

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра (Машинобудування, транспорту і зварювання)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

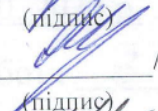
Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з підвищення
точності механічної обробки на важкому токарному верстаті моделі HOESCH
D1000 за рахунок раціонального вибору системи керування

(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2 курсу, групи ДІТ-ПОМ23мг
спеціальності: 015.34 Професійна освіта
(Машинобудування)

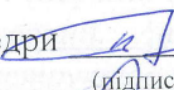
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

 / Олександр НАЙДЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник  / Олег КОНДРАТЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент  / Костянтин БРОВКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри  / Олег ПОДОЛЯК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль  / Антон СКОРКІН
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК  / Валентина СКОРКІНА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання
Спеціальність 015.34 Професійна освіта (Машинобудування)
Освітньо-професійна програма Професійна освіта (Машинобудування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МТіЗ

О.Л. Подоляк

“12” листопада 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

другого (магістерського) рівня вищої освіти

студенту (ці) Олександр НАЙДЕНКО

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з підвищення точності механічної обробки на важкому токарному верстаті моделі HOESCH D1000 за рахунок раціонального вибору системи керування

затверджена наказом 4801-5/3345 від 12.10.2024 р.

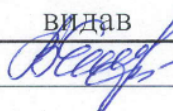
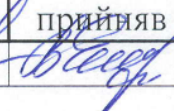
2. Термін здачі магістрантом закінченої роботи “6” грудня 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи: Креслення механізмів металообробного токарного верстата моделі HOESCH D1000 із системою автоматичного керування, нормативні документи, паспортні дані обладнання, каталоги, стандарти на засоби технічного оснащення.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ. Аналіз об'єкта модернізації. Аналіз сучасних систем автоматичного керування. Розрахунково-конструкторську частину. Розробка мікропроцесорного модулю керування приводом подачі. Методичний розділ. Висновки. Список джерел інформації. Додатки.

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень, плакатів): Аналітичний огляд. Аналіз об'єкта модернізації. Аналіз сучасних систем автоматичного керування. Розрахунково-конструкторську частину. Розробка мікропроцесорного модулю керування приводом подачі. Приклад керуючої програми модуля «simens 840d» для обробки деталі «вал». Аналіз отриманих результатів. Висновки.

5. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	
педагогічний	Галина ЄЛЬНИКОВА			

7. Дата видачі завдання « 12 » листопада 20 24 р.

Керівник


(підпис)

Олег КОНДРАТЮК
(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

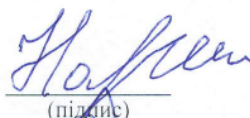

(підпис)

Олександр НАЙДЕНКО
(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної роботи

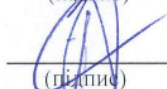
№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1.	Вибір теми й обґрунтування проблеми дослідження. Визначення об'єкта, предмета, мети й завдань.	<u>05.09.24</u>	
2.	Складання плану роботи. Підбір літератури й інших джерел	<u>06.09.24</u>	
3.	Оформлення завдання проектування для затвердження теми кваліфікаційної роботи	<u>10.09.24</u>	
4.	Підготовка аналітичної частини	<u>23.09.24</u>	
5.	Підготовка теоретичної частини	<u>07.10.24</u>	
6.	Розробка дослідницької частини	<u>21.10.24</u>	
7.	Розробка методичного розділу	<u>01.11.24</u>	
8.	Підготовка графічного матеріалу	<u>15.11.24</u>	
9.	Доробка проекту по зауваженнях наукового керівника	<u>19.11.24</u>	
10.	Доробка проекту по зауваженнях консультантів	<u>25.11.24</u>	
11.	Оформлення кваліфікаційної роботи. Підготовка до захисту.	<u>07.12.24</u>	
12.	Захист кваліфікаційної роботи	<u>10.12.24</u>	

Здобувач вищої освіти


(підпис)

Олександр НАЙДЕНКО
(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль


(підпис)

Антон СКОРКІН
(ім'я, прізвище)

Дир. НДЦОМНІК

Додаток 2 до Порядку проведення перевірки наукових праць, навчально-методичних видань та дипломних робіт (проектів) працівників та здобувачів вищої освіти на наявність запозичень з інших документів (нова редакція)

Введено в дію:

наказ ректора № 0204 -1/088 від 27.02.2020 р.

Протокол контролю оригінальності дипломної роботи (проекту)

Професійна підготовка фахівця машинобудівних підприємств з підвищення точності механічної обробки на важкому токарному верстаті моделі HOESCHD1000 за рахунок раціонального вибору системи керування

студента

(назва роботи)
НАЙДЕНКО Олександр Олександрович

(прізвище, ім'я та по батькові)

науковий керівник

Кондратюк Олег Леонідович

(прізвище, ім'я та по батькові)

В результаті перевірки роботи в антиплагіатній інтернет-системі Strikeplagiarism.com встановлено наступні значення Коефіцієнтів Подібності

Коефіцієнт Подібності 1: 4,61,

Коефіцієнт Подібності 2: 1,74 ,

Сигнал „Тривога!“: ☒ – немає; ☐ – є, кількість разів у тексті ____.

Вченою радою факультету (навчально-наукового інституту) затверджено наступні показники оригінальності (за значенням коефіцієнту K1):

не більше 10% – оригінальна робота,

від ____% до ____% – задовільно оригінальна робота,

від ____% до ____% – умовно оригінальна робота,

більше ____% – неоригінальна робота.

Відповідно до цього, робота може бути класифікована як:

☒ оригінальна,

☐ задовільно оригінальна,

☐ умовно оригінальна,

☐ неоригінальна.

Висновок:

☒ робота може бути допущена до захисту,

☐ необхідно провести розгляд Повного Звіту Подібності із залученням фахівців із тематики дипломної роботи (проекту).

Примітки Системного Оператора про виявлені запозичення:

Системний Оператор


(підпис)

Скоркін А.О.

(прізвище та ініціали)

23.11.24
(дата)

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ ТА СКОРОЧЕНЬ

ЕД – електричний двигун

ЕМС – електромагнітна сумісність

ЕОМ – електронно обчислювальна машина

ЕП – електричний привод

ІМ – інтерфейсні модулі

КГП – кульково-гвинтові пари

КП – керуюча програма

ПЗ – програмне забезпечення

ПЗО – пристрій зв'язку з об'єктом

ПЛК – програмований логічний контролер

ПМСК – проектування мікропроцесорних систем керування

РПК – ручний пульт керування

РТК – розрахунково-технологічна карта

САК – система автоматизованого контролю

САПР – система автоматизованого проектування

СД – синхронний двигун

СЧПК – система числового програмного керування

ТЕХ – техніко-економічні характеристики

ТП – технологічний процес

ЧПК – числове програмне керування

РЕФЕРАТ

Ключові слова: ТОКАРНИЙ ВЕРСТАТ, ПРИВОД ПОДАЧІ, ВИБІР ПОТУЖНОСТІ, ПРОЕКТУВАННЯ, МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ, СИСТЕМА АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ Й РЕГУЛЮВАННЯ, СИНТЕЗ ПАРАМЕТРІВ РЕГУЛЯТОРІВ, ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ, MATLAB, SIMULINK.

Об'єкт проектування – токарний верстат HOESCH D1000.

Предмет проектування – система автоматичного керування приводом подачі.

У даному дипломному проєкті зроблена розробка системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата, здійснений розрахунки й вибір потужності двигуна, розраховані основні характеристики датчика, розроблені основні параметри системи автоматичного керування, виконане моделювання електропривода зі статичною системою стабілізації швидкості й отримані осцилограми перехідних процесів для типових режимів. Моделювання здійснюється в середовищі Simulink прикладного пакета Matlab. Розроблене програмне забезпечення для автоматичного керування приводом подачі в середовищі STEP 7.

В методичному розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено методичні вказівки до проведення семінару на тему «Особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата» з дисципліни: «Системи автоматизованного проектування в машинобудуванні» для студентів спеціальності «Професійна освіта. Машинобудування», були сформульовані оперативні цілі семінару, обраний тип та форма проведення семінару, визначений перелік питань для обговорення, сформульована мотивація для зацікавленості студентів у вивченні теми, проаналізовані базові умови навчання з теми, обрані та проаналізовані джерела інформації для підготовки до семінару, описані критерії оцінювання доповідей студентів на семінарі та розроблений сценарій проведення семінарського заняття з теми.

ABSTRACT

Keywords: TURNING MACHINE, FEED DRIVE, POWER SELECTION, DESIGNING, MATHEMATICAL MODELING, ELECTROMECHANICAL AUTOMATION SYSTEM, AUTOMATIC CONTROL AND CONTROL SYSTEM, SYNTHESIS OF PARAMETERS OF REGULATORS, TRANSITION PROCESSES, MATLAB, SIMULINK.

The object of design is the lathe HOESCH D1000.

The subject of design is the automatic feed control system.

In this graduation project, a system for automatic control of the drive of a heavy lathe was developed, the calculation and selection of engine power were performed, the main characteristics of the sensor were calculated, the main parameters of the automatic control system were developed, the electric drive with a static speed stabilization system was simulated and transient oscillograms for typical modes . Simulation is performed in the Simulink environment of the Matlab application package. The software for automatic control of the feed drive in the STEP 7 environment has been developed.

In the methodological section of the master's qualification work, methodological guidelines were developed for conducting a seminar on the topic "Features of improving the system of automatic control of the feed drive of a heavy lathe" from the discipline: "Automated design systems in mechanical engineering" for students of the specialty "Professional education. Mechanical Engineering", the operational goals of the seminar were formulated, the type and form of the seminar was chosen, a list of issues for discussion was determined, the motivation for students' interest in studying the topic was formulated, the basic conditions of learning on the topic were analyzed, sources of information for preparation for the seminar were selected and analyzed, the criteria were described evaluation of students' reports at the seminar and a developed scenario for holding a seminar class on the topic.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ	11
1.1 Сучасний стан машинобудування України та тенденції його розвитку	11
1.2 Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі	11
1.3 Висновки до розділу 1	18
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	19
2.1 Аналіз об'єкта модернізації	19
2.2 Аналіз існуючої системи керування приводом подачі	22
2.3 Аналіз сучасних систем автоматичного керування	25
2.4 Обґрунтування варіантів розв'язку завдання модернізації	29
2.5 Постановка завдання на проектування	31
3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	32
3.1 Розрахунки необхідної потужності й вибір ЕД подачі	32
3.2 Розрахунки та вибір датчика лінійного переміщення	38
3.2.1 Розрахунки датчика лінійного переміщення	38
3.2.2 Вибір датчика лінійного переміщення	39
3.3 Моделювання приводу подачі	44
3.3.1 Обґрунтування методу моделювання	44
3.3.2 Системи керування електроприводом	45
3.3.3 Математична модель САК	51
3.3.4 Математична модель електропривода в середовищі моделювання	52
4. РОЗРОБКА МІКРОПРОЦЕСОРНОГО МОДУЛЮ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ПОДАЧІ	53
4.1 Призначення системи керування електроприводом верстата	53
4.2 Конфігурування системи керування верстата	55
4.2.1 Вибір системи керування SINUMERIK	55
4.2.2 Вибір панелі оператора, кнопкової панелі й ручного пульта	58
4.2.3 Вибір SINUMERIK PCU	63

4.2.4	Опис контролера SIMATIC S7	64
4.2.5	Вибір перетворювача SIMODRIVE 611	67
4.2.6	Розробка інтерфейсу системи керування приводом подачі	76
4.3	Розробка програмного забезпечення для керування приводом ...	77
4.4	Розробка алгоритмічного проектування завдань керування	81
4.4.1	Розробка алгоритму керування	81
4.4.2	Розробка алгоритму функціонування системи керування	83
5.	МЕТОДИЧНИЙ РОЗДІЛ (МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ СЕМІНАРУ НА ТЕМУ «ОСОБЛИВОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ПОДАЧІ ВАЖКОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТА-ТА» З ДИСЦИПЛІНИ «СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАННОГО ПРОЕК-ТУВАННЯ В МАШИНОБУДУВАННІ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНО- СТІ «ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА. МАШИНОБУДУВАННЯ».) ...	87
5.1	Постановка оперативних цілей семінару	90
5.2	Вибір типу семінару і форми його проведення	91
5.3	Визначення переліку питань для обговорення та джерел інформації при підготовці до семінару	92
5.4	Проектування мотиваційних технологій навчання студентів на семінарі.....	95
5.5	Аналіз базових умов навчання	97
5.6	Проектування основної частини реферативного семінару	98
5.7	Висновки до методичної частини	107
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	108
	СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ	109
	ДОДАТОК А - ТЕХНІЧНІ ПАРАМЕТРИ МОДУЛЯ ЖИВЛЕННЯ SIMODRIVE 611D	113
	ДОДАТОК Б - ПРИКЛАД КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ	114
	ДОДАТОК В (ПЛАКАТИ ПРЕЗЕНТАЦІЇ)	121

ВСТУП

Металорізальний верстат є основним видом технологічного встаткування для розмірної обробки деталей. Він являє собою систему, що забезпечує відносні переміщення металорізального інструмента й оброблюваного виробу для додання виробу необхідної згідно із кресленням форми із заданими продуктивністю й точністю шляхом зняття стружки.

За останні роки відбулися істотні якісні зміни в області електроприводів із системами тиристорного керування, а також в області автоматизації керування (скорочення напівпровідникових приладів і мікросхем, пристроїв програмного керування). Значно підвищився обсяг завдань, розв'язуваних системами електричного керування верстатами, ускладнився їхній характер, що дозволило розширити технологічні можливості верстатів, спростити керування ними, що в остаточному підсумку привело до підвищення продуктивності праці в основних і допоміжних операціях.

У цей час заводами електропромисловості виконується для важких верстатів, як правило, комплектна поставка систем електроприводів і пристроїв автоматичного керування верстатами не у вигляді розрізнених станцій керування, а у вигляді закінчених комплексних пристроїв, розроблювальних організаціями й заводами важкого верстатобудування.

У важких металорізальних верстатах у більшості випадків механізми, що виконують як основні, так і допоміжні рухи, мають індивідуальні електродвигуни, що суттєво спрощує кінематику передачі й конструкцію верстата. Усі електроприводи верстатів можна розділити на три категорії: головні, приводи подачі й допоміжних механізмів.

До 1910-1916 г.г. привод верстатів в основному здійснювався від великих трансмісій. Надалі почалося дроблення великих трансмісій на групи, кожна з яких приводилася в дію своїм електродвигуном. Так виник груповий електропривод верстатів. Наступний розвиток верстатів характеризувався переходом від групових трансмісій до одиночного привода. У цьому випадку кожний верстат став приводитися в дію від самостійного двигуна.

Застосування одиночного і багатодвигунових приводів дозволяє регулювати швидкість окремих механізмів зміною швидкості двигуна. При цьому виникає необхідність в одержанні штучних механічних характеристик, двигун стає невід'ємною частиною машини-знаряддя. Автоматизація одних процесів керування виявилася недостатньою, тому з'явилася необхідність в автоматизації виробництва.

До сучасних металорізальних верстатів пред'являються наступні основні вимоги:

- 1) Можливо більша продуктивність при дотриманні достатньої точності й дотримання розмірів, а також чистоти поверхні оброблюваних на верстаті виробів.
- 2) Простота й легкість обслуговування.
- 3) Порівняно низька первісна вартість і невеликі експлуатаційні витрати.
- 4) Простота виготовлення й складання окремих вузлів верстата й у тому числі електроустаткування.
- 5) Можливо мала вага й габарити.

Можливість використання переваг електричного керування й прагнення значне спростити кінематику окремих ланок верстата привели до сучасного багатодвигунового приводу, у якому різні рухи на верстаті виконуються від окремих електродвигунів [7].

1. АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОФЕСІЙНОЇ ПІДГОТОВКИ ФАХІВЦІВ МАШИНОБУДІВНИХ ПІДПРИЄМСТВ

1.1. Сучасний стан машинобудування України та тенденції його розвитку

Розвиток машинобудування як базової галузі промисловості є пріоритетним завданням забезпечення високих темпів зростання економіки країни. Модернізація машинобудівного виробництва, пов'язана з впровадженням інноваційних технологій, і зміни в системі вищої освіти, що відбуваються, актуалізують проблему професійної підготовки майбутніх бакалаврів машинобудування в технічному ЗВО. У той самий час соціально-економічні перетворення, які у країні нині, безпосередньо впливають на модернізацію системи освіти, які передбачають її перехід від масового до безперервного індивідуалізованому освіті, необхідного до створення інноваційної, соціально-орієнтованої економіки країни. Відбувається переорієнтація цілей освіти формування творчої соціально відповідальної особистості. Таким чином, завданням ЗВО стає підготовка ініціативних та самоорганізованих фахівців, здатних до самостійного придбання знань, безперервного підвищення своєї професійної кваліфікації, що, своєю чергою, знаходить відображення в оновлених освітніх стандартах у вигляді відповідних компетенцій.

1.2. Професійна підготовка фахівців машинобудівної галузі

В результаті аналізу стандарту вищої професійної освіти за напрямом підготовки було виявлено, що серед загальнокультурних, загальнопрофесійних та професійних компетенцій, сформованість яких є показником результату освоєння освітньої програми, виділяються компетенції, що відображають готовність випускника досамоосвітньої діяльності.

Аналіз наукової літератури та результатів досліджень проблеми професійної підготовки бакалаврів машинобудування виявив, що у

працяхвчених (В.Г. Лизунков, А.Б. Пузанкова, Н.М. Савельєва, Є.А. Синкіна та ін.) розглядаються аспекти процесу формування професійної компетентності та компетенцій, що визначають специфіку професійної діяльності бакалаврів машинобудування: інженерно-графічних, інформаційних, економіко-управлінських та ін. Проте нами не виявлено робіт, у яких було б зроблено спробу розробки педагогічної системи формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності.

Таким чином, метою нашого дослідження стала розробка та апробування системи формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності у процесі професійної підготовки у ЗВО. В процесі розробки системи формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності знадобилося вирішення низки складних практичних завдань: створення нової організаційної структури; розробки змісту, формує готовність до самоосвітньої діяльності.

При розробці системи нами було використано загальнонаукові положення теорії систем до створення приватної методики, дозволяють надати їй науковий характер. Представлене В.М. Садівським поняття «система», під якою їм розуміється «упорядкована певним чином безліч елементів, взаємопов'язаних між собою та утворюючих деяку цілісну єдність», є, з погляду, найповнішим. Системний підхід щодо педагогічних систем забезпечує відповідність використовуваних методів дослідження його предмету. Розроблена нами система формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності, як різновид педагогічної системи, має всі характерні ознаки такої системи: є основою теоретичного осмислення специфіки та особливостей професійної діяльності бакалаврів машинобудування; включає сукупність взаємозалежних засобів, необхідних для формування здібностей до самостійної пізнавальної діяльності. Метою системи є формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності, для реалізації якої необхідне

рішення завдання розвитку показників у її структурі засобами інформаційних та комунікаційних технологій та активних методів навчання дисципліни «Інформатика» з інтегрованим спецкомпонентом формування готовності до самоосвітньої діяльності.

Методологічний елемент системи формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності специфікою та особливістю професійної діяльності бакалавра машинобудування. Виділена нами у процесі дослідження специфіка професійної діяльності бакалавра машинобудування полягає в її інженерній спрямованості, що, свою чергу, передбачає наявність здібностей до самоосвітньої діяльності. Особливість професійної діяльності бакалавра машинобудування, що виражається у здібностях до самоосвітньої діяльності, обумовлює необхідність визначення структури самоосвітньої діяльності, в якій ми виділили мотиваційний, цільовий, технологічний, організаційно-методичний та результативно-оцінний компоненти.

Проектування змістовного елемента системи базується на принципах системно-структурного підходу, що дозволяє відібрати форми навчальних занять з дисципліни «Інформатика», наповненої спецкомпонентом, адекватно компонентам готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності. Вибір дисципліни «Інформатика» як змістовний елемент системи формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності обумовлений специфікою професійної діяльності бакалавра машинобудування. Професійна діяльність сучасного інженера пов'язана з постійним використанням інформаційних та комунікаційних технологій, починаючи від пошуку та збору даних для проектування виробів машинобудування, здійснення самого процесу проектування, розробки технічної документації до експлуатації обладнання машинобудівного виробництва. Придбання навичок роботи з комп'ютерною технікою та різноманітними програмними засобами дозволить сформувати теоретичну та практичну базу для ефективного використання сучасних технічних засобів у виробництві виробів машинобудування.

Методична система освоєння студентами конкретної дисципліни, будучи частиною єдиної системи вищої освіти, є цілісністю, яка дозволяє сформувати у студентів знання, вміння та навички з дисципліни, що вивчається. Принципи системного підходу дозволяють забезпечити взаємозв'язок між її елементами. Однак для побудови системи потрібна опора на структурний підхід, який дозволяє виділити функції їхньої взаємодії.

Структура самоосвітньої діяльності та Здібності, що формують її компоненти, вимагають запровадження дисципліну «Інформатика» спецкомпонента «Формування готовності до самоосвітньої діяльності». Застосування системно-структурного підходу до змісту дисципліни «Інформатика» дозволяє виділити у структурі дисципліни такі форми: лекційний курс, який висвітлює основні теоретичні питання дисципліни; лабораторний практикум, спрямований на отримання практичних навичок використання інформаційних технологій; самостійна робота студентів (СРС), що передбачає більшою мірою позааудиторну самостійну роботу за виданими завданнями; контролюючі засоби, що полягають в оцінці рівня знань у процесі та після закінчення вивчення дисципліни.

Аналіз навчальної програми дисципліни «Інформатика» показав, що методика викладання дисципліни не дозволяє достатньою мірою розвинути здібності до самоосвітньої діяльності, які, у свою чергу, співвідносяться з показниками компонентів готовності до самоосвітньої діяльності бакалаврів машинобудування. По-перше, у меті та завданнях дисципліни відсутня спрямованість на формування готовності до самоосвітньої діяльності. По-друге, в У процесі вивчення дисципліни мало інтенсивно використовуються активні способи навчання, а переважають репродуктивні методи, що не дозволяють повною мірою розвинути здібності студентів до самоосвітньої діяльності. По-третє, практично відсутня методична система організації самостійної роботи студентів, сприяє формуванню навичок самоосвітньої діяльності. Таким чином, ми пропонуємо переглянути цілі та завдання вивчення дисципліни, модернізувати зміст дисципліни та кожен структурний елемент дисципліни спецкомпонент: лекційний курс – «Способи та методи

пошуку та обробки інформації»; лабораторний практикум - "Основи самоосвітньої діяльності"; самостійна робота студентів – «Основи організації та планування самоосвітньої діяльності»; контролюючий елемент – «Основи саморегуляції та рефлексії».

Самостійна робота студентів у структурі дисципліни «Інформатика» є основним інструментом процесу формування готовності до самоосвітньої діяльності майбутніх бакалаврів машинобудування. При цьому слід мати в виду, що самостійна робота студента має розглядатися не тільки як форма навчання та вид навчальної праці, а й як залучення до самоосвітньої діяльності, спосіб оволодіння методами самоорганізації та самовиховання з тим, щоб прищепити вміння надалі безперервно підвищувати свою кваліфікацію.

Необхідність формування готовності до самоосвітньої діяльності майбутніх бакалаврів машинобудування як до виду діяльності зумовило використання діяльнісного підходу при розробці процесуального елемента системи готовності до самоосвітньої діяльності майбутніх бакалаврів машинобудування. Основним становищем теорії діяльнісного підходу є провідна роль діяльності у процесі освіти особи. Основна суть діяльнісного підходу полягає у спрямованості педагогічних засобів на організацію в процесі навчання інтенсивної діяльності, що постійно ускладнюється учнів, оскільки у процесі своєї діяльності засвоюються знання, методи пізнання навколишнього світу, відбувається формування та вдосконалення особистісних якостей суб'єкта. Таким чином, застосування діяльнісного підходу при організації навчального процесу в ЗВО передбачає активну участь студентів у процесі навчання.

Проте успішному здійсненню самоосвітньої діяльності, як і будь-якого іншого виду діяльності, сприяє внутрішня мотивація, орієнтована як на реалізацію діяльності, а й у досягнення у ній максимального успіху. Крім цього, придбаних у процесі здійснення самостійної діяльності студентами професійних знань та навичок недостатньо, тому що в сучасному світі у вік інтенсивного розвитку науки і техніки знання дуже швидко застарівають, і

потрібно розвивати у майбутніх спеціалістів здібності до саморозвитку, творчості, критичного мислення, адаптації та мобільності. Розвиток цих здібностей у майбутніх бакалаврів машинобудування, детермінованих окрім іншого специфікою та особливістю їх професійної діяльності, в рамках тільки діяльнісного підходу видається нам недостатньо ефективним. Ці проблеми звернули нашу увагу на необхідність застосування в процесі формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності акмеологічного підходу [25-29].

З позицій акмеологічного підходу освіта розглядається як система, що самоорганізується, основою якої є закони самореалізації природних потенціалів людини в продуктах культури.

Застосування акмеологічного підходу до проектування змісту освіти, вибору технологій навчання, управління освітнім процесом дозволяє перетворити навчання у ЗВО на процес розвитку самоосвітніх здібностей майбутніх фахівців, що сприяє підвищенню якості освіти, оскільки в результаті у студентів виробляється пізнавальна мотивація, внутрішня потреба навчання та провідним стає творче переосмислення дійсності.

Акмеологічний та діяльнісний підходи при проектування процесуального елемента системи формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності визначили вибір методів та технологій навчання дисципліни "Інформатика". Акмеологічні технології спрямовані на розвиток у свідомості студентів необхідності до саморозвитку та самовдосконалення, підвищення адаптаційних можливостей майбутнього спеціаліста. До освітніх технологій, що мають акмепотенціал, можна віднести такі: знаково-контекстне навчання, проблемне навчання, методи проектів, ігрові технології навчання, тренінгові технології, технології навчання, технології навчання через дискусію, кейс-метод, технології психоконсультації.

Застосування інформаційних та комунікаційних технологій у процесі навчання дозволяє ефективно організувати самостійну пізнавальну діяльність студентів, залучати до активних дій усіх, хто навчається у процесі

навчального заняття, розвивати їх творчі здібності, навички роботи з різними джерелами інформації та вміння ефективного пошуку та обробки отриманої інформації. Кошти комп'ютерної техніки дозволяють індивідуалізувати процес навчання, змушуючи учня працювати самостійно.

Застосування активних та інтерактивних методів навчання при освоєнні змістового спецкомпонента у процесі вивчення інформатики майбутніми бакалаврами машинобудування дозволить розвинути здатність до самоосвітньої діяльності, які є критеріями сформованості до компонентів готовності до самоосвітньої діяльності. В результаті проведеного дослідження розроблений інтегрований спецкурс «Інформатика» для студентів профілю «Технологія машинобудування» з виділенням як ціль вивчення дисципліни формування здібностей до самоосвітньої діяльності та впровадження спецкомпоненту «Формування готовності до самоосвітньої діяльності».

Для більш ефективної організації навчального процесу розроблено електронний навчально-методичний комплекс з дисципліни «Інформатика». Електронний навчальний комплекс представляє собою гіпертекстовий документ зі структурою, що відповідає дидактичним одиницям дисципліни «Інформатика» та запровадженням спецкомпонентом, ергономічним інтерфейсом та застосуванням мультимедійних технологій. У комплексі представлена структура дисципліни із зазначенням розділів, тем і форм організації занять, а також пояснюються форми та види самостійної роботи студентів та система оцінки знань. Комплекс включає в себе графік вивчення дисципліни та виконання самостійної роботи студентами із зазначенням дат періоди виконання роботи. Також студентам надаються засоби для самоконтролю засвоєння навчального матеріалу (тести), індивідуальні тренінги з рефлексії.

Результативний елемент системи формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності на основі компетентнісного підходу представлений сукупністю здібностей до самоосвітньої діяльності [26].

Спроектowana система реалізує завдання для досягнення мети, чому сприяють акмеологічний та діяльнісний підходи до організації процесу професійної підготовки, основними принципами яких виступають набуття знань та навичок через діяльність та розвиток потреби в досягненні максимального результату під час реалізації цієї діяльності. Ефективність розробленої та апробованої системи формування готовності майбутніх бакалаврів машинобудування до самоосвітньої діяльності було підтверджено зростанням індексу сформованості компонентів. Таким чином, у рамках дослідження встановлено, що для підвищення якості професійної підготовки у ЗВО майбутніх бакалаврів машинобудування потрібен перегляд змістовної та процесуальної складової процесу навчання, оновлення навчально-методичного забезпечення дисциплін, інтенсифікація застосування активних методів навчання, спрямованих на формування особистості спеціаліста, здатного до безперервного підвищення своєї кваліфікації у тих, хто змінюється умовах професійної діяльності.

1.3 Висновки до розділу 1

Актуальність професійної підготовки фахівців підприємств машинобудування з підвищення точності механічної обробки на важкому токарному верстаті моделі HOESCH D1000 за рахунок раціонального вибору системи керування зумовлена тим, що введення й застосування високошвидкісної обробки деталей на підприємствах машинобудування є край нагальною проблемою. Головною умовою успіху у високошвидкісній обробці є правильний вибір усіх складових факторів, що беруть участь у цьому процесі: верстат, система ЧПУ, різальний інструмент тощо. А це ставить високі вимоги до рівня підготовки фахівця галузі машинобудування.

Проте, щоб бути компетентним, такий фахівець повинен бути технічно грамотним, відповідальним і вимогливим, а також володіти імітаційним моделюванням для вирішення нагальних виробничих проблем, щоб якісно здійснювати свою діяльність повною мірою відповідно до вимог спеціальності.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз об'єкта модернізації

Модернізації системи керування токарського верстата HOESCH D1000 призначена для підвищення якості механічної обробки деталей із циліндричною поверхнею, конусних поверхонь, нарізування різьб і інших деталей, обробка яких раніше була неможлива через недостатню точність. Верстат оснащений системою ЧПК фірми SIEMENS, модель «SINUMERIC 520 K». На даний момент ця система є морально й фізично застарілою, блоки цієї системи часто виходять із ладу, а ремонт ускладнюється неможливістю знайти деталі для заміни, силовий ланцюг потребує повної заміни, датчики дуже застаріли й не задовольняють показникам точності й швидкодії, однак, механіка верстата в гарному стані. Технічні характеристики й висока твердість верстата дозволяють застосовувати інструмент зі швидкорізальних сталей і твердих сплавів і вести обробку в режимі швидкісного гостріння. Безлюфтові кінематичні ланцюги подач забезпечують точність і плавність переміщень виконавчих органів верстата, але також потребують заміни, тому що при тривалій експлуатації є виробітки. Виконавчі органи верстата переміщаються від індивідуальних приводів з електродвигунами постійного струму з безступінчастим регулюванням, що дозволяє вибирати найбільш раціональні режими обробки. Привод подачі шпинделя приводиться в рух від двигуна через коробку швидкостей, що забезпечує різні частоти обертання. Технічні характеристики верстата наведено в таблиці 2.1 [22].

Зовнішній вигляд верстата HOESCH D1000 наведено на рисунку 2.1.

Точність залежить практично від усіх компонентів системи керування:

- зазорів і сил тертя в кінематичних ланках;
- місця установки, статичних і динамічних погрешностей датчиків;
- пружних відхилень інструмента й деталі в статичних і динамічних режимах, впливу зовнішніх збурювань.

Завдання підвищення точності повинна вирішуватися шляхом ретельного аналізу механізмів формування погрешностей і наступної розробки

комплексних заходів, спрямованих на наступні заходи:

–скорочення довжини кінематичному ланцюга між робочим органом і датчиком положення;

–уведення програмної або апаратної компенсації нелінійностей ланок цифрового електропривода. Один з показників продуктивності забезпечується заміною звичайних приводів сучасними високошвидкісними приводами. Надійність устаткування характеризується коефіцієнтом технічного використання. Найбільш ефективними засобами підвищення надійності є: вибір елементів, які мають найменшу ймовірність відмови; проектування засобів захисту від аварій; розробка розвитку системи діагностики.

Таблиця 2.1 - Основні технічні характеристики верстата HOESCH D1000

Найменування параметра	Числове значення
Максимальна відстань між центрами при відведеній назад пинолі задньої бабки, мм	6
Максимальний діаметр гостріння над супортом, мм	1000
Мінімальний діаметр гостріння, мм	10
Висота центрів над станиною, мм	700
Максимальна вага заготовки без підтримування люнетом, кг	25000
Максимальна вага заготовки при закріпленні в планшайбу шпиндельної бабки й один люнет, кг.	25000
Шпиндельна бабка	
Діаметр планшайби шпиндельної бабки, мм	900
Максимальний, діаметр затискача, мм	600
Мінімальний діаметр затискача, мм	200
Кут конуса центру, градусів	75
Числа обертів планшайби про/хв	1-200
Максимальний крутний момент на планшайбі, кг	6000
Характеристичне число обертів (число обертів при максимальній, потужності й максимальному, крутному моменті), об/хв	9
Супорт	
Максимальна, головна складова зусилля різання, кг	15000
Хід поперечного полозка, мм	370
Хід переміщення різцетримача	0-1000
Діапазон швидкостей подачі супорта в поздовжньому й поперечному напрямках, м/хв	0,1-2
Швидкість прискореного ходу, м/хв	12
Маса вузлів верстата	
Станина, комплектно з консолю двигуна, кг	16400
Шпиндельна бабка, кг	12800
Головний двигун, кг	1050
Верхній супорт, кг	1300
Поздовжній полозок, кг	2800
Робочий майданчик, комплектно, кг	400
Система ЧПК SINUMERIC 520 K, кг	300
Задня бабка, кг	3900
1 люнет, кг	1250

У цей час токарний верстат моделі HOESCH D1000, 1975 р. випуску, має недостатні показники точності й швидкодії, система автоматичного керування застаріла морально й фізично, що обумовлює часті збої й простої верстата. Підвищення надійності роботи встаткування дозволяє скоротити втрати часу на ремонт устаткування, а також зменшити матеріальні витрати, тому що термін служби сучасних систем керування значно довше [22].

