

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. Кафедри

_____Довбиш А.С.

_____2018 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

Система числового програмного керування фрезерно-гравірувальним верстатом

Керівник проекту:

к. ф.-м. наук, доцент

Павлов А.В.

Дипломник:

студент групи СУ-41

Левковський О.В.

Суми - 2018

Ном.поз	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ екз.	Примітки
			<u>Документація загальна</u>			
			<u>Застосована</u>			
1	A4		Завдання кафедри	2		
			<u>Новозроблена</u>			
2	A4	ТЗ	Технічне завдання	3		
3	A4		Реферат	1		
4	A4	СУ 41 6.050201 ПЗ	Пояснювальна записка	64		
			<u>Документація конструкторська</u>			
			<u>Новозроблена</u>			
5	A3	СУ-41. 6.050201 А2	Функціональна схема автоматизації системи числового програмного управління фрезерно-гравірувальним верстатом	1		
6	A3	СУ-41. 6.050201 Е3	Електрична принципова схема системи числового програмного управління фрезерно-гравірувальним верстатом	1		
7	A4	СУ-41. 6.050201 ПЕ	Перелік елементів до електричної принципової схема системи числового програмного управління фрезерно-гравірувальним верстатом	1		

					<i>СУ-41.6.050201.ДП</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
Розроб.		Левковський О.В.			<i>Система числового програмного керування фрезерно-гравірувальним верстатом. Відомість проекту</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
Провер.		Павлов А.В.					1	2
Реценз.						<i>СумДУ СУ-41</i>		
Н. Контр.								
Утверд.								

9	A3	СУ-41. 6.050201 А2	Функціональна схема автоматизації підсистеми підтримка оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ	1		
10	A3	СУ-41. 6.050201 Е3	Електрична принципова схема підсистеми підтримка оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ	1		
11	A4	СУ-41. 6.050201 ПЕ	Перелік елементів до електричної принципової схема підсистеми підтримка оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ	1		
12	A4		Рекомендації щодо роботи з середовищем МАСНЗ	6		
13	A4		Опис портів плати керування	1		
14	A4		Габаритні розміри крокових двигунів	1		
15	A4		Конструктив верстата з ЧПУ	1		
16	A4		Матеріальні потоки верстата з ЧПУ	1		

					<i>СУ-41.6.050201.ДП</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		2

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри

_____ Довбиш А.С.
_____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Левковському Олександровичу

1. Тема проекту: Система числового програмного керування фрезерно-гравірувальним верстатом.
2. Затверджено наказом ректора університету. № 1019.ІІІ від “29” травня 2018р.
3. Термін здавання студентом закінченого проекту “01” червня 2018р.
4. Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація та перелік літературних джерел з матеріалами опису і автоматизації технологічного процесу відповідної установки.
5. Зміст пояснювальної записки: загальні відомості про верстати з ЧПУ: історія розвитку систем з числовим програмним керуванням, види систем керувань, опис контурів керування верстатом, принцип роботи верстата; вибір конструктиву верстата: розробка корпусу, розробка механіки, створення тривимірної моделі; вибір апаратного забезпечення для системи керування; розробка підсистеми для підвищення надійності роботи верстата: оцінка факторів, які можуть призвести до виходу з ладу основних механізмів, розробка контурів захисту основних механізмів, створення алгоритму для підсистеми, вибір мікропроцесорного засобу для створення підсистеми, написання програми на мовах MEK 611-31-3, вибір

апаратного забезпечення підсистеми; вибір програмного забезпечення для роботи з верстатом; створення схем: електричних, схем підключення, розробка функціональної схеми автоматизації системи та підсистеми; створення кошторису елементів верстата; охорона праці: аналіз небезпечних та шкідливих факторів для оператора, заходи щодо попередження шкідливих або небезпечних факторів.

6. Перелік графічних матеріалів: 33 рисунки, 10 таблиць, 6 додатків.

7. Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	18.01.2018 – 20.02.2018
2	Розгляд систем з числовим програмним керуванням.	21.02.2018 – 01.03.2018
3	Створення фрезерно-гравірувального верстата з ЧПУ.	02.03.2018 – 25.03.2018
4	Розробка підсистеми підтримки оптимальних параметрів роботи верстата з ЧПУ.	26.03.2018 – 05.04.2018
5	Розроблення основних схем автоматизації.	06.04.2018 – 24.05.2018
6	Проведення кошторису та розгляд питань щодо охорони праці.	25.05.2018 – 28.05.2018
7	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації.	01.06.2018

8. Дата видачі завдання " 18 " січня 2018 р.

Керівник проекту:

К.ф.-м.н., доцент

Павлов А.В.

До виконання прийняв:

студент-дипломник

групи СУ-41

Левковський О.В.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування системи числового програмного керування фрезерно-гравірувальним
верстатом

Розробник:

студент гр. СУ-41

Левковський О.В.

Погоджено:

керівник проекту

к.ф.-м.н, доцент

Павлов А.В.

1. *Назва і галузь застосування* система числового програмного керування фрезерно-гравірувальним верстатом; мала автоматизація та виробництво.

2. *Підстави для проектування*: Наказ ректора Сумського державного університету № 1019.ІІІ від 29.05.2018;

3. *Мета і призначення проекту*: Проаналізувати існуючі системи автоматизації та розробити основні схеми автоматизації; Створити фрезерно-гравірувальний верстат з числовим програмним керуванням;

4. *Джерела розроблення*: конструкторська документація отримана під час проходження виробничої практики, результати аналізу систем з числовим програмним управлінням.

5. *Режими роботи об'єкта*: автоматизована обробка матеріалу та виготовлення виробів.

6. *Умови експлуатації СК*: живлення основного комп'ютера від однофазної фазної мережі змінного струму: напруга – 220 В; частота – 50 Гц; живлення блоку живлення для верстата: напруга – 220В; частота – 50 Гц; живлення плати керування, контролеру та драйверів крокових двигунів – 5 В постійного струму, живлення крокових двигунів – 36 В постійного струму, живлення шпинделя 100 В постійного струму. Ступінь захисту складових частин обладнання автоматизації від дії навколишнього середовища не нижче ІР41.

7. *Технічні вимоги*: ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 2.702 – 75 Правила виконання схем; ДСТУ 2.709 – 89 Умовні позначення контактних з'єднань електричних елементів, обладнання і частин кіл в електричних схемах; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

8. *Економічні показники*: кошторис елементів відповідного станку з описом вартості відповідних комплектуючих для системи керування, а також для підсистеми підтримки оптимальних параметрів робот верстата з ЧПУ.

9. Стадії та етапи проектування:

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Термін виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Складання технічного завдання. Підбір та аналіз літератури і першоджерел.	18.01.2018 – 20.02.2018
2	Розгляд систем з числовим програмним керуванням.	21.02.2018 – 01.03.2018
3	Створення фрезерно-гравірувального верстата з ЧПУ.	02.03.2018 – 25.03.2018
4	Розробка підсистеми підтримки оптимальних параметрів роботи верстата з ЧПУ.	26.03.2018 – 05.04.2018
5	Розроблення основних схем автоматизації.	06.04.2018 – 24.05.2018
6	Проведення кошторису та розгляд питань щодо охорони праці.	25.05.2018 – 28.05.2018
7	Оформлення дипломного проекту та супровідної документації.	01.06.2018

10. Додатки: Додаток А: Конструкторська документація; Додаток Б: Рекомендації щодо роботи з середовищем МАСНЗ.; Додаток В: Опис портів плати керування.; Додаток Г: Габаритні розміри крокових двигунів. Додаток Д: Конструктив верстата з ЧПУ.; Додаток Е: Матеріальні потоки верстата з ЧПУ.

РЕФЕРАТ

Левковський Олександр Вікторович. Система числового програмного керування фрезерно-гравірувальним верстатом. Дипломний проект. Сумський державний університет. Суми, 2018 р.

Проект містить : 64 сторінок, 33 рисунки, 10 таблиць, 6 додатків, 4 схеми, 2 специфікації. При виконанні дипломного проекту було використано 35 літературних джерел.

Досліджено систему числового програмного керування фрезерно-гравірувальним верстатом, а також розроблено конструктив верстату. Розроблено технічне завдання. Розроблена підсистема підтримки оптимальних робочих параметрів верстата з числовим програмним управлінням. Обране програмне забезпечення для роботи верстата, а також розроблена програма для роботи підсистеми. Розраховані економічні витрати даного проекту. В ході проекту був розроблений верстат з ЧПУ призначений для використання в невеликих домашніх майстернях, який відрізняється своєю простотою реалізації, невеликою ціною, а також достатньою точністю і надійністю.

Ключові слова: система керування, підсистеми підтримки оптимальних робочих параметрів верстата, верстат з ЧПУ, верстат, підсистем.

ABSTRACT

Oleksandr V. Levkovskyi. The system of computer numerical control for the milling-engraving machine. Graduation project. Sumy State University. Sumy, 2018.

The project consists of 64 pages, 33 drawings, 10 tables, 6 applications, 4 charts, 2 specifications. 35 references were used in carrying out the diploma project.

The system of numerical software control of a milling-engraving machine was investigated, and the design of the machine was developed. A technical task has been developed. The subsystem of maintenance of optimum working parameters of the machine with numerical control is developed. Selected software for the machine, as well as a program for the subsystem. The economic costs of this project are calculated. During the project, a CNC machine was developed for use in small home workshops, which is characterized by its ease of implementation, low cost, and sufficient accuracy and reliability.

Keywords: control system, subsystem of maintenance of optimum working parameters of the machine, CNC machine, machine, subsystems.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

Система числового програмного керування фрезерно-гравірувальним верстатом

Керівник проекту:

к. ф.-м. наук, доцент

Павлов А.В.

Проектант:

студент групи СУ-41

Левковський О.В.

Суми - 2018

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	4
ВСТУП	5
1. ВЕРСТАТИ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ	6
1.1. Історія розвитку верстатів з ЧПУ	6
1.2. Актуальність використання верстатів з ЧПУ	7
1.3. Переваги та недоліки використання верстатів з ЧПУ	8
2. СИСТЕМА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАМНОГО УПРАВЛІННЯ ФРЕЗЕНО-ГРАВІРУВАЛЬНИМ ВЕРСТАТОМ.....	10
2.1. Контури керування верстатом.....	10
2.2. Робота верстата.....	11
2.3. Структурна схема системи	12
3. РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВУ ФРЕЗЕРНО-ГРАВІРУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА.....	14
3.1. Виконання корпусу верстата	14
3.2. Виконання механічної частини	15
4. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ	17
4.1. Плата керування	17
4.2. Крокові двигуни.....	20
4.3. Драйвери крокових двигунів	22
4.4. Блок живлення системи	26
4.5. Запобіжні кінцеві вимикачі	27
4.6. Шпиндель	29
5. ПІДСИСТЕМА ПІДТРИМКИ ОПТИМАЛЬНИХ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕРСТАТА.....	30
5.1. Контур захисту крокових двигунів від перегріву	31
5.2. Контур захисту драйверів крокових двигунів від перегріву.....	34
5.3. Контур підтримки оптимальної температури охолоджуючої рідини та контролю її кількості	35
5.4. Алгоритм функціонування підсистеми	37
6. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ОПТИМАЛЬНИХ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕРСТАТА.....	43
6.1. Давач температури	43
6.2. Осьовий вентилятор	44
6.3. Драйвер двигуна постійного струму.....	45

					<i>СУ-41 6.050201 ПЗ</i>			
зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Левковський О.В			<i>Система числового програмного керування фрезерно-гравірувальним верстатом</i>	Арк.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Павлов А.В.				1	2	64
Реценз.						<i>СумДУ СУ-41</i>		
Н. Контр.								
Затверд.								

6.4.	Мембранний насос для перекачки охолоджуючої рідини.....	47
6.5.	Твердотільне реле.....	47
6.6.	Давач рівня води.....	49
7.	ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОБОТИ З ВЕРСТАТОМ	50
7.1.	САD програма для створення 3D моделі виробу	50
7.2.	САM програма для створення G-коду фрезерування або гравірування.....	50
7.3.	Програмне забезпечення для керування процесом виготовлення виробу	51
8.	РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ТА КОМУТАЦІЯ АПАРАТНИХ СКЛАДОВИХ ВЕРСТАТУ МІЖ СОБОЮ.....	53
9.	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	58
10.	ОХОРОНА ПРАЦІ	59
10.1.	Аналіз небезпечних та шкідливих факторів для оператора верстата	59
10.2.	Заходи щодо попередження впливу відповідних небезпечних та шкідливих факторів для оператора.....	59
	ВИСНОВОКИ.....	61
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	62
	ДОДАТКИ.....	65

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

СУ – система управління
САУ – система автоматичного управління
ЧПУ – числове програмне управління
ГП – гвинтова передача
КД – кроковий двигун
ДКД – драйвер крокового двигуна
ШІМ(PWM) – широтно-імпульсна модуляція
ПЗ – програмне забезпечення
МД – модель деталі
КП – керуюча програма
ЗП – зчитуючий пристрій
СПП – систему підготовки програми
СТП – систему технологічної підготовки
Д – деталь
ВО – виконавчого органу
РМ – робочий механізми
ПЧПУ – пристрій з числове програмне управління
ПР – порівнюючий пристрій
ККД – коефіцієнт корисної дії

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

В даний час важко собі уявити виробництво без фрезерно-гравірувальних верстатів з ЧПУ.

Числове програмне управління (ЧПУ) — комп'ютеризована система керування, яка зчитує командні інструкції спеціалізованої мови програмування (наприклад, G-код) і керує двигунами для обробки різних матеріалів. [1]

Провідну позицію серед цих верстатів займають фрезерно-гравірувальні верстати з ЧПУ.

В наш час вони широко використовуються в різних сферах промисловості. Програмне управління отримало значного розмаху в ряді провідних галузей машинобудування, деревообробній промисловості, а також в комп'ютерній промисловості. Існує велика кількість підприємств, на яких працюють верстати з ЧПУ, що виконують велику кількість операції (токарних, свердлильних, фрезерних, шліфувальних та ін.).

Завданням дипломного проекту було розробити модель верстата з ЧПУ із доступних матеріалів, надійними та довговічними комплектуючими і в цей же час з доступним бюджетом.

Спочатку потрібно розробити конструктив верстата, після чого зробити креслення всіх деталей та розкрій для розпилу матеріалу. Далі потрібно підібрати відносно недорогі та якісні комплектуючі для високої точності та стабільної роботи верстата. Наступний пункт - це обрати програмне забезпечення для точного і безвідмовного керування верстатом з ЧПУ, а також для створення тривимірних моделей деталей і керуючих програм відповідних деталей.

Для більш надійної роботи верстата рекомендується розробити підсистему підтримки оптимальних робочих параметрів верстата. В першу вона потрібна для захисту основних робочих органів верстата від перегріву, а також для зменшення часу перебування оператора біля верстата.

Метою даного проекту створити верстат з ЧПУ, який би відрізнявся простотою, точністю, надійністю, а також низькою бюджетною реалізацією. І при цьому розробити систему підтримки оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ, для продовження його строку експлуатації шляхом захисту основних робочих органів.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ВЕРСТАТИ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ УПРАВЛІННЯМ

1.1. Історія розвитку верстатів з ЧПУ

Винахідником першого верстата з числовим (програмним) управлінням був Джон Персонс (John T. Parsons), що працював інженером в компанії свого батька Parsons Inc. Дана компанія в кінці Другої світової війни випускала пропелери для вертольотів. Джон вперше запропонував використовувати для обробки пропелерів верстат, що працює за програмою, що вводиться з перфокарт.

У 1949 році ВПС США профінансували «Parsons Inc» розробку верстата для контурного фрезерування складних за формою деталей авіаційної техніки. Однак компанія не змогла самостійно виконати роботи і звернулася за допомогою в лабораторію сервомеханіки Массачусетського технологічного інституту. Співпраця Parsons Inc з МІТ тривало до 1950 року. У 1950 році МІТ придбав компанію з виробництва фрезерних верстатів Hydro-Tel і відмовилася від співпраці з Parsons Inc, уклавши самостійний контракт з ВПС США на створення фрезерного верстата з програмним управлінням.

У вересні 1952 верстат був вперше продемонстрований публіці — про нього була надрукована стаття в журналі Scientific American. Верстат управлявся за допомогою перфострічки.

Перший верстат з ЧПУ був особливо складним і не міг бути використаний у виробничих умовах. Перший серійний пристрій ЧПУ був створений компанією Bendix Corp. в 1954 році і з 1955 року став встановлюватися на верстати. Широке впровадження верстатів з ЧПУ йшло повільно. Підприємці з недовірою ставилися до нової техніки. Міністерство оборони США змушене було на свої кошти виготовити 120 верстатів з ЧПУ, щоб передати їх в оренду приватним компаніям.

Першими вітчизняними верстатами з ЧПУ промислового застосування є токарно-гвинторізний верстат 1К62ПУ і прокатні 1541П. Ці верстати були створені в першій половині 1960-х років. Верстати працювали спільно з керуючими системами типу ПРС-ЗК та іншими. Потім були розроблені вертикально-фрезерні верстати з ЧПК 6Н13 з системою управління «Контур-ЗП». У наступні роки для токарних верстатів найбільшого поширення набули системи ЧПУ вітчизняного виробництва 2Р22 і Електроніка НЦ-31.

Системи типу NC (англ. Цифрове управління), що з'явилися першими, передбачали використання жорстко заданих схем управління обробкою — наприклад, завдання програми за допомогою штекерів або перемикачів, зберігання програм на зовнішніх

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

носіях. Будь-яких пристроїв оперативного зберігання даних, керуючих процесорів не передбачалося.

Більш сучасні системи ЧПУ, звані CNC (англ. Computer numerical control), — системи управління, що дозволяють використовувати для модифікації існуючих/написання нових програм програмні засоби. Базою для побудови ЧПК служать сучасний (мікро) контролер або (мікро) процесор:

- мікроконтролер,
- контролер з програмованої логікою,
- керуючий комп'ютер на базі мікропроцесора. [2]

1.2. Актуальність використання верстатів з ЧПУ

В наш час верстати з числовим програмним управлінням широко використовуються в різних сферах промисловості. Також випускаються верстати з ЧПУ, які можуть виконувати багато операцій і автоматично змінювати інструменти, а також концентрують на одному робочому місці ряд технологічних операцій. Також добре працюють автоматичні лінії, ділянки і цілі виробництва з ЧПУ, на яких застосовується централізоване управління на базі електронно-обчислювальних машин (ЕОМ).

Впровадження верстатів в різні галузі виробництва дозволяє здійснювати певну програму обробки в автоматичному чи напівавтоматичному режимі і створює умови для відносно простого і досить точного виконання переналагодження і підналагодження верстата за допомогою введення в нього заздалегідь розрахованої і записаної на будь-який носій інформації керуючу програму.

Регулюючи певні параметри є можливість вводу необхідних поправки для забезпечення більшої точності оброблюваної деталі. При цьому механізацією і автоматизацією також можуть бути охоплені зміна інструменту, зміна режимів різання і інші елементи обслуговування і управління верстатом. Таким чином, створення і широке впровадження верстатів з ЧПУ, в яких універсальність поєднується з автоматизацією, відкриває нові можливості для вдосконалення процесу обробки матеріалу.

На даний момент верстати з ЧПУ відрізняються своєю жорсткістю і надійністю, швидкодією робочих органів і точністю роботи. У них успішно використовуються електромеханічні та гідравлічні приводи. Ці верстати комплектуються складним оснащенням для автоматичної зміни інструменту і різними пристроями для індикації дій виконавчих органів, а також електромагнітними муфтами для перемикання швидкості а

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також кульковими гвинтовими парами, які в свою чергу збільшують точність обробки і надійність верстата.

При роботі на верстатах з ЧПУ необхідно звертати особливу увагу вибору і правильного використання ріжучого інструменту для обробки деталей. Впровадження цих верстатів сприяло створенню нових принципів технології механічної обробки. При цьому в значній мірі змінилися завдання та функції конструкторів виробів і оснастки, технологів і майстрів, наладчиків та робочих-операторів. Велика насиченість електронними компонентами і автоматикою та інші особливості верстатів з ЧПУ, їх широкі можливості в підвищенні продуктивності праці і забезпеченні стабільної якості продукції, значною мірою підвищили значення бездоганного дотримання умов їх обслуговування та експлуатації.

Так як технологічний процес автоматизований, тобто управління верстатом здійснюється за занесеною в систему програмою, то збільшується точність обробки матеріалу. В результаті, верстати з ЧПУ дозволяють істотно знизити відсоток браку. Крім того, автоматизація процесу обробки верстатами з ЧПУ сприяє підвищенню продуктивності праці. [3]

Таким чином, завдяки високій швидкості і точності обробки матеріалу, керовані верстати з ЧПУ збільшують ефективність виробництва в кілька разів.

