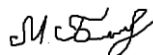


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроніки,  
загальної та прикладної  
фізики

Кваліфікаційна робота магістра  
**МЕТОДИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ТА  
ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТУ З ЧПУ  
«INGERSOLL BOHLE»**

Магістрант гр. ЕПм-92



М.О. Бельський

Науковий керівник  
канд. фіз.-мат. наук, доц.



Н.М. Опанасюк

Завідувач кафедри ЕЗПФ  
д-р фіз.-мат. наук, професор

І.Ю. Проценко

Суми 2020

## РЕФЕРАТ

Мета кваліфікаційної роботи магістра полягала в модернізації електричних схем та програмного забезпечення фрезерного верстата з ЧПУ «Ingersoll bohle» для підвищення продуктивності обробки деталей на верстаті шляхом підвищення максимальної швидкості роботи двигунів та швидкості обробки даних ЧПУ.

Модернізація верстатів є актуальним питанням, перспективним напрямом та гарним виходом, так як витрати в багато разів скорочуються, а точність позиціонування й швидкість обробки деталей майже не відрізняється за новий верстат.

При виконанні роботи було розглянуто конструктивні особливості фрезерної групи верстатів, а також підсистеми управління ЧПУ, підсистему приводів та датчики зворотнього зв'язку.

У результаті роботи було розроблено схему електричну функціональну, схему електричну принципову, з якої приведено приклади схем живлення верстата, живлення 24 В, безпека, гідравлика, привода, а також написана програма електроавтоматики на мові FBD для верстата Ingersoll bohle.

Робота викладена на 34 сторінках, у тому числі включає 14 рисунків, 2 таблиці, список використаної літератури із 15 джерел.

**КЛЮЧЕВІ СЛОВА:** МОДЕРНІЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ,  
ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ, INGERSOLL BOHLE, МОДЕРНІЗАЦІЯ  
ВЕРСТАТА, ФРЕЗЕРНИЙ ВЕРСТАТ.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРИНЦИПИ РОБОТИ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ</b> .....	6
1.1. Історія створення фрезерних верстатів .....	6
1.2. Конструктивні елементи верстата .....	7
1.2.1. Підсистема управління. ....	9
1.2.2. Підсистема приводів .....	11
1.2.3. Підсистема зворотнього зв'язку .....	12
<b>РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ</b> .....	13
2.1. Приклад розробленої схеми електричної функціональної .....	16
2.2. Приклади розроблених електричних принципових схем до нової системи	19
2.2.1. Живлення верстата.....	19
2.2.2. Безпека верстата. ....	22
2.2.3. Гідравлика верстата. ....	24
2.2.4. Привода верстата.....	27
2.3. Приклад розробленої програми електроавтоматики для вертикального фрезерного верстата «Ingersoll bohle» на мові FBD .....	29
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	32
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	33

## ВСТУП

В сучасних економічних умовах, ринок України вимагає більш точної техніки та збільшення кількості виготовленої продукції за одиницю часу.

Високотехнологічні верстати з числовим програмним управлінням містять складні компоненти – електричні системи, механічні вузли, електроніку. Найменший збій в роботі будь-якої складової може призвести до погіршення якості обробки.

Та при цьому підприємці не завжди готові закуповувати нові, більш сучасні верстати, адже нова техніка дуже дорого коштує. Тому, модернізація верстатів є актуальним питанням, перспективним напрямом та гарним виходом, так як витрати в багато разів скорочуються, а точність позиціонування й швидкість обробки деталей майже не відрізняється за новий верстат. Модернізація компонентів, електричних схем та програмного забезпечення верстатів необхідна для того, щоб збільшити його продуктивність і точність.

Фрезерний верстат - це верстат для обробки металевих та інших деталей фрезою при поступальному переміщенні заготовки. Одним з таких є вертикальний фрезерний верстат «Ingersoll bohle» – це вертикальний фрезерний верстат, на відміну від горизонтально-фрезерного має вертикально розташований шпиндель, який допускає поворот навколо горизонтальної осі, розширюючи тим самим технологічні можливості верстата.

Метою роботи є модернізація електричних схем та програмного забезпечення фрезерного верстата з ЧПУ «Ingersoll bohle» для підвищення продуктивності обробки деталей на верстаті шляхом підвищення максимальної швидкості роботи двигунів та швидкості обробки даних ЧПУ.

## РОЗДІЛ 1. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ПРИНЦИПИ РОБОТИ ФРЕЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ

### 1.1. Історія створення фрезерних верстатів

Найстарішими відомими фрезерними верстатами є зуборізні. В цих верстатах уже на початку 18 сторіччя існувало два важливих вузли: ділильний пристрій та зуборізцеве пристосування. Кожен з цих вузлів до 18 сторіччя розвивався окремо, а потім вони поєдналися в одній конструкції. Найстаріша ділильна шайба, виготовлена в 1564 р., до другої світової війни зберігалася в Дрезденському фізико-математичному салоні. Вона мала концентричні кола, поділені на кілька частин, а також отвори для насадки на штир для зручності розмітки заготовки. Перший пристрій для механізації процесу розмітки зубців та їх нарізання було описано французьким інженером-приладистом Ніколя Біоном у 1709 р. під назвою «пристрій для поділу та нарізання коліс і шестерень для годинників, або платформа для годинникарів». [1]

Офіційною датою винайдення фрезерного верстат є 1818 рік. Американський винахідник і промисловець Елі Вітні створив і запатентував свій винахід на новий тип металорізального верстата для спрощення роботи, а також підвищення якості і точність обробки металу під час виробництва рушниць у Вітневіллі поблизу Нью-Гейвена. Ця машина зберігається у Мезонській механічній лабораторії (Mechanical Engineering Museum) у Єлі. Попри те, що даний верстат мав грубий зовнішній вигляд і дерев'яні частини, від яких в Англії та Росії на металорізальних верстатах рушничних заводів у той час вже відмовилися, він пропрацював більше ста років і був списаний лише онуками Вітні.

В 1848 американський інженер Фредерік Хоф розробив і виготовив для підприємства Robbins & Lawrence перший універсальний копіювальний фрезерний верстат. У середині 19 сторіччя почали серійно будувати вертикальні фрезерні верстати. В музеї Conservatoire National des Arts et Metiers de Paris у Парижі зберігається вертикальний фрезерний верстат побудований

в 1857 році.[2]

Виробництво верстатів відомо з давніх часів. Фрезерні роботи сьогодні є одним з основних видів обробки металевих деталей. Також як і токарні роботи, вони показують особливо високу популярність в умовах масового і великосерійного виробництва. Фрезерна обробка являє собою метод обробки заготовок, головним рухом якого є обертання фрези. Рух подачі в цьому випадку являє собою поступальне переміщення оброблюваної деталі у вертикальному, поперечному або поздовжньому напрямку. Фреза, якою обробляються заготовки, це ріжучий інструмент, оснащений декількома лезами. [3]

Фрезерна група верстатів включає: вертикально і горизонтально фрезерні консольні, вертикальні бесконсольні, консольні широкоуніверсальні, поздовжньо-фрезерні, верстати безперервної дії (барабанного і карусельного типу), копіювальні й гравірувальні, шпоночно-фрезерні, різьбо-фрезерні та ін.[4]

## **1.2. Конструктивні елементи верстата**

Фрезерні верстати з системою ЧПУ зазвичай класифікують за наступними ознаками:

- за положенням (вертикально розташований шпиндель або ж горизонтально);
- за кількістю керованих осей (2, 3, 4 або 5 осей);
- за точністю позиціонування обробки деталі;
- за кількістю використовуваного інструменту.

Найбільшого поширення набули вертикальні фрезерні верстати з ЧПУ (рис.1.1). Станина призначена для кріплення всіх вузлів і механізмів верстата. Робочий стіл може переміщатися по напрямних в поздовжньому (вліво/вправо) і поперечному (вперед/назад) напрямках. Пульт управління, або стійка ЧПУ, закріплений на кронштейні і може бути переміщений в зручне для оператора положення. [5]

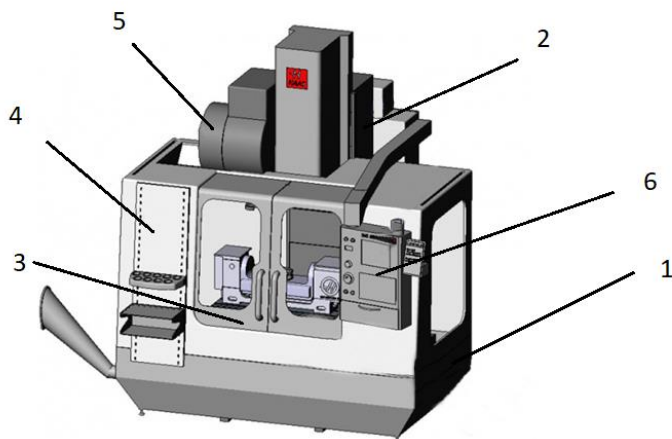


Рисунок 1.1 - Вертикальний фрезерний верстат з ЧПУ:

1 – станина; 2 – колона; 3 - двері; 4 - захисні кожухи; 5 - магазин інструментів; 6 - пульт управління. Адаптовано із [5].