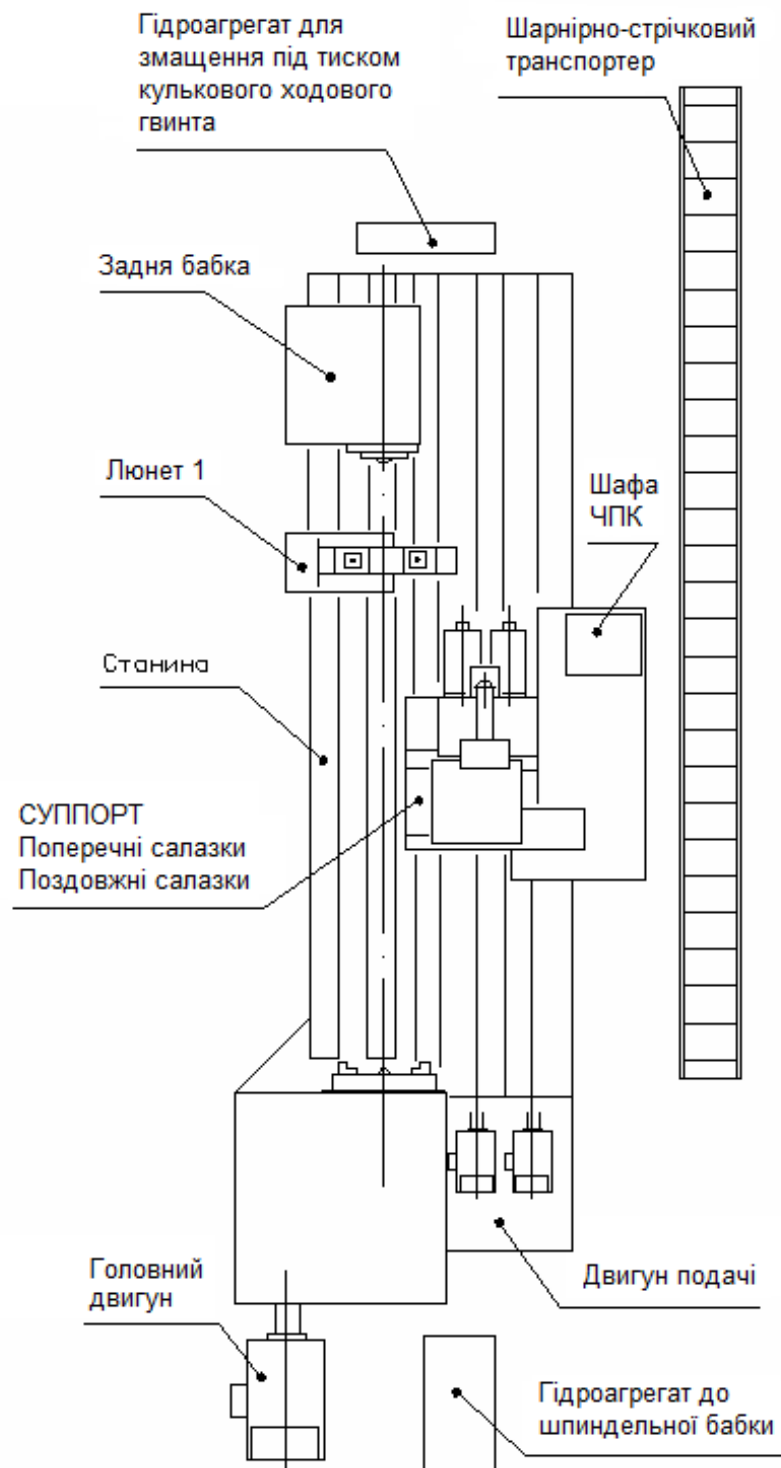


Рисунок 2.1 - Розташування основних органів і органів керування (вид зверху)

2.2 Аналіз існуючої системи керування привода подачі

Привод поздовжньої подачі, змонтований на корпусі полозка, складається із двигуна, редуктора й кулькової пари, гвинт якої закріплений на станині й повідомляє зворотно-поступальне переміщення в поздовжньому напрямку - координата "Z".

Привод поперечної подачі змонтований у консолі, гвинт кулькової пари жорстко з'єднаний з ползком і переміщає їх у поперечному напрямку - координата "X".

Дана система привода подачі працездатна, але має більшу, за сучасними критеріями якості, погрішність через виробітки в процесі тривалого використання й потребує заміни [1-5].

Усі електродвигуни подач мають безступінчаста зміна швидкості обертання в широких діапазонах, але тому що термін служби їх практично дійшов кінця те часті збої й неполадки, на значно час зупиняють процес роботи верстата.

Обмеження крайніх положень рухливих вузлів верстата здійснюється блоками шляхових кінцевих вимикачів, які служать також для контролю установки рухливих органів у вихідне положення. На сучасних системах керування використовуються абсолютні лінійні датчики високої точності, у яких використовується абсолютна система виміру, і система керування в реальному часі відслідковує положення різального інструменту, таким чином, значно підвищуючи точність і швидкодія.

Кінематична схема верстата представлено на рисунку 2.2

Базовий варіант токарського верстата оснащений автоматичною системою керування «SINUMERIC 520 K» представленої на рисунку 2.3.

«SINUMERIC 520 K» представляє собою двох координатну систему числового контурного керування токарськими операціями з лінійною й круговою інтерполяцією. Зчитування з перфострічки зі швидкістю 150 знаків у секунду, бобіна діаметром 7 ^{1/2} дюймів.

Програмування може здійснюватися з абсолютним і відносним відліком розмірів. При програмуванні з абсолютним відліком розмірів програмується діаметр. Дискретність введення 0,001 мм, дискретність виводу 0,002 мм. Інформація вводиться в систему за допомогою восьмідорожечний перфострічки, на вибір, у коді ISO (DIN 66024) або в коді EIA. Номера кадрів, шляхові умови, шляхова інформація й значення подачі надходять у буферні накопичувачі.

Дана система не задовольняє сучасним вимогам надійності, точності й швидкодії, через незручність завдання програмного коду й не високої надійності перфострічки, система часто виходить із ладу й приводить до часті простоям верстата.

Діапазон переміщень становить 4000 мм. У межах одного кадра інтерполюються переміщення по прямій або по дузі окружності величиною до 2000 мм. За допомогою додаткового датчика імпульсів на головному шпинделі можуть нарізатися різьби кроком від 0,02 мм до 40 мм. Подача вводиться безпосередньо від 0,01 до 4000 мм/хв або як подача за час оберту від $0,01 \cdot 10^{-3}$ до 2 мм/об., ці параметри задовольняють сучасним вимогам діапазону регулювання [3, 10, 11].

Установлена швидкість прискореного ходу передбачається в межах від 0,2 до 12 мм/хв.

Різні кріплення виробів можуть ураховуватися шляхом установлюваного зрушення нуля.

За допомогою програмування постійної швидкості різання за адресою S можливо досягти постійної потужності, що витрачається на різання. При цьому беруться до уваги до 5 щаблів коробки передач.

Результуюче число обертів шпинделі може бути обмежено на 50, 60, 70, 80, 90% величини, що максимально досягається.



Рисунок 2.3 – Шафа ЧПК SINUMERIK 520K

Через перемикач корекції числа обертів, можливо, безпосередньо програмувати число обертів шпинделя й постійну швидкість різання. Число обертів шпинделі може бути піддано 10% східчастій зміні в області від 50 до 100%.

У системі використовується абсолютна вимірювальна система із сельсинами або індуктосінами в якості вимірювальних датчиків. Контур керування положенням побудований на базі тиристорних перетворювачів для сервоприводів постійного струму. Застосування тиристорних перетворювачів обмежує динамічні характеристики привода і є причиною значного розсіювання потужності при перехідних процесах.

Проведений аналіз діючої системи керування дозволив виявити недоліки системи, що впливають на точність обробки деталей і швидкодія. У зв'язку із цим поставлене завдання повної заміни системи автоматичного керування SINUMERIK 520K.

2.3 Аналіз сучасних систем автоматичного керування

Завдання автоматичного керування визначають специфікацію функцій, які повинна виконувати система керування.

У загальному випадку перелік цих функцій може представляти сотні позицій, однак більшість функцій формується як би автоматично, згідно зі сформованими виставами й досвіду проектування систем ЧПК по порівняно невеликому перелікові основних вимог.

Позитивною стороною новітніх автоматичних систем є той факт, що є контроль використання верстата в усередині цеховій системі, а відповідно набагато простіше контролювати завантаження всього встаткування, яке розташовано не тільки в одному цеху, але й на всьому заводі.

У машинобудуванні представлена безліч систем ЧПК. Нижче представлені деякі фірми, які надають системи для автоматичного керування:

1. NUM - Висока обчислювальна потужність систем NUM забезпечує широкий набір їх функціональних можливостей. У них передбачені

сплайновий і поліноміальний (до п'ятого порядку) алгоритми інтерполяції, п'яти - дев'ятикоординатна інтерполяція, п'ятикоординатна корекція інструмента, одночасна робота із двом різним керуючим програмам, 3 D-Графіка й інше.

2. Allen-Bradley - спеціалізований промисловий комп'ютер з Windows 10 операційною системою й можливістю розробляти користувацькі додатки на Visual Basic; PCI-Одноплатний ЧПК-Комп'ютер, який виконує всі функції ядра, у тому числі програмно-реалізованого контролера електроавтоматики.

3. ANDRON - Система містить у собі наступні модулі:

- модуль термінального комп'ютера;
- модуль ЧПК-Комп'ютера;
- панель оператора й монітор;
- модулі вилучених входів-виходів програмувального контролера;
- одну або кілька груп цифрових (SERCOS) приводів подачі й головного привода.

4. Boschrexroth - Термінальний комп'ютер має операційну систему Windows 10, а ЧПК-Комп'ютер – операційну систему UNIX. Зв'язок операційних середовищ здійснюється за допомогою протоколів TCP/IP, що допускає вилучене розміщення термінала й роботу декількох терміналів з одним ЧПК-Комп'ютером. У свою чергу, ЧПК-Комп'ютер допускає багатоканальну роботу більш ніж з однієї керуючою програмою.

5. Deltatau - розробила двухкомп'ютерний варіант PCNC, у якому ЧПК-Комп'ютер виконаний у вигляді окремої плати PMAC (Programmable Multi-Axes Controller), установлюваної на ISA або Pci-Шині термінального персонального комп'ютера

6. Beckhoff - дає приклад однокомп'ютерної архітектури PCNC, у рамках якої всі завдання керування (геометрична, логічна, термінальна) вирішуються тільки програмним шляхом, без якої-небудь додаткової апаратної підтримки.

7. Siemens - Повний спектр пропозицій департаменту "Промислова автоматизація" становлять не тільки стандартні продукти, але й системні

розв'язки для енергетики й технологій автоматизації, використовувані у виробництві й технологічному процесі. Будучи лідером на ринку промислового програмного забезпечення, департамент постійно вдосконалює весь виробничий процес компаній-виробників – від ідеї дизайну продукту і її розробки, до виробництва, збуту й сервісного обслуговування.

Основними показниками експлуатаційних якостей верстата є точність і продуктивність обробки деталей. На сьогоднішній день критерії якості виготовлення деталей, для токарських верстатів, дуже високі й підвищуються щодня, і тому багато верстатів застаріли й не задовольняють параметрам точності. При постійно зростаючій ринковій конкуренції не малу роль відіграє й продуктивність, тому що при збільшенні продуктивності знижуються витрати на виготовленні продукції й відповідно деталі виконані на таких верстатах стають більш конкурентоспроможними.

Точність обробки визначається відносними переміщеннями заготовки й інструмента, а також іншими факторами, що впливають на необхідні розміри й форми, а також відносного розташування оброблюваних поверхонь.

Продуктивність визначається прийнятим технологічним процесом, ступенем його автоматизації, особливостями конструкції верстата й характеристиками його динамічної системи.

Необхідні якості верстата можуть бути забезпечені тільки при обліку динамічних процесів, що відбуваються під час роботи, обліку пружності й інших динамічних характеристик [4-7].

Досягнення найвищих параметрів точності й швидкодії можливо тільки при використанні сучасних систем автоматичного керування, які мають висока швидкодія, надійність, здатні працювати в жорстких умовах експлуатації, дуже прості в монтажі й програмуванні.

При обробці тіл обертання розрізняють наступні види погрішностей:

1. Геометричні погрішності вузлів самого верстата:

- відхилення від прямолінійності напрямних станини;
- відхилення від паралельності осі центрів і напрямних станини.

2. Пружинні деформації:

- деформації супорта й станини;
- деформації заготовки, які викликаються змінним припуском у поздовжньому розрізі;
- деформації заготовки, які викликані зміною положення різального інструменту;
- зміна сили різання, яка обумовлена неоднорідністю фізико-механічних особливостей оброблюваного матеріалу в поздовжньому розрізі.

3. Теплові деформації:

- теплові деформації станини при неоднорідному температурному полі;
- теплові деформації елементів супорта й різального інструменту при перехідному процесі (розігрів інструмента після врізання в заготовку).

4. Зношування інструмента.

У поперечному розрізі на точність форми впливають наступні фактори:

1. Геометричні помилки:

- биття шпинделя;
- биття заднього центру.

2. Гнучкі деформації:

- гнучкі деформації супорта й станини, які викликані припуском поперечному розрізі;
- гнучкі деформації заготовки, які викликані неоднорідним припуском у поперечному розрізі.

Усі перераховані види погрешностей обумовлені більшою кількістю причин, багато з яких не піддаються обліку й контролю. Сучасні автоматичні системи мають величезна безліч переваг, які допомагають управляти технологічними процесами, враховуючи вплив практично всіх погрешностей і підбудовуватися в режимі реального часу. Перед використанням нової програми обробки є можливість виконати симуляцію й виявити помилки, які можуть привести до браку виготовлення деталей, а відповідно практично

виключається ймовірність того, що підприємство зазнає збитків через зіпсовані заготовки.

Проаналізувавши систему керування, конструкцію й принцип роботи верстата HOESCH D1000, виявлені наступні недоліки:

- недостатня точність обробки деталей;
- невідповідність систему керування сучасним вимогам;
- вимірювальна система не задовольняє параметрам точності й швидкодії;
- погана динаміка через складність керування приводами подач;
- пружні деформації заготовки по довжині;
- нагрівання вузлів верстата;
- деформації деталей і вузлів верстата при надмірному підтисканню заготовки задньою бабкою.

2.4 Обґрунтування варіантів розв'язку завдання модернізації

У процесі аналізу привода подачі, виявлені наступні недоліки: електропривода подач мають зношування до 85%, ремонту не підлягають через і зняття з виробництва; верстат постачений застарілою системою ЧПК, яка практично не працездатна через зношування й відсутності запчастин внаслідок зняття з виробництва. Крім того, виявлені численні обриви електричних кабелів внаслідок старіння й втрати гнучкості. Вироблений плановий ремонт не усуває всіх недоліків верстата, тому що система потребує повної заміни, а часті поломки приносять більші матеріальні витрати.

Щоб усунути зазначені недоліки й підвищити технічні параметри верстата по нормах точності необхідно зробити капремонт і модернізацію електроустаткування верстата. Для скорочення строків модернізації, спрощення післяремонтного обслуговування модернізованої СК доцільне застосування сучасного встаткування й програмного забезпечення, що поставляється на НКМЗ фірмою SIEMENS (Німеччина) [10-12].

У даному процесі модернізації доцільно застосувати встаткування, яке має комплектну поставку й легко монтується на об'єкт модернізації, менш кваліфікованим персоналом. Таким чином, зупинимо свій вибір на системі SINUMERIK, яка має в комплекті всі необхідні елементи для системи автоматичного керування. У комплект входять, плата MCI разом з PCU утворюючи апаратну базу для SINUMERIK. Головною ланкою системи керування виступає контролер. У якості головного контролера використовується контролер серії SIMATIC S7-300 або SIMATIC S7-400, які представлені в дуже різноманітному асортиментами. У системі керування використовується процесор. Для дистанційного керування слід використовувати ручні пристрої програмування, виконані в різній комбінації для зручності керування. Верстатні пульти також представлені дуже різноманітно, що дозволяє вибрати найбільш підходящий для модернізації. Також широко представлені панелі оператора SINUMERIK. У комплекті поставки є широкий ряд двигунів для привода подачі. Для модернізації токарського верстата щонайкраще підходять синхронні двигуна серії 1FT6. Двигуни 1FT6 працюють від приводів SIMODRIVE. Повністю цифрове керування приводами SIMODRIVE, із вбудованими датчиками у двигунах 1FT6 відповідають найвищим вимогам по динаміці швидкості, точності обертання й позиціонування.

Таким чином, при комплектній поставці спрощується процес комплектного замовлення й поставки. При використанні всіх комплектуючих однієї фірми скорочуються строки модернізації, а отже й витрати на проведення робіт. Висока якість сучасного встаткування збільшує фонд робочого часу й скорочує час простою, що значно підвищує економічний ефект від використання верстата з таким устаткуванням. З підвищенням точності значно підвищується якість обробки з напівчистовий до чистової. Підсумком цього є зменшення витрат на виготовлення, а також ріст ринкової вартості готової продукції на даному встаткуванні [3].

2.5 Постановка завдання на проектування

Метою роботи є підвищення надійності й продуктивності об'єкта. Для цього необхідно поліпшення якості оперативної оцінки технічного стану механічних вузлів шляхом удосконалювання традиційних методів діагностики. Також необхідне вдосконалювання системи керування відповідно до сучасних вимог.

Враховуючи сучасні вимоги до системи керування, встають питання про необхідність заміни застарілого обладнання системи керування на сучасне з використанням ЧПК SINUMERIK 840D.

Для реалізації мети сформульовані наступні завдання проектування:

1. Здійснити розрахунок і вибір ЕД приводів подачі.
2. Здійснити розрахунок, вибір і заміну застарілих датчиків.
3. Замінити застаріле керування на сучасне ЧПК.
4. Виконати моделювання двигуна на надійність.
5. Розробити мікропроцесорний модуль керування технологічним процесом задовольняючий вимогам системи.
6. Розробити програмне забезпечення для автоматичного керування приводом подачі.
7. Розрахувати економічну ефективність пропозицій по модернізації й зробити висновок про її практичну цінність.

3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунки необхідної потужності й вибір ЕД подач

Для вибору потужності ЕД необхідно розрахувати сили, які діють на заготовку й різальний інструмент. На рисунку 3.1 представлений схематичний процес обробки з розміщенням сил різання.

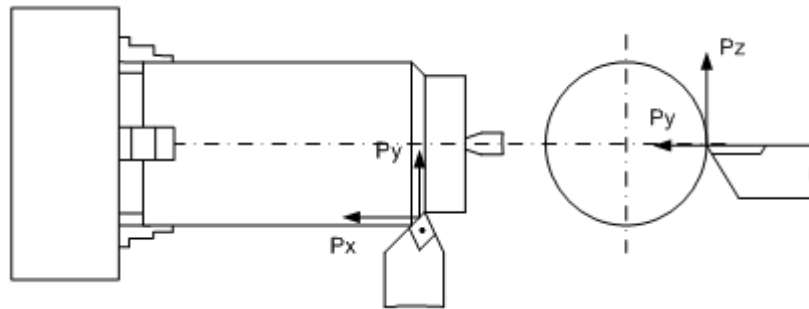


Рисунок 3.1 – Схематичний процес обробки

Скористаємося методикою розрахунків, яка застосовується при конструюванні ЕП подач верстатів, розрахунки запропоновані фірмою SIEMENS [1-3].

Здійснимо розрахунки для вибору синхронного двигуна приводу подачі по координаті Z для знаходження моменту опору на валу двигуна й необхідної потужності.

Фактична потужність ЕД визначається по формулі:

$$P_{расч} = \frac{M_V \cdot n_{ном}}{9550}, \quad (3.1)$$

де $n_{ном}$ - номінальна частота обертання ЕД, $хв^{-1}$;

M_V - сумарний момент опору переміщенню, наведений до вала двигуна, Нм.

Величина моменту M_z розраховується по формулі:

$$M_Z = \frac{F_v \cdot h_s}{2\pi \cdot u_p \cdot \eta}, \quad (3.2)$$

де F_v - тягова сила, необхідна для подолання сил корисного опору, Н;

h_s - крок гвинта, ухвалюємо $h_s=0.02\text{м}$;

η - ККД редуктора, u_p - передаточне число редуктора, тому що редуктор убирається з модернізованого верстата, то ухвалюємо $\eta=1, u_p=1$.

Сила F_v визначається по формулі:

$$F_v = K_n \cdot P_z + F_c, \quad (3.3)$$

де K_n - коефіцієнт, що враховує вплив перекидаючого моменту, який виникає внаслідок несиметричного додатка сили подачі, для супортів горизонтально – розточувальних верстатів ухвалюємо $K_n = 1,1$;

P_z - складова сила різання, що діє в напрямку подачі, Н;

F_c - сила тертя в напрямних, визначається по формулах, рекомендованих нормаллю верстатобудування Н48-61:

$$F_c = (P_z + 2 \cdot P_y + Q_c) \cdot f, \quad (3.4)$$

де Q_c - вага супорта:

$$Q_c = m_c \cdot g, \quad (3.5)$$

$$Q_c = 1300 \cdot 9.84 = 12,7 \text{кН}$$

$f = 0.01$ наведений коефіцієнт тертя;

P_y, P_z - складові сили різання Н, визначаються по запропонованих режимах різання базового ТП.

Розрахуємо сили різання по формулі:

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (3.6)$$

де t - глибина різання, $t = 0.02\text{м}$;

s - подача, $s = 2\text{мм/об}$;

C_p, x, y, n - постійні коефіцієнти й показники ступені для розрахункових умов, які відповідно рівні: 339, 0.5, 0.55, 0.5;

K_p - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, $K_p = 1.1$;

v - швидкість різання, $v = 15$ м/хв.

Осьова сила різання становить:

$$P_z = 10 \cdot 339 \cdot 0,02^{0,5} \cdot 2^{0,5} \cdot 15^{0,5} \cdot 1,1 = 2.9 \text{ кН.}$$

Тангенціальну P_z і радіальну P_y складові сили різання визначаємо зі співвідношення:

$$P_x: P_y: P_z = 1:0.4: 0.25, \quad (3.7)$$

звідси $P_x = 1,16$ кН; $P_y = 0,725$ кН.

Таким чином, необхідна тягова сила становить:

$$F_v = 1.1 \cdot 2.9 + (2.9 + 2 \cdot 0.725 + 12.7) \cdot 0,01 = 3.36 \text{ кН}$$

Момент опору, прикладений до вала двигуна:

$$M_v = \frac{3361 \cdot 0,02}{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 1} = 10,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Розраховане значення моменту використовуємо для визначення серії ЕД.

Розрахункове значення необхідної потужності ЕД:

$$P_{расч} = \frac{10.5 \cdot 3000}{9550} = 3.3 \text{ кВт.}$$

Тому що двигуни, які встановлені на базовому верстаті, практично не задовольняють параметрам точності і динамічним параметрам, а сучасні вимоги до якості обробки дуже великі, те доцільно використовувати двигуна фірми SIEMENS, які повністю задовольняють вимогам надійності, точності й швидкодії.

Визначивши момент опору на валу двигуна, необхідну потужність приводу подач із номінальним обертаючим моментом $M_H=10,5$ Нм, частотою $n_H = 3000$ хв⁻¹ і розрахунковим значенням потужності $P_{\text{расч}} = 3,3$ кВт, вибираємо наступні синхронні ЕД подачі фірми SIEMENS серії 1FT6136-6AC7. Вихідні дані представлено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Технічні дані ЕД подачі фірми SIEMENS серії 1FT6-084-8SF71-1AG1

Nn; хв ⁻¹	3000
H; мм	80
Pn; кВт при $\Delta T=100$ К	6,9
Mo; Нм при $\Delta T=100$ К	26
К перевантажувальна здатність	5
Mn; Нм при $\Delta T=100$ К	22
In; А при $\Delta T=100$ К	17
Кількість пар полюсів	4
Момент інерції ротора (без гальма) J; 10 ⁻⁴ кгм ²	48
Вага кг	25

Двигуни 1FT6 - це синхронні електродвигуни з постійними магнітами в компактному виконанні.

Синхронний ЕД обраний у якості приводного по наступних причинах:

1. В роторі, як правило, перебуває постійний магніт, колектор відсутній, і швидкість обертання ротора може бути значно вище.
2. Дозволяє регулювати швидкість у широкому діапазоні при постійному моменті, що потрібно для електропривода подач.
3. Обмотки перебувають тільки в статорі, що значно полегшує відвід тепла.
4. Перевантажувальна здатність мало чутлива до зниження напруги мережі, що ставиться до числа його основних переваг.
5. Завдяки відсутності ковзних контактів щітки - колектор зменшуються втрати.

Двигуни 1FT6 працюють на лінійки приводів SIMODRIVE 611 digital/universal HR. Повністю цифрове керування приводами SIMODRIVE 611, а вбудовані датчики у двигунах 1FT6 відповідають найвищим вимогам по динаміці швидкості, точності обертання й позиціонування (рис.3.2).

Двигуни розраховані для роботи без примусового охолодження, а виникаючі температурні перегони усуваються шляхом відведення тепла через корпус без застосування інших методів охолодження. Надлишкове тепло виникає в обмотці двигуна й у статорі приділяються прямо через гарне термічне з'єднання з корпусом

двигуна. Тут особливо добре проявляються переваги безщіткового синхронного електродвигуна з порушенням постійними магнітами.



Рисунок 3.2 – ЕД подачі
SIEMENS 1FT6

Переваги:

- висока якість деталей, завдяки високій точності обробки;
- підключення силових і сигнальних штекерних з'єднань для використання при сильному забрудненні;
- невеликий час обробки, завдяки високій динаміці;
- простий монтаж, завдяки невеликим витратам на провідку кабелів;
- високе поглинання поперечного зусилля.

Важливою особливістю електродвигунів є можливість фіксації положення його ротора шляхом підключення обмоток фаз статора до джерела постійної напруги. Шляхом перемикання обмоток можна з високою точністю задавати дискретні переміщення ротора, відповідні до певного числа кроків. Таким чином, у кроковому режимі СД здатний відпрацьовувати переміщення, що задаються числом електричних імпульсів, комутуючих струми статора в необхідній послідовності. Твердий зв'язок між числом кроків переміщення ротора й числом електричних імпульсів є чудовою властивістю цього двигуна,

широко використовуваним у практиці дискретного ЕП із цифровим керуванням.

Вибір нового СД дозволяє виключити з кінематичної схеми редуктор. Тим самим виключивши погрішність кінематичних ланок побільшавши точність верстата й швидкодія. Остаточною стадією модернізації кінематики приводу верстата є заміна передачі гвинт-гайка кочення. Із запропонованих передач фірмою Haydonkerk Motion Solutions зроблений вибір гвинта з такими ж параметрами, як і на вихідній моделі верстата. Технічні параметри гвинта: подача за час обороту від $0,01 \cdot 10^{-3}$ до 2 мм/об. Дана передача має безлюфтовое з'єднання й мінімальний опір тертя. Параметри гвинта наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри передачі гвинт-гайка кочення

Діаметр гвинта D_v , мм	Діаметр кульки d , мм	Крок гвинта S_v , мм	Загальна кількість витків у двох гайках	Вантажопідйомність, кН		Осьова піддатливість e_x^{-9} , м/Н
				статична $Q_{ст}$	динамічна Q_d	
80	6	20	6	135	47	0,523

Фірма SIEMENS передбачила велику кількість датчиків для контролю й перевірки роботи приводу. У приводі використовується інкрементальний метод виміру.

Інкрементальні датчики передають на обертання певна кількість електричних імпульсів, які і є довжиною пройденого шляху або кута. Інкрементальні датчики працюють за принципом оптоелектронної розв'язки поділяючих імпульсів при проходженні світла.

Напруга живлення датчиків 5В DC або з вибором від 10В до 30В DC.

Вибираємо круговий інкрементальний датчик, тому що він вмонтований у синхронний двигун типу 1FT6.

У якості вихідного інтерфейсу маємо:

1) RS 422 диференціальні сигнали (TTL), у датчиків RS 422 (TTL), завдяки обробки фронту, дозвіл може бути збільшене в 4 рази.

2) Аналогові сигнали $\sin/\cos$ з рівнем 1 V_{pp} . Для одержання ще більш високого дозволу синусоїдальний сигнал цих датчиків інтерполюється (множиться) у СЧПК або цифровому приводі.

3) HTL (High Voltage Transistor Logic). Датчики з інтерфейсом HTL призначений для додатків із цифровими входами з рівнем 24 В.

3.2 Розрахунки та вибір датчика лінійного переміщення

3.2.1 Розрахунки датчика лінійного переміщення

При визначенні розрядності коду положення N_S робочого органа необхідно знати ціну дискрети d .

Ціна дискрети – це точність позиціонування інструмента щодо деталі. Звичайно вона вибирається в діапазоні $d = (0,001 \dots 0,05)$ мм.

Розв'язна здатність датчика положення – це кількість імпульсів на виході датчика на один крок вимірювальної системи. Для відповідності лінійному переміщенню на крок гвинта S_g впливає, що для виміру лінійного переміщення потрібен датчик з розв'язною здатністю [1]:

$$N_{\text{дп}} = \frac{S_g}{d} \quad (\text{имп/об}). \quad (3.8)$$

Необхідна ємність лічильника шляхи по координаті залежить від довжини гвинта й розраховується по співвідношенню:

$$N_S = \frac{L_g}{d} = \frac{4}{0,01 \cdot 10^{-1}} = 400000 \text{ дискрет} \quad (3.9)$$

Для вистави коду положення N_S його розрядність n_S визначається за допомогою вираження:

$$n_S = \text{int}[\log_2 N_S] = \text{int}[\log_2 400000] = 19 \text{ розрядів.} \quad (3.10)$$

Знаючи діапазон регулювання швидкості D_S , можна визначити число імпульсів/оборот, яке повинен мати датчик, щоб на мінімальній швидкості за період дискретності T_0 на його виході був мінімум 1 імпульс:

$$N_{\text{дс}} = \frac{2 \pi D_c}{T_0 \omega_{\text{д max}}}. \quad (3.11)$$

де $\omega_{\text{д max}}$ – максимальна швидкість обертання гвинта, с^{-1} ; T_0 - період дискретності, $D_c = 3000$ діапазон регулювання швидкості;

$$\omega_{\text{д max}} = \frac{2\pi \cdot V_{\text{max}}}{60 \cdot S_B} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 15}{60 \cdot 0,01} = 157 \text{с}^{-1}, \quad (3.12)$$

де $S_B = 0,01$ мм - крок гвинта, $V_{\text{max}} = 15$ м/с максимальна швидкість різання.

$$T_0 \leq \sqrt{\frac{2 \cdot \varepsilon_c}{a_{\text{доп}}}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 3,5 \cdot 10^{-4}}{1,3}} = 0,023 \quad (3.13)$$

де $\varepsilon_{\tilde{n}} = 0,35$ величина швидкісної помилки $a_{\text{доп}}$ прискоренням, що допускається.

При $D_c = 3000$, $\omega_{\text{д max}} = 157 \text{с}^{-1}$; $T_0 = 2,6$ необхідно застосувати датчик з розв'язною здатністю:

$$N_S = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 3000}{0,026 \cdot 157} = 6515 \text{ имп/об.} \quad (3.14)$$

3.2.2 Вибір датчика лінійного переміщення

Для визначення довгі пройденної супортом при поперечному переміщенні використовується датчик який знімається значення з кулькового гвинта через пару зубчастих коліс. Точність відліку ΔL залежить від

пройденного шляху L і обчислюється при зніманні з кулькового гвинта по формулі:

$$\Delta L = \pm(0,03 + 0,00003 L) \text{ мм.}$$

Датчики з'єднані електрично через коннектори з індикаційними установками. На них безпосередньо проводиться відлік пройденного шляху. Ця система не задовольняє вимогам точності. Тому в процесі модернізації необхідно поставити сучасні лінійні датчики однієї із провідних фірм. Лінійні датчики фірми HEIDENHAIN задовольняють вимогам системи по точності і якості вимірів. Вони застосовуються на верстатах і установках з регульованими лінійними осями, таких як, фрезерні, токарські й шліфувальні й горизонтально-розточувальні верстати. Гарні динамічні властивості датчиків лінійних переміщень, їх високі швидкості переміщення й прискорення дозволяють застосовувати їх на осях з високою динамікою.

Переваги датчиків лінійних переміщень. Датчики лінійних переміщень визначають положення лінійної осі без додаткових механічних передатних елементів. Якщо визначення положення проводиться за допомогою датчика лінійного переміщення, то контур регулювання охоплює механікові приводів. Таким чином, датчиком лінійного переміщення визначається помилка передачі механіки осі й компенсується в керуючій електроніці. Даний спосіб допомагає виключити цілий ряд джерел погрешностей [9]:

1) Помилка позиціонування, викликана нагріванням кульково-гвинтової пари (КГП).

2) Помилка, викликана наявністю зазорів у КГП

3) Кінематична помилка, викликана позиційною помилкою КГП

Для верстатів з високими вимогами до точності позиціонування й до швидкості обробки використання лінійних датчиків є необхідним.

Термічні властивості

Термічні властивості лінійного датчика повинні відповідати властивостям заготовки або властивостям вимірюваного об'єкта. При змінах температури датчик повинен певним чином розтягуватися або стискуватися,

причому ці зміни повинні бути відтворені. Датчики лінійних переміщень фірми HEIDENHAIN розраховані на це.

Носії шкали в лінійних датчиків HEIDENHAIN мають певні термічні коефіцієнти розширення по довжині. Залежно від термічних параметрів для кожного завдання може бути підібраний підходящий датчик лінійних переміщень.

Лінійні датчики HEIDENHAIN відрізняються гарною твердістю в напрямку виміру – одне з головних умов високої точності верстата. Також невелика маса рухливих частин датчика забезпечує його гарні динамічні властивості.

Лінійні переміщення верстата досягають значних величин – близько 10000 км за кілька років. Тому застосування міцних датчиків з довгочасною стабільністю особливо важливо, тому що підвищується коефіцієнт використання верстата. Завдяки особово конструкції і якісним деталям лінійні датчики фірми HEIDENHAIN працюють бездоганно навіть після тривалої експлуатації. Відсутність контакту між шкалою й зчитувальним елементом при фотоелектричному методі зчитування гарантує високу тривалість життя датчика. Кожух, спеціальний метод зчитування й, при необхідності, можливість підключення стисненого повітря роблять датчик добре захищеним від забруднення. Екранування допомагає захистити сигнал від перешкод. Зовнішній вигляд вимірювальної лінійки HEIDENHAIN LC183 представлено на рисунку 3.3.

