Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп’ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Довбиш А. С.
_____2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНИМ ВЕРСТАТОМ "AGIETRON"

Дипломний проект

Виконав:
студент групи СУ-71 Плющик В. В.

Керівник проекту:
к. т. н., доцент Толбатов В. А.

Суми – 2021

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп’ютерних наук

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. Кафедри
_____Довбиш А.С.
_____2021 р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проект студенту
Плющику Володимиру Володимировичу

1. Тема проекту: Система управління електроерозійним верстатом "AGIETRON".
2. Затверджено наказом ректора університету. № 0185-VI від 14.04.2021 року.
3. Термін здавання студентом закінченого проекту “31” травня 2021р.
4. Вихідні дані до проекту: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, технічна документація.
5. Зміст пояснювальної записки: конструктивно-технологічна характеристика об’єкта автоматизації, функціональна схема автоматизації, локальні системи управління, комп'ютерно-інтегрована система управління, охорона праці, висновок.
6. Перелік графічних матеріалів: 10 рисунків, 1 таблиця, 2 креслення.
7. Календарний план проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Терміни виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Відбір аналогів та прототипів.	01.03.2021-15.03.2021
2	Опис об’єкту автоматизації. Задачі автоматизації. Аналіз відомих технічних рішень	16.03.2021-31.03.2021
3	Розробка функціональної схеми автоматизації	01.04.2021-10.04.2021
4	Вибір обладнання	11.04.2021-15.04.2021
5	Розробка алгоритмів управління	16.04.2021-25.04.2021
6	Охорона праці	26.04.2021-30.04.2021
7	Оформлення проекту та презентації	01.05.2021-25.05.2021
8	Подання роботи керівнику. Публічний захист роботи	26.05.2021-31.05.2021

Дата видачі завдання «01» 02. 2021 р

Керівник проекту:

к. т. н., доцент Толбатов В. А.

До виконання прийняв:

студент групи СУ-71 Плющик В. В.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на проектування автоматизації системи управління оброблюючим центром

“AGIETRON”

750

Проектував:

студент групи СумДУ СУ-71 Плющик В.В.

Погоджено:

керівник проекту

доцент, к.т.н. Толбатов В. А.

Суми — 2021

Назва і галузь застосування: Система управління електроерозійним верстатом "AGIETRON". Металообробка.

Підстави для проектування: Наказ ректора СумДУ № 0185-VI від 14.04.2021 року.

Призначення проекту: створення сучасної комп'ютеризованої системи управління електроерозійним верстатом "AGIETRON" для потреб металообробної промисловості України.

Джерела розроблення: матеріали виробничої та переддипломної практик, технічна документація верстату, результати аналізу існуючих систем автоматизації прошивних електроерозійних верстатів.

Режими роботи об'єкта: запуск, режим роботи, зупинення, автоматичний контроль та регулювання технологічних параметрів.

Умови експлуатації об'єкта: живлення шафи управління –380В, частота – 50 Гц; живлення ПЛК – 24В постійного струму; живлення інтерфейсного модуля – 24В постійного струму. Ступінь захисту складових частин обладнання системи автоматизації – не нижче IP20.

Технічні вимоги: ДСТУ 21.404 – 85 Автоматизація технічних процесів; ДСТУ 12.2.016 – 81 Система стандартів безпеки праці. Загальні вимоги безпеки.

Етапи проектування

Номер етапу	Зміст етапу проектування	Терміни виконання
1	Аналіз завдання кафедри. Складання ТЗ. Підбір та аналіз літератури. Відбір аналогів та прототипів.	01.03.2021-15.03.2021
2	Опис об'єкту автоматизації. Задачі автоматизації. Аналіз відомих технічних рішень	16.03.2021-31.03.2021
3	Розробка функціональної схеми автоматизації	01.04.2021-10.04.2021
4	Вибір обладнання	11.04.2021-15.04.2021
5	Розробка алгоритмів управління	16.04.2021-25.04.2021
6	Охорона праці	26.04.2021-30.04.2021
7	Оформлення проектної документації	01.05.2021-15.05.2021

Розробник ТЗ:

студент гр. СУ-71 Плющик В. В.

Погоджено:

керівник проекту

к. т. н., доцент Толбатов В. А.

Ном.поз.	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. лист.	Кільк. екз.	Примітка
			Документація загальна			
			Застосована			
1	А4		Завдання кафедри	2	1	
			Новорозроблена			
2	А4	СУ-71 6.151 ДП ТЗ	Технічне завдання	2	1	
3	А4	СУ-71 6.151 ДП ПЗ	Реферат	1	1	
4	А4	СУ-71 6.151 ДП ПЗ	Пояснювальна записка	80	1	
			Документація конструкторська			
6	А3	СУ-71 6.151 А2	Функціональна схема автоматизації	1	1	
7	А3	СУ-71 6.151 Е3	Електрична принципова схема	2	1	

					СУ-71 6.151 ДП			
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Плющик В. В.			Система управління електроерозійним верстатом "AGIETRON"	Лит.	Арк.	Листів
Перевірив		Толбатов В. А.				Т	1	1
Реценз.						СумДУ СУ-71		
Н. Контр.								
Затвердив								

РЕФЕРАТ

Плющик Володимир Володимирович. Система управління електроерозійним верстатом "AGIETRON". Кваліфікаційнаа робота бакалавра зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології (дипломний проект). Сумський Державний Університет, Суми, 2021 р.

Робота присвячена методам й засобам автоматизації процесів управління виконавчими механізмами електроерозійного верстату "AGIETRON". Запропоновано проектне рішення щодо комплексу локальних систем управління виконавчими механізмами та системи комплексної автоматизації верстату. Розроблена конструкторська документація для технічної реалізації системи автоматизації.

Робота містить 65 сторінок основного тексту, 28 рисунків, 1 таблиця; 2 креслення; список використаних джерел з 13 найменувань.

Ключові слова: електроерозійний верстат система автоматизації, система управління, виконавчий механізм, електропривод, контролер, подача.

ABSTRACT

Volodymyr Volodymyrovych Pliushchyk. The control system of the "AGIETRON" EDM machine. Bachelor's thesis on the specialty 151 – Automation and computer-integrated technologies (diploma project). Sumy State University, Sumy, 2021

The work is devoted to methods and means of automation of processes of management of executive mechanisms of the EDM machine “AGIETRON”. The design decision concerning a complex of local control systems of executive mechanisms and system of complex automation of the machine is offered. The design documentation for technical realization of automation system is developed.

The work contains 65 pages of the main text, 28 figures, 1 table; 2 drawings; list of used sources of 13 names.

Keywords: EDM machine, automation system, control system, actuator, electric drive, controller, feed.

Автор роботи: Плющик В. В., Pliushchyk V. V.

Назва роботи:

Система управління електроерозійним верстатом "AGIETRON"

AGIETRON EDM machine control system

Бібліографічний опис:

Плющик В. В.. Система управління електроерозійним верстатом "AGIETRON" [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 151 – автоматизація і комп`ютерно-інтегровані технології / В. В. Плющик; наук. керівник В. А.Толбатов – Суми: СумДУ, 2021. – 65 с.

Ключові слова

Українською	**Російською**	**Англійською**
Автоматизація	автоматизация	automation
Верстат	верстат	machine
Електрод	електрод	electrode

Короткий огляд (реферат):

В роботі описаний технологічний об’єкт.

Розроблені контури регулювання.

Обране обладнання для побудови системи.

Розроблений алгоритм управління.

Проведений огляд літератури з теми автоматизації процесу електроерозійної обробки.

Розроблений пакет необхідних креслень.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп’ютерних наук

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНИМ ВЕРСТАТОМ "AGIETRON"

Проектант:
студент гр. СУ-71 Плющик В. В.

Керівник проекту:
к. т. н., доцент Толбатов В. А.

Суми – 2021

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ 4
ВСТУП **Ошибка! Закладка не определена.**
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНИХ ВЕРСТАТІВ **Ошибка! Закладка не определена.**
1.1. Електроерозійний верстат як об’єкт технології ....**Ошибка! Закладка не определена.**
1.2. Основні проблеми ЕЕО та засоби їх вирішення....**Ошибка! Закладка не определена.**
1.3. Характеристика об'єкта автоматизації.....**Ошибка! Закладка не определена.**
1.3.1. Опис технологічного процесу.....**Ошибка! Закладка не определена.**
1.3.2. Характеристика технологічного обладнання .**Ошибка! Закладка не определена.**
1.3.3. Технічні характеристики верстату.....**Ошибка! Закладка не определена.**
1.3.4. Принцип роботи .....**Ошибка! Закладка не определена.**
1.3.5. Характеристика застосовуваних у процесі матеріалів..... **Ошибка! Закладка не определена.**
РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОШИВНОГО ВЕРСТАТУ. КОНЦЕПЦІЯ.....**Ошибка! Закладка не определена.**
2.1. Обґрунтування вибору контрольованих і сигналізуючих величин**Ошибка! Закладка не определена.**
2.2. Розробка контуру регулювання процесу прошивання оброблюваної заготовки з контролем її температури .....**Ошибка! Закладка не определена.**
2.3. Розробка контуру управління подачою головки електроду-інструменту**Ошибка! Закладка не определена.**
2.4. Розробка контуру управління підкачки діелектричної рідини до робочого резервуару верстату.....**Ошибка! Закладка не определена.**
РОЗДІЛ 3. ВІБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНИМ ВЕРСТАТОМ.....**Ошибка! Закладка не определена.**
3.1. Вибір датчиків і первинних перетворювачів.....**Ошибка! Закладка не определена.**
3.2. Вибір виконавчих механізмів .....**Ошибка! Закладка не определена.**
3.3. Вибір інтерефейсів та ПЛК .....**Ошибка! Закладка не определена.**
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....**Ошибка! Закладка не определена.**

Реценз.					СумДУ СУ-71
Н. Контр.					
Затвердив					

4.1. Загальні вимоги охорони праці ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
4.2. Вимоги охорони праці перед початком роботи.... **Ошибка! Закладка не определена.**
4.3. Вимоги охорони праці під час роботи ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
4.4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
4.5. Вимоги охорони праці після закінчення роботи .. **Ошибка! Закладка не определена.**
ВИСНОВКИ ..... **Ошибка! Закладка не определена.**
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ ..... **Ошибка! Закладка не определена.**

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРМ – автоматизоване робоче місце;

АСУ – автоматизована система управління;

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом;

ВМ – виконавчий механізм;

ЕЕО – електроерозійна обробка;

ЕІ – електрод-інструмент;

ЕОМ – електронно обчислювальна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

МК – мікроконтролер;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПЗО – прилад зв’язку з об’єктом;

ПК – промисловий комп’ютер;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПУ – панель управління;

ЧПУ – числове програмне управління.

ВСТУП

Електроерозійна обробка – це обробка, при якій відбувається зміна форми, розмірів, якості поверхні заготовки, які відбуваються під дією електричних розрядів, що призводить до руйнування поверхні.

В процесі цієї обробки, матеріал заготовки плавиться і (або) виправляється і віддаляється в рідкому і (або) пароподібному стані. Видалення зазвичай носить вибуховий (імпульсний) характер, протікаючи в короткий відрізок часу на невеликій ділянці поверхонь, в місці локалізації каналу розряду.

Числове програмне керування верстатом – управління обробкою заготовки на верстаті по керуючій програмі, в якій дані задані в цифровій формі.

Пристрій, що видає керуючі впливу на виконавчі органи верстата відповідно до керуючої програмою і інформацією про стан керованого об'єкта, називають пристроєм числового програмного керування.

Розрізняють апаратне і програмований пристрій числового програмного керування. В апаратному (NC) пристрої алгоритми роботи реалізуються схемним шляхом і не можуть бути змінені після виготовлення пристрою. Ці пристрої випускають для різних груп верстатів: токарних («Контур-2ПТ», Н22), фрезерних («Контур-3П», Н33), координатно-розточувальних («Розмір-2М», П33) і т. д.

Для дослідження в рамках даної роботи нами обрано електроерозійний верстат з програмованим числовим програмним управліннях Agietron 3U.

Об’єкт дослідження: електроерозійний верстат Agietron 3U.

Предмет дослідження: методи і засоби автоматичного керування електроерозійним верстатом Agietron 3U.

Мета дослідження: Розробити раціональну та енергоефективну систему керування електроерозійним верстатом, що дозволить знизити витрати на комунальні послуги, звільнити обслуговуючий персонал від необхідності регулювати процеси в ручному режимі.

У відповідності до предмету дослідження і мети роботи нами поставлені та вирішені такі задачі:

1. Проведено передпроектне дослідження, зібрана та проаналізована інформація по електроерозійному верстату Agietron 3U;
2. Розроблено концепцію системи керування електроерозійним верстатом;
3. У відповідності з функціональними вимогами підібрано необхідне апартно – програмне забезпечення.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНИХ ВЕРСТАТІВ

*1.1. **Електроерозійний верстат як об'єкт технології***

Технології електроерозійної обробки матеріалів володіють усіма ознаками ключових технологій. За відносно короткий термін (близько 60 років) виробництво верстатів за обсягом продажів зайняло четверте місце на ринку металообробного обладнання. Розвиваючись синхронно з виробництвом устаткування інших типів, воно в той же час стало майданчиком для впровадження ряду нововведень - обробки нанооб'єктів, застосування лінійних приводів і спеціальних конструкційних керамік.

Найбільшого поширення на підприємствах машино- та приладобудування отримали наступні технології електроерозійної обробки:

- Обробка сложноконтурних поверхонь і отворів (операція електроерозійна копіювально-прошивочна);
- Обробка сложноконтурних лінійчатих поверхонь (операція електроерозійна профільно-вирізна);
- Прошивка глибоких отворів малого діаметра (операція електроерозійна прошивочна).

Електроерозійна обробка складноконтурних порожнин і отворів здійснюється на копіювально-прошивальних верстатах.

Верстати японських компаній Makino і Mitsubishi мають широкі технологічні можливості. Вони забезпечені цілою низкою проектно-технологічних функцій. Так, на верстатах S-серії компанії Makino використовується система HQSF для ЕЕО з параметром шорсткості поверхні Ra = 0,2 мкм (дзеркальна обробка). Є функція Super Edge для отримання радіусів 0,01 мм при обробці точних кутів. Верстати фірми Mitsubishi компонуються за схемою «нерухомий стіл - рухома головка», використані лінійні напрямні кочення. Верстати оснащені системою адаптивного управління процесом, системою швидкої прошивки вузьких глибоких порожнин.

Копіювально-прошивальні верстати фірми Sodick оснащені ЧПУ генераторами серії LN / LQ з максимальним струмом 40, 80, 160, 240 А. Базовий генератор забезпечує максимальну продуктивність до 600 мм^3/хв при обробці стали графітовим ЕІ. Є функція чистової обробки (дзеркальне виходжування, Ra = 0,06 мкм) без заміни діелектрика або в спеціальному діелектрику. Функція Pikagen pulse забезпечує знижений знос електродовінструментов (ЕІ), функція MAP11 - оптимізацію параметрів режиму в міру зміни геометрії міжелектродного проміжку. Використовується об'єктно-орієнтована 3D CAD-CAM система наскрізного проектування. Лінійні двигуни приводу осей і високоточні датчики лінійного положення забезпечують за даними компанії точність позиціонування ± 0,01 мкм. Досяжна точність обробки за стандартною технологією фірми становить від ± 1,5 до ± 5 мкм на 300 мм довжини в залежності від моделі верстата. В якості опції поставляється вісь З кутового позиціонування зі шпинделем обертання. Передбачена обробка з орбітальними осцилляциями ЕІ (5 базових траєкторій і 72 похідних). Залежно від моделі верстата лінійні переміщення по осях здійснюються за рахунок переміщення столу або головки.