Тобто для того щоб зробити не дуже масивну деталь наприклад з дерева, то потрібно йти до знайомого на завод і просити його про допомогу. Саме в таких випадка в голову приходить ідея про те що даний вид роботи можна зробити і вдома за допомогою компактного верстата з ЧПУ. Авжеж можна купити вже готовий верстат, але його ціна достатньо велика в порівнянні з верстатом зібраним вдома. Тому і постала задача розробити доступний верстат з ЧПУ, який би мав достатню точність і надійність.

1.3. Переваги та недоліки використання верстатів з ЧПУ

Переваги:

1. Висока продуктивність виготовлення деталей в поєднанні із здатність перенастроюватися.
2. Комплексна обробка великої кількості поверхонь.
3. Наявність великої кількості змінних інструментів для обробки матеріалу.
4. Можливість заміни шпинделя на лазер.
5. Можливість швидкого переналагодження на обробку різних деталей.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Можливість отримання поверхонь зі складною криволінійною або просторовою формою.

7. Відсутність впливу людського фактора, отже підвищення стабільності показників якості продукції.

Недоліки:

1. Висока вартість обладнання для створення верстата.

2. При проектуванні виробів виникає необхідність врахування їх габаритів відносно розмірів верстата з ЧПУ. [4]

3. Обробка різних поверхонь проходить послідовно.

4. При обробці деяких складних деталей потрібна додаткова обробка.

Як бачимо переваг більше, саме це сприяє розвитку даного напрямку.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						9
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

2. СИСТЕМА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАМНОГО УПРАВЛІННЯ ФРЕЗЕНО-ГРАВІРУВАЛЬНИМ ВЕРСТАТОМ

2.1 Контури керування верстатом

Система автоматизації фрезерно гравірувального верстату з ЧПУ складається з трьох основних контурів:

- контуру керування положенням;
- контур керування швидкістю обертання крокових двигунів;
- контур керування струмом.

Дана система керування являється триконтурною системою керування.

Триконтурна структура керування - це система, управління якої прагне підтримувати задане положення вала ротора. Це класична триконтурна система підпорядкованого регулювання з послідовною корекцією, показана на рис. 2.1.

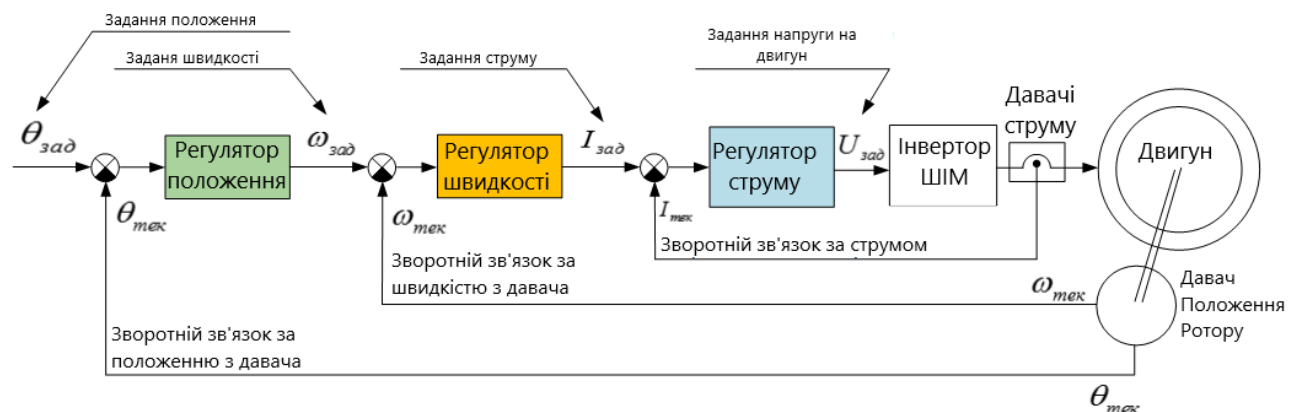


Рисунок 2.1. Триконтурна система підпорядкованого регулювання

Дана система називається підпорядкованою, тому що кожен вкладений контур «підпорядковується» завданню вищого. В системі три контури: контур струму (моменту), контур швидкості (частоти обертання), контур положення. Відповідно, кожен контур за допомогою свого регулятора підтримує на заданому рівні свою величину. В даному випадку використовувався ПІ-регулятор для струму, ПІ-регулятор для швидкості і ПІД-регулятор для положення.

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. Так як для двигуна момент - це струм то для регулювання моменту потрібно керувати напругою

драйвері крокового двигуна, тому що струм і напруга теж пов'язані в першому наближенні через просте диференціальне рівняння.

Якщо який-небудь внутрішній контур опустити, то положення регулюватися буде регулюватися погано, не з такою швидкістю, як в триконтурній системі. Якщо викинути, наприклад, контур струму, змусивши регулятор швидкості впливати безпосередньо на напругу інвертора, то залишиться безконтрольним момент приводу (струм) - він буде змінюватися як хоче, перехідні процеси будуть пущені на самоплив, тобто система буде не стійка. [5]

В більшості випадків для керування верстатів з ЧПУ використовується дана система регулювання. В нашому випадку керування відбувається без фізичного регулятора положення і регулятора швидкості. В якості регулятора виступає програмне забезпечення Mach3. В ньому задається швидкість обертання крокового двигуна при різних умовах роботи. Регулювання положення відбувається переданням на кроковий двигун необхідної кількості кроків. Так як сучасні крокові двигуни дуже точні та надійні при нормальному температурному режимі, то існує лише малий відсоток пропускання кроків. Для наших задач даного принципу керування цілком достатньо, але верстат побудований таким чином, що при необхідності підвищення точності обробки деталей, можливо удосконалити систему керування. Докупивши енкодери система стане повноцінною триконтурною, також програмне забезпечення Mach3 підтримує дану функцію.

2.2. Робота верстата

Розглянемо роботу верстатів з системою ЧПУ за спрощеною схемою (рис. 2.2), що включає основні блоки систем ЧПУ.



Рисунок 2.2. Спрощена схема верстата з ЧПУ

Спочатку керуюча програма потрапляє в програмне забезпечення Mach3. Далі після вмикання кнопки «Початок», на плату керування BL - MACH - V1.1 D305 приходять команди про переміщення однієї з осей на певну відстань, а саме сигнал Step кількість кроків і Dir – напрямок обертання двигуна. Далі плата керування передає ці сигнали на драйвери крокових двигунів. Вони в свою чергу підсилюють сигнали і передають їх на кроковий двигун. Кроковий двигун починає обертатися в певну сторону відповідно до кількості кроків. Під час обертання двигун приводить в дію гвинтову передачу, яка

перетворює обертовий рух в поступальний і тим самим відбувається переміщення осі верстата. Всі три осі верстата можуть працювати одночасно, відпрацьовуючи при цьому різні криволінійні форми. В результаті даних переміщень відбувається обробка деталі.

2.3 Структурна схема системи

Розглянемо загальну структурну схему системи ЧПУ.

Структурна схема системи ЧПУ представлена на рис. 2.3.

Модель деталі (МД), що підлягає обробці на верстаті з ЧПУ, одночасно модель надходить в систему підготовки програми (СПП) і систему технологічної підготовки (СТП).

СПП представляє собою САМ програму в якій створюється керуюча програма.

СТП забезпечує систему даними про режими різання, робочий інструмент, матеріал для обробки.

На підставі цих даних розробляється керуюча програма (КП), вона являє собою набір команд для керування робочими органами верстата. Оператор встановлює на верстат заготовку, ріжучі інструменти згідно з документацією, розробленою в системі технологічної підготовки.

Установку заготовки і зняття готової деталі здійснює оператор.

Зчитуючий пристрій (ЗП) зчитує інформацію закладену в керуючу програму. Він являє собою програмне забезпечення для зчитування G-коду КП та передачі її в пристрій ЧПУ. ПЧПУ видає керуючі команди на робочі механізми (РМ) верстата, які здійснюють основні рухи циклу обробки.

В даному випадку ЗП і ПЧПУ являють собою програмне забезпечення Mach3, яке зчитує G-код та передає інформацію на РМ верстата.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

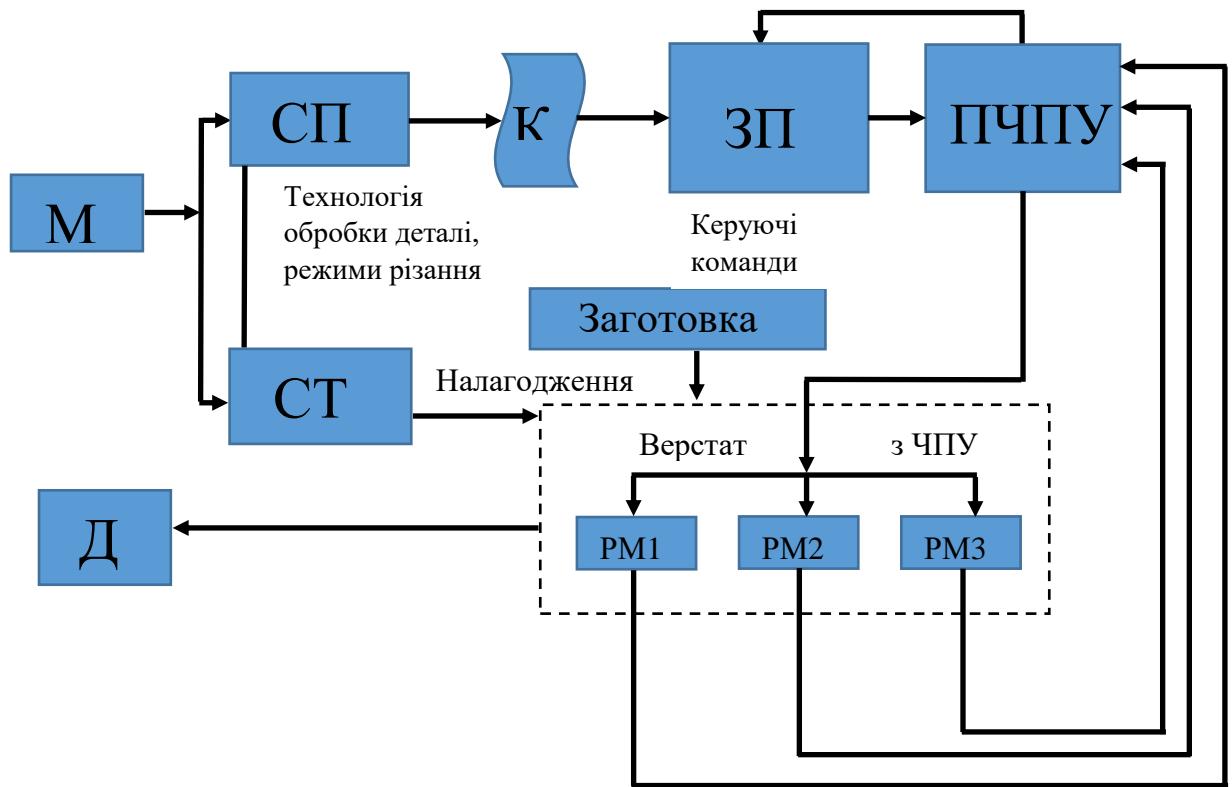


Рисунок 2.3 Структурна схема системи ЧПУ

Верстат містить кілька робочих механізмів, кожен з яких включає в себе (рис. 2.4):

- 1) Кроковий двигун (КД), що є джерелом енергії;
- 2) Гвинтову передачу (ГП), що служить для перетворення енергії і її передачі від двигуна до виконавчого органу (ВО).
- 3) Виконавчий орган (лазер, шпиндель і т.д.), що виконують координатні переміщення тим самим обробляючи матеріал. [6]



Рисунок 2.4 Структурна схема цільового механізму

3. РОЗРОБКА КОНСТРУКТИВУ ФРЕЗЕРНО-ГРАВІРУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА

Розробка конструктиву представляє собою вибір типу, а також розробку тривимірної моделі фрезерно-гравірувального верстата з ЧПУ. Відповідно до неї можна буде зрозуміти і наглядно побачити вигляд майбутнього пристрою, в спеціалізованих програмах розрахувати міцність конструкції, обрати відповідне апаратне забезпечення, створити креслення окремих деталей, а також розкрий для подальшого їх виготовлення.

В першу чергу для створення моделі верстата з ЧПУ треба визначитися з конструкцією верстата. Верстати з ЧПУ які можливо зібрати вдома бувають декількох типів: з рухомим порталом або рухомим столом.

Конструкція верстата з рухомим столом більш габаритна і більш витратна в плані проектування, але має трохи більшу точність і більшу зносостійкість механіки верстата в порівнянні з порталною

В свою чергу верстат з рухомим порталом трохи поступається в точності але має менші габаритні розміри, простішу конструкцію і в результаті меншу собівартість.

Для даного проекту було обрано верстат з рухомим порталом, цьому сприяли такі основні фактори: менші габарити при однаковій робочій поверхні та менша собівартість.

Після того як визначилися з типом верстата переходимо до створення тривимірної моделі. Для даної цілі було використано програмне забезпечення AutoCAD 2018. Дане програмне забезпечення являється безкоштовним для студентів і має велику кількість відповідних функцій для створення якісної і точної 3D моделі.

3.1. Виконання корпусу верстата

Основним матеріалом для побудови каркасу верстата стала фанера завтовшки 15 мм. Даний матеріал приваблює своєю простотою обробки та стійкістю до вібрацій. Стійкість до вібрацій дуже важлива особливість даного матеріалу. Через те, що при роботі верстата з ЧПУ з'являються вібрації від шпинделя, крокових двигунів, механіки верстата і їх неможливо позбутися, а фанера в свою чергу поглинає вібрації, що добре позначиться на надійності кріплень і точності обробки деталі. Креслення конструктиву верстату можна побачити на рис. 3.1.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

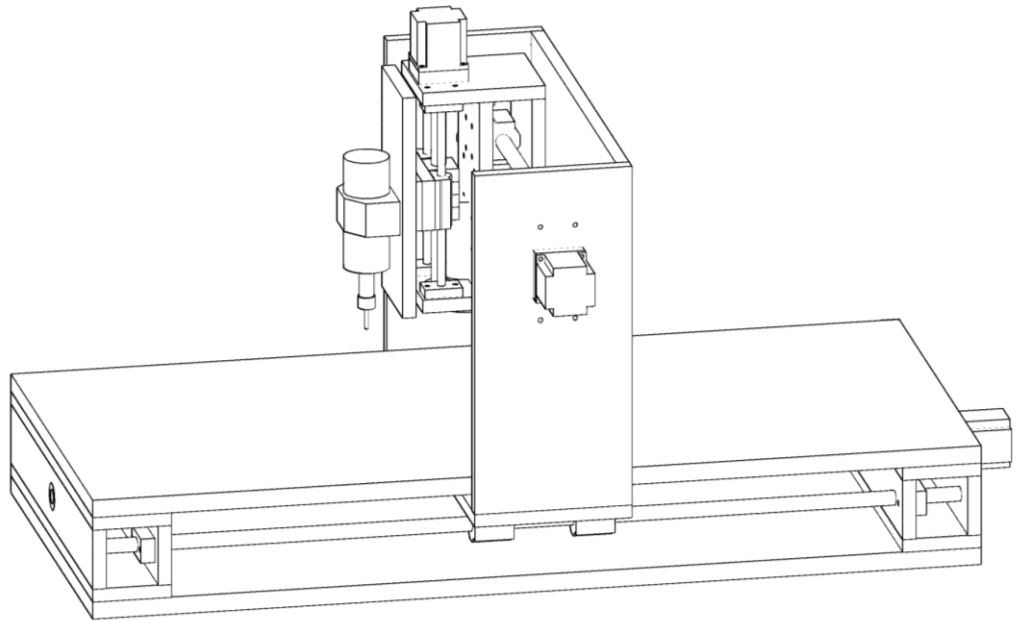


Рисунок 3.1. – Конструктив верстата з ЧПУ

3.2. Виконання механічної частини

Так як за основу взятий фрезерний верстат порталного типу він буде мати рухомий портал. Рухомий портал представляє собою конструкцію на яку кріпиться вісь X та вісь Z. Тобто для руху осей X і Z треба використати: сталеві направляючі, тримачі для направляючих, підшипники, гвинтову передачу для переміщення, крокові двигуни, а також шпindel. Дана конструкція має достатньо велику вагу, тому для осі Y було використано відповідні направляючі та лінійні підшипники.

Сталеві направляючі для осі X та Y мають діаметр 16 мм і представляють собою прецизійні циліндричні вали виготовлені з високо вуглецевої, легованої сталі з антикорозійним покриттям. Вали індукційно загартовані і відшліфовані - точність валу h6. За рахунок гладкості поверхні і міцного верхнього шару зменшується сила тертя, що збільшує термін експлуатації.

Для осі Z використовуються вали діаметром 8 мм з тими самими характеристиками.

Тримання валів здійснюється за допомогою спеціальних тримачів для лінійних направляючих діаметром 16 і 8 міліметрів відповідно.

Механізм переміщення осей X, Y та Z зроблений на основі гвинтової передачі діаметром 16 мм і кроком різьби 2мм. Гвинтова передача - це механічна передача яка перетворює обертальний рух в поступальний. ГП складається з ходового гвинта і гайки.

З'єднання гвинта з кроковим двигуном використовуються за допомогою гнучких пружинних муфт D25 L30 8x10 мм(3 шт.).

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Дана муфта застосовується для компенсації перекосів та осьових зсувів і тому сприяє плавності обертання без пропуску кроків.

З іншого боку для тримання гвинта використовуються закриті кулькові підшипники внутрішнім діаметром 10 мм і зовнішнім діаметром 32 мм.

Гнучка муфта здатна здійснювати передачу великих обертальних моментів без люфту.

Також були використані лінійні підшипники типу:

- вісь X LM16UU 4 шт. та SCS16UU 2 шт.,
- вісь Y SCS16UU 4 шт.,
- вісь Z SCS8UU 4 шт.

Лінійні підшипники потрібні для того щоб досягти найбільшої точності руху в системах лінійного переміщення. Конструкція лінійних підшипників дозволяє знизити тертя, збільшити навантаження і швидкість руху механізмів.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

Після того як був спроектований каркас та механіка станка прийшов час обрати комплектуючі, які будуть приводити в рух всю систему. Під час вибору комплектуючих треба враховувати велику кількість факторів таких як:

- потужність, крутний момент габаритні розміри КД;
- вхідна напруга та вихідний струм ДКД, здатність до мікро крокового режиму;
- сумісність плати керування з ДКД;
- потужність блоку живлення та ін.

Апаратне забезпечення даної системи повинно включати в себе:

- плату керування;
- крокові двигуни;
- драйвери крокових двигунів;
- блок живлення;
- кінцеві вимикачі;
- шпиндель.

4.1. Плата керування

У якості плати керування верстатом з ЧПУ була використана плата BL - MACH - V1.1 D305 представлена на рис. 4.1.

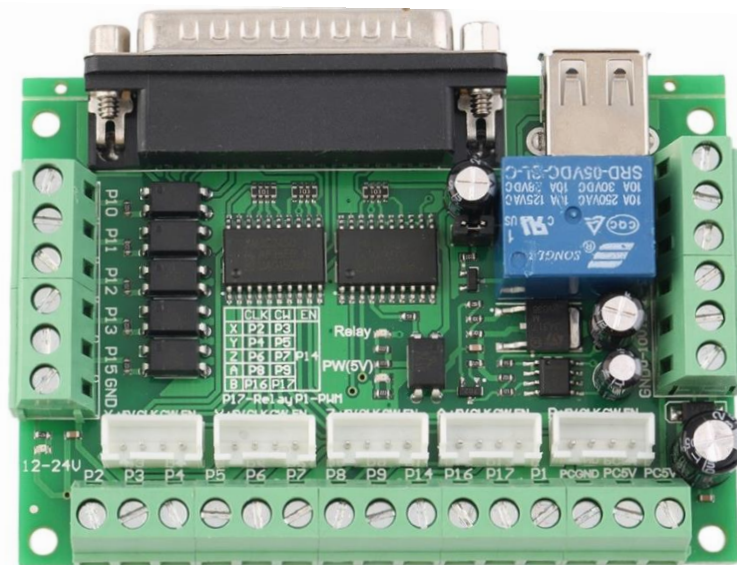


Рисунок 4.1 Вигляд плати керування BL - MACH - V1.1 D305

Інтерфейсна плата з опторазв'язкою на 5 осей ЧПУ використовується як сполучна ланка між комп'ютером і трьома ДКД в системах верстатів з ЧПУ. Інтерфейсна плата

										Арк.
										17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

оснащена опторозв'язкою силової і логічної частин плати. Опторозв'язка - це один з видів гальванічної розв'язки. Сенс в тому, щоб між двома схемами не було електричного зв'язку, що в результаті дає захищеність логічної частини від різних перепадів напруги і струму.