На столі верстата (рис.1.2) закріплюють заготовки деталей і різноманітні пристосування. Для цього на столі є Т-подібні спеціальні пази. Призначення шпинделю – це надання обертання та затиск ріжучого інструменту. Місце прикріплення шпинделя знаходиться на колоні, яка може робити переміщення у вертикальному (вгору / вниз) або горизонтальному(вліво / вправо) напрямку. Точність обертання шпинделя, а також його жорсткість і вібростійкість являються головними критеріями від яких значною мірою залежать якість і точність обробки.

Для забезпечення безпеки необхідні захисні кожухи. Вони захищають оператора від стружки, яка летить в процесі роботи з верстата, і мастильно-охолоджувальної рідини, вона під тиском подається в зону обробки. Доступ в робочу зону верстата забезпечують дверцята. Набір ріжучих інструментів знаходиться у магазині інструментів барабанного типу. Взяття і фіксація необхідного інструменту в шпинделі забезпечуються пристроєм автоматичної зміни інструменту, дану дію можна виконати за допомогою певної команди керуючої програми.

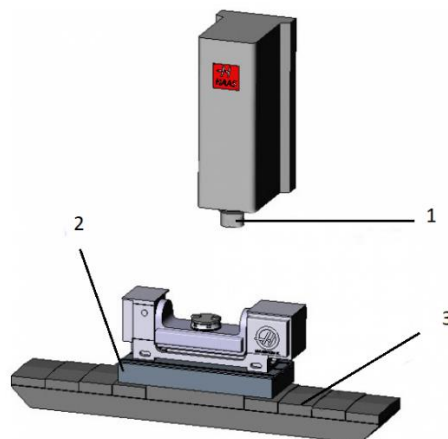


Рисунок 1.2 - Стіл та шпindel ь фрезерного верстату з ЧПУ:

1 - робочий стіл, 2 - напрямні, 3 - шпindel ь). Адаптовано із [5]

Для того щоб зробити зі звичайного верстата з ручним управлінням верстат з ЧПУ, необхідно впровадити певні компоненти в його конструкцію. Недостатньо просто підключити верстат до комп'ютера, щоб він працював за програмою, - необхідно модернізувати механічну і електронну «начинку» верстата. Розглянемо, функціональні складові (підсистеми) ЧПУ (СЧПУ) у більшості сучасних верстатів [5].

Систему ЧПУ для кращого розуміння можна розділити на такі підсистеми:

- управління;
- приводів;
- зворотнього зв'язку.

Далі зупинимося трішки докладніше на кожній з даних підсистем.

### 1.2.1. Підсистема управління

Центральною частиною системи ЧПУ є підсистема управління. З одного боку, вона взаємодіє з людиною, дозволяючи оператору контролювати і впливати на процес обробки верстата, з іншого - зчитує програму керування і



віддає команди різним виконавчим органам верстата на виконання тих чи інших операцій.

Контролер є серцем підсистеми управління, зазвичай він розташований в корпусі стійки панелі оператора. Стька має інтерфейс управління, який складається з набору кнопок і екрана для виведення і введення необхідної інформації.

Існують системи управління відкриті, закриті, а також ПК-сумісні. Закриті системи управління включають в собі власну логіку, алгоритми і цикли роботи. Інформацію про їх архітектуру, як правило, виробники таких систем, не поширюють. Зазвичай, самостійно не можна оновити програмне забезпечення, а також редагувати налаштування системи. Системи закритого типу мають важливу перевагу - висока надійність, адже тестування на сумісність пройшли всі компоненти системи.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд системи управління ЧПУ [6]

За останній час розпочало з'являтися все більше відкритих та ПК-сумісних систем управління. Їх апаратне устаткування практично таке ж, як і у персонального домашнього комп'ютера. Перевага відкритих систем - в дешевизні і доступності електронних компонентів, переважну більшість з яких можна знайти в звичайному комп'ютерному інтернет-магазині, також перевагою є те, що самостійно можна поновити внутрішнє програмне забезпечення.

Сучасні системи ЧПУ можуть бути оснащені системою автоматичного моделювання, що дозволяє автоматизувати процес написання управляючої програми прямо на верстаті. Це дає змогу оператору не тільки створити

управляючу програму будь-якої складності, а й зробити її всебічну перевірку.

### **1.2.2. Підсистема приводів**

Для остаточного виконання команд системи управління та реалізації переміщення виконавчих частин верстата використовується підсистема приводів, яка включає в себе різні електродвигуни, драйвери і гвинтові передачі.

Високоточні ходові гвинти є важливими компонентами підсистеми приводів. У верстаті вдосконалення ходового гвинта дозволяє виконувати переміщення практично без люфтів і з мінімальним тертям.

Усунення люфту дуже важливо з двох причин:

- для забезпечення надточного позиціонування;
- при дотриманні цієї умови можливе нормальне попутне фрезерування.

Приводи верстатів з системою ЧПУ призначені для здійснення рухів:

- головного приводу;
- приводу подач;
- допоміжних приводів.

Ці рухи можуть бути незалежні і строго узгоджені, вони визначають просту або складну розгалуджину структуру системи.

Використання найбільш підходящого приводу двигуна дозволить максимально підвищити надійність приводу, а також знизити споживання енергії, тому дуже важливо вибрати правильний привід для верстат.



Рисунок 1.4 - Загальний вигляд приводів [7]

Електричні приводи, що використовуються в промисловому обладнанні, споживають величезну кількість енергії. Практично будь-яка автоматизована операція на виробництві - від упаковки і наклеювання етикеток до переміщення заготовок за допомогою робота - вимагає використання хоча б одного електричного приводу. Таким чином, при підборі інтелектуальних і інтегрованих драйверів інженерам необхідно враховувати ці енерговитрати.

### **1.2.3. Підсистема зворотнього зв'язку**

Підсистема зворотнього зв'язку необхідна для контролю відповідності переміщення робочих органів заданою програмою, а також для усунення виникаючих неузгодженостей. Всі системи зворотного складаються з одних і тих же фундаментальних елементів і працюють на одних і тих же принципах. Прикладом типової простої системи контролю зі зворотним зв'язком може служити контролер, енкодер та двигун. Завдання цієї системи, в якій контролер є елементом, що задає конкретну мету, полягає в підтримці кількості оборотів, що робить двигун за хвилину. Енкодер є датчиком, який визначає кут повороту обертового об'єкта, видаючи імпульсний цифровий код.



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд енкодера [8]

Він використовується для визначення швидкості обертання валу. І якщо двигун робить меншу кількість обертів в хвилину ніж ту, що задав контролер, то контролер це побачить й дасть завдання двигуну крутитися швидше, а також виведе на екран оператора помітку про неузгодженість сигналу.

## РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Високотехнологічні верстати з числовим програмним управлінням містять складні компоненти – електричні системи, механічні вузли, електроніку. Найменший збій в роботі будь-якої складової може призвести до погіршення якості обробки. [9]

Модернізація компонентів, електричних схем та програмного забезпечення верстатів необхідна для того, щоб збільшити його продуктивність і точність. Так як в процесі експлуатації деталі верстата зношуються, в з'єднаних парах з'являються збільшені зазори, що призводить до втрати міцності верстата і виникненню вібрації - джерелу ще більш інтенсивного зносу деталей.