У якості носіїв для штрихів служить скло або сталь. У лінійних датчиках більших довжин як носія шкали служить сталева стрічка (рисунок 3.4) [9].

Високоточні штрихи наносяться на носій різними фотолітографічними методами.

Шкали виготовляються, наприклад, з наступних матеріалів:

- 1) Штрихи із хрому на носії зі скла.
- 2) Витравлені матові штрихи на позолоченій сталевій стрічці.
- 3) Тривимірні структурні ґрати на склі або стали.

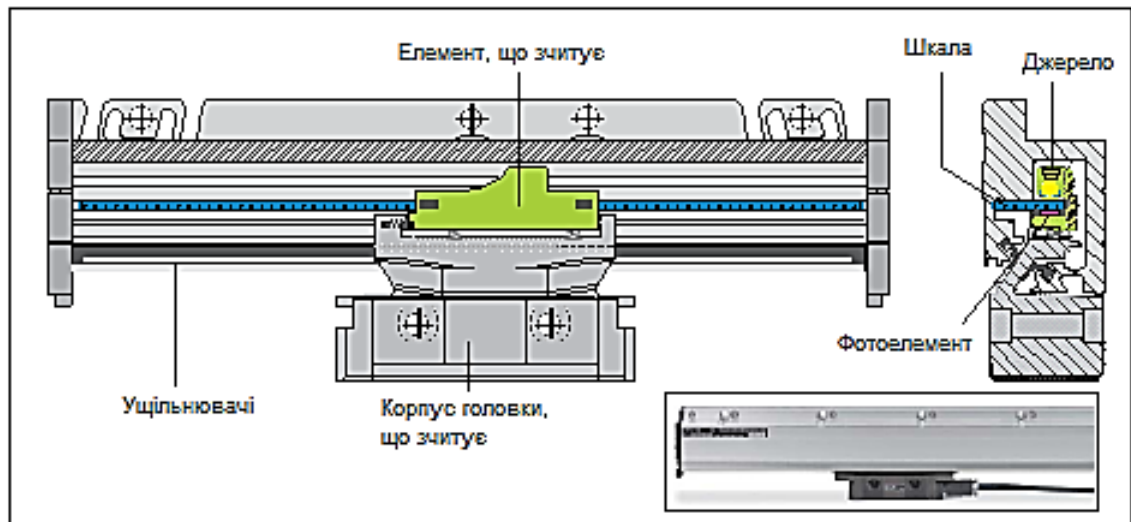


Рисунок 3.3 - Схематична конструкція закритого датчика лінійного переміщення HEIDENHAIN LC 183



Рисунок 3.4 – Штрихування на шкалі вимірювального датчика

Розроблені фірмою HEIDENHAIN фотолітографічні методи нанесення штрихів дозволяють досягтися періоду сигналу від 40 мкм до 4 мкм. Крім дуже точного періоду шкала, виготовлена такими методами, має профіль із дуже чіткими й рівними краями. У комбінації з фотоелектричним методом зчитування ці шкали дозволяють одержувати високоякісний вихідний сигнал. Фірма HEIDENHAIN виготовляє еталони на високо прецизійних верстатах на власному виробництві.

При модернізації використовуються датчики з інкрементним методом виміру. При інкрементальному методі виміру шкала полягає тільки з ряду рівномірних штрихів. Дані про положення виходять шляхом підрахунку окремих інкрементів щодо обраної нульової крапки. Для визначення положення використовується абсолютна крапка відліку, у якості якої на шкалі використовується окремий ряд штрихів (рисунок 3.5) [9].

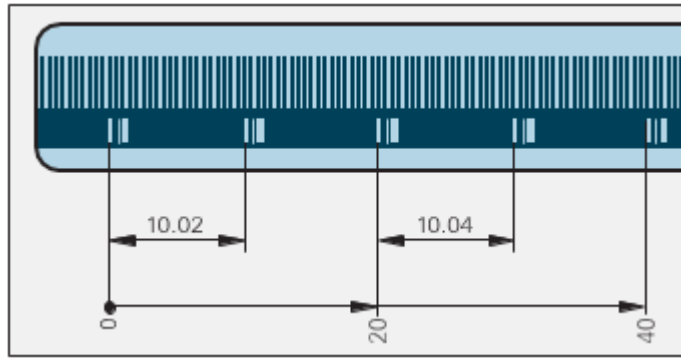


Рисунок 3.5 – Шкала лінійного датчика з інкрементним виміром

У даному проекті зроблена заміна старого датчика лінійного положення на сучасний датчик фірми HEIDENHAIN LC183. Характеристики датчика наведені нижче в таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Характеристика датчика лінійного переміщення HEIDENHAIN LC183

Найменування параметрів	Значення
Шкала	Шкала типу DIADUR на носії зі скла з кодовою й інкрементальною доріжками
Довжина виміру	4040mm
Інкременти сигналу	$\sim 1V_{SS}$
Період шкали	20 мкм
Частота зрізу	≥ 150 кГц
Напруга живлення	від 3,6 до 5,25 В/ < 300 мА
Швидкість переміщення	≤ 180 м/хв
Сила подачі	≤ 4 Н
Клас точності	$\pm 5 \mu m$
Рекомендований крок виміру	10 до 0,1 μm
Маса	3,7 кг/м
Відлікова мітка	С кодовою відстанню

Прецизійні шкали, виконані методом DIADUR, виготовляються шляхом нанесення дуже тонкого шару хрому на носій, у більшості випадків - це скло або склокераміка, причому точність ділень гарантує мінімум мікрометр і краще.

3.3 Моделювання приводу подачі

3.3.1 Обґрунтування методу моделювання

Математичне моделювання має більш широкі можливості. Під цим видом моделювання розуміють спосіб дослідження різних процесів шляхом вивчення явищ, що мають різний фізичний зміст, але описуваних однаковими математичними моделями. Математичне моделювання – це сукупність математичних об'єктів (символів, чисел, множин, змінних, векторів, графів) і відносин і зв'язків між ними істотні сторони, що адекватно відображають деякі, об'єктів, найважливіші для проектувальника властивості проектного технічного об'єкта. Даний вид моделювання процесів і явищ у різних галузях науки й техніки є одним з основних способів одержання нових знань і технологічних розв'язків.

До математичних моделей можна віднести алгоритми й програми, складені для ЕОМ, які в умовних знаках відбивають певні процеси, описані диференціальними рівняннями, покладеними в основу алгоритмів. На підставі математичних моделей виконується аналіз досліджуваних об'єктів.

Математична модель у загальному випадку являє собою систему математичного опису, що відбиває сутність явищ, що протікають в об'єкті моделювання, яка за допомогою певного алгоритму дозволяє прогнозувати поведінку об'єкта при зміні вхідних і керуючих параметрів. Блочно-ієрархічна вистава об'єктів проектування на кожному рівні використовує свої математичні моделі.

Моделювання є однією з найважливіших задач аналізу систем автоматичного керування, що дозволяє імітувати поведінку реального електропривода в різних умовах експлуатації, передбачити аварійні ситуації або підвищення навантаження. Моделювання заміняє експериментування з реальними системами, які в робочих умовах повинні функціонувати обладнання, надійно й безпечно. Основні переваги моделювання:

- можна досліджувати поведінку системи при самих різних умовах, у тому числі поза межних;

- за даними модельних випробувань можна оцінити поведінка проектованої, але ще не існуючої системи;
- різноманітні випробування можна виконати за порівняно короткий проміжок часу;
- моделювання часте є єдиним екологічно безпечним і економічно прийнятним методом аналізу поведінки систем.

Найбільше часто проводиться імітаційне моделювання на цифрових обчислювальних машинах.

Даний метод одержав широке поширення завдяки наочній графічній виставі про взаємозв'язок керованих і вхідних змінних, крім того, проектувальник може легко виявити необхідність уведення в існуючу структурну схему додаткових блоків з метою поліпшення характеристик системи [10-13].

3.3.2 Системи керування електроприводом

Розрахунки синхронного двигуна приводу подачі токарського верстата [5]

Розглянемо параметри каналу регулювання швидкості:

1) Передатна функція датчика струму по осі Z:

- номінальний сигнал завдання РТ:

$$U_z = 10 \text{ В}$$

- індуктивність ротора:

$$L_2 = \frac{X_2}{2 \cdot \pi \cdot f} \quad (3.15)$$

$$L_2 = \frac{0,28}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 8,7 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

де $X_2 = 0.28$

- індуктивність статора:

$$L_1 = \frac{X_1}{2 \cdot \pi \cdot f} \quad (3.16)$$

$$L_1 = \frac{X_1}{2 \cdot \pi \cdot f} = \frac{0,31}{2 \cdot \pi \cdot 50} = 7,7 \cdot 10^{-3} \text{ Гн}$$

де $X_1=0.31$

- коефіцієнт розсіювання магнітних полів статора й ротора:

$$\sigma = 0,1$$

- число пар полюсів:

$$p = \frac{60 \cdot f_{1H}}{n} \quad (3.17)$$

$$p = \frac{60 \cdot 50}{690} = 4$$

- взаємна індуктивність між статором і ротором:

$$L_{12} = (1 - \sigma) \cdot L_2 = (1 - 0,1) \cdot 0,87 \cdot 10^{-3} = 7,9 \cdot 10^{-3} \quad (3.18)$$

$$k = p \cdot \frac{L_{12}}{L_2} = 4 \cdot \frac{0,79 \cdot 10^{-3}}{0,87 \cdot 10^{-3}} = 2,7$$

- номінальна частота обертання ротора:

$$\omega_H = \frac{\pi \cdot n_{1H}}{30} \quad (3.19)$$

$$\omega_H = \frac{3,14 \cdot 3000}{30} = 314 \text{ рад/с}$$

- номінальний момент:

$$M_H = 22 \text{ Н·м}$$

- коефіцієнт трансформації:

$$k_{mp} = \frac{X_1}{X_2} = \frac{0,31}{0,28} = 1,1 \quad (3.20)$$

- номінальне потокозчеплення:

$$\Psi_{2ii} = L_2 \cdot I_H + L_{12} \cdot I_1 \quad (3.21)$$

$$\Psi_{2ii} = 8,7 \cdot 10^{-3} \cdot 17 + 7,9 \cdot 10^{-3} \cdot 15 = 0,266 \text{ Вб}$$

- проекція номінального струму на вісь Z:

$$I_{1Y} = \frac{M_H}{1,5 \cdot k \cdot \Psi_{2ii}} \quad (3.22)$$

$$I_{1Y} = \frac{22}{1,5 \cdot 2,7 \cdot 0,266} = 20,421 \text{ A}$$

- перевантажувальна здатність:

$$\lambda = 5$$

- коефіцієнт датчика струму:

$$k_{\dot{a}\dot{o}} = \frac{U_p}{\lambda \cdot I_{1Y}} \quad (3.23)$$

$$k_{\dot{a}\dot{o}} = \frac{5}{5 \cdot 20,421} = 0,049$$

2) Передатна функція регулятора струму:

- статичний коефіцієнт передачі НП:

$$k_{\tilde{n} \cdot \tilde{i}} = \frac{f_{1H}}{U_{\zeta}} \quad (3.24)$$

$$k_{\tilde{n} \cdot \tilde{i}} = \frac{50}{5} = 10$$

- некомпенсована постійна часу:

$$\tau = 0,003$$

$$R_{E1} = R_1 + \frac{L_{12}^2}{L_2} \cdot R_2 \quad (3.25)$$

$$R_{E1} = 0,18 + \frac{(7,9 \cdot 10^{-3})^2}{8,7 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,32 = 23,1 \cdot 10^{-3} \text{ Ом}$$

де $R_1 = 0,18$ статорний опір $R_2 = 0,32$ роторний активний опір

- постійна часу статора:

$$T_1 = \frac{L_1}{R_{A1}} \quad (3.26)$$

$$T_1 = \frac{7,7 \cdot 10^{-3}}{23,1 \cdot 10^{-3}} = 0,3 \text{ c}$$

$$R_{E1} = R_{E2}$$

- коефіцієнт передачі пропорційної частини Пі-регулятора:

$$k_{i \cdot \dot{o} \cdot \dot{o}} = \frac{T_1 \cdot R_{E1}}{2 \cdot \tau \cdot k_{\tilde{n} \cdot \tilde{i}} \cdot k_{\dot{a}\dot{o}}} \quad (3.27)$$

$$k_{i \cdot \dot{o} \cdot \dot{o}} = \frac{0,3 \cdot 23,1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,003 \cdot 10 \cdot 0,04} = 3,06 \text{ c}$$

- постійна часу регулятора:

$$T_{p\dot{o}\dot{o}} = \frac{2 \cdot \tau \cdot k_{\ddot{r} \cdot \ddot{r}} \cdot k_{\ddot{a}\dot{o}}}{R_{E1}} \quad (3.28)$$

$$T_{p\dot{o}\dot{o}} = \frac{2 \cdot 0,003 \cdot 10 \cdot 0,04}{23,1 \cdot 10^{-3}} = 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ c}$$

$$W_{pm}(p) = 3,066 + \frac{1}{1,2 \cdot 10^{-3} \cdot p}$$

3) Передатна функція частотного перетворювача:

$$k_{\text{чп}} = 5$$

- постійна часу НП:

$$T_{\text{чп}} = \tau = 0,003 \text{ c}$$

$$W_{\text{чп}}(p) = \frac{5}{0,003 \cdot p + 1}$$

3) Передатна функція електричної частини СД по каналу регулювання струму:

- постійна часу ПФ електричної частини СД:

$$T_{\dot{a}1} = \frac{L_1 \cdot (L_1 \cdot L_2 - L_{12}^2)}{R_1 \cdot L_2^2 + L_{12}^2 \cdot R_2} \quad (3.29)$$

$$T_{\dot{a}1} = \frac{7,7 \cdot 10^{-3} \cdot (7,7 \cdot 10^{-3} \cdot 8,7 \cdot 10^{-3} - 62,41 \cdot 10^{-6})}{0,18 \cdot 75,69 \cdot 10^{-6} + 62,41 \cdot 10^{-6} \cdot 0,32} = 1,51 \cdot 10^{-4} \text{ c}$$

$$T_{E1} = T_{E2}$$

$$\frac{1}{R_{E1}} = \frac{1}{23,1 \cdot 10^{-3}} = 0,472,$$

$$W_{E1}(p) = \frac{0,472}{1,51 \cdot 10^{-4} \cdot p + 1}$$

4) Передатна функція механічної частини двигуна:

$GD = 3 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ - маховий момент ротора двигуна;

$$J = \frac{GD}{4} + J_i \quad (3.31)$$

$$J = \frac{3}{4} + 378 = 378,75$$

$$W_M(p) = \frac{1}{378,75 \cdot p}$$

5) Передатна функція Пі-регулятора швидкості:

- коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості:

$$k_C = \frac{10}{\omega_H} = 0,01$$

- коефіцієнт передачі регулятора швидкості:

$$k_{PC} = \frac{J \cdot k_{\ddot{a}\dot{o}}}{6 \cdot p \cdot \frac{L_{12}}{L_2} \cdot k_C \cdot \tau} \quad (3.30)$$

$$k_{PC} = \frac{378,75 \cdot 0,04}{6 \cdot 4 \cdot \frac{7,9}{8,7} \cdot 0,01 \cdot 0,003} = 2,23 \cdot 10^3$$

- постійна часу інтегруючої частини Пі-регулятора:

$$k_{PC} = \frac{24 \cdot p \cdot L_2 \cdot k_C \cdot \tau^2}{J \cdot k_{\ddot{a}\dot{o}} \cdot L_{12}} \quad (3.31)$$

$$k_{PC} = \frac{24 \cdot 4 \cdot 8,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01 \cdot 0,003^2}{378,75 \cdot 0,04 \cdot 7,9 \cdot 10^{-3}} = 6,6 \cdot 10^{-6}$$

$$W_{PC}(p) = 2,237 \cdot 10^3 + \frac{1}{6,6 \cdot 10^{-6} \cdot p}$$

6) Передатна функція датчика швидкості

- коефіцієнт зворотного зв'язку по швидкості:

$$k_C = \frac{10}{\omega_H} = 0,01$$

$$W_{DC} = 0,01$$

Канал регулювання потокозчеплення Ψ_2

7) Передатна функція каналу ОС по струму I_{1x} :

- постійна часу ротора:

$$T_2 = \frac{L_2}{R_2} \quad (3.32)$$

$$T_2 = \frac{8,7 \cdot 10^{-3}}{0,32} = 3,754 \cdot 10^{-3} \text{ c}$$

$$I_{1xH} = \Psi_{2H} \cdot \frac{T_2}{L_2} \quad (2.33)$$

$$I_{1xH} = 0,266 \cdot \frac{3,754 \cdot 10^{-3}}{8,7 \cdot 10^{-3}} = 0,115$$

- коефіцієнт передачі ланки:

$$k_{\Pi X} = \frac{10}{0,082} = 121,9$$

$$W_{\Pi X} = 121,9$$

8) Передатна функція Пі-регулятора струму I_{1X} :

- коефіцієнт передачі пропорційної частини Пі-регулятора:

$$k_{PC} = \frac{T_1 \cdot R_{E2}}{2 \cdot \tau \cdot k_{\dot{I}} \cdot k_{I\dot{O}}} \quad (3.34)$$

$$k_{PC} = \frac{0,3 \cdot 23,1 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,003 \cdot 5 \cdot 121,91} = 2,14 \cdot 10^{-3}$$

- постійна часу інтегруючої частини Пі-регулятора, з

$$T_{I\dot{O}} = \frac{2 \cdot \tau \cdot k_{\dot{I}} \cdot k_{I\dot{O}}}{R_{E2}} \quad (3.35)$$

$$T_{I\dot{O}} = \frac{2 \cdot 0,003 \cdot 5 \cdot 121,9}{23,1 \cdot 10^{-3}} = 1,72$$

$$W_{\Pi X}(p) = 2,14 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{1,72 \cdot p}$$

9) Передатна функція ланцюга зворотному зв'язку по потокозчепленню:

- коефіцієнт передачі ланки:

$$k_{\Psi 2} = \frac{10}{\Psi_{2H}} = \frac{10}{0,193} = 51,8$$

$$W_{\Psi 2}(p) = 51,8$$

10) Передатна функція регулятора потокозчеплення:

- постійна часу регулятора:

$$T_{\Psi 2} = 2 \cdot \tau = 6 \cdot 10^{-3} \text{ с}$$

- коефіцієнт передачі пропорційної частини Пі-регулятора:

$$k_{I\Psi 2} = \frac{T_2 \cdot k_{I\dot{O}}}{T_{\Psi 2} \cdot k_{\Psi 2} \cdot L_{12}} \quad (3.36)$$

$$k_{I\Psi 2} = \frac{121,9}{3,754 \cdot 10^{-3} \cdot 51,8 \cdot 7,9 \cdot 10^{-3}} = 185,1$$

- постійна часу Пі-регулятора потокозчеплення:

$$T_{I\Psi 2} = \frac{T_{\Psi 2} \cdot k_{\Psi 2} \cdot L_{12}}{k_{I\dot{O}}} \quad (3.37)$$

$$T_{I\Psi 2} = \frac{6 \cdot 10^{-3} \cdot 51,8 \cdot 7,9 \cdot 10^{-3}}{121,9} = 2,02 \cdot 10^{-5} \text{ с}$$

$$W_{ix}(p) = 185,1 + \frac{1}{2,02 \cdot 10^{-5} \cdot p}$$

11) Передатна функція електричної частини двигуна по каналу регулювання струму i_{1x} :

- коефіцієнт передачі ланки:

$$\frac{1}{R_{E1}} = \frac{1}{23,1 \cdot 10^{-3}} = 0,472$$

3.3.3 Математична модель САК

Структурна схема - умовне графічне зображення диференціального рівняння. На підставі принципової схеми був зроблений поділ електромеханічної системи на ланки спрямованого дії. Ці ланки – електродвигун, що одержує енергію від перетворювача, регулятори струму й швидкості й ланцюги зворотних зв'язків з відповідними коефіцієнтами передачі.

Після визначення структурних схем окремих ланок, становимо структурну схему повної електромеханічної системи, що дає наочна вистава про окремі ланки й процесах, що проходять усередині – внутрішніх змінних, що дозволяє досягтися найкращого розв'язку при оптимізації параметрів. На рисунку 3.7 наведена схема математичної моделі [17-18].

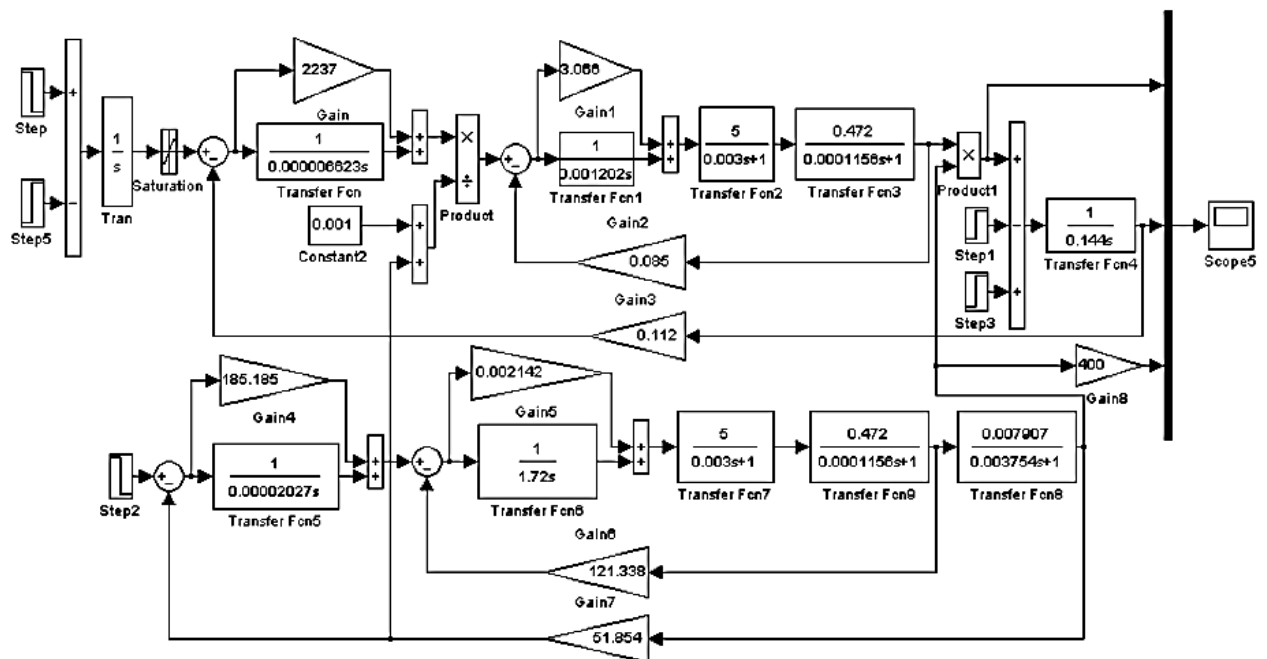


Рисунок 3.7 - Математична модель синхронного двигуна середовищу Simulink пакета Matlab

3.3.4 Математична модель електропривода в середовищі моделювання Simulink пакета Matlab

Оцінка статичних і динамічних властивостей системи регулювання швидкості проводиться при пуску, набросе, скиданні навантаження й гальмуванні для номінального, мінімального й максимального завдання швидкості у всіх зонах регулювання.

На рисунку 3.8 наведені отримані графіки зміни швидкості ω , моменту M , потокозчеплення Ψ_2 , при пуску, набросе навантаження, скиданні навантаження й гальмуванні електропривода при номінальному сигналі завдання швидкості.

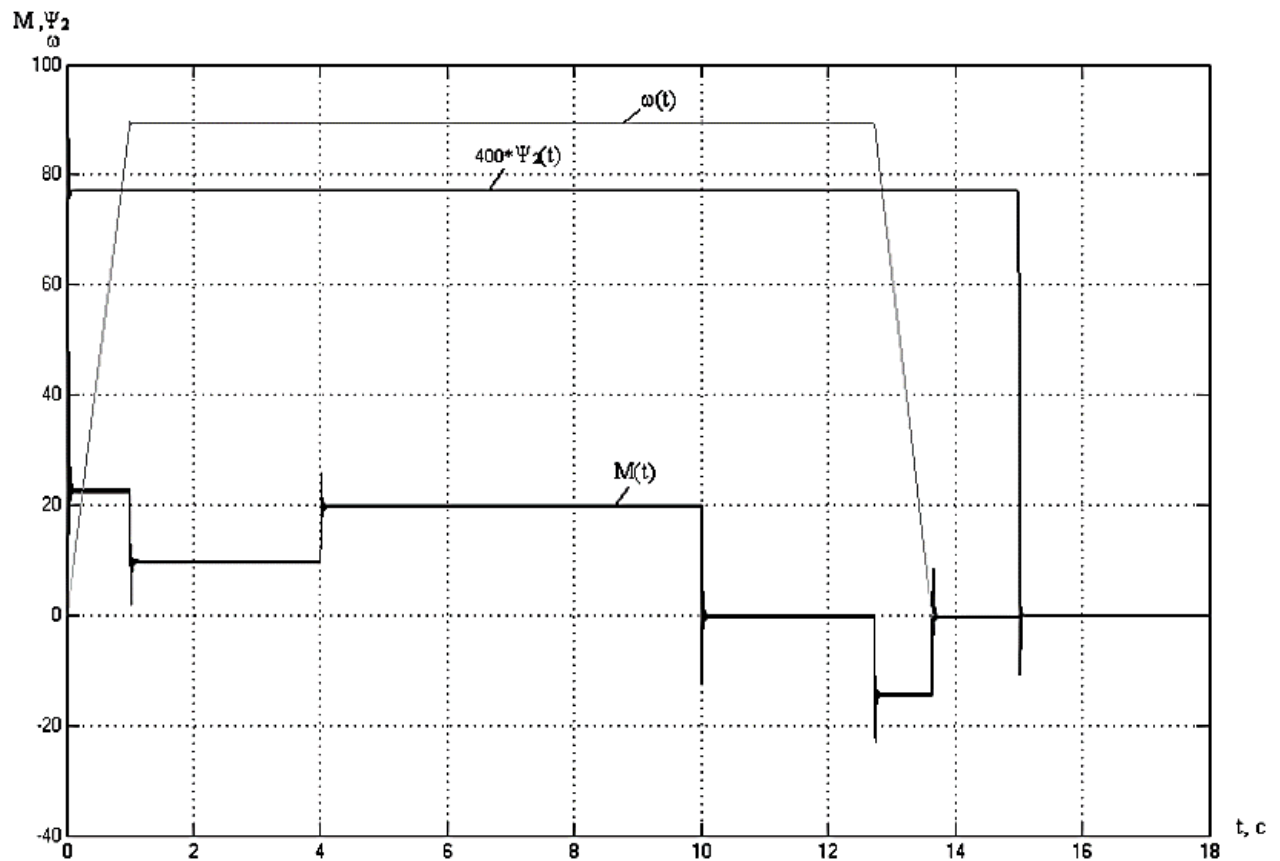


Рисунок 3.8 - Осциллограми перехідних процесів

4. РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ПОДАЧІ ВЕРСТАТА HOESCH D1000

4.1 Призначення системи керування електроприводом верстата

Основним завданням керування для СК ЕП подачі для токарського верстата HOESCH D1000, є забезпечення високої точності системи, оптимізація режимів роботи електроустаткування. Також СУ призначена для виконання функції системи узгодження ЕОМ з об'єктом керування, силових виконавчих обладнань, безпосередньо на об'єкт керування.

Система з'єднання, яка являє собою цифровий електропривод, що стежить, що використовується для введення в ЕОМ інформації про стан об'єкта, для зв'язку із системами контролю й обладнаннями вистави інформації операторові, а також може використатися як проміжні засоби зв'язку ЕОМ з виконавчими органами верстата.

Головною задачею системи числового управління верстата є вимір і регулювання величини переміщень.

Для коректної роботи проектована система керування повинна забезпечувати сприйняття сигналів від установлених датчиків, перемикачів, команди оператора, регулювати технологічний процес, а також забезпечити своєчасну роботу сигналізації й блокувань.

Щоб виконати задачу необхідно відповідним чином запрограмувати мікроконтролер. Для створення мікропроцесорної СУ приводом подачі верстату необхідно знати кількість і рівні входних і вихідних сигналів, вимоги до точності й швидкодії, алгоритм виконання операцій. Слід також вибрати засобу й методи реалізації мікропроцесорного модулю [15-18].

На підставі загальних вимог, слід проаналізувати входні й вихідні сигнали проектованого приводу. Дискретні входні сигнали керування надходять із панелі оператора при виборі режиму роботи, при зупинці технологічного процесу, з пульта керування і т.д. Вихідні дискретні сигнали керування: сигнал для задачі швидкості двигуна приводу подачі й сигнал для включення/вимикання приводу стола.

Основні функціональні задачі, які повинна забезпечувати система керування:

- 1.Регулювання швидкості двигуна приводу подачі.
- 2.Сприйняття інформації, яка надходить із датчиків і перемикачів.
- 3.Сприйняття інформації, яка надходить із клавіатури і її відповідна обробка.
- 4.Оперативне оповіщення аварійної ситуації.

Вхідні дискретні сигнали надходять на блоки введення дискретних сигналів, а аналогові - на блоки введення аналогових сигналів.

Для вихідних дискретних і аналогових сигналів застосовуються відповідно дискретні й аналогові блоки висновку. Виходить, мікропроцесорний модуль повинен містити: кількість дискретних входів, кількість вихідних сигналів для керування електроавтоматикою.

Виходячи з вимог для мікропроцесорної СУ забезпечуючи кількість вхідних і вихідних сигналів, можливість блокування й захист використовується мікропроцесорний модуль SIMATIC S7-300 із процесором CPU 317-2DP. Це модульний програмувальний контролер, призначений для побудови систем автоматизації низкою й середньому ступеня складності.

Модульна конструкція, робота із зовнішнім вбудованим охолодженням, можливість застосування структур локального й розподіленого введення-висновку, широкі комунікаційні можливості, множина функцій, підтримуваних на рівні операційної системи, зручність експлуатації й обслуговування забезпечують можливість одержання рентабельних розв'язків для побудови систем автоматичного керування в різних областях промислового виробництва. За допомогою модулів уведення дискретних сигналів до контролера підключаються дискретні датчики, приводи.

Модулі висновку дискретних сигналів виконують перетворення внутрішніх логічних сигналів контролера в його вихідні дискретні сигнали. За допомогою модулів висновку дискретних сигналів до контролера SIMATIC S7-300 підключаються вентилі, контактори, невеликі двигуни, лампи, різного роду перетворювачі [3].

4.2 Конфігурування системи керування верстата

При модернізації системи керування використовується програма Ncdkonfigurator (рисунок 4.1), яка формує замовлення всіх необхідних модулів і складових частин для комплектної поставки [3].

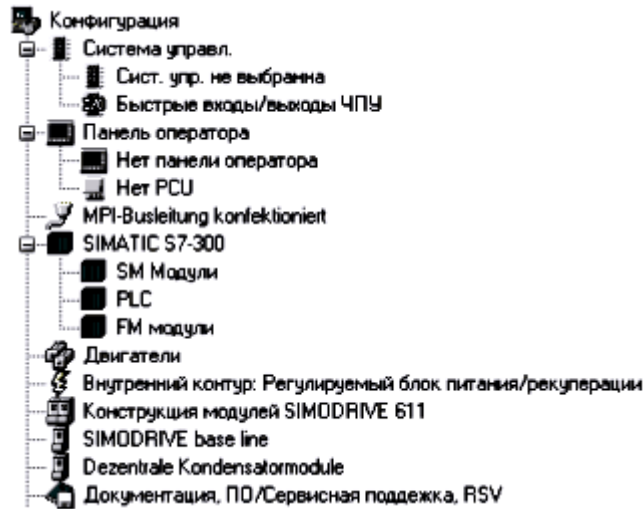


Рисунок 4.1 – Структура формування замовлення

У даній програмі є можливість, повністю сконфігуровані замовлення на наступні модулі:

1. Система керування SINUMERIK.
2. Панель оператора.
3. Пульт дистанційного керування.
4. Контролер SIMATIC S7-300.
5. Двигуна.
6. SIMODRIVE 611D.

4.2.1 Вибір системи керування SINUMERIK

З технологічної точки зору область застосування SINUMERIK 840D дуже поширена в машинобудуванні. На сьогоднішній день заводи, що використовують продукцію фірми SIEMENS, намагаються оновити встаткування на техніки автоматичного керування. SINUMERIK 840D має множина переваг для використання величезної бази систем:

- можна сконцентруватися на основних технологічних проблемах, не упускаючи з виду всієї виробничої сфери;
- зменшення витрат на логістику для РС -Техніки (одержання, кваліфікація);
- відкритість дозволяє здійснювати впровадження технології з мінімумом додаткових власних інженерних витрат (час, витрати);
- переваги популярності й поширеності техніки Siemens.

Володіючи такими перевагами, які дуже важливі для сучасних систем автоматизації, доцільно використовувати систему SINUMERIK 840D для модернізації токарського верстата HOESCH D1000. У комплекті використовується інтегрований процесор CPU 317-2 DP, так він задовольняє поставленим задачам модернізації й повністю сполучимо з SINUMERIK 840D.

Апаратною базою для SINUMERIK 840D є промисловий PC SIEMENS разом з однією з розроблених Siemens плат PCI, т.зв. платою MCI (Motion Control Interface) представленої на рисунку 4.2.

Залежно від варіанта використовуваного промислового PC може бути встановлена різна кількість плат OEM-PC (PCI або ISA). Через PROFIBUS-DP з функціональністю Motion-Control (тактсінхрона або еквідистантна) модулі приводу й периферія I/O можуть підключатися до SINUMERIK 840D як централізовано, так і децентралізоване.