Характеристики плати:

1. Повна підтримка програми MACH3 та інших комп'ютерних програм призначених для управління станком за допомогою паралельного порту.
2. Наявність роздільного живлення цифрової частини (від USB або зовнішнього джерела +5 В) і периферійних пристроїв (від зовнішнього джерела + 12-24В), для захисту комп'ютера.
3. Широкий діапазон вхідної напруги для живлення периферійних пристроїв від +12 до +24, анти-реверсна функція.
4. Опторозв'язка всіх вхідних сигналів для захисту комп'ютера.
5. Наявність реле для управління шпинделем. Вихідний порт P17.
6. Опторозв'язаний вихід аналогового перетворювача з напругою 0 - 10В для управління швидкістю обертання шпинделя. Вихідний порт P1.
7. Наявність 17 портів, які можуть працювати з опторозв'язаними входами драйверів управління кроковими двигунами.
8. Вихідний порт P1 можна використовувати як вихід ШІМ (PWM) для управління шпинделем з опторозв'язаним входом.
9. Можна підключати в схеми із загальним катодом або анодом і напругою сигналу до +5 В.

Опис портів.

Роз'єми які знаходяться на платі керування описані в таблиці 4.1, а також в додатку

В

Таблиця 4.1 - Роз'єми на платі

Маркування	Опис
P1	PWM
P2	STEP X
P3	DIR X
P4	STEP Y
P5	DIR Y
P6	STEP Y
P7	DIR Y
P8	STEP A

Продовження таблиці 4.1

P9	DIR A
P10	E-STOP
P11	Probe
P12	LimitX
P13	LimitY
P14	Enable
P15	LimitZ
P16	STEP B
P17	DIR B/Reley

STEP - це команда, яка надходить з керуючої програми і передає двигуну кількість кроків, яких треба зробити в даний момент часу.

DIR - це команда яка вказує двигуну в якому напрямку обертатися.

E-STOP - даний роз'єм слугує для підключення кнопки аварійної зупинки.

Limit - дані роз'єми слугують для підключення кінцевих вимикачів.

Enable - даний роз'єм відключає крокові двигуни якщо програма знаходить в режимі очікування (не виконується G-код). Це робиться для економії електроенергії, а також збільшується строк експлуатації крокових двигунів.

PWM - вихід ШІМ за допомогою нього можна керувати швидкістю обертання шпинделя в реальному часі навіть при виконанні G-коду.

Relay - даний роз'єм слугує для вмикання і вимикання шпинделя із програми на комп'ютері. [7]

Серед великої кількості плат керування була вибрана саме ця. На відміну від плати керування на основі Arduino, дана плата має більші функціональні можливості, вищу надійність завдяки керуванню по паралельному порту та високу швидкодію. Є можливість підключення двох плат паралельно, що дає змогу використовувати в двічі більше даних з датчиків та підключати більшу кількість КД. Також дана плата сумісна з програмним забезпеченням ArtSoft Mach3, яка володіє великим функціоналом для точної обробки матеріалів. За допомогою даного програмного забезпечення буде проводитися керування верстатом.

4.2. Крокові двигуни

Кроковий двигун — електричний двигун, в якому імпульсне живлення електричним струмом призводить до того, що його ротор не обертається неперервно, а виконує щоразу обертальний рух на заданий кут. Завдяки цьому, кут повороту ротора залежить від числа поданих імпульсів струму, а кутова швидкість ротора точно рівна частоті імпульсів помноженій на кут повороту ротора за один цикл роботи двигуна. [8]

Для побудови верстата з ЧПУ були використані крокові двигуни моделі NEMA23 а саме:

Кроковий двигун моделі **23HS5628** був обраний для переміщення осей X та Z. Він представлений на рис. 4.2.



Рисунок 4.2 Кроковий двигун 23HS5628

Кроковий двигун моделі **23HS7628** був обраний для переміщення осі Y. Він представлений на рис. 4.3.



Рисунок 4.3 Кроковий двигун 23HS7628

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для осі Y було вибрано потужніший КД через те, що він повинен рухати портал на який кріпиться вісь X та вісь Z. Конструкція порталу є найбільшою і найважчою рухомою частиною у верстаті.

Основні характеристики КД приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 - Основні характеристики крокових двигунів

Модель	23HS5628	23HS7628
Крок кут (град)	1.8	1.8
Довжина двигуна (мм)	56	76
Номінальна напруга (V)	2.5	3.2
Номінальний струм (A)	2.8	2.8
Фазовий опір (Ом)	0.9	1.13
Фазова індуктивність (mH)	2.5	3.6
Крутний момент (Кг. см)	12.6	18.9
Момент інерції (g. см ²)	300	480
Вага двигуна (Кг)	0.7	1

Габаритні розміри двигунів наведені в додатку Г

Призначення виводів:

- червоний: A+
- зелений: A-
- жовтий: B +
- синій: B-

Переваги і недоліки крокових двигунів

Переваги

- Двигун повертається на заданий кут при певній кількості імпульсів.
- Велика точність виконання кроків — добротні крокові двигуни мають точність близько 3 — 5% кроку і ці помилки не накопичується від кроку до кроку.
- Двигуни мають можливість швидко розганятися та швидко гальмувати.
- Висока надійність, так як у даних двигунів відсутні щітки вони є довговічними.
- Оберти двигуна залежать від дискретних імпульсів, що в свою чергу дозволяє керувати кроковим двигуном без зворотного зв'язку.
- При низьких швидкостях обертання двигун не втрачає моменту.
- Двигун має можливість обертатися з різною швидкістю, тому що швидкість обертання пропорційна частоті вхідних імпульсів.

Недоліки

- При неправильному керуванні з'являється механічний резонанс.
- На великих швидкостях можливий пропуск кроків.
- При роботі без давача зворотного зв'язку можливий пропуск кроків.
- При встановленому режимі утримки двигун не рухається, але все одно споживає електроенергію.
- Складна схема управління .[9]

В даному проекті вибрані саме КД типу Nema23 тому, що вони мають невеликі габаритні розміри і в цей же час достатньо потужні. В подальшому дані двигуни можна буде використовувати для нових версій даного верстата, так як вони бралися з достатнім запасом по потужності.

4.3. Драйвери крокових двигунів

В даному проекті були використані 3 драйвера КД BL-TB6600-V1.2. Вигляд драйвера представлений на рис. 4.4. та рис. 4.5.

Дані драйвери відрізняються своєю простотою у використанні, достатньо великою потужністю, наявністю опторозв'язки та невеликою ціною.



Рисунок 4.4 Вигляд драйвера крокового двигуна BL-TB6600-V1.2(зверху)

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

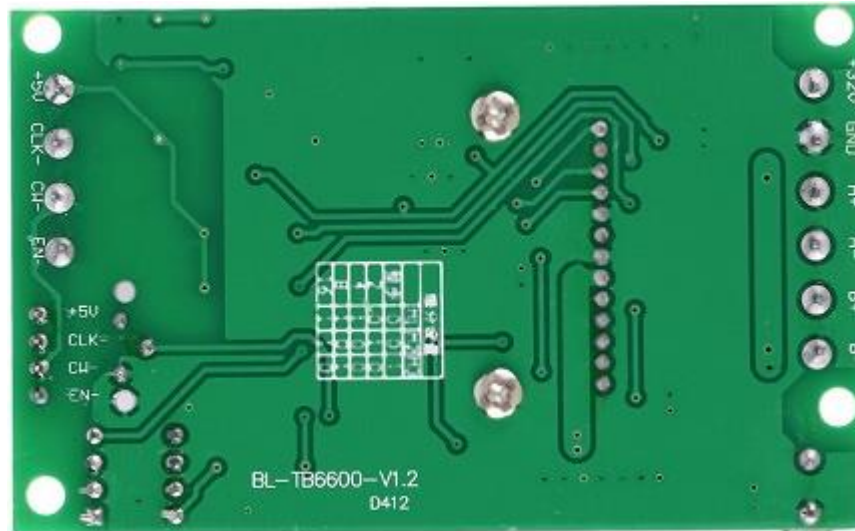


Рисунок 4.5 Вигляд драйвера крокового двигуна BL-TB6600-V1.2 (знизу)

Заснована на чіпі TB6600HG нова модель драйвера BL-TB6600-V1.2 прийшла на заміну популярному драйверу BL-TB6560-V2.0.

Цей драйвер-контролер підійде для побудови не тільки аматорських систем ЧПУ, а й професійних, основаних на двигунах високої потужності. Якщо порівнювати з попереднім поколінням драйвера TB6560AHG, то вихідна потужність у TB6600HG зростає до 200Вт (як бачимо практичне подвоєння за значенням потужності), робоча напруга піднята з 35В (TB6560AHG) до 50В, робочий струм збільшений до 4.5А (5А пікове значення).

Збільшено максимальну робочу частоту. Додані схеми захисту.

Основні характеристики приведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 - Основні характеристики драйвера

Властивості	Параметри
Вхідна напруга силової частини	від 8В до 50В постійної напруги
Вихідний струм	від 0.3А до 4.5А (максимальне значення 5А)
Мікро крок	1 .. 2 .. 8 .. 16
Максимальна частота ШІМ	200кГц
Регулювання максимального ступеня КД	1.1А .. 2.2А .. 3.3А .. 4.5А
Регулювання ступеня утримання	50% або 100%
Температура експлуатації	від -10 до +45° С
Розміри	80мм*50мм*35мм
Вага	118.3г

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Конструктивно драйвер виготовлений з можливістю монтажу в корпус і підключенням контактних майданчиків швидкокороз'ємним способом. Що спрощує його установку, експлуатацію і заміну в разі виходу з ладу. Підключення проводиться за наступною таблицею:

Таблиця 4.4 - Роз'єми на платі драйверу

Маркування	Опис
24V+	Контакт для підключення блоку живлення (живлення крокового двигуна) постійна напруга (+)
GND	Контакт для підключення блоку живлення (живлення крокового двигуна) постійна напруга (-)
CLK-	Вхід для крокових імпульсів STEP (робочим є передній фронт, тривалість > 10мкс)
CW-	Вхід для керування напрямком обертання валу крокового двигуна (DIR)
EN-	Вхід для вмикання/вимикання крокового двигуна (ENABLE)
+5V	Загальний сигнальний
A+,A-	Контакти для підключення I фазової обмотки крокового двигуна
B+,B-	Контакти для підключення II фазової обмотки крокового двигуна

Налаштування перемикачів

На драйвері присутні перемикачі мікро кроку.

Мікро крок - режим керування кроковим двигуном, під яким розуміють режим поділу кроку. Мікро кроковий режим відрізняється від простого режиму, повнокрокового управління двигуном тим, що в кожен момент часу обмотки крокового двигуна живляться неповним струмом, а якимись його рівнями, що змінюються за законом SIN в одній фазі і COS в другій. Такий принцип дозволяє фіксувати вал в проміжних положеннях між цілими кроками. Кількість таких положень задається налаштуваннями драйвера. Скажімо, режим мікро кроку 1:16 означає, що з кожним поданим імпульсом STEP драйвер буде переміщати вал приблизно на 1/16 повного кроку, і для повного оберту валу потрібно подати в 16 разів більше імпульсів, ніж для режиму повного кроку. Таким чином наш драйвер в повнокроковому режимі зможе зробити $360^{\circ}/1,8^{\circ} = 200$ кроків за повне обертання, а в мікрокроковому в 16 разів більше тобто 3200 кроків. За допомогою даного режиму можна точніше обробляти матеріали на верстаті з ЧПУ. Але є і недоліки такого

режиму, а саме: в деяких випадках при виконанні програмного коду кроки можуть втрачатися і час виконання програми збільшується пропорційно мікро крокові.

Значення дільника кроку вказані в таблиці нижче:

Таблиця 4.5 - Дільник мікро кроку

	M1	M2	M3
1/1 повний крок	0	0	1
1/2	0	1	0
1/4	1	0	0
1/8	1	0	1
1/16	1	1	0

Налаштування вихідного струму, який надходить на кроковий двигун, в режимі утримання здійснюється за допомогою перемикача M4:

Таблиця 4.6 - Значення струму

Значення струму	M4
20%	0
50%	1

Утримання ротора - режим роботи крокового двигуна коли напруга подається на всі обмотки двигуна. Момент утримання є однією з характеристик потужності крокових двигунів.

Також на платі присутнє регулювання струмом за допомогою підстрочного резистору від 1.1 А до 4.5 А. [9]

Драйвери повністю сумісні з платою керування BL - MACH - V1.1 D305.

4.4. Блок живлення системи

В якості основного блоку живлення використовується блок живлення середньої потужності S-360-36 представлений на рис. 4.6.



Рисунок 4.6 Блок живлення S-360-36

Імпульсний блок живлення — це стабілізатор напруги, в якому регулювальний елемент працює в ключовому режимі, тобто більшу частину часу знаходиться або в режимі відсічення — коли його опір максимально великий, або в режимі насичення — коли його опір максимально малий.

В даному проекті використовується саме імпульсний блок живлення на 36В.

На відміну від лінійних блоків живлення імпульсні мають ряд переваг:

-Вхідний конденсатор конденсатор здатен запасати значну енергію при відносно невеликій ємності.

-Розсіювана на ключі потужність є незначною.

-Вихідний трансформатор та вихідні фільтри працюють на високій частоті, тому їх розміри можуть бути незначними. [10]

Як наслідок, імпульсні стабілізатори напруги мають високий ККД при невеликих розмірах, вазі і вартості.

Основні параметра

- Вхідна напруга: AC110V/220 В
- Вихідна напруга: DC 36 В
- Вихідний струм: 0 ~ 10А
- Вага: 800 грам
- Розміри: 220*115*50 мм
- Матеріал корпусу: металевий корпус/Алюміній
- Захист: перевантаження по струму і короткого замкнення

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- Робоча температура: 0 ~ 40С
- Для зберігання температура:-20 ~ 60С
- Вологість: від 0 до 95% без конденсації
- Використовувати в замкненому приміщенні.

4.5. Запобіжні кінцеві вимикачі

В даному проекті були використані найпростіші кінцеві вимикачі зображені на рис.

4.7



Рисунок. 4.7 Кінцеві вимикачі

В електротехніці кінцевий вимикач - перемикач, який спрацьовує при досягненні механічною частиною пристрою певного положення. Вони використовуються для керування механізмами, для блокування в системах безпеки, для підрахунку кількості проходжень певного об'єкту біля певної точки.

Стандартні кінцеві вимикачі в промислових системах керування виробляють з різними типами діючих на кінцевик механізмами. Це може бути важіль, котильний плунжер або пружина. Кінцеві вимикачі можуть прямо перемикатися діючим важелем. Геркони спрацьовують, коли повз них проходять магніти, вбудовані в рухому деталь. Безконтактні перемикачі (сенсори), можуть спрацьовувати при збуренні електромагнітного поля, при зміні електричної ємності, при появі магнітного поля (наприклад, давачі Холла).

Зазвичай об'єкти керування не підключені безпосередньо до кінцевиків. Контакти кінцевих вимикачів можуть бути підключеними до реле, до схеми керування двигуном, до схеми контроллера.

Часто кінцевий вимикач має дві пари контактів, нормально розімкнуті і нормально замкнуті. Замкнута пара дозволяє контролювати стан підключення кінцевика: якщо сигнал через цю пару не проходить, можна зробити висновок про пошкодження кабеля. [11]

В нашому випадку кінцеві вимикачі використовують в граничних положення осей координат X, Y і Z. Вони потрібні для того, щоб не давати осям рухатися занадто далеко і тим самим уникати можливого пошкодження верстата. Можна використовувати верстат і без них, але невелика помилка в розрахунках може спричинити за собою безліч ушкоджень, усунення яких обійдеться досить дорого.

4.6 Шпиндель

В якості шпинделя в даному проекті був взятий шпиндель потужністю 500w 11000об/хв представлений на рис. 4.8.



Рисунок 4.8 Шпиндель для верстату з ЧПУ

Даний прилад має наступні характеристики:

- Живлення димеру: AC110-220V \pm 10% 50/60 Гц
- Потужність шпинделя: 500w
- Швидкість обертання шпинделя: 3000-12000об / хв
- Діаметр шпинделя: 52mm
- Довжина шпинделя: 208mm
- Робоча напруга шпинделя: 100V DC
- Момент: 5000G / CM
- Патрон на шпинделі: ER11 [12]

Даний шпиндель володіє цанговим патроном ER-11, який сприяє мінімальному биттю при обробці матеріалу і в свою чергу збільшує точність вихідного результату. Також вагомим плюсом є автоматична система охолодження та можливість підключення

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

димера до плати керування, що в свою чергу дозволить керувати швидкістю обертання шпинделя з програми Mach3.

Також для обробки дерев'яних деталей рекомендується придбати відповідні фрези. Для початкових робіт добре підходять «Фрези для ЧПУ, кукурудза, з хвостовиком 3,17 мм». Перевагою дах фрез являється те, що вони повністю підходять для даного шпинделя, мають відмінну заточку, спеціальну форму ріжучих частин для якісної обробки деталі, а також в ході експлуатації показали свою надійність та стійкість до нагрівання при довгій неперервній роботі.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						29
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5. ПІДСИСТЕМА ПІДТРИМКИ ОПТИМАЛЬНИХ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕРСТАТА

Для подовження строку експлуатації, енергозбереження, а також про скорочення часу перебування оператора біля верстата з ЧПУ, постає питання про забезпечення оптимальних умов роботи основних механізмів верстата. В якості основних механізмів виступають крокові двигуни, шпиндель та драйвери крокових двигунів. Для оптимальної роботи даних механізмів потрібно організувати:

- підтримання температури крокових двигунів та захист їх від перегріву;
- рідинне охолодження шпинделя з підтримкою оптимальної температури рідини та її рівня;
- підтримка температури драйверів крокових двигунів та захист їх від перегріву.

На рисунку 5.1 наведені основні складові верстата.