Модернізацію компонентів, електричних схем та програмного забезпечення верстатів розглянемо на прикладі вертикального фрезерного верстата «Ingersoll bohle», який на відміну від горизонтально-фрезерного має вертикально розташований шпиндель, який допускає поворот навколо горизонтальної осі, розширюючи тим самим технологічні можливості верстата.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд фрезерного верстата з ЧПУ «Ingersoll bohle»[10]

В результаті модернізації фрезерного верстата з ЧПУ «Ingersoll bohle» :

- замінено привода осей X,Y,Z;
- замінено датчики зворотнього зв'язку приводів (енкодери);

- замінено контролер ЧПУ на Funuc 31i-B5;
- швидкісна подача x / y / z збільшилася до 25000 мм/хв;
- збільшилась точність позиціювання - за рахунок використання оптичних лінійних датчиків зворотного зв'язку до з 0,2 мм до 75 мкм;
- збільшилась швидкість передачі сигналів за рахунок оптоволоконного зв'язку ЧПУ з датчиків зворотного зв'язку та модулями приводів;
- більш високошвидкісна обробка ЧПУ програми електроавтоматики;
- розроблені схеми електричні принципові та схема функціональна;
- розроблена програма електроавтоматики на мові FBD;
- зроблено список покупних елементів.

Характеристики фрезерного верстата з ЧПУ «Ingersoll bohle» наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристики фрезерного верстата з ЧПУ «Ingersoll bohle» [11]

Система управління	FIDIA M20
Маса верстата	70 t
Зусилля приводу шпинделя	2650 Н/м
Число обертів шпинделя	10 - 4000 об/хв
Переміщення по осі X	4000 мм
Переміщення по осі Y	3000 мм
Переміщення по осі Z	1200 мм
Максимальне навантаження на стіл	35 т
Максимальна споживана потужність верстата	100 кВт
Робоча площа	3500 x 1800 мм
Габарити	10,9 x 7,2 x 5,8 м
Відстань - край шпинделя / стіл	1200 мм
Швидкісна подача x / y / z	15000 мм/хв

В таблиці 2.2 наведено список елементів, які необхідно закупити для проведення процесу модернізації фрезерного верстата з ЧПУ «Ingersoll bohle».

Таблиця 2.2 - Список покупних елементів

Назва блоку	Назва елемента	Кількість
Система ЧПУ	Funuc 31i-B5	1
Дисплей	LCD-mounted Type 446 main board for 10.4 LCD Unit A	1
Блок живлення	31i-B Power supply Unit A	1
CPU	31i-B Card B3 High-Speed CPU	1
Карта пам'яті	Compact Flash Card 1GB	1
Кабелі	Optical Fiber Cabel, Length 50m+ 30m +1m	1+1+4
Конектор	Connector kit for 24V Control/ESP/MCC input Monitor	1
Драйвер привода	Servo Amplifier ALPHA iSV 80 HV-B	1
Драйвер привода	Servo Amplifier ALPHA iSV 20/20HV-B	1
Драйвер привода	Servo Amplifier ALPHA iSV 40/40/40	1
Блок живлення привода	Power supply ALPHA iSV 18 HV-B	1
Серво Мотор	Servo Motor BETA iS 22/30000 HV-B	6
Модуль SDU	Separate Detector Interface FS 31i-B	2

Модернізація верстатів з ЧПУ зазвичай має на увазі оснащення модернізованого обладнання останніми системами ЧПУ. Витрати такого роду модернізації складають приблизно 50% від вартості нового верстата в разі забезпечення аналогічних функціональних і технологічних можливостей.

Модернізоване обладнання відповідає всім вимогам технології орієнтовно на найближчі 10-15 років. На даний момент обов'язковим пунктом в роботах по модернізації вважається заміна системи ЧПУ, електродвигунів, приводів і інших пристроїв електроавтоматики. Взагалі, розроблені комплектні системи призначені для монтажу на токарні, фрезерні, токарно-фрезерні та свердлил-розточувальні верстати.

## **2.1. Приклади розробленої схеми електричної функціональної**

Функціональна схема електроприводу роз'яснює процеси, що протікають в окремих функціональних частинах або в електроприводі в цілому. Ці схеми використовуються для вивчення принципів роботи електроприводу і його складових частин, а також при їх налагодження, регулюванню, контролі та ремонті.

На функціональній схемі зображаються функціональні частини електроприводу (елементи, пристрої, функціональні групи) і зв'язку між ними або конкретні електричні, магнітні і механічні з'єднання (проводи, обмотки, вати). Функціональні частини, як правило, зображують у вигляді умовних графічних позначень, а окремі з них допускається зображати прямокутниками. Зазвичай двигун, електромашинні перетворювачі, задатчики і датчики зворотних зв'язків зображують їх умовними позначеннями, а складні керовані перетворювачі і пристрої системи управління - прямокутниками. Всі функціональні частини повинні мати найменування, позначення або тип, які вписуються в прямокутники або поміщаються поруч із зображеннями. [12]

На рисунку 2.2 зображено схему електричну функціональну.

Побудова схеми дає найбільш зрозуміле представлення про послідовність процесів, зображених схемою на верстаті, або будь-якому іншому електроприладі чи установці.

За даною схемою ми бачимо що живлення станка заходить через контактор.



Контакторами називаються повітряні вимикачі, що застосовуються для управління автоматичного та дистанційного [13].

Далі за схемою струм проходить через реактор й потрапляє до блоку живлення. Після цього живлення потрапляє до драйверів привода й інших пристроїв верстата. Блоки SDU1 та SDU2 це окремі блоки інтерфейсного розширення для зчитування даних з датчиків верстату.

Дані з ЧПУ та панелі оператора через оптичний кабель по протоколу FSSB передаються до I/O модулів.

I/O модуль є блоком входів / виходів, або сполучною ланкою між ЧПУ та датчиками верстата, що вимірюють необхідні параметри технологічного процесу, а також виконавчі механізми, за допомогою яких система управління може вносити коригування в хід процесу.

FSSB це оптичний інтерфейс який йде від ЧПУ до приводами транзитом через все. І через модулі введення виведення, модуля оптичних лінійок. Буває їх два, тоді в ЧПУ стоять дві осьові карти FSSB1 і FSSB2 це коли осей багато і перевищений ліміт на одну карту. На деяких ЧПУ є ще один оптичний інтерфейс HSSB. Альтернатива FSSB це шина IO LINK вже не оптична, а по дротах. Альтернатива шині HSSB це ETHERNET. Теж дозволяє підключити віддалений термінал тільки по дротах. [14]

На функціональній схемі рисунок 2.2, також зображені драйвера двигунів, електродвигуни, датчики зворотнього зв'язку, а саме лінійки та енкодери, а також оптичні адаптери і кнопка аварійної зупинки.

