 69\,726,96 / 593\,409,9 = 0,12.$$

Таким чином, термін окупності капітальних витрат складе 0,12 року.

Фінансово-економічні показники, що характеризують ефективність створення і використання розробленого проекту відображені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Фінансово-економічні показники використання системи, що розробляється

Найменування	Одиниця виміру	Значення показника
Капітальні витрати на придбання і впровадження системи	грн	69 726,96
Річні поточні витрати, пов'язані з використанням системи	грн	126 590,1
Річна економія від впровадження системи	грн	593 409,9
Коефіцієнт ефективності	долі од.	8,51
Розрахунковий термін окупності капітальних витрат	років	0,12

4.4 Висновок

У цьому розділі роботи були розраховані економічні показники, які показують економічну доцільність системи, що розробляється.

Аналізуючи економічні показники, бачимо, що капітальні витрати становлять 69,7тис.грн. Впровадження нового обладнання комп'ютерної системи та його експлуатація є економічно обґрунтованим та необхідними.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Небезпечні та шкідливі виробничі чинники

У кваліфікаційній роботі бакалавра розробляється комп'ютерна система автоматизації верстатом різання металу.

Основні небезпечні та шкідливі виробничі чинники, які можуть впливати на працівника [20-22]:

- конструктивні недоліки устаткування, пристосування;
- захащення робочих місць готовими виробами, інструментом, матеріалами;
- відсутність спеціальних пристроїв, інструменту та обладнання;
- підвищена температура поверхні обладнання, матеріалів;
- підвищений рівень шуму, вібрації на робочому місці;
- незахищені струмопровідні частини електрообладнання;
- недостатня освітленість робочої зони.

До роботи на металорізальних верстатах допускають осіб, не молодших 18 років, які мають відповідну кваліфікацію, пройшли медичний огляд, вступний інструктаж з охорони праці та інструктаж з охорони праці на робочому місці. Перед тим, як працівника допустять до самостійної роботи, він має пройти стажування на робочому місці. Працівника допускають до самостійної роботи при позитивних результатах стажування, перевірки вміння та навичок безпечного виконання робіт.

Працівник зобов'язаний дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку та здоров'я довколишніх під час будь-яких робіт чи коли перебуває на території Підприємства[10].

Працівник повинен[10]:

- виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
- виконувати лише ту роботу, яку доручив йому керівник та з якої він пройшов інструктаж;
- не виконувати вказівок, які суперечать правилам охорони праці та пожежної безпеки;

- не допускати присутності на своєму робочому місці сторонніх осіб;
- постійно пам'ятати про особисту відповідальність за дотримання правил охорони праці, пожежної безпеки;
- знати, де зберігають медичну аптечку, та вміти надавати потерпілому домедичну допомогу при нещасному випадку;
- знати розташування первинних засобів пожежогасіння та вміти ними користуватися;
- користуватися за призначенням спецодягом та іншими засобами індивідуального захисту;
- виконувати вимоги технологічного процесу;
- не вмикати, не зупиняти (крім аварійних випадків) машини, верстати та механізми, до роботи на яких не допущений;
- знати та виконувати вимоги інструкції (настанови) з експлуатації металорізального верстата.

5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Верстати повинні бути повністю справними та мати надійно закріплені огорожі й захисні пристрої. Під час експлуатації металорізальних верстатів користуватися інструкцією з експлуатації (паспортом, настановою) заводу-виробника. Корпуси електродвигунів, металеві частини, які закривають електроапаратуру, мають містити захисне заземлення. Верстати, ножиці тощо забезпечити спеціальними пристроями, які надійно захищатимуть працівника та довколишніх від стружки, іскор, зламаного інструменту і бризок охолоджувальної рідини [37-40].

Верстати мають бути справними та забезпеченими достатнім освітленням, а також повинні приводити у дію та обслуговувати тільки ті особи, які мають право виконувати роботу на них.