Європейські виробники електроерозійних копіювально-прошивальних верстатів представлені фірмами AGIE, Charmille (Швейцарія), ONA (Іспанія), Winbro Group (Великобританія), Zimmer + Krein GmbH & Co (Німеччина).

Фірма ONA пропонує широку гаму верстатів, які відрізняються сучасним дизайном і високими технологічними характеристиками. Верстати оснащені системою КЧПУ ONA, віссю С з кутом повороту 360°. Максимальний струм генератора імпульсів 60 А (опція 120 А). Використовуються сучасні системи очищення робочої рідини без застосування змінних картриджів, що забезпечують відділення твердих частинок розмірами до 3 мкм.

Гамма верстатів серії Genius фірми Zimmer + Krein GmbH & Co. KG вигідно відрізняється компактністю конструкції і відносно малою потрібною виробничою площею при досить високій продуктивності і точності обробки. Дозвіл по лінійним осям ± 1 мкм, по осі С ± 0,001о. Всі верстати цієї серії

конструктивно виконані з нерухомим столом, регульованою по висоті ванній і вбудованою віссю С. Модульний принцип, закладений в конструкцію верстатів, дозволяє вибрати оптимальну конфігурацію. Жорстка лита конструкція станини в комбінації з направляючими кочення з попереднім натягом забезпечують високі точності параметри обробки.

Верстати комплектуються пристроєм зміни інструментів роторного типу на 16 або 24 позиції або лінійним пристроєм Eagle магазинного типу на 50 позицій. Верстати можуть комплектуватися завантажувально-розвантажувальних пристроєм «Chameleon», що забезпечує будь-яку комбінацію палет з заготовками і електродами, поворотним пристроєм (п'ята вісь).

Верстати серії Genius можуть комплектуватися вбудованим модулем, що забезпечує фінішну обробку з параметром Ra менш 0,8 мм, спеціальним модулем для підвищення продуктивності при обробці твердих сплавів. Передбачена опція у вигляді обертання головки і насосної установки високого тиску для прошивки глибоких отворів діаметром 0,1 ... 6 мм і порожнин за допомогою порожніх електродів (функція Superdrill).

Верстати швейцарських компаній Agie і Charmille набули широкого поширення на російських підприємствах. Багато нових ідей та технічні рішення отримали матеріальне втілення в цих компаніях. Так, модель 2400QCR інтегрована з роботом, керованим від ЧПУ і здатним заміняти 8 палет і 76 інструментів. У більшості верстатів використовуються генератори імпульсів типу ISOPULS, що виробляють «ізоенергетичні» імпульси з блоком захисту від КЗ типу SPAC.

Різноманітне за призначенням і технологічним можливостям електроерозійне обладнання поставляють виробники Тайваню. Так, верстат EB600L (фірми JSEDM) має С-вісь, змонтовану всередині головки верстата. Використовуючи цю вісь, можна виготовляти поверхні обертання, поверхні складного профілю, виконувати різні операції з використанням обертового дискового або циліндричного електродів. Генератор імпульсів верстатів

даного типу забезпечує максимальний струм 60 або 90 А. Максимальна продуктивність 400/600 мм^3 / хв, найменша шорсткість Ra = 0,3 мкм.

В останні роки на ринку електроерозійного обладнання з'явилися китайські виробники, верстати яких, як правило, дешевше функціональних аналогів інших компаній.

Конкурентоспроможність сучасного верстатного обладнання забезпечується *високим рівнем автоматизації*. Тому провідні фірми-виробники оснащують верстати автоматичними пристроями для зміни заготовок та інструменту. Так, наприклад, компактний агрегат, створений компанією Sodick, забезпечує зміну 40 електродів і 8 палет з заготовками і дозволяє вирішити проблему безперервної і тривалої роботи верстата в автоматичному режимі. Агрегат являє собою автономну, компактну і інтегруючу конструкцію. Для розширення технологічних можливостей обладнання багато компаній-виробників пропонують в якості опції додаткові осі А і С. Ось А реалізується за рахунок застосування поворотного пристрою, що встановлюється на штатному столі верстата. Це дозволяє вирішувати технологічні завдання, пов'язані з безперервним або дискретним поворотом заготовки навколо осі, перпендикулярній осі шпинделя. Ось З забезпечує поворот інструменту щодо осі Z і реалізується за допомогою спеціальної голівки, що закріплюється на шпинделі верстата.

Обробка сложноконтурних лінійчатих поверхонь здійснюється на проволочно-вирізних електроерозійних верстатах. До теперішнього часу технології та обладнання для електроерозійної вирізки електродомпроволокой (ЕП) набули широкого поширення, створений великий ринок відповідних верстатів. Для точного відносного переміщення столу і робочої ділянки дроту по заданому контуру використовуються сучасні приводи з ЧПУ або КЧПУ.

На цій операції вдається отримувати поверхні, утворені не тільки поступальним переміщенням робочої ділянки дроту, але і більш складні поверхні з використанням додаткового просторового обертання робочого ділянки. Це досягається застосуванням таких схем обробки, в яких верхня і нижня напрямні дроту переміщаються незалежно один від одного за заданою

програмою. Відзначимо, що використання багатокоординатних проволочно-вирізних верстатів дозволяє істотно розширити можливості конструктора при проектуванні нових технічних об'єктів.

Розроблено різні технічні рішення, спрямовані на підвищення жорсткості робочої ділянки дроту. Так, запропонований спосіб обробки, за яким один з пасажирів щільного контакту дрота є робочим, а другий – підтримуючим. Підтримуючий перешкоджає вигину робочої ділянки ЕІ та його вібрації. Така система дозволила вдвічі знизити прогин робочого дроту.

Робочими середовищами в технологіях електроерозійної дротяної вирізки є малов'язкі діелектричні рідини: масло, гас або вода (промислова, дистильована або деіонізована). Зауважимо, що як водні, так і вуглеводневі середовища в якості робочих рідин для ЕЕО мають свої переваги і недоліки, що необхідно враховувати при виборі робочої рідини.

Практично всі провідні виробники обладнання оснащують верстати антіелектролізними генераторами імпульсів або відповідними приставками. Це дозволяє виключити окислення поверхні при обробці в воді за рахунок застосування біполярних імпульсів струму.

Як електрод-інструмент використовується дріт, виготовлений по першому і другому класах точності, з максимальним відхиленням діаметра від номінального не більше 0,005 мм. Латунний дріт – найбільш підходящий інструмент для дротяної вирізки, так як міцність латуні в залежності від складу лежить в межах 400 ... 900 МПа, а відносне подовження становить від 3 до 30%. Ряд фірм спеціалізується на випуску високоякісного дроту для проволочно-вирізних верстатів (SEI, Primatec GmbH). Встановлено, що застосування покриття з високим вмістом цинку забезпечує підвищення продуктивності на 40 ... 50% для заданої товщини різу або істотно підвищує товщину різу при заданій продуктивності. Легування латуні спеціальними компонентами призводить до помітного збільшення максимальних напруг, що розтягують.

Вибір параметрів режиму роботи генератора імпульсів залежить від вимог до якості поверхні деталі, її матеріалу і товщини (висоти різу). На

обраному режимі не повинно бути розривів електрода-дроту. Сучасні генератори імпульсів забезпечують створення уніполярних і біполярних імпульсів різної енергії з частотою до сотень кГц. Створено генератори або приставки до них для «дзеркальної» обробки, що забезпечують шорсткість поверхні до Ra = 0,04 мкм і генератори для високопродуктивної різання (до 600 мм^2/хв). Останні моделі верстатів оснащуються КЧПУ-генераторами і забезпечують роботу в режимі «інтелектуального» управління процесом різання.

Сучасні проволочно-вирізні верстати відрізняються високим рівнем автоматизації, надійністю, гнучкістю і дозволяють ефективно вирішувати багато технологічних завдань основного і інструментального виробництва. Випускаються двох, чотирьох і п'ятикоординатні проволочно-вирізні верстати. Їх програмне забезпечення містить базу технологічних даних та передбачає використання низки спеціальних функцій, створених для досягнення високої точності обробки окремих геометричних елементів деталі (прямолінійність пазів, точність кутів).

Проволочно-вирізні верстати фірми Sodick поставляються з вбудованою об'єктно-орієнтованої тривимірною системою CALS (3D CAD-CAM) і системою автоматизованого програмування з рядом функціональних полусістем. Процесорні системи забезпечують управління по 4-5 координатами (X, Y, U, V, + Z) с максимальною швидкістю сервоподач до 5 м/хв.

Для розширення технологічних можливостей обладнання в деяких моделях верстатів передбачені додаткові координати. Так, поряд з 5 координатами, розглянутими вище, передбачений поворот столу (вісь W). Крім кутового позиціонування вісь W використовується для обертання деталі, що розширює технологічні можливості верстата.

До *отворів малого діаметра* відносять умовно отвори з діаметром 0,1-3 мм. Глибокими вважаються отвори з відношенням довжини до діаметра понад 10, в ряді випадків це відношення дорівнює 100-200. Так, в перспективних енергетичних машинах ставиться завдання отримання отворів в

охолоджуваних лопатках турбіни з мінімальним діаметром 0,2-0,3 мм, відношенням глибини до діаметру 50-100, кутом входу менш 20q і точністю отворів 0,05 мм.

При *прошивці отворів суцільним інструментом*-стрижнем (дріт) всі його геометричні дефекти, такі як похибка форми в поперечному і поздовжньому перетинах, відхилення від прямолінійності осі, будуть позначатися на якості одержуваних отворів. Недоліком даного виду обробки є неефективна евакуація продуктів ерозії із зони обробки. Тому глибина одержуваних отворів обмежена, а точність формоутворення невисока.

На практиці, щоб уникнути подібних ускладнень, використовують різні технічні заходи. Так, електроду надається обертальний рух, що усуває овальність одержуваного отвора, викликану похибкою поперечного перерізу дроту. Застосовують шнекові електроди, при обертанні яких більш ефективно видаляються продукти ерозійного руйнування, використовують прокачування робочої рідини через трубчасті електроди, розробляють малов'зкі робочі середовища. Продуктивність операції електроерозійної прошивки може бути збільшена також за рахунок орбітального руху електрода інструменту щодо осі оброблюваного отвору. При цьому знижується конусність і з'являється можливість регулювання розміру отвору за рахунок зміни радіуса орбітального руху.

Багатоелектродна електроерозійна обробка дозволила ефективно вирішити задачу обробки дрібних отворів, а також створити якісно нові конструкції деталей, що поліпшують основні показники авіаційних двигунів. Сучасні генератори імпульсів дозволяють ефективно обробляти одночасно до 10000 отворів діаметром 0,5 ... 1 мм.

В якості електродів використовують дріт з міді, вольфраму і його сплавів з міддю або сріблом. Вольфрамові електроди невеликого діаметру відрізняються високою жорсткістю і більш ефективні при обробці малих отворів. При обробці титанових сплавів застосовують латуннуий дріт (ЛЗ-59, ЛС-62), що забезпечує більшу стабільність обробки в порівнянні з електродами з міді і вольфраму.

Прошивку глибоких отворів малого діаметра трубчастим капілярним електродом з прокачуванням рідини під тиском 7 ... 10 МПа часто називають струменевою електроерозійною обробкою. При її здійснюванні електрод-інструмент робить поступальний рух подачі і додаткове обертання навколо власної осі. Така схема обробки забезпечує досить високу продуктивність прошивки отворів з подачею до 20 мм / хв.

В даний час порожнисті трубки виробляються спеціально для електроерозійної прошивки отворів. Так, компанія Primatec GmbH (Німеччина) пропонує одноканальні і багатоканальні (2, 3, 4 канали) порожнисті електроди з міді та латуні з зовнішнім Ø 0,1 ... 3 мм, одноканальні трубки з вольфрамомедного сплаву Ø 0,15 ... 6 мм, одноканальні трубки з твердого сплаву Ø 0,1 ... 3 мм. Довжина поставляємих трубок становить 150, 300, 400 мм для електродів з міді та латуні і 175 мм для електродів з вольфрамо-мідного сплаву і твердого сплаву.

Для реалізації ефективних технологій отримання глибоких отворів малого діаметра розроблені спеціальні верстати, часто звані супердриль (super drill).

Супердриль ряду фірм оснащені генераторами, розробленими спеціально для операції прошивки малих отворів. Застосування таких генераторів і спеціальних робочих рідин на водній основі призводить до значного зниження зносу електродів. [1]

1.2. ***Основні проблеми ЕЕО та засоби їх вирішення***

Аналіз наявних даних показує, що до числа *найважливіших проблем розвитку методу ЕЕО* відносяться наступні:

- Подальша розробка теоретичних основ процесу електроерозійного руйнування матеріалів;
- Розробка технологічних основ методу ЕЕО, перехід від емпіричних і напівемпіричних знань до теоретичного опису процесу. Так, багато років дослідження в області ЕЕО обмежувалися досить вузьким діапазоном

режимних параметрів, що визначають досягнення максимальної продуктивності процесу. Такий підхід, безумовно, ускладнив теоретичне узагальнення наявних експериментальних результатів, хоча б тому, що в ряді практично важливих задач продуктивність не є головним показником ефективності технології. Разом з тим розробка методів і засобів підвищення продуктивності ЕЕО залишається одним з основних умов збереження і підвищення її конкурентоспроможності. У зв'язку з цим перспективним об'єктом досліджень є процес розмірної обробки короткою дугою, запропонований В. І. Носуленко.