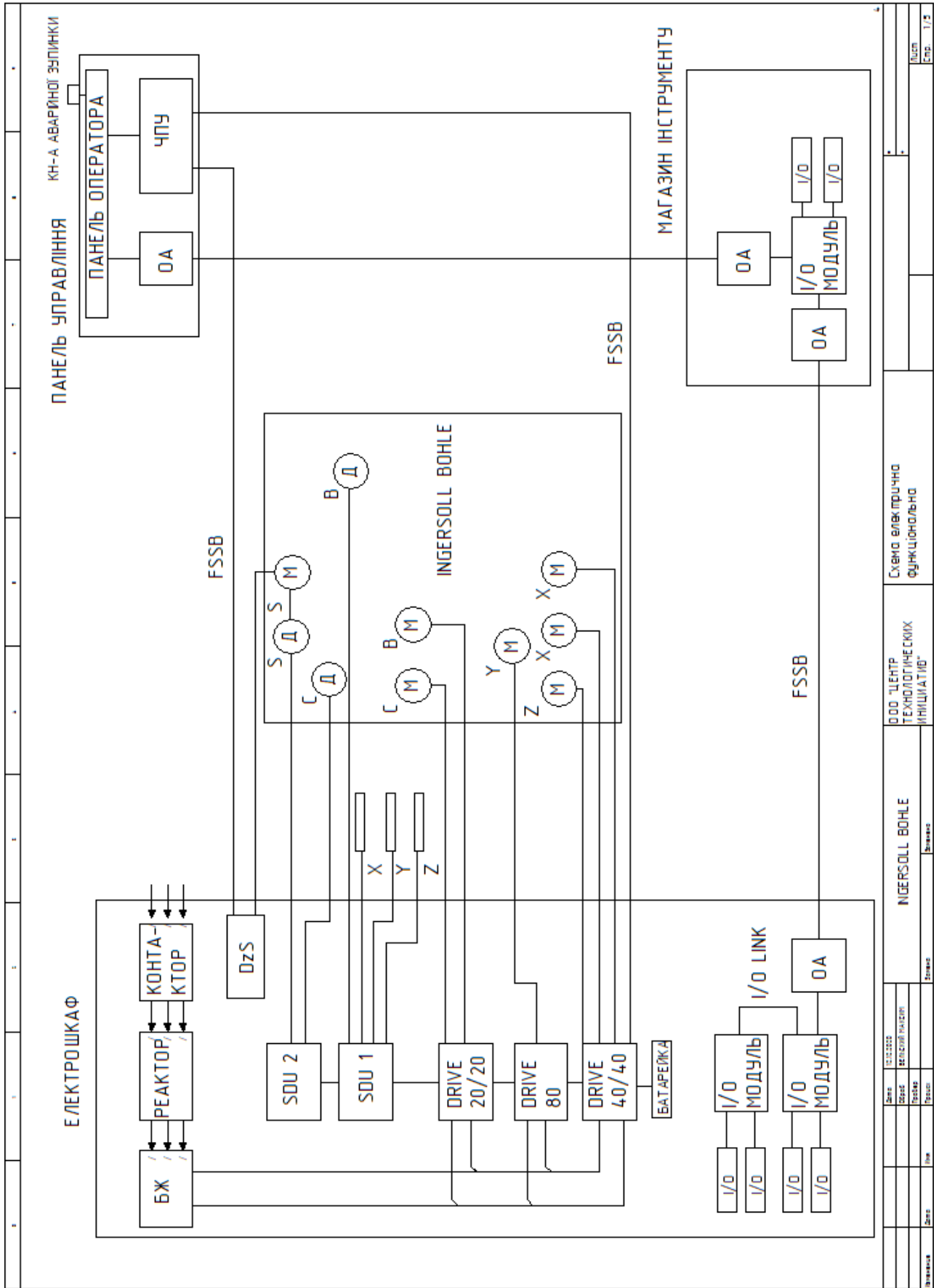


Рисунок 2.2 - Схема електрична функціональна верстата Ingersoll bohle

## **2.2. Приклади розроблених електричних принципових схем до нової системи**

В результаті модернізації електричних схем вертикального фрезерного верстата «Ingersoll bohle» було використано та розроблено наступні електричні схеми:

- 1) схема електрична принципова живлення верстата;
- 2) схема електрична принципова живлення 24В;
- 3) схема електрична принципова безпеки верстата;
- 4) схема електрична принципова гідравлики верстата;
- 5) схема електрична принципова приводів осі X та Y.

### **2.2.1. Живлення верстата**

На рисунку 2.3 наведена принципова електрична схема живлення верстата «Ingersoll bohle». На даній схемі зображене живлення верстата, також зображено вхідний автоматичний вмикач на 400 А, запобіжник на 25 А, 2 автоматичних вмикачі та 2 трансформатори на освітлення верстата та освітлення шкафів електроавтоматики, також зображені 4 лампи освітлення шкафів та 4 контактні кнопки, які включають освітлення при відчиненні дверей, а також ці кнопки вмикають кондиціонери для охолодження повітря в шкафу, та один автоматичний вмикач на розетку. За даною схемою фізичних елементів модернізовано не було, її представлено для розуміння, як живиться верстат.

На рисунку 2.4 наведена схема електрична принципова живлення 24 В. На даній схемі електричній принциповій зображені ланцюги живлення 24 В розходяться по верстату. До 3-х фаз підключається блок живлення на 50А через автоматичний вмикач та модуль захисту фазної напруги. А також шість автоматичних вмикачів на різні лінії +24 В, що далі розійдуться по всьому верстату. Дану схему також представлено лише в ознайомчих цілях, так як фізично її змінювати не будемо.

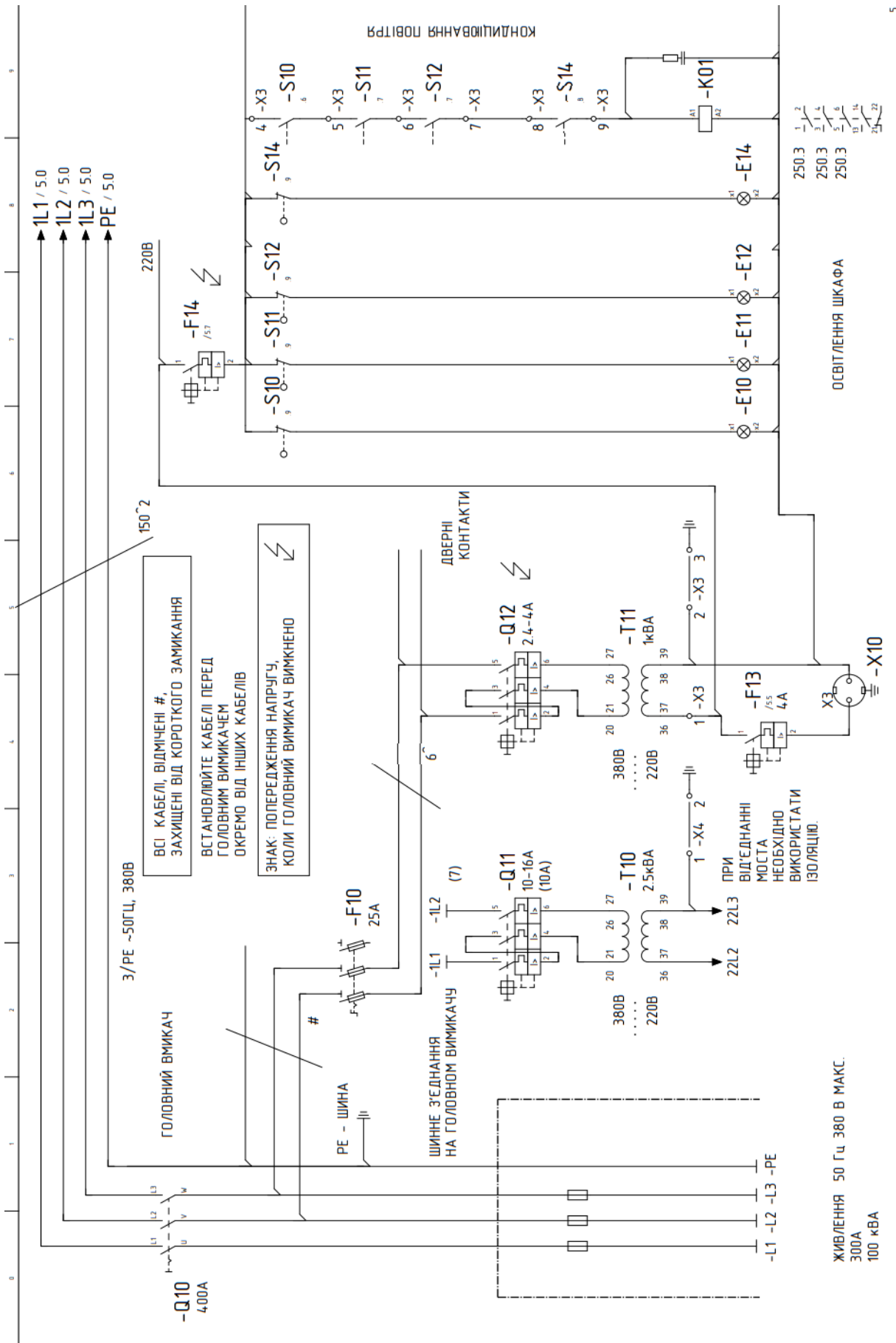


Рисунок 2.3 – Схема електрична принципова живлення верстата

Живлення	ЖИВЛЕННЯ	5
Інженер	ІНГЕРСОЛЛ ВОНЛЕ	5
Дата	28.11.2020	5
Проект	БЕЛСКИЙ МАКСИМ	5
Провер		5
Лист	ЖИВЛЕННЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНИЦИАТИВ	5
Стр.		5
Лист		5
Стр.		5

