

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

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра**

здобувача вищої освіти Грушко Ігор Сергійович  
 (П.І.Б.)

академічної групи 151-18ск-1

(шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

(код і назва спеціальності)

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

(офіційна назва)

на тему Автоматизація процесів управління токарно-револьверним металообробним верстатом

(назва за наказом ректора)

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

Дніпро  
2021

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

\_\_\_\_\_ Ткачов В.В.  
(підпис) (прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 року

## ЗАВДАННЯ на кваліфікаційну роботу ступеня бакалавра

здобувача вищої освіти Грушко І.С. \_\_\_\_\_ академічної групи 151-18ск-1 \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (шифр)

спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

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

на тему Автоматизація процесів управління токарно-револьверним металообробним верстатом

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від \_\_\_\_\_ № \_\_\_\_\_.

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

**Завдання видано**

\_\_\_\_\_ (підпис п. конс.)

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

Дата видачі 01.03.2021

Дата подання до атестаційної комісії 10.06.2021

**Прийнято до виконання**

\_\_\_\_\_ (підпис здобувача)

\_\_\_\_\_ Грушко І.С.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

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

Об'єкт розробки: Система автоматизації ділянкою металообробних верстатів.

Мета: створення системи управління для ділянки металообробних верстатів державного підприємства «Виробничого об'єднання Південний машинобудівний завод ім. О.М. Макарова».

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

Відповідно до загальної тенденції в області автоматизації вибрана сучасна структура системи автоматичного управління і елементна база для автоматичного управління переміщенням голівки револьверного верстата розроблена автоматична система управління.

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

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта «за збільшення» вхідного сигналу відповідає перевірочним даними на 98.7%, а модель об'єкта «за зменшення» відповідає перевірочним даними на 97.5%. Виходячи з цього, моделі є адекватними і можуть бути використані для моделювання об'єкта управління і системи управління.

МЕТАЛООБРОБКА, ВЕРСТАТ, ШПИНДЕЛЬ, СУПОРТ, ПЛК

**ЗМІСТ**

Зміст .....	4
Вступ.....	7
1 Стан питання та постановка завдання.....	9
1.1 Галузь промисловості .....	9
1.2 Технологічний процес.....	9
1.3 Об'єкт управління .....	11
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування .....	11
1.3.2 Об'єкт автоматизації.....	11
1.4 Структура системи управління .....	14
1.4.1 Принципи, технічні способи та математичні методи керування .....	14
1.4.2 Аналіз процесу керування .....	14
1.4.3 Формулювання задачі керування .....	16
1.4.3 Система дослідження моделі об'єкта керування .....	18
1.5 Висновки по розділу .....	18
2 Розробка апаратного забезпечення системи управління.....	20
2.1 Розробка структурної схеми системи управління .....	20
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків.....	22
2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління .....	23
2.3.1 Вибір датчиків .....	25
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв .....	27
2.4 Перелік вхідних та вихідних сигналів і даних системи управління .....	33
2.5 Вибір пристрою керування.....	36
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації.....	39
2.5 Розробка схеми електричної принципової .....	40

	5
2.6 Висновки по розділу .....	41
3 Визначення моделі об'єкта управління .....	43
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи .....	43
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління .....	45
3.3 Виконання експерименту .....	47
3.4 Обробка результатів експерименту .....	52
3.4.1 Підготовка даних.....	52
3.4.2 Структурна ідентифікація .....	55
3.4.3 Параметрична ідентифікація.....	56
3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink .....	61
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність.....	64
3.5 Висновки за розділом.....	66
4 Економіка .....	68
4.1 Розрахунок капітальних витрат .....	68
4.1.1 Вартість комплектуючих системи.....	68
4.2 Експлуатаційні витрати .....	69
4.2.1 Амортизація обладнання .....	69
4.2.2 Вартість електроенергії .....	69
4.2.3 Розрахунок фонду заробітної плати.....	69
4.2.4 Відрахування на соціальні заходи .....	70
4.2.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування й ремонт .....	70
4.2.6 Визначення інших витрат.....	71
4.3 Висновки по розділу .....	71
5 Охорона праці .....	72

	6
5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів в процесі автоматизації роботи верстата.....	72
5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці.....	72
5.3 Нормування мікроклімату.....	73
5.4 Пожежна профілактика.....	75
5.5 Висновок .....	76
Висновки .....	77
Перелік посилань.....	79
Додаток А .....	81
Додаток Б.....	82
Відгуки консультантів кваліфікаційної роботи .....	83
Відгук.....	85
Рецензія .....	87

## ВСТУП

Металообробка - це, без всяких сумнівів, дуже затребувана послуга. Всілякі виробничі підприємства, які виготовляють різні вироби з металу, мають потребу в різних типах токарної або фрезерної обробки.

Підприємства, які працюють в різних галузях, замовляють у виробничих фірм, що здійснюють металообробку, корпусні металеві деталі різних розмірів і форм, комплектуючі елементи і деталі для всіляких верстатів, механізмів та обладнання, профілі різної складності і т.д.

Світовий випуск продукції верстатобудування в 2020 р. зріс на 15 % проти 18 % в 2019 р. За попередніми даними, сукупне виробництво металообробного устаткування(МОО) в 28 країнах, уключених в черговий щорічний огляд світового верстатобудування американської компанії «Gardner Publications Inc»., склало в 2018 р. 81,5 млрд. дол. в порівнянні з 71 млрд. в 2017 р.

Збільшення світового виробництва МОО в 2016.2017 рр. стало результатом зростання обсягів виробництва верстатів в усіх провідних верстатобудівних країнах Азії, Америки і Європи.

Агрегатні механізми здатні максимально швидко створювати складні заготовки і деталі, оскільки вони Оснащені спеціальними механізмами, які спрощують всі процеси.

Участь в металообробці людини зводиться до мінімуму, існують повністю автоматизовані машини, які управляються програмним забезпеченням.

Інноваційні технології розкривають перед підприємствами нові можливості, що позитивно позначається на всіх галузях, в яких використовуються металеві вироби.

Щоб зрозуміти, як спеціальні машини допомагають людині виконувати важку і копітку роботу, розглянемо види окремих верстатів і функції, які вони виконують.