Рисунок 4.2 – Плата MCI

Програмною базою є стандартна операційна система WINDOWS 10 4.0. Розроблений Siemens програмний метод дозволяє, паралельно з WINDOWS 10, використовувати ПЗ ЧПК в режиму реального часу. У системне ПЗ інтегроване ПЗ NC і PLC, а також уведення в експлуатацію й керування.

Плата MCI разом з PCU утворюють апаратну базу для SINUMERIK 840D. У плату MCI інтегровані наступні важливі компоненти:

- PLC: SIMATIC S7-300;
- пам'ять SRAM для залишкових даних NC і PLC;
- Мрі-Інтерфейс (Multi-Point-Interface) (1,5Мбод);
- Profibus-Dp-Інтерфейс (12Мбод, електричний);
- інтерфейс Mci-board-extension;

Через Profibus-Dp-Інтерфейс плати MCI SINUMERIK 840D з'єднується із приводами й периферією I/O (Системи приводів).

У якості приводної системи для цифрових приводів є модульна лінійка приводів SIMODRIVE 611 (Периферія I/O).

У якості периферії I/O є спектр модулів SIMATIC S7-300. Через інтерфейс MPI плати MCI SINUMERIK 840D може бути з'єднаний з опціональними компонентами:

- верстатний пульт;
- програматор (приміром, PG 740);
- кнопкова панель PP 031-MC;
- Ручний термінал (Handheld Terminal) HT6;

Швидкість передачі даних на шині MPI в SINUMERIK 840D стандартно встановлено на 1,5 Мбод. Інтерфейс MPI виконаний як 9-ти полюсне гніздо SUB D.

Сучасні програмувальні контролери здатні вирішувати задачі автоматичного регулювання, позиціонування, швидкісного рахунку й логічного керування.

Із цією метою створені інтелектуальні модулі введення – висновку. Ці модулі постачені вбудованим мікропроцесором і здатні виконувати критичні швидкодії задачі, підтримувати зв'язок із процесором за допомогою власних входів – виходів.

NCU 561.5 підходить для формування простих задач позиціонування. Дві осі можуть виконувати прості задачі позиціонування або обробки максимум у двох каналах обробки й у двох групах режимів роботи. Система

керування приводом подачі токарського верстата вимагає 2-х осьового позиціонування.

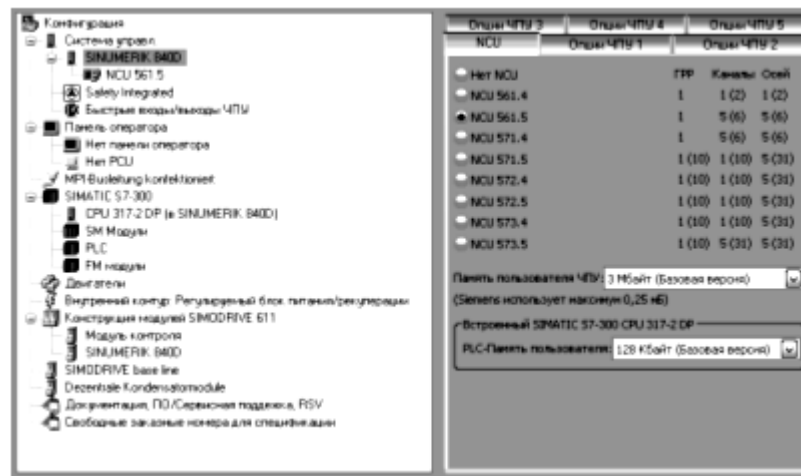


Рисунок 4.3 – Вибір системи керування SINUMERIK 840D і NCU

У базовій версії ЧПК пам'ять користувача становить 3 Мб і може бути розширена до 6 Мб. NCU 561.5 має великий життєвий цикл, навіть при експлуатації в дуже жорстких умовах:

- перепадах температури від -20°С до +60°С;
- вологістю < 95% за 1 год, середньорічний < 65%.

В NCU 561.5 є процесор Celeron з тактовою частотою 400 МГц, який повністю справляється з аналізом системи.

Вибір даного апаратного модуля обумовлений простотою виконання токарських операцій і тільки 2-х осьовою задачею керування приводом подачі, таким чином, система автоматизації має не значну дорожнечу по порівняння з багато осьовими складними системами керування.

4.2.2 Вибір панелі оператора, кнопочової панелі й ручного пульта

Через інтерфейс PCU для дисплеїв TFT і STN можуть підключатися нові опціональні панелі операторів представлені на Рисунок 3.4:

- а) панель оператора SINUMERIK OP 010S.
- б) панель оператора SINUMERIK OP 010.
- в) панель оператора SINUMERIK OP 012.

г) панель оператора SINUMERIK OP 015.

д) панель оператора SINUMERIK OP 015A.

е) Панель оператора SINUMERIK OP 015AT.

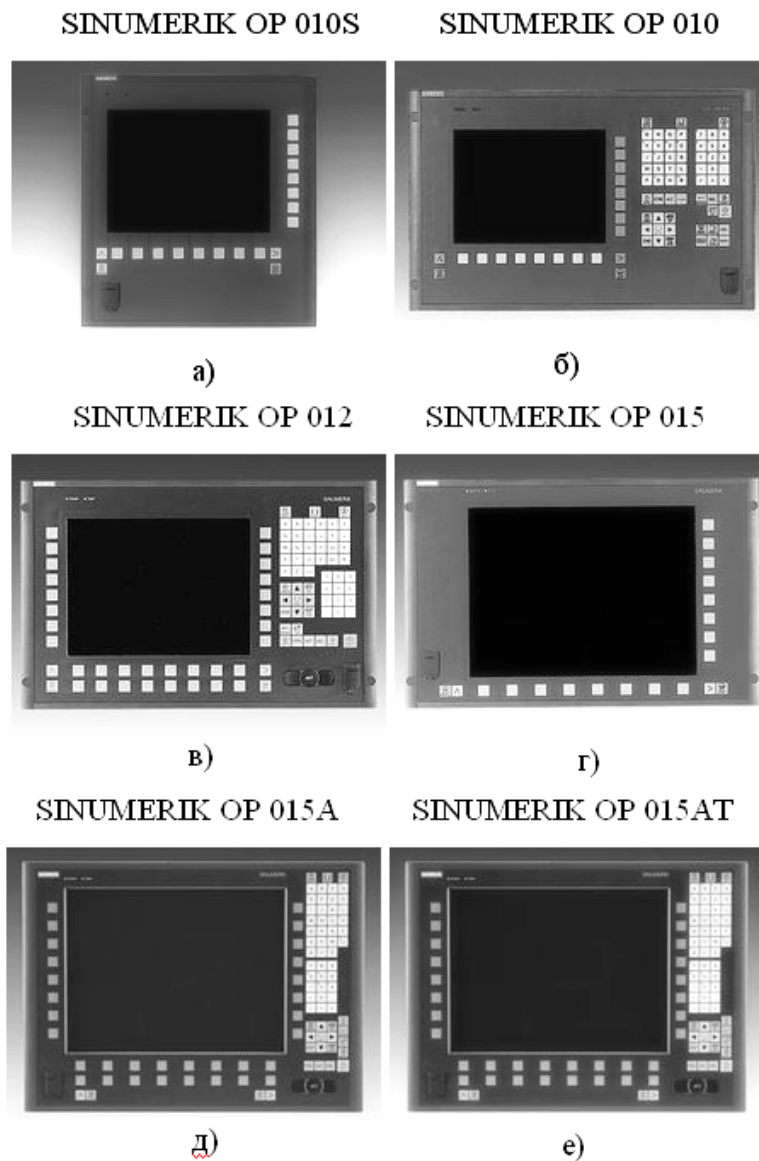


Рисунок 4.4 – Панелі оператора SINUMERIK

Розглянемо особливості панелей оператора.

SINUMERIK OP 010S містить компактні органи керування й спостереження ергономічне й надійне керування завдяки клавіатурі KB 310C повній клавіатурі ЧПК.

SINUMERIK OP 010 містить недорогі органи керування й спостереження завдяки дисплею 10" з оптимізованою клавіатурою.

SINUMERIK OP 012 містить дуже гарне спостереження й керування завдяки дисплею 12" просте керування через вбудовану клавіатуру й миша.

SINUMERIK OP 015 містить дуже гарне спостереження й керування завдяки дисплею 15" ергономічне й надійне керування завдяки додатковій клавіатурі KB 483C повній клавіатурі ЧПК.

SINUMERIK OP 015A містить дуже гарне спостереження й керування завдяки дисплею 15" просте керування через вбудовану клавіатуру й миша.

SINUMERIK OP 015AT містить плоска панель оператора завдяки невеликій монтажній глибині й низької потужності розсіювання. Ефективна робота більших верстатів з використанням макс. 4 додаткових, розподілених панелей оператора.

Для системи керування оптимально підійде панель оператора SINUMERIK OP 015A, тому що повністю задовольняє вимогам до завдань сигналу керування, представлено на рисунку 4.5.

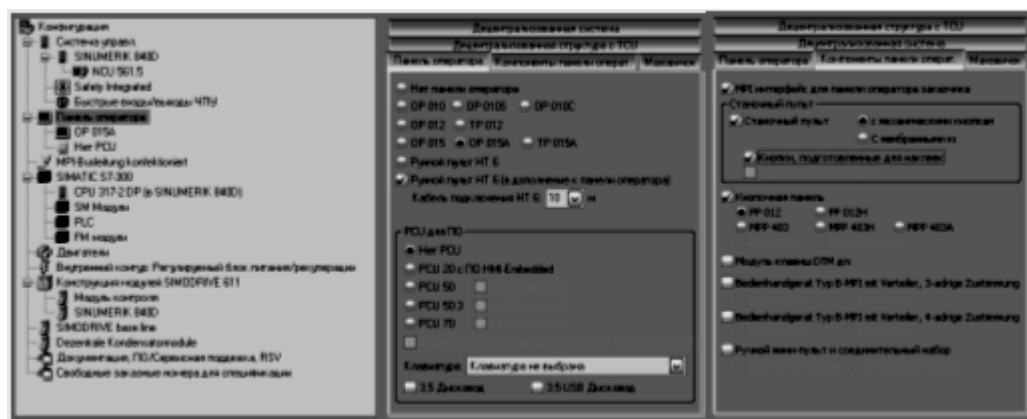


Рисунок 4.5 – Вибір панелі оператора, ручного пульта й кнопкової панелі

У якості керування доступні наступні компоненти:

- кнопкова панель SINUMERIK MPP 483;
- кнопкова панель PP 012H;
- кнопкова панель MPP 483A;
- Interface MPI (інтерфейс для клієнтських верстатних пультів).

На рисунку 4.6 і 4.7 зображені кнопкові панелі SINUMERIK.

кнопкова панель MPP 483 кнопкова панель PP 012H



Рисунок 4.6 – Кнопові панелі SINUMERIK

кнопкова панель MPP 483A

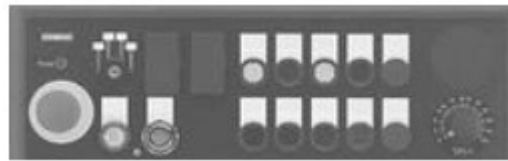


Рисунок 4.7 – Кнопові панелі SINUMERIK

Розглянемо особливості верстатних пультів.

Кнопкова панель SINUMERIK MPP 483 оформлена в новому дизайні дозволяє зручно управляти функціями верстата. Він підходить для безпосереднього керування токарськими верстатами. Є узгодження всіх клавiш, змінні ковпачки на клавiші. На ковпачки за допомогою лазера можуть наноситися будь-які написи. Кріплення верстатного пульта здійснюється із задньої сторони за допомогою спеціальних кріпильних елементів.

Кнопкова панель PP 012H дозволяє здійснювати зручне й оглядове керування функціями верстата. Він підходить для безпосереднього керування токарськими верстатами. Погоджено 6 гарячих клавiш, є змінні ковпачки на клавiші. Кріплення верстатного пульта здійснюється гвинтами.

Кнопкова панель MPP 483A, виступає як розширення верстатів з керуванням SINUMERIK і SPS, дозволяє здійснювати зручне й просте керування завдяки модульності й ергономічне розташованим елементам керування. Кріплення за допомогою натяжного пристрою спрощує монтаж.

Підключення верстатного пульта до SINUMERIK 840D здійснюється через інтерфейс MPI плати MCI. У комплекті поставки верстатний пульт MPP 483, що повністю задовольняє вимогам для завдання сигналу керування (рисунок 4.5). Підключення ручного пульта керування й програмування до

SINUMERIK 840D здійснюється через інтерфейс MPI плати MCI. У якості опцій тут доступні наступні компоненти:

- ручний пульт програмування BHG, тип B-MPI;
- ручний пульт Handheld Terminal HT6;
- ручний міні пульт керування.

На рисунку 4.8, 4.9 і 4.10 представлені ручні обладнання керування.



Рисунок 4.8 - Ручний пульт Handheld Terminal SINUMERIK HT6



Рисунок 4.9 - Ручний пульт керування BHG-MPI



Рисунок 4.10 - Ручний міні пульт керування

Розглянемо особливості ручних пультів керування.

Handheld Terminal SINUMERIK HT6 поєднує функції панелі оператора й верстатного пульта в одному обладнанні. Таким чином, він пропонує можливість, управляти всіма функціями верстата, спостерігати й через Teachin і програмування створювати програми користувача.

РПК типу BHG-MPI підходить для ручного керування, приміром, рухами подачі осей верстатів. Усім клавішам можуть привласнюватися будь-які функції й на клавіатуру можуть наноситися написи.

Концепція керування завдяки простий і зручній градації грубої, середньої й точної подачі забезпечує швидке, точне по інкрементам позиціонування. Сигнали направляються на ЧПК паралельно (без MPI).

Для дистанційного керування буде використано ручне обладнання програмування BHG, тип B-MPI, тому що найбільше оптимально підходить для дистанційного керування верстатом HOESCH D1000.

4.2.3 Вибір SINUMERIK PCU

Нові потужні SINUMERIK PCU мають вбудований інтерфейс для комунікації (Ethernet і PROFIBUS-DP/MPI) - вільні вбудовані гнізда можуть використовуватися для інших задач. Інтерфейс USB, розташований на задній стороні, забезпечує концепцію "hot Plug & Play" за допомогою стандартної клавіатури ПК і мишки. SINUMERIK PCU оснащений операційною системою WINDOWS 10 і програмним забезпеченням збереження даних Ghost 6 для дублювання/відновлення даних. Вибір конфігурації PCU представлено на рисунку 4.11.

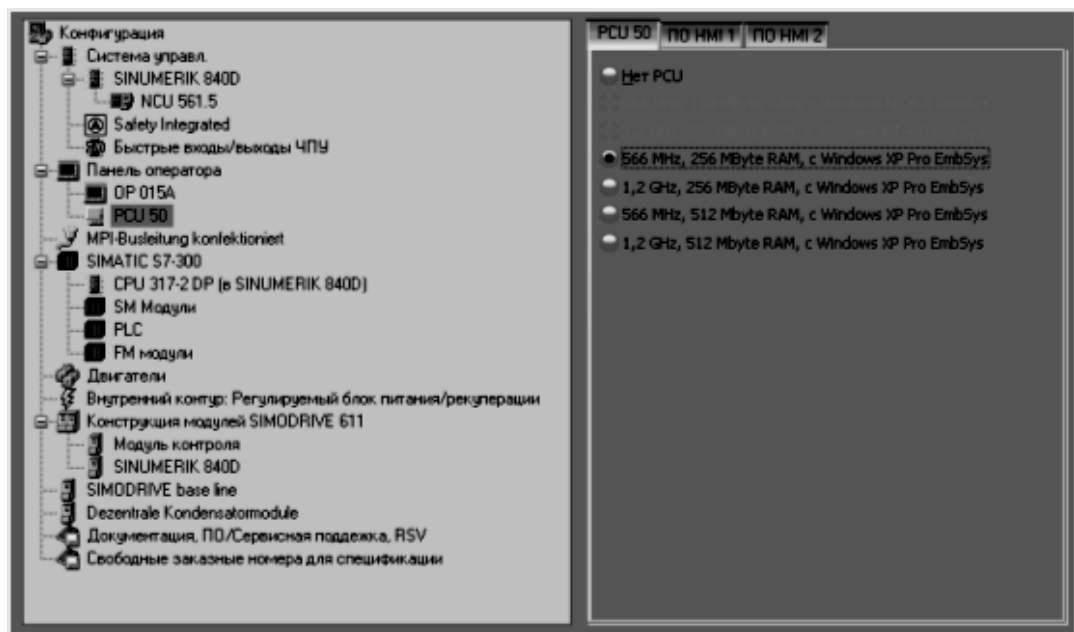


Рисунок 4.11 - SINUMERIK PCU

Для систем з низкою й середнім ступенем складності підходить SINUMERIK PCU50 наступні властивості, що мають: процесор Intel Pentium III, 566 МГц, оперативна пам'ять 256 Мбт SDRAM, змінний жорсткий диск із засобами захисту при транспортуванні 10 Гбт (1 Гбт для даних користувача), максимальне розширення пам'яті 512 Мбт, операційна система Windows XP Pro Embsys, дублювання/відновлення даних за допомогою програмного забезпечення Ghost 6.

4.2.4 Опис контролера SIMATIC S7

При проектуванні структурної схеми системи керування, яка повинні забезпечуватися вимоги, наведені нижче. Забезпечення встановленої роботи системи керування, зниження ймовірності поломки, спрощення програмування, а також підвищення показників якості проектування мікропроцесорних систем керування (МПСК), необхідно дотримуватися вимог до мінімальної й достатньої конфігурації системи і єдиному внутрішньому інтерфейсу зв'язки з інформаційними каналами.

Мінімальна конфігурація системи зводиться до наявності інформаційних каналів, центрального процесора, пам'яті команд і пам'яті даних. Центральний процесор повинен задовольняти вимозі швидкодії, розрядності даних і адреси.

Для простоти проектування системи керування в програмі представлено підключення панелі оператора, верстатного пульта, контролера SIMATIC S7-300 і стійки SINUMERIK 840D. На рисунку 4.12 наведені реальні розміри всіх блоків необхідних для керування приводами подач.

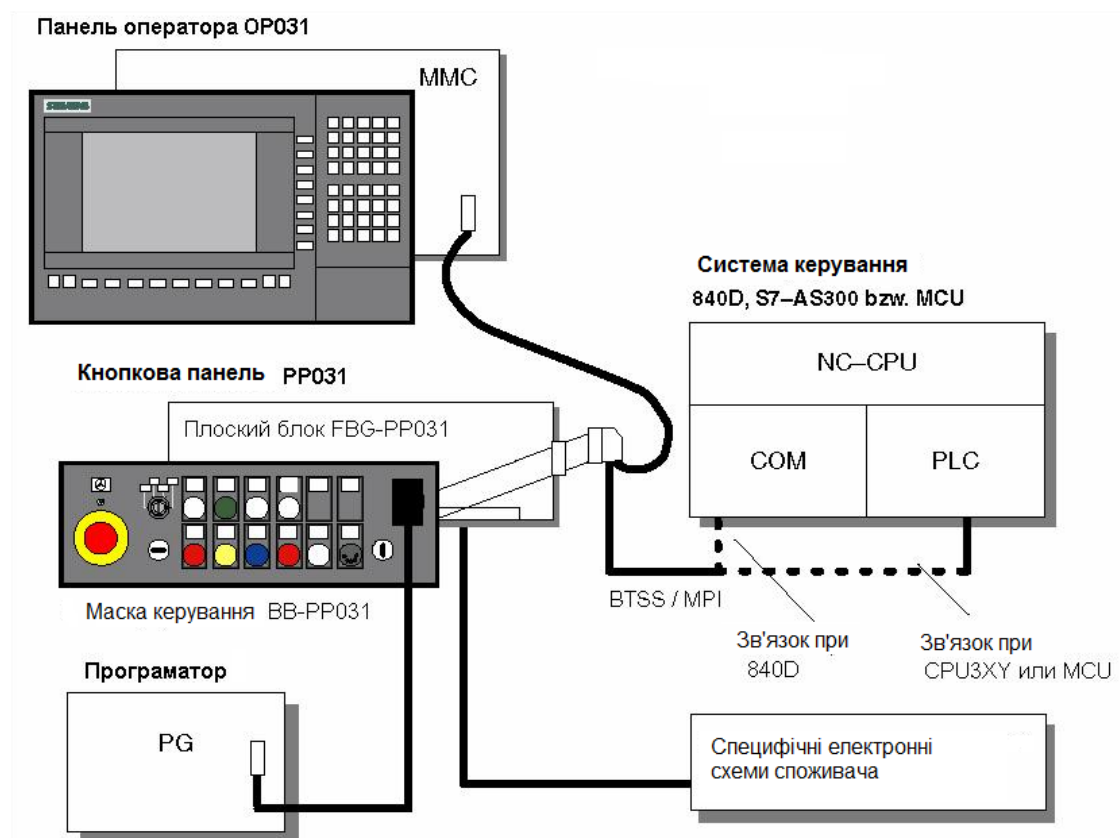


Рисунок 4.12 – Підключення модулів керування

Внутрішній інтерфейс системи повинен бути побудований таким чином, щоб зв'язок з інформаційними каналами не вимагав застосування схем перетворення інтерфейсу. Це дозволить спростити структуру системи, а значить підвищити її надійність, полегшити програмування, і знизити витрати на розробку конструктивних плат і елементну базу.

Головною ланкою системи керування виступає контролер. У якості головного контролера використовується контролер SIMATIC S7-300 фірми SIEMENS. У системі керування використовується процесор CPU 317-2DP - центральний процесор для побудови модульних систем автоматизації з високою швидкістю обробки даних, до 32 модулів на систему.

Модульна конструкція контролера, що працює із примусовим охолодженням, можливістю застосування локального структурного й розподіленого введення/висновку, широкі комунікаційні можливості, зручність експлуатації й обслуговування забезпечують можливість одержання рентабельних розв'язків для побудови систем автоматичного керування приводом подачі. Даний контролер поєднує в собі високу потужність, завдяки великій кількості вмонтованих функцій.

Конструкція контролера SIMATIC S7-300:

1. Залежно від ступеня складності розв'язуваної задачі в контролерах можуть бути використані різні типи центральних процесорів, що відрізняються продуктивністю, швидкодією, об'ємом пам'яті, що завантажується, ємністю до 8 Мб, наявністю або відсутністю вбудованих входів-виходів і спеціальних функцій, кількістю й видом вбудованих комунікаційних інтерфейсів.

2. Модулі блоків живлення (PS), які забезпечують можливість живлення контролера від мережі змінного струму напругою 120 В або від джерела постійного струму напругою 24/60/110 В.

3. Сигнальні модулі (SM), які призначені для введення/висновку дискретних і аналогових сигналів з різноманітними електричними й тимчасовими параметрами.

4. Функціональні модулі (FM), які здатні самостійно вирішувати задачі автоматичного регулювання, позиціонування, обробки сигналів.

Функціональні модулі, оснащені вмонтованим мікропроцесором і здатні виконувати покладені на них функції навіть при відмові центрального процесора.

5. Інтерфейсні модулі (ІМ), які забезпечують можливість підключення до базового блоку стійок розширення введення/висновку. Контролер SIMATIC S7-300 дозволяє використовувати у своєму складі до 32 сигнальних і функціональних модулів, а також комунікаційних процесорів.

Конструкція контролера відрізняється високою гнучкістю й зручністю обслуговування. Загальні технічні параметри контролера SIMATIC S7-300 представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Загальні технічні характеристики мікроконтролера SIMATIC S7-300

Назва характеристики	Значення параметра
1	2
CPU	317-2 DP
пам'ять, що завантажується (ММС)	64КБ – 8 МБ
Вбудовані інтерфейси	MPI/DP + DP
Кіл-В активних комунікаційних з'єднань, не більш	32
Ступінь захисту	IP 20 відповідно до ІЕС 529
Діапазон робочих температур: - при горизонтальному встановленні - при вертикальному встановленні	0...600 С 0...400 С
Діапазон температур при зберіганні й транспортуванню	- 40... +700 С
Відносна вологість	5...95...95%, без конденсату (RH рівень складності 2)
Атмосферний тиск	795.....1080 ГПа
Ізоляція: - ланки = 24 В - ланки $\approx$ 230 В	Досліджена напруга = 500 В Досліджена напруга $\approx$ 1460 В
Електромагнітне з'єднання - стійкість до шумів - наведення	Згідно EN50082-2, досліджене за ІЕС 801-2, ІЕС 801-4 За EN 50081-2, дослідження за EN 55011, клас А, група 1
Механічні дії - вібрація - ударні навантаження	ІЕС 68, частина 2-6: 10...58 Гц постійна амплітуда 0,075 мм; 58...150 Гц постійне прискорення 1g ІЕС 68, частина 2-27: синусоїдальні ударні дії із прискоренням 15g

4.2.5 Вибір перетворювача SIMODRIVE 611

SIMODRIVE 611D це гнучко проєктована система приводів, що відповідає як економічно, так і екологічно технічним вимогам сучасних верстатів.

Для керування приводом подачі необхідно використовувати найбільш сучасні системи керування, тому для керування двигунами використовуємо SIMODRIVE 611D, що відповідає найвищим вимогам у динаміку, установленому діапазоні оборотів і точності керування.

Регулятори приводу SIMODRIVE 611D можуть використовуватися універсально в якості приводу подачі або приводу головного руху. Вони використовуються разом зі СЧПК SINUMERIK 840D у комбінації із синхронними двигунами 1FT6 для приводів подачі або головного руху, лінійними двигунами 1FN для приводів подачі шпинделями, що вбудовуються, 1FE/2SP1 і асинхронними двигунами 1PM/1PH для приводів головного руху. Обмін даними між приводом і ЧПК здійснюється по цифровій шині.

Централізовані системи приводів пропонують широкий вибір послуг у модульній техніці. За допомогою різних модулів керування можуть бути реалізовані різні з'єднання приводів з вищої СЧПК 2-х осьові модулі дозволяють здійснювати компакту установку модульної структури.

За допомогою запропонованої модульної системи можуть бути реалізовані будь-які конфігурації приводів. Таким чином, можливе проєктування для будь-якої установки, від компактного верстата до комплексної установки.

Наступні інтерфейсні плати є на різних платах керування:

- 1) Резольвер.
- 2) Ввирішення, що переключається 14/12 біт.
- 3) Кількість пар полюсів 1 до 6; робоча частота f_G макс. до 108 Гц / 432 Гц 1).
- 4) Збільшення імпульсів внутрішнє 4096 / 16348 x кількість пар полюсів.

5) Інкрементальний датчик із сигналами $\sin/\cos$ 1 Vpp до 65535 імпульсів, f_G макс. до 350 кГц, збільшення імпульсів внутрішньо 2048 x імпульсів.

6) Абсолютний датчик з інтерфейсом Endat ідентично датчику $\sin/\cos$ 1 Vpp, плюс абсолютне положення через протокол Endat.

Функції, які використовуються для керування 1-й віссю:

2 аналогових входу (14 біт)/виходу (8 біт) ± 10 В

4 цифрових входу/виходу, вільно параметризуєміе.

інтерфейс, що перемикається, датчика кутового кроку (WSG):

висновок:

- інкрементальні прямокутні, крокові сигнали;
- імітація датчика двигуна через диференціальні квадратурні сигнали A, B, R згідно RS 485, RS 422 (TTL);

- у датчиків $\sin/\cos$ -1 VPP: імпульси = $\sin/\cos$;

- у резольвера: 1024 / 4096 імпульсів/пари полюсів;

- кількість імпульсів у резольвера й абсолютного датчика з Endat;

- множене число імпульсів: 2:1, 1:1, 1:2, 1:4, 1:8;

уведення:

- инкрементальное крокове задане значення X зад;

- квадратурні сигнали, доріжки A, B; до 2,5 МГц;

- імпульсний сигнал/сигнал напрямку; до 5 МГц;

- сигнал уперед-назад; до 5 МГц;

Пряма друга вимірювальна система, підключення в 2-х осьового модуля для осі A через вісь B (у цьому випадку модуль може експлуатуватися тільки як 1- про осьовий модуль). Резольвер, будь-яка кількість пар полюсів. Інкрементальний датчик $\sin/\cos$ 1 VPP, 0 до 8388607 імпульсів. Абсолютний датчик з інтерфейсом Endat. Інтерфейс RS 232 / RS 485 (TTL) для підключення PC/PG для введення в експлуатацію за допомогою допоміжного ПЗ Simosom U. 4 Блока даних двигуна на вісь із можливістю збереження. Усі блоки можуть викликатися й змінюватися через опцію PROFIBUS DP. На

рисунку 4.13 зображений перетворювач SIMODRIVE 611D з реальними розмірами. У таблиці 4.2 представлені технічні параметри перетворювача SIMODRIVE 611D.

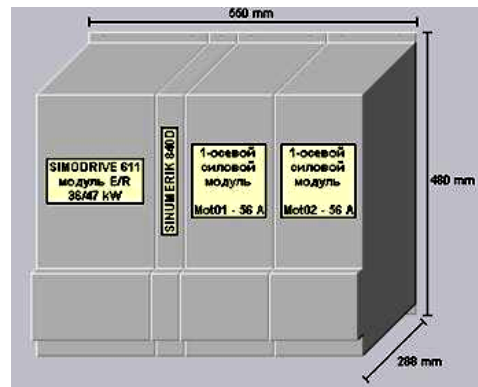


Рисунок 4.13 - Перетворювач SIMODRIVE 611D

Таблиця 4.2 - Технічні параметри перетворювача SIMODRIVE 611D

Модулі SIMODRIVE 611D	Технічні параметри
Вібраційне навантаження по EN 60068-2-6 (IEC 68-2-6)	макс. 9,81 м/с ²
Ударне навантаження по EN 60068-2-27 (IEC 68 -частина 2-27)	Прискорення 49,05 м/с ² на 11 мс
Клас захисту по DIN EN 60529 (IEC 60529)	P20
Допуст. зовнішня температура:	
• зберігання й транспортування	-40 ... +70 °C
• експлуатація	0... +40 °C
• зі зменшенням потужності	до +55 °C
Клас вологостійкості згідно DIN EN 60721-3-3	Кл. 3К5 Утвір конденсату й Кл. 3К5 Утвір конденсату й льоду неприпустимі. Мін. температура повітря 0 °C.
Повітряні ділянки й шляху ковзного заряду по EN 50178	розраховане на ступінь забруднення 2
Контрольна напруга ізоляції	2,5 кВ
Положення при експлуатації	вертикальне
Висота установки	≤ 2000 над рівнем моря 1000 м погіршення характеристик > 2000 м з базовою ізоляцією через розділовий трансформатор

Через модуль живлення системна структура SIMODRIVE 611D підключається до мережі низької напруги із заземленої нейтраллю (мережа TN).

Усі модулі системи приводів SIMODRIVE 611D мають уніфіковану конструкцію. Інтерфейси для живлення й комунікації один з одним, а також стандартизовані інтерфейси між платами керування й силовими модулями.

Система приводів SIMODRIVE 611D складається з функціональних модулів:

- мережний фільтр;
- комутуючі дроселі;
- модулі живлення;
- силові модулі;
- плати керування, призначені для певних типів двигунів;
- спеціальні модулі та інші приналежності.

Через модулі живлення структура приводів підключається до мережі живлення. Із сіткової напруги 480В 50Гц модулі живлення виробляють постійна напруга для проміжного контуру. Додатково напруги живлення електроніки $\pm 24\text{В}$, $\pm 15\text{В}$, $+5\text{В}$ и т.д, подаються централізовано через шину обладнань на модулі приводів і розташовані в структурі системи SINUMERIK 840D. Для проводки з екранованими силовими кабелями, відповідної до вимог технічного регламенту електромагнітної сумісності (ЕМС), є пластини для підключення екрана. Модуль живлення представлено на рисунку 4.14. Технічні параметри модуля живлення наведені в додатку Б



Рисунок 4.14 - Модулі живлення перетворювача SIMODRIVE 611D

Функції мережних модулів живлення:

1. Вбудований захист мережі, керована через вхідну клему (24 В).
2. Через зовнішній блокувальний вхід може перериватися подача енергії на котушку мережного контактора, таким чином, через апаратні контакти досягається гальванічний поділ силових контактів мережного захисту.
3. Автоматичне попереднє завантаження проміжного контуру при підключенні мережі.
4. Можливий режим налагодження із двигунами 1FT6 у самогальмуючих осях (умова: напруга проміжного контуру повинне знижуватися за рахунок зменшення сіткової напруги).
5. Збереження живлення електроніки із проміжного контуру для керованої зупинки підключених осей приводів при відключенні живлення (активація цієї функції через відповідну зовнішню проводку). Для можливості гальмування в цьому робочому стані необхідний модуль імпульсного опору.
6. Централізований контроль сіткової напруги, напруги проміжного контуру й напруг електроніки $\pm 24\text{В}$, $\pm 15\text{В}$, $+5\text{В}$.

При установці блоку керування в силовий модуль виходить модуль приводу, для використання як приводу подачі або приводу головного руху.

Приводні й силові модулі перетворювача SIMODRIVE 611D.

При конструюванні модулів перетворювачів особливі зусилля були спрямовані на вимоги легкості керування, простоти монтажу й проводки. Тут, приміром, завдяки постійній кратній ширині модулів в 50 мм з'єднанням, що й добре зарекомендували себе на практиці, силових, сигнальних і шинних кабелів були реалізовані підходящі розв'язки, при цьому проводка кабелю перевірена на електромагнітну сумісність (ЕМС):

- ширина всіх модулів у кратна 50 мм;
- висота всіх модулів стандартно – 480 мм;
- глибина модулів без штекера й опціональних модулів щодо монтажною поверхні становить при внутрішньому охолодженні або повітрявідвідом

охолодженні стандартно 288 мм, зовнішньому охолодженні стандартно 231 мм.

Силові модулі підходять для роботи із синхронними двигунами 1FT6. Широкий спектр силових модулів із градацією по струму й підрозділений на три різні види тепловідводу поставляється в 1-о й 2-х осьовому виконанні.

Параметри струму ставляться до серійної установки. При більш високих частотах первинних вібрацій або збільшеній тактовій частоті враховувати зменшення. У таблиці 3.3 представлені технічні параметри буланого модуля перетворювача SIMODRIVE 611D.