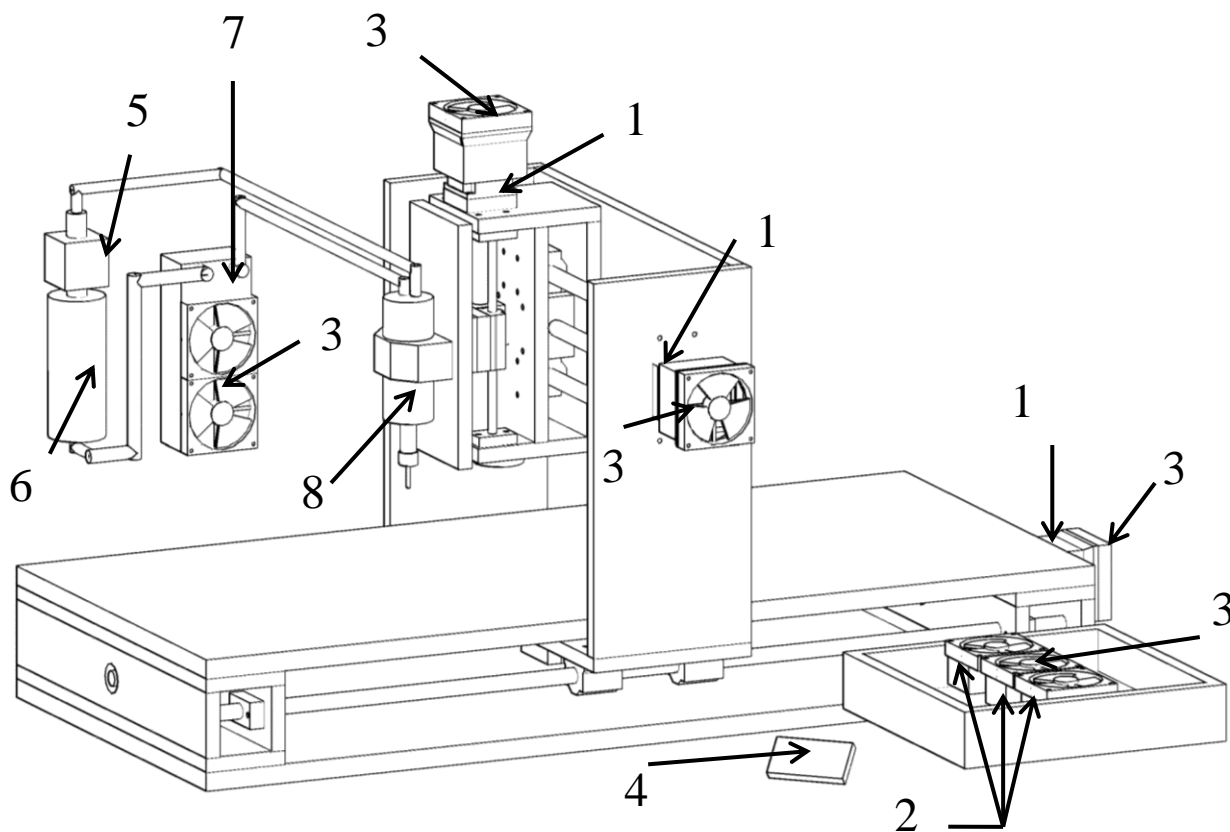


Рисунок 5.1 Верстат з ЧПУ з підсистемою підтримання робочих параметрів верстата:
1 - крокові двигуни осей, 2 - драйвери крокових двигунів, 3 – осьові вентилятори для охолодження, 4 – ЖК дисплей, 5 – насос для прокачки рідини, 6 – бачок розширення для рідини, 7 – радіатор, 8 – шпиндель.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Дана підсистема призначена для підтримки оптимальних параметрів роботи основних робочих органів верстата з ЧПУ. Основною метою впровадження цієї підсистеми є підвищення надійності робочих органів та енергоефективне використання ресурсів під час досягнення даної мети. Для досягнення даного завдання потрібно підтримувати наступні параметри зображені на рис. 5.2:

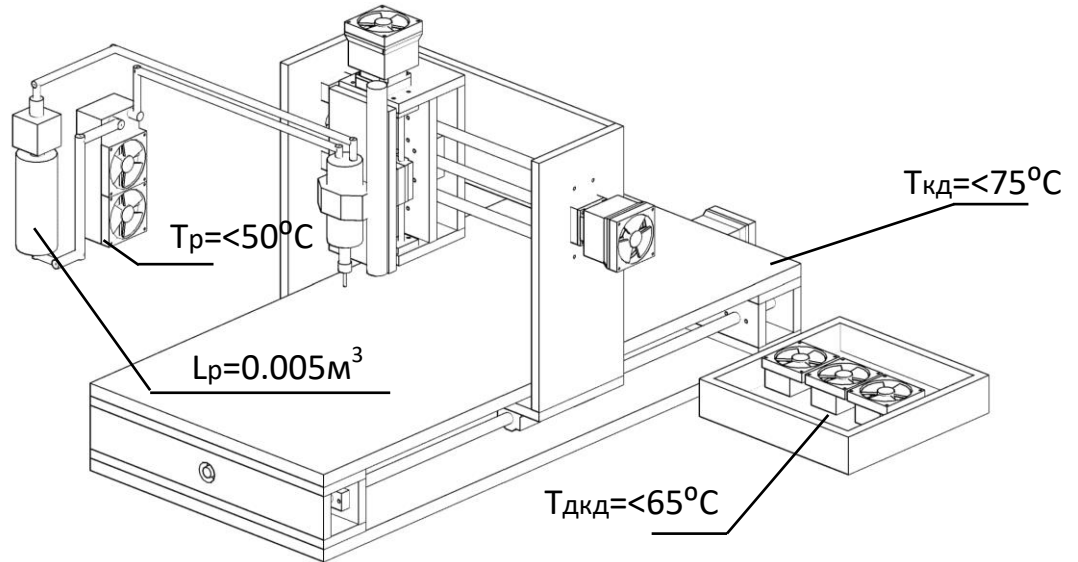


Рисунок 5.2 Задані параметри

- Контроль температури крокових двигунів в діапазоні менше 75°C.
- Контроль температури драйверів крокових двигунів в діапазоні менше 65°C.
- Контроль температури охолоджуючої рідини в діапазоні менше 50°C.
- Контроль наявності води в резервуарі не менше 0.005 м³.

При розробці автоматизованої підсистеми підтримки оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ були розроблені наступні контури керування.

5.1. Контур захисту крокових двигунів від перегріву

Даний контур потрібен для підтримання температури КД в допустимому стані та захисту їх від перегріву.

Для підтримання температури крокових двигунів потрібно використати тири давача температури DS18B20 в герметичному корпусі, драйвери мотору постійного струму L298n та осьові вентилятори діаметром 80 мм. Даний контур працює за наступним алгоритмом:

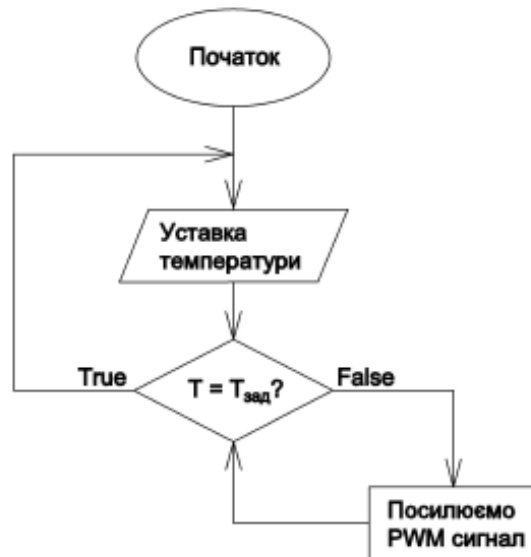


Рисунок 5.3 Алгоритм підтримання температури крокових двигунів

Після створення алгоритму функціонування була розроблена функціональна схема контуру підтримання температури крокових двигунів яка показана на рис. 5.4.

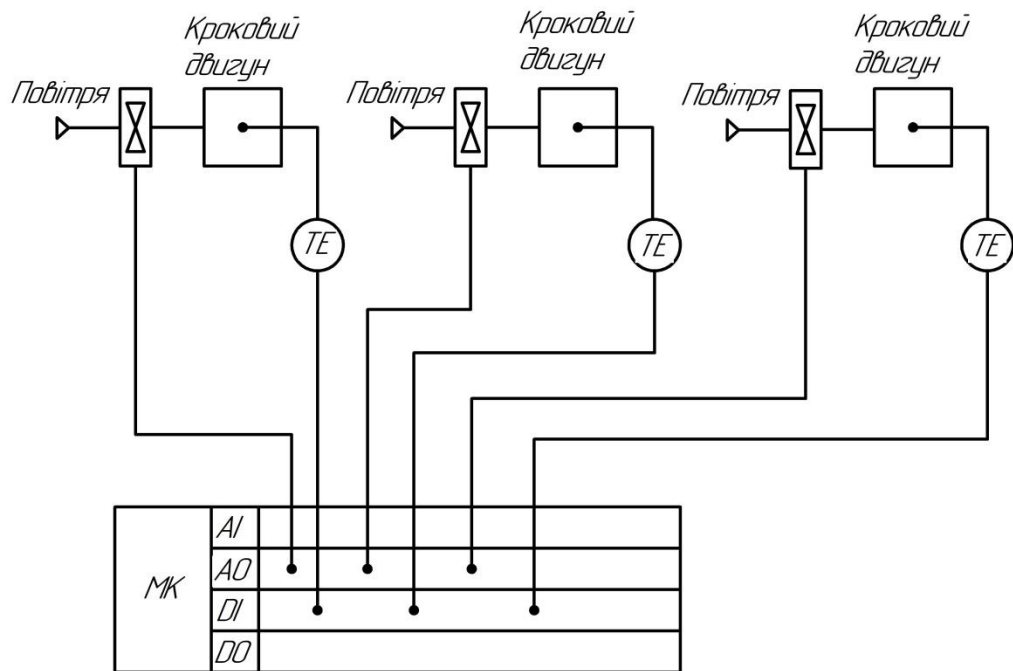


Рисунок 5.4 - Контур підтримання температури крокових двигунів

5.2. Контур захисту драйверів крокових двигунів від перегріву

Для підтримання температури ДКД в допустимих межах, а також для захисту їх від перегріву необхідно використати тири датчики температури DS18B20 в герметичному

корпусі, драйвери мотору постійного струму L298n та осьові вентилятори діаметром 80 мм. Даний контур працює за наступним алгоритмом:

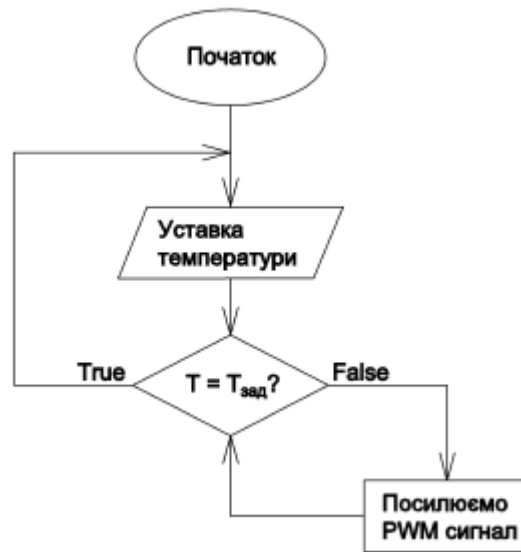


Рисунок 7.5 Алгоритм підтримання температури драйверів крокових двигунів

Після створення алгоритму функціонування була розроблена функціональна схема контуру підтримання температури драйверів крокових двигунів, яка представлена на рис. 5.6.

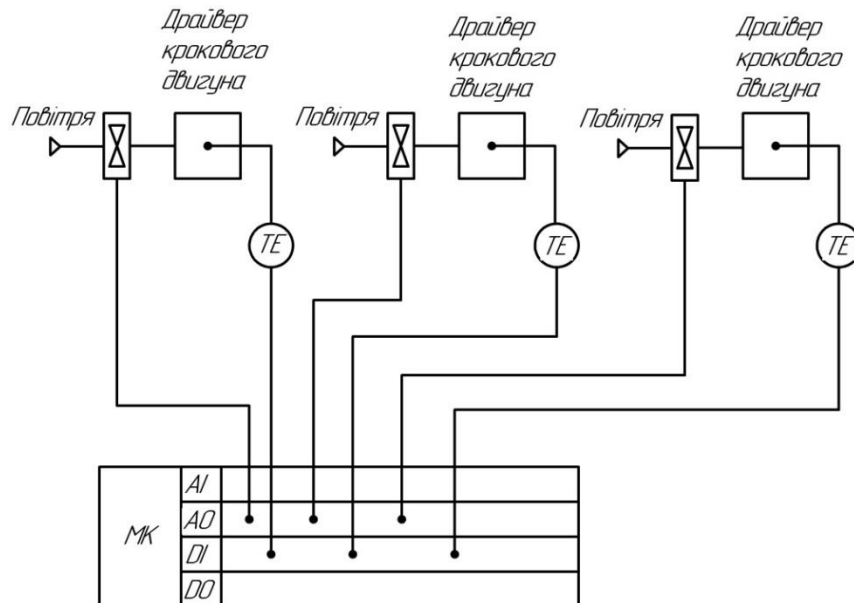


Рисунок 5.6 – Контур підтримання температури драйверів крокових двигунів

5.3. Контур підтримки оптимальної температури охолоджуючої рідини та контролю її кількості

Даний контур керування потрібний для забезпечення охолодження шпинделя під час роботи. Для досягнення даної цілі потрібно контролювати температуру охолоджуючої рідини та її кількість.

Для підтримки заданих параметрів потрібно використати датчик температури DS18B20 в герметичному корпусі, драйвер мотору постійного струму L298n, два осьових вентилятори діаметром 80 мм включених паралельно, датчик рівня води US23 та мембранний насос 35W 24V DC 2.9L/min. Даний контур працює за наступним алгоритмом:

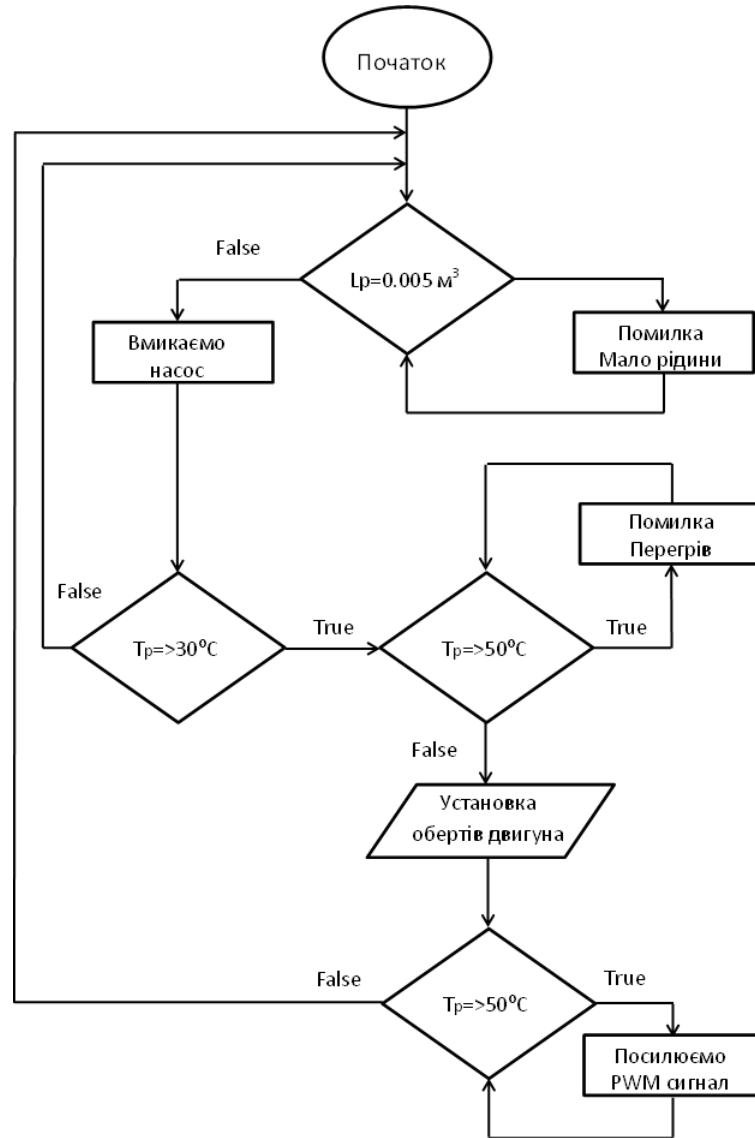


Рисунок 5.7 Алгоритм підтримки заданої температури охолоджуючої рідини та її кількості

Після створення алгоритму функціонування була розроблена функціональна схема контуру керування температурою охолоджуючої рідини та її кількості, яка представлена на рис. 5.8.

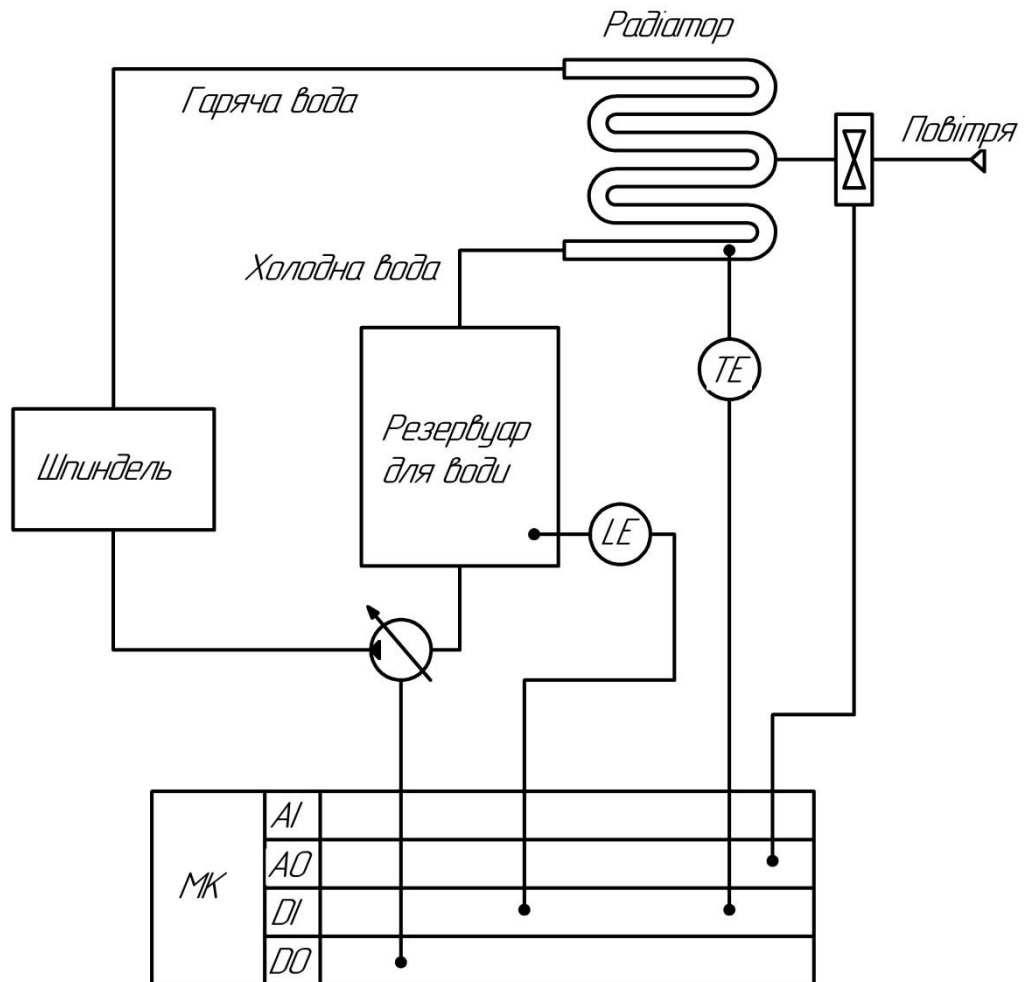


Рисунок 5.8 – Контур керування температурою охолоджуючої рідини та її рівнем

Виходячи з технологічної схеми об'єкта керування та обраних контурів контролю та управління, була розроблена функціональна схема автоматизації підсистеми підтримки оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ, яка представлена в додатку А.

Виходячи з ФСА та обраних засобів автоматизації, була розроблена принципова електрична схема підсистеми підтримки оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ, яка представлена в додатку А.

5.4. Алгоритм функціонування підсистеми

Дана підсистема буде функціонувати незалежно від головного комп'ютера, який керує верстатом з ЧПУ. Підсистема буде збирати дані з датчиків та видавати відповідні керуючі сигнали виконавчим пристроям, а також виводити основну інформацію на ЖК дисплей. У разі виходу будь-якого параметру за допустимі межі буде здійснюватися звукова сигналізація, а також буде зупинена робота верстата з ЧПУ шляхом замикання контакту E-Stop на платі керування верстата.

Для реалізації даної підсистеми необхідний мікропроцесорний пристрій Arduino Leonardo на базі контролера ATmega32u4, який має наступні характеристики:

Таблиця 5.1 – Характеристики Arduino Leonardo

Мікроконтролер	ATmega32u4
Робоча напруга	5В
Напруга живлення (рекомендована)	7-12В
Напруга живлення (максимальна)	6-20В
Цифрові входи/виходи	20 54
Канали ШІМ	15
Аналогові входи	16
Максимальний струм одного виходу	40 мА
Максимальний вихідний струм виходу 3.3V	50 мА
Flash-пам'ять	32 КБ
SRAM	2.5 КБ
EEPROM	1 КБ
Тактова частота	16 МГц
PWM виходи	0-5 В
Цифрові входи\виходи	5 В – True; 0 В - False

Після вибору мікропроцесорного пристрою для керування підсистемою необхідно скласти таблицю вхідних/вихідних сигналів, вона представлена табл. 5.2.

Таблиця 5.2 - Таблиця вхідних/ вихідних сигналів

Digital	0	Керування сигналізацією
Digital	1	Вихід для керування контактом E-Stop
Digital	2	-
PWM	3	Керування швидкістю обертання осьового вентилятора на першому кроковому двигуні
Digital	4	-
PWM	5	Керування швидкістю обертання осьового вентилятора на другому кроковому двигуні
PWM	6	Керування швидкістю обертання осьового вентилятора на третьому кроковому двигуні
Digital	7	Показання датчиків температури DS18B20

Продовження таблиці 5.2.

Digital	8	Показання датчика рівня води
PWM	9	Керування швидкістю обертання осьового вентилятора на першому драйвері крокового двигуна
PWM	10	Керування швидкістю обертання осьового вентилятора на другому драйвері крокового двигуна
PWM	11	Керування швидкістю обертання осьового вентилятора на третьому драйвері крокового двигуна
Digital	12	Керування насосом
PWM	13	Керування швидкістю обертання осьових вентиляторів на радіаторі для охолодження рідини
Digital	SDA	I ² C зв'язок
Digital	SCL	I ² C зв'язок
Analog	0	
Analog	1	-
Analog	2	-
Analog	3	-
Analog	4	-
Analog	5	-

Після складання таблиці переходимо до написання програми для автоматичної роботи підсистеми.