У металообробці використовуються такі верстати:

- фрезерні;
- токарні;

- свердлильні;
- відрізні;
- різьбонарізні;
- шліфувальні.

Кожен із цих агрегатів виконує свої специфічні функції, тому металообробні верстати та комплекси ми вивчити більш детально.

Фрезерні металообробні верстати використовуються для обробки фасонних і плоских частин деталей, головними їх діючими механізмами є фрези, які постійно обертаються.

Токарні верстати використовуються в разі, якщо потрібно підточити деталь, зняти з неї стружку, розточити отвір, нарізати різьблення або підрізати торці.

Свердлильні верстати призначені для отримання наскрізних або глухих отворів в деталях, для розточування отворів і їх чистове обробки.

Пильні служать для розпилювання і нарізки деталей, в основному застосовується для роботи з м'якими металами.

Різьбонарізні верстати застосовуються для нарізування різьблення різних видів, вони можуть мати механічний або електромеханічний привід.

Шліфувальні верстати надають необхідну форму, гладкість і зовнішній вигляд деталей і виробів.



# 1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

## 1.1 Галузь промисловості

Токарська обробка (точіння) призначена для механічного формування геометрії деталей машинобудування з лезовим інструментом за допомогою зняття стружки. Кінематика різання визначається в основному відносним обертовим рухом заготовки з просторово-фіксованою віссю обертання і довільним рухом подачі. Об'єктами обробки є найчастіше співвісні поверхні обертання і плоскі поверхні деталей типу валів, дисків та втулок, включаючи нарізування зовнішніх і внутрішніх різьбових поверхонь, а також поверхні деяких інших форм, наприклад некруглих, шляхом введення додаткового відносного руху інструмента.

## 1.2 Технологічний процес

Класифікація верстатів токарної групи тільки за технологічними ознаками недостатня внаслідок нових можливостей, що надаються пристроями з число-програмним керуванням в технологічному і конструктивному відношенні, тому доцільно використання ознак, що відображають конструктивна-видові особливості токарних верстатів, а саме: основні конструктивні ознаки; допоміжні видові ознаки; компоновка; кількість позицій закріплення заготовок; число встановлюваних інструментів; вид управління; клас точності.

Компонування верстатів обумовлена становищем головної осі обертання заготовки і відносним становищем інструменту в просторовій системі координат, що використовується в ISO recommendation R-841. За цією ознакою виділяються горизонтальні і вертикальні компонування.

Рівень концентрації операцій, що виконуються на одному верстаті, характеризується числом робочих позицій і способом закріплення заготовок: одно- і багатошпindelні патронна; одно- і багатошпindelні цангова (пруткова); одно- і багатошпindelні центрова; комбінована.

Також умовами, що визначають ефективність використовуваного інструменту: числом і складністю форм оброблюваних поверхонь з різним

напрямком подачі; числом різнотипних інструментів; можливостями просторової орієнтації інструментів щодо заготовки; порівнянність часів обробки поверхонь.

За кількістю позицій закріплення заготовок розрізняють одно- або багатошпindelні конструкції, а за кількістю встановлюваних інструментів - верстати одно або багатомісні, багато-інструментальні та з магазином інструментів.

У зв'язку з цим особлива увага приділяється концентрації операцій токарної обробки, створення багатоцільових токарних верстатів, які об'єднують виконання нецентрового свердління, деяких фрезерних та інших подібних операцій. При цьому вживаються заходи для скорочення внециклових втрат, пов'язаних з переналагодження, контролем, завантаженням-розвантаженням, зміною інструменту і іншими, що можливо за наявності розвиненої системи управління верстатом на базі ЧПУ.

Токарно-револьверний верстат - металорізальний верстат токарної групи, оснащений багатопозиційною поворотною револьверною головкою, що несе інструменти для обробки зовнішніх і внутрішніх поверхонь гострінням, розточування, свердління, зенкування, розгортання, накочуванням і т.п.

Типи револьверних головок наведені на рис. 1.1.

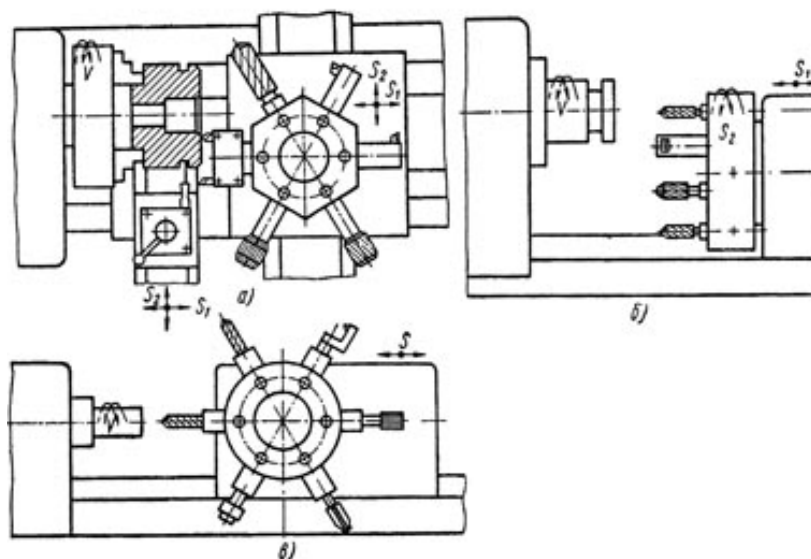


Рисунок 1.1 – Револьвера головка

Де а) - з вертикальною віссю обертання; б) - з горизонтальною віссю обертання паралельної осі шпинделя; в) - з горизонтальною віссю обертання перпендикулярній осі шпинделя.

### **1.3 Об'єкт управління**

#### **1.3.1 Загальна характеристика об'єкта керування**

У револьверних верстатах головним рухом є обертання шпинделя, що несе заготовку і рух подачі - поздовжнє і поперечне переміщення супортів, несучих ріжучий інструмент. У револьверних голівках з горизонтальною віссю обертання, паралельної осі шпинделя, поперечна подача здійснюється повільним обертанням револьверної головки. У верстатах з револьверною голівкою, що має вертикальну вісь обертання, поперечна подача здійснюється поперечним супортом, а іноді і переміщенням санчат з револьверною голівкою в поперечному напрямку.