Таблиця 4.3 - Технічні параметри буланого модуля перетворювача SIMODRIVE 611D

Вхідна напруга	DC 600/625/680 В
Вихідна напруга	3-х фазне АС 0 ... 430 В
Вихідна частота, макс.	1,4 кГц
ККД η	0,98

Цифрові плати керування SIMODRIVE 611D використовуються в комбінації із синхронними двигунами SIMODRIVE 1FT6 для приводів подачі й двигунами 1PM/1PH/1FE1 для приводів головного руху.

Плати керування обробляють вбудований у двигуни 1FT6/1FK або 1PM/1PH датчик з $\sin/\cos$ 1 VPP. Таким чином, може бути отримано до 4,2 мільйонів інкрементів/оберт двигуна як дозволу контуру виміру. Згенеровані сигнали для швидкості й фактичного значення положення обробляються через цифрову шину приводу в сервообласті SINUMERIK. У плат керування з функцією "Пряма реєстрація положення" додатково може бути підключена пряма вимірювальна система (DMS).

Плати керування із цифровим інтерфейсом заданого значення по апаратних властивостях у комбінації з керуванням Performance можуть використовуватися універсально як привід подачі або головного руху. ПЗ з алгоритмами керування є в SINUMERIK 810D/840D/840C. При включенні СЧПК й приводів ПЗ завантажується в цифрові плати керування. При

введенні в експлуатацію через конфігурацію приводу визначається, чи йде мова про привід подачі або привід головного руху.

У плат керування із цифровим інтерфейсом можна вибрати між стандартним і високопродуктивним керуванням Performance.

Обоє варіанта використовують ідентичний інтерфейс приводів і одне мікропрограмне забезпечення з ідентичними алгоритмами керування. Технічні параметри плати керування приводами подачі представлено в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 - Технічні параметри плати управління приводу подачі перетворювача SIMODRIVE 611D

Вхідна напруга	DC 600/625/680 В
Вихідна напруга	3-х фазне АС 0 ... 430 В
Вихідна частота, макс.	1,4 кГц
кпд η	0,98

Залежно від типу охолодження вибираються додаткові, погоджені із системою блоки вентиляторів і компоненти повітропроводів.

Завдяки модульній конструкції приводних модулів, за допомогою невеликої кількості окремих компонентів можна забезпечити розв'язку широкого спектра задач користувача.

Для успішної й надійної роботи системи приводів використовувати тільки оригінальні компоненти системи SIMODRIVE у комбінації з оригінальними властивостіми Siemens.

Користувач повинен урахувати параметри проектування.

Силові модулі підходять для роботи із синхронними електродвигунами 1FT6/1FK/1FN/1FW6/1FE1/2SP1;

Широкий спектр силових модулів має ділення по струму й ділення на три різні типи охолодження й поставляється в 1 - про й 2 -х осьовому виконанні.

Параметри струму ставляться до серійної попередній установці. При більш високих тактових частотах урахувати коефіцієнти зменшення струму. Для монтажу екранованих силових кабелів, відповідних до вимог ЕМС, є пластини підключення екрана для монтажу на модуль.

Кабель приладової шини (живлення електроніки) входить в об'єм поставки силового модуля. Для системи ЧПК SINUMERIK 840D powerline із цифровою шиною завдання кабелі приводної шини замовляються окремо.

Для живлення SIMODRIVE 611D використовується модуль живлення 6SN1124-1AA00-0AA1 в одне осьовому виконанні (рисунок 4.15) із внутрішнім тепловідводом, який повністю задовольняє вимогам керування приводом подачі токарського верстата HOESCH D1000.

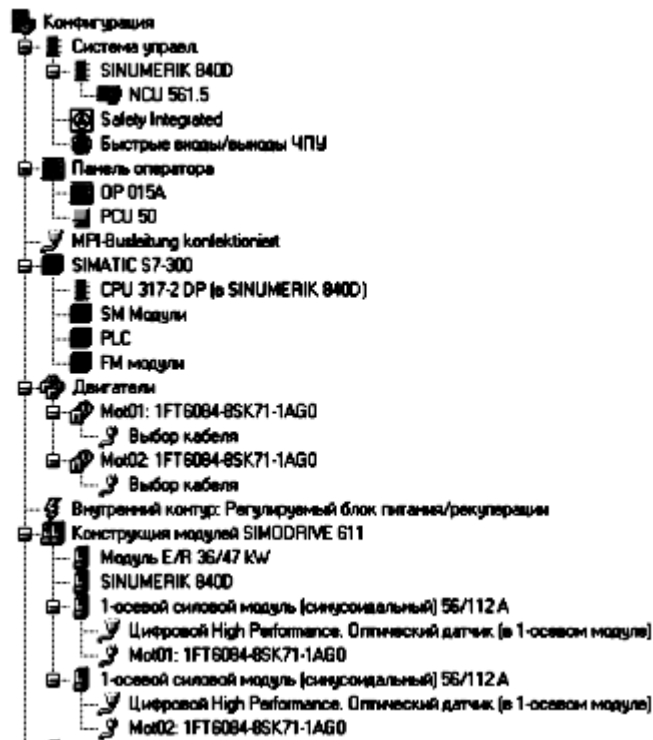


Рисунок 4.15 – Модулі живлення для SIMODRIVE 611D

Структурна схема модернізованої системи керування представлено на рисунку 4.16.

Структурна схема містить у собі всі функціональні частини системи керування й взаємозв'язок між ними.

4.2.6 Розробка інтерфейсу системи керування приводом подачі

Обмін даними між усіма елементами системи керування приводом подачі відбувається через інтерфейс PROFIBUS-DP. Мережа PROFIBUS може бути використана для організації обміну даними між інтелектуальними мережними обладнаннями. Сеанси зв'язку можуть установлюватися між двома системами автоматизації, системою автоматизації й комп'ютером і т.д. PROFIBUS – це потужна відкрита мережна система з короткою годиною циклу, яка відповідає вимогам міжнародних стандартів. Для зв'язку з польовим рівнем вона дозволяє використовувати два протоколи: PROFIBUS-DP і PROFIBUS-PA. Як пасивні обладнання використовуються станції розподіленого введення-висновку SIMATIC ET 200, а також апаратури польового рівня із вбудованими інтерфейсами PROFIBUS-DP (датчики, регулятори, перетворювачі частоти, прибудую плавного пуску, комутаційної апаратури і т.д.). Крім циклічного (синхронного) обміну між активними й інтелектуальними пасивними обладнаннями підтримується асинхронний обмін даними, використовуваний для передачі параметрів налаштування, діагностичної інформації і т.д.

Типи обладнань PROFIBUS-DP

1) Провідні мережні обладнання класу 1 здійснюють керування циклічним обміном даними з відомими мережними обладнаннями. Крім швидкісного циклічного обміну даними провідного обладнання класу 1 здатні підтримувати асинхронний обмін.

Асинхронний обмін використовується для передачі параметрів налаштування або результатів вимірів відомими обладнаннями й має більш низький пріоритет у порівнянні із циклічним обміном. Функції провідних мережних обладнань класу 1 можуть виконувати програмувальні контролери SIMATIC S7-300/S7-400, системи автоматизації SIMATIC S7, промислові комп'ютери і т.д.

2) Провідні мережні обладнання класу 2 (програматори, комп'ютери і т.д.) використовуються для програмування, конфігурування, налаштування параметрів і діагностування мережних станцій.

Провідні обладнання цього класу здатні зчитувати вміст областей уведення-висновку, діагностичну інформацію, параметри настроювання й інші дані мережних станцій. Провідні обладнання класу 2 здатні підтримувати циклічний і асинхронний обмін даними з відомими обладнаннями.

3) Відомі обладнання, призначені для організації зв'язки з об'єктом керування. З їхньою допомогою виробляється збір інформації про поточний стан об'єкта керування, а також формуються необхідні керуючі впливи.

У кожному циклі обміну даними із провідним мережним обладнанням відомі обладнання здатні передавати або ухвалювати до 244 байт.

4.3 Розробка програмного забезпечення для керування приводом подач токарського верстата HOESCH D1000

Провівши всі необхідні розрахунки й вибравши всі базові елементи необхідні для модернізації токарського верстата, слід зробити програмування, яке наочно продемонструє працездатність системи керування приводом подачі. Для тестування й налагодження роботи програми використовуємо додаток S7-PLCSIM, що імітує роботу реального програмувального логічного контролера (ПЛК). Після запуску додатка завантажуюмо програмні блоки OB1 і FC1 у контролер представлені на рисунку 4.17, потім, використовуючи таблицю символів (рисунок 4.18) і розділи оголошення змінних у блоках, створюємо в PLCSIM необхідні для тестування видимі об'єкти. Вікно програми S7-PLCSIM презентовано на рисунку 4.19 [8].

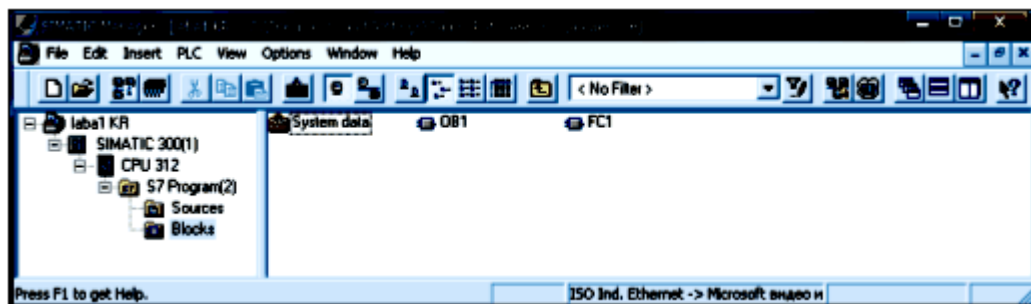
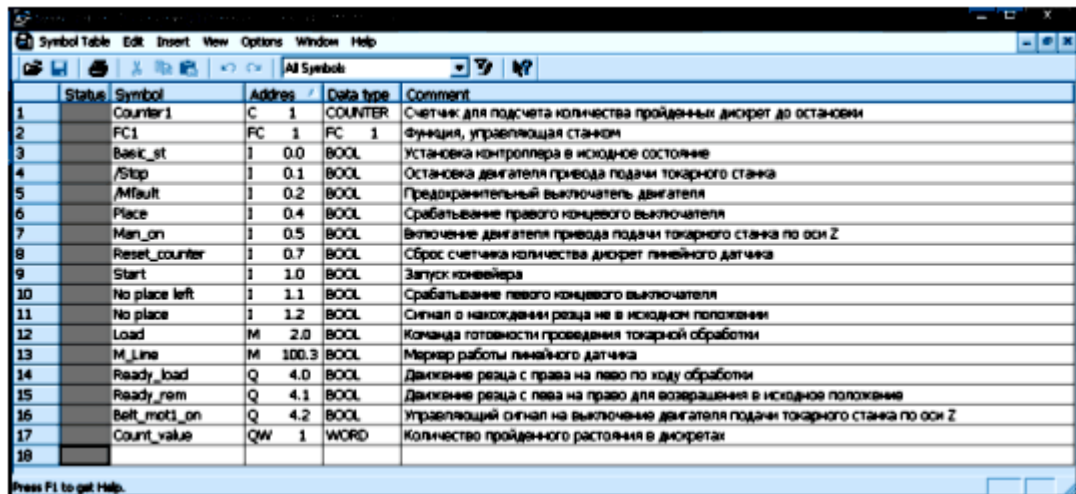


Рисунок 4.17 – Відображення командних блоків



Status	Symbol	Address	Data type	Comment
1	Counter1	C 1	COUNTER	Счетчик для подсчета количества пройденных дискрет до остановки
2	FC1	FC 1	FC 1	Функция, управляющая станком
3	Basic_st	I 0.0	BOOL	Установка контроллера в исходное состояние
4	/Stop	I 0.1	BOOL	Остановка двигателя привода подачи токарного станка
5	/Mfault	I 0.2	BOOL	Предохранительный выключатель двигателя
6	Place	I 0.4	BOOL	Срабатывание правого концевых выключателя
7	Man_on	I 0.5	BOOL	Включение двигателя привода подачи токарного станка по оси Z
8	Reset_counter	I 0.7	BOOL	Сброс счетчика количества дискрет линейного датчика
9	Start	I 1.0	BOOL	Запуск конвейера
10	No place left	I 1.1	BOOL	Срабатывание левого концевых выключателя
11	No place	I 1.2	BOOL	Сигнал о нахождении резца не в исходном положении
12	Load	M 2.0	BOOL	Команда готовности проведения токарной обработки
13	M_line	M 100.3	BOOL	Маркер работы линейного датчика
14	Ready_load	Q 4.0	BOOL	Движение резца с права на лево по ходу обработки
15	Ready_rem	Q 4.1	BOOL	Движение резца с лева на право для возвращения в исходное положение
16	Belt_mot1_on	Q 4.2	BOOL	Управляющий сигнал на выключение двигателя подачи токарного станка по оси Z
17	Count_value	QW 1	WORD	Количество пройденного расстояния в дискретах
18				

Рисунок 4.18 – Таблица символьних змінних

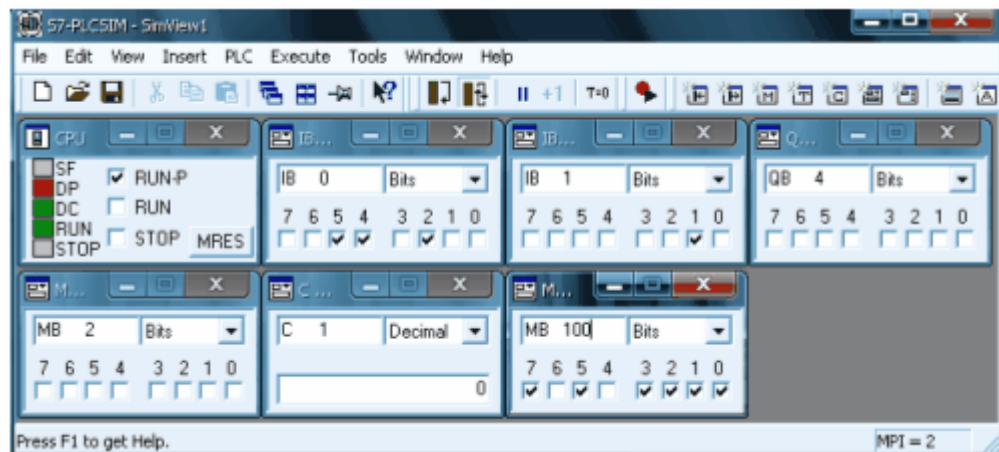


Рисунок 4.19 – Вікно програми S7-PLCSIM

Для контролю значень змінних, які використовуються в програмі, додаємо у вікні S7-PLCSIM додаткові об'єкти, які призначені для:

IB 0, IB 1 – установка значень на входах, адреси яких відповідають номерам бітів (0-й біт – установлює значення входу I0.0, 1-й – I0.1 і т.д.);

QB 4 – відображення стану виходів з адресами Q4.0, Q4.1 і Q4.2 – сигнали Ready_load, Ready_rem і Belt_mot1_on відповідно.

C1 – відображення поточного значення положення лінійного датчика Counter1 до зупинки переміщення різця;

Для запуску контролера встановлюємо у вікні CPU позначку RUN-P. Для тестування функції FC1 відкриваємо її в редакторі LAD/STL/FBD і

встановлюємо режим Online. У вікні симулятора S7-PLCSIM встановлюємо необхідні для роботи програми значення вхідних сигналів. Вікно редактора LAD/STL/FBD у режимі Online представлено на рисунку 4.20.

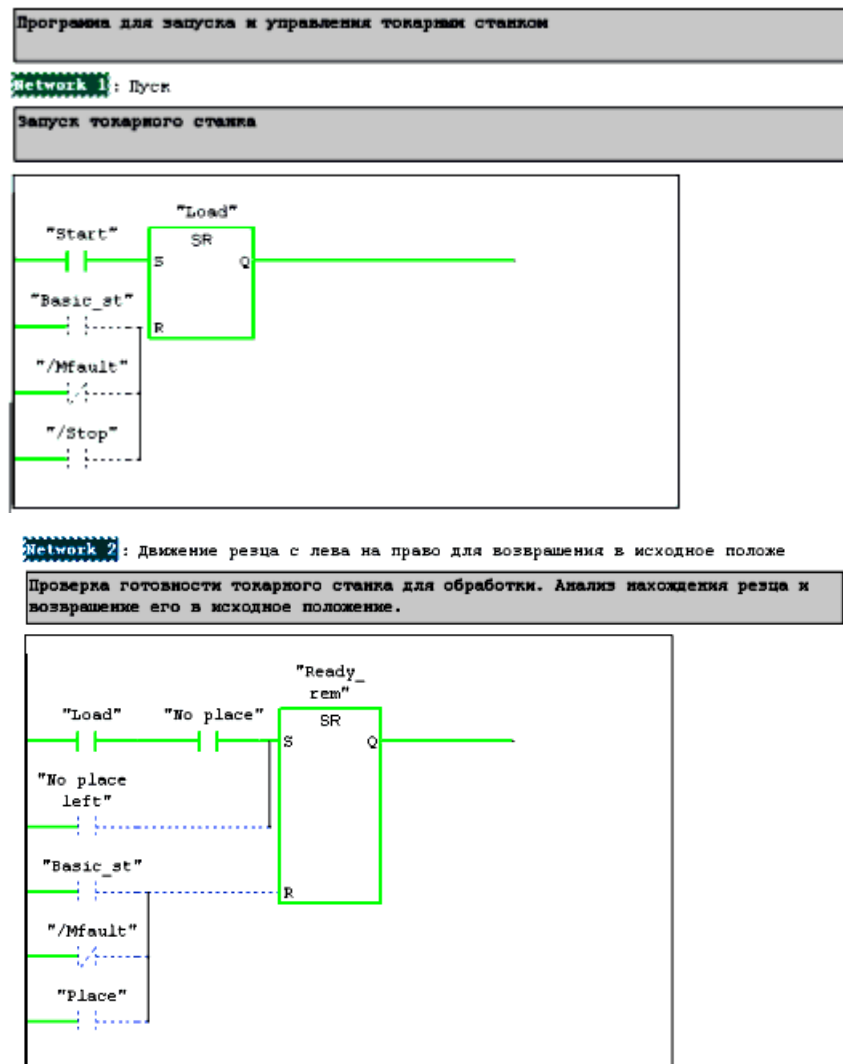
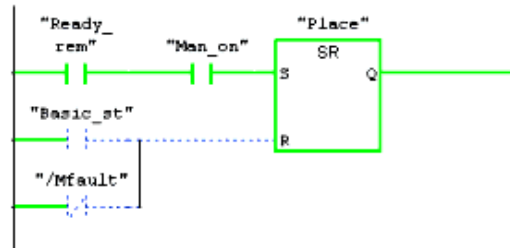


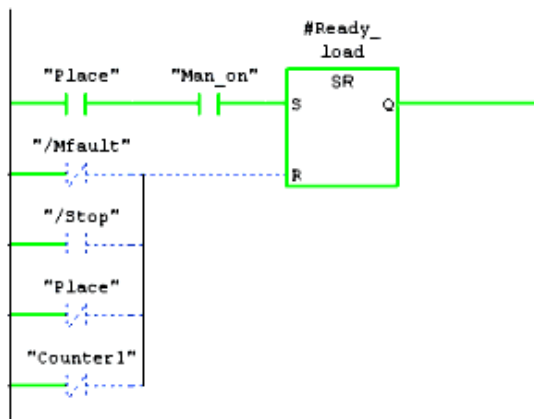
Рисунок 4.20 – Вікно редактори LAD/STL/FBD у режимі Online

Network 3: Remove parts

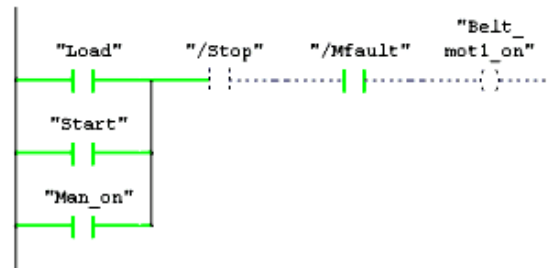
Контроль возвращения резца в исходное положение.

**Network 4: Belt ready for loading**

Сигнал сигнализирующий готовность для обработки и запуск на обработку.

**Network 5: Control belt motor**

Изменение состояния выхода "Belt_mot1_on", управляющего работой двигателя

**Network 6: Counting**

Подсчет расстояния пройденного резцом и остановка после окончания обработки.

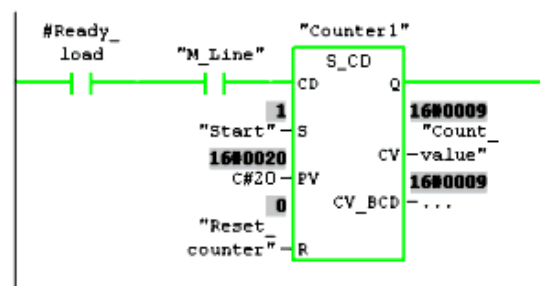


Рисунок 4.20 – Аркуш 2

4.4 Розробка алгоритмічного проектування задач керування приводом подач

4.4.1 Розробка алгоритму керування

Програмне забезпечення верстата є типовою задачею керування в масштабі реального часу. Це вимагає правильного об'єднання апаратних і програмних ресурсів системи із зовнішніми обладнаннями. У загальному випадку керування встаткуванням зводиться до обміну інформацією між керуючою системою й зовнішніми обладнаннями, які входять до його складу.

У розробленій мікропроцесорній системі керування приводом подачі верстата використовується мікроконтролер фірми SIEMENS серії SIMATIC S7-300. Блок-схема розробляється для мікроконтролера, який управляє роботою електродвигуна приводу подач.

Специфіка розроблювальної системи керування полягає в підвищених вимогах до швидкодії програмного забезпечення й, у деяких випадках, у необхідності одержання програми мінімального розміру.

У задачу представленого мікроконтролера входять: приймання сигналів від датчика положення й аналіз, формування й передача керуючих сигналів на виконавчі блоки й виконавчі механізми.

Блок - схема головного модуля програми керування верстатом представлено на рисунку 4.21.

Виконавчі механізми вважаються включеними, якщо їх значення в блок-схемі алгоритму рівняють 1, якщо вони рівняють 0, то в цій ситуації даний виконавчий механізм відключений. Якщо в блоці не зазначене положення виконавчого механізму (включений/відключений), це означає, що положення даного механізму не має значення в даній ситуації.

Блок-схема являє собою ряд перевірок дій, який координують роботові системи по автоматичному режиму (АВТОМ.) і ручному керуванню (РУЧНИЙ). На початку відбувається ініціалізація системи керування. При

ініціалізації відбувається підготовка силової частини приводів і електроавтоматики, установлення робочих органів у вихідне положення.

Режим автоматичної обробки починається з підпрограми ЗАВАНТАЖЕННЯ ПРОГРАМИ, яке дозволяє вводити програму обробки по клавіатурі або зчитувати з готового диска. Для перетворення вхідної програми у внутрішній формат даних системи використовується підпрограма – ТРАНСЛЯТОР.

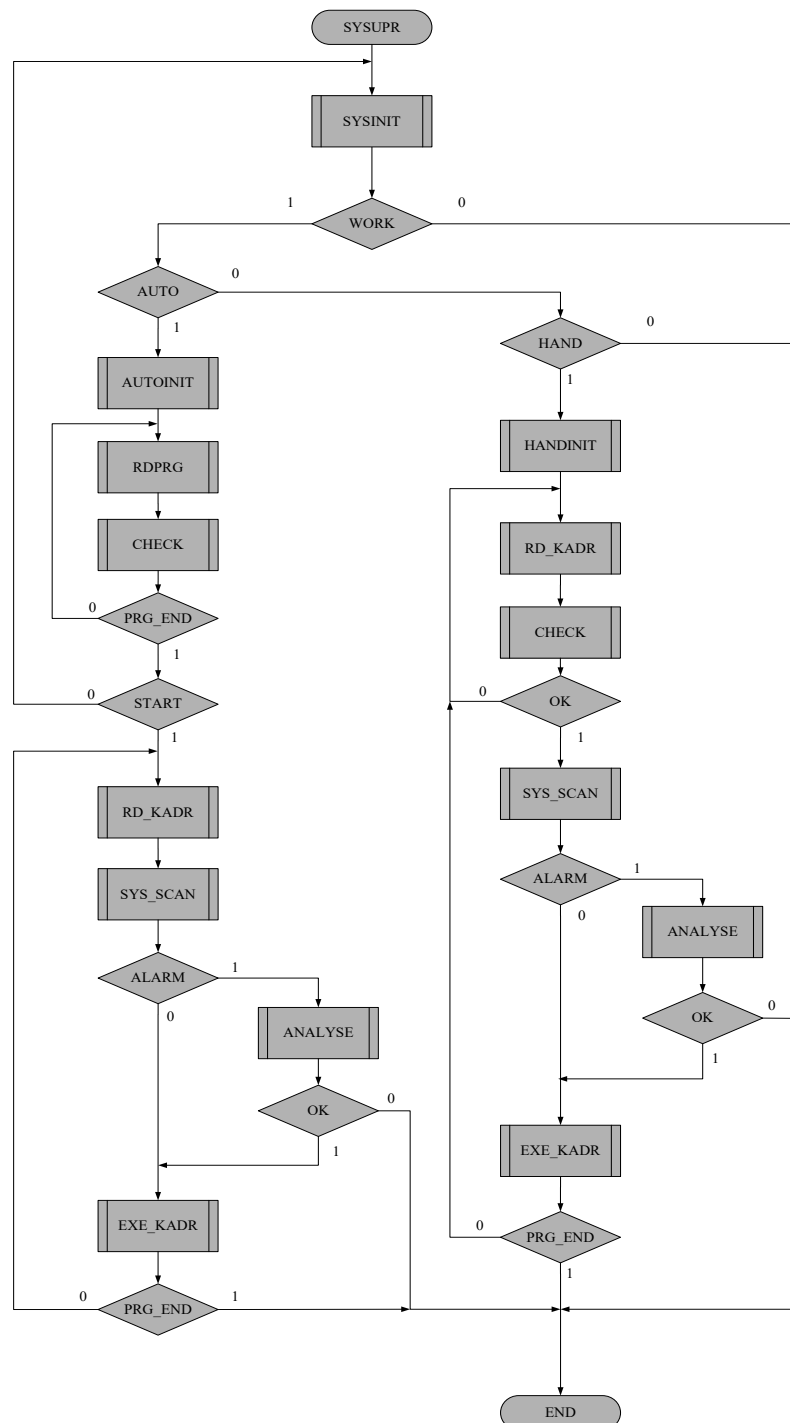


Рисунок 4.21 – Алгоритм головної програми

Після перетворення даних впливає запит на початок обробки - СТАРТ. У випадку позитивної відповіді на даний запит, починається циклічне виконання програми обробки.

Після кожного кадра проводиться перевірка ВИКОНАННЯ, яка перевіряє наявність виконання програми і її закінчення. Під час виконання керуючої програми проводиться зчитування кадра підпрограмою ЧИТАННЯ КАДРА і його аналіз. Перед оброблюванням кадра виконується аналіз стану верстата на наявність аварійних ситуацій – ТЕСТ ВЕРСТАТА й виводиться результат тесту блоком перевірки РЕЗУЛЬТАТ. У випадку наявності аварійної ситуації виконується аналіз несправності й аналізується можливість її усунення, яке виконує підпрограма АНАЛІЗ, у випадку успішного завершення якої керування передається підпрограмі виконання кадра керуючої програми НАСТУПНИЙ КАДР. Дана підпрограма включає в себе програми інтерполяції (лінійної й круговий), програми зчитування й обчислення положення й швидкості виконавчих органів, програми регуляторів і інші програми нижнього рівня.

Ручний режим починається з підпрограми ВВЕДЕННЯ ПРОГРАМИ, яка виконує необхідне налагодження параметрів системи. Далі впливає сам робочий цикл, який починається зчитуванням стану пульта оператора – СТАН ПУЛЬТА. Тестування стану виконується підпрограмою ТЕСТ ВЕРСТАТА, яка виконує перевірку на наявність аварійної ситуації. Наступний етап читання кадра програми ЧИТАННЯ КАДРА й перевірка закінчення введеної програми.

4.4.2 Розробка алгоритму функціонування системи керування приводом подачі верстата

Програма керування приводом подачі в автоматичному режимі повинна виконувати функції, які перераховані нижче:

- 1) Приймання інформації від датчика положення.
- 2) Обчислення швидкості методом числового диференціювання.

3) Цифрове регулювання швидкості й положення супорта.

4) Інтерполяційні розрахунки.

Блок - схема процедури керування приводом подачі представлено на рисунку 4.22.

Процедура НАСТУПНИЙ КАДР є підпрограмою головного модуля програми керування верстатом. Процедура починається обнулінням лічильника й записом початкових значень швидкості й сигналу керування, які необхідні для процедури регулювання швидкості.

Відстеження положення робочого органа виконується шляхом порівняння поточного значення положення й установленим значенням у кадрові керуючої програми. Якщо $N1 < N3$, тобто необхідне положення ще не досягнуте, то в дію вступає підпрограма інтерполяційних розрахунків РОЗРАХУНКИ.

Якщо $N1 > N3$, тобто відбувся перехід робочого органа на кінцеве положення, подається сигнал реверсу на двигун і виконуються процедури інтерполяції й регулювання швидкості, після завершення яких, визначається стан лічильника. Якщо час, який пройшов з моменту початку циклу менший за період дискретності $T0$, то реалізується цикл очікування поки $t < T0$.

Блок - схема процедури обміну даними з інформаційною системою представлено на рисунку 4.23. Для приймання інформації про переміщення по двом координатами організовано цикл, який починається аналізом стану. Одиночний стан розряду ЗЧИТУВАННЯ дозволяє зчитування переміщення в ЦПВМ. Процедура ШВИДКІСТЬ виконує обчислення значення швидкості обертання двигуна методом числового диференціювання й представлено на рисунку 4.24.

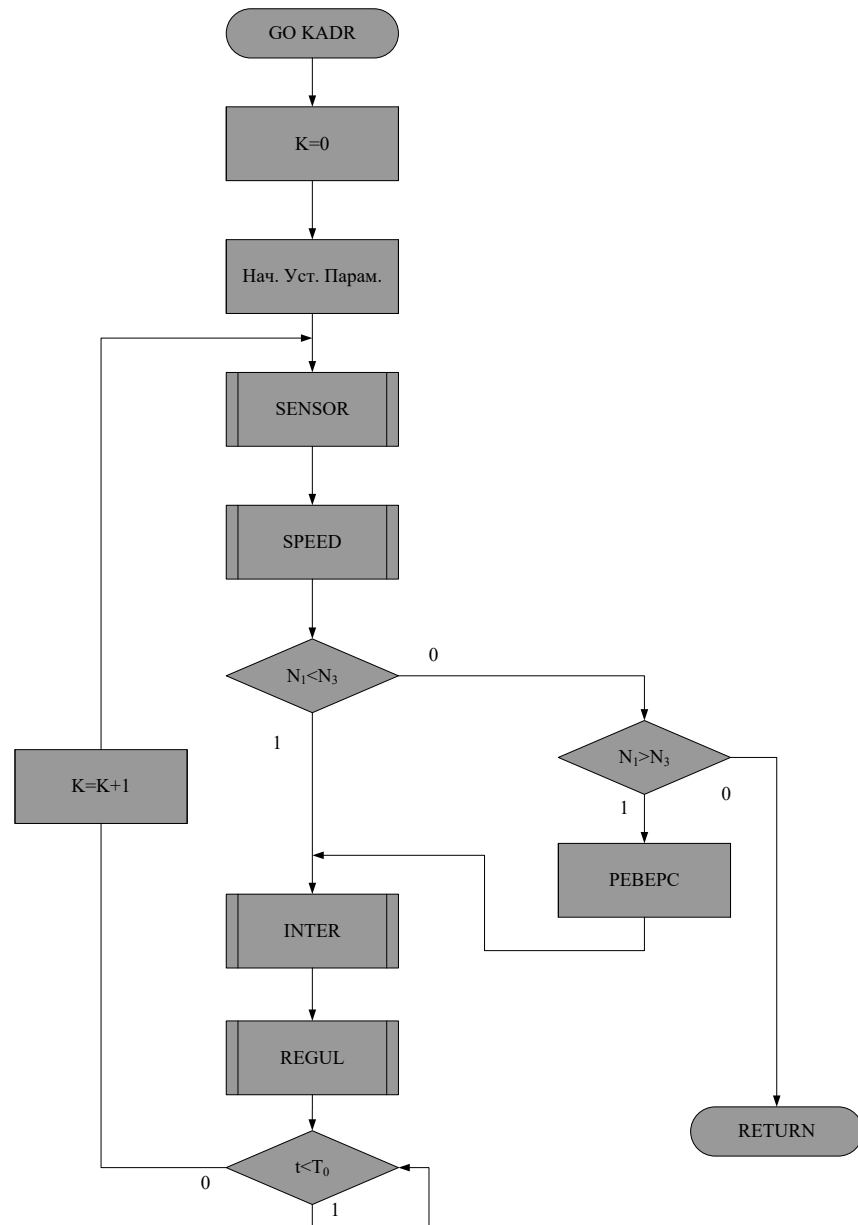


Рисунок 4.22 – Блок - схема алгоритму керування приводом подачі

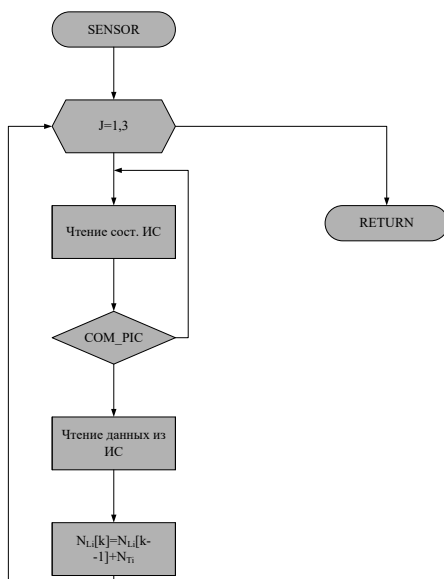


Рисунок 4.23 – Блок - схема алгоритму обміну даними з інформаційною системою



Рисунок 4.24 – Блок - схема алгоритму обчислення швидкості обертання двигуна

При виконанні дипломного проекту було спроектовано програмне забезпечення для обробки деталі "Вал" в автоматичному режимі (див. ДОДАТОК А)

5. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ПРОВЕДЕННЯ СЕМІНАРУ НА ТЕМУ
«ОСОБЛИВОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО
КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ПОДАЧІ ВАЖКОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА»
З ДИСЦИПЛІНИ «СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАННОГО ПРОЕКТУВАННЯ
В МАШИНОБУДУВАННІ» ДЛЯ СТУДЕНТІВ СПЕЦІАЛЬНОСТІ
«ПРОФЕСІЙНА ОСВІТА. МАШИНОБУДУВАННЯ»

Машинобудування є провідною галуззю всієї промисловості України. Продукція підприємств машинобудівного комплексу відіграє вирішальну роль у реалізації досягнень науково-технічного прогресу у всіх сферах господарства. Ефективність професійної діяльності спеціаліста, у тому числі машинобудівної галузі, залежить від багатьох факторів: характеру професійного середовища, рівня професіоналізму, наявності розвиненої професійної культури. Якісна підготовка інженерів цього виду промисловості є досить актуальною.