Все більшого значення набувають розробка і застосування методів і процедур структурної та параметричної оптимізації технологій ЕЕО. У зв'язку з цим удосконалюються методи і засоби техніко-економічної оцінки альтернативних варіантів технологій, що забезпечують надійне обгрунтування доцільності і необхідності застосування операцій ЕЕО. Для вирішення цього практично важливого завдання необхідні банки даних про технологічні можливості операцій ЕЕО і функціонально схожих операцій, що виконуються іншими методами:

- Розробка методів і засобів підвищення точності і якості обробленої поверхні. До теперішнього часу засобами ЕЕО вдається надійно обробляти об'єкти по 6-7 квалітетами точності, досягати параметра шорсткості Ra = 0,1 мкм і нижче. Це дозволяє використовувати технології ЕЕО для виготовлення мініатюрних об'єктів з розмірами порядку 10 мкм. Так компанія Fanuc Robocut повідомляє про можливість фінішної обробки деяких об'єктів з точністю 0,05 мкм на верстаті Alpha-OiCp. Розширюється попит на обладнання для мікро ЕЕО. Провідні виробники створили і вдосконалюють модельний ряд верстатів для мікрообробки. У доступному для огляду майбутньому застосування ЕЕО в області мікро нанообробки буде розширюватися;

- Подальше підвищення рівня автоматизації, як при технологічній підготовці, так і при виробництві виробів. Завдяки високому рівню автоматизації технології ЕЕО органічно вписуються в сучасну концепцію CALSтехнологій. Провідні компанії-виробники обладнання інтенсивно

розвивають програмний продукт для розробки і реалізації електроерозійних технологій;

- Створення інтегрованих технологічних систем на основі процесів електроерозійної обробки. Створення багатофункціональних верстатів є стійкою тенденцією світового верстатобудування. В останні роки розширюються функціональні можливості верстатів. Так на деяких проволочно-вирізних верстатах є блоки прошивки отворів для введення дроту, тобто об'єднуються функції прошивальних і проволочно-вирізних верстатів. У 2005 році з'явився багатофункціональний верстат з двома робочими зонами, який об'єднує функції гідроабразивного і електроерозійного проволочно-вирізного верстата, тобто дозволяє здійснювати високопродуктивну попередню вирізку по заданому контуру з наступною високоточною обробкою електродом-дротом. Створено комплекс, що складається з двох верстатів – фрезерного і електроерозійного копіювально-прошивального, об'єднаних системою автоматичного транспортування заготовки в супутнику і системою управління. Є верстати, на яких можна виробляти електроерозійні, електрохімічні і поєднані операції. Поза всяким сумнівом, робота зі створення багатофункціонального обладнання з використанням електроерозійних робочих головок буде продовжена. Створення гнучких технологічних модулів для здійснення операцій фізико-хімічної обробки та обробки різанням дозволить, на наш погляд, істотно підвищити ефективність обробки багатьох деталей авіаційно-космічної техніки;

- Розробка наукових основ і відповідних технологій захисту навколишнього середовища і безпеки життєдіяльності при виконанні електроерозійних робіт. Так фірма Reven (Німеччина) розробила і постачає спеціальні високоефективні триступінчаті фільтри для очищення повітря робочої зони верстатів. Докладаються зусилля для створення екологічно чистих і малотоксичних робочих середовищ;

- Розширення номенклатури матеріалів, ефективно оброблюваних даним методом. Особливий інтерес представляють, на наш погляд, роботи, спрямовані

на створення технологій електроерозійної обробки перспективних керамічних матеріалів, матеріалів зі спеціальними властивостями;

- Створення нових і вдосконалення існуючих комбінованих методів обробки на основі або із залученням методу ЕЕО. Отримали промислове застосування технології електроконтактної, електроерозійна-електрохімічної, електроерозійно-механічної, електроерозійно-ультразвукової обробки матеріалів. В цьому напрямку тривають інтенсивні дослідження в різних країнах і організаціях;
- Створення технологій та обладнання для електроерозійного синтезу тривимірних об'єктів. Більшість наявних технологій даного типу засновані на унікальних властивостях лазерного випромінювання. Однак метод електроерозійної обробки також успішно розвивається в напрямку створення адитивних технологічних процесів;
- Розвиток і використання способів електроерозійної обробки деталей машин в газових і аерозольних середовищах з метою вдосконалення технологій зміцнення і відновлення виробів.

Таким чином, електроерозійні технології та обладнання сформували важливий елемент в сучасній технології машинобудування, роль якого в розвитку виробництва наукоємних виробів постійно зростає. [2]

1.3. Характеристика об'єкта автоматизації

1.3.1. **Опис технологічного процесу**

Електроерозійна обробка – це процес руйнування поверхні заготовки (виривання частинок матеріалу) за допомогою імпульсного електричного заряду, метою якого є зміна форми, розмірів, шорсткості і властивостей поверхні виробу [3, 4].

У разі якщо між електродами існує різниця потенціалів (напруги), при цьому вони занурені в діелектрик, що знаходиться в рідкому стані, то при зближенні електродів, відбувається так званий пробій діелектрика. Один з електродів є оброблюваною заготовкою, інший – електрод-інструментом. У

даній ситуації виникає електричний розряд, в його каналі утворюється плазма високої температури. На поверхні заготовки температура зростає до 1000-12000 °С, внаслідок чого відбувається миттєве розплавлення і випаровування металу. Розряди провадяться періодично, імпульсно так, щоб середовище між електродами відновила свою електричну міцність.

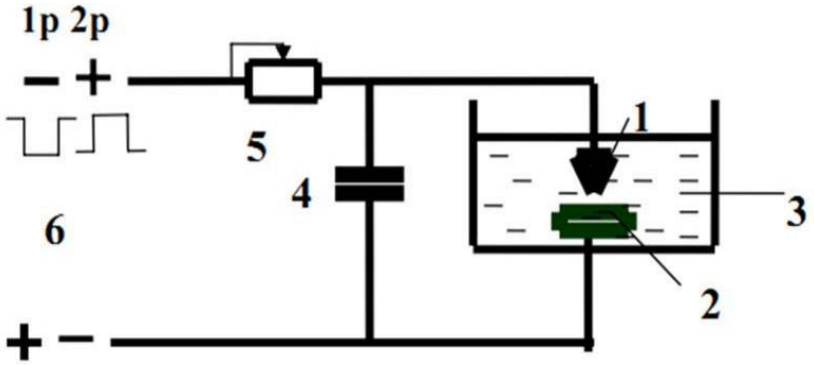

Рисунок 1.1. Принципова схема пристрою електроерозійного обладнання: 1 – електрод-інструмент; 2 – оброблювана заготовка; 3 – діелектрик; 4 – конденсатор; 5 – реостат; 6 – джерело живлення.

У 1938 р радянський вчений Л.А. Юткін показав, що серія електроіскрових розрядів породжує формотворчі гідравлічні удари, що поклало початок електроіскровому штампуванню металів і стало наступним, після зварки, кроком у розвитку технологічних методів формотворчими електричними розрядами [3].

У 1943 р вчені Б.Р. Лазаренко і Н.І. Лазаренко, запропонували використовувати електроерозійні властивості розрядів в повітряному проміжку для фор-мотворення (електроіскровий метод електроерозійної обробки). Перший верстат, заснований на методі електроерозії, був випущений в тому ж році і призначався для видалення з деталі застряглого інструменту.

Першим верстатом, який працював за принципом, зображеному на рис. 1.1, став електроерозійний прошивний верстат ELERODA D1, випущений швейцарською фірмою Charmilles Technologies в 1952 р

ЕЕО застосовують, коли використання традиційних механічних верстатів утруднене або нерентабельне через відходи або підвищеної твердості матеріалу заготовки. Вона отримала широке поширення, як економічна і

продуктивна, але незабаром через складність автоматизації техпроцесу популярність методу впала, поступившись місцем механічній обробці з ЧПУ, лазерно і плазмової обробці [4].

В даний час спостерігається тенденція до зниження масовості виробництва і їх локалізації. Багато виробництв знову звертаються до електроерозійних верстатів, тому що, ця технологія виявляється більш рентабельною для створення об'ємних деталей складної форми, наприклад лопатей турбін, валів або прес-форм, оскільки вартість електроерозійного верстата значно нижче. Крім того, установки лазерної та плазмової обробки, як правило, розраховані на заготовки невеликих розмірів, що різко обмежує їх застосування у важкій промисловості. Крім того, дана технологія вважається більш екологічною, в порівнянні з методами механічної обробки (точіння, фрезерування, шліфування та ін.), Тому що в процесі обробки утворюється менше відходів (стружки і чаду) і потрібно менших енергетичних витрат.

Електроерозійні верстати дозволяють вирішувати складні технологічні завдання:

1) виконувати поглиблення і отвори складної конфігурації, в тому числі глухих отворів;

2) обробляти титан, інструментальні та леговані стали, тверді сплави і загартовані сталі високої твердості;

3) виконувати виїмки різної конфігурації на внутрішніх поверхнях деталів;

4) виконувати отвори з різьбленням в заготовках з твердих металів;

5) виготовляти деталі, які складно або неможливо зробити на токарних і фрезерних верстатах.

Найбільш поширені електроерозійні верстати з ЧПУ. Вони призначені для виконання робіт дуже широкого профілю. Розрізняють спеціалізовані, спеціальні і універсальні верстати. Найбільшою популярністю користується спеціалізоване обладнання, призначене для работи з однотипними видами матеріалів. Спеціальні верстати орієнтовані насамперед на отримання певного виду продукції.

За ступенем точності обробки виділяють прецизійні, підвищеної точності і верстати загального призначення.

Електроерозійні копіювально-прошивальні верстати призначені для вирішення найширшого спектру завдань, таких як виготовлення деталей об'ємної форми типу штампів, прес-форм, матриць вирубних штампів, обробка отворів різної конфігурації в деталях, як зі звичайних конструкційних матеріалів, так і з важкооброблюваних: високоміцних, загартованих, нержавіючих сталей, твердих сплавів і ін. Такі верстати забезпечують:

1) високопродуктивну обробку глибоких і вузьких порожнин без промивки;

2) високу продуктивність;

3) роботу електродами з малими міжелектродними зазорами без втрати продуктивності;

4) високу точність кінцевого виробу;

5) високу точність позиціонування робочих органів верстата і дуже низьке значення зносу електродів;

6) високий клас шорсткості оброблених поверхонь і однорідність поверхонь, в тому числі і великих площ обробки. [5]

1.3.2. **Характеристика технологічного обладнання**

Для роботи на електроерозійному верстаті і для обробки, потрібне спеціальне обладнання, яке пов'язане з операцією прошивки. До спеціальних відносять: транзисторний генератор, тиристорний генератор, електрошафа. До додаткової комплектації відносять теплообмінники.

Компонування прошивних верстатів – вертикальне. Така компоновка є вигідним варіантом, так як відбувається видалення непотрібних «відходів» при обробці деталі. Дозволяє ефективно захистити обладнання від пилу і бруду і економно витрачати робочий ресурс обладнання.

В даний час компонування залишилася таким же, як і раніше, але зовні дизайн став краще, що і можна поспостерігати на малюнку.

Рисунок 1.2 – AGIE Agietron 3U

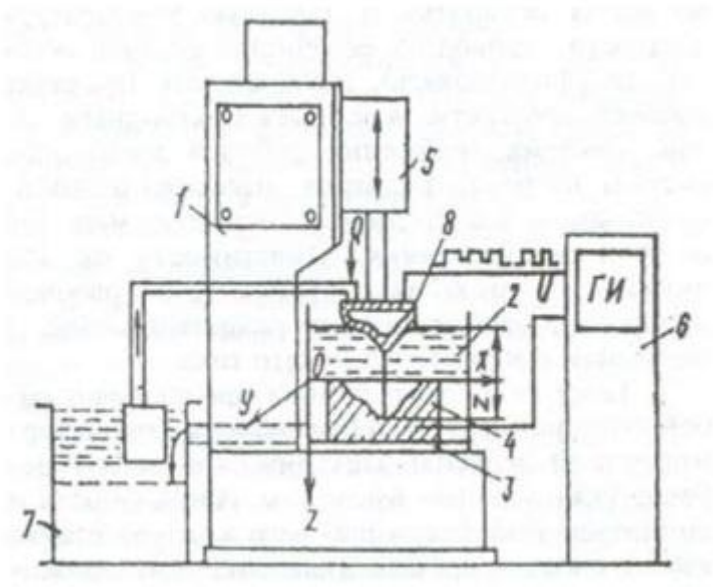

Рисунок 1.3 –Структурна схема електроерозійного верстату.

Далі розглянемо з яких елементів складається даний вид верстатів:

1) Верстат;

2) Робоча ванна;

3) Стіл;

4) Електрод-виріб;

5) Регулятор подачі;

6) Джерело живлення (генератор імпульсів);

7) Система постачання;

8) Електрод-інструмент.

Привід головного руху в верстаті

Привід подачі електрода-інструменту є самим головним виконавчим механізмом в прошивних верстатах. Передача руху від електродвигуна до ЕІ може здійснюватися рейковою передачею, гвинтовий передачею або диференціальною передачею.

Розглянемо два види приводу подач і порівняємо який з них є кращим:

1) Електромеханічний привід: ходовий гвинт отримує обертальний рух через редуктор від електричного двигуна постійного струму. Обертання ходового гвинта 1 відбувається в гайці, яка закріплюється в шпинделі. Шпиндель отримує зворотно-поступальний рух, тим самим, виконуючи підведення ЕІ, а після закінчення обробки відведення ЕІ. Опорами для шпинделя служать підшипники.

2) Електрогідравлічний привід: для того щоб поршень рухався в режимі коливань соленоїд з обмотками включається в мережу змінного струму. Соленоїд управляє рухом поршневого золотника. Золотник реагує на зміну міжелектродного простору між ЕІ і оброблюваної деталлю, коли отримує сигнал на обмотці соленоїда сигнал, золотник переміщається, і поршень пов'язаний з золотником переміщується в циліндрі.

Після перегляду принципу роботи приводів, стало зрозуміло, що з точки зору швидкодії системи і стабільності подач електрогідравлічний привід виявився краще. За допомогою такого приводу можна створювати досить великі зусилля при обробці. Але якщо дивитися, з іншого боку, з боку точності обробки, то електромеханічний привід поступається електрогідравлічному.

Пояснюється це усуненням люфту. Однак електричний гідропривід має великі розміри і вагу, та й вартість цього приводу висока.

Напрямні верстата служать для переміщення по станині рухомих вузлів верстата, забезпечуючи правильність траєкторії руху заготовки або деталі і для сприйняття зовнішніх сил. У всіх металорізальних верстатах застосовуються напрямні: ковзання, кочення, комбіновані, рідинного тертя, аеростатичні.

Пред'являють вимоги: первісна точність виготовлення, довговічність, висока жорсткість, високі демпфуючі властивості, малі сили тертя, простота конструкції, можливість забезпечення, регулювання зазору-натягу.

Залежно від розташування напрямні діляться також на горизонтальні, вертикальні, похилі.

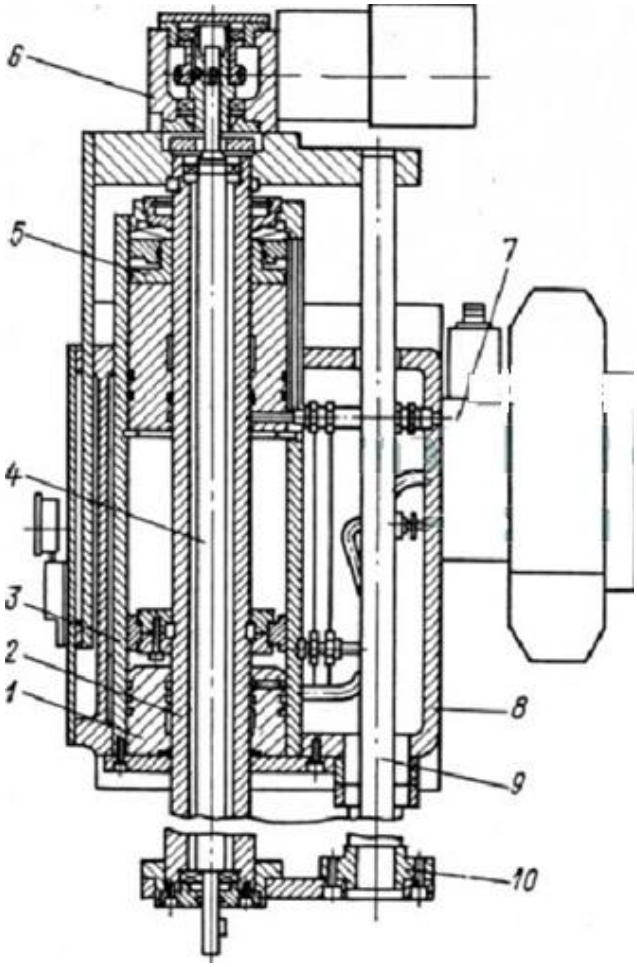

Рисунок 1.4 – Склад шпиндельної головки верстату

В якості шпинделя у ЕЕО верстатів є прошивочна головка, розглянути її можна на рис 1.4, який представлений вище.