Допоміжними рухами в револьверних верстатах є: повороти (індексування) револьверної головки для послідовного введення в роботу різного інструменту; подача і затиск прутка; швидке підведення і відведення револьверного, поперечного супортів і ін.

У роботі буде розглянуто створення системи управління для управління позиціонуванням револьверної голівкою верстата токарно-револьверного моделі Easel 1341, що випускається Бердичівським верстатобудівним заводом «Комсомолець».

#### **1.3.2 Об'єкт автоматизації**

Автоматизована система управління технологічним процесом представляє собою ієрархічну структуру, що включає в себе рівень операторського управління, рівень автоматичного управління та польовий рівень.

На польовому рівні знаходяться пристрої, що встановлюються безпосередньо на технологічних об'єктах та поблизу від них: датчики, виконавчі пристрої, спеціалізовані контролери, сервоперетворювачі, системи віддаленого вводу-виводу, частотні перетворювачі. Основними завданнями, які

розв'язуються на даному рівні, є: вимірювання технологічних параметрів процесу та вироблення керуючих впливів.

На рівні автоматичного управління знаходяться пристрої управління та сигналізації, які розміщуються в шафах управління: програмовані логічні контролери, системи віддаленого вводу-виводу, пульти управління. Пульти управління можуть бути реалізовані за допомогою кнопок, перемикачів та світлосигнальної арматури; панелей операторів; комп'ютерів або терміналів зі спеціалізованим програмним забезпеченням, що реалізує людино-машинний інтерфейс. Основними завданнями, які розв'язуються на даному рівні, є: обробка даних, що надходять з польового рівня, формування значень керуючих впливів та передача їх на польовий рівень, сигналізація про вихід значень параметрів технологічного процесу за задані межі, блокування помилкових дій персоналу та управляючих пристроїв, реалізація протиаварійного захисту при виникненні нештатних ситуацій.

На рівні операторського управління знаходяться пристрої збору та зберігання інформації та пристрої візуалізації технологічних процесів: сервера SCADA систем, сервера баз даних, автоматизовані робочі місця. Основними завданнями, які розв'язуються на даному рівні, є: збір інформації, що надходить з рівня автоматичного управління, її обробка, зберігання та архівування, формування звітів, передача інформації EMS системі, обчислення параметрів які не можуть бути вимірювані, діагностика та захист від збоїв, налаштування управляючих пристроїв.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System – Диспетчерське управління та збір даних) система являє собою програмне забезпечення призначене для забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт контролю або процеси управління. Сервера SCADA системи вирішують завдання збору, резервування, архівування та надання інформації, а автоматизовані робочі місця операторів вирішують завдання візуалізації технологічного процесу за допомогою НМІ (Human Machine Interface - Людино-машинного інтерфейсу), формування

сигналів тривоги, запису інформації про нештатні ситуації, формування звітів, організації управління рецептами.

Як видно зі структури автоматизованої системи управління технологічним процесом програмовані логічні контролери знаходяться на рівні автоматичного управління. Вони отримують дані від датчиків, систем віддаленого вводу-виводу та спеціалізованих контролерів, на підставі отриманої інформації відповідно до алгоритму управління формуються значення керуючих впливів які передаються виконавчим пристроям, як безпосередньо, так і за допомогою спеціалізованих контролерів, систем віддаленого вводу-виводу, перетворювачів. Для контролю окремих ділянок технологічного процесу та зміни режимів роботи локальних систем управління використовуються пульти оператора, а для контролю за технологічним процесом та зміни налаштувань управляючих пристроїв використовуються автоматизовані робочі місця.

Таким чином сучасна система управління базується на використанні у якості пристроїв управління програмованих логічних контролерів. Які отримують інформацію від датчиків формують за заданим алгоритмам сигнали управління які за допомогою виконавчих пристроїв формують керуючі впливи. Зміна параметрів системи управління та візуалізація процесу виконується за допомогою SCADA систем які встановлюються на серверах та автоматизованих робочих місцях операторів. SCADA системи виконують збір, обробку візуалізацію та зберігання інформації отриманої від програмованих логічних контролерів та операторських пультив.

Комп'ютерна система повинна виконувати наступні функції:

- збір інформації - повинен забезпечуватися прийом інформації від датчиків на технологічному об'єкті та передача цих даних для подальшого аналізу та обробки;
- аналіз та обробка інформації - комп'ютерна система повинна на підставі отриманих даних визначати необхідність внесення змін в хід технологічного процесу;
- зберігання оперативних даних системи, даних для формування аналітичних звітів, документів системи, сформованих у процесі

роботи звітів. Ця функція повинна забезпечити періодичне резервне копіювання і збереження даних на додаткових носіях інформації;

- формування звітності - у комп'ютерній системі повинна забезпечуватися можливість формування різних видів звітів. Ця функція повинна забезпечувати механізми гнучкого налаштування, а також інструментарій щодо формування нових звітних форм;
- керування - система повинна мати можливість здійснювати безпосереднє вмикання / вимикання виконуючих пристроїв на технологічному обладнанні.

## **1.4 Структура системи управління**

### **1.4.1 Принципи, технічні способи та математичні методи керування**

Верстат токарно-револьверний універсальний призначений для обточування, розточування, зенкування, свердління, розгортання і нарізування внутрішніх і зовнішніх різьб в умовах серійного виробництва. На ньому можна обробляти деталі як з пруткового матеріалу в цангові патрони, так і штучні заготовки в трьох-кулачковому патроні. Обробка деталей з прутка здійснюється в автоматичному циклі, а штучні заготовки в трьох-кулачковому патроні - в напівавтоматичному циклі.

Верстат токарно-револьверний верстат Easel 1341 застосовується для виготовлення деталей з прутка, затиснутого в цанзі, вміщеній в пустотілому шпинделі, або з штучних заготовок, закріплених в патроні.

Клас точності верстата Н. Верстат має 16-позиційну револьверну головку з горизонтальною віссю обертання, паралельної осі шпинделя. Різучий інструмент за допомогою спеціального приладдя кріпиться в отворах револьверної головки.

### **1.4.2 Аналіз процесу керування**

Автоматизована система управління технологічним процесом представляє собою ієрархічну структуру, що включає в себе рівень операторського управління, рівень автоматичного управління та польовий рівень.