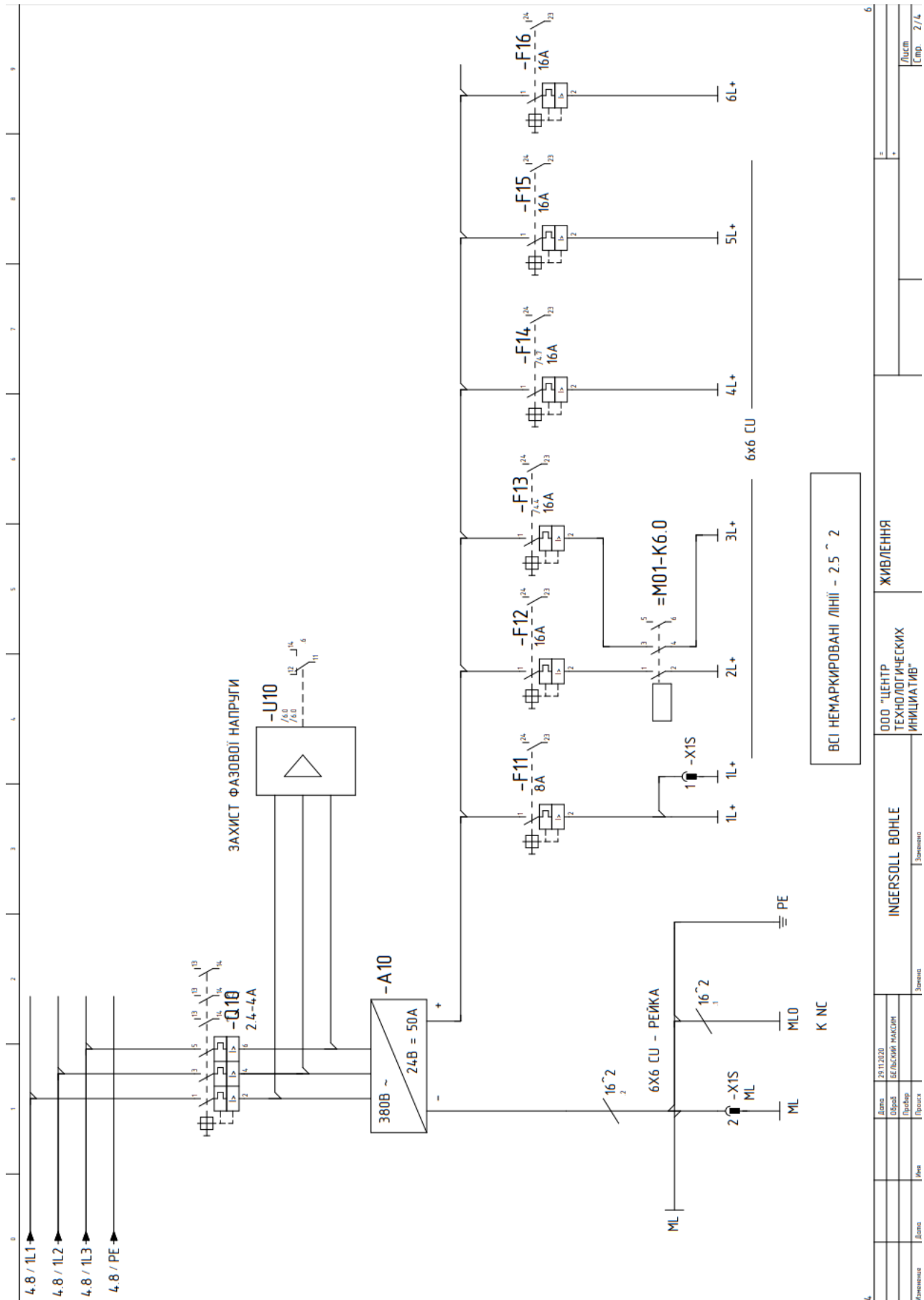


Рисунок 2.4 - Схема електрична принципова живлення 24В

4	Дата	28.11.2020	Замовник	ІНГЕРСОЛЛ ВОЛНІ	ЖИВЛЕННЯ	Лист	2 / 4
	Об'єкт	БЕЛСЬКИЙ МАКСИМ	Замовник	ІНГЕРСОЛЛ ВОЛНІ	ТЕХНОЛОГІЧЕСЬКИХ ІНІЦІАТИВ	Стр.	
	Розроб		Замовник				
	Прийм		Замовник				

### 2.2.2. Безпека верстата

При автоматизації виробничого устаткування загального призначення, такого як фрезерні верстати, створюються комплексні технічні системи, що несуть нові небезпеки. Ця автоматизація досягається шляхом використання комп'ютерного числового управління на верстатах, які називаються верстати з ЧПУ. Для того щоб визначити потенційні ризики, властиві автоматичним верстатів, потрібно проаналізувати різні робочі режими кожної системи. Раніше проведені аналізи вказують на те, що необхідно проводити відмінності між двома типами робочих режимів: нормальний режим роботи і спеціальний.

Фактично неможливо створити конкретні умови безпеки для верстатів з ЧПУ. Можливо, тому, що занадто мало норм і стандартів для подібного обладнання. Вимоги безпеки можна визначити тільки шляхом систематичного аналізу потенційних ризиків, особливо якщо ці складні технічні системи оснащені вільно програмованими системами управління (як верстати з ЧПУ). У випадку з знову розробляються верстатами з ЧПУ виробник зобов'язаний провести аналіз небезпек і за допомогою конструктивних рішень усунути в усіх режимах ризик для персоналу. Всі виявлені небезпеки оцінюються за ступенем ризику, причому ризик залежить від масштабу шкоди і частоти виникнення небезпеки. Небезпеки також присвоюється категорія ризику (мінімальна, нормальна, підвищена). Якщо за результатами оцінки ризик виявляється неприйнятним, повинні бути знайдені рішення (заходи захисту).

Мета - зменшити ймовірність, а також масштаб збитку незапланованого і потенційно небезпечних подій. На рисунку 2.5 зображено схему електричну принципову фрезерного верстата «Ingersoll bohle» з безпеки.

На даній схемі електричній принциповій зображенні частина безпеки верстата. Лінія L1 – це +24 В, сигнал з якої послідовно проходить через всі кнопки аварійної зупинки S35, S38, S70.1, S10, S40 та кінцеві вимикачі U10(1) U10(2) U11(1) U11(2), а також контакти реле K8 та K6.3 і діоди V11, V12. Якщо сигнал доходить до входу ЧПУ «E0.6» та «E0.3», то це означає, що верстат



готовий до роботи, а якщо ні, то верстат вимкнеться за протоколом аварійної зупинки. На даній схемі було замінено контролер ЧПУ та його входу сигналу безпеки. Це підвищило безпеку верстата тим, що цикл обробки програми значно швидше в системі ЧПУ Funuc = 18 мс, а у системі Fidia - це тривало приблизно 0.2 с, тобто в випадку аварійної ситуації після натискання на кнопку «аварійна зупинка» станок буде ще безконтрольно рухатися на максимальній швидкості до 0.2 с, враховуючи те, що оператору потрібно якийсь час, щоб встигнути натиснути на «грибок», то за ці 0.2 секунди важка конструкція верстату може завдати масштабних збитків підприємству.

### **2.2.3. Гідравлика верстата**

Гідравлика в даному верстаті відіграє важливу роль в функціонуванні.

Гідростатичні направляючі столу забезпечують тертя і зносостійке з'єднання між підставою верстата і столом. Цей тип направляючих особливо необхідний при великій вазі столу і заготовок, а в верстаті «Ingersoll bohle» максимальне навантаження на стіл допускається до 35 тон.

Тиск масла гідростатики, відповідно до вантажопідйомності, створюється в насосах які становлені під столом, і під цим тиском масло подається на направляючі, з яких воно через зазори потрапляє в піддон столу, з якого потім відводиться в маслостанцію.

Масло подається в багатоконтурні насоси на столі через насос попереднього тиску, розташований на гідростатичному резервуарі. Там воно розподіляється багатоконтурним насосом на гідростатичні пластини в столі, де витікає через зазори і назад через підставу верстата в резервуар.

Кожна переноска підключена до власного контуру конвеєра насоса. Тиск, який накопичується в кожній кишені, залежить від навантаження і довжини задньої



кромки. При включенні гідростатики стіл піднімається від підстави верстата приблизно на 0,02 мм. У разі відмови гідростатики подача стола негайно припиняється.

Масло служить для відводу тепла, що утворюється в редукторі підстави верстата. Так як це може привести до неприпустимого нагрівання масла, масло перекачується з масляного бака в окремий контур через агрегат зворотного охолодження. Термостат в мастилопроводі контролює температуру і контролює охолоджуючий контур агрегату.

Регулювання даного термостата може здійснюватися за допомогою регулюючої рукоятки, розташованої на робочій стороні агрегату. Встановлене значення має відповідати температурі верстата. Регулювання на термостаті: 0 градусів С. Як тільки температура масла підвищується вище цього значення, холодильний агрегат включається і відводить тепло від гідростатичного масла.