Різальне полотно стрічково-відрізних верстатів має бути огороженим по всій довжині, крім ділянки у зоні різання. Шківи стрічково-відрізного полотна мають бути огороженими по колу та з боків. Стрічково-відрізні верстати необхідно оснастити захисним пристроєм, який запобігає травмуванню

працівника різальним полотном у разі його розривання. Верстати повинні мати пристрої для підтримування матеріалу, від якого відрізуються заготовки, та відрізаних заготовок, щоб запобігати їх падінню з верстатів. Передня частина пиляльної рами ножівкової пилки верстата не має виходити за торець рукава верстата.

Огородження приводних і натяжних барабанів стрічкових конвеєрів мають перекривати з торців барабани та ділянки стрічки, що накручується на барабан, по довжині не менше $R + 1$ м від лінії дотику барабана зі стрічкою.

Захисні огороження небезпечних зон обладнання повинні мати надійне кріплення, легко відкриватися і надійно закриватися. До них є такі вимоги: забезпечувати надійний захист від дії небезпечних факторів; не ускладнювати спостереження за роботою механізмів; не перешкоджати виробничому процесу;

- не підвищувати шум і вібрацію;
- бути простими у виготовленні та в експлуатаванні; відповідати вимогам технічної естетики.

За державними стандартами захисні огороження мають бути жовтого кольору. На зовнішній бік огороження наносять або прикріплюють попереджувальний знак (знак безпеки). Огороження мають бути зручні для встановлення та демонтажування.

Гільйотинні ножиці для різання листового металу необхідно оснастити:

- запобіжними пристроями, заблокованими з пусковими механізмами, щоб унеможливити потрапляння пальців рук працівника під ножі та притискачі;
- столом, установленим на рівні нерухомого ножа;
- напрямною та запобіжною лінійками;
- регульованими упорами для обмеження подавання листа, що розрізується;
- механічними або гідравлічними притискачами для фіксації металу, що розрізується;
- роз'єднувальними пристроями, що запираються для вимикання електродвигуна під час простоювання або перерви у роботі;

- закритими по околу спеціальними огороженнями для запобігання доступу до циліндричних притискачів, установлених перед огорожувальним (захисним) пристроєм зони ножів.

Ручні махові ножиці необхідно обладнати:

- притискачами на верхньому рухомому ножі;
- амортизатором для пом'якшення удару ножотримача;
- противагою для утримування верхнього рухомого ножа.

Заборонено експлуатувати ножиці за наявності ум'ятини, щербини, тріщини в будь-якій частині ножа, притуплення різальної крайки ножа і збільшення зазору між різальними крайками вище допустимої величини. Під час оброблення на круглих і стрічкових пилках дрібних предметів мають бути вбудовані особливі подавальні та утримувальні пристрої, які запобігають травмуванню працівника. Працівників забезпечують необхідними засобами і відповідними інструментами (гачки, совки, щітки тощо) для прибирання стружки, обрізків та інших відходів на робочих місцях. Прибирати стружку руками або стисненим повітрям не дозволяється. Окрім того, ремонтувати верстати мають спеціально призначені особи.

Біля кожного верстата необхідно:

- встановити дерев'яні трапи на всю довжину робочої зони і шириною не менше ніж 0,6 м від частин верстата, що виступають;
- вивісити список працівників, які мають право виконувати роботу на ньому, а також табличку із зазначенням посадової особи, яка відповідає за утримання у справному стані верстатного обладнання та за його безпечну експлуатацію.

Видалення стружки з поверхонь верстатів вручну повинно виконуватися при зупиненому ріжучому інструменті за допомогою щіток і гачків у захисних окулярах (п.1.14 розділу IV НПАОП 0.00-1.68-13). Стружка повинна збиратися у спеціальні ящики та у міру їх заповнення видалятися з приміщення. У разі наявності поруч з місцем використання верстата інших робочих місць або проходів задля забезпечення безпеки оточуючих використовуються захисні екрани (ширми, щити) висотою не менше 1,8 м. На робочому місці біля верстата

на підлозі повинен бути дерев'яний трап шириною не менше 0,6 м на всю довжину робочої зони.