1. Гідростатна напрямна;

2. Шпиндель;

3. Гідроциліндр;

4. Вал;

5. Гідротормоз;

6. Редуктор;

7. Гідропанель;

8. Корпус;

9. Стяжка;

10. Перехідна плита.

Несуча система верстата

Станина ЕЕС верстатів виконана у вигляді коробки, яка надає конструкції стійкість і підвищену жорсткість. Каретка барабана, кріплення колони, напрямні стола, є відповідальними частинами станини, які піддаються шабруванню і поліруванню.

Для того, щоб виготовити станину потрібно використовувати матеріали, які будуть мати високу міцність і мати невеликий коефіцієнт теплового розширення. Для виготовлення станини ЕЕС верстата застосовувався особливий вид чавуну – високоміцний.

Приводи подач верстата

Приводи подач верстата по координатам X, У та Z виконані на базі мостових транзисторних реверсивних регуляторів, що управляють двигунами постійного струму потужністю по 3 кВт. Для контролю динаміки та переміщення робочих органів в двигуни вбудовані цифрові датчики положення. Приводи подач працюють в режимах, які задаються системою ЧПУ, модель AGEMATIC через технологічні данні, що задає програма прошивки, яку вводить технолог-программіст.

1.3.3. **Технічні характеристики верстату**

Наведемо порівняльну характеристику основних моделей електроерозійних верстатів від виробника Agie (табл. 1.1).

З порівняльної характеристики можемо бачити, що модель AGIETRON 3U випереджає інші за показником квалітету шорсткості (більше ніж у три рази). Незважаючи на те, що ця модель дещо поступається моделі *AGIETRON INTEGRAL 3* за іншими характеристиками, нізький квалітет шорсткості – це найбільш значущий параметр, тож найбільшої уваги заслуговує саме цей верстат.

Наведемо його основні технічні характериситики [6]:

Електроерозійний електродний прошивний верстат фірми AGIE моделі AGIETRON 3U має 4 основні вісі руху. Загальне напрацювання верстата на відмову складає 11 600 г.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики ЭЭО верстатів

Показник	**Модель верстата**		
	AGIETRON 100	*AGIETRON INTEGRAL 3*	*AGIETRON 3U*
Робочий простір, мм	800 x 515 x 320	1070 x 735 x 450	945 x 650 x 470
Шляхи обробки, мм	350/250/350	500/300/500	420/320/350
Продуктивність, мм^3/хв.	450	590	530
Точність обробки, мікрон	5	5	5
Досягаєма шорсткість, квалітет	7	7	2

Технічні дані Agie Agietron 3U:

Розмір столу – 800 x 600 мм;

Макс. розмір заготовки – 670 x 600 x 250 мм;

Макс. вага заготовки – 800 кг;

Переміщення по осях (X, Y, Z) – 500/350/500 мм;

Прискорений хід – 720 мм/хв;

Точність позиціонування X, Y, Z – 0,005 мм;

Дозвіл X, Y, Z – 0,001 мм;

З-вісь:

Точність позиціонування – 0,004 град

Дозвіл – 0,001 град;

Обороти – 0-40 об/хв;

Макс вага електрода – 50 кг;

Генератор – 60 А;

Продуктивність в залежності від режимів і матеріалу – 450-590 мм^3/хв;

Інструментальний магазин – 28 шт;

Макс вага електрода в зміннику – 10 кг;

Макс вага всіх електродів в зміннику – 90 кг;

Максимальні габарити електродів: довжина – 150 мм, ширина – 80 мм, висота – 210 мм, діаметр – 100 мм при 14-ти електродах;

Максимальні габарити електродів: довжина – 70 мм, ширина – 70 мм, висота – 210 мм, діаметр – 75 мм при 28 електродах;

Вага верстата – 3340 кг.

Такі технічні характеристики дозволяють досліджуваному верстату обіймати конкурентне місце на ринку обладнання для ЕЕО.

1.3.4. **Принцип роботи**

В рамках цього розділу пропонується дослідити принцип роботи електроерозійного верстату Agie Agietron 3U. Не можна не згадати, що процедури обробки деталей, які застосовуються на пристроях такого типу, дозволяють досягати просто вражаючих результатів.

Для початку пару слів про те, що таке електрична ерозія, адже саме ця реакція лежить в основі роботи верстату.

Руйнування верхнього шару поверхні матеріалу під впливом зовнішніх сил, здійснюване електричними розрядами, називається електричною ерозією. Саме цей процес і став основою для обробки різних матеріалів і деталей, який називається електроерозійним.

Сама електроерозійна обробка здійснюється шляхом зміни розмірів, форми, шорсткості і властивостей поверхні оброблюваної заготовки під впливом електричних розрядів в результаті електричної ерозії, що впливають на заготовку при обробці.

Через те, що в зоні розряду діють вельми високі температури (8000 – 12000 градусів за Цельсієм), метал піддається таким змінам: нагрів, потім подальше розплавлення і навіть часткове випаровування. Для того, щоб отримати такі високі температури в зоні розряду, створюється велика концентрація енергії, яка досягається завдяки генератору електричних імпульсів. Сам процес електроерозійної обробки відбувається в робочої рідини, а саме в дистильованої воді. Вона заповнює простір між наявними електродами. Одним з цих електродів є сама заготівля, а другим – електрод-інструмент (електрод трубчастий).

Під дією сил, які виникають в каналі розряду, а також завдяки тому, що електрод швидко обертається, відбувається викид вже рідкого і пароподібного металу із зони розряду в його навколишню робочу рідину, а потім його застигання в ній з утворенням окремих дрібних частин. У заготівлі, під дією імпульсу струму, утворюється отвір. Крім цього, можна спостерігати чад електрода-інструменту, що відбувається паралельно утворення отвору.

Слід зауважити, що електрод-інструмент обов'язково повинен бути виготовлений з матеріалу з високою ерозійної стійкістю. Матеріалами, які володіють таким важливим якістю і здатні забезпечити стабільність протікання процесу електроерозії, є: вольфрам, графіт, алюміній, латунь, мідь і графітові матеріали. В нашому верстатові використовуються мідні або латунні трубчасті електроди.

1.3.5. **Характеристика застосовуваних у процесі матеріалів**

Інструментом для електроерозійної обробки служать електроди. Через електрод електрична енергія, за допомогою якої здійснюється обробка, підводиться до матеріалу. В результаті в цьому місці заготівля нагрівається до дуже високої температури (до 40.000 ° С) і починає плавиться. Частина

матеріалу випаровується, частина видаляється спеціальною робочою рідиною, якої заповнений верстат під час роботи. Так, поступовим розплавленням і видаленням матеріалу змінюють форму виробу. Найчастіше формоутворення деталі відбувається за рахунок повторення форми електрода-інструменту.

Таким чином, механічного впливу на матеріал при використанні методу електроерозії немає. Електрод є провідником. Тому головна властивість, яким він повинен володіти, – це електропровідність. Крім того, електроди-інструменти виготовляють тільки з матеріалів, що відрізняються високою ерозійної стійкістю.

Характеристика електродів-інструментів

На відміну від інструментів, використовуваних при механічній обробці, до електродів не пред'являються вимоги:

- твердості:
- збереження твердості при нагріванні;
- високої жорсткості.

Електрод може бути менш жорстким, ніж оброблювана деталь, і це абсолютно не впливає на якість, швидкість і т.д. електроерозійної обробки.

Електроди-інструменти зазвичай роблять з таких матеріалів: мідь, берилій, магній, нікель, кобальт, алюміній, цинк, залізо, титан, марганець, хром, молібден, цирконій, тантал, ніобій, графіт, вольфрам.

Для виробництва інструментів-електродів застосовують практично всі методи обробки матеріалу: слюсарно-механічна обробка, пресування, вальцювання, штампування, кування, карбування, виливок, протягування, гальванопластика, вихровий копіювання, металізація напиленням, метод порошкової металургії та ін.

Електроди-інструменти можуть бути як дуже простими і невеликими, так і являти собою великі збірні конструкції. Такі складні інструменти служать, наприклад, для одночасного прошивання отворів в панелях інструментів, щілин в листовому металі.

Характеристика і функції робочих рідин в електроерозійної обробці

Міжелектродний проміжок, тобто простір між електродами, під час роботи верстата обов'язково заповнюється спеціальною робочою рідиною.

Основні вимоги, що пред'являються до робочих рідин:

- низька корозійна активність;
- низька випаровуваність;
- хороша фільтрованість;
- висока температура спалаху;
- низька токсичність.

В якості робочої рідини в електроерозійних верстатах використовують:

- дистильовану воду;
- гас;
- дизельне паливо;
- солярку;
- індустріальні масла.

Робоча рідина виконує ряд важливих функцій:

- Є діелектриком, що сприяє безперешкодному накопиченню електричної енергії в накопичувачі до певного часу;
- Прискорює розпад розплавленого металу;
- Вимиває мікрочастинки матеріалу з робочої зони;
- Використовується для контролю температури процесу.

Під час електроерозійної обробки в робочу рідину викидається велика кількість застиглих частинок віддаленого матеріалу. Крім того, висока температура призводить до розкладання самої рідини (піролізу). В результаті робоча рідина засмічується.

Причини, за якими необхідно вчасно міняти засмічену робочу рідину:

- електрична міцність рідини знижується;
- зазор між заготівлею і електродом-інструментом збільшується, що негативно позначається на якості обробки.

Висновки.

Згідно з [7], вартість досліджуваного електроектроерозійного верстату, що був у використанні складає 17 000 €. Цією особливістю можемо пояснити доцільність проектування подібної системи управління електроерозійним верстатом. Верстат, розроблений в рамках даної роботи вийде значно дешевшим (вартість складатиме лише витрати на закупівлю обладнання, збірку та налаштування системи) через самостійність розробки програмної системи.

РОЗДІЛ 2. СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОШИВНОГО ВЕРСТАТУ. КОНЦЕПЦІЯ

*2.1. **Обґрунтування вибору контрольованих і сигналізуючих величин***

Проаналізуємо, за якими «критеріями» вибираються електроерозійні верстати.

1) Геометричні параметри

Для того щоб вибрати прошивний верстат, який в свою чергу створює розмірний ряд, потрібно для початку переглянути масу і габаритні розміри.

2) Продуктивність

Вплив верстатів на продуктивність:

• параметри імпульсів розрядного струму;

• умови підведення робочої рідини і характеристики її потоку;

• матеріал і якість електрод-інструмента;

• спосіб захисту дроту від обривів.

3) Точність

Критерії від яких залежить точність:

- жорсткість;
- точність і повторюваність позиціювання за різними осях;
- динамічні характеристики приводів;
- рівень температурних деформацій;
- стабільність параметрів імпульсів генератора;
- стійкість пристрою ЧПУ до перешкод.

4) Шорсткість

Для обробки деталей важливо досягти певної шорсткості. Фактори, які впливають на шорсткість деталі:

На шорсткість поверхні впливають наступні фактори:

- склад, структура та фізично-механічні властивості оброблюваного матеріалу;
- матеріал, мікрогеометрія та знос різального інструменту;

- умови обробки;
- жорсткість системи;
- кількість, якість і спосіб підведення мастильно-охолоджуючих речовин.

Структурна схема управління верстатом (рис 2.1) складається з: 1 – пристрій введення програми; 2 – пристрій реалізації додаткових функцій; 3 – виконавчі елементи; 4 – привід управління приводом подачі У; 5 датчик; 6 – пристрій зворотного зв'язку; 7 – пристрій обробки програми; 8 – пристрій управління приводом по координаті У; 9 – імпульсний генератор.

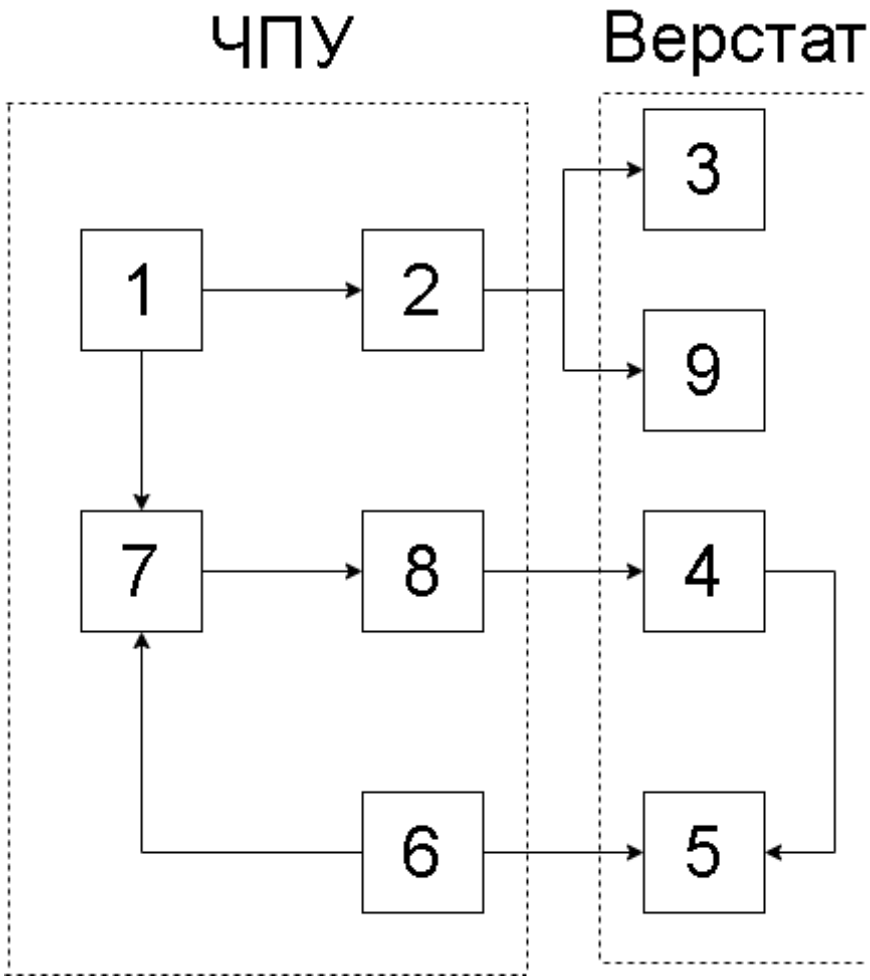

Рисунок 2.1 – Структурна схема типового електроерозійного верстату

Контактне поле являє собою сукупність нерухомих контактних пластин, розташованих по колу і ізольованих один від одного. Ротор виготовляють у вигляді щітки з електромагнітним приводом. Він складається з електромагніту і храпового механізму. При надходженні на вхід електромагніту імпульсного