На польовому рівні знаходяться пристрої, що встановлюються безпосередньо на технологічних об'єктах та поблизу від них: датчики, виконавчі пристрої, спеціалізовані контролери, сервоперетворювачі, системи віддаленого вводу-виводу, частотні перетворювачі. Основними завданнями, які розв'язуються на даному рівні, є: вимірювання технологічних параметрів процесу та вироблення керуючих впливів.

На рівні автоматичного управління знаходяться пристрої управління та сигналізації, які розміщуються в шафах управління: програмовані логічні контролери, системи віддаленого вводу-виводу, пульти управління. Пульти управління можуть бути реалізовані за допомогою кнопок, перемикачів та світлосигнальної арматури; панелей операторів; комп'ютерів або терміналів зі спеціалізованим програмним забезпеченням, що реалізує людино-машинний інтерфейс. Основними завданнями, які розв'язуються на даному рівні, є: обробка даних, що надходять з польового рівня, формування значень керуючих впливів та передача їх на польовий рівень, сигналізація про вихід значень параметрів технологічного процесу за задані межі, блокування помилкових дій персоналу та управляючих пристроїв, реалізація протиаварійного захисту при виникненні нештатних ситуацій.

На рівні операторського управління знаходяться пристрої збору та зберігання інформації та пристрої візуалізації технологічних процесів: сервера SCADA систем, сервера баз даних, автоматизовані робочі місця. Основними завданнями, які розв'язуються на даному рівні, є: збір інформації, що надходить з рівня автоматичного управління, її обробка, зберігання та архівування, формування звітів, передача інформації EMS системі, обчислення параметрів які не можуть бути вимірювані, діагностика та захист від збоїв, налаштування управляючих пристроїв.

SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition System – Диспетчерське управління та збір даних) система являє собою програмне забезпечення призначене для забезпечення роботи в реальному часі систем збору, обробки, відображення та архівування інформації про об'єкт контролю або процеси управління. Сервера SCADA системи вирішують завдання збору, резервування,

архівування та надання інформації, а автоматизовані робочі місця операторів вирішують завдання візуалізації технологічного процесу за допомогою НМІ (Human Machine Interface - Людино-машинного інтерфейсу), формування сигналів тривоги, запису інформації про нештатні ситуації, формування звітів, організації управління рецептами.

Як видно зі структури автоматизованої системи управління технологічним процесом програмовані логічні контролери знаходяться на рівні автоматичного управління. Вони отримують дані від датчиків, систем віддаленого вводу-виводу та спеціалізованих контролерів, на підставі отриманої інформації відповідно до алгоритму управління формуються значення керуючих впливів які передаються виконавчим пристроям, як безпосередньо, так і за допомогою спеціалізованих контролерів, систем віддаленого вводу-виводу, перетворювачів. Для контролю окремих ділянок технологічного процесу та зміни режимів роботи локальних систем управління використовуються пульти оператора, а для контролю за технологічним процесом та зміни налаштувань управляючих пристроїв використовуються автоматизовані робочі місця.

Таким чином сучасна система управління базується на використанні у якості пристроїв управління програмованих логічних контролерів. Які отримують інформацію від датчиків формують за заданим алгоритмам сигнали управління які за допомогою виконавчих пристроїв формують керуючі впливи. Зміна параметрів системи управління та візуалізація процесу виконується за допомогою SCADA систем які встановлюються на серверах та автоматизованих робочих місцях операторів. SCADA системи виконують збір, обробку візуалізацію та зберігання інформації отриманої від програмованих логічних контролерів та операторських пултів.

### **1.4.3 Формулювання задачі керування**

На револьверних верстатах для кожного переходу числа обертів шпинделя і величин подач встановлюються автоматично легко переналагоджуваним командо-апаратом, керуючим електромагнітними муфтами коробок швидкостей



і подач, або вручну перемикачами, розташованими на пульті коробки швидкостей і подач.

Коробка швидкостей має чотири багатодискові електромагнітні муфти типу ЕТМ-122, за допомогою яких включається одне з чотирьох чисел оборотів шпинделя, в кожній з двох позицій. Коробка подач має дві електромагнітні муфти типу ЕТМ-092, дві обгоні муфти і двох-вінцевий пересувний зубчастий блок, який забезпечує отримання двох діапазонів подач з чотирма автоматично перемикаються подачами в кожному з двох діапазонів. Для включення кругової подачі револьверної головки встановлена одна електромагнітна муфта типу ЕГМ-092.

Вал револьверної головки і жорстко сидить на ньому барабан командо-апарату мають однакове число позицій. На кожній позиції барабана встановлено два кулачка, керуючі електромагнітними муфтами: один - коробки швидкостей, інший - коробки подач.

Затиск і подача прутка в цанзі, а також затиск штучних заготовок в трьох-кулачковому патроні проводиться автоматично гідравлічним механізмом з електричним керуванням. Найбільше допустиме коливання діаметра прутка, що затискається в цанзі,  $\pm 2$  мм, а найбільше коливання штучних заготовок  $\pm 3$  мм. Після закінчення розжиму автоматично починається подача прутка. Весь цикл затиску, подачі і розжиму триває 2...3 с.

Верстат має автоматичне вимикання поздовжньої подачі за жорстким упору, що забезпечує високу точність обробки по довжині. Поперечна подача також обмежується жорстким упором.

Наявність револьверної головки з горизонтальною віссю повороту дозволяє використовувати верстат для розточування внутрішніх камер і зовнішньої проточки за бурти інструментами, закріпленими в державках револьверної головки.

На відміну від більшості токарно-револьверних верстатів верстат моделі тисяча триста сорок один має такі особливості, що дозволяють використовувати його більш ефективно: командоапарат, автоматично включає при повороті револьверної головки в кожен наступну позицію встановлену частот обертання

шпинделя і величину подачі супорта; гідравлічний механізм подачі і затиску прутка, що дозволяє обробляти на верстаті не тільки холодно-тягнуті, але і гарячекатані прутки і штучні заготовки, виготовлені з меншою точністю; лінійку для торцевого і поздовжнього копіювання, поз-воля обробляти конічні і фасонні поверхні заготовок; різьбонарізні пристрій, призначений для нарізування по копію зовнішніх і внутрішніх різьблень різцями або гребінками; стійкі для підтримки труби з прутком, що встановлюються з лівого торця верстата.