Періодичність випробування виробничого електрообладнання, зокрема верстатів, визначається умовами його експлуатації та системою технічного обслуговування і ремонту на підприємстві. Зі статті ви дізнаєтеся, які існують вимоги до періодичності випробування ізоляції електрообладнання верстатів та які нормативні акти регулюють ці питання. Загальні вимоги експлуатації та випробування електрообладнання засобів виробництва визначають: Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів, затверджені наказом Мінпаливенерго від 25.07.2006 № 258 (далі — ПТЕЕС); розділ 19 «Випробування та перевіряння» ДСТУ EN 60204-1:2004 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги» (згідно з додатком А поширюється на металообробні та деревообробні верстати).

Періодичність випробування опору ізоляції силової електропроводки (зокрема верстатів) визначає п. 5 таблиці 48 додатка 2 до ПТЕЕС, відповідно до якого опір силової електропроводки слід вимірювати: в особливо небезпечних приміщеннях — 1 раз на рік; у приміщеннях з масовим перебуванням людей, у вибухонебезпечних та пожежонебезпечних зонах — 1 раз на 2 роки; в інших приміщеннях (крім житлових будинків) — 1 раз на 6 років.

Крім того, електродвигуни відповідальних механізмів та тих, що експлуатуються в особливо небезпечних приміщеннях та приміщеннях з підвищеною небезпекою, слід випробовувати 1 раз на 2 роки (п. 5.18, 5.19 розділу VII; таблиці 22, 23, примітки додатка 1 до ПТЕЕС).

На підприємстві з періодичністю 1 раз на 3 роки проводять опосвідчення стану безпеки електроустановок споживачів (п. 8.2 Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів, затверджених наказом Мінпраці від 09.01.1998 № 4; НПАОП 40.1-1.28-98).

Загальні вимоги безпеки, які пред'являються до металообробних верстатів, визначені державним стандартом, а додаткові вимоги, викликані особливостями їх конструкції та умов експлуатації, вказуються в нормативно-технічній документації на верстати. Захисні пристрої, огорожувальні зону обробки,

повинні захищати працюючого від стружки і змащувальна-охолоджувальної рідини (ЗОР). Конструкція захисних пристроїв не повинна обмежувати технологічних можливостей верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, а при відкриванні — не забруднювати підлогу змащувальна-охолоджувальною рідиною. У всіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкривання.

Автомати та напівавтомати обладнають автоматичним блокуванням, що не допускає включення робочого циклу при відкритому захисному кожусі, якщо це може призвести до травмування. Поверхні захисних кожухів, як і самих верстатів, органів управління, верстатних приладдя і пристосувань, не повинні мати гострих країв і задирок, які можуть травмувати працюючого.

В універсальних токарних і токарно-револьверних верстатах, призначених для обробки заготовок діаметром до 500 мм, час зупинки шпинделя з патроном (без закріпленої заготовки) після виключення не повинен перевищувати 5 с, а у верстатах для обробки заготовок діаметром до 630 мм - 10 с. Цей час для свердлильних верстатів не повинен перевищувати 3 с, для розточних верстатів - 6 с, для універсально-фрезерних - 5 с.

В зубообробних верстатах автоматичне вимкнення руху інструменту та елементів кінематичного ланцюга по закінченні циклу обробки заготовки має відбуватися за час не більше: для зубошевінговальних, зубохонінгувальних і зубонакатних верстатів – 5 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють конусним, профільним, абразивним кругом, - 30 с; для зубошліфувальних верстатів, що працюють черв'ячним кругом - 40 с.

Складальні одиниці і деталі масою більше 16 кг повинні мати спеціальні пристрої у вигляді припливів, отворів, рим-болтів і т. д., призначені для безпечного підйому і переміщення їх під час монтажу, демонтажу та ремонту обладнання.

На верстатах або автоматичних лініях для установки заготовок масою більше 8 кг, а також інструментів та пристосувань масою більше 20 кг встановлюють підйомні пристрої індивідуального типу. Підйомний пристрій повинен утримувати вантаж в будь-якому положенні, навіть у разі несподіваного

припинення подачі електроенергії, масла, повітря. Для установки заготовок масою більше 250 кг належить використовувати внутріцехові підйомні засоби.