Історично першим видом металорізального устаткування є універсальні токарні верстати з ручним керуванням, які постійно удосконалюються і навіть оснащуються окремими засобами автоматизації. Основні недоліки таких верстатів – низька продуктивність і виконання робочим всього необхідного циклу управління роботою верстата. Зазвичай технологічний процес обробки деталі на токарному верстаті дозволяє одночасно закріплювати заготовку, міняти ріжучий інструмент, встановлювати необхідні режими різання. Але практично на токарному верстаті з ручним керуванням робочий всі ці допоміжні операції виконує послідовно.

Аналогічна ситуація має місце і з робочими операціями. У більшості випадків технологічний процес можна виконувати кількома одночасно працюючими інструментами, однак при ручному управлінні всі робочі операції виконуються послідовно. Збільшення масштабів виробництва, потреба у виготовленні великої кількості одних і тих же машин зумовили появу універсальних токарних верстатів-автоматів і напівавтоматів. Автомат –

це верстат, автоматично і багаторазово виконує всі робочі і холості (допоміжні) елементи циклу обробки деталі, крім наладки. Напівавтомат – це верстат з автоматичним циклом, повторюваним за участю робітника. Особливістю токарному верстатів-автоматів є висока продуктивність. Так, наприклад, токарний шестишпиндельний автомат може замінити по продуктивності до 20 універсальних токарних верстатів з ручним керуванням, що досягається суміщенням допоміжних і робочих операцій, високими швидкостями виконання всіх допоміжних переміщень, великою кількістю одночасно працюючих інструментів. Хоча верстати-автомати розглянутого виду і називають універсальними, можливість їх переналагодження значно нижча, ніж токарному верстаті з ручним керуванням. Наприклад, робітник може встановлювати і закріплювати в шпинделі токарного верстата однаково просто як пруток, так і штучні заготовки; в токарному автоматі механізми завантаження і затиску, які створені для пруткового матеріалу, непридатні для штучних заготовок. Цим і пояснюється велика різноманітність (і відповідно велика кількість типорозмірів) універсальних автоматів.

На токарному верстаті з ручним керуванням робочий, закінчивши виготовлення чергової деталі, може відразу ж приступити до виготовлення за іншим кресленнями абсолютно іншої деталі. На універсальному токарному верстаті - автоматі таке переналагодження займає кілька годин, а підготовка до переналадки (проектування та виготовлення кулачків, копіїв, розробка циклограм і карт налагодження) – кілька днів. Тому фактична продуктивність автоматів в умовах дрібносерійного виробництва виявляється низькою.

Виходячи з цього і виникає необхідність удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі токарного верстата. А особливо це стосується важких токарних верстатів, управління якими вручну є трудомістким і майже неможливим.

Для якісного виконання цих завдань потрібні кваліфіковані фахівці. Саме таких готує Українська інженерно-педагогічна академія за спеціальністю «Професійна освіта. Машинобудування».

Стратегічні цілі підготовки фахівців даного напрямку: стати кваліфікованим спеціалістом, одержати знання, уміння та навички для того щоб надалі бути затребуваним на ринку труда та праці.

Дисципліна, з якої буде розробляться семінар: «Системи автоматизованного проектування в машинобудуванні», тема: «Особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата».

Мета вивчення дисципліни: формування у студентів теоретичних та практичних засад побудови і методології розробки систем автоматизації проектування (САПР) в машинобудуванні; знайомство з сучасними САПР, що використовуються в машинобудівній галузі промисловості.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен:

знати:

- ідеологію побудови САПР, проблеми і принципи проектування САПР;
- структуру, види забезпечення САПР;
- особливості використання САПР при проектуванні виробів в машинобудуванні;

вміти:

- виконувати аналіз предметної області і обґрунтовувати доцільність придбання або розробки САПР;
- проектувати структурні та функціональні схеми САПР;
- здійснювати вибір типових та розробку прикладних видів всіх компонентів САПР;
- працювати з підсистемами схемотехнічного, конструкторського, технологічного проектування, що використовуються підприємствами регіону;
- обирати програмну та апаратну платформу САПР для вирішення задач підприємства;
- налаштовувати інтерфейс користувача САПР;
- виконувати аналіз та синтез технічних об'єктів при автоматизованому проектуванні (АП).

5.1. Постановка оперативних цілей семінару

Одним з визначальних компонентів процесу навчання є його ціль. Ціль навчання — це ідеальне мисленнєве передбачення кінцевого результату процесу навчання, це те, до чого прагнуть педагог і ті, що навчаються.

Організація процесу навчання найперше пов'язана з чітким визначенням його цілей, а також усвідомленням і прийняттям їх студентами. Цільові установки навчання спричиняють розуміння суті і способів організації навчально-пізнавальної діяльності, суттєво впливаючи на її активізацію.

Цілі навчання включають формування досвіду особистості, представленого у формі переліку професіональних завдань, які повинен уміти виконувати фахівець в заданій сфері діяльності.

В процесі підготовки студентів за спеціальністю «Професійна освіта. Машинобудування», студенти проходили багато різних дисциплін за різними напрямками, одна з яких «Системи автоматизованного проектування в машинобудуванні», з якої і буде розроблятися семінар.

Цілі семінару зазначені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Цілі семінару

Дидактична мета семінару	Рівень цілі	Умови досягнення цілі	Результат у вигляді дій, які студенти повинні продемонструвати в результаті виконання семінару, та їх характеристика	Розвиваюча мета проведення семінару.
1	2	3	4	5
Сформувати у студентів визначати, характеризувати, аналізувати особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата	IV рівень	Сформовані знання про токарні верстати, види токарних верстатів, будову токарних верстатів, принцип роботи токарних верстатів, САПР та системи автоматичного керування	Сформоване уміння у студентів визначати, характеризувати, аналізувати особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата	Розвивати логічне мислення, просторову уяву, увагу, пам'ять, розумову активність, інтуїцію, пізнавальну самостійність, пізнавальний інтерес, потребу в самоосвіті, ініціативу, творчість, обґрунтованість суджень.

5.2. Вибір типу семінару і форми його проведення

Семінар (лат. *seminarium* — розсадник) — вид навчальних занять практичного характеру, спрямованих на поглиблене опрацювання теоретичного матеріалу. Семінарські заняття сприяють активізації пізнавальної діяльності студентів, формуванню самостійності суджень, умінню обстоювати власні думки, аргументувати їх на основі наукових фактів. Вони сприяють оволодінню фундаментальними знаннями, допомагають розвивати логічне мислення, формувати переконання, оволодівати культурою толерантності, активно впливати на соціальне становлення особистості.

Враховуючи дидактичну мету, та розвиваючу ціль, було обрано семінар обговорення (реферативний семінар).

Таблиця 5.2 - Вибір типу семінару та форми його проведення

Тема семінару	Дисципліна, з якої проводиться семінар	Тип семінару та обґрунтування його обрання	Форма проведення семінару та обґрунтування її обрання
1	2	3	4
«Особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата»	«Системи автоматизованого проектування в машинобудуванні»	Тип: Реферативний семінар. Такі семінари проводяться для поширення і систематизації уявлень студентів по окремим питанням навчального курсу, поповнення словарного запасу науковими термінами і закріплення їх, також розвиток комунікативних здібностей студентів.	Форма проведення: Групова. Окремі студенти виступають з доповідями і повідомленнями. Решта студентів повинна уважно слухати доповіді та доповнювати їх.

5.3. Визначення переліку питань для обговорення та джерел інформації при підготовці до семінару

Перелік питань, які необхідно розглянути на семінарі наведено у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 - Питання для обговорення

Питання для обговорення	Джерела інформації
1	2
Які існують фактори, що впливають на роботу привода подачі на важких токарних верстатах, що зумовлюють необхідність впровадження системи автоматичного керування?	1. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Дубиняк С.А. Теорія технічних систем / Під. ред. Кузнєцова Ю.М. – К.-Тернопіль: 1997. – 310с. 2. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., та інші. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних верстатах: Монографія/Упоряд. Кузнєцов Ю.М. – К.-Тернопіль: Терно-граф., 2011. – 692с., іл. 3. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. – УкрДНІАТ, Київ, 2005.-383с.
В чому полягають особливості системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах?	1. Автоматизоване проектування та виробництво у машинобудуванні / за ред.: Ю.М. Солом'янцева, В.Г. Митрофанова. - М: Машинобудування, 1986. - 254с. 2. Адаптивні елементи управління важкими станками: монографія / Васильченко Я. Ст, Ковалев Ст. Д., Мельник М. З., Гаков З. О., Пономаренко О. Ст. - Краматорськ: ДДМА, 2013. - 122 с. 3. Клименко Г.П. Аналіз умов обробки деталей на важких верстатах на основі інформаційного банку даних / / Високі технології в машинобудуванні «Інтерпартнер - 97». - Харків: ХДПУ, 1997.
Як характеризується математична модель для реалізації системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах?	Клименко Г.П. Визначення обмежень на режими різання при оптимізації регламентів експлуатації інструменту на важких верстатах / Клименко Г.П., Васильченко Я.В., Ткаченко Н.А. // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. – Краматорськ: ДДМА. – 2003. – Вип. 15. 2. Ковальов В.Д. Конструкції та експлуатація важких верстатів: / Бабін О.Ф., Пономарьов Л.Д. // Навчальний посібник. - Краматорськ: - ДДМА, 2005. - 112 с.3. Ковалев В.Д. Разработка методики управления режимами обработки на тяжелом токарном станке с помощью PLC модулей / Ковалев В.Д., Мельник М.С., Березовская И.К. // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ, вип. № 35, 2014

Продовження табл. 5.3

1	2
В чому особливість технології розробки та впровадження багаторівневої системи прийняття рішень з елементами штучного інтелекту для автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах?	Ковальов В.Д., Васильченко Я.В. Управління процесом обробки на важких верстатах за допомогою алгоритму оптимального регулювання // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. - Краматорськ: ДДМА. - 2006. - Вип. 19. - С. 24-32. Ковальов В. Д. Демпфування коливань у приводах подач важких верстатів, із застосуванням слідкуючого приводу на основі лінійного двигуна з гідропідсилювачем / В. Д. Ковальов, О. Ф. Бабін, С. А. Гаков. – Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. (Зб. наук. Праць.) - Вип. 15. - Краматорськ-Київ: ДДМА, 2005. - С. 108-116. 3. Ковальов В.Д. Розробка системи управління якістю роботи важких станків та інструментів / Ковалев В.Д., Васильченко Я.В. // Збірник наукових праць. Якість, стандартизація. - Київ, 2015.
Яка особливість програмованого логічного контролера як одного з елементів системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах?	Ковальов В.Д. Система адаптивного керування роботою важкого токарного верстата / Ковальов В.Д., Васильченко Я.В., Мельник М.С. // Вісник СевНТУ. Серія "Машинобудування та транспорт". - 2011. - Вип.118. - С.47-52. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В., Дубіняк С.О. Теорія технічних систем / Під. ред. Кузнєцова Ю.М. - К.-Тернопіль: 1997. - 310 с. 3. Кузнєцов Ю.М., Луців І.В. та інші. Технологічне оснащення для високоефективної обробки деталей на токарних станках: Монографія/Упоряд. Кузнєцов Ю.М. – К.-Тернопіль: Терно-граф., 2011. – 692с., іл.
Як реалізується процес впровадження адаптивних систем автоматичного управління зі стабілізацією і оптимізацією якості управління приводом подачі на важких токарних верстатах?	Петраков Ю.В. Автоматичне керування процесами обробки матеріалів різанням. - УкрДНІАТ, Київ, 2005.-383с. Старков Ст. До. Обробка різанням. Управління стабільністю та якістю в автоматизованому виробництві. / Ст. До. Старків. - М.: Машинобудування, 1989. - 296 с. 3. Васильченко Я.В. Розробка та застосування інструменту для адаптивних технологічних систем на важких верстатах / Я.В. Васильченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем : зб. наук. праць. - Краматорськ: ДДМА, 2006. - Вип. 18. - С. 27-31.
В чому полягає технологія розробки та впровадження схеми незамкненою системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах?	1. Васильченко Я.В. Вибір оптимальних режимів різання при автоматичному управлінні важкими верстатами / Я.В. Васильченко, В.Д. Ковальов // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. –

Продовження табл. 5.3

1	2
	Краматорськ: ДДМА, 2006. – Вип. 20. – С. 48-53. 2. Васильченко Я.В. Розробка інформаційних технологій для систем адаптивного управління процесом обробки деталей на важких токарних станках / Я.В. Васильченко // Вісник ЖДТУ. - Житомир, 2009. - С.176-182. 3. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. - УкрД-НІАТ, Київ, 2005.-383с.
Як характеризується технологія розробки та впровадження схеми замкнутої системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах?	Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубіняк С.О. Теорія технічних систем / Під. ред. Кузнецова Ю.М. - К.-Тернопіль: 1997. - 310с. Адаптивні елементи управління важкими верстатами: монографія / Я.В. Васильченко, В.Д. Ковальов, М.С. Мельник, С.О. Гаков, О.В. Пономаренка. - Краматорськ: ДДМА, 2013. - 122 с. 3. Васильченко Я.В. Розробка та застосування інструменту для адаптивних технологічних систем на важких верстатах / Я.В. Васильченко // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. - Краматорськ: ДДМА, 2006. - Вип. 18. - С. 27-31.
В чому особливість технології розробки та впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах з використанням лазерного променя?	Ковальов В.Д. Конструкції та експлуатація важких верстатів: / Бабін О.Ф., Пономарьов Л.Д. // Навчальний посібник. - Краматорськ: - ДДМА, 2005. - 112 с. Ковальов Ст. Д. Демпфування коливань у приводах подач важких верстатів, із застосуванням слідкуючого приводу на основі лінійного двигуна з гідропідсилювачем/В. Д. Ковальов, О. Ф. Ба-бін, С. А. Гаків. – Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. (Зб. наук. Праць.) - Вип. 15. - Краматорськ-Київ: ДДМА, 2005. - С. 108-116. 3. Кузнецов Ю.М., Луців І.В., Дубіняк С.О. Теорія технічних систем / Під. ред. Кузнецова Ю.М. - К.-Тернопіль: 1997. - 310 с.
Які критерії оптимізації та обмеження на керовані параметри процесу впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах існують?	Автоматизоване проектування та виробництво в машинобудуванні / за ред.: Ю.М. Соломенцева, В.Г. Митрофанова. - М: Машиностроювання, 1986. - 254с. 2. Клименко Г.П. Визначення обмежень на режими різання за оптимізації регламентів експлуатації інструменту на важких верстатах / Клименко Г.П., Васильченко Я.В., Ткаченко Н.А. // Надійність інструменту та оптимізація техно-логічних

Продовження табл. 5.3

1	2
	систем. - Краматорськ: ДДМА.– 2003. – Вип. 15. 3. Петраков Ю.В. Автоматичне управління процесами обробки матеріалів різанням. – УкрДНІАТ, Київ, 2005.-383с.
Які переваги та недоліки впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах Ви можете назвати?	Ковальов В.Д. Конструкції та експлуатація важких верстатів: / Бабін О.Ф., Пономарьов Л.Д. // Навчальний посібник. - Краматорськ: - ДГ-МА, 2005. - 112 с. Васильченко Я.В. Розробка інформаційних технологій для систем адаптивного керування процесом обробки деталей на важких токарних станках / Я.В. Васильченко // Вісник ЖДТУ. - Житомир, 2009. - С.176-182. Васильченко Я.В. Вибір оптимальних режимів різання при автоматичному керуванні важкими верстатами / Я.В. Васильченко, В.Д. Ковальов // Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем: зб. наук. праць. - Краматорськ: ДДМА, 2006. - Вип. 20. - С. 48-53. 5. Адаптивні елементи управління важкими станками: монографія / Васильченко Я. В., Ковалев В. Д., Мельник М. С., Гаков С. О., Пономаренко О. В. – Краматорськ: ДДМА, 2013. – 122 с.
В чому полягають перспективи впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах?	Ковальов В.Д. Конструкції та експлуатація важких верстатів: / Бабін О.Ф., Пономарьов Л.Д. // Навчальний посібник. - Краматорськ: - ДГ-МА, 2005. - 112 с. Петраков Ю.В. Автоматичне керування процесами різанням. - УкрДНІАТ, Київ, 2005.-383с. 3. Старков Ст. До. Обробка різанням. Управління стабільністю і якістю в автоматизованому виробництві. / Ст. До. Старків. - М.: Машинобудування, 1989. - 296 с.

5.4 Проскування мотиваційних технологій навчання студентів на семінарі.

Мотивація до навчання – одна із головних умов реалізації навчально – виховного процесу. Вона не тільки сприяє розвитку інтелекту, але і є рушійною силою удосконалення особистості в цілому

Мотивація - система спонукань які зумовлюють активність організму і визначають її спрямованість. Навчальна мотивація ґрунтується на потребі, яка стимулює пізнавальну активність студентів, їх готовність до засвоєння знань.

Потреба не визначає характеру діяльності, її предмет окреслюється тоді, коли людина починає діяти.

Для проведення даного семінару визначаємо тип, вид та методи мотивації. Враховуючи те, що дидактична мета в нас 4 рівня, то тип мотивації обираємо – внутрішню на вступному етапі, яка допоможе нам досягти нашої поставленої мети, тому, що направить студентів на вивчення теми більш детально та творчо та зовнішню, які підтримуючу увагу та зосередженість студентів. Текст мотивації представимо в табл.5.5.

Таблиця 5.4 - Обрання методів мотивації навчальної діяльності

Вид і методи і текст мотивації	
Вступна внутрішня мотивація	Підтримуюча (поточна) зовнішня мотивація
1	2
На сьогоднішньому занятті ми з Вами будемо розглядати питання, що стосується особливостей удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата». Важке машинобудування займає одне з провідних місць в промисловості та експортному потенціалі України. Підприємства важкого машинобудування відрізняються широкою номенклатурою виробів, унікальними розмірами і вагою продукції, тривалим циклом виготовлення деталей, одиничним і дрібносерійним характером виробництва, побудовою технологічного процесу за принципом концентрації операцій. Важкі верстати є основою технологічного обладнання цієї галузі. Їх сумарна вартість настільки значна, що нераціональне конструювання і використання важких верстатів веде до великих економічних втрат. Необхідність обробки різноманітних деталей зумовлює широку універсальність обладнання. Виготовлення деталей вагою в десятки і сотні тонн вимагає застосування унікальних верстатів, що представляють характерну особливість даної галузі машинобудування. Номенклатурний і кількісний склад обладнання повинен забезпечувати можливість виконання завдань в умовах виробництва, що безперервно змінюються. При обмеженому обсязі випуску виробів, необхідно знаходити шляхи вдосконалення технологічного процесу при встановленому характері виробництва. У зв'язку з цим виникає необхідність підвищення серійності виробництва при заданому обсязі випуску. Більшість дослідників при розробці конструкцій верстатів і регламентів їх експлуатації обмежуються розглядом лише чинників процесу	Ми з вами заслушали декілька доповідей з теми семінару «Особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата». Тепер нам треба визначити, які ж з них найефективніші. Отже, продовжуємо працювати та заслухаємо ще кілька доповідей. Не забувайте, що сьогодні за роботу на семінарі всі отримають бали, але їх кількість буде залежати від того, як Ви працюєте. Тож не відволікайтесь і продовжуємо!

Продовження табл. 5.4

1	2
різання: елементів режиму різання, властивостей оброблюваного та інструментального матеріалу і т.п. При цьому недостатньо враховуються особливості обробки деталей на важких верстатах, які пов'язані з масштабним фактором (оброблювані деталі довжиною до 24000 мм, діаметром до 5000 мм, масою до 250 тонн і більше), конструкцією інструментів, великим розсіюванням параметрів обробки, підвищеною ймовірністю руйнування інструменту (до 45%), необхідністю враховувати надійність інструменту при обробці великогабаритних і дорогих деталей. Відсутність обґрунтованих вимог до створення важких верстатів з програмним керуванням призвело до того, що верстати, які випускаються, мають максимально можливі технологічні можливості, тобто орієнтовані на обробку найскладніших деталей. Однак, досвід експлуатації обладнання з програмним керуванням показав, що частина його функцій залишається затребуваною. Необхідно розробити основи проектування нових важких верстатів з адаптивним управлінням, які орієнтовані на потреби підприємств важкого машинобудування. Кожен верстат повинен реалізовувати необхідну і достатню кількість функцій, тобто мати раціональні технологічні можливості і споживчі властивості (вартість, розміри та ін.). Очевидно, що вироблення обґрунтованих вимог до важких верстатів з адаптивним керуванням можливе тільки на основі узагальнення і дослідження певної кількості характеристик деталей, що виготовляються підприємствами важкого машинобудування. Таким чином, для підвищення ефективності важкого машинобудування необхідно вирішити актуальну науково-технічну проблему - розроблення основи проектування важких верстатів з адаптивним управлінням приводом подачі. Ті хто будуть активно приймати участь в обговоренні доповідей отримають додаткові бали на занятті та певний досвід в рамках даної теми. Тож розпочнімо!	

5.5. Аналіз базових умов навчання

Базовий матеріал – це всі ті відомості, що за змістом зв'язані з даною темою і знання яких учнем робить для нього новий матеріал доступним.

Базові знання – це початкова умова, яка необхідна для вивчення нового матеріалу. Вони відображують ті мінімальні вміння та здатності, якими повинні володіти ті що навчаються до того як вони почали програмне навчання.

В таблиці 5.5 наведемо аналіз базових умов навчання з теми семінару.

Таблиця 5.5 - Аналіз базового матеріалу і способи актуалізації базових знань

Перелік базових понять, законів, способів дій	Назва дисциплін і тем, в яких формуються опорні знання і дії	Способи (методи, форми, засоби) перевірки рівня сформованості базових знань і способів дій	Способи актуалізації або поповнення базових знань і способів дій
1	2	3	4
Токарні верстати Види токарних верстатів Важкі токарні верстати Будова важких токарних верстатів, Принцип роботи важких токарних верстатів САПР та системи автоматичного керування	«Системи автоматизованно го проектування в машинобудуван ні»	Усне фронтальне опитування, за допомогою питань: Які верстати називаються токарними? Чим характеризуються важкі токарні верстати? Яка будова важких токарних верстатів? В чому полягає принцип роботи важких токарних верстатів? Опишіть особливості розробки та впроваджен-ня САПР в роботі важких токарних верстатів.	Стисле нагадування основних положень базового матеріалу

5.6. Проектування основної частини реферативного семінару.

При розробці дидактичного проекту семінару слід:

- визначити навчальний матеріал, що підлягає закріпленню, та сформулювати питання для обговорення;
- розробити змістовні матеріали з кожного питання: перелік основних понять, показників та закономірностей, які повинні бути обговорені та закріплені на семінарі;
- навести перелік тем доповідей, а також визначити мету та тривалість кожної доповіді наведено в таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 - Характеристика доповідей на семінарі

№ доповіді	Тема доповіді	Мета доповіді	Тривалість доповіді	Тривалість обговорення доповіді
1	2	3	4	5
1	Фактори, що впливають на роботу привода подачі на важких токарних верстатах, що зумовлюють необхідність впровадження системи автоматичного керування	Проаналізувати фактори, що впливають на роботу привода подачі на важких токарних верстатах, що зумовлюють необхідність впровадження системи автоматичного керування	3-5 хв.	до 5 хв.
2	Особливості системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Охарактеризувати особливості системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	3-5 хв.	до 5 хв.
3	Математична модель для реалізації системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Описати математичну модель для реалізації системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	3-5 хв.	до 5 хв.
4	Технологія розробки та впровадження системи багаторівневої системи прийняття рішень з елементами штучного інтелекту для автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Охарактеризувати особливості технології розробки та впровадження багаторівневої системи прийняття рішень з елементами штучного інтелекту для автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	3-5 хв.	до 5 хв.
5	Особливість програмованого логічного контролера як одного з елементів системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Ознайомити слухачів із сутністю програмованого логічного контролера як одного з елементів системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	3-5 хв.	до 5 хв.
6	Впровадження адаптивних систем автоматичного управління зі стабілізацією і оптимізацією якості управління приводом подачі на важких токарних верстатах	Описати процес впровадження адаптивних систем автоматичного управління зі стабілізацією і оптимізацією якості управління приводом подачі на важких токарних верстатах	3-5 хв.	до 5 хв.
7	Технологія розробки та	Описати технологію	3-5 хв.	до 5 хв.

Продовження табл. 5.6

1	2	3	4	5
	впровадження схеми незамкненою системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	розробки та впровадження схеми незамкненою системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах		
8	Технологія розробки та впровадження схеми замкнутої системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Ознайомити слухачів з особливостями технології розробки та впровадження схеми замкнутої системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	3-5 хв.	до 5 хв.
9	Технологія розробки та впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах з використанням лазерного променя	Охарактеризувати технологію розробки та впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах з використанням лазерного променя	3-5 хв.	до 5 хв.
10	Критерії оптимізації та обмеження на керовані параметри процесу впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Визначити та проаналізувати критерії оптимізації та обмеження на керовані параметри процесу впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	3-5 хв.	до 5 хв.
11	Переваги та недоліки впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Визначити, описати та проаналізувати переваги та недоліки впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	3-5 хв.	до 5 хв.
12	Перспективи впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Визначити та проаналізувати перспективи впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	3-5 хв.	до 5 хв.

Необхідно зазначити перелік джерел інформації для доповідей, який знаходиться в таблиці 5.7.

Таблиця 5.7 - Джерела інформації для підготовки доповідей

Теми доповідей	Джерела інформації
1	2
Фактори, що впливають на роботу привода подачі на важких токарних верстатах, що зумовлюють необхідність впровадження системи автоматичного керування	Наведені у таблиці 5.3
Особливості системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3
Математична модель для реалізації системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3
Технологія розробки та впровадження багаторівневої системи прийняття рішень з елементами штучного інтелекту для автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3
Особливість програмованого логічного контролера як одного з елементів системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3
Впровадження адаптивних систем автоматичного управління зі стабілізацією і оптимізацією якості управління приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3
Технологія розробки та впровадження схеми незамкненою системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3
Технологія розробки та впровадження схеми замкнутої системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3
Технологія розробки та впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах з використанням лазерного променя	Наведені у таблиці 5.3
Критерії оптимізації та обмеження на керовані параметри процесу впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3
Переваги та недоліки впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3
Перспективи впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Наведені у таблиці 5.3

Необхідно розробити змістовну характеристику кожної доповіді і методику її проведення, яка знаходиться в таблиці 5.8.

Таблиця 5.8 - Змістовна характеристика доповідей

Тема доповіді	Частини доповіді	Основні питання доповіді	Метод викладу змісту	Методика забезпечення наочності	Прийоми активізації слухачів
1	2	3	4	5	6
Доповідь №1. Тема «Фактори, що впливають на роботу привода подачі на важких токарних верстатах, що зумовлюють необхідність впровадження системи автоматичного керування»	Вступна частина	Перелік та характеристика факторів, що впливають на роботу привода подачі на важких токарних верстатах, що зумовлюють необхідність впровадження системи автоматичного керування	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій Демонстрація презентаційних слайдів	Розповідь
	Основна частина				
	Заключна частина	Висновки			
Доповідь №2. Тема: «Особливості системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах»	Вступна частина	Опис та аналіз особливостей системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Монологічний метод	Демонстрація презентаційних слайдів	Виступ з проблемою
	Основна частина				
	Заключна частина	Висновки щодо проведеного аналізу			
Доповідь №3. Тема: «Математична модель для реалізації системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах»	Вступна частина	Відомості про математичну модель для реалізації системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій Демонстрація презентаційних слайдів	Розповідь
	Основна частина				
	Заключна частина	Висновки			

Доповідь №5.Тема: «Технологія розробки та впровадження багаторівневої системи прийняття рішень з елементами штучного інтелекту для автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах»	Вступна частина	Опис технології розробки та впровадження багаторівневої системи прийняття рішень з елементами штучного інтелекту для автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Основна частина				
	Заключна частина	Висновки			
Доповідь №5.Тема: «Особливість програмованого логічного контролера як одного з елементів системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах»	Вступна частина	Визначення та характеристика особливостей програмованого логічного контролера як одного з елементів системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Монологічний метод	Демонстрація ілюстрацій	Розповідь
	Основна частина				
	Заключна частина	Висновки			
Доповідь №6 Тема: «Впровадження адаптивних систем автоматичного управління зі стабілізацією і оптимізацією якості управління приводом подачі на важких токарних верстатах»	Вступна частина	Опис процесу впровадження адаптивних систем автоматичного управління зі стабілізацією і оптимізацією якості управління приводом подачі на важких токарних верстатах	Монологічний виклад інформації	Демонстрація презентаційних слайдів	Паузи на важливих моментах
	Основна частина				
	Заключна частина	Висновки			
Доповідь №7	Вступна	Опис технології	Монологі	Демонстра	Паузи на

Тема: «Технологія розробки та впровадження схеми незамкненою системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах»	частина	розробки та впровадження схеми незамкненою системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	чний виклад інформації	ція презентації йних слайдів	важливих моментах
	Основна частина				
	Заклучна частина	Висновки			
Доповідь №8 Тема: «Технологія розробки та впровадження схеми замкнутої системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах»	Вступна частина	Визначення особливостей технології розробки та впровадження схеми замкнутої системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Монологічний виклад інформації	Демонстрація презентації йних слайдів	Паузи на важливих моментах, тезисні висновки
	Основна частина				
	Заклучна частина	Висновки			
Доповідь №9 Тема: «Технологія розробки та впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах з використанням лазерного променя»	Вступна частина	Опис технології розробки та впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах з використанням лазерного променя	Монологічний виклад інформації	Демонстрація презентації йних слайдів	Паузи на важливих моментах,
	Основна частина				
	Заклучна частина	Висновки			
Доповідь №10 Тема: «Критерії оптимізації та обмеження на керовані параметри процесу впровадження системи	Вступна частина	Визначення та аналіз критеріїв оптимізації та обмеження на керовані параметри процесу впровадження системи	Монологічний виклад інформації	Демонстрація презентації йних слайдів	Тезисні висновки
	Основна частина				

автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах»		автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах			
	Заклучна частина	Висновки			
Доповідь №11 Тема: «Переваги та недоліки впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах»	Вступна частина	Визначення, опис та аналіз переваг та недоліків впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Монологічний виклад інформації	Демонстрація презентаційних слайдів	Тезисні висновки
	Основна частина				
	Заклучна частина	Висновки щодо проведеного аналізу			
Доповідь №12 Тема: «Перспективи впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах»	Вступна частина	Визначення та аналіз перспектив впровадження системи автоматичного керування приводом подачі на важких токарних верстатах	Монологічний виклад інформації	Демонстрація презентаційних слайдів	Паузи на важливих моментах, тезисні висновки
	Основна частина				
	Заклучна частина	Висновки щодо проведеного аналізу			

Критерії оцінювання студентів наведені в таблиці 5.9.

Таблиця 5.9 - Оцінка участі студентів в семінарі та доповідей

Критерії оцінки участі в семінарі	Кількість балів	Критерії оцінки доповіді	Кількість балів
1	2	3	4
Виступ з докладом	0-2	Повнота висвітлення теми доповіді	0-2
Опанування	0-2	Логічність викладу	0-2
Виступ в обговоренні доповіді	0-2	Наочність викладу	0-2
Культура мови	0-2	Володіння аудиторією	0-2

Сценарій проведення реферативного семінару на тему: «Особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата» наведено в таблиці 5.10.