### **1.4.3 Система дослідження моделі об'єкта керування**

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

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми до контуру управління швидкістю конвеєра входять об'єкт управління в якості котрого виступає електромеханічна частина конвеєра, датчик швидкості стрічки конвеєра, пристрій управління, в якості котрого виступає програмований логічний контролер та електропривід конвеєра.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою.

### **1.5 Висновки по розділу**

Виходячи з існуючих підходів та вимог система повинна вирішувати наступні завдання:

- розробити комп'ютерну систему;
- система повинна реалізовувати переміщення «револьвера»;
- зміну інструмента;
- забезпечувати необхідний рівень точності.

Взаємодія з пристроєм керування виконується через SCADA систему яка збирає інформацію та дозволяє змінювати параметри роботи системи. Отримана

інформація обробляється та передається до бази даних для зберігання. SCADA система також може отримувати данні з бази даних.

Отримана інформація та дані відображаються SCADA системою за допомогою автоматизованих робочих місць для відповідних операторів процесу. Оператор процесу може змінювати еталони системи управління, що в свою чергу призводить до зміни параметрів роботи системи.

Система автоматизації повинна забезпечувати безперебійну роботу усього технологічного ланцюжка обробки деталі на верстаті.

Для проведення дослідження об'єкта управління потрібні вихідні дані параметрів системи. Необхідно сформулювати вимоги до системи, скласти математичний опис окремих елементів системи, розробити математичну модель системи і досліджувати її різними методами для отримання найкращих параметрів, розробити апаратну частину і програмне забезпечення.

## 2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

### 2.1 Розробка структурної схеми системи управління

Відповідно до вимог, система управління взаємодіє з контрольним об'єктом, тому повинна забезпечувати підсистему для управління технологічним обладнанням (рис. 2.1). До цієї підсистеми входять пристрої збору інформації (поздовжніх і перехресних датчиків пересування), довідники та умови обладнання (швидкість обертання шпинделя верстата, швидкість поздовжньої і перехресної подачі), система контролю стану обладнання, програма управління, реалізація виробництва частини, захист від надзвичайних ситуацій, ручне управління та виконавчі прилади (електричні приводи).

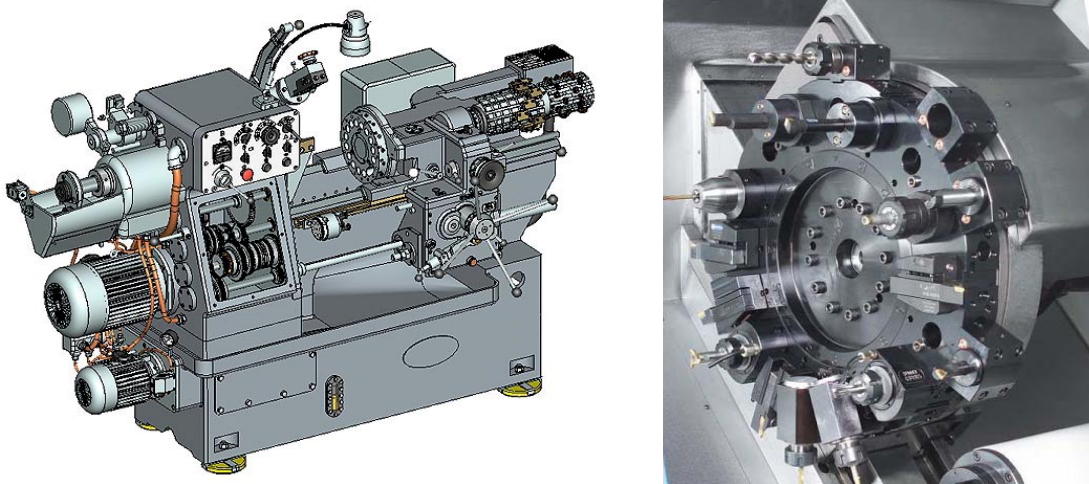


Рисунок 2.1-Верстат Easel 1341

Для системи управління необхідна наявність наступних основних вхідних і вихідних сигналів системи управління:

- управління швидкістю обертання двигуна головного привода шпинделя;
- управління швидкістю обертання двигуна поздовжньої подачі супорта;
- управління швидкістю обертання двигуна перехресного переміщення супорта;

- управління швидкістю обертання двигуна повороту револьверного механізму;
- управління обертанням двигуна компресора охолодження;
- датчик визначення початкового положення супорта;
- датчики контролю положення супорта у двох напрямках переміщення;
- датчик визначення початкового положення револьверного механізму;
- датчики контролю положення револьверного механізму.