До окремих верстатів стандартом обумовлені додаткові вимоги безпеки.

Для токарних верстатів товщина матеріалу захисного пристрою збільшується не менш ніж у два рази при обробці заготовки зі швидкістю різання більш 5 м/с. Оглядові вікна в захисних пристроях (екранах) повинні виготовлятися з прозорого спеціального матеріалу в кілька шарів загальною товщиною не менше 10 мм.

Пруткові токарні автомати і пруткові револьверні верстати слід по всій довжині прутків оснащати огороженнями, що мають шумопоглинаючі пристрої.

Поздовжньо-стругальні верстати повинні мати гальмові й пружно-обмежувальні пристрої, що запобігають небезпеці при викиді столу, в разі виходу його із зачеплення з приводним елементом.

В абразивно-відрізних верстатах необхідно передбачати можливість приєднання до них індивідуальних відсмоктуючих пристроїв для видалення продуктів різання з робочої зони.

Шліфувальні верстати повинні мати підвищену надійність кріплення захисного кожуха, що забезпечує утримання його на місці в разі розриву круга. Круглошліфувальні верстати, що працюють зі швидкістю круга 60 м/с і вище, повинні мати зону обробки (звернену до працівника), повністю закриту захисним пристроєм. Захисний кожух і його оглядове вікно обладнуються відповідно до вимог до швидкісного різання.

Стрічкові пилки для різання металу огорожують так, щоб відкритою залишалася тільки робоча частина пилки. Огорожа огинає шків, по яких проходить стрічка, при цьому шків додатково огорожують з бічних сторін.

У верстатів стругального типу огорожуються зони руху стола або повзуна, що виходять за габарити верстата. Огороження може бути виконане у вигляді бар'єру або іншого пристрою, що перегороджує доступу працюючих в цю зону.

Для швидкохідних поздовжньо-стругальних верстатів обов'язкові гальмуючі і обмежуючі рух столу пристрої для запобігання викиду столу (платформи) при виході його з зачеплення. Механізми подачі, реверсивний механізм для зміни ходу, проміжки між стійками і столом огорожують щитами.

При різанні листового металу на гільйотинних ножицях можливе попадання рук робітника між ріжучими кромками. Щоб уникнути цього, нижню кромку ножиць з'єднують зі столом і нерухомою запобіжною лінійкою, що не допускає потрапляння пальців працюючого під ніж і притискний пристрій. Конструкція ножиць така, що виключена можливість самовільного опускання верхнього ножа.

При різанні заготовок на стрічкових і круглих пилах необхідно використовувати пристосування, що усувають можливість ушкодження пальців робітника.

На верстатах свердлильного типу оброблювані вироби встановлюють і закріплюють в лещатах, кондукторах та інших пристосуваннях, надійно укріплених на столі або плиті верстата. Механізм кріплення патронів повинен забезпечувати надійний затиск і точне центрування інструменту.

Автоматична лінія по механічній обробці виробів складається з окремих, взаємно пов'язаних верстатів-автоматів.

Управління автоматичною лінією здійснюється з центрального пульта, що забезпечує роботу у налагоджувальному і автоматичному режимах. При цьому система автоматичного управління повинна виключати можливість самопереключення лінії з налагоджувального режиму на автоматичний. При роботі на налагоджувальному режимі всі верстати і агрегати автоматичної лінії мають самостійні органи управління для їх пуску і зупину.

Обов'язково повинні бути передбачені сигнальні пристрої про включення лінії на налагоджувальний або автоматичний режим.

Необхідно також, щоб всі верстати і агрегати автоматичної лінії (як на автоматичному, так і на налагоджувальному режимах) щоб уникнути аварій, працювали в послідовності, встановленій технологічним процесом, і мали справну систему блокування для дотримання цієї послідовності.

Рухомі частини верстатів, агрегатів та інших пристроїв автоматичної лінії, а також інструмент і оброблюваний виріб, огорожують надійними кожухами, що виключають можливість доступу робочого до небезпечної зони під час роботи лінії.