сигналу ротор повертається на один крок і комутує чергову пластину контактного поля. На штекерной панелі монтують горизонтальні 2 і вертикальні 4 шини, поєднуючи їх відповідно з пластинами крокового шукача і з обмотками реле. Кількість горизонтальних шин дорівнює числу ходів циклу, а вертикальних шин - числу команд. У місцях перетину горизонтальних і вертикальних шин розташовують штекерні гнізда 3. Вони складаються з двох півкілець, одне з яких з'єднують з горизонтальною шиною, а інше - з вертикальною. При установці штекера в гніздо, відповідні шини з'єднуються і спрацьовує реле. При відсутності штекера шини розімкнуті і реле не спрацьовує. Так, для програмування циклу (див. рис. 2.2, а), що містить чотири послідовних ходу санчат 7 і 2 (К1В і К1Н - відповідно хід санчат 1 вперед і назад, К2В і К2Н - відповідно хід санчат 2 вперед і назад; рис. 2.2, б), необхідно встановити в гнізда штекерной панелі штекери 5, 6, 7 і 8 (див. рис. 2.2, в). Від крокового шукача, при включенні верстата, напруга надходить на верхню горизонтальну шину штекерной панелі. Спрацьовує реле К2В (рис. 2.2, г) і подає команду «Вперед» приводу поперечних санчат. Останні переміщаються вперед до спрацювання перемикача К2В. Контакти К2В замикаються, що викликає спрацьовування електромагніта крокового шукача. Ротор шукача повертається на один крок, верхня шина і реле К2В обесточиваются і рух припиняється. Потім напруга надходить на другу горизонтальну шину: спрацьовує реле К1В і подає команду «Вперед» приводу поздовжньої подачі. Поздовжні санчата переміщаються справа наліво до спрацьовування перемикача К1В і, отже, крокового шукача; виникає сигнал К2Н (поперечні санчата переміщаються в початкове положення), а потім сигнал К1Н (поздовжні санчата переміщаються в початкове положення). Ротор крокового шукача на допоміжному ходу повертається у вихідне положення, після цього цикл повторюється.

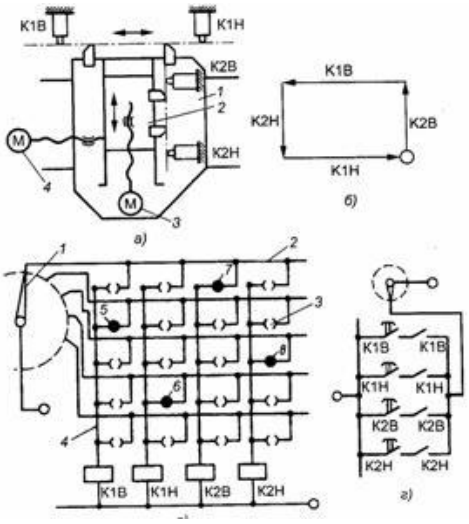

Рисунок 2.2 – Система керування: а – кінематична схема (1, 2 поздовжні і поперечні санчата відповідно; 3, 4 – електродвигуни); б – цикл обробки; в – штекерна панель з електромагнітом крокового шукача (1 – щітка; 2, 4 горизонтальна і вертикальна шини; 3 – штекерне гніздо; 5-8 – штекери); г – схема управління.

2.2. ***Розробка контуру регулювання процесу прошивання оброблюваної заготовки з контролем її температури***

Функціональна схема даного контуру управління обробкою заготовки зображена на рис. 2.3.

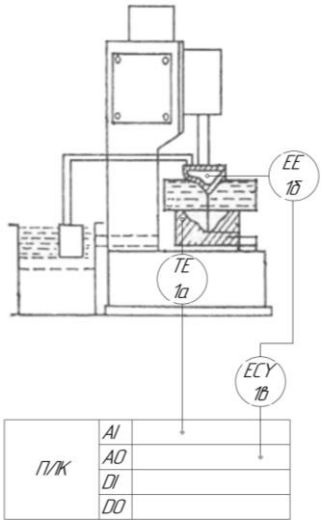

Рисунок 2.3 – Контур регулювання процесу електроерозії заготовки електродом-інструментом

Керування процесом електроерозійного прошивання полягає у своечасній видачі значної кількості електричних імпульсів через генератор імпульсів на оброблювану заготовку, яка виступає в якості маси. Коли ПЛК видає керуючий імпульс на генератор, той в свою чергу випускає імпульс на ЕІ. Електрод, ледве дотикаючись до заготовки, пропускає електричний струм через себе у напрямку заготовки. У місці дотику електроду і поверхні прошиваної заготовки електричні імпульсі виривають деяку кількість речовини, в результаті чого можна прошивати вузькі та глибокі, навіть не наскрізні, отвори у металі.

Прошивання відбувається у середовищі діелектричної рідини, що обумовлено фізикою процесу. Під час обробки заготовка гріється, тому для забезпечення можливості зупинки процесу у випадку, якщо матеріал нагрівся більше, ніж можна (щоб заготовку не викривило від нагріву) передбачено давач температури, що сповіщає ПЛК, а разом з ним і оператора, про температурний стан заготовки.

2.3. ***Розробка контуру управління подачою головки електроду-інструменту***

Функціональна схема контуру управління подачі електроду-інструменту зображена на рис. 2.4.

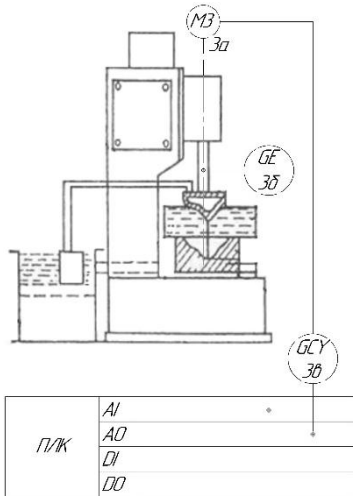

Рисунок 2.4 – Контур регулювання подачі електроду-інструменту на заготовку

У розроблюваному верстаті процес прошиваня відбувається у одному напрямку (вздовж однієї вісі – вісі Z). Шпиндель подачі головки з ЕІ на заготовку переміщуються вздовж неї силами приводу подачі. Привід подачі представлено кроковим двигуном (для забезпечення значної точності руху заготовки) та рейковою передачею.

ПЛК передає керуючі імпульсі на кроковий двигун через драйвер крокового двигуна. Він повідомляє драйверові напрямок руху, а драйвер сповіщує двигун про напрямок руху (а також передає двигуну електричний імпульс достатньої для нього потужності). Кожний імпульс обертає вал двигуна на строго однакову відстань, тож така привідна система дозволяє переміщати головку з великою точністю.

Для визначення поточного положення шпиндельної головки в даному контурі передбачено давач імпульсів, який через аналоговий інтерфейс струмової петлі інформує ПЛК про положення ЕІ у просторі (відносно осі підйому/опускання).

*2.4. **Розробка контуру управління підкачки діелектричної рідини до робочого резервуару верстату***

Функціональна схема контуру управління підкачкою рідини зображена на рис. 2.5.

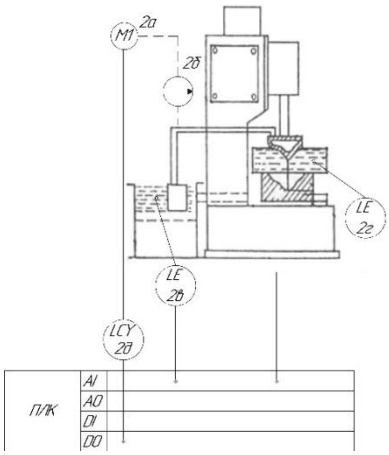

Рисунок 2.5 – Контур регулювання процесу підкачки діелектричної рідини до реезервуару.

Як вже було згадано вище, процес електричної ерозії відбувається у середовищі діелектричної рідини. Під час роботи заготовка нагрівається в значній мірі, що обумовлює поступове випаровування рідини з робочого резервуару верстату. Звісно, що для безпечної роботи верстату в цілому рівень рідини требо підтримувати сталим.

Для цього передбачено контур підкачки діелектрику до робочого резервуару. Рівень рідини контролюється віповідним аналоговим давачем рівня. Коли рівень прямує до критичної відмітки, через магнітний пускач вмикається насос, який відсмоктує рідину з запасного резервуару і подає у робочий. При досягненні верхнього рівня рідини в робочому резервуарі робота насосу припиняється контролером. Також передбачено аналоговий давач рівня рідини у запасному резервуарі. У випадку приближення до вичерпання рідини звідти, оператор отримує відповідне сповіщення на панель та має час вдіяти щось. Коли рівень рідини у обох резервуарах стає критичним, оператор безпечно завершує роботу всього верстату.

Висновки

Було проаналізовані критерії, за якими вибираються електроерозійні верстати. Розробрено необхідні контури: регулювання процесу прошивання оброблюваної заготовки з контролем її температури, управління подачою головки електроду-інструменту, управління підкачки діелектричної рідини до робочого резервуару верстату.

РОЗДІЛ 3. ВІБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНИМ ВЕРСТАТОМ

Для досягнення цілей дипломного проектування складено електричну принципову схему (див. креслення СУ-71 6.151.000 Е3). На ній вказано елементний склад та способи приєднання елементів між собою для поєднання їх у систему.

Також, у відповідності зі схемою обране наступне обладнання:

3.1. ***Вибір датчиків і первинних перетворювачів***

Для забезпечення функції контролю необхідних параметрів верстату потрібно обрати датчик положення головки електроду-інструменту, датчик температури оброблюваної заготовки та два датчики рівню діелектричної рідини у основному резервуарі верстату и резервуарі підкачки.

Датчик температури DS18B20. [8]

Діапазон вимірюваних температур від -55 ° С до + 125 ° С. Зчитуваний з приладу цифровий код є прямим безпосереднім кодом виміряного значення температури і не потребує додаткових перетворень. Програмована користувачем роздільна здатність вбудованого АЦП може бути змінена в діапазоні від 9 до 12 розрядів вихідного коду. Абсолютна похибка перетворення менше 0,5 ° С, в діапазоні контрольованих температур -10 ° С до + 85 ° С. Максимальний час повного 12-ти розрядного перетворення ~ 750мс (при роздільній здатності 12 розрядів). Для підключення потрібно резистор 4.7кОм.

Внутрішня енергонезалежна пам'ять температурних установок забезпечує запис довільних значень верхньої та нижньої межі установок. Крім того, мікросхема містить вбудований логічний механізм пріоритетної сигналізації в лінію про факт виходу температури за один з обраних порогів. Вузол 1-Wire-інтерфейсу приладу організовано таким чином, що існує

теоретична можливість адресації необмеженої кількості подібних пристроїв на однодротової лінії.

Термометр має індивідуальний 64-розрядний реєстраційний номер (груповий код 028H) і забезпечує можливість роботи без зовнішнього джерела живлення, тільки за рахунок паразитного живлення однопровідної лінії. Живлення приладу через окремий зовнішній вивід виконується напругою від 3.0В до 5.5В.

Оптичний датчик положення Sensick W250. Компактний фотоелектричний перемикач для широкого кола застосувань.

Сімейство фотоелектричних перемикачів W250 має спеціальну комбінацію, яка об'єднує як DC, так і DC / AC версії в дуже компактному корпусі.

Версія кабелю або вертикальна планка забезпечують гнучкість W250 для системної інтеграції.

Під час налаштування чутливості та відстані сканування, користувач підтримує зручний для читання дисплей позиціонування.

Світловий / темний комутації через кабель управління зменшує кількість варіантів пристрою та зменшує затрати енергії.

Можливості W250:

■ Універсальна напруга живлення (DC або DC / AC) у компактному корпусі спрощує інтеграцію в машини,

■ Регулювання допоміжних світлових променів,

■ Світлове / темне перемикання знижує вартість запасів шляхом зменшення кількості необхідного варіанта,

■ Постачається в комплекті та готовий до використання, оскільки монтажні кронштейни та рефлектор (тільки WL250) входять в комплект постачання.

Основні сфери застосування:

■ Машинобудування,

■ Лісова промисловість,

■ Зберігання та обробка матеріалів,

■ Системи розливу,

■ Управління доступом до дверей / воріт. [9]

Ультразвуковий рівнемір Rosemount 3100.

Ультразвуковий рівнемір Rosemount серії 3100 призначений для забезпечення безперервного вимірювання рівня рідини і відстані до поверхні рідини в резервуарах, сховищах, стічних ямах, демпферних резервуарах, а також розрахунку обсягу й витрати у відкритих каналах і водозбірниках.

Особливості:

- Недороге і надійне рішення для безперервного вимірювання рівня;
- Просте введення в експлуатацію та використання;
- Відсутність рухомих частин і частин, що контактують з середовищем;
- Відсутність необхідності в калібрувані;

Характеристики:

- Вимірювані середовища: рідкі (нафта, темні і світлі нафтопродукти, вода, водні розчини, зріджений газ, кислоти, луги, розчинники, алкогольні напої та ін.)
- Діапазон вимірювань: від 0,3 до 11 м
- Вихідні сигнали:
- 4-20 мА (модель 3101);
- 4-20 мА з цифровим сигналом на базі HART®-протоколу (моделі 3102 і 3105)
- Наявність вибухонебезпечного виконання (модель 3105).

*3.2. **Вибір виконавчих механізмів***

Виконавчими механізмами у нашому верстаті є: насос підкачки діелектричної рідини до основного резервуару верстату, привід подачі головки ЕІ, а також магнітний пускач та драйвер крокового двигуна, відповідно, в

якості перетворювачів для них. Електричний заряд на кінці ЕІ буде формуватися генератором імпульсів, тож його треба також обрати.

Привід подачі електрода-інструменту є головним виконавчим механізмом в прошивних верстатах. Передача руху від електродвигуна до ЕІ може здійснюватися рейковою передачею, гвинтовою передачею або диференціальної передачею.

Розглянемо два види приводу подач і порівняємо який з них є кращим:

1) Електромеханічний привід: ходовий гвинт отримує обертальний рух через редуктор від електричного двигуна постійного струму. Обертання ходового гвинта відбувається в гайці, яка закріплюється в шпинделі. Шпиндель отримує зворотно-поступальний рух тим самим, виконуючи підведення головки верстату, а після закінчення обробки відведення ЕІ. Опорами для шпинделя служать підшипники.

2) Електрогідравлічний привід: для того щоб поршень рухався в режимі коливань соленоїд з обмотками включається в мережу змінного струму. Соленоїд управляє рухом поршневого золотника. Золотник реагує на зміну міжелектродного простору між ЕІ і оброблюваної деталлю, коли отримуючи сигнал на обмотці соленоїда, золотник переміщається, і поршень пов'язаний з ним переміщується в циліндрі.