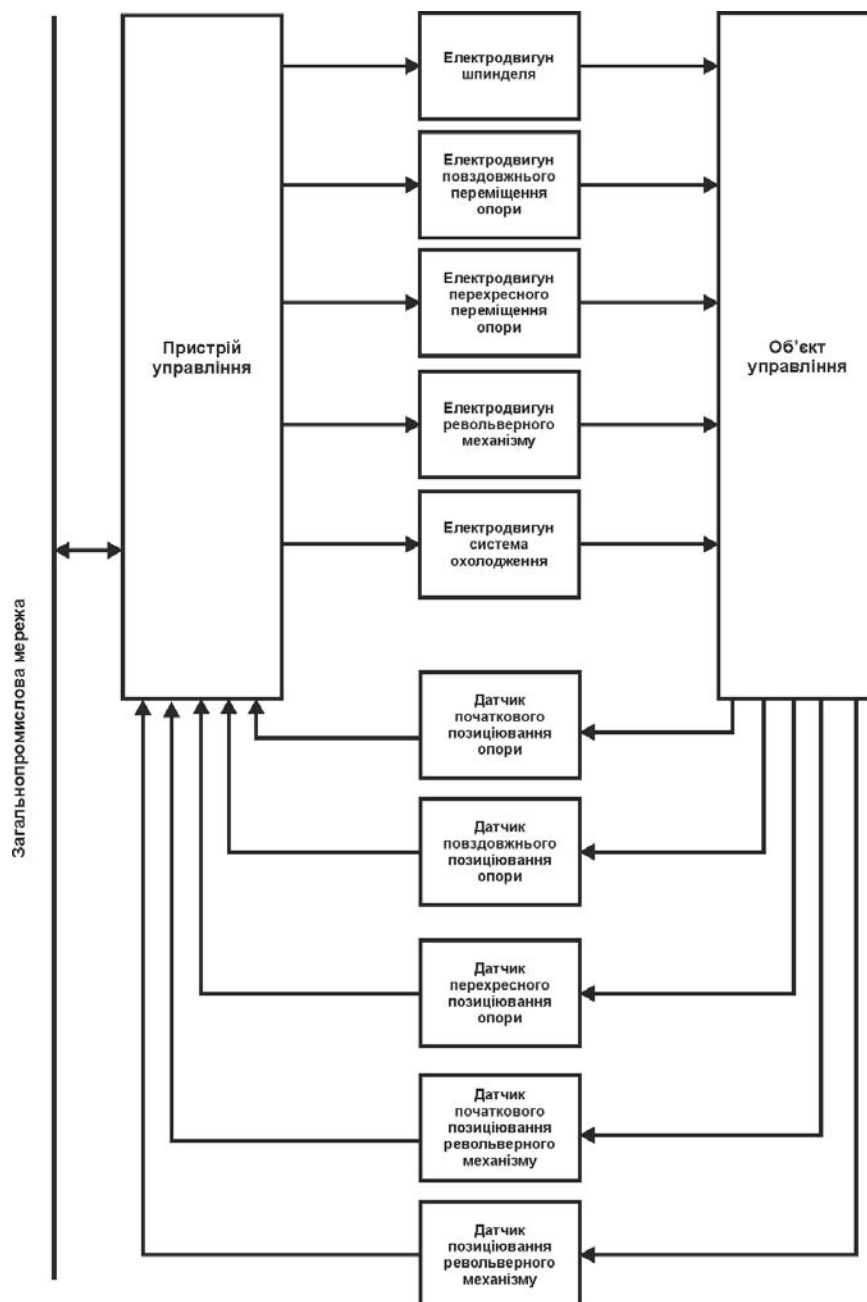


Рисунок 2.2 – Структурна схема підсистеми управління

## 2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Крім того, система повинна забезпечувати візуалізацію і контроль роботи верстата, тому вона повинна включати підсистему інформаційної підтримки роботи оператора. Ця підсистема включає в себе процес реєстрації, людино-машинного інтерфейсу і сигналізації для досягнення параметрів управління встановлених значень. Система також повинна бути архівована, тому вона повинна мати підсистему для зберігання архівів параметрів і подій, у тому числі бази даних і резервного зберігання. Беручи до уваги ці вимоги, функціональна структура системи має вигляд, наданий рис. 2.3.



Рисунок 2.3 – Структурна схема інформаційних потоків

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

### 2.3 Вибір апаратного забезпечення системи управління

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

- інформаційні пристрої (датчики);
- технологічні карти роботи і умови експлуатації обладнання (завдання швидкості роботи автомата, швидкість поздовжніх і поперечних подач;
- апаратуру контролю стану обладнання;
- програму управління;
- аварійний захист;
- ручний блок управління;
- виконавчі органи (електроприводи).

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики верстата Easel 1341

№	Ім'я параметра	Значення
1	Найбільший діаметр оброблюваного виробу, мм	400
2	Найбільший діаметр переробленого продукту над супортом, мм	380
3	Найбільший діаметр оброблюваного стрижня на передньому кліпі, мм	40
4	Найбільша сторона квадрата-це оброблений стрижень, мм	27
5	Найбільший розмір "під ключ" шестикутник оброблені, мм	32
6	Найдовша довжина стрижня, мм	3000
7	Найбільший діаметр оброблюваного стрижня в затиску і тече труби, мм	40
8	Діаметр отвору в шпинделі, мм	62
9	Висота центра, мм	200
10	Найдовша довжина стрижнів, мм	150
11	Відстань від шпинделя до головки револьвера, мм	32 ÷ 630
12	Найдовша довжина зрізаних ниток, мм	50
13	Кількість інструментів у револьверній голівці	16
14	Кількість швидкостей шпинделя	8
15	Шпиндель обмеження на маршрути, об/мін	60 ÷ 2000
16	Частота обертання шпинделя в діапазоні I, об/мін	60 ÷ 800
17	Частота обертання шпинделя у другому діапазоні, об/мін	150 ÷ 2000
18	Шпинделя до меж маршрутів (реверсивні обертання), об/мін	100, 265
19	Найбільший рух револьвера опори: поздовжнє (z), мм/циркуляр, град.	560/360°
20	Кількість зупинок	16
21	Діапазон поздовжніх подач револьверних поставок, мм/об	0,05 ÷ 1,6
22	Кількість електродвигунів на машинці	3
23	Головна-привід електричного двигуна, кВт	5,5
24	Електродвигун гідравлічного приводу (затиск і стік стрижня), кВт	1,1
25	Електродвигун насоса охолодження, кВт	0,125
26	Машинної маси, кг	2200

У серійному виробництві деталі виготовляються з стрижнів, а їх обробка відбувається автоматично. Стрижень подається за допомогою гідравлічного механізму, а для затиску використовується шпindel (патрон) з гідравлічним замком. Оскільки серія Easel 1341 використовує гідравлічні механізми з напругою живлення 24 В постійного струму, вони можуть бути безпосередньо підключені до програмованого логічного контролера.

Під час виготовлення деталей для більшості токарних робіт виконуються з обертовим стрижнем. Обертання стрижня забезпечується електродвигуном основного приводу. Швидкість обертання стрижня залежить від міцності матеріалу, з якого зроблена деталь.

В рамках автоматизації експлуатації роботи верстата серія Easel 1341, для того, щоб спростити її структуру і реалізувати здатність контролювати, необхідно відокремити кінематичну схему обертання шпинделя картриджа і поздовжнього переміщення опори (рис. 2.4). При цьому доцільно використовувати трифазний асинхронний електродвигун 5,5 кВт, який діє як основний привід для обертання шпинделя.