Видалення стружки від місця її утворення за межі автоматичної лінії повинно відбуватися автоматично, наприклад змив її рідиною, використання скребкових конвеєрів, вакуумних пристроїв і т. п. Контроль виробів під час роботи лінії на автоматичному режимі повинен здійснюватися тільки за допомогою контрольних приладів на лінії.

5.3 Висновки по розділу

У 5 розділі кваліфікаційної роботи розглянуті питання охорони праці, ули визначені заходи щодо захисту співробітників від ситуацій, які б зашкодили їх життю або здоров'ю.

ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена актуальній задачі удосконалення автоматизованої системи управління машиною плазмового різання «Кристал» має забезпечувати переміщення робочих органів машини по необхідній траєкторії і відповідно до карти розкрою, а також реалізувати необхідні алгоритми управління технологічним оснащенням машини в процесі виконання розкрою.

За результатами аналізу технологічного процесу, структури об'єкта керування та вимог до його функціонування сформовані вимоги до апаратного забезпечення системи керування її функціонування та програмного забезпечення.

Розроблено структурну схему системи керування на підставі котрої з урахуванням вимог технологічного процесу обрані датчики та виконавчі пристрої системи керування. За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій керування VIPA та його модулі.

Розроблені схема автоматизації та схема принципова системи керування. Розроблена функціональна і електрична схема для промислового контролера VIPA. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

Результатом дослідження є макромодель крокового двигуна, яка призначена для дослідження автоматизованих систем позиціонування в середовищі програм Matcad на верхньому рівні абстракції.

Завдяки високій економічності та надійності, вона дозволяє знизити ризик появи алгоритмічних збоїв при симуляції.

Перевагою моделі є також її універсальність, оскільки вона придатна для моделювання уніполярних та біполярних двигунів. Алгоритм її параметризації на основі емпіричних даних дуже простий.

Використання розробленої моделі дозволяє значно прискорити модельний експеримент при проектуванні мехатронних систем позиціювання та забезпечити робастність симуляції. Використаний при моделінгу КД новий підхід можна застосовувати при дослідженні подібних САУ.

Кваліфікаційну роботу виконано повністю відповідно до теми і завдання, оформлено відповідно до нормативних документів і методичних рекомендацій.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rBf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с.
5. Ланчинський, В.Г. Автоматизація повітряно-плазмової установки, [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/73972/1/Lanchunskuy_Bachelous_paper.pdf;jsessionid=DFF164888D3B567878EDE117ABC2A397
6. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://darxton.ru/wiki-article/shagovye-dvigateli-printsip-raboty-i-upravlenie/>
7. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://epa.kpi.ua/wp-content/uploads/2018/12/Dolhanov_b_int.pdf

8. Приборостроение [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/2827691/page:10/>.
9. Румбешта В.О. Курс лекцій по курсу: «Системи керування якістю виготовлення виробів» / В.О. Румбешта – НТУУ «КПІ», 2000. – 85с.
10. Адаптивная система управления / В.А. Остафьев, Г.С. Тымчик, В.В.
11. Шевченко // Механизация и автоматизация управления. – 1983. – № 1. – С. 18-20.
12. Ларшин В.П. Интегрированные технологические системы в машиностроении / В.П. Ларшин // Тр. Одес. политехн. ун-та. - 1999. - Вып.3(9). - С.55-58.
13. Рыбалко А. П. Системы технологической диагностики и адаптивного управления для станков с ЧПУ / А. П. Рыбалко, Н. В. Лищенко, В. П. Ларшин. // Високі технології в машинобудуванні. – 2015. – №1. – С. 150–161.
14. Системы адаптивного управления (САУ) станками. Сущность систем адаптивного управления, применяемых на станках [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://delta-grup.ru/bibliot/7k/47.htm>.
15. Системы адаптивного управления [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/2663775/page:34/>.
16. Адаптивные системы автоматического управления [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://poznayka.org/s75157t1.html>.
17. Влацкая И. В. Адаптивная система управления технологическим процессом обработки деталей на оборудовании с ЧПУ / И. В. Влацкая, С. И. Сормов. // Вестник ОГУ. – 2005. – №12. – С. 237–242.
18. Балакшин Б.С. Необходимость оборудования программных станков системами адаптивного управления / Б.С. Балакшин // Станки и инструмент. - 1973. - №3.- С. 4-6.
19. Джерело живлення 24В 12.5А 300Вт IP20 223*65*40 JLV-24300KS ТМ Jinbo [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://220-v.com.ua/dzherelo-zhivlennia-24v-12-5a-300vt-ip20-2236540-jlv-24300ks-tm-jinbo/>