Після перегляду принципу роботи приводів, стало зрозуміло, що з точки зору швидкодії системи і стабільності подач електрогідравлічний привід виявився краще. За допомогою такого приводу можна створювати досить великі зусилля при обробці. Але якщо дивитися, з іншого боку, з боку точності обробки, то електромеханічний привід перевершує електрогідравлічний. Пояснюється це усуненням люфту. Однак електричний гідропривід має великі розміри і вагу, та й вартість цього приводу висока. Через це в якості приводу подачі шпиндельної головки на заготовку обрано електромеханічний кроковий двигун *NEMA 17HS8401 1.8A 0.52N.m*

- Біполярний, 4-хпроводний;
- Вал діаметром 45 мм, одна фаска;
- Крок 1,8 град .;

- Макс. струм обмотки 10,8 А;
- Опір обмотки 20,7 Ом +/- 10%;
- Індуктивність 3,2 мГн +/- 20%;
- Момент утримання 520 Н * см;
- Крутний момент 253,6 Н * см;
- Макс. робоча температура 80°С;
- Розміри 42х42х48см, фланець NEMA17;
- Вага 37 кг.
- Обмотка А: червоний +, зелений -
- Обмотка В: жовтий +, синій - [10]

Виконувати роль поєднувальної ланки між ПЛК та кроковим двигуном буде *драйвер крокового двигуна JMC 3M2080 6,6A*

3M2080 – це одна з небагатьох моделей Direct-On-Line Step Motor Drive, доступних у промисловості, який може просто живитися від джерела живлення змінного струму без потреби у джерелі живлення. Це робить його економічно ефективним. 3M2080 – біполярний трифазний мікроскопічний привід, що застосовує технологію керування чисто-синусоїдальним струмом. Він має потенціал доставити більш крутний момент з більш гладким кроковим рухом з трифазним двигуном. Це призводить до зниження вібрації та високої продуктивності в порівнянні з двофазним типом. Це найкраще підходить для додатків, які потребують екстремально низького швидкісного, плавного руху, особливо в лінійному та кільцевому інтерполяційному застосуванні, або застосуванні, чутливому до вібрації, при екстремальних повільних швидкостях. Високий вхід напруги 3M2080 дає змогу збуджувати трифазний двополярний гібридний кроковий двигун розміром від Nema 23 до Nema 42. За допомогою точної технології керування струмом та оптимізації керування швидкістю цей трифазний привід PowerStep добре підходить для трифазного гібридного крокового двигуна, що забезпечує продуктивність, близьку до безколірного сервоприводу постійного струму.

Особливості:

Напруга живлення від AC80 до 220В

Над напругою, котушкою до котушки та котушкою для захисту від короткого замикання на землю.

Вибираються дозволи до 12800 кроків

Оптично ізольовані диференціальні входи ТТЛ для входів сигналів імпульсів, напрямку та ввімкнення

Імпульсна частота вхідного сигналу до 200 кГц

Поточне зменшення на 50% автоматично при включеному режимі зупинки двигуна

Вихідний струм можна вибрати з піку 1,7 ~ 6,6А

Підходить для 3-фазних крокових двигунів, з розміром Nema 23-42

Н-міст, 3-х фазний біполярний мікро-ступінчастий привід

Вихідний струм (пік) 1,7 - 6,6 А

Напруга живлення 80/110/220 В постійного струму

Логічний вхід струму 15 мА

Імпульсна частота вхідного сигналу 200 КГц

Низький рівень Tim 2.5 використовує

Простір Уникайте пилу, масла, примусового морозу та газів

Температура навколишнього середовища -10 ˚C-80 ˚C

Вологість <80% КР

Зберігання Темп 10 ˚ C-80 ˚C

Вага 1.75кг

Для цього драйвера не потрібен блок живлення, він живиться від мережі 220В

-Максимальний крок – 12800 кроків / оборот.

-Захист від перенапруги і короткого замикання

- Підходить для 3-фазних, крокових двигунів, з розмірами фланця від 23 до 42 [11].

Для генерації сигналу на вістрі електроду-інструменту необхідно використати генератор імпульсів. При цьому спеціалізований генератор імпульсів може мати кілька каналів і забезпечувати генерацію спеціальних

імпульсів по шаблонах, формувати здвоєні імпульси (використовуються в системах зв'язку і являють собою два коротких імпульси, генеруються протягом одного періоду), імпульси з поверненням до нуля (return-to-zero pulse, RZ, такі імпульси, зокрема, використовуються при кодуванні переданих даних) і можливість додавання в послідовності генеруючих імпульсів джиттера - фазового тремтіння фронтів.

Деякі сучасні функціональні генератори пропонують також і генерацію імпульсів напруги. Є кнопка завдання параметрів імпульсу (як правило вона позначена «Pulse») на передній панелі такого генератора. Вона дозволяє нам задати базові характеристики імпульсів напруги і перевіряти технічні характеристики будь-якого приладу. В цьому випадку в специфікації або керівництві з експлуатації приладу в частині завдання можливих параметрів імпульсу повинні бути вказані такі характеристики:

- Найменший і найбільший доступний період проходження імпульсів;
- Найменша і найбільша доступні тривалості генеруємих імпульсів, виражена в секундах або у відсотках від робочого циклу;
- Найменше та найбільше доступне установки часу наростання і спаду фронтів імпульсу;
- Максимальне значення можливого перерегулювания, у відсотках;
- Джиттер (тремтіння фази), виражений в процентах або в ppm (тобто 1 × 10-6, в даному випадку від тривалості імпульсу);
- Амплітуда імпульсів.

Розглянемо кілька методів, які ми можемо використовувати для створення імпульсів за допомогою функціонального генератора. Для ілюстрації ми будемо використовувати вимірювальний прилад *33250A* [11], що випускається компанією Agilent Technologies до її трансформації в Keysight Technologies. Генератор 33250A є сучасний генератор сигналів стандартної і довільної форм, що має вбудований генератор імпульсів з частотою проходження до 50 МГц (33120A до 15 МГц).

Межі завдання характеристик імпульсів напруги доступні за допомогою генератора 33250A наведені в Таблиці 1.

Таблиця 1. Генератор 33250A, можливий для установки параметрів імпульсів напруги

Період проходження імпульсів	Від 20,00 нс до 2000,0 з
Ширина імпульсу	Від 8,0 нс до 1999,9 з
Час наростання фронту імпульсу	Від 5,00 нс до 1,00 мс
Перерегулювання	Не більше 5%
Джиттер (СКЗ.)	100 ppm + 50 пс

Створення імпульсів напруги за допомогою функціонального генератора

За допомогою використання функціонального генератора є кілька варіантів формування і генерації імпульсів напруги.

Зміна шпаруватості при генерації імпульсів прямокутної форми.

Найбільш поширеним способом синтезу імпульсів напруги є зміна їх скважности або як це ще називають - робочого циклу послідовності прямокутних імпульсів. Базова послідовність у вигляді симетричних прямокутних імпульсів, звана меандр, за визначенням, має шпаруватість, яка дорівнює одиниці або 50-відсотковому робочиому циклу. Це означає, що амплітуда імпульсів в такій послідовності половину періоду дорівнює деякому заданому значенню, а в другій половині періоду їх амплітуда дорівнює нулю або при наявності, так званої підпірки у вигляді постійної напруги, його рівню. Функціональний генератор, як правило, може змінювати робочий цикл в послідовності імпульсів від 20 до 80 відсотків. Використовуючи пакетний режим вигляді послідовності пачок імпульсів з більш високою частотою проходження (тобто, генерації радіоімпульсів), ви можете досягти більш низького значення робочого циклу. Можливість генерувати імпульси напруги, змінюючи робочий цикл прямокутної послідовності або використовуючи режим генерації пачок імпульсів передбачена в більшості функціональних генераторів.

Використання наявної в новітніх функціональних генераторах вбудованої функції генерації імпульсів

Цей метод, який буде описаний нижче, простий і забезпечує більшу гнучкість, але не всі функціональні генератори мають такі вбудовані опції.

Використання можливості генерації сигналів довільної форми

Для того щоб синтезувати необхідну форму і параметри імпульсу напруги, ми можемо, використовуючи спеціальні можливості, конструктивно закладені в генераторі для формування базових імпульсів і імпульсів довільної форми, що дозволяє нам згенерувати досить широкий спектр необхідних для конкретного додатка імпульсів і імпульсних послідовностей. Хоча це підхід далеко не найпростіший, але він пропонує велику гнучкість, оскільки обмежений тільки об'ємом вбудованої в використовуваний вами приладі пам'яті. У більшості сучасних функціональних генераторів передбачена можливість формування необхідної довільної хвильової функції.

Можливість генерації імпульсів напруги, вбудована в функціональний генератор, дозволяє нам створювати імпульси із заданими параметрами. Для цього ми просто вибираємо і задаємо такі основні параметри імпульсу, як: період або частота слідування, тривалість імпульсу і час наростання / спаду його фронтів - переднього і, відповідно, заднього.

Що стосується розглянутого нами функціонального генератора 33250A, то тут імпульс напруги задається майже так само, як і в спеціалізованому генераторі імпульсів. Однак тут потрібно невелике уточнення, необхідне для усунення різночитань. Спеціальний генератор імпульсів має на увазі під тривалістю (іншого її називають шириною) імпульсу час від початку переднього фронту (зазвичай за рівнем 10%) імпульсу до початку спаду його заднього фронту (теж, як правило за рівнем 10%, але зі знаком і мінус). Оскільки тут використовується таке визначення, ми можемо встановити час наростання і спаду незалежно, не впливаючи на час між початком переднього і заднього фронтів, зберігши встановлену тривалість імпульсу.

Функціональний генератор 33250A також дозволяє нам змінювати час наростання фронту, не впливаючи на тривалість імпульсу, використовуючи однакову швидкість наростання/спаду для обох фронтів. Тут необхідно брати до уваги, що функціональний генератор 33250A, на відміну від

спеціалізованих імпульсних генераторів, встановлює тривалість імпульсу по половинному часу тривалості фронтів, іншими словами тривалість синтезованого імпульсу встановлюється за рівнем 0,5 від його амплітуди. І оскільки час наростання і спаду, як було вже сказано, однакові, то значення тривалості імпульсу буде однаковим, незалежно від того, виміряна воно від початку формування фронтів (за рівнем 10%) або виміряна між їх центрами (за рівнем 0,5) .

Крім того, необхідно враховувати, що коли ми використовуємо імпульсний генератор для створення імпульсу з різними часом наростання і спаду, то в цьому випадку значення тривалості імпульсу, виміряний осциллографом, не буде відповідати налаштуванням імпульсного генератора. Це пов'язано з тим, що осцилографи вимірюють тривалість імпульсу по їх передньому і задньому фронтах на рівні 50% амплітуди імпульсу.

Здатність функціонального генератора точно відтворювати заданий імпульс буде, природно, залежати безпосередньо від самого інструменту. З одного боку, функціональний генератор, як прилад, призначений для відтворення найрізноманітніших хвильових функцій - від синусоїдальних коливань до імпульсів довільних форм. Однак з іншого боку, генератор імпульсів розроблений спеціально для генерації саме імпульсних сигналів. Сучасні ж функціональні генератори зазвичай формують сигнали, використовуючи технологію прямого цифрового синтезу (direct digital synthesis, DDS). Основною перевагою DDS, в порівнянні з іншими технологіями генерації сигналів складної форми, полягає в тому, що вона дає можливість безпроблемно змінювати частоту (або період, як кому більше подобається) генерується сигналу, не змінюючи при цьому його форми. Природно, якщо вона відповідає обраній частоті проходження таких імпульсів.

При цьому для того щоб зберегти синтезовану форму сигналу на майбутнє тут використовується більше чи менше число вибірок (визначається формою імпульсу), що забезпечує ефективне семпліровані (створення зразка-еталона хвильової функції). Амплітуда вибірок перетвориться в цифрову форму за допомогою аналого-цифрового перетворювача (АУП) та вирушає на

зберігання з метою можливості подальшого використання. При синтезі дані про вибірках амплітуд витягуються з пам'яті, і форма сигналу відновлюється вже за допомогою цифро-аналогового перетворювача (АЦП) і відповідного фільтра, що згладжує. Технологія DDS добре працює для сигналів з плавними переходами, але вона не завжди придатна для синтезу імпульсів, що мають фронти з великими швидкостями наростання. Так при використанні технологія DDS для синтезу імпульсних сигналів при їх виведенні для кожного імпульсу доводиться звертатися до пам'яті, в якій зберігаються його хвильова функція у вигляді вибірок, що природно при крутих фронтах призводить до джиттеру - фазового тремтіння сигналу з частотою вибірки, тобто, в кращому випадку з тактовою частотою генератора. Щоб подолати ці проблеми, в генераторі 33250A використовує спеціальне апаратне рішення, що дозволяє більш точно генерувати імпульси напруги.

Рішення полягає в тому, що для генерації сигналів імпульсної форми в даному приладі, для того щоб синтезувати задані період проходження і тривалість імпульсів, використовується їх точна прив'язка до тактовим імпульсам. Для досягнення високої точності синтезу тактова частота змінюється в межах від 100 МГц до 200 МГц і підтримується на заданому рівні за допомогою системи фазового автопідстроювання частоти, а по задньому фронту імпульсу застосована регульована аналогова затримка тривалістю від 0 до 10 нс.

Часом наростання і спаду імпульсу управляє схема, яка зачеплений відповідні струми заряду конденсатора (в цьому випадку, як відомо, напруга на конденсаторі змінюється лінійно, а не по експоненті). Так, завдяки використання в генераторі 33250A спеціально розроблених внутрісхемних рішень, ми маємо можливість незалежно задавати необхідний період проходження імпульсів, їх тривалість, а також їх швидкість наростання і спаду.

Для підкачки діелектричної рідини до зони прошивання необхідни насос (і магнітний пускач разом з ним).

Модульні контактори ESB24-40 компанії ABB, призначені для управління навантаженнями невеликої потужності, які вимагають великої кількості включень / відключень - автоматика інженерного устаткування будівель, насоси, системи вентиляції, опалення, освітлення і т.д. Встановлюється модульний контактор ESB на DIN-рейку.

Основні показники контактора Abb ESB24-40:

Номінальний струм: 24 Ампера

Напруга управління: 230V AC

Кількість контактів: 4Н.О

Технічні дані:

Нормативні документи: IEC 60947, EN 60947, IEC 1095, EN 61095

Кількість головних контактів: 4Н.О

Номінальна напруга головних контактів (Un): 440 В (AC)

Номінальний струм (In): 24 А при AC-1 і 6 А при AC-3

Номінальна частота: 50/60 Гц

Потужність комутованого електродвигуна: 4 кВт

Номінальна напруга ланцюга керування (Uc): 230 В (AC)

Діапазон напруги котушки: 0,85 ... 1,1Uc

Споживана потужність котушки при втягуванні: 4 ВА;

Споживана потужність котушки при утриманні: 4 ВА;

Максимальна частота включень: 300 вкл / год при AC-1,7a і 600 вкл / год при AC-3,7b

Ступінь захисту: IP20

Монтаж: на DIN-рейці

Положення при монтажі: будь

Підключення: гнучкі і монолітні провідники 1 ... 10 мм^2

Термін служби (механічної частини): 1 млн. операцій

Термін служби при номінальному навантаженні: 150 000 операцій при AC-1 і

500 000 операцій при AC-3

Робочий діапазон температур: -25 ... + 55 С

Маса: 0,280 кг;

Кількість в упаковці: 5 шт. [10]

Насоси горизонтальні SAER IR – одноступінчасті консольно-моноблочні насоси з безпосередньою посадкою робочого колеса на вал електродвигуна. Електродвигун закритого типу з примусовим охолодженням.