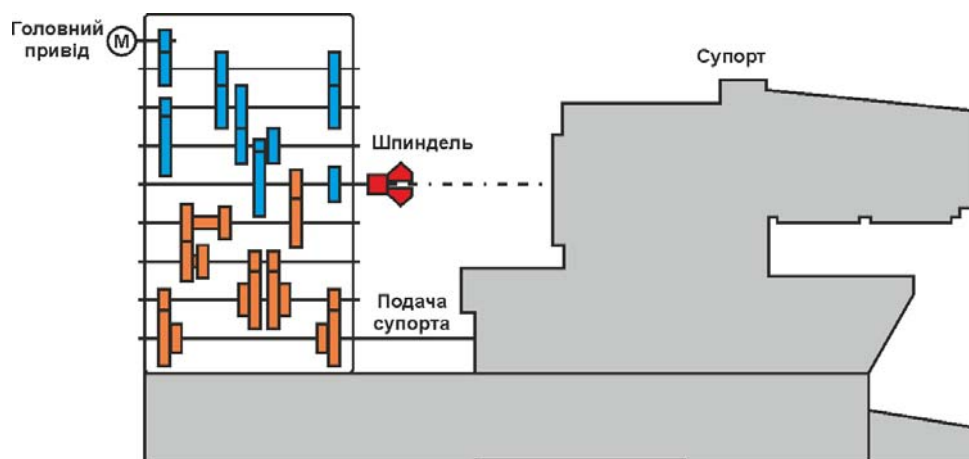


Рисунок 2.4 - Схема кінематографічна верстата Easel 1341

Оскільки кінематична схема між основним приводом електричного двигуна і поздовжнього руху механізму переміщення потребує розділення, в рамках автоматизації, необхідно встановити додатковий електродвигун, після чого кінематична схема буде приймати форму, як показано на рис. 2.5.



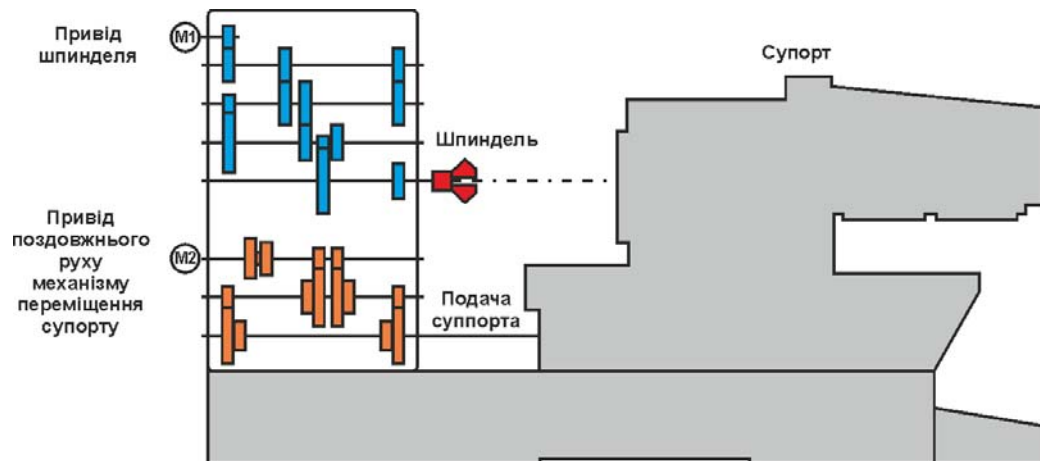


Рисунок 2.5 – Кінематична схема Easel 1341

На основі вимог до поздовжнього переміщення, в якості джерела енергії необхідно використовувати трифазний асинхронний 2 кВт електричний мотор з номінальною швидкістю потужності 50 Гц і номінальною швидкістю обертання 1 370 оборотів в хвилину.

### 2.3.1 Вибір датчиків

Точність роботи верстата Easel 1341 є прецизійною. Для визначення початкової позиції опори потрібно два оптичних датчики з роздільною здатністю 0,1 мм, а дискретна вихідна напруга 24 В. Цим вимогам відповідає датчик Omron EE-SX672A (рис. 2.6.)



Рисунок 2.6 – Датчик Omron EE-SX672A

Характеристики датчика наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2-Omron датчик характеристики EE-SX672A

№	Найменування параметру	Значення
1	Оптичний проміжок, мм	5
2	Повторюваність спрацьовувань, мм	0,025
3	Напруга живлення, В	5 ÷ 24 В
4	Струм, мА	100

Як було сказано, позиція опори буде контролюватися двома кодерами – для повздовжнього та перехресного. Вимоги виконуються E40H 012 2000 2 N 24 з 2 000 імпульсами на обороті і напругою живлення 24 В (рис. 2.7).



Рисунок 2.7 – Енкодер E40H-012-2000-2-N-24

В табл. 2.3 наводяться технічні характеристики енкодера

Таблиця 2.3 - Технічні характеристики E40H-012-2000-2-N-24

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип з'єднання	Прохідний отвір
2	Діаметр отвору, мм	12
3	Дозвіл, імп / об	2000
4	вихідні фази	A, B
5	Тип виходу	NPN
6	Напруга живлення, В	12 ÷ 24

Механізм револьвера фіксується за допомогою гідравлічного замка, подібний до замка картриджа. Блокування закрєпів є егоцентричним і не вимагає високої точності позиціонування, тому енкодер, який виробляє 360 імпульсів на оборот і має імпульс початкової позиції, може бути використаний для визначення точної позиції інструмента. Цим вимогам відповідає енкодер E40H 06 360 3 N 24

Технічні характеристики E40H 06 360 3 N 24 наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики E40H 06 360 3 N 24

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип з'єднання	Прохідний отвір
2	Діаметр отвору, мм	6
3	Дозвіл, імп / об	360
4	вихідні фази	A, B, Z
5	Тип виходу	NPN
6	Напруга живлення, В	12 ÷ 24

### 2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв

Як було сказано, у виробництві однієї тієї ж частини з матеріалів різної міцності використовуються різні швидкості обертів картриджа шпинделя. Відповідно до вимог, система повинна контролювати швидкість картриджа і його стабільність з плином часу. Частотні перетворювачі використовуються для управління швидкістю обертання трифазних асинхронних електродвигунів. У цьому випадку частотний перетворювач має живитися від трифазної мережі напругою 380 В, контролювати швидкість обертів в діапазоні від 60 до 2000 оборотів в хвилину, враховуючи наявність коробки переключання передачі (КПП) і мають можливість підключення до програмованого логічного контролера.

Для цього використовується штатний трифазний асинхронний електродвигун 5,5 кВт, який є основним приводом обертання шпинделя.