Таблиця 5.10 - Сценарій проведення реферативного семінару

Етап проведення семінару	Дії викладача	Дії студентів
1	2	3
Організація початку заняття	Доброго дня, передайте мені будь-ласка журнал, та розпочнемо заняття.	Студенти готуються до заняття, слухають уважно викладача
Повідомлення теми, цілі увідна мотивація навчальної діяльності	Тема нашого сьогоднішнього заняття: «Особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата», мета заняття: сформувати вміння у студентів визначати, характеризувати, аналізувати особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата. Пояснює важливість вивчення теми.	Студенти записують тему заняття, сприймають мету заняття, усвідомлюють важливість і актуальність теми
Аналіз сформованості та актуалізація опорних знань	Проведення усного фронтального опитування, за допомогою питань: Які верстати називаються токарними? Чим характеризуються важкі токарні верстати? Яка будова важких токарних верстатів? В чому полягає принцип роботи важких токарних верстатів? 5. Опишіть особливості розробки та впровадження САПР в роботі важких токарних верстатів. Слухає відповіді студентів, корегує при необхідності, нагадує та пояснює незрозумілі моменти	Студенти слухають викладача, відповідають на питання. Слухають стисле нагадування
Повідомлення про тематику докладів і організацію опанування та обговорення.	На сьогоднішньому занятті, ми з вами заслухаємо доповіді стосовно особливостей удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата, після кожного виступу буде можливість обговорити основні положення доповіді та прийти до певних висновків. Ті, хто будуть активно приймати участь в обговоренні доповідей, отримають додаткові бали на занятті, та певний досвід в рамках даної теми. Також під час виступу, всі інші повинні конспектувати основні положення.	Студенти слухають викладача. Студенти з доповідями готуються до виступу.
Заслуховування	Заслуховування доповідей студентів на	Слухають уважно

та обговорення доповідей.	обрані теми. Після кожної доповіді у студентів є час для того, щоб обговорити виступ, задати питання, які виникали під час доповіді. Обговорення.	доповідачів, конспектують основні положення. Обговорюють доповідь та задають питання. Висловлюють свої думки
Оцінка доповідей та участі студентів в їх обговоренні.	Ми прослухали всі доповіді, які були на сьогодні підготовлені. Всі дуже гарно підготувалися та виступили, та отримають добрі оцінки, студенти які приймали участь в обговоренні також отримають додаткові бали.	Слухають уважно викладача
Підведення підсумків семінару.	На сьогоднішньому занятті ми з вами добре попрацювали, дізнались про удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата, що стане Вам у пригоді у подальшому навчанні Вашій професії та у майбутній професійній діяльності.	Слухають викладача

5.7 Висновки до розділу 5

В четвертому розділі магістерської кваліфікаційної роботи було розроблено методичні вказівки до проведення семінару на тему «Особливості удосконалення системи автоматичного керування приводом подачі важкого токарного верстата» з дисципліни: «Системи автоматизованного проектування в машинобудуванні» для студентів спеціальності «Професійна освіта. Машинобудування», були сформульовані оперативні цілі семінару, обраний тип та форма проведення семінару, визначений перелік питань для обговорення, сформульована мотивація для зацікавленості студентів у вивченні теми, проаналізовані базові умови навчання з теми, обрані та проаналізовані джерела інформації для підготовки до семінару, описані критерії оцінювання доповідей студентів на семінарі та розроблений сценарій проведення семінарського заняття з теми.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У даному дипломному проекті був розглянутий об'єкт - важкий токарський верстат моделі HOESCH D1000, виконаний критичний аналіз існуючої системи керування, виявлені недоліки й запропоновані варіанти модернізації. У розрахунково-конструкторській частині дипломного проекту був виконаний розрахунки й вибір двигуна необхідної потужності й моменту привода подачі верстата, а також проведена дослідницька частина підтвердила надійність використання синхронних двигунів. Виконаний добір апаратур і виконавчі органи, обґрунтована доцільність поставленого завдання.

Апаратно система керування приводом подачі токарського верстату виконана на основі мікропроцесорного модуля Simatic S7-300 фірми SIEMENS, який працює в режимі реального часу.

Реалізована на мікропроцесорних модулях система програмного забезпечення забезпечує автоматичне програмне керування швидкістю, положенням робочих органів у режимі реального часу. Точність і безвідмовність при роботі є важливою особливістю систем мікроконтролерного керування.

У результаті модернізації верстат забезпечує наступні технологічні параметри:

1. Мінімальна погрішність обробки заготовки.
2. Можливість добору робочого зусилля й швидкості залежно від якості, розміру заготовки й виду операції, яка виконується.
3. Зниження часу переналагодження й налаштування на обробку.
4. Низькі енергетичні витрати.
5. Підвищення продуктивності роботи.
6. Зниження питомої собівартості зробленої продукції.

За рахунок уведення нової системи керування суттєво знижується час на ремонт, підвищуються техніко - економічні показники.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ

1. "Руководство относительно программирования систем автоматизации" Simatic S7" (Часть 1) Редакция 01/2004.
2. Bosch Rexroth AG Технология линейных перемещений
Справочное руководство R310RU 2017 (2008.01) www.boschrexroth.com/brl
3. Motion Control. SINUMERIK & SINAMICS. Системы автоматизации для станков/ Каталог NC 61 · 2010
www.siemens.fi/pool/finland/industry/mc-sinumerik/mc
4. Виробництво і технології [Електронний ресурс]: www.cz-smt.cz/ua.
5. Виробництво і технології [Електронний ресурс]: www.hoesch-machine-tool.czech-trade.ua.
6. Виробництво і технології [Електронний ресурс]: www.kzgroup.ua.
7. Виробництво і технології [Електронний ресурс]:
<http://4ua.co.ua/manufacture/index.html>
8. Гжиров Р.И., Серебrenицкий П.П. Программирование обработки на станках с ЧПУ. Справочник, Л., Машиностроение, 1990,-592с.
9. Датчики линейных перемещений для станков с ЧПУ
www.heidenhain.ua.
10. Каталог Siemens Industrial Communication "Промышленная связь для систем автоматизации и поиводов" ІК РІ 2005.
11. Каталог Siemens Industrial Communication "Промышленная связь для систем автоматизации и поводов" ІК РІ 2005.
12. Каталог Siemens/Simatic "Компоненты для комплексной автоматизации". 2006 р.
13. Наладка станков с программным управлением/А. Н. Ковшов, В. А. Ратмиров, И. А. Вульфсон и др. М.: Высшая школа, 2006. 280 с.
14. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и

многоцелевых станках с ЧПУ. Часть II, М., Экономика, 1990г., -474с.

15. Панов А. А. Совершенствование производства в условиях внедрения гибких автоматизированных технологических систем и промышленных роботов. - Станки и инструмент, 1983, № 7, с. 2-4.

16. Построение систем управления автоматическими линиями на основе программируемых командоаппаратов / И. Н. Миков, Б. И. Черпаков, Ю. Н. Адалин, С. В. Мешков - Станки и инструмент, 1982, № 11, с. 3-5.

17. Программное управление станками: Учебник для машиностроительных вузов/В. Л. Сосонкин, О. П. Михайлов, Ю. А. Павлов и др.; Под общей ред. В. Л. Сосонкина. М.: Машиностроение, 1981. 398 с.

18. Сергиевский Л. В. Наладка и эксплуатация станков с устройствами ЧПУ—М. Машиностроение, 1981.—240 с.

19. Системы программного управления промышленными установками и робототехническими комплексами: Учебное пособие для вузов / Б. Е. Коровин, Г. И. Прокофьев, Л. Н. Рассудов. Л.: Энергоатомиздат, Ленинград. Отд., 1990 – 352с.

20. Станки с числовым программным управлением (специализированные). Под ред. В. А. Лещенко - М.: Машиностроение, 1988.- 592с.

21. Станки с числовым программным управлением. / Под. ред. В. А. Лещенко М-Машиностроение, 1979.—592 с.

22. Техническая документация к токарному станку HOESCH D1000.

23. Точность и надежность станков с числовым программным управлением (Под ред. А. С. Проникова). М.: Машиностроение, 1982.-356с.

24. У Титце, К Шенк "Полупроводниковая схемотехника". М: "Мир" - 1982, 512 ст.

25. Головенкін В. П. Інженерна педагогіка [Електронний ресурс]: підруч. / В. П. Головенкін. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. Режим доступу: http://psy.kpi.ua/wp-content/uploads/2017/02/Injenerna_pedagogika.pdf

26. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика

професійного навчання: дидактичне проектування: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 204 с.

27. Коваленко О. Е., Брюханова Н. О., Корольова Н.В. Методика професійного навчання: основні технології навчання: Підручник для студентів інженерно-педагогічних спеціальностей. – Харків: УПА, 2019. – 174 с.

28. Лебедик Л.В., Стрельников В.Ю., Стрельников М.В. Сучасні технології навчання і методики викладання дисциплін: Навчально-методичний посібник для слухачів курсів підвищення кваліфікації педагогічних працівників закладів середньої, професійної (професійно-технічної), фахової передвищої та вищої освіти / Л. В. Лебедик, В. Ю. Стрельников, М. В. Стрельников. – Полтава : АСМІ, 2020. – 303 с.

29. Методика професійної освіти : навч. посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 015 «Професійна освіта» галузі знань 01 «Освіта / Педагогіка» / Д. О. Чернишев, К. І. Почка, Г. Л. Корчова, Ю. С. Красильник, М. В. Руденко. – Київ : Компринт, 2025. – 224 с.

30. Методичні вказівки до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для здобувачів освіти другого (магістерського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 015 Професійна освіта (за спеціалізацією) / Укр. інж.-пед. акад.; упоряд.: О. Е. Коваленко, Н. О. Брюханова, Н.В. Божко, Н.В. Корольова – Харків: УПА, 2025. – 82 с.

31. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» першого (бакалаврського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

32. Освітньо-професійна програма «Професійна освіта (Машинобудування)» другого (магістерського) рівня. Затверджена вченою радою Української інженерно-педагогічної академії від 28.06.2024 року №13.

33. Семенова А.В. Професійна педагогіка: Підручник. / Авт.: О.В. Грабовський, Л.В. Коломієць, О.С. Савельєва, А.В. Семенова, В.Ф. Яні; за заг. ред. А.В. Семенової. – Одеса: Бондаренко М.О., 2020. – 575 с.

34. Сайт дистанційної освіти Університету – Режим доступу: <https://moodle.karazin.ua>
35. EdEra – студія онлайн-освіти [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ed-era.com/>
36. Український освітній онлайн-портал для вчителів «На Урок» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://naurok.com.ua/>
37. «Освіторія Медіа» – онлайн медія про освіта та виховання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://osvitoria.media/>
38. Освіта.UA [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://osvita.ua>
39. Всеосвіта – освітня платформа для професійного зростання педагогічних працівників та підвищення їх педагогічної майстерності [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://vseosvita.ua/>

ДОДАТОК А

Технічні параметри модуля живлення SIMODRIVE 611D

Модулі живлення SIMODRIVE 611D	Технічні параметри
Номінальна потужність	36 кВт
Тривала потужність зворотного живлення	36 кВт
Пікова потужність зворотного живлення	70 кВт
Параметри підключення:	
▪ Напруга	3 АС 480В
▪ Частота	50...60 ±10 % Гц
▪ Номінальний струм	60,5 А
▪ Піковий струм	117,5 А
Вихідна напруга	680В
Ширина модуля	200 мм
Положення при експлуатації	вертикальне
Внутрішній тепловідвід	вбудований зовнішній вентилятор

ДОДАТОК Б

ПРИКЛАД КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ МОДОЛЯ SIMENS 810/840D ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ»

Б1. Відомості з керівництва по програмуванню

Б 1.1 Структура програми

У структурі програми використовується програмування ЧПК для верстатів у відповідності зі стандартом DIN66025. Керуюча програма є послідовністю програмних кадрів, збережених у системі керування. При виконанні обробки деталі ці кадри зчитуються й перевіряються комп'ютером у запрограмованому порядку. Відповідні керуючі сигнали надходять на верстат.

Керуюча програма ЧПК складається з:

- Номера програми;
- Кадрів керуючої програми;
- Слів;
- Адрес;
- Числових комбінацій (для адрес осей частково зі знаком).

Б 1.2 Призначення й адреси ЧПК SIMENS 810/840D

ЧПК SIMENS 810/840D - пристрій типу CNC, призначене для оперативного керування верстатами зі ЧПК. Програма набирається на ЕОМ, підключеної до верстата зі ЧПК, і зберігається на жорсткому диску. У кожному кадрові КП може бути використана тільки одна функція (слово).

Б 1.3 Застосовувані адреси функцій і команд у кодах ISO

N – номер кадра від 1 до 9999;

G – підготовча команда;

X, Z – позиційні дані в абсолютних значеннях;

F – швидкість подачі, крок різьб;

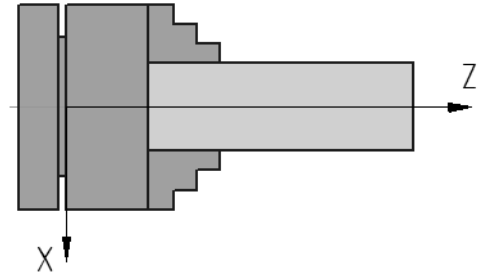
S – швидкість обертання шпинделя, швидкість різання;

T – виклик інструмента й корекції на нього;

M – допоміжна команда;

Б 1.4 Система координат токарського верстата

На токарському верстаті EMCO Consept Turn 55 використовується двох координатна система переміщень: поздовжня – вісь заготовки (координата Z) і поперечна (координата X). Для зручності користувача значення по координаті X задається діаметром.



Б 1.5 Застосовувані підготовчі G – команди

- G00 – прискорене переміщення;
- G01 – лінійна інтерполяція;
- G02 – кругова інтерполяція за годинниковою стрілкою;
- G03 – кругова інтерполяція проти годинникової стрілки;
- G54 – установлюване зрушення нуля;
- G90 – абсолютні розміри;
- G95 – подача в мм/об;

Б 1.6 Застосовувані допоміжні M – команди

- M03 – Обертання шпинделя проти годинникової стрілки
- M05 – Останов шпинделя
- M06 – Зміна інструмента
- M30 – Кінець КП

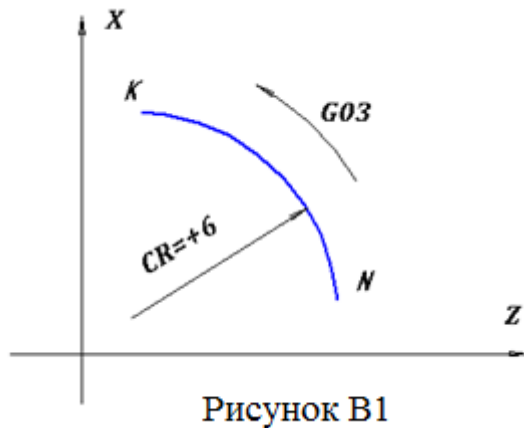
Значення інших підготовчих і допоміжних команд можна знайти в керівництві “SINUMERIK 810/840D. Програмування. Токарська обробка”.

Б 1.7 Лінійна інтерполяція по координатах X, Z

За замовчуванням лінійні переміщення задаються в абсолютній системі

координат (G90). Дискретність переміщень – **0,001** мм по обом осям.

Б 1.8 Кругова інтерполяція проти годинникової стрілки G03



X, Z – координати початкової й кінцевої точки дуги; CR – радіус дуги; F – швидкість подачі (див. мал. 1) При цьому інструмент переміщається з початкової точки (X9, Z-17) попереднього кадра, у кінцеву точку кадра (X15, Z-23), по дузі (CR),

радіусом 6 мм, проти годинникової стрілки, із запрограмованою швидкістю подачі (F) 80 мм/хв.

Приклад:

...

N025 G01 X9, Z-17

F80 N030 G03 X15 Z-23

CR6

...

Примітка:

- Введення CR з позитивним знаком дає дугу $<180^\circ$, негативний знак дає дугу $>180^\circ$. Повні кола не можуть бути запрограмовані за допомогою CR.
- Напрямок G02, G03 завжди визначається над віссю обертання (відповідно до DIN 66 025), незалежно від того виконується обробка над або під віссю обертання.
- При програмуванні між кожним окремим словом обов'язково вставляється пробіл.

Приклад: N005 G0 X20 Z100

Опис інших команд можна знайти в керівництві “SINUMERIK 810/840D. Програмування. Токарська обробка”.

Б 1.9 Програмування частоти обертання шпинделя

Привод верстата забезпечує безступінчасте регулювання частоти обертання шпинделя в межах діапазону, як за годинниковою стрілкою (M03), так і проти (M04). Перший діапазон: 120... 2000 про/хв, другий діапазон: 280... 4000 хв⁻¹. Частота обертання задається прямим кодом. Частоту обертання шпинделя 600⁻¹, можна задати так:

...

N015 M3 S600

...Б 1.10 Програмування подачі

Подача за замовчуванням задається в мм/об (G95). Наприклад подачу 0.1 мм/об можна записати як:

...

N035 G1 X250 F0.1

...

Крім цього подачу можна задавати в мм/хв, використовуючи підготовчу команду G94. Подачу 100 мм/хв записують як:

...

N055 G94 G1 Z-15 F100

...

Розрахунково-технологічна карта (РТК) служить вихідним інструментом:

- технологів-програмістів, для розрахунків керуючої програми по заданій траєкторії переміщення різального інструменту;
- операторів верстата зі ЧПК, для налаштування верстата при впровадженні обробки деталі;
- конструкторів (у вигляді технічних умов) на проектування затискного оснащення й спеціального різального інструменту.

Б 2. Виконання розрахунково-технологічної карти

Перв. примен.			
Справ. №			
Подп. и дата			
Инв. № дубл.			
Взам. инв. №			
Подп. и дата			
Инв. № подл.			

— Нуль детали
— Перемещение на обраной подаче
-- Прискорене перемещения

1. H14, h14, $\pm \frac{IT14}{2}$

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Розрахунково-технологічна карта	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Котлодуплатов С.Р.						1:1
Пров.						Лист	Листов	1
Т.контр.						Д16 ДСТУ 4794-97 зр.ДКІ-ПОМ16м2		
Н.контр.						Копировал Формат А4		
Утв.								

РТК являє собою траєкторію переміщення інструмента при обробці деталі, а також координати опорних крапок переміщення, використовуваний різальний інструмент і режими різання. Перед складанням РТК необхідно визначити послідовність обробки деталі із призначенням припусків на обробку. Після цього нанести на креслення деталі траєкторію переміщення різального інструменту й визначити координати опорних крапок, розрахувати режими різання (частоту обертання деталі й призначити подачу) і занести дані в таблицю РТК.

Якщо при обробці деталі на верстаті зі ЧПК використовується тільки один різальний інструмент, то його можна не вносити в таблицю.

Б 2.1 Приклад оформлення розрахунково-технологічної карти

Б 2.1.1 Таблиця координат крапок і режимів різання.

№ точки	Координаты точки		S мм/об.	n об/мин
	X	Z		
1	22	0	20	1600
2	-2	0		
3	-2	1		
4	19	1	20	1670
5	19	-20		
6	22	-20		
7	22	1	10	1750
8	15	1		
9	18	-0,5		
10	18	-9,5	20	10
11	19	-10	10	
12	21	-10	20	

Б 2.1.1 Керуюча програма

Кадр КП	Коментарі
;VAL	Назва програми (Вал)
N5 G00 G54 X40 Z50	Прискорене переміщення в безпечну крапку зміни інструмента
N10 M6 T2 D1	Зміна інструмента, включення коректора на інструмент
N15 M3 S1000	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою із частотою обертання 1000 хв ⁻¹ .
N20 X22 Z0	Прискорене переміщення в крапку 1
N25 G95 G01 X-2 F0.05	Переміщення в крапку 2 з подачею 0,05 мм/об.
N30 Z1	Переміщення в крапку 3 на робочій подачі
N35 G00 X19 S1670 M03	Прискорене переміщення в крапку 4, зміна частоти обертання шпинделя на 1670 хв ⁻¹
N40 G01 Z-20 F0.05	Переміщення в крапку 5 з подачею 0,05 мм/об.
N45 X22	Переміщення в крапку 6 на робочій подачі
N50 G00 Z1	Прискорене переміщення в крапку 7
N55 X15	Прискорене переміщення в крапку 8
N60 G01 X18 Z-0.5 F0.05 M03 S1750	Переміщення в крапку 9 з подачею 0,05 мм/хв. і частотою обертання шпинделя 1750 хв ⁻¹
N65 Z-9.5 F0.1	Переміщення в крапку 10 з подачею 0,1 мм/об.
N70 G02 X19 Z-10 R1 F0.05	Кругове переміщення радіусом 0.5 мм по годинної стрілки в крапку 11, з подачею 0,05 мм/об.
N75 G01 X21 Z-10 F0.1	Переміщення в крапку 12 на робочій подачі 0,1 мм/об.
N80 G00 X40 Z50	Прискорене переміщення в безпечну крапку зміни інструмента
N85 M05	Останов шпинделя
N90 M30	Кінець керуючої програми

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені В.Н. КАРАЗІНА

Навчально-науковий інститут «Українська
інженерно-педагогічна академія»

(назва факультету/інституту)

Кафедра машинобудування, транспорту і зварювання

(назва кафедри)

кваліфікаційна робота рівня вищої освіти "магістр"

**Професійна підготовка фахівця машинобудівних
підприємств з підвищення точності механічної обробки на
важкому токарному верстаті моделі HOESCH D1000 за
рахунок раціонального вибору системи керування**

Спеціальність 015.34 Професійна освіта (Машинобудування)

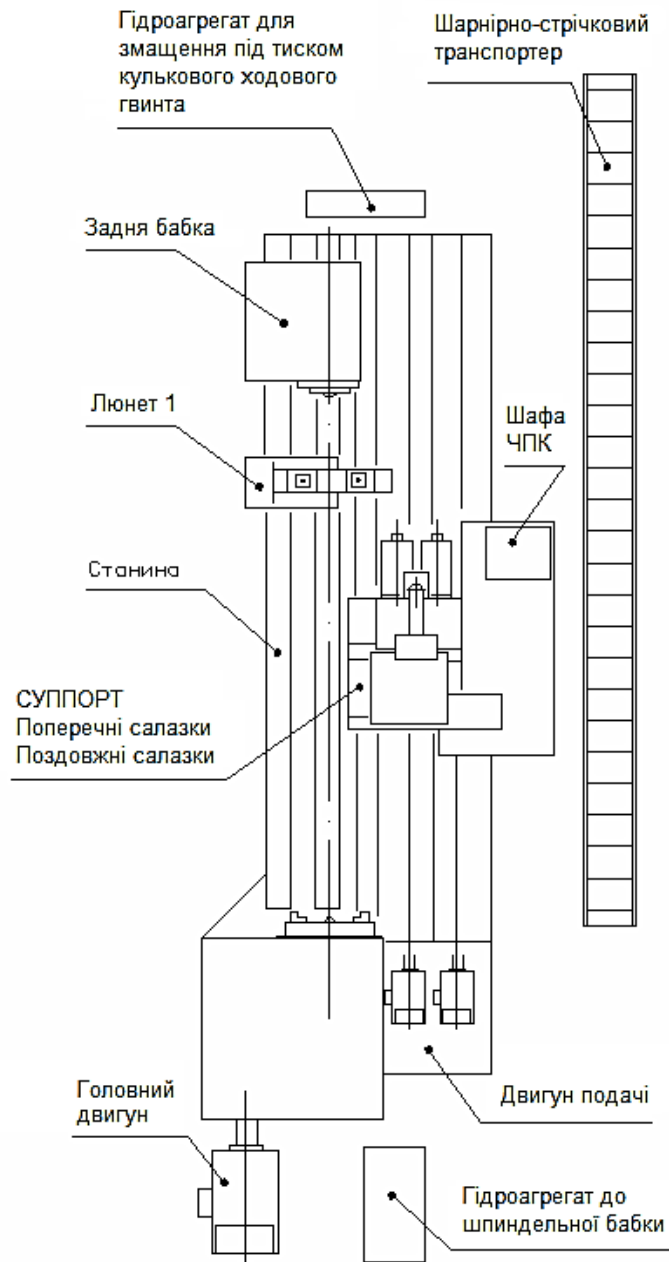
Виконав студент групи ДІТ-ПОМ23мг

Олександр НАЙДЕНКО

Керівник к.т.н., проф.

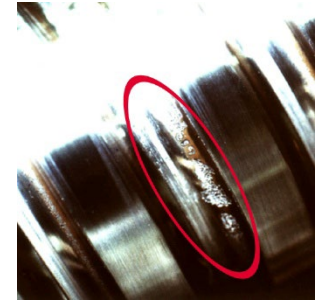
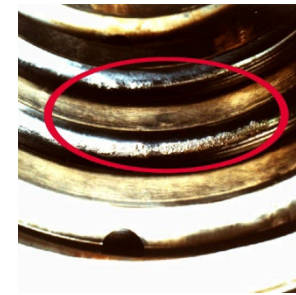
Олег КОНДРАТЮК.

Розташування основних органів і органів керування (вид зверху)

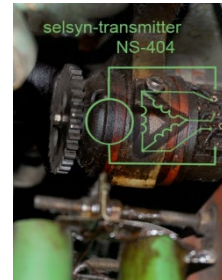


ЧПК «SINUMERIC 520 K» Знос кульково-гвинтової пари з перфострічкою.

3



Абсолютна вимірювальна система із сельсинами або індуктосінами.



Контур керування положенням побудований на базі тиристорних перетворювачів



Система SINUMERIK



Програмне забезпечення для цифрової керуючої системи *SINUMERIK*, яку випускає всесвітньо відома корпорація *SIEMENS AG*, також базується на *G* і *M* кодах, але містить і деякі додаткові команди, не включені в стандарт. Сучасні повністю цифрові системи на базі платформи *SINUMERIK 840D* використовуються на самих відповідальних процесах металообробки, потребуючих високої точності й швидкодії.

Система HEIDENHAIN



Багатоваріантність і гнучкість програмування в *G* і *M* кодах врахована творцями програмних станцій і передових систем ЧПК *HEIDENHAIN*. Ця німецька компанія успішно працює в напрямку модернізації застарілих верстатів *NC* за рахунок установки нових керуючих систем. Універсальні програмні станції від компанії *HEIDENHAIN* дозволяють не тільки створювати необхідні програми обробки на персональних комп'ютерах, але й тестувати програмне забезпечення, підготовлене за допомогою *CAD-CAM* систем.



Системи керування, які робить японська компанія FANUC, відомі в усьому світі й використовуються на багатьох підприємствах. Дуже популярні стійкі ЧПК від *FANUC LTD* і в Україні. Фахівці цієї корпорації одними з перших адаптували роботу своїх систем під програми в *G* і *M* кодах, і зуміли організувати роботу самих складних систем строго в рамках стандарту програмування. Розповсюджені стійки *FANUC* серії *0i* розраховані на роботу з 6-8 керованими осями (одночасне керування – 4 осі). Стійки серій *30i-35i* дозволяють робити високоточну обробку на найвищих швидкостях.

Система FAGOR AUTOMATION



Останні розробки компанії *FAGOR AUTOMATION*, до яких ставиться ЧПК FAGOR CNC 8070, повністю сумісні з персональним комп'ютером, мають феноменальні можливості й можуть керувати самими складними верстатами. Можливе керування по 28(!) інтерпольованим осям (4 каналу одночасно), може підтримувати по 4 шпинделі й інструментальних магазинів. Система гарантує швидкісну обробку, нанометричну точність і найвищу чистоту обробки поверхні.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ

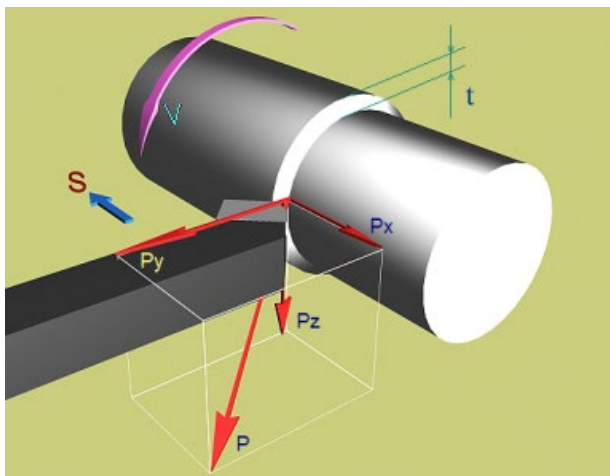
Метою роботи є підвищення надійності й продуктивності об'єкта. Для цього необхідно поліпшення якості оперативної оцінки технічного стану механічних вузлів шляхом удосконалювання традиційних методів діагностики. Також необхідне вдосконалювання системи керування відповідно до сучасних вимог.

Враховуючи сучасні вимоги до системи керування, встають питання про необхідність заміни застарілого обладнання системи керування на сучасне з використанням ЧПК SINUMERIK 840D.

Для реалізації мети сформульовані наступні **завдання проектування**:

1. Здійснити розрахунок і вибір ЕД приводів подачі.
2. Здійснити розрахунок, вибір і заміну застарілих датчиків.
3. Замінити застаріле керування на сучасне ЧПК.
4. Виконати моделювання двигуна на надійність.
5. Розробити мікропроцесорний модуль керування технологічним процесом задовольняючий вимогам системи.
6. Розробити програмне забезпечення для автоматичного керування приводом подачі.
7. Розрахувати економічну ефективність пропозицій по модернізації й зробити висновок про її практичну цінність.

Схематичний процес обробки



Розрахунки для вибору синхронного двигуна приводу подачі по координаті Z для знаходження моменту опору на валу двигуна й необхідної потужності, запропонований фірмою **SIEMENS**.

$$\text{Фактична потужність ЕД} - P_{\text{расч}} = \frac{M_V \cdot n_{\text{ном}}}{9550}$$

$$\text{Величина моменту } M_Z - M_Z = \frac{F_V \cdot h_s}{2\pi \cdot u_p \cdot \eta}$$

$$\text{Сила } F_v - F_v = K_n \cdot P_z + F_c$$

де K_n - коефіцієнт, що враховує вплив перекидаючого моменту, який виникає внаслідок несиметричного додатка сили подачі, для супортів горизонтально – розточувальних верстатів ухвалюємо $K_n = 1,1$;

P_z - складова сила різання, що діє в напрямку подачі, Н;

F_c - сила тертя в напрямних, визначається по формулах, рекомендованих нормаллю верстатобудування Н48-61:

$$F_c = (P_z + 2 \cdot P_y + Q_c) \cdot f$$

де Q_c - вага супорта: $Q_c = m_c \cdot g = 1300 \cdot 9.84 = 12,7 \text{ кН}$; $f = 0.01$ - коефіцієнт тертя; P_y, P_z - складові сили різання Н

$$P_{x,y,z} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K_p$$

де t - глибина різання, $t = 0.02 \text{ м}$; s - подача, $s = 2 \text{ мм/об}$; C_p, x, y, n - постійні коефіцієнти й показники ступені для розрахункових умов, які відповідно рівні: 339, 0.5, 0.55, 0.5; K_p - поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки, $K_p = 1.1$; v - швидкість різання, $v = 15 \text{ м/хв}$.