20. Виробництво з використанням алюмінієвих і титанових сплавів: Правила охорони праці під час оброблення і використання алюмінієвих і титанових сплавів (НПАОП 28.0-1.36-14)
21. Метизне виробництво — Правила охорони праці у метизному виробництві (НПАОП 28.0-1.03-08);
22. Підприємства будівництва та житлово-комунального господарства — розділ 2.2, 2.3 Правил охорони праці під час будівництва та ремонту об'єктів житлово-комунального господарства (НПАОП 45.2-1.02-90).
23. ДСТУ 2752-94 «Устаткування метало- та деревообробне. Верстати металорізальні. Вимоги безпеки»;
24. ДСТУ 2754-94 «Устаткування метало- та деревообробне. Верстати металорізальні. Методи оцінювання безпеки»;
25. ДСТУ 2807-94 «Устаткування метало- і деревообробне. Загальні вимоги безпеки і методи випробувань»;
26. ДСТУ EN 13898:2010 «Верстати. Металообробчі верстати для пиляння холодного металу. Вимоги щодо безпеки»;
27. ДСТУ EN 13788:2008 «Металообробні верстати. Безпека. Верстати токарні багатошпиндельні автоматичні»;
28. ДСТУ ГОСТ EN 12478:2008 «Безпечність металооброблювальних верстатів. Верстати великі токарні з програмним керуванням і великі токарні оброблювальні центри»;
29. ДСТУ EN 13128:2014 Безпечність металооброблювальних верстатів. Верстати фрезерні (зокрема розточувальні)».
30. ДСТУ EN 953:2014 «Безпечність машин. Огорожі. Загальні вимоги до розроблення і конструювання нерухомих та рухомих огорож»;
31. ДСТУ EN ISO 14119:2014 «Безпечність машин. Блокувальні пристрої, з'єднані з огорожами.
32. ДСТУ EN 294-2001 «Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання досягненню рук небезпечних зон»;
33. ДСТУ EN 811-2003 «Безпечність машин. Безпечні відстані для запобігання досягненню ніг небезпечних зон»;

34. ДСТУ EN 1005-2:2014 «Безпечність машин. Фізичні можливості людини. Частина 2. Ручне переміщення машин та їхніх складових частин»;
35. ДСТУ EN 1005-3:2014 «Безпечність машин. Фізичні можливості людини. Частина 3. Рекомендовані обмеження зусиль під час роботи з машинами»;
36. ДСТУ EN 954-1:2003 «Безпечність машин. Елементи безпечності систем керування. Частина 1. Загальні принципи проектування»;
37. ДСТУ EN 981:2014 «Безпечність машин. Система звукових і візуальних сигналів небезпеки та попередження».
38. ДСТУ EN 60204-1:2015 «Безпечність машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги».

ДОДАТОК А

Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	KIBС.KBP.151.17.14.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	KIBС.KBP.151.17.14.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	KIBС.KBP.151.17.14.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	KIBС.KBP.151.17.14.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	KIBС.KBP.151.17.14.Д	Презентація		Д		
16							
17		KIBС.KBP.151.17.14.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	KIBС.KBP.151.17.14.ТП		
Зм.	Арк.	№ докум.			Літ.	Аркуш	Аркушів
Розробив		Реутов		25.05.21		1	1
П. конс.					Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-17-1		
Н. контр.							
					Відомість проекту		

ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

ВІДГУК

**на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління верстатом різання металу», студента гр. 151-17-1 Реутов
Микита Максимович**

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки студента за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано повністю відповідно до вимог стандартів та методичних рекомендацій.