Для управління цим двигуном обрано частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV5552K4C, який живиться від трифазної мережі з напругою 320...550 В, що забезпечує зміну частоти електродвигуна в широких діапазонах. Особливістю обраної серії частотних перетворювачів є наявність в них модулів векторного керування, щоб вони могли підтримувати стабільну швидкість обертання електродвигуна без наявності датчиків зворотного зв'язку.



Рисунок 2.8 - Перетворювач частоти E82EV552K4C

Технічні характеристики перетворювача частоти наводяться в табл. 2.5.

Таблиця 2.5 - Технічні характеристики Lenze 8200 E82EV552K4C

№	Ім'я параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	3 фазне $\sim 320 \div 550$
2	Потужність, кВт	5,5
3	Діапазон частот вихідного дна, Гц	$-650 \div +650$
4	Частота перемикання, кГц	$2 \div 16$
5	Перевантаження, % Мп	$180 \div 210$
6	Гальмівний момент, % Мп	50
7	Ступінь захисту	IP20
8	Частотна контрольна U/f	Так
9	Векторне управління	Так
10	Частотне регулювання	Так
11	Регулятор моменту	Так
12	PID-регулятор	Так
13	Аналогові входи	1
14	Дискретні входи	5
15	Дискретні виходи	1
16	Релейний вихід	1
17	Підтримувані інтерфейси	Так
18	CAN-Bus	Так
19	PROFIBUS-DP	Так
20	INTERBUS	Так
21	AS-Interface	Так
22	Device Net	Так

Для поздовжнього руху механізму переміщення використовується трифазний асинхронний 2 кВт електричний мотор з номінальною швидкістю потужності 50 Гц і номінальною швидкістю обертання 1 370 оборотів в хвилину.

Цим вимогам відповідає двигун Lenze MDEMA 100-12, який забезпечує управління електродвигунами з потужністю до 2,2 кВт (рис. 2.10).



Рисунок 2.9 – Електродвигун Lenze MDEMA 100–12

Технічні характеристики електродвигуна Lenze MDEMA 100–12 наведені в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики Lenze MDEMA 100–12

№	Найменування параметру	Значення
1	Номінальна напруга, В	230/400
2	Потужність, кВт	2,2
3	Номінальна швидкість, об/хв	1 425
4	Номінальний момент, Нм	0.8 ÷ 144
5	глибина регулювання	1: 17,5
6	Ступінь захисту	IP54
7	інерція	Середня
8	перевантажувальна здатність	Середня
9	питома потужність	Середня
10	охолодження	примусовий обдув
11	Самообдув	крильчатка

Для контролю двигуна поздовжнього руху супорта, було обрано Lenze 8200 E82EV222K4C частотного перетворювача, живлення від мережі

3 фази напругою 320...550 В, що забезпечує зміну частоти електродвигуна в широкому діапазоні.

Технічні характеристики перетворювача частоти наведені в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Технічні характеристики перетворювача  
Lenze 8200 E82EV22K4C

№	Найменування параметру	Значення
1	Робоча напруга живлення, В	3 фазне ~320...550
2	Потужність, кВт	2,2
3	Діапазон вихідних частот, Гц	-650...+650
4	Частота комутації, кГц	2...16
5	Перевантажувальний момент, % M <sub>n</sub>	180...210
6	Гальмівний момент, % M <sub>n</sub>	50
7	Ступінь захисту	IP20
8	Частотне управління U / f	Так
9	векторне управління	Так
10	частотне регулювання	Так
11	регулятор моменту	Так
12	ПД-регулятор	Так
13	аналогові входи	1
14	дискретні входи	5
15	дискретні виходи	1
16	релейний вихід	1
17	Підтримувані інтерфейси	Так
18	CAN-Bus	Так
19	PROFIBUS-DP	Так
20	INTERBUS	Так
21	AS-Interface	Так
22	Device Net	Так

За перехресний рух супорта відповідає штатний трифазний асинхронний електродвигун потужністю 1,1 кВт. Для управління ним обрано частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV152K4C, який живиться від трифазної мережі з напругою 320 ...550 В, що забезпечує зміну частоти електродвигуна в широкому діапазоні.

Технічні характеристики перетворювача частоти наводяться в табл. 2.8.

У кінематографічну схему верстата для повороту револьверного механізму використовується коробка передач з ручним приводом, для автоматизації цього вузла достатньо встановити двигун постійного струму, потужністю 150 Вт. Цим вимогам відповідає двигун Transtecno ND 180.240 Engine потужністю 180 Вт ,

який має високу початкову точку обертання за рахунок використання неодимових магнітів у своїй конструкції (рис. 2.10).

Таблиця 4.5– Технічні характеристики Lenze 8200 E82EV152K4C

№	Найменування параметру	Значення
1	Робоча напруга живлення, В	3 фазне ~320...550
2	Потужність, кВт	1,1
3	Діапазон вихідних частот, Гц	-650...+650
4	Частота комутації, кГц	2...16
5	Перевантажувальний момент, % M <sub>n</sub>	180...210
6	Гальмівний момент, % M <sub>n</sub>	50
7	Ступінь захисту	IP20
8	Частотне управління U / f	Так
9	векторне управління	Так
10	частотне регулювання	Так
11	регулятор моменту	Так
12	ПД-регулятор	Так
13	аналогові входи	1
14	дискретні входи	5
15	дискретні виходи	1
16	релейний вихід	1
17	Підтримувані інтерфейси	Так
18	CAN-Bus	Так
19	PROFIBUS-DP	Так
20	INTERBUS	Так
21	AS-Interface	Так
22	Device Net	Так



Рисунок 2.10 – Двигун постійного струму Transtecno ND180.240

Технічні характеристики двигуна наведені в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 - Технічні характеристики фазне Dficator ND 180.240

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип магнітів	Неодімний
2	Напруга живлення, В	24
3	Потужність, Вт	180
4	Тип підшипника	кульковий
5	Кількість магнітів, штук	4
6	Кількість щіток, штук	4
7	матеріал щіток	композитний

Для узгодження параметрів між програмованим логічним контролером і револьверним двигуном Transtecno PLN20 DC слід використовувати спеціальний контролер, призначений для керування двигунами DC потужністю до 500 Вт.

Джерелом живлення контролера буде СПД 24