Осьова сила різання становить:

$$P_z = 10 \cdot 339 \cdot 0,02^{0,5} \cdot 2^{0,5} \cdot 15^{0,5} \cdot 1,1 = 2.9 \text{ кН.}$$

$$\text{Момент опору, прикладений до вала двигуна: } M_v = \frac{3361 \cdot 0,02}{2 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 1} = 10,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\text{Розрахункове значення необхідної потужності ЕД: } P_{\text{расч}} = \frac{10.5 \cdot 3000}{9550} = 3.3 \text{ кН.}$$

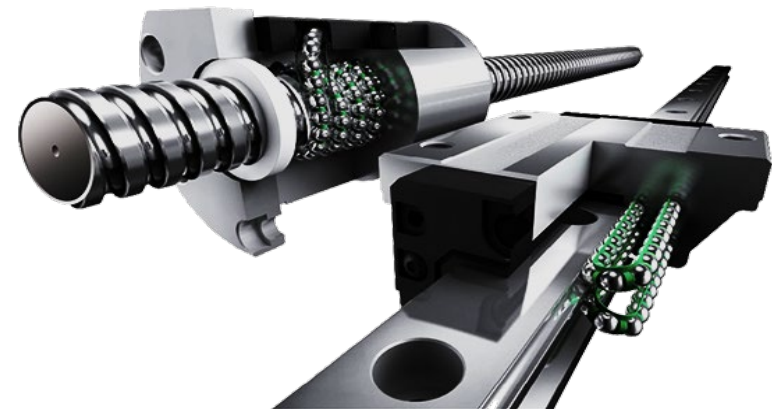
n_n ; хв^{-1}	3000
H ; мм	80
P_n ; кВт при $\Delta T=100$ К	6,9
M_o ; Нм при $\Delta T=100$ К	26
К перевантажувальна здатність	5
M_n ; Нм при $\Delta T=100$ К	22
I_n ; А при $\Delta T=100$ К	17
Кількість пар полюсів	4
Момент інерції ротора (без гальма) J ; 10^{-4} кгм ²	48
$B_{га}$ кг	25



Параметри передачі гвинт-гайка кочення

Діаметр гвинта D_B , мм	Діаметр кульки d , мм	Крок гвинта S_B , мм	Загальна кількість витків у двох гайках	Вантажопідйомність, кН		Осьова піддатливість e_x - ⁹ , м/Н
				статична $Q_{ст}$	динамічна Q_d	
80	6	20	6	135	47	0,523

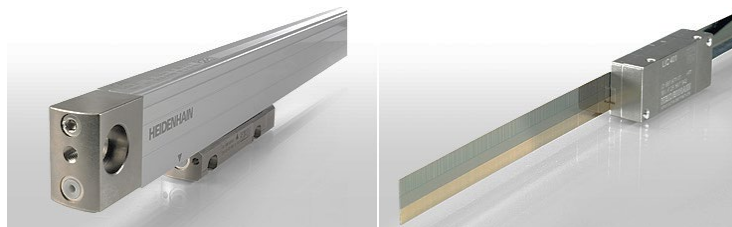
Передача Haydonkerk Motion Solutions



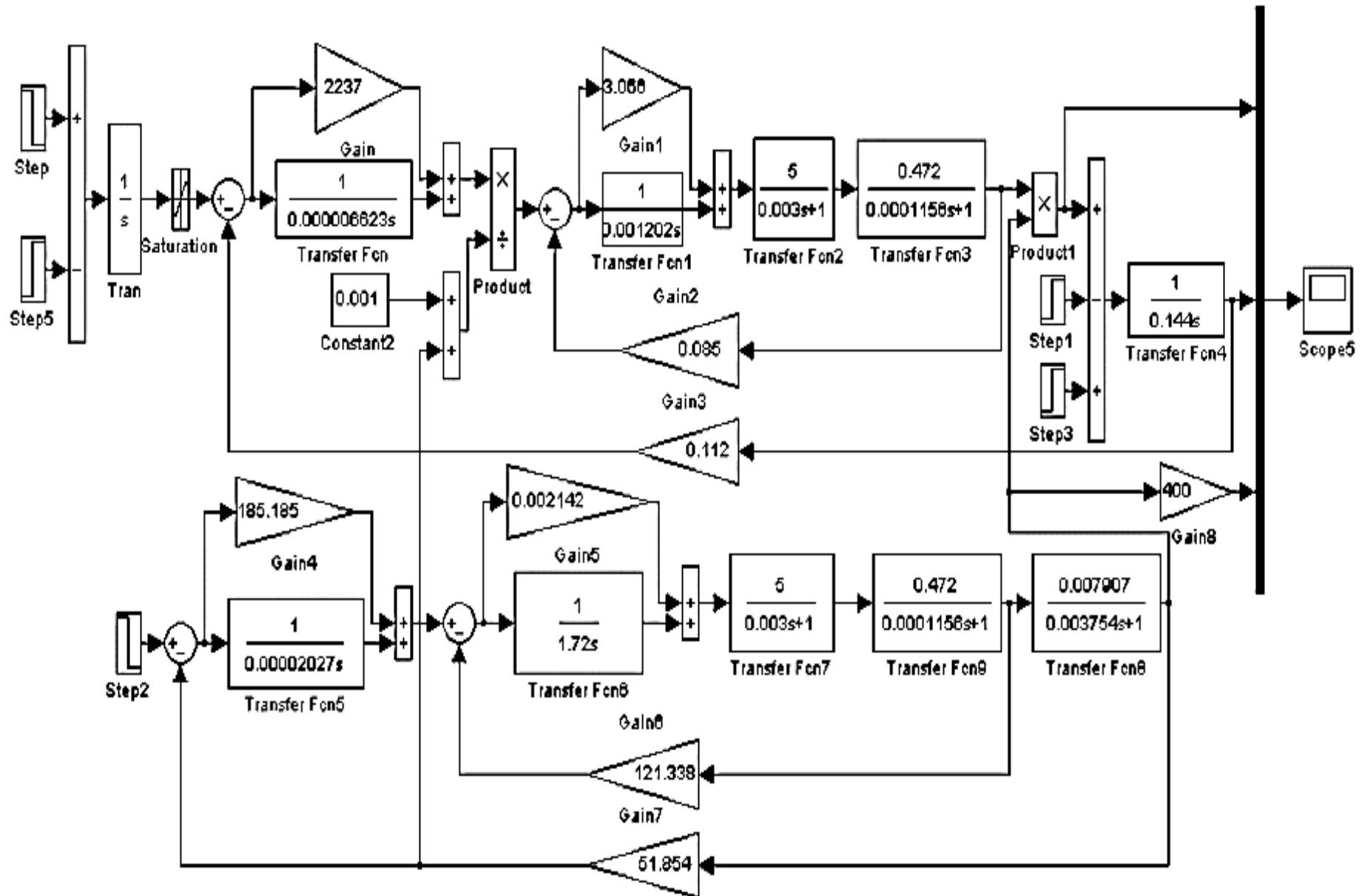
Інкрементний датчик 5BDC



Датчик лінійного переміщення
фірми HEIDENHAIN

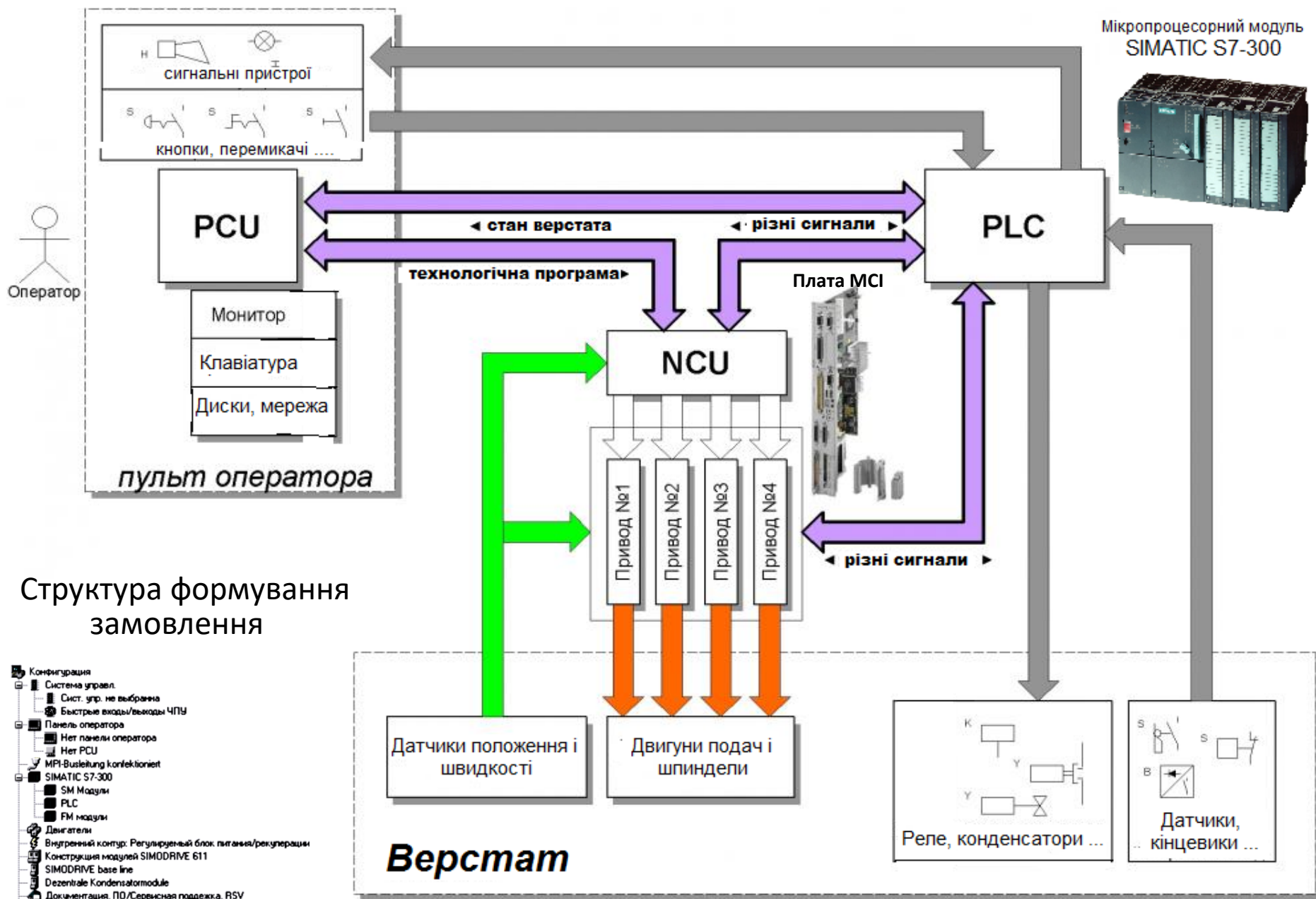


Математична модель системи автоматизованого контролю в середовищі моделювання Simulink пакета Matlab

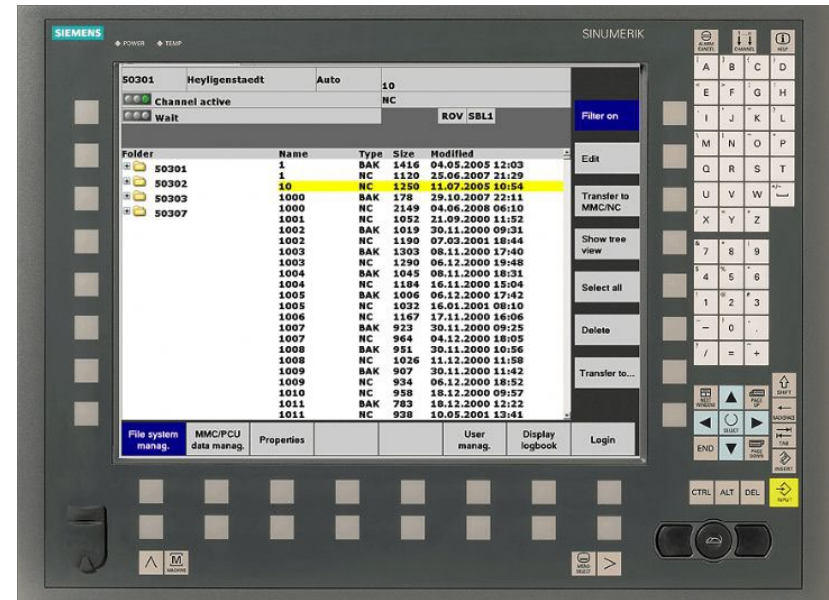


РОЗРОБКА ПІДСИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ПОДАЧІ ВЕРСТАТА HOESCH D1000

10



Панелі оператора SINUMERIK OP 015A



SINUMERIK PCU



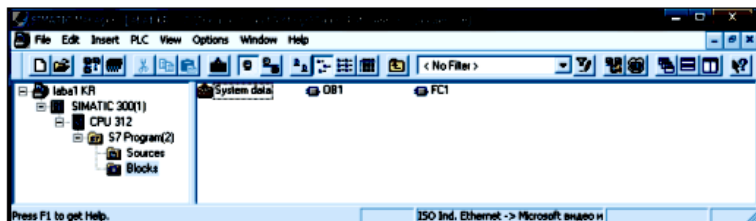
Кнопкова панель SINUMERIK MPP 483



РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ПОДАЧ ТОКАРСЬКОГО ВЕРСТАТА HOESCH D1000

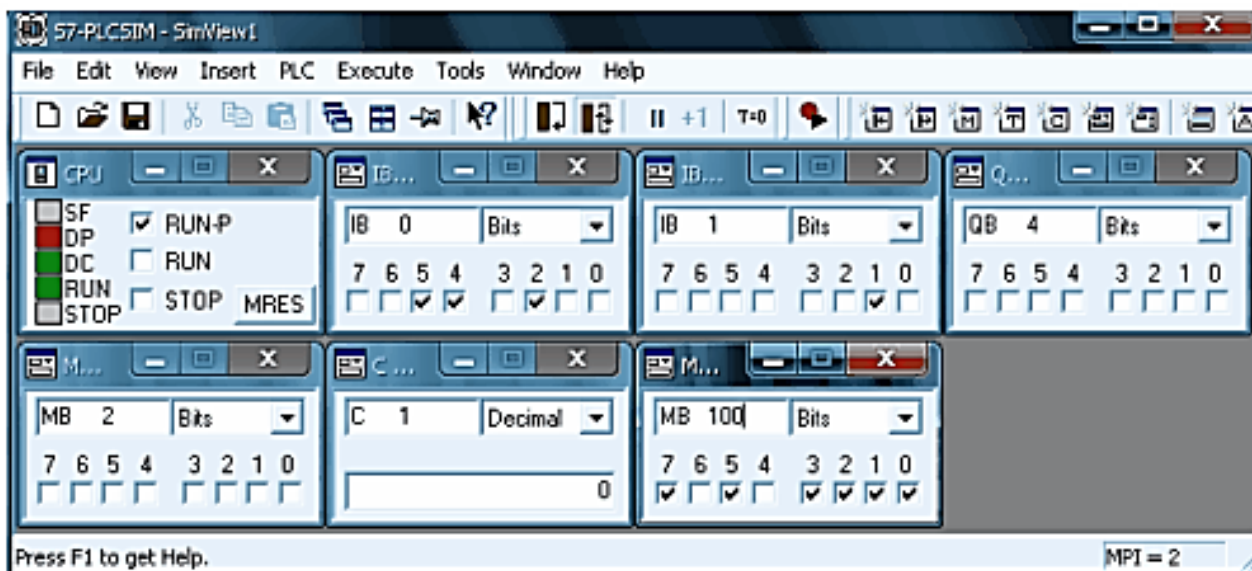
Відображення командних блоків

Таблиця символів змінних



	Status	Symbol	Address	Data type	Comment
1		Counter 1	C 1	COUNTER	Счетчик для подсчета количества пройденных дискрет до останова
2		FC1	FC 1	FC 1	Функция, управляющая станком
3		Basic_st	I 0.0	BOOL	Установка контроллера в исходное состояние
4		/Stop	I 0.1	BOOL	Остановка двигателя привода подачи токарного станка
5		/Mfault	I 0.2	BOOL	Предохранительный выключатель двигателя
6		Place	I 0.4	BOOL	Срабатывание правого конечного выключателя
7		Man_on	I 0.5	BOOL	Включение двигателя привода подачи токарного станка по оси Z
8		Reset_counter	I 0.7	BOOL	Сброс счетчика количества дискрет линейного датчика
9		Start	I 1.0	BOOL	Запуск конвейера
10		No place left	I 1.1	BOOL	Срабатывание левого конечного выключателя
11		No place	I 1.2	BOOL	Сигнал о нахождении реза не в исходном положении
12		Load	M 2.0	BOOL	Команда готовности проведения токарной обработки
13		M_line	M 100.3	BOOL	Маркер работы линейного датчика
14		Ready_load	Q 4.0	BOOL	Движение реза с права на лево по ходу обработки
15		Ready_rem	Q 4.1	BOOL	Движение реза с лева на право для возвращения в исходное положение
16		Belt_moti_on	Q 4.2	BOOL	Управляющий сигнал на включение двигателя подачи токарного станка по оси Z
17		Count_value	QW 1	WORD	Количество пройденного расстояния в дискретах
18					

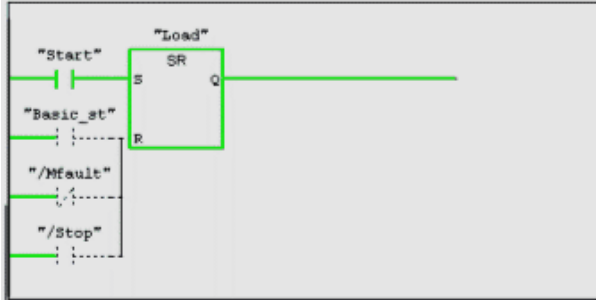
Вікно програми S7-PLCSIM



Програма для запуску и управління токарним станком

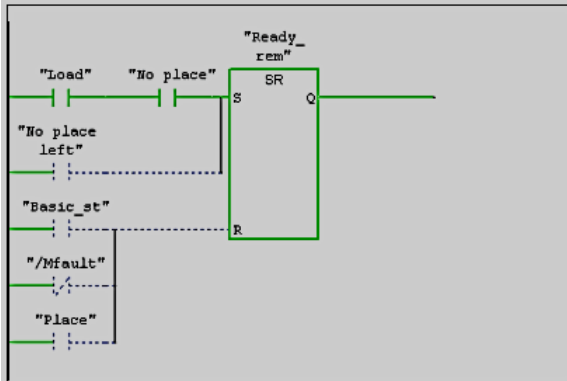
Network 1: Пуск

Запуск токарного станка



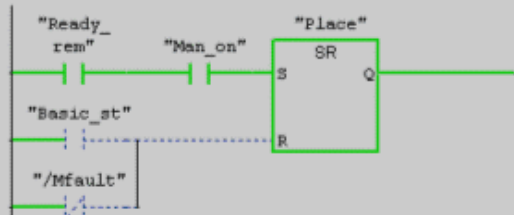
Network 2: Движение резца с лева на право для возвращения в исходное положе

Проверка готовности токарного станка для обработки. Анализ нахождения резца и возвращение его в исходное положение.



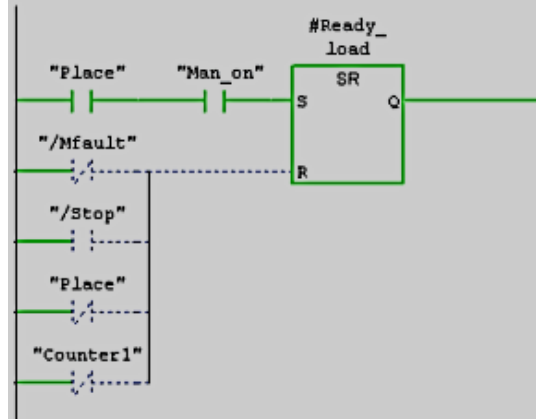
Network 3: Remove parts

Контроль возвращения резца в исходное положение.



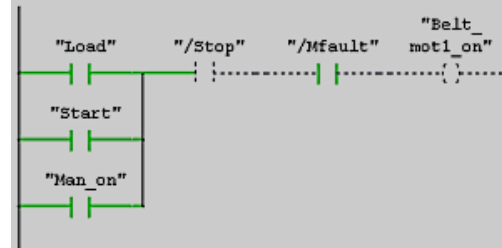
Network 4: Belt ready for loading

Сигнал сигнализирующий готовность для обработки и запуск на обработку.



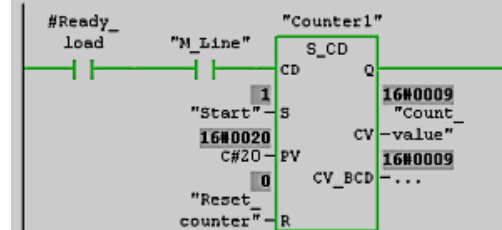
Network 5: Control belt motor

Изменение состояния выхода "Belt_mot1_on", управляющего работой двигателя



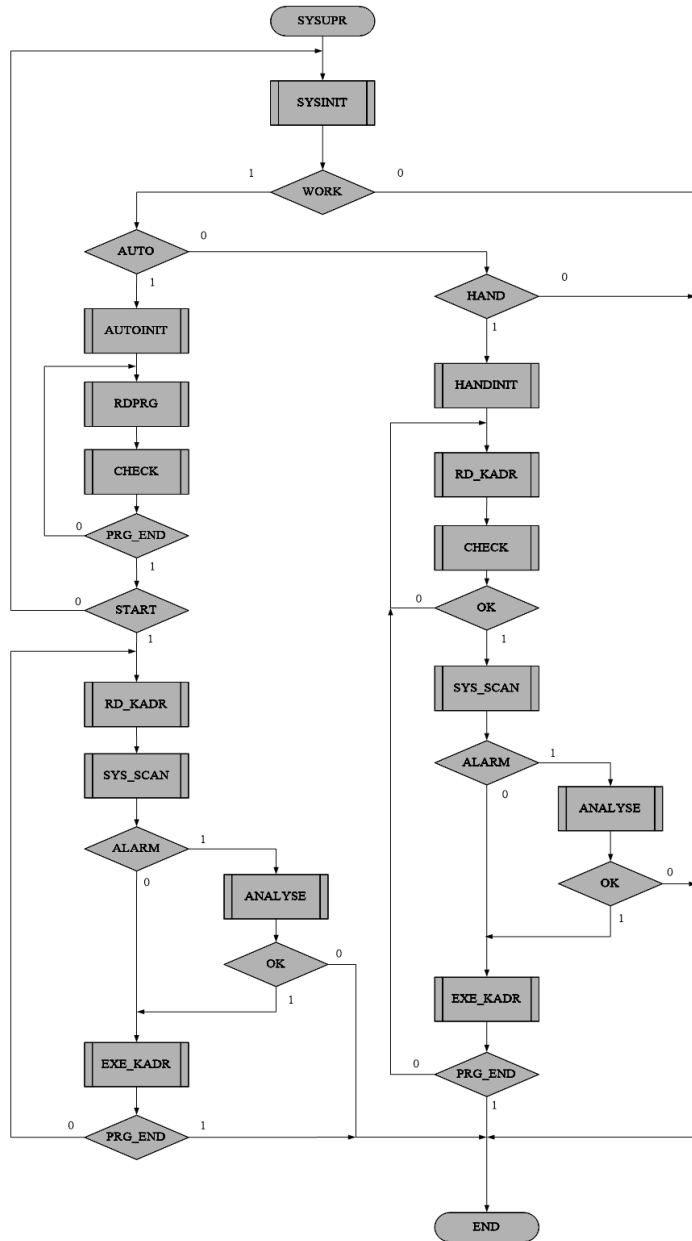
Network 6: Counting

Подсчет расстояния пройденного резцом и остановка после окончания обработки.

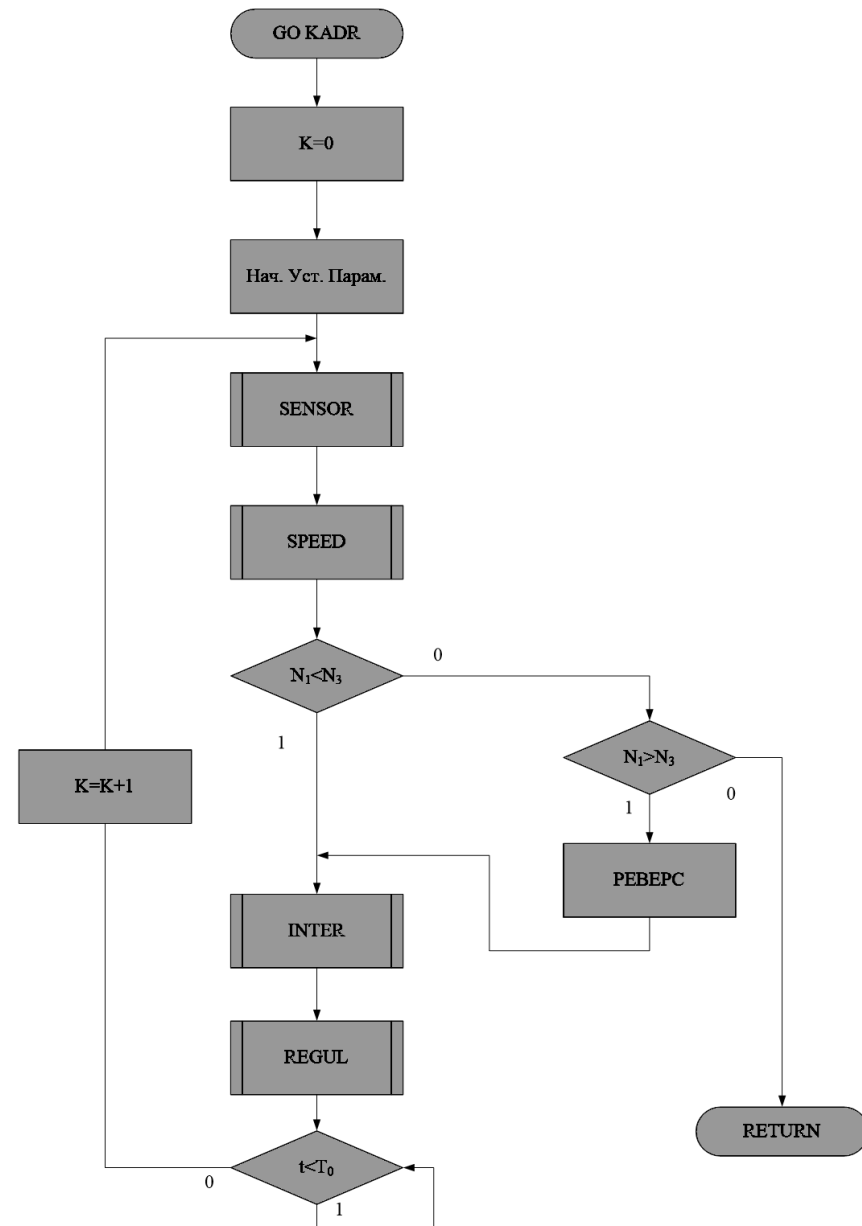


РОЗРОБКА АЛГОРИТМІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ЗАДАЧ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ПОДАЧ

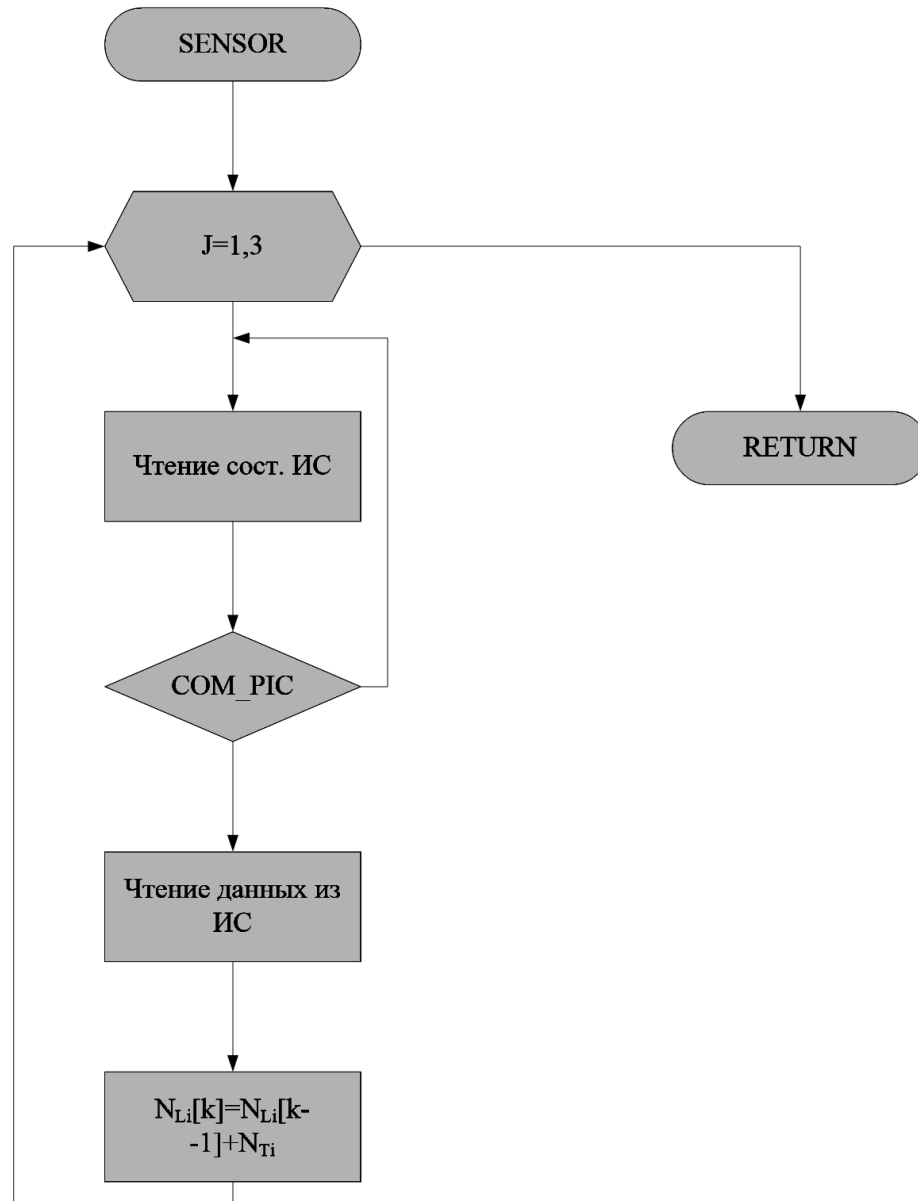
Алгоритм головної програми



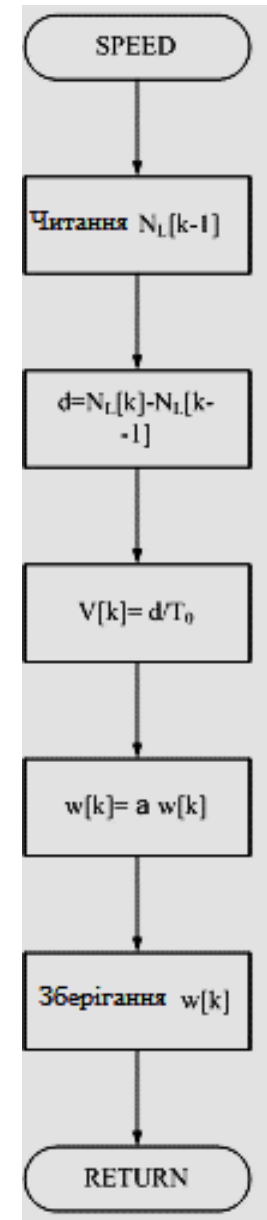
Блок - схема алгоритму керування приводом подачі



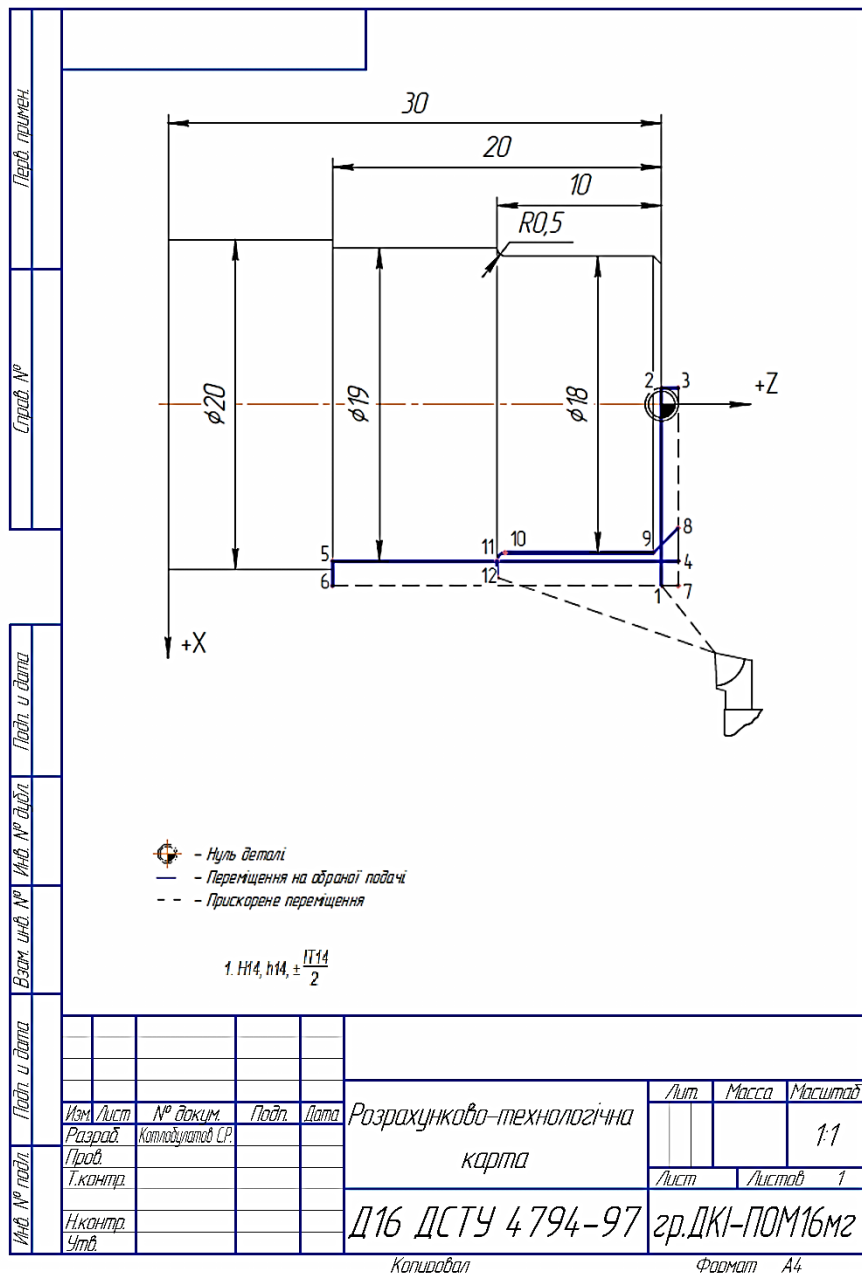
Блок - схема алгоритму обміну даними з інформаційною системою



Блок - схема алгоритму обчислення швидкості обертання двигуна



ПРИКЛАД КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАМИ МОДОЛЯ SIMENS 840D ДЛЯ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ «ВАЛ»



Кадр КП	Коментарі
;VAL	Назва програми (Вал)
N5 G00 G54 X40 Z50	Прискорене переміщення в безпечну крапку зміни інструмента
N10 M6 T2 D1	Зміна інструмента, включення коректора на інструмент
N15 M3 S1000	Обертання шпинделя за годинниковою стрілкою із частотою обертання 1000 хв ⁻¹ .
N20 X22 Z0	Прискорене переміщення в крапку 1
N25 G95 G01 X-2 F0.05	Переміщення в крапку 2 з подачею 0,05 мм/об.
N30 Z1	Переміщення в крапку 3 на робочій подачі
N35 G00 X19 S1670 M03	Прискорене переміщення в крапку 4, зміна частоти обертання шпинделя на 1670 хв ⁻¹
N40 G01 Z-20 F0.05	Переміщення в крапку 5 з подачею 0,05 мм/об.
N45 X22	Переміщення в крапку 6 на робочій подачі
N50 G00 Z1	Прискорене переміщення в крапку 7
N55 X15	Прискорене переміщення в крапку 8
N60 G01 X18 Z-0.5 F0.05 M03 S1750	Переміщення в крапку 9 з подачею 0,05 мм/хв. і частотою обертання шпинделя 1750 хв ⁻¹
N65 Z-9.5 F0.1	Переміщення в крапку 10 з подачею 0,1 мм/об.
N70 G02 X19 Z-10 R1 F0.05	Кругове переміщення радіусом 0.5 мм по годинної стрілки в крапку 11, з подачею 0,05 мм/об.
N75 G01 X21 Z-10 F0.1	Переміщення в крапку 12 на робочій подачі 0,1 мм/об.
N80 G00 X40 Z50	Прискорене переміщення в безпечну крапку зміни інструмента
N85 M05	Останов шпинделя
N90 M30	Кінець керуючої програми

У даному дипломному проекті був розглянутий об'єкт - важкий токарний верстат моделі HOESCH D1000, виконаний критичний аналіз існуючої системи керування, виявлені недоліки й запропоновані варіанти модернізації. У розрахунково-конструкторській частині дипломного проекту був виконаний розрахунки й вибір двигуна необхідної потужності й моменту привода подачі верстата, а також проведена дослідницька частина підтвердила надійність використання синхронних двигунів. Виконаний добір апаратур і виконавчих органів, обґрунтована доцільність поставленого завдання.

Апаратно система керування приводом подачі токарського верстату виконана на основі мікропроцесорного модуля Simatic S7-300 фірми SIEMENS, який працює в режимі реального часу.

Реалізована на мікропроцесорних модулях система програмного забезпечення забезпечує автоматичне програмне керування швидкістю, положенням робочих органів у режимі реального часу. Точність і безвідмовність при роботі є важливою особливістю систем мікроконтролерного керування.

У результаті модернізації верстат забезпечує наступні технологічні параметри:

1. Мінімальна погрішність обробки заготовки.
2. Можливість добору робочого зусилля й швидкості залежно від якості, розміру заготовки й виду операції, яка виконується.
3. Зниження часу переналагодження й налаштування на обробку.
4. Низькі енергетичні витрати.
5. Підвищення продуктивності роботи.
6. Зниження питомої собівартості зробленої продукції.

За рахунок введення нової системи керування суттєво знижується час на ремонт, підвищуються техніка - економічні показники.