Верстат оснащений декількома функціями охолоджуючої рідини: кільцевий розподільник та охолоджуюча рідина через шпindel.

Функції охолоджуючої рідини можна включати і вимикати програмою.

Функції охолоджуючої рідини можна відключити (перервати) і знову включити одним натисканням кнопки.

На рисунку 2.6 показана електрична принципова Схема гидравлики верстата. На даній схемі зображено два автомати та два пускові реле які вмикають двигун гидравлики змазки шнека та двигун циркуляції масла до холодильника. Також на схемі зображено 2 R-C цепочки та реле контролю перевантаження. На вхід ЧПУ приходять контроль перевантаження автоматів гидравлики.

В даній схемі також було замінено систему ЧПУ та його вхідний модуль.

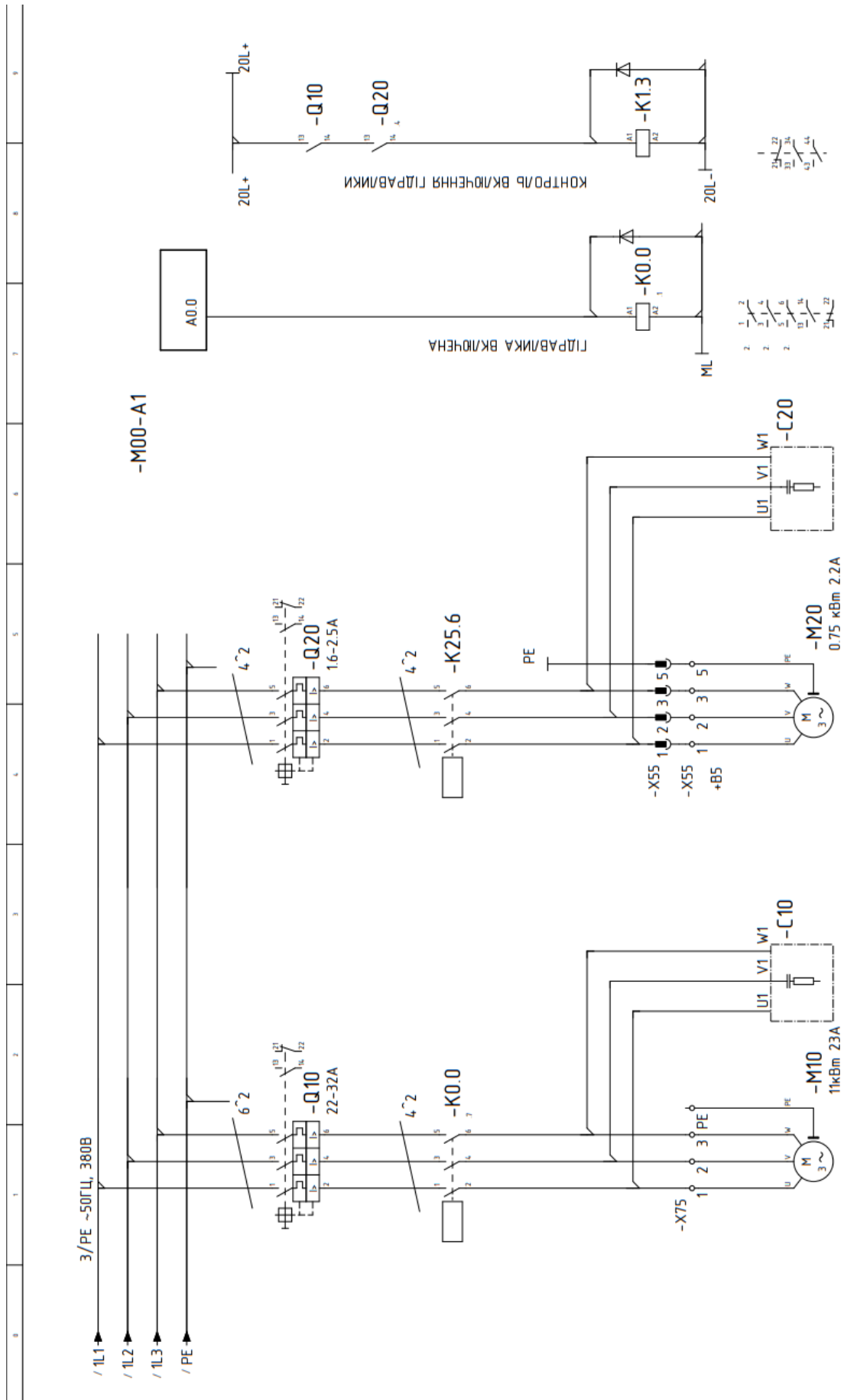


Рисунок 2.6 - Схема електрична принципова гідравлики верстата

6	Дата	29.11.2020	ІНГЕРСОЛЛ ВОНЛЕ	ГІДРАВЛІКА	Лист	4/4
	Об'єкт	БЕ/В/О/М/НАС/О/М	ООО "ЦЕНТР ТЕХНОЛОГІЧЕСКИХ ИНИЦИАТИВ"			
	Проект					
	Мета					
	Діапазон					

#### 2.2.4. Привода верстата

Подача в поздовжньому напрямку столу здійснюється серводвигуном через навісний редуктор, проміжний редуктор з черв'ячною передачею і гідростатичний шнек до черв'ячних зубчастих рейок столу.

Правий і лівий фланці з'єднані за допомогою гідростатичного гвинта з одним насосом.

Масло надходить в отвори черв'ячного вала через розподільний диск, що дозволяє маслу виходити тільки в області зубчастої рейки. Вбудовані в отвори для зливу масла дроселі запобігають витік масла за межі зубчастої сітки.

Перенесення розташовані на фланцях зубчастих рейок. Так як всі задіяні фланці рівномірно навантажені, то забезпечується відсутність люфту приводу в осьовому напрямку.

У разі відмови гідростатики шнека рух осі негайно припиняється.

В лінійних осях подачі, які оснащені кулько-гвинтовими парами, гідравлічний захист від зіткнень захищає ведучі частини від перевантажень і руйнування матеріалу. Вона гарантує:

- швидко експлуатаційну готовність верстата при натисканні кнопки сервісного обслуговування;
- відсутність простоїв верстата;
- відсутність зниження жорсткості механічної коробки передач.

На рисунку 2.7 зображений драйвер приводу Alpha iSV 40/40/40 HV-BA також 2 двигуни осі X та один двигун осі Y. Також на схемі зображено підключення двигунів та енкодерів до драйверу приводу.

Дану схему в фрезерному верстаті «Ingersoll bohle» було повністю замінено на нову, так як було закуплено нові двигуни, датчики зворотнього зв'язку та драйвер приводів. Саме це збільшило швидкість переміщення по осям з 15000 мм до 25000 мм/хв, а також точність позиціонування з 200 мкм до 75мкм.