Номінальна частота обертання – 2900 об / хв.

Всмоктуючий і напірний патрубок – фланцеві.

Технічні характеристики:

•натиск: до 100 м при 2900 об / хв, 43 м при 1450 об / хв;

•продуктивність: до 275 м³ / год при 2900 об / хв, до 400 м³ / год при 1450 об / хв;

•DN всмоктуючих патрубків: від 50 до 100 мм (150 для IR 4P);

•DN нагнітають патрубків: від 32 до 80 мм (125 для IR 4P);

•температура рідини, що перекачується: від -15 ° C до + 120 ° C;

•відповідність нормативам: насос: UNI EN ISO 9006, додаток A, рівень 1 за запитом;

•двигун: норма IES 6034-1;

•насоси серії IR-IR 4P можуть працювати в горизонтальному і вертикальному положенні – при цьому двигун знаходиться у верхній частині (потрібно узгоджувати з технічним відділом заводу-виготовлювача).

Насоси горизонтальні IR мають дуже широку сферу застосування. Вони можуть використовуватися для циркуляції рідини в системі опалення, кондиціонування, ГВС, для підвищення тиску в існуючих системах водопостачання, для перекачування рідини з резервуарів, для поливу, пожежогасіння або використовуватися в багатонасосні автоматичних станціях підвищення тиску (на вимогу).

Насоси горизонтальні придатні для перекачування злегка забрудненої рідини, хімічно нейтральною по відношенню до матеріалів насоса, без твердих і довговолокнистих включень. Установка горизонтальна або вертикальна (за умови, що електродвигун знаходиться у верхній частині). Насоси з насосною

частиною виконаної з нержавіючої сталі можуть використовуватися для перекачування агресивних середовищ.

Стандартне виконання:

- Механічне ущільнення – з кераміки і графіту.
- Робоче колесо – чавун або латунь (в залежності від моделі).
- Корпус насоса – чавун.
- Ротор – нержавіюча сталь.
- Максимальний робочий тиск: 10 бар.
- Температура рідини: від -15С до + 120С.
- Максимальна температура навколишнього середовища: +40 С. [12]

*3.3. **Вибір інтерефейсів та ПЛК***

Мозком системи є програмований логічний контролер. Його функція - поєднування всіх вузлів верстату між собою та координації їх роботи. В якості ПЛК за його неперевершену якість обрано контролер S7-300 німецького виробника Siemens.

Simatic S7-300 – універсальний модульний програмований контролер, для вирішення завдань автоматичного управління відносно низької і середньої ступеня складності. Основні особливості контролера:

- модульна конструкція, монтаж модулів на профільній шині (рейці);
- природне охолодження;
- застосування локального і розподіленого введення-виведення;
- можливості комунікацій по мережах MPI, Profibus Industrial Ethernet / PROFInet, AS-i, BACnet, MODBUS TCP;
- підтримка на рівні операційної системи функцій, що забезпечують роботу в реальному часі;
- підтримка на рівні операційної системи апаратних переривань;
- підтримка на рівні операційної системи обробки апаратних і програмних помилок;

•вільне нарощування можливостей при модернізації системи;

•можливість використання розподілених структур введення-виведення і просте включення в різні типи промислових мереж.

Таблиця 3.1 – Загальні технічні дані контролерів S7-300.

Характеристика SIMATIC S7-300
Ступінь захисту корпусу IP 20 згідно з IEC 60 529
Робочі температури при горизонтальній установці 0 ... 60 ° C
Робочі температури при вертикальній установці 0 ... 40 ° C
Температури зберігання і транспортування -40 ... + 70 ° C
Відносна вологість 5 ... 95%
Поява конденсату не допускається, RH рівень складності 2 відповідно до IEC 1131-2
Обледеніння друкованих плат Не допускається
Атмосферний тиск 795 ... 1080 Гпа
У ланцюгах = 24 В Випробувальна напруга = 500 В
У ланцюгах ~ 220 В Випробувальна напруга ~ 1460 на

Обрали саме цей контролер через його універсальність, підтримку на рівні операційної системи функцій, що забезпечують роботу в реальному часі і в разі потреби можливо додати додаткове обладнання, для якого не потрібно буде купувати новий контролер, можна буде підключатися до даного контролера.

Simatic Step 7 — пакет програмного забезпечення компанії Siemens, яке призначене для розробки систем на базі програмованих логічних контролерів Simatic та інших з подібною архітектурою.

Програма дозволяє розробляти та обслуговувати системи автоматизації на основі програмованих логічних контролерів Simatic S7-300 і Simatic S7-400 фірми Siemens. У першу чергу це роботи з програмування контролерів. Програмування контролерів проводиться з редактора програм, який забезпечує написання програм на трьох мовах:

FBD — мова релейно-контактної логіки

LAD — мова блочних діаграм

STL — високорівнева мова списку інструкцій. [13]

У якості операторської панелі обрано *Siemens KTP600 Basic Color PN 6AV6647-0AD11-3AX0* (рис. 5.3).

Панель управління надає можливість спостерігати за роботою системи; змінювати режим роботи системи (автоматичний-ручний); виконувати пуск-стоп (змінювати положення) окремих механізмів системи в ручному режимі; виконувати пуск-стоп лінії в автоматичному режимі; задавати параметри роботи механізмів системи; переглядати журнал подій.

У верхній частині кожного екрану знаходиться область виводу повідомлень.

У нижній частині кожного екрану знаходяться кнопки:

Головна – для переходу на основний робочий екран;

Параметри – для переходу на екран зміни параметрів роботи механізмів системи;

Повідомлення – для переходу на екран повідомлень.

В нижній частині на корпусі ПУ оператора розміщені функціональні кнопки:

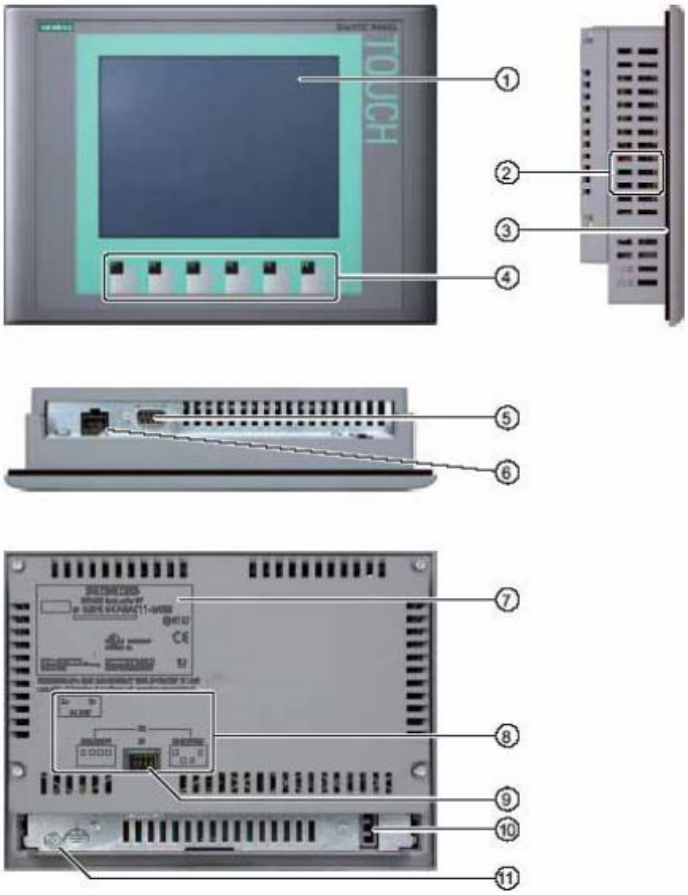

Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд та елементний склад операторської панелі: 1 – дисплей/сенсорний екран; 2 – вирізи для затискних скоб; 3 – монтажне ущільнення; 4 – функціональні клавіші; 5 – інтерфейс профінет; 6 – виходи блоку живлення; 7 – табличка з технічними даними; 8 – позначення інтперфейсу; 9 – напрямна для маркувальних стрічок; 10 – підключення для функцінального заземлення.

F1 (Головна) – При натисканні на кнопку «Головна» відбувається перехід на екран «Головна»

F2 (Параметри) – При натисканні на кнопку «Параметри» відбувається перехід на екран «Параметри»

F3 (Повідомлення) – При натисканні на кнопку «Повідомлення» відбувається перехід на екран «Повідомлення»

F4 (Скидання) – При натисканні на кнопку «Скидання» відбувається скидання помилки.

Переключення між екранами виконується натисканням на відповідні кнопки в нижній частині екранів або на відповідні функціональні кнопки в нижній частині на корпусі ПУ оператора.

На рис. 5.4 наведено спосіб підключення панелі оператора до ПЛК та давачів.

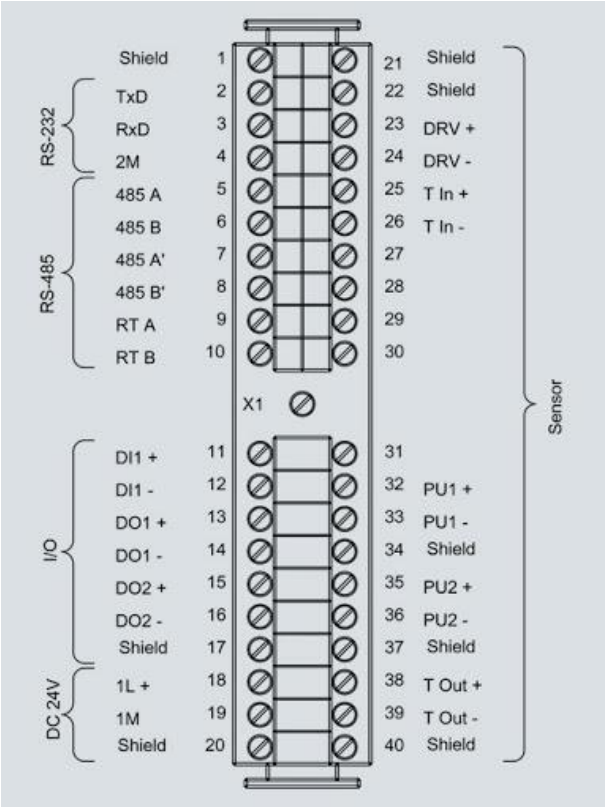

Рисунок 3.2 – Схема підключення панелі оператора до ПЛК та давачів.

Живлення системи відбувається від центральної системи електропостачання через розетки. ПЛК та деякі давачі живляться від блоку живлення *Siemens Sitop PSU 100 C*.

Висновки

Була розроблена принципова схема (див. креслення СУ-71 6.151.000 Е3).

Згідно схеми, було підібрано відповідні давачі і перетворювачі. Також, були вибрані виконавчі механізми.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1.Загальні вимоги охорони праці

Цей розділ описує вимоги охорони праці для працівників, зайнятих виконанням робіт на металообробних верстатах (тому числі, прошивних електроерозійних) в організаціях.

Порушення працівником вимог охорони праці на робочому місці може призвести до нещасного випадку, механічного травмування уламками застосовуваного інструмента, рухомими деталями верстата і захоплення частин одягу, а також до ураження електричним струмом.

Необхідно забезпечити відповідність процесів механічної обробки металів різанням і використовувані пристосування для металообробки вимогам безпеки відповідно до чинних державних стандартів.

Механічну майстерню необхідно обладнати засобами індивідуального захисту і засобами пожежогасіння.

Стаціонарні металообробні верстати необхідно встановлювати на міцних фундаментах або підставах, ретельно вивіряти, міцно закріплювати, фарбувати. Проходи, проїзди, люки колодязів в майстерні слід тримати вільними і не захаращувати матеріалами, заготовками, деталями, відходами і тарою. Не допускається установка верстатів на люки колодязів.

До роботи на металообробних верстатах допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, навчання, інструктаж і перевірку знань з охорони праці. Верстатнику необхідно мати II групу з електробезпеки і посвідчення, яке підтверджує право роботи на даному типі верстатів.

Установка і зняття з металообробних верстатів пристроїв, деталей, пристосувань і інструменту масою понад 16 кг проводиться за допомогою підйомних механізмів.

Установку абразивного інструменту на металообробних верстатах виробляють тільки працівники, які знають правила і володіють практичними

навичками огляду і установки абразивного інструменту. Цих працівників навчають правилам і нормам роботи з абразивним інструментом

Всі працівники забезпечуються спецодягом та засобами індивідуального захисту відповідно до діючих норм.

Освітлення металообробних верстатів (загальне і місцеве) має забезпечувати чітку видимість процесу обробки виробів, поділів на контрольно-вимірювальних інструментах, лімбах подач, а також таблиць налаштувань верстата і органів управління. Для місцевого освітлення слід застосовувати напругу не вище 12 В.

Металообробні верстати, на яких обробляються матеріали, що утворюють пил (чавун, бронза і т. п.), необхідно обладнати пристроями для видалення цього пилу в процесі роботи (місцевими відсмоктувачами).

Верстати, що працюють з масляним, гасовим і т. п. охолодженням, при наявності рясного виділення парів обладнуються витяжною вентиляцією.

Всі машини, верстати і установки, що створюють шум під час роботи більше 70 дБА, необхідно обладнати пристроями для його усунення або максимально можливого зниження.

*4.2.**Вимоги охорони праці перед початком роботи***

Одягти спецодяг, заправити волосся під головний убір і переконатися, що стан спецодягу виключає можливість її захопленню рухомими частинами металообробного верстата або його частин.

З метою попередження шкірних захворювань рук при використанні на металообробних верстатах охолоджуючих масел і рідин перед початком роботи змастити руки профілактичними пастами і мазями

Оглянути робоче місце, прибрати з-під ніг все, що може перешкодити при роботі, звільнити проходи і не захаращувати їх, перевірити справність дерев'яної пайоли під ногами

Перевірити справність засобів індивідуального захисту, захисних екранів, інструменту, пристосувань для закріплення деталей.

При перевірці абразивного круга необхідно уважно його оглянути з метою виявлення тріщин або інших дефектів. При простукуванні дерев'яним молотком цілий абразивний круг повинен видавати чистий звук.

У ріжучого інструменту перевірити відсутність тріщин, надламів, міцність кріплення пластин твердого сплаву і т.п.

Перевірити справність і надійність пристроїв для кріплення інструменту і правильність його закріплення, при цьому необхідно враховувати наступні вимоги:

- фланці для закріплення інструменту повинні мати однаковий діаметр по обидва боки інструменту. Між фланцями і відповідно. частиною повинні ставитися прокладки з картону, гуми, шкіри, що перекривають поверхню фланців не менше ніж на 1 мм по всьому колу;
- патрони верстатів не повинні мати виступаючих частин. При закріпленні деталі в патроні або планшайбі верстату захоплювати деталь кулачками на можливо більшу величину. Не застосовувати затискні пристрої зі зношеними робочими площинами кулачків;
- при установці ріжучого інструменту на фрезерному верстаті перевірити чистоту конусного отвору шпинделя і поверхні оправлення або фрези.