Програма керування автоматизованою підсистемою підтримки оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ складається з п'яти основних блоків:

- керування температурою крокових двигунів;
- керування температурою драйверів крокових двигунів;
- керування температурою радіатора для охолодження рідини її рівнем та прокачкою рідини;
- виведення інформації на ЖК дисплей;
- аварійна зупинка верстата.

Дана програма керування була написана в програмному середовищі FLProg. Дане середовище призначене для написання програм на мовах FBD/LAD. Після написання програми на мові FBD вона компілюється в спеціальний програмний код, для його подальшого завантаження в Arduino Leonardo.

Розглянемо блоки програми.

Блок 1 Керування температурою крокових двигунів

Даний блок зчитує дані з трьох датчиків температури DS18B20, які знаходяться на крокових двигунах, після чого в залежності від температури видає відповідний керуючий сигнал на драйвер двигуна постійного струму. Якщо температура буде більшою за 70°C то вентилятор буде обертатися на максимальних обертах, інакше вентилятор буде обертатися з меншими обертами. Дана особливість забезпечить енергоефективність системи. Даний блок зображений на рис. 5.11.

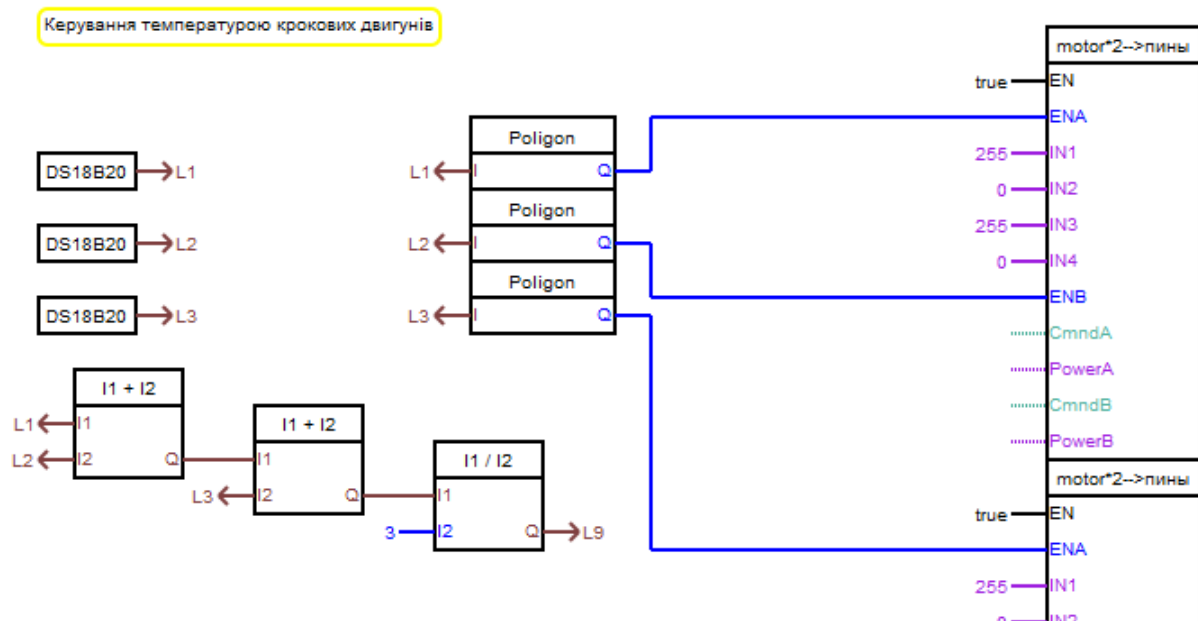


Рисунок 5.11 – Блок керування температурою крокових двигунів

Блок 2 Керування температурою драйверів крокових двигунів

Даний блок зчитує дані з трьох датчиків температури DS18B20, які знаходяться на драйверах крокових двигунів після чого в залежності від температури видає відповідний керуючий сигнал на драйвер двигуна постійного струму. Якщо температура буде більшою за 60°C то вентилятор буде обертатися на максимальних обертах, інакше вентилятор буде обертатися з меншими обертами. Дана особливість забезпечить енергоефективність системи. Даний блок зображений на рис. 5.12.

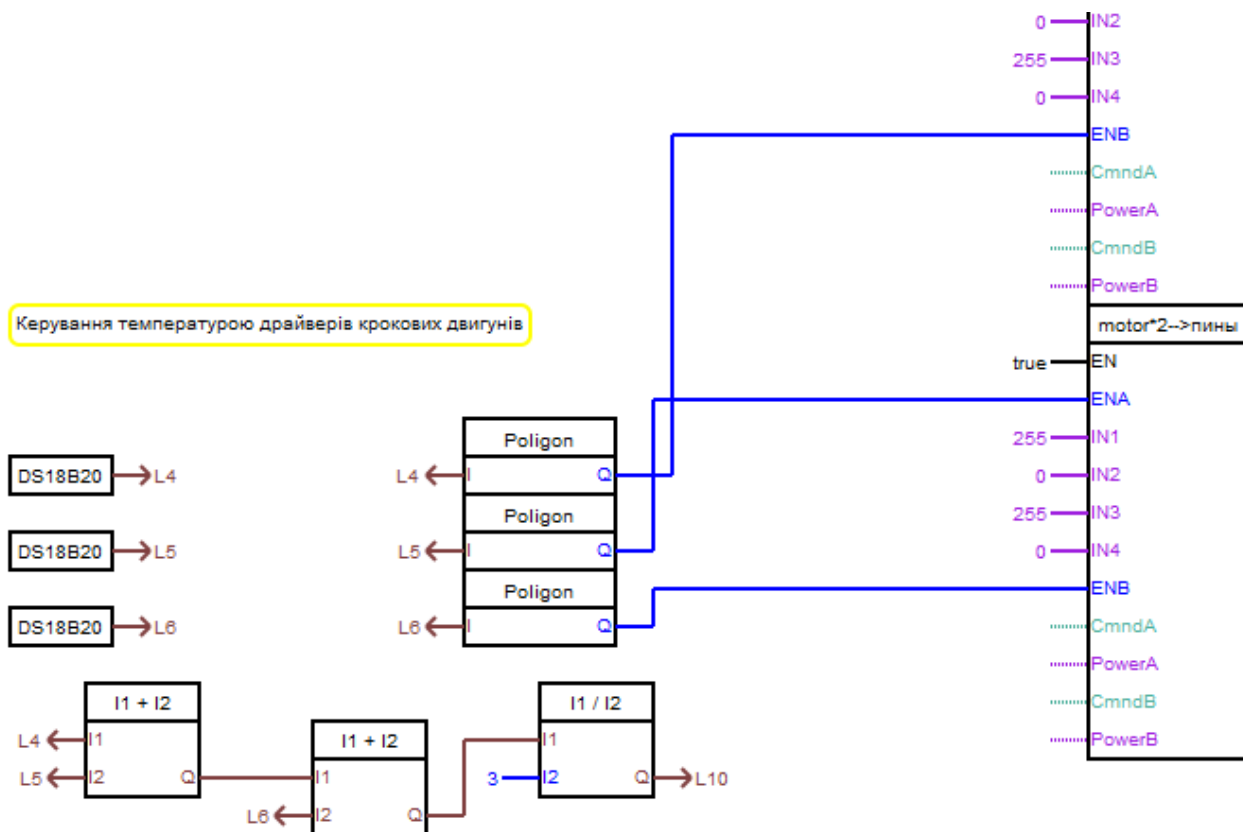


Рисунок 5.12 – Блок керування температурою драйверів крокових двигунів

Блок 3 Керування температурою радіатора для охолодження рідини її рівнем та прокачкою рідини.

Спочатку зчитуються дані з датчика рівня води. Якщо рівень води відповідає значенню $0,005 \text{ м}^3$, то вмикається насос для прокачки рідини, а також видається сигнал дозволу на вмикання вентиляторів, інакше насос не вмикається і вентилятори працювати не будуть.

Далі зчитуються дані з датчика температури DS18B20, який знаходиться на радіаторі охолодження рідини, після чого в залежності від температури видає відповідний керуючий сигнал на драйвер двигуна постійного струму. Якщо температура рідини буде більшою за 50°C , то вентилятори будуть обертатися на максимальних обертах, інакше вентилятори будуть обертатися з меншими обертами. Дана особливість забезпечить енергоефективність системи. Даний блок зображений на рис. 5.13.

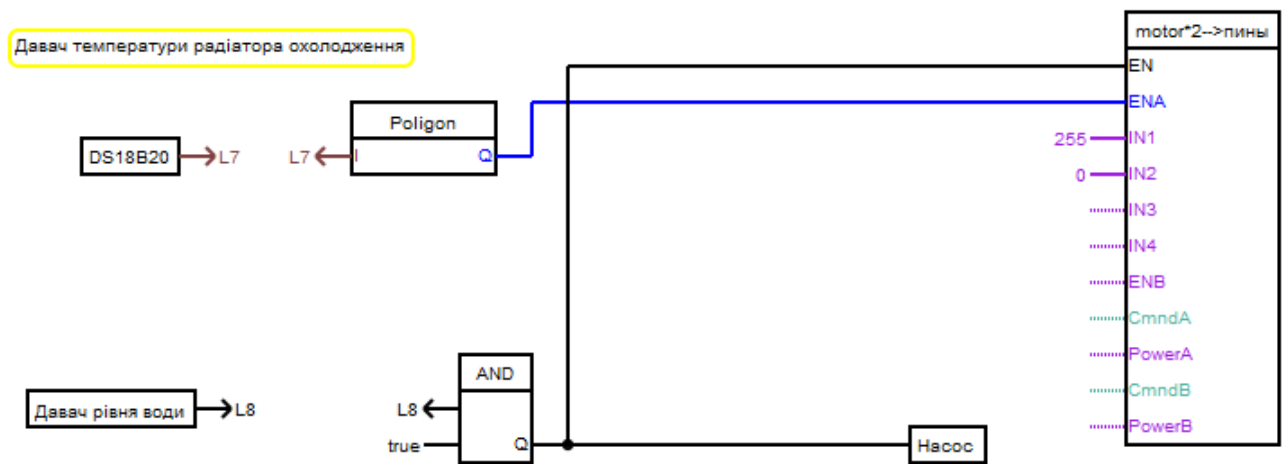


Рисунок 5.13 – Блок керування температурою радіатора для охолодження рідини її рівнем та прокачкою рідини.

Блок 4 Виведення інформації на ЖК дисплей

Даний блок призначений для виведення на дисплей середнього значення температури двигунів та драйверів крокових двигунів, а також температура охолоджуючої рідини та її кількості. Даний блок зображений на рис. 5.14.

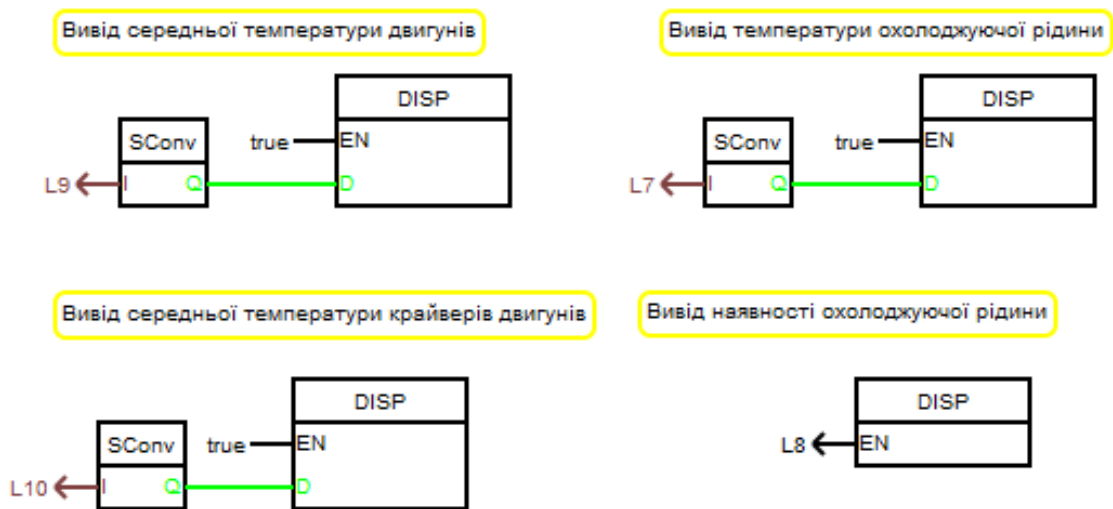


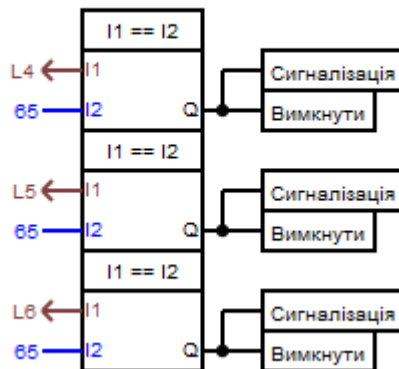
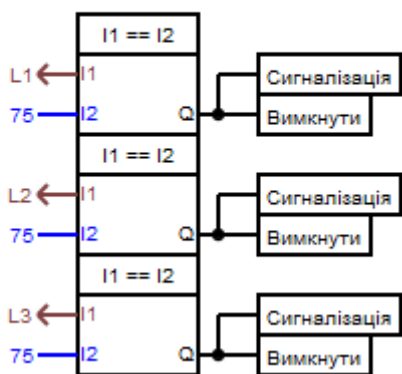
Рисунок 5.13 – Блок виведення інформації на ЖК дисплей

Блок 5 Аварійна зупинка верстата

Даний блок працює наступним чином: в разі перевищення температури будь-якого двигуна, драйвера крокового двигуна, охолоджуючої рідини або відсутності рідини, передається сигнал на плату керування BL - MACH - V1.1 D305 для зупинки роботи верстата з ЧПУ, а також відбувається звукова сигналізація про аварію. Даний блок зображений на рис. 5.15.

Вимкнення верстату від перегріву будь-якого з двигунів

Вимкнення верстату від перегріву будь-якого з драйверів двигунів



Вимкнення верстата від перегріву охолоджуючої рідини, а також її відсутності

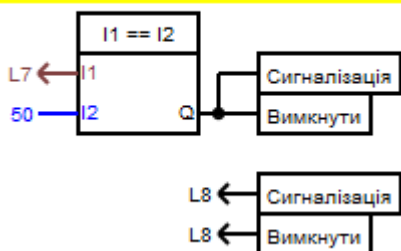


Рисунок 5.13 – Блок аварійної зупинки верстата

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-41 6.050201.ПЗ

Арк.

41

6. АПАРАТНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПІДСИСТЕМИ ПІДТРИМКИ ОПТИМАЛЬНИХ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ ВЕРСТАТА

6.1. Давач температури

У якості основного давача температури використано DS18B20 який зображено на рис. 6.1.

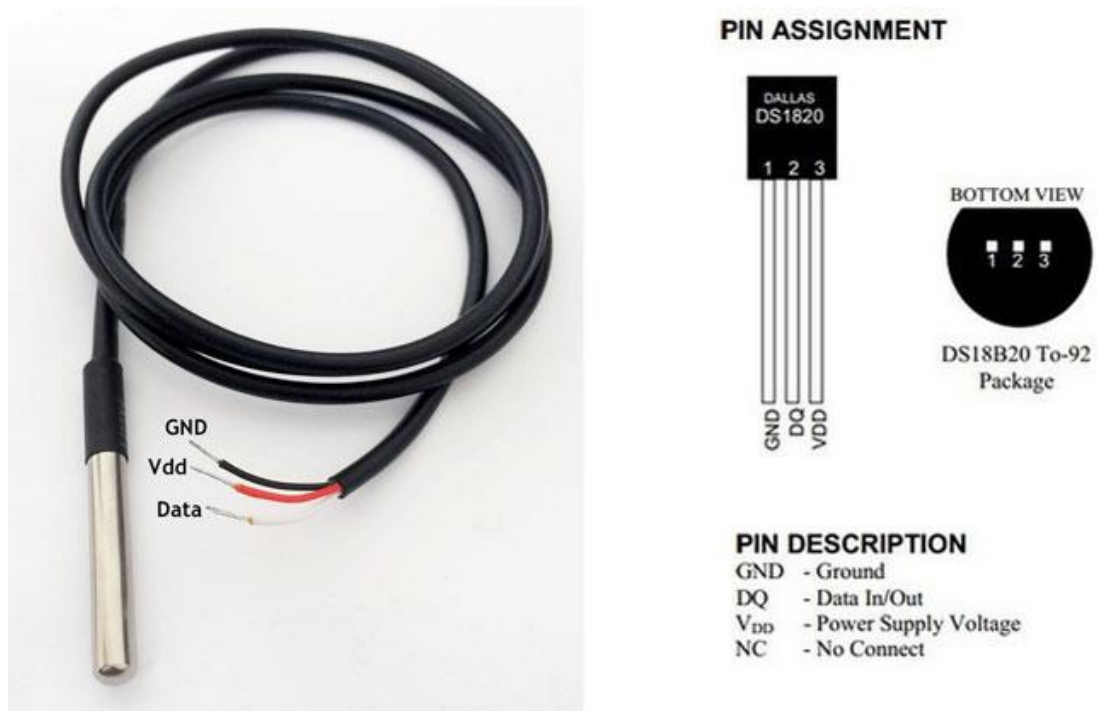


Рисунок 6.1. Давач температури DS18B20

Даний датчик має герметичний, нержавіючий корпус. Відповідно його можна використовувати в умовах підвищеної вологості, а також підвищеної запиленості.

Цей датчик температури заснований на популярній мікросхемі DS18B20. Він дозволяє визначити температуру навколишнього середовища в діапазоні від -55°C до $+125^{\circ}\text{C}$ і отримувати дані в вигляді цифрового сигналу по 1-Wire протоколу. Цей протокол дозволить підключити величезне кількість таких датчиків, використовуючи всього 1 цифровий порт контролера, і всього 2 дроти для всіх датчиків: землі і сигналу. У цьому випадку застосовується так зване «паразитне живлення», при якому датчик отримує енергію прямо з лінії сигналу. Кожен датчик має унікальний прошитий на виробництві 64-бітний код, який може використовуватися мікро контролером для спілкування з конкретним сенсором на загальній шині.

В постійній пам'яті DS18B20 є можливість зберігання граничних значень температури, при виході з яких сенсор буде переходити в режим тривоги. На загальній

					СУ-41 6.050201.ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шині з багатьох сенсорів мікроконтролер може за раз дізнатися, які з них перейшли в цей режим. Таким чином стає легко визначити проблемну ділянку в контрольованому середовищі.

Підключення

Герметичний датчик на основі мікросхеми DS18B20 можна підключити двома способами:

З трьох проводів: живлення (червоний), земля (чорний) і сигнал (білий).

По двох проводах: земля і сигнал. В цьому випадку датчик зрідка може давати невірні показання, які легко виключити з кінцевого результату фільтрацією.

Незалежно від способу підключення, сигнальний провід необхідно з'єднати з харчуванням через резистор 4,7 кОм. При підключенні тільки одного датчика, підійде і резистор на 10 кОм.

Давач DS18b20 має наступні характеристики:

Діапазон вимірюваних температур: $-55 \dots +125 \text{ }^\circ\text{C}$

Точність: $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ (в межах $-10 \dots +85 \text{ }^\circ\text{C}$)

Час отримання даних: 750 мс при 12-бітному дозволі; 94 мс при 9-бітному дозволі

Напруга живлення: 3-5,5 В

Струм при бездіяльності: 750 нА

Струм при опитуванні: 1 мА [13]

6.2. Осьовий вентилятор

Як охолодження для крокових двигунів, драйверів крокових двигунів та радіатора з охолоджуючою рідиною будемо використовувати осьові вентилятори діаметром 80 мм, вигляд якого зображено на рис. 6.5.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 6.5. Осьовий вентилятор Vinga 8025

Вентилятор Vinga 8025 зроблений з міцних матеріалів, має потужний повітряний потік для ефективного охолодження, досить низький рівень шуму і відповідність вимогам ROHS (англ. Restriction of Hazardous Substances) щодо захисту навколишнього середовища. Основні технічні характеристики:

- Живлення - DC12 В
- Частота обертання - 2600±10%RPM
- Тип підшипника - 2 шарикопідшипника
- Рівень шуму - 33dB
- Функціональна можливість – регулювання.

6.3. Драйвер двигуна постійного струму

В якості драйвера двигуна постійного струму будемо використовувати драйвер L298n.

Драйвер двигуна постійного струму L298n потрібен для керування швидкістю обертання осьових вентиляторів за допомогою PWM сигналу. Фізичний вигляд зображено на рис. 6.6.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

нижче, то перемичку потрібно одягнути, а з виведення "+ 5V power" можна знімати стабілізовану напругу 5В для ваших потреб.

На вхід "12V power" можна подавати напругу від 5 до 35В. [14]

6.4. Мембранний насос для перекачки охолоджуючої рідини

Мембранний насос 35W 24V DC 2.9L/min потрібен для охолодження шпинделя. Він зображений на рис. 6.7 і має такі характеристики :

- Розхід - 2,9 л/мин.
- Номінальний струм - 1,6А
- Номінальна потужність - 35W
- Максимальний тиск - 0,64 мПа



Рисунок 6.7. Мембранний насос

В комплект до насосу входять радіатор для охолодження рідини, бачок розширення та трубки для підключення.

6.5. Твердотільне реле

Для вмикання насосу було взято твердотільні реле SSR – 100 DA-H якого зображений на рис. 6.8.



Рисунок 6.8 Твердотільне реле SSR – 100 DA-H

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Твердотільне реле SSR-100DA-H – це високоякісний пристрій напівпровідникового типу, основним завданням якого є безконтактна комутація силових ланцюгів різних механізмів, переважно нагрівальних елементів, приладів відповідальних за освітлення, електродвигунів з малою потужністю та інших електроприладів з робочою напругою до 480 В змінного струму, а також від 3 до 36 В постійної напруги. Пристрій характеризується низьким рівнем випромінювання завад електромагнітного типу, що забезпечується завдяки застосованому комутаційному методу при переході струму через нуль. Твердотільне реле SSR-100DA-H характеризується високою перевантажувальною здатністю по струму і напрузі.

У твердотільних реле комутація ланцюгів навантаження здійснюється безконтактно за рахунок комутації вбудованих напівпровідникових елементів, що дає їм ряд переваг перед звичайними електромеханічними реле.

Технічні характеристики:

- Номінальний робочий струм: 100 А;
- Напруга, що комутується: 90-480 В АС;
- Керувальна напруга: 3 - 32 В DC;
- Керувальний струм: 3 – 25 мА;
- Опір ізоляції: 500 МОм (при 500В DC);
- Струм витoku у вимкненому стані: ≤ 2 мА;
- Електрична міцність ізоляції: 2500В АС;
- Час включення / вимикання: ≤ 10 мс;
- Температура навколишнього повітря $-30^{\circ}\text{C} \dots +75^{\circ}\text{C}$;
- Тип монтажу: кріплення гвинтами на площину;
- Індикація: світлодіод для контролю наявності вхідного сигналу;
- Падіння напруги: 1В;
- Розмір: 60x45x23 мм. [15]

6.6. Давач рівня води

В якості давача рівня води будемо використовувати поплавковий давач рівня води US23 зображений на рис. 6.10.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 6.10. Поплавковий давач рівня води US23

Він є одним із самих надійних і доступних давачів рівня води. Давач може використовуватися для вимірювання рівня самих різних продуктів, таких як: хімічно агресивні рідин, харчові продукт, різні види палива. Принцип дії даного давача заключається в тому, що давач рівня води має поплавок, що пересувається по вертикальному штоку. Усередині поплавка знаходиться постійний магніт, а в штоку, що представляє собою порожню трубку, знаходиться геркон. Герконовий контакт спрацьовує при наближенні магніту. Таким чином при зміні рівня води спрацьовує давач і передає сигнал на плату керування. Він має наступні характеристики:

- Максимальна потужність на контактах: 10 Вт
- Максимальна комутована напруга: 220В
- Максимальний комутований струм: 0.5 А
- Максимальна напруга пробую: 220 В DC
- Максимальний струм: 1А
- Максимальний опір контактів: 100 мОм
- Діапазон робочих температур: -10 .. + 60 С
- Матеріал поплавка: поліпропілен. [16]

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ РОБОТИ З ВЕРСТАТОМ

Взагалі для роботи з верстатом з ЧПУ програмне забезпечення складається з трьох основних програм. А саме з CAD, CAM і програмного забезпечення для розпізнання G-коду та переведення його в відповідні сигнали на плату керування.

7.1. CAD програма для створення 3D моделі виробу

CAD (англ. Computer-aided design) — технологія автоматизованого проектування, призначена для автоматизації технологічного процесу проектування виробу, результатом якого є комплект проектно-конструкторської документації, достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкта проектування. [17]

А взагалі програмне забезпечення CAD представляє собою середовище для створення тривимірних моделей деталей.

Основним програмним забезпеченням яке використовувалось в ході проектування було AutoCAD 2018.

AutoCAD є світовим лідером серед рішень для 2D- і 3D-проектування. Будучи більш наглядним, 3D моделювання дозволяє прискорити проектні роботи і випуск документації, спільно використовувати моделі і розвивати нові ідеї. Для AutoCAD доступні тисячі налаштувань, що дозволяє задовольнити потреби самого широкого кола клієнтів.

AutoCAD 2018 дозволяє вирішувати найскладніші проектні проблеми. Засобами створення довільних форм, моделюються найрізноманітніші тіла і поверхні; час перевірки проектів значно скорочується; параметричні креслення допомагають тримати під рукою всю потрібну інформацію. Проектні ідеї можна візуалізувати у форматі PDF, а також реалізовувати в макетах, одержуваних за допомогою 3D друку.

7.2 CAM програма для створення G-коду фрезерування або гравірування

CAM (англ. Computer-aided manufacturing) - технологія автоматизованого виробництва, призначена для підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПУ. Дане програмне забезпечення використовує заздалегідь створену тривимірну модель для створення керуючої програми в вигляді G- коду.

Програмним забезпеченням для виконання даних функцій було вибрано Delcam ArtCAM 2009.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Delcam ArtCAM - це програмний пакет для просторового моделювання, який дозволяє автоматично генерувати просторові моделі з плоского малюнка і отримувати по ним вироби на верстатах з ЧПУ.

ArtCAM 2009 в свою чергу пропонує потужний, легкий у використанні набір засобів моделювання, який надає дизайнерові свободу при створенні складних просторових рельєфів.

Додаткові модулі, що входять до складу ArtCAM 2009, дозволяють:

- імпортувати математичні моделі;
- імпортувати і використовувати моделі, отримані на лазерних і традиційних скануючих пристроях;
- використовувати унікальну бібліотеку просторових елементів;
- створювати 3D рельєфи по плоскій геометрії;
- наносити об'ємну текстуру на деталі;
- створювати моделі з напівтонових зображень;
- створювати КП для різних верстатів;
- контролювати масу, обсяг виробу і час роботи верстата до безпосереднього виготовлення.

Все це може бути об'єднано з рельєфами, згенерованими в ArtCAM 2009, щоб отримати більш складний дизайн. Такий набір модулів в ArtCAM 2009 поєднує швидкість і гнучкість без шкоди для творчості.

Закінчені конструкції можуть бути зафарбовані, щоб дати реалістичне уявлення про дизайн. Це дозволяє оцінити і прийняти або відкинути дизайн на екрані без необхідності виготовляти моделі на верстаті. [18]

7.3. Програмне забезпечення для керування процесом виготовлення виробу

Останнє і найголовніше програмне забезпечення яке використовують це ArtSoft Mach3. Основним завдання даного ПЗ являється зчитати G-код створений заздалегідь та створити відповідні керуючі імпульси для коректної роботи верстата з ЧПУ.

Програмне забезпечення ArtSoft Mach3 призначена для управління ЧПУ верстатом. Програма встановлюється на IBM сумісний персональний комп'ютер з'єднаний з платою керування. Mach3 була розроблена американськими програмістами, як для професійного так і для аматорського використання, тому вона є найбільш поширеним програмним забезпеченням для верстатів з ЧПУ в світі.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програма має широкий функціонал і відрізняється наглядним інтерфейсом. За допомогою Mach3 можливе управління наступними типами верстатів: токарськими, фрезерними, лазерними і плазмовими і гравірувальними.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	<i>Арк.</i>
						51
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

8. РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ ТА КОМУТАЦІЯ АПАРАТНИХ СКЛАДОВИХ ВЕРСТАТУ МІЖ СОБОЮ

Після вибору контурів керування верстатом, а також вибору апаратних складових системи потрібно розробити функціональну схему автоматизації системи.

На функціональній схемі автоматизації повинно бути присутні наступні складові:

- Три крокових двигуни які відповідають за переміщення осей. Для керування коковими двигунами використовується ШІМ сигнал, який комп'ютер передає на драйвери крокових двигунів, після чого посилений сигнал йде на самі двигуни. Даний сигнал несе в собі інформацію про швидкість обертання двигуна, напрямок в якому буде обертатися двигун та кількість кроків, які він повинен зробити.

- Шпиндель, який також керується з комп'ютера, а саме його швидкість обертання.

- Кінцеві вимикачі всіх осей. Дані вимикачі потрібні для захисту механізмів верстата від пошкоджень. На кожній з осей є два кінцевих вимикачі їхня задача обмежити рух осі верстата при підході до крайнього положення.

- Також повинна бути аварійна кнопка, при натисканні на яку верстат зупиняє свою роботу.

Функціональна схема автоматизації системи числового програмного управління фрезерно-гравірувальним верстатом представлена в додатку А.

Комутація апаратних складових

Для роботи механіки і всього верстата взагалі необхідно з'єднати між собою все вище обране апаратне забезпечення.

З'єднання всіх компонентів починається з плати керування або інтерфейсної плати.

Для використання інтерфейсної плати потрібно завантажити і встановити на комп'ютер програму для його управління і настройки, наприклад МАСНЗ. Тепер потрібно визначитися з місцем монтажу ВL - МАСН - V1.1 . Місце має бути захищене від агресивних чинників навколишнього середовища тому ВL - МАСН - V1.1 не встановлено в корпус. ВL - МАСН - V1.1 може бути змонтована на будь-якій плоскій поверхні, для цього на платі передбачено чотири отвори. Потім за допомогою кабелю LPT з'єднати інтерфейсну плату з комп'ютером. Роз'єм LPT інтерфейсної плати виконаний в корпусі DB25 типу «тато».

Коли фізичний зв'язок з комп'ютером встановлений, можна підключати живлення. ВL - МАСН - V1.1 потребує окремого живлення логічної і силової частини. Живлення логічної частини може здійснюватися двома способами.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перший - від USB порту комп'ютера. Для цього підключити BL - MACH - V1.1 кабелем USB тип A - USB тип A на самій платі є роз'єм USB типу «мама».

Другий - від зовнішнього джерела живлення. Зовнішнє джерело живлення підключається до клем-затискачів PCGND (загальний контакт), PC5V (напруга живлення). Клем PC5V дві, немає різниці, до якої підключати живлення. Зовнішнє джерело живлення повинно підтримувати струм не менше 500 мА.

BL - MACH - V1.1 має світлодіодну індикацію. Світлодіод, позначений на платі PW (5V), горить, коли на логічну частину плати подається напруга живлення 5 В.

Після цього можна підключати живлення до силової частини BL - MACH - V1.1. Живлення має здійснюватися від зовнішнього джерела живлення з напругою 12 - 24 В постійного струму. Підключати джерело живлення потрібно до клем-затискачів, позначених на нижньому боці плати + 12-24V (IN) і GND. Світлодіод, позначений на платі 12-24V, горить, коли на силову частину плати подається напруга живлення 12 - 24 В.

Щоб правильно підібрати джерело живлення для всієї системи потрібно зробити невеликий розрахунок. Джерело живлення в комплекті з BL - MACH - V1.1 не йде. Для розрахунку необхідних показників джерела живлення можна використовувати формулу: Вихідний струм = Сума струмів всіх споживачів системи + 2А.

Тепер потрібно зайнятися захистом самої плати, комп'ютера і пристроїв, що підключаються. BL - MACH - V1.1 має оптоізоляцією всіх вхідних сигналів. Блок для підключення кнопок аварійної зупинки зображений на малюнку зліва.

Позначення контактів P10 - P13, P15, GND.

P10 - аварійна зупинка всієї системи.

P11 - попередня настройка різака (карта поверхні).

P12 - кінцевий вимкати осі X.

P13 - кінцевий вимкати осі Y.

P15 - кінцевий вимкати осі Z.

GND - загальний контакт.

Після цього можна підключати до BL - MACH - V1.1 драйвери двигунів. Драйвери двигунів до інтерфейсної плати можна підключити двома способами.

Перший - більш цивілізований спосіб. На корпусі плати BL - MACH - V1.1 є п'ять гнізд - по одному гнізду на кожну вісь. Кожне гніздо має чотири контакти + 5V (живлення логіки), CLK (Pulse), CW (Direction), EN (Enable). Якщо виявилось, що гнізда драйверів двигунів такі ж, як у інтерфейсної плати, і є правильні кабелі з коннекторами під ці гнізда - можете з'єднувати пристрої цим способом.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Другий - підключення драйверів двигунів до клем-затискачів. На текстоліті інтерфейсної плати є таблиця відповідності клеми-сигнали для кожної осі.

Сигнали від інтерфейсної плати потрібно підключати до відповідних входів драйверів двигунів:

Вісь X: P2 – CLK, P3 - CW;

Вісь Y: P4 - CLK, P5 - CW;

Вісь Z: P6 - CLK, P7 - CW;

Вісь A: P8 - CLK, P9 - CW;

Вісь B: P16 - CLK, P17 - CW.

Сигнал Enable буде загальним для всіх драйверів двигунів - цей сигнал потрібно розводити на кожен драйвер окремо. Він виводиться з клеми P14.

Клема P17 може виконувати дві функції: сигнал CW (Direction) для осі B і вихідний сигнал реле управління шпинделем. Функція клеми P17 встановлюється за допомогою джампера, який знаходиться на інтерфейсній платі. Якщо джампер встановлений - клема P17 виконує функцію виходу реле, якщо немає - функцію сигналу CW (Direction) для осі B. Використовується реле SRD-05VDC-SL-C, комутаційна здатність реле 8 А при живленні 24 В. До реле може бути підключено тільки один пристрій. Світлодіод, позначений на платі Relay, горить, коли релейний інтерфейс замкнутий.

Клема P1 вихід широтно-імпульсної модуляції (PWM).

Клеми PCGND, PC5V крім функції зовнішнього живлення логіки можуть використовуватися в схемах з використанням загального анода (PCGND) або загального катода (PC5V) з напругою сигналу до +5 В.

Клеми, позначені на малюнку «Spindle ON / OFF Control interface», виконують функцію перемикача шпинделя.

Клеми, позначені на нижній частині інтерфейсної плати PWM 0-10V (OUT) і GND - виконують функцію регулювання швидкості обертання шпинделя. Це фактично аналоговий ШІМ частотний перетворювач. [19]

Відповідно до обраних апаратних засобів розроблюємо схему підключення всіх елементів між собою яка зображена на рис 8.1, а також принципову електричну схему системи числового програмного управління верстатом, яка приведена в додатку А.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

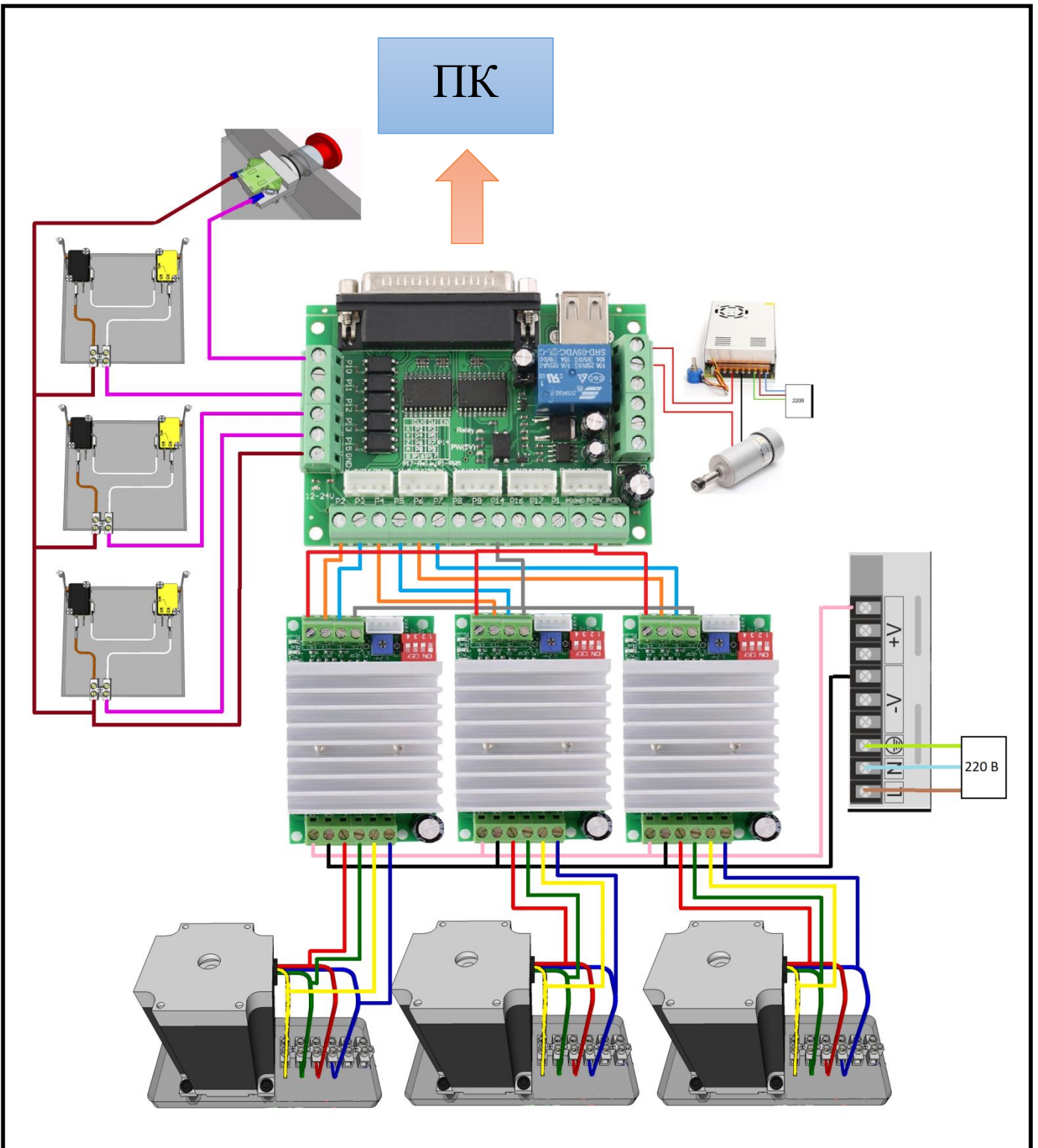


Рисунок 8.1. Схема підключення апаратних складових

9. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічна частина даного проекту являє собою кошторис елементів відповідного верстата з описом вартості відповідних комплектуючих для системи керування, а також для підсистеми.

Для створення фрезерно-гравірувального верстата з ЧПУ, а також підсистеми підтримки робочих параметрів верстата з ЧПУ потрібно використати апаратне забезпечення яке було перераховано вище.

Всі комплектуючі використані під час побудови верстата з ЧПУ наведені в таблиці 9.1, комплектуючі які були використані для створення підсистеми наведені в таблиці 9.2

Таблиця 9.1 – Ціна комплектуючих для створення верстата з ЧПУ

Назва	шт.	Ціна 1 шт.		Ціна заг.
Драйвери крокових двигунів				
ТВ6600 4.5А	3	164,566		493,698
Крокові двигуни				
23HS5628 165 Oz в 56 мм 2.8А	2	564,305		1128,61
23HS8430	1	851,71		851,71
Плата керування				
BL-MACH- V1.1	1	270		270
Блок живлення				
36 В 10А 360 Вт	1	603,41		603,41
Шпиндель				
Шпиндель 500W з блоком живлення	1	2447,5		2447,5
Тримачі валів				
SHF16 16 мм (круглі на X Y)	8	48,84		390,72
SHF8 8 мм (круглі на Z на верх)	4	32,86		131,44
Підшипники				
SC16UU 16 мм (на вісь Y)	4	125,71		502,84
SC16UU 16 мм (на вісь X)	2	83		166
SC8UU 8 мм (на вісь Z)	4	68,76		275,04
Підшипник вн. D10 мм	3	22		66
201	3	20		60

Продовження таблиці 9.1

Вали				
WCS 16 (Y)	2	285		570
WCS 16 (X)	1	285		285
WCS 8 (Z)	0,5	132		66
Шпильки				
M16	2	56,1		112,2
M8	1	16		16
Роздріб				
Болт М5х70	4	1,72		6,88
Болт М5х35	24	0,44		10,56
Болт М5х30	16	0,48		7,68
Болт М5х40	12	0,6		7,2
Гайка стопорна М5	60	0,21		12,6
Шайба плоска збільшена М5	80	0,15		12
Гровер М5	80	0,07		5,6
Шайба плоска збільшена М4	8	0,1		0,8
Гровер М4	8	0,09		0,72
Гвинт метричний з потайн м5*70	4	4,11		16,44
Гвинт метричний з напівк м4	8	2,055		16,44
Гвинт метричний з потайн м5*80	4	4,11		16,44
Гайка М16	6	2		12
Додаткові витрати				
Фрези кукурудза набір 10 шт	1	275		276
Фанера 1525*1525*15	1	411,9		411,9
Порізка фанери	1	35,46		35,46
Гнучкі муфти 8-10	3	85,05		255,15
Кінцевий вимикач	10	5,49		54,9
Доставка	329			329
			Всього	9923,938

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СУ-41 6.050201.ПЗ

Арк.

57

Таблиця 9.2 – Ціна комплектуючих для створення підсистеми

Назва	шт.	Ціна 1 шт.		
DS18B20	7	44		308
Vinga 8025	8	72		576
L298n	4	54		216
Мембранний водяной насос 35W 24V DC 2.9L/min	1	653,8		653,8
SSR-10DA	1	92		92
US23	1	58		58
			Всього	1903,8

Отже загальна собівартість фрезерно-гравірувального верстата з числовим програмним керуванням складає 9923,938 грн. Собівартість підсистеми підтримки оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ складає 1903,8 грн. Затрати на роботу по збиранню в даний кошторис не враховувались. Як бачимо створення даної верстата з ЧПУ, а також підсистеми загалом є не дуже затратно, тому дану систему можна рекомендувати для малих підприємств, а також для домашніх майстерень.

10. ОХОРОНА ПРАЦІ

10.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів для оператора верстата

В ході експлуатації фрезерно-гравірувального верстата з числовим програмним керування на оператора можуть діяти різні шкідливі або небезпечні фактори. А саме:

- дія механічних факторів - рухомі частина верстата, обертання шпинделя, механічна дія стружки;

- підвищений рівень шуму біля верстата – шум створюють різні рухомі частини верстата, обертання шпинделя, робота крокових двигунів, обробка деталі;

- підвищена запиленість – в результаті обробки деталі рівень пилу піднімається, і в залежності від матеріалу, який підлягає обробці пил може містити різні шкідливі частки;

- підвищений рівень вібрації – в результаті роботи верстата на нього діють різні рухомі механізми, що і спричиняє підвищення рівня вібрації;

- дія електричного струму – для роботи верстата використовуються різні види струмів і напруги. В залежності від виду та сили, електричний струм може бути небезпечним для життя людини.

10.2. Заходи щодо попередження впливу відповідних небезпечних та шкідливих факторів для оператора

Для попередження впливу механічних факторів рекомендується ставити металеві огорожі біля робочих органів верстата, обмежити дії оператора при працюючому верстаті, захищатися від дії стружки шляхом одягання рукавиць та окулярів.

Для зменшення дії шуму на оператора рекомендується робити вдягати спеціальні навушники для ізоляції шуму від органів слуху людини. Рівні звукового тиску і рівні звуку на робочому місці оператора при роботі верстата під навантаженням не повинні перевищувати значень, наведених у ГОСТ 12.1.003 - 88.

В залежності від матеріалу оброблюваного на верстаті рід пилу і стружки може відрізнятися. Різний вид пилу, несе різні наслідки за собою Пил небезпечно впливає на різні слизові органи людини. Для захисту рекомендується використовувати різного роду респіратори і спеціальні окуляри. Значення гранично допустимих концентрацій шкідливих домішок в повітрі робочої зони наводяться в ГОСТ 12.1.005-88 «Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги »і СНиП 2.04.05-86« Опалення, вентиляція і кондиціонування ».

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зменшення дії вібрації на оператора рекомендується робити демфірування верстату, тобто встановлення верстату на спеціальні опори, які гасять вібрацію. Також досягти зменшення вібрації дозволяє збільшення жорсткості конструкції верстата. Норми вібрації наведені в ГОСТ 12.1.012-90 «Вібраційна безпека. Загальні вимоги безпеки».

Верстат має ряд електроприладів різних напруг і родів струму. Шпиндель верстату живиться від напруги 220 В. Також використовується блок живлення на 220 В, який перетворює змінну напругу в постійну напругу живлення для крокових двигунів 36 В. Для забезпечення безпеки передбачається добротна ізоляція дротів, розташування контактів в недосяжних для людей місцях, а також заземлення блоків живлення і всіх робочих механізмів верстата. Заземленню або зануленню підпадають номінальна напруга від 220 В змінного струму і від 110 В постійного струму відповідно до ГОСТ 12.1.030 - 81 «ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення, занулення».

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВОКИ

В проєкті розроблений бюджетний фрезерно-гравірувальний верстат з ЧПУ для виготовлення або гравірування малогабаритних виробів. Цей верстат може бути використаний для обробки дерева, пластмас, акрилу, алюмінію або інших матеріалів. Дана модель верстата здатна поповнити парк верстатів невеликих підприємств, виробництв або домашніх майстерень.

Аналізуючи загальні принципи побудови верстатів з ЧПУ, обрано ключові контури керування верстатом відповідної моделі. Розроблені структурна та функціональна схеми автоматизації верстата. За допомогою програмного середовища AutoCAD 2018 створено конструктив верстата (Додаток Д). Обрано комплектуючі механічної частини та електронної складової фрезерно-гравірувального верстата.

Розроблена підсистема підтримки оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ даної моделі, основною метою якої є - забезпечення безвідмовної та надійної роботи верстата в процесі виготовлення виробу, розроблена відповідна функціональна схема автоматизації. Ця підсистема містить в собі наступні контури керування: контур захисту крокових двигунів від перегріву, контур захисту драйверів крокових двигунів від перегріву, контур підтримки оптимальної температури охолоджуючої рідини та контролю її кількості. Розроблено алгоритм функціонування елементів підсистеми, для реалізації якого обрано мікропроцесорний модуль Arduino Leonardo. Програмування мікропроцесорного модуля здійснювалось в середовищі FLPog на мові FBD стандарту МЕК 611-31-3. Обрано необхідні комплектуючі підсистеми.

Для роботи даної системи було обране відповідне програмне забезпечення Mach3, а також додаткове програмне забезпечення AutoCAD 2018, ArtCam 2009 та ін. Були створені схеми підключення різних елементів і пристроїв системи керування та підсистеми між собою, а також приведені рекомендації щодо налаштування програмного середовища Mach3 (див. додаток Б).

В економічній частині був наведений кошторис затрат на створення відповідного верстата з усіма його складовими.

В розділі охорона праці було проаналізовано основні небезпечні та шкідливі фактори, які можуть мати вплив на оператора відповідного верстата. Запропоновано ряд заходів щодо запобігання впливу цих шкідливих факторів на оператора.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Числове програмне управління - основні характеристики [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sitelab-15.dss-bi.com.ua/index.php/statti/4-chyslove-prohramne-upravlinnia-osnovni-kharakterystyky>.
2. Історія числового програмного управління [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://sitelab-15.dss-bi.com.ua/index.php/statti/6-istoriia-chyslovoho-prohramnoho-upravlinnia>.
3. Проектування трудового процесу [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ukrefs.com.ua/page,5,111933-Proektirovanie-trudovogo-processa.html>.
4. Переваги та недоліки верстатів з ЧПУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://um.co.ua/11/11-8/11-88721.html>.
5. Підтримка положення в сервоприводі: підлегле регулювання vs кроковий режим [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://habr.com/company/npf_vektor/blog/392837/.
6. Загальні відомості про системи управління і верстатах з ЧПУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studfiles.net/preview/2688655/page:2/>.
7. Комутаційна плата (контролер) для ЧПУ (CNC) 5 осей [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://radiostore.com.ua/p448916967-plata-upravleniya-chpu.html>.
8. Кроковий електродвигун [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://www.gpedia.com/uk/gpedia/%D0%9A%D1%80%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD.
9. Інструкція до драйвера ШД BL-TB6600-V1.2 [Електронний ресурс]. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: http://totcnc.com/tblog/20_instruction-bl-tb6600-v1-2#070.
10. Імпульсний стабілізатор напруги [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.bywiki.com/wiki/%D0%86%D0%BC%D0%BF%D1%83%D0%BB%D1%8C%D1%81%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%B1%D1%96%D0%BB%D1%96%D0%B7%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%83%D0%B3%D0%B8.
11. Кінцевий вимикач [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://www.turkaramamotoru.com/uk/%D0%9A%D1%96%D0%BD%D1%86%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B9-%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%87-170608.html>.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Шпиндель-500Вт ER11 БЖ-100В, [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.xn--d1acjlcenzi.com/cnc/shpindel500-detail>.
13. Герметичний давач температури DS18B20 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://amperka.ru/product/sealed-temperature-sensor-ds18b20>.
14. Драйвер для двигунів двоканальний L298N [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://arduinka.biz.ua/drayver-dlya-dviguniv-dvokanalniy-l298N-p262c74>.
15. Твердотільне реле SSR-100DA-H [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uamper.com/%D0%A2%D0%B2%D0%B5%D1%80%D0%B4%D0%BE%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5-%D1%80%D0%B5%D0%BB%D0%B5-100%D0%90-%D0%A1%D0%A1%D0%A0-100DA-%D0%9D-solid-state-module>.
16. US23 датчик рівня води поплавковий [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://greenchip.com.ua/28-0-286-0.html>.
17. Система автоматизованого проектування і розрахунку [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BC%D0%B0_%D0%B0%D0%B2%D1%82%D0%BE%D0%BC%D0%B0%D1%82%D0%B8%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F_%D1%96_%D1%80%D0%BE%D0%B7%D1%80%D0%B0%D1%85%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%83.
18. ArtCAM Pro 9 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://ua.nauchebe.net/2013/07/artcam-pro-9-crack-kerivnictvo-rosijskoju/>.
19. Інтерфейсна плата з опторозв'язкою на 5 осей ЧПУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://uawest.com.ua/interfeysnaya-plata-s-optorazvyazkoj-na-5-osey-chpu.html>.
20. Базове налаштування MACH3 [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://wiki.purelogic.ru/index.php?title=%D0%91%D0%B0%D0%B7%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%8F_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B9%D0%BA%D0%B0_MACH3.
21. Числове програмне керування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A7%D0%B8%D1%81%D0%BB%D0%BE%D0%B2%D0%B5_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D0%BC%D0%BD%D0%B5_%D0%BA%D0%B5%D1%80%D1%83%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.

22. Mach3 CNC Controller Установка і конфігурування [Електронний ресурс]. 2008. – Режим доступу до ресурсу: <http://stanokplazma.ru/text/mach.pdf>.

23. Arduino Leonardo [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://doc.arduino.ua/ru/hardware/Leonardo>.

24. Підключення наборів для ЧПУ на базі інтерфейсної плати до LPT порту [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://shagovik.ru/index.php?route=information/articles&articles_id=2.

25. Загальні відомості про верстати з ЧПУ [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: http://oplib.ru/dom/view/124340_stor_ua.

26. Числове програмне керування [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sites.google.com/site/sajtbereznogosergia/kollegam>.

27. Принцип роботи фрезерного верстата з ЧПУ [Електронний ресурс] // 2017 – Режим доступу до ресурсу: <http://studvesna73.ru/07/23/7217/>.

28. Черв'яков, В. Д. 3317 Інструктивні вказівки до виконання курсових і дипломних проектів [Текст] : з напрямку підготовки "Системна інженерія" і спец. "Комп'ютеризовані системи управління та автоматика" для студ. денної та заочної форм навчання / В. Д. Черв'яков, О. Ю. Журавльов, І. В. Щокотова. – Суми : СумДУ, 2013. – 69 с. – 7-32.

29. Локтева С.Е. Станки с программным управлением и промышленные роботы.

30. Шихельман Г. Л Рабочему о качестве металлообработки. — М.: Машиностроение. 1980.— 152 с, ил, 50 к.

31. ГОСТ 12.1.030 - 81 «ССБТ. Электробезопасность. Защита от поражения электрическим током».

32. ГОСТ 12.1.012-90 «Вибраційна безпека. Загальні вимоги безпеки».

33. ГОСТ 12.1.005-88 «Повітря робочої зони. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги»

34. СНиП 2.04.05-86« Опалення, вентиляція і кондиціонування ».

35. ГОСТ 12.1.003 – 88 «Система стандартів безпеки роботи».

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
(довідниковий)

Конструкторська документація

СУ-41 6.050201 А2 Функціональна схема автоматизації системи числового програмного управління фрезерно-гравірувальним верстатом

СУ-41 6.050201 Е3 Електрична принципова схема системи числового програмного управління фрезерно-гравірувальним верстатом

СУ-41 6.050201 ПЕ Перелік елементів до електричної принципової схема системи числового програмного управління фрезерно-гравірувальним верстатом

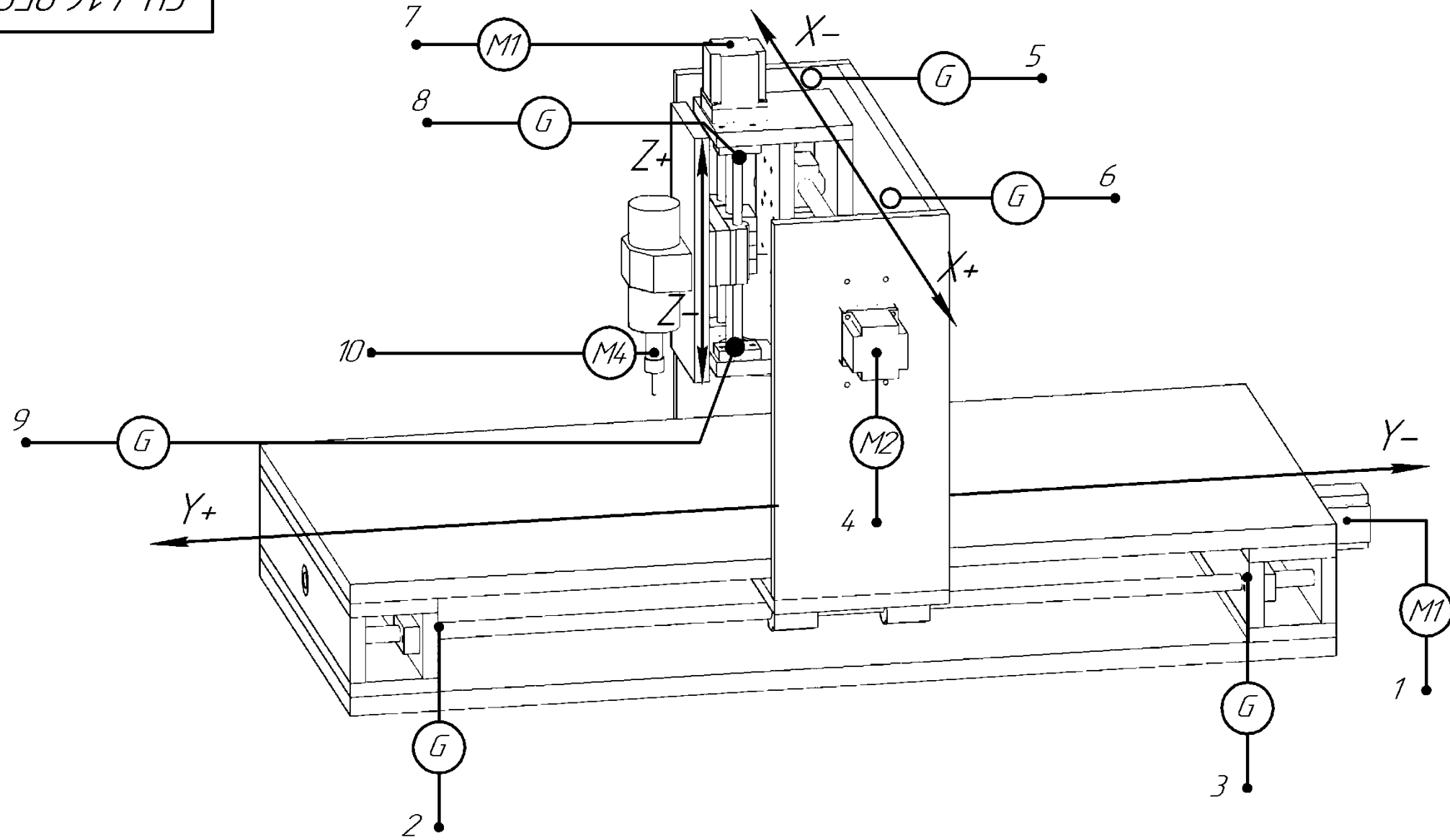
СУ-41 6.050201 А2 Функціональна схема автоматизації підсистеми підтримка оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ

СУ-41 6.050201 Е3 Електрична принципова схема підсистеми підтримка оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ

СУ-41 6.050201 ПЕ Перелік елементів до електричної принципової схема підсистеми підтримка оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

СУ-4.16.050201 А2



Прилади на місці		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	G ^{НА}
ЧЗ0												
ПК	AI											
	AO											
	DI											
	DO											
АВАРІЯ												

СУ-4.16.050201 А2					Лист	Маса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.м.	Подп.	Дата	Т		
Разраб.	Левковський				Лист	Листов	1
Проб.	Павлов				Функціональна схема автоматизації		
Т.контр.					СУМДУ СУ-41		
Н.контр.					Формат А3		
Утв.					Копіював		

Перв. примен.

Спроб. №

Подп. и дата

Инд. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

СЧ-4.16.050201 ЕЗ

Перв. примен.

Справ. №

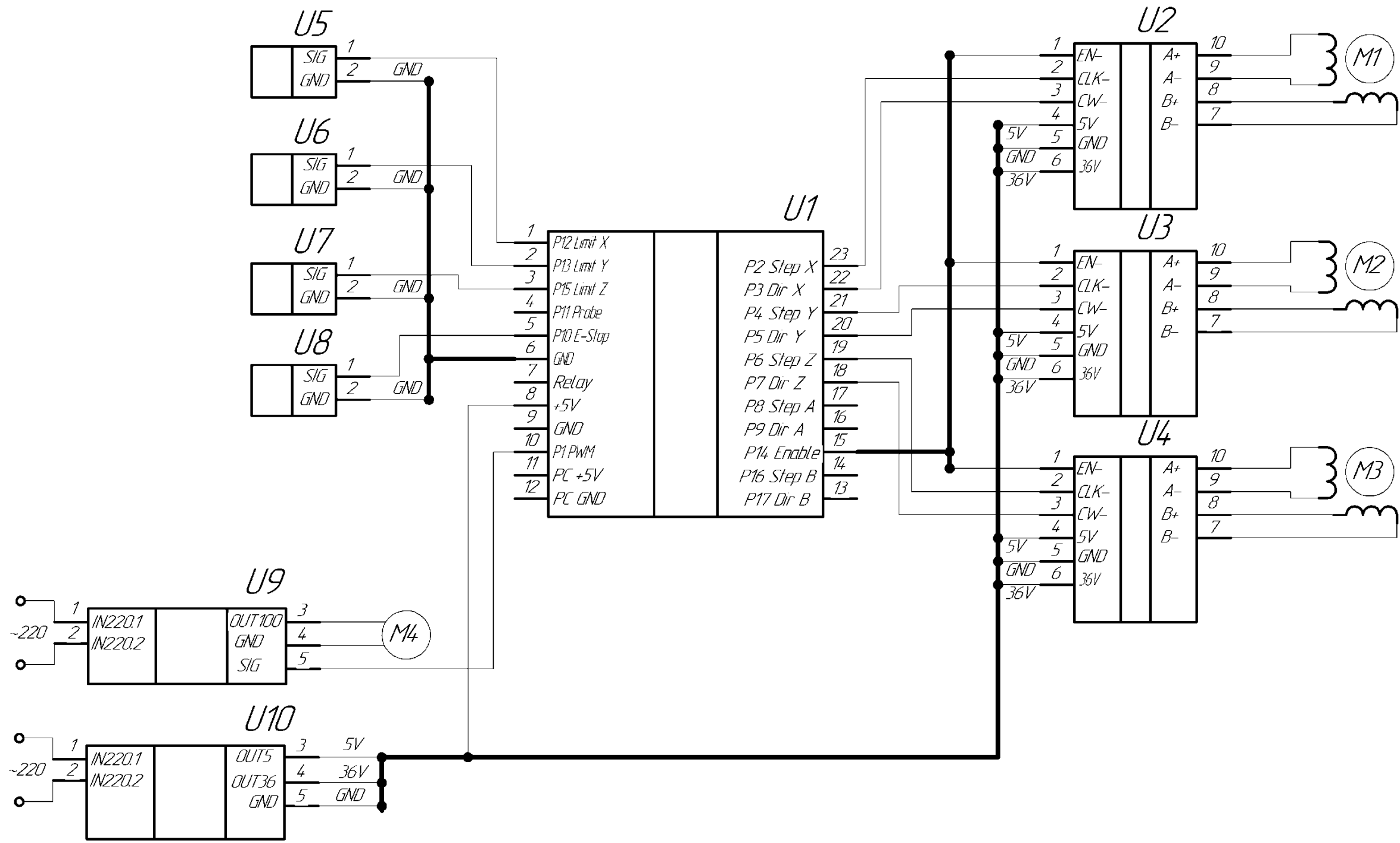
Подп. и дата

Изм. № докум.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



				СЧ-4.16.050201 ЕЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Система числового програмного управления фрезерно-гравировальным верстатом	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Левковський					Т		
Проб.	Павлов					Лист	Листов	1
Т.контр.						СУМДУ СЧ-41		
И.контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А3

<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
<i>U1</i>	<i>BL - MACH - V1.1</i>	<i>1</i>	<i>Плата керування</i>
<i>U2-U4</i>	<i>BL-TB6600-V1.2</i>	<i>3</i>	<i>Драйвер крокового двигуна</i>
<i>U5- U7</i>	<i>Кінцевий вимикач</i>	<i>6</i>	<i>Підключать по 2 паралельно</i>
<i>U8</i>	<i>Кнопка</i>	<i>3</i>	<i>Червона, аварійна</i>
<i>U9</i>	<i>Power Supply DC motor 0-100DC</i>	<i>1</i>	<i>Блок живлення шпинделя</i>
<i>U10</i>	<i>Power Supply S-36-5</i>	<i>1</i>	<i>Блок живлення</i>
<i>M1, M3</i>	<i>23HS5628</i>	<i>2</i>	<i>Кроковий двигун</i>
<i>M2</i>	<i>23HS7628</i>	<i>1</i>	<i>Кроковий двигун</i>
<i>M4</i>	<i>Шпиндель</i>	<i>1</i>	<i>Шпиндель</i>

					<i>СЧ-41.6.050201 ПЕ</i>			
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Левковський</i>				<i>Система числового програмного керування фрезерно-гравірувальним верстатом. Перелік елементів</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>	<i>Павлов</i>					<i>Т</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Н.контр.</i>					<i>СумДУ СЧ-41</i>			
<i>Затв.</i>								

СУ-4.16.050201 А2

Перв. примен.