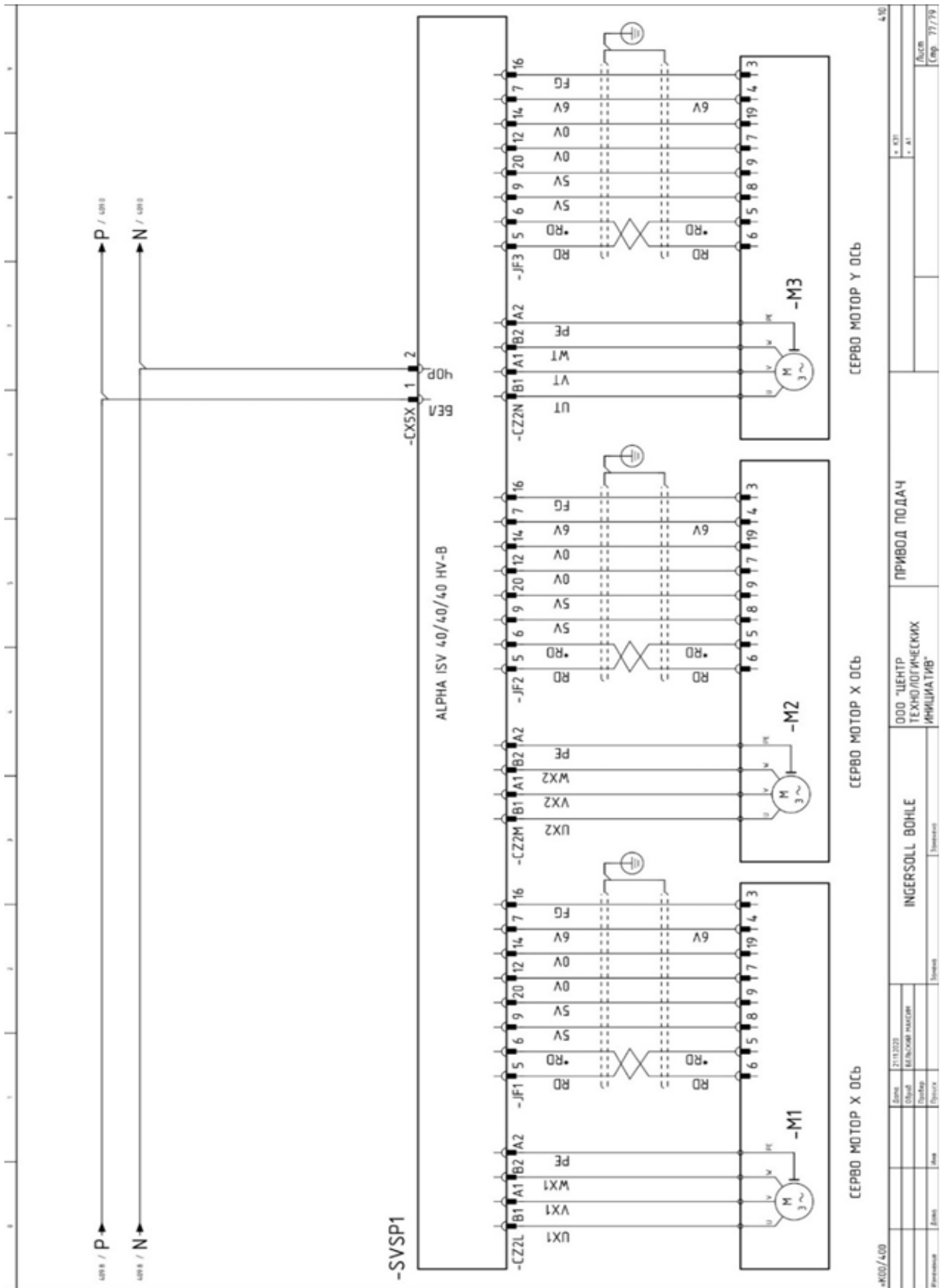


Рисунок 2.7 - Схема електрична принципова приводів осі X та Y

к100/400	21/10/2025	Борис	Степан	Инженер	INGERSOLL BOHLE	ООО "ЦЕНТР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИНИЦИАТИВ"	ПРИВОД ПОДАЧ	Лист	4/10
		Степан	Инженер					Сер. 77779	

### **2.3. Приклад розробленої програми електроавтоматики для вертикального фрезерного верстата «Ingersoll bohle» на мові FBD**

Одним з популярних мов програмування ПЛК - програмованих логічних контролерів, є графічна мова функціональних блокових діаграм FBD - Function Block Diagram. Ця мова, поряд з іншими мовами стандарту МЕК 61131-3, такими як наприклад мову сходовій логіки (LD), використовує в своїй архітектурі подобу електронній схемі.

Написана на даній мові програма для контролера складається з якогось списку ланцюгів, які одна за одною виконуються зверху - вниз. Крім того, тут є можливість присвоєння окремим ланцюгам міток, в цьому випадку стане доступним використання інструкцій переходу на мітку, щоб змінювати послідовність виконання ланцюгів, і створювати умови і цикли.

Таким чином, програма, написана на графічній мові FBD, являє собою набір пов'язаних між собою функціональних блоків, виходи і входи яких з'єднані лініями зв'язку. Лінії зв'язку відображають певні програмні змінні, через які відбувається обмін даними від блоку - до блоку.

Окремий блок несе на собі конкретну функцію (логічне «і», «не», лічильник і т. д.), При цьому один блок може мати кілька виходів і входів. Спочатку значення змінних задаються константами або зі спеціальних входів, а виходи їх зв'язуються далі з іншими змінними програми або з виходами ПЛК.

У процесі програмування на мові FBD застосовуються як стандартні блоки з бібліотек, так і блоки, самі написані на FBD або на інших мовах стандарту МЕК 61131-3. Блок являє собою елемент програми, свого роду підпрограму, функціональний блок або функцію (логічне «НЕ», «АБО», «І», таймер, лічильник, тригер, математична операція, обробка аналогового сигналу і т..).

З таких блоків графічно складаються вирази, що утворюють ланцюги: до виходу одного блоку приєднується наступний блок, далі - ще блок, і так утворюються ланцюги. По ходу ланцюга порядок виконання блоків відповідає

порядку їх сполуки, а результат виконання ланцюга або подається на вихід ПЛК, або записується в якусь внутрішню змінну. [15]

На рисунках 2.8 та 2.9 наведено приклади програм гідравлики та драйверу привода.

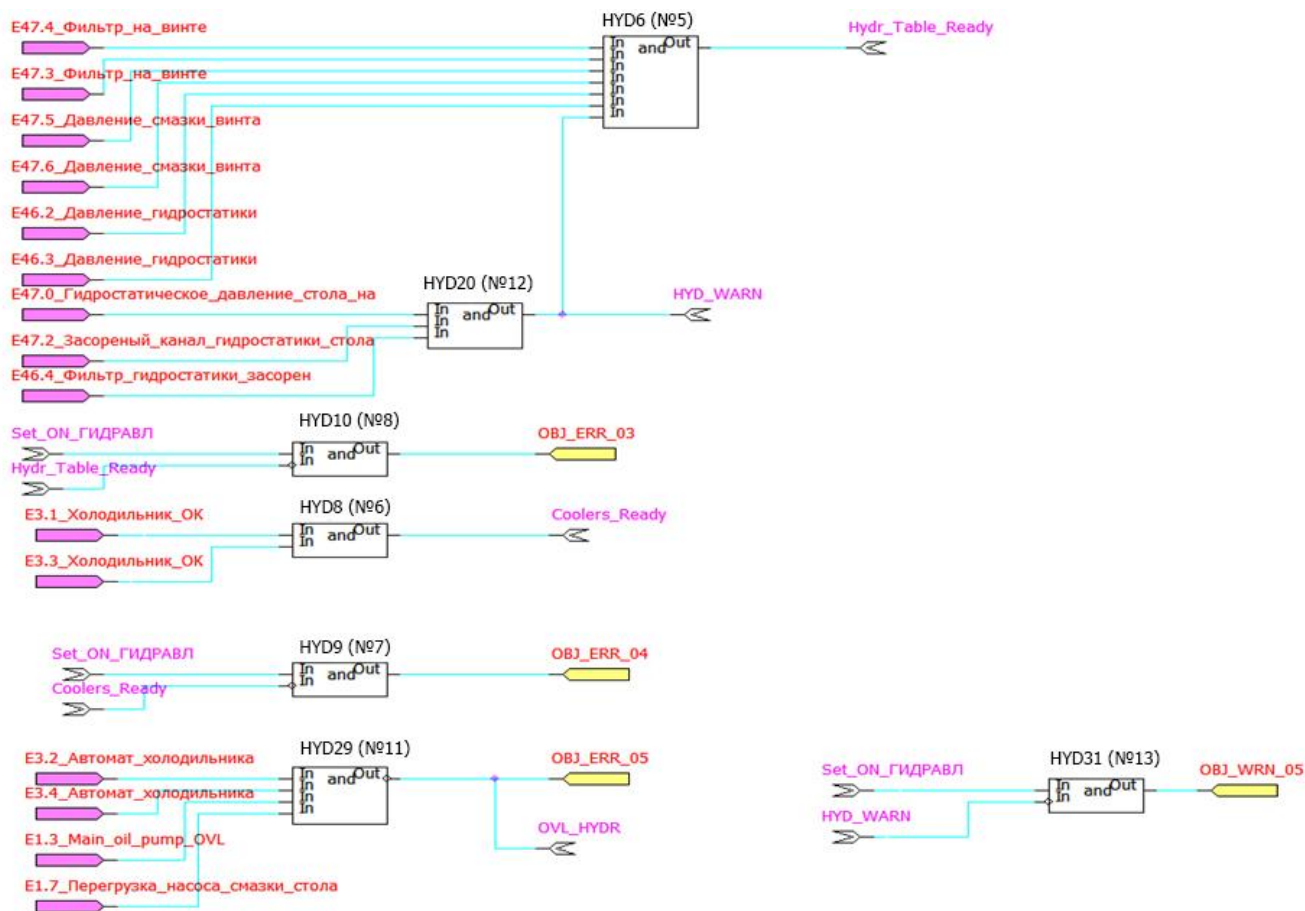


Рисунок 2.8 - Приклад програми гідравлики

В даному рисунку зображено частина програми управління гідравликою. А саме датчики тиску змазки шнеку, датчики тиску гідростатики, датчики забруднення фільтра. Ці всі датчики присилають сигнал на ЧПУ, що система в нормі, також ЧПУ контролює чи ввімкнені холодильники, та чи вони готові працювати в нормальному режимі. Якщо ці всі умови дотримані то ЧПУ дає дозвіл на ввімкнення приводів.