Кваліфікаційна робота присвячена актуальній задачі удосконалення автоматизованої системи управління машиною плазмового різання «Кристал» має забезпечувати переміщення робочих органів машини по необхідній траєкторії і відповідно до карти розкрою, а також реалізувати необхідні алгоритми управління технологічним оснащенням машини в процесі виконання розкрою.

Розроблені схема автоматизації та схема принципова системи керування. Розроблена функціональна і електрична схема для промислового контролера VIPA 321 – 1BH70 з модулем дискретного виведення VIPA 322 – 1BF01. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

Результатом дослідження є макромодель крокового двигуна, яка призначена для дослідження автоматизованих систем позиціонування в середовищі програм Matcad на верхньому рівні абстракції. Завдяки високій економічності та надійності, вона дозволяє знизити ризик появи алгоритмічних збоїв при симуляції.

Перевагою моделі є також її універсальність, оскільки вона придатна для моделювання уніполярних та біполярних двигунів. Алгоритм її параметризації на основі емпіричних даних дуже простий.

Використання розробленої моделі дозволяє значно прискорити модельний експеримент при проектуванні мехатронних систем позиціонування та забезпечити

робастність симуляції. Використаний при моделінгу КД новий підхід можна застосовувати при дослідженні подібних САУ.

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані. Тема кваліфікаційної роботи безпосередньо пов'язана з професійною діяльністю фахівця спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані. ПЗ і графічна частина кваліфікаційної роботи виконана відповідно до вимог ГОСТ і ЕСКД, зауважень до проекту немає.

При виконанні кваліфікаційної роботи і ухваленні рішень проявлена висока міра самостійності, технічної грамотності.

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «_____».

Кваліфікаційна робота в цілому заслуговує оцінку «_____», а студент привласнення освітнього рівня «бакалавр» в галузі знань 15 Автоматизація та приладобудування.

Керівник кваліфікаційної роботи, _____ ст. викл. Надточий В.В.
___.06.2021

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесу управління верстатом різання металу», студента гр. 151-17-1 Реутов Микита Максимович

Завдання і зміст кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра відповідає основній меті – перевірці знань та ступеню підготовки здобувача вищої освіти за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”. Оформлення пояснювальної записки та графічних матеріалів кваліфікаційної роботи виконано відповідно повністю до вимог стандартів та методичних рекомендацій.

Метою є розробка підсистеми автоматичного управління переміщення рухомої частини по координатам X та Y, на якому закріплена система подачі ріжучої суміші.

Кваліфікаційна робота присвячена актуальній задачі удосконалення автоматизованої системи управління машиною плазмового різання «Кристал» має забезпечувати переміщення робочих органів машини по необхідній траєкторії і відповідно до карти розкрою, а також реалізувати необхідні алгоритми управління технологічним оснащенням машини в процесі виконання розкрою.

За результатами аналізу вимог до функціонування системи керування, датчиків та виконавчих пристроїв обрано пристрій ПЛК та його модулі. На підставі обраного апаратного забезпечення розроблено функціональну схему автоматизації системи керування та схему електричну принципову системи керування.

Результатом дослідження є макромодель крокового двигуна, яка призначена для дослідження автоматизованих систем позиціонування в середовищі програм Matcad на верхньому рівні абстракції. Завдяки високій економічності та надійності, вона дозволяє знизити ризик появи алгоритмічних збоїв при симуляції. Перевагою моделі є також її універсальність, оскільки вона придатна для моделювання уніполярних та біполярних двигунів. Алгоритм її параметризації на основі емпіричних даних дуже простий.

В цілому кваліфікаційна робота ступеню бакалавра заслуговує оцінки “_____” балів при відповідному захисті, а здобувач Реутов М.М. присвоєння кваліфікації “бакалавр” за спеціальністю “151 Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”.

Рецензент,
_____.06.2021