Справ. №

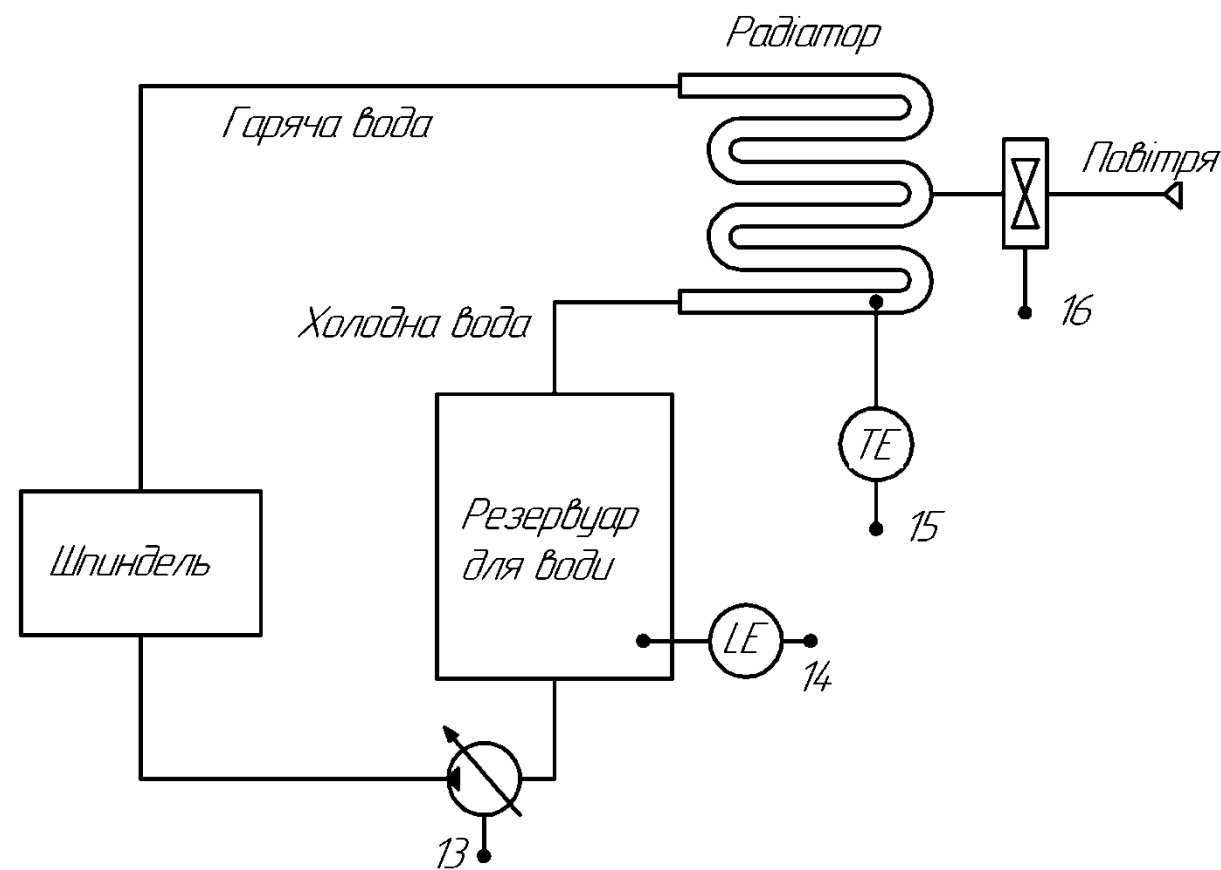
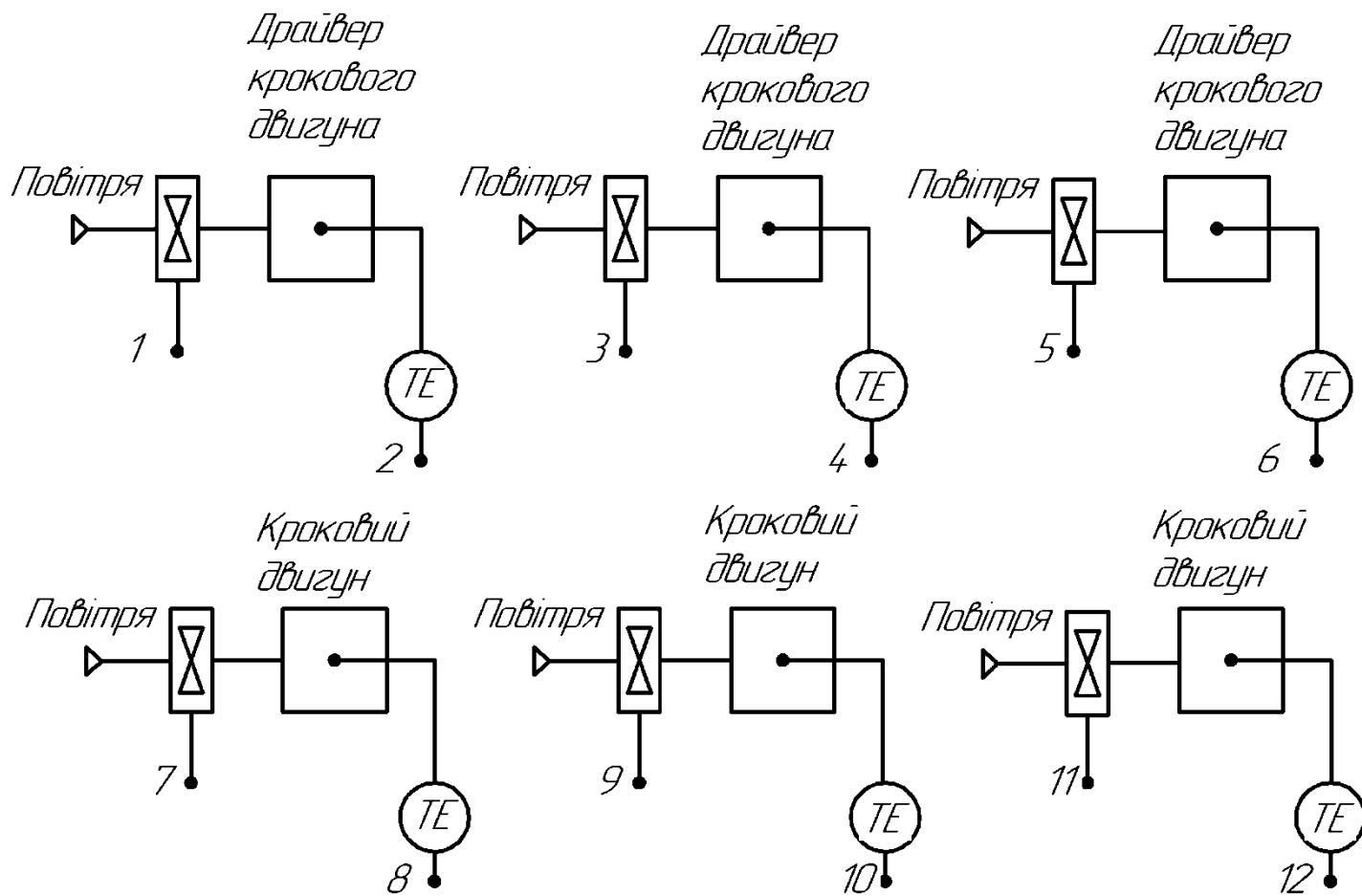
Подп. и дата

Инд. № дѣл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



Прилади на місці	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	Г ^{НА}
УЗО																	
МК	AI																
	AO																
	DI																
	DO																
АВАРІЯ																	

СУ-4.16.050201 А2				Лист	Масса	Масштаб
Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Т		
Разраб.	Левковський			Лист	Листов	1
Пров.	Павлов			СумДУ СУ-41		
Т.контр.				Функціональна схема автоматизації		
Н.контр.				Копіювал		
Утв.				Формат А3		

Копіювал

Формат А3

СЧ-4.16.050201 ЕЗ

Перв. примен.

Справ. №

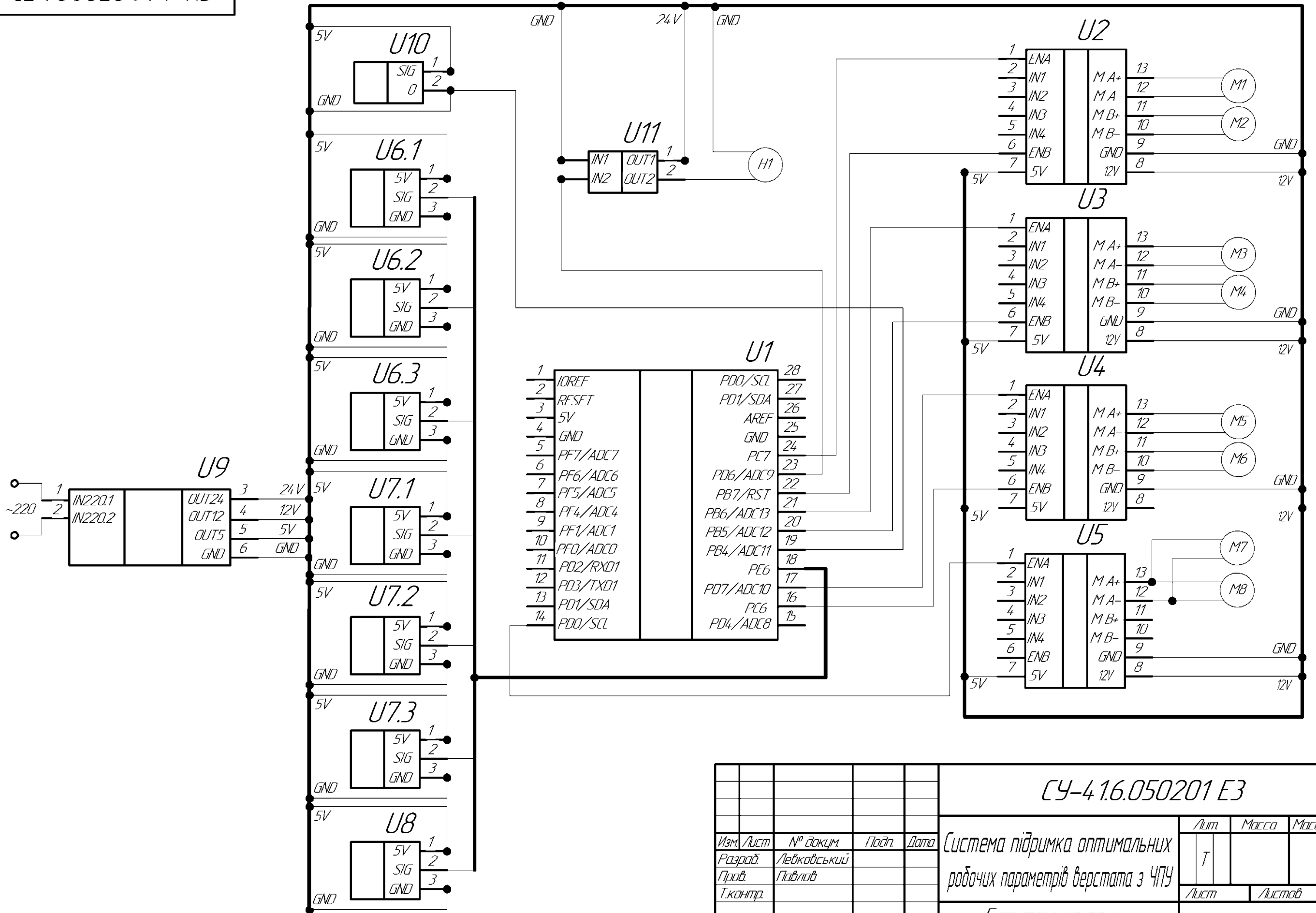
Подп. и дата

Изм. № докум.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



				СЧ-4.16.050201 ЕЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Система підтримки оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ	
Разраб.	Левковський				Лист	Листов 1
Пров.	Павлов				Електрична принципова схема	
Т.контр.					СумДУ СЧ-41	
Н.контр.					Копіював	
Утв.					Формат А3	

<i>Позначення</i>	<i>Назва</i>	<i>Кіл.</i>	<i>Примітка</i>
<i>U1</i>	<i>Arduino Leonardo</i>	<i>1</i>	<i>Плата керування</i>
<i>U2-U5</i>	<i>L298n</i>	<i>4</i>	<i>Драйвер двигуна постійного струму</i>
<i>U6.1- U6.3</i>	<i>DS18B20</i>	<i>3</i>	<i>Давач температури КД</i>
<i>U7.1- U7.3</i>	<i>DS18B20</i>	<i>3</i>	<i>Давач температури ДКД</i>
<i>U8</i>	<i>DS18B20</i>	<i>1</i>	<i>Давач температури радіатора системи охолодження шпинделя</i>
<i>U9</i>	<i>Siemens Sitop PSU 100C</i>	<i>1</i>	<i>Блок живлення</i>
<i>U10</i>	<i>US23</i>	<i>1</i>	<i>Давач рівня води</i>
<i>U11</i>	<i>SSR – 100 DA-H</i>	<i>1</i>	<i>Твердотільне реле</i>
<i>M1-M8</i>	<i>Vinga 8025</i>	<i>8</i>	<i>Осьовий вентилятор</i>
<i>H1</i>	<i>Мембранний насос</i>	<i>1</i>	

					<i>СУ-41.6.050201 ПЕ</i>		
<i>Зм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Левковський</i>				<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>	<i>Павлов</i>				<i>Т</i>	<i>1</i>	<i>1</i>
<i>Н.контр.</i>					<i>СумДУ СУ-41</i>		
<i>Затв.</i>							

Система підримка оптимальних робочих параметрів верстата з ЧПУ. Перелік елементів

Додаток Б
(довідниковий)

Рекомендації щодо роботи з середовищем MACH3

Дане програмне забезпечення після інсталяції на комп'ютер має стандартні налаштування. Авжеж кожен верстат з ЧПУ унікальний тому під нього слід налаштувати програмне забезпечення. Слід зазначити, що підключення та налаштування системи до комп'ютера здійснюється після правильного підключення апаратного забезпечення.

Почати слід з загальних налаштувань параметрів фрезерного верстата. Такі як:

- налаштування роз'ємів;
- налаштування датчиків;
- налаштування параметрів осей.

Взагалі для коректної та точної роботи верстата з ЧПУ потрібно ще враховувати велику кількість параметрів, але вони будуть коректуватися в ході роботи верстата.

Але спочатку слід зв'язати плату керування з комп'ютером. Необхідно вказати програмі яке обладнання буде формувати сигнали STEP/DIR. В нашому випадку це класичний LPT порт ПК.

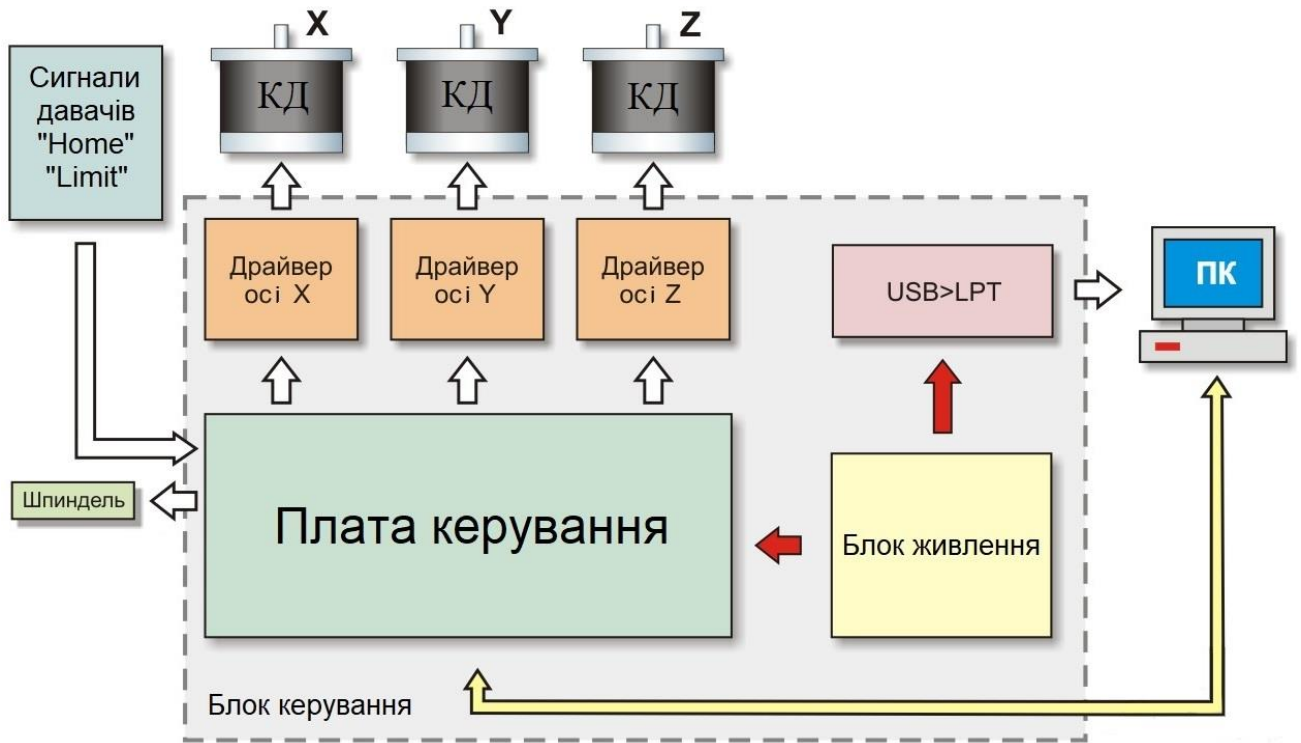
Заходимо в меню Config-> Ports and Pins і на вкладці Port setup and Axis Selection перевірити, що для першого порту встановлена галочка Port Enabled і його адреса вказана вірно (рис. Б.1) (адресу можна дізнатися у властивостях LPT порту в диспетчері пристроїв ОС Windows).

Тут же необхідно вибрати частоту роботи ядра для формування імпульсів STEP/DIR. Чим вища частота, тим більшу швидкість переміщення можна встановити, але при цьому потрібний потужніший комп'ютер.

					<i>СУ-41 6.050201.ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Е
(довідковий)

Матеріальні потоки верстата з ЧПУ



										Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	СУ-41 6.050201.ПЗ					