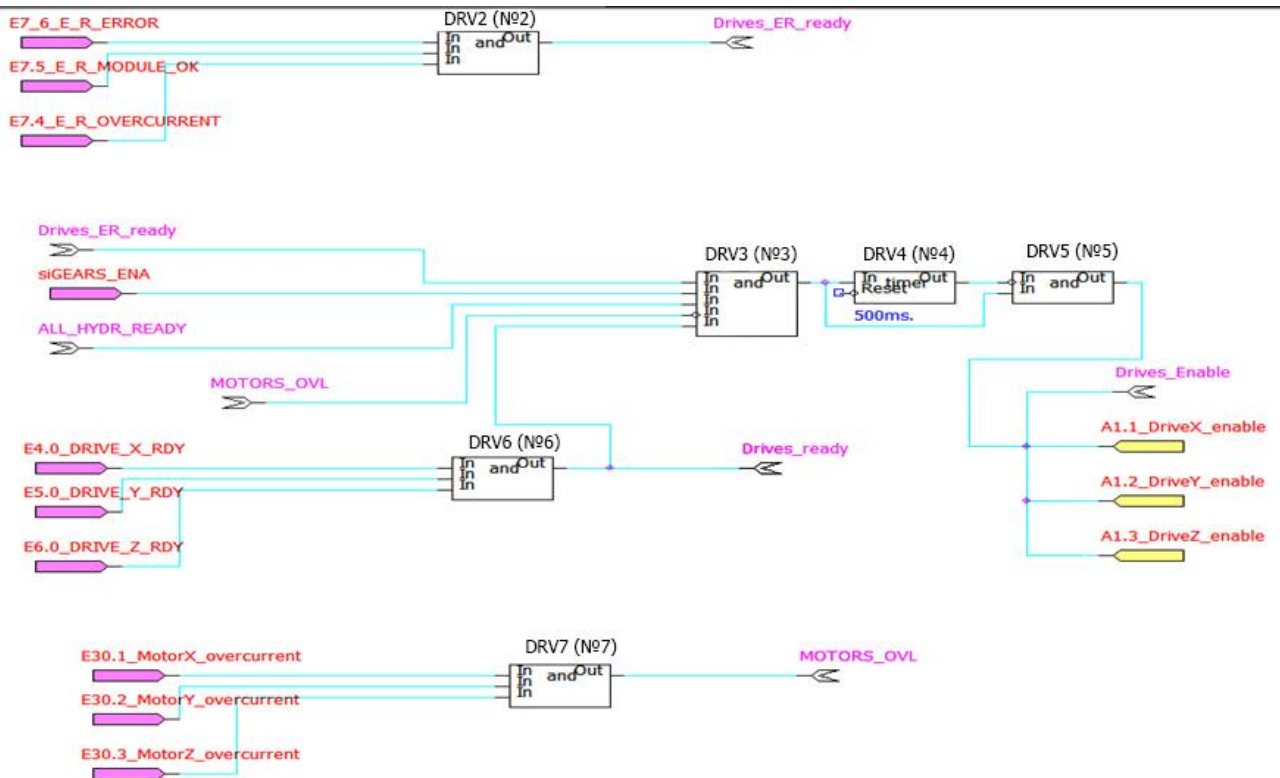


Рисунок 2.9 - Приклад програми роботи привода

На даному рисунку зображено частина програми управління приводами верстата «Ingersoll bohle». Якщо немає помилок драйвера, є дозвіл від ЧПУ на ввімкнення приводів, а також немає перевантаження двигунів, то привода готові до запуску.

## ВИСНОВКИ

1. Проведено огляд літератури та розглянуто конструктивні особливості та принцип роботи фрезерних верстатів. Систему ЧПУ для зрозумілого пояснення було розділено на три підсистеми (управління, приводів та зворотного зв'язку) та розглянуто окремо принцип роботи та функціональні особливості кожної з них.

2. Проведено аналіз предметної області та вивчено принципи роботи та характеристики фрезерного верстата з ЧПУ «Ingersoll bohle» та основні показники його функціонування.

3. У відповідності до проектної потужності, продуктивності і випуску якісної продукції для модернізації фрезерного верстата «Ingersoll bohle» підібрано технологічне обладнання для побудови системи ЧПУ: елементи живлення, узгоджувальні пристрої, сервомотори, їх драйвери та засоби зчитування інформації і т. д.

4. Вивчено принципові електричні схеми живлення фрезерного верстата та розроблено електричні схеми безпеки, гідравлики та привода верстата «Ingersoll bohle» .

5. Проведена модернізація програмного забезпечення (на мові FBD) та приведено приклади програми роботи електроавтоматики гідравлічної частини та приводів верстата.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Feldhaus F. M. Von Werkzeugen und Werkzeugmaschinen. Denkschrift zum 40 Jahrgen Besthrn der Firma Hahn und Kolb. - Stuttgart, 1998. - 163 p.
2. Шмиг Р. А. , Боярчук В. М. , Добрянський І. М. , Барабаш В. М. Фрезерний верстат . - Львів, 2010. – 204 с.
3. Фрезерний верстат [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу:<https://studwood.ru/2106642/tovarovedenie/vvedennya>. Дата доступу: 27.11.2020.
4. Фрезерні верстати [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу:[https://stud.com.ua/36360/tovaroznavstvo/frezerni\\_verstati](https://stud.com.ua/36360/tovaroznavstvo/frezerni_verstati). Дата доступу: 27.11.2020.
5. Особливості будови і конструкції фрезерних верстатів з ЧПУ [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу:<http://page.if.ua/article/353/>. Дата доступу: 27.11.2020.
6. Система ЧПУ Fanuc [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу:<https://www.fanuc.eu/ua/ru/>. Дата доступу: 27.11.2020.
7. Привода подач simens [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу:<https://new.siemens.com/global/en/products/drives/sinamics/servo-drive-system-simatic-micro-drive.html>. Дата доступу: 27.11.2020.
8. Датчик зворотного зв'язку[Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу:<https://profikom.com.ua/p786975498-inkrementalnyj-opticheskij-encoder.html>. Дата доступу: 27.11.2020.
9. Фрезерний верстат [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу. <https://mirstankov.com/uk/dogljad-za-frezernim-verstatom-z-chpu/> Дата доступу: 27.11.2020.
10. Фрезерний верстат Ingersoll bohle [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.worldmach.com/metal-processing-machinery/ingersoll-bohle-mcp-t1-180x350-planer-type-milling-m-c-double->

column.html. Дата доступу: 27.11.2020.

11. Фрезерний верстат Ingersoll bohle [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://industry-pilot.com/ru/portalnyj-frezernyj-standok-INGERSOLL-BOHLE-MCP-T1180x350/p26992>. Дата доступу: 27.11.2020.

12. Схема електрична функціональна [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу: [https://stud.com.ua/84222/tehnika/elektrichni\\_shemi\\_pravila\\_vikonannya](https://stud.com.ua/84222/tehnika/elektrichni_shemi_pravila_vikonannya). Дата доступу: 27.11.2020.

13. Контакттор [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://zprim.com.ua/chim-vidriznyayetsya-kontakttor-vid-magnitnogo-puskacha-osnovni-vidminnosti/>. Дата доступу: 27.11.2020.

14. Протокол FSSB [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://cccp3d.ru/topic/95034-fssb/>. Дата доступу: 27.11.2020.

15. Мова програмування FBD [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://blox.com.ua/mova-funktsionalnykh-blokovykh-diahram-fbd-i-joho-zastosuvannia.html>. Дата доступу: 27.11.2020.