Перевірити і забезпечити достатнє змащення металообробного верстата; при змащенні користуватися тільки відповідними пристосуваннями.

Перевірити наявність, справність і міцність кріплення:

- огороджень і запобіжних кожухів зубчастих коліс, приводних ременів, валиків, виступаючих частин прутка і т. д.;
- струмоведучих частин електричної апаратури (пускачів, рубильників, трансформаторів);
- запобіжних пристроїв для захисту від стружки і бризок охолоджуючих масел і рідин

Візуально перевірити справність заземлення металевих частин металообробного верстата і устаткування (станини, корпусів електродвигунів, металевих кожухів пускових пристроїв).

Перевірити також:

- холостий хід металообробного верстата;
- справність механізмів управління (кнопкових пристроїв і гальм);
- справність фіксації важелів включення і переключення,
- відсутність заїдань, вібрації, биття рухомих частин верстата

У разі виявлення несправності верстата, пристосувань, інструменту або засобів індивідуального захисту слід поставити до відома про це майстра.

Не допускається робота на несправному і не огороженому верстаті, а також використання в роботі несправного або зношеного інструменту.

*4.3.**Вимоги охорони праці під час роботи***

Робоче місце слід утримувати в чистоті, під ногами у працівника необхідно забезпечити відсутність масла, охолоджувальної рідини, стружки, обрізків і т. п.

Для збору охолоджуючих і змащувальних рідин і запобігання їх розливу по підлозі, металообробні верстати необхідно забезпечити відповідними збірниками (піддони, корита і т. п.).

На робочому місці під ногами працівника слід встановити справний дерев'яний гратчастий настил з відстанню між планками 25-30 мм – пайолу.

Під час прошивання наскрізних вікон, пазів, шпонкових гнізд і т. п. ЕІ слід періодично відводити назад, щоб усунути виникаючий на ній тиск і поломку; особливо часто відводити його потрібно в кінці проходу.

Чи не зупиняти металообробний верстат до повного виходу електроду-інструменту з оброблюваної деталі.

При роботі на електроерозійному верстаті верстаті:

- при обробці довгих деталей користуватися спеціальними підтримуючими пристроями;
- встановлювати (нагвинчувати) і знімати (згвинчувати) патрон зі шпинделя тільки при ручному обертанні. Не допускається згвинчувати патрон за допомогою гальмування;

- головку електрода-інструменту при дослідженні чи обмірюванні оброблюваної деталі, зміні патрона, електрода-інструменту або деталі відводити на безпечну відстань;
- при ручній подачі забороняється випускати з рук рукоятку подачі електроду;
- щоб уникнути поломки ЕІ не можна сильно на нього натискати. Крім того, при різкій подачі електроду може бути вирвана деталь або інструмент, що може привести до травми самого працівника або оточуючих;
- при виході ЕІ з виробу потрібно зменшити його подачу.

Не допускається робота бічними (торцевими) поверхнями ЕІ, якщо він спеціально не призначений для даного виду робіт.

Змочування ріжучого інструменту охолоджуючими рідинами виробляти тільки пензлем.

Під час роботи металообробного верстата не допускається:

- дотик обертових частин і введення руки в зону їх руху;
- застосування для охолодження змоченою дрантя;
- облокачиватися на верстат; класти на верстат деталі та інструменти,
- встановлювати інструмент або поправляти установку деталі на верстаті; передавати через верстат будь-які предмети;
- проводити виміри оброблюваної деталі і контролювати вручну якість її обробки;
- прибирати, ремонтувати, чистити і змащувати верстат;
- знімати і одягати ремені на шківи;
- підтягувати болти, гайки і інші сполучні деталі верстата;
- знімати з верстата огорожі або тримати їх відкритими.

Не допускається робота на металообробних верстатах у рукавицях, а також з забинтованими пальцями без гумових напалечників.

Збирання стружки від металообробних верстатів виробляти своєчасно і максимально його механізувати.

Для видалення стружки з металообробного верстата користуватися відповідними пристосуваннями (гачками, щітками, тощо). Не допускається прибирати стружку руками, здувати її Видаляти стружку з прошитих отворів тільки після зупинки верстату.

Не застосовувати стиснене повітря для обдування заготовок, виробів, обладнання і одягу.

У разі неможливості забезпечення металообробних верстатів спеціальними екранами для захисту працівника від стружки або абразивного пилу при роботі слід користуватися захисними окулярами або запобіжними щитками з прозорого матеріалу.

Не допускається залишати працюючий металообробний верстат без нагляду. При догляді працівника інструмент слід відвести від оброблюваної деталі, верстат відключити.

При ремонті, чищенні і змащенні металообробного верстата у пускових пристроїв слід вивісити плакат: «Не включати – ремонт».

При укладанні виробів у штабелі на робочому місці висоту штабеля визначають з умов його стійкості і зручності зняття з нього деталей. Висота штабеля не повинна перевищувати для дрібних деталей – 0,5 м, для середніх деталей – 1,0 м, для великих – 1.5 м.

З метою запобігання розвалу штабелів, а також падіння і зісковзування з них матеріалів слід застосовувати спеціальні пристосування, стійки, упори, прокладки і т. п.

*4.4.**Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях***

Аварійну зупинку металообробного верстата необхідно проводити:

- при перерві в подачі електроенергії;
- при виникненні вібрації верстата або при виявленні будь-якої несправності в верстаті і обладнанні;
- при виявленні на металевих частинах верстата напруги;

- при роботі електродвигуна на двох фазах (двигун гуде);
- при виявленні обриву заземлюючого проводу;
- при поломці інструмента або його заїдання в оброблюваної деталі.

При нещасному випадку необхідно надати потерпілому першу долікарську допомогу, викликати швидку медичну допомогу, повідомити про нещасний випадок свого безпосереднього керівника і зберегти без змін обстановку на робочому місці до розслідування.

*4.5.**Вимоги охорони праці після закінчення роботи***

Вимкнути металообробний верстат і вимкнути живлення електродвигуна. При зупинці верстата не допускається гальмувати його обертові частини руками.

Прибрати металообробний верстат і робоче місце від стружок, тирси, бруду. Змастити частини металообробного верстата, що підлягають тертю.

Прибрати пристосування і інструмент у відведене для них місце. Зберігання інструменту на поверхнях металообробних верстатів допускається тільки в тому випадку, якщо це місце спеціально передбачено конструкцією станини.

Обтиральний матеріал прибрати в спеціальні металеві ящики.

Здати металообробний верстат зміннику або майстру, повідомити про несправності в роботі верстата, що виникли і про вжиті заходи.

Вимити руки з милом або прийняти душ. Не допускається мити руки рідинами, призначеними для охолодження металообробного верстата, і витирати їх кінцями, забрудненими стружкою [14].

Висновки

Були описані вимоги охорони праці для працівників, зайнятих виконанням робіт на металообробних верстатах. Було забезпечено відповідність процесів механічної обробки металів різанням і використовувані пристосування для металообробки вимогам безпеки відповідно до чинних державних стандартів.

ВИСНОВКИ

Аналізуючи верстати з ЧПУ, нами було досліджено електроерозійний еффект. Проведено дослідження верстату AGIE Agietron 3U – прошивний електроерозійний верстат. Наведено приклади його роботи, а також, основні характеристики верстата, і, для порівняння, характеристики інших доступніх для дослідження верстатів.

Складено структурну та функціональну схему (див. креслення СУ-71 6.151.000 А2) прошивного верстату та описано її за контурами управління і контролю. Також обгрунтовано вибір контрольованих параметрів роботи агрегату.

Наведено функціональні завдання автоматизації даного верстату.

На основі розробленої функціональної системи автоматизації обране технічне обладнання для побудови системи автоматизації та розроблено електричну принципову схему його підключення до ПЛК (креслення СУ-71 6.151.000 Е3). Обрано необхідні давачі, виконавчі механізми та програмований логічний контролер разом із комплектним інтерфейсом панелі оператора та блоком живлення для них.

У завершення роботи наведено заходи з охорони праці опертору електроерозійного прошивного верстату. Розглянути вимоги до охорони праці при подготовці до роботи, при роботи, при настанні внештатних або небезпечних ситуацій а також після завершення роботи за пультом управління електроерозійним верстатом.

На цьому можемо вважати цілі та завдання роботі досягнутими та виконаними.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Інтернет-джерело. Режим доступу: https://finval.ru/about/articles/elektroerozionnaya-obrabotka-sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-2/. Дата звернення: 25.04.2021

2. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації : Навч. посібник / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов – Харків: НТУ "ХПІ", 2021 р.

3. Перевертень Є. О., Коновалов Д. П., Терниченко В. О., Савченко О. В. Обробка деталей електроерозійним способом//Політехнічний молодіжний журнал. 2017. № 5. С 1-14.

4. Магнітний пускач ABB ESB24-40//Інтернет-джерело. Режим доступу: https://electrica-shop.com.ua/p121-kontaktor_modulniy_abb_esb24-40_24_ampera_230v_4n-o. Дата звернення: 18.05.2021

5. Магнітний пускач ABB ESB24-40//Інтернет-джерело. Режим доступу: https://electrica-shop.com.ua/p121-kontaktor_modulniy_abb_esb24-40_24_ampera_230v_4n-o. Дата звернення: 18.05.2021

6. Паршиков О. Н., Яковлєва А. П. Обробка сталевих деталей електромеханічним методом // Головний механік. 2018. № 7. С. 62–64.

7. Перевертень Є. О., Коновалов Д. П., Терниченко В. О., Савченко О. В. Обробка деталей електроерозійним способом//Політехнічний молодіжний журнал. 2017. № 5. С 1-14.

8. Каталог продукції інтернет-магазину «Arduino-ua.com»//Інтернет-джерело. Режим доступу: https://arduino-ua.com/prod190-Datchik_temperatyri_DS18B20. Дата звернення: 13.05.2021.

9. Sensick catalogue. W250: Compact photoelectric switch series for a broad range of applications. 5.06.2008. P 778 – 809. Access mode – URL: http://www.sensorica.ru/pdf/w250.pdf

10. Stepper motor Nema 17HS8401. Access mode – URL: http://reprap.in.ua/17HS8401. Date of access: 05/15/2021

11. Драйвер крокового двигуна JMC 3M2080 6,6A Інтернет-джерело. Режим доступу: https://cnc.prom.ua/p406571759-drajver-kontroller-shagovogo.html. Дата звернення: 29.04.2021

12. Agilent 33120A 15 MHz Function / Arbitrary Waveform Generator. User's Guide. Edition 6, March 2020. Agilent Technologies, Inc.

13. Simatic S7. Article in the archives of the Internet Encyclopedia "Wikipedia": https://en.wikipedia.org/wiki/Simatic_S7-300 (application date: 03.04.2021)

14. Інструкція з охорони праці для працівників, зайнятих виконанням робіт на металообробному обладнанні. Бібліотека посадових інструкцій журналу Охорона Праці. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/166/149129/ (дата Звернення: 22.05.2021).

1. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації : Навч. посібник / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов – Харків: НТУ "ХПІ", 2021 р.

2. Драйвер крокового двигуна JMC 3M2080 6,6A Інтернет-джерело. Режим доступу: https://cnc.prom.ua/p406571759-drajver-kontroller-shagovogo.html. Дата звернення: 29.04.2021

3. Інструкція з охорони праці для працівників, зайнятих виконанням робіт на металообробному обладнанні. Бібліотека посадових інструкцій журналу Охорона Праці. URL: https://ohranatruda.ru/ot_biblio/instructions/166/149129/ (дата Звернення: 22.05.2021).

4. Інтернет-джерело. Режим доступу: https://finval.ru/about/articles/elektroerozionnaya-obrabotka-sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya-2/. Дата звернення: 25.04.2021

5. Казьмин П.М. Монтаж, наладка и эксплуатация автоматических устройств химических производств. М.: Химия, 1979, 296 с.

6. Каталог продукції інтернет-магазину «Arduino-ua.com»//Інтернет-джерело. Режим доступу: https://arduino-ua.com/prod190-Datchik_temperatyri_DS18B20. Дата звернення: 13.05.2021.

7. Ктоев А.С. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие. М.: Энерговидат, 1990, 464 с.

8. Курдюмов В. І. Проектування та розрахунок засобів забезпечення безпеки / В. І. Курдюмов, Б. І. Зотов – К.: Колос С, 2018. – 216 с.

9. Магнітний пускач ABB ESB24-40//Інтернет-джерело. Режим доступу: https://electrica-shop.com.ua/p121-kontaktor_modulniy_abb_esb24-40_24_ampera_230v_4n-o. Дата звернення: 18.05.2021

10. Мурин Т. А. Теплотехнические измерения. М.: Энергия, 2017. 423 с.

11. Насос моноблочний SAER IR//Інтернет-джерело. Режим доступу: https://zaslonka.com.ua/nasos-monoblochnyy-ir-40-125a-3-0-kvt-saer/. Дата звернення: 10.05.2021

12. Паршиков О. Н., Яковлєва А. П. Обробка сталевих деталей електромеханічним методом // Головний механік. 2018. № 7. С. 62–64.

13. Перевертень Є. О., Коновалов Д. П., Терниченко В. О., Савченко О. В. Обробка деталей електроерозійним способом//Політехнічний молодіжний журнал. 2017. № 5. С 1-14.

14. Проектування систем автоматизації технологічних процесів/А. С. Клюєв, Б. В. Глазов, А. Х. Дубровський, А. А. Клюєв; Довідний посібник. – К.: АгропромВидат, 1991. – 464 с.

15. Саушкін Б. П. Електричний розряд в рідких і газових суредах – основа нового покоління методів і технологій машинобудівельного виробництва//Електронна обробка матеріалів. 2017. № 1. С. 4–17.

16. Тошинський В.І. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Навч. посібник / В.І. Тошинський, М. О. Подустов – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – 412 с

17. Agie Agietron 3U//Internet source. Access mode: https://machinform.com/import/electro-lathes/agietron-3u-obj3001.html. Date of access 05/07/2021

18. Agilent 33120A 15 MHz Function / Arbitrary Waveform Generator. User's Guide. Edition 6, March 2020. Agilent Technologies, Inc.

19. Electronic Piercing Lathe Agie Integral 3//Internet source. Access mode: http://insprom.com/catalogue/electrical-piercing-lathe-with-cnc-agietron-integral-3/. Date of access 05/12/2021

20. Keysight 33250A Function/Arbitrary Waveform Generator. Data Sheet. May 21, 2019 5968-8807EN

21. Sensick catalogue. W250: Compact photoelectric switch series for a broad range of applications. 5.06.2008. P 778 – 809. Access mode – URL: http://www.sensorica.ru/pdf/w250.pdf

22. Simatic S7. Article in the archives of the Internet Encyclopedia "Wikipedia": https://en.wikipedia.org/wiki/Simatic_S7-300 (application date: 03.04.2021)

23. Stepper motor Nema 17HS8401. Access mode – URL: http://reprap.in.ua/17HS8401. Date of access: 05/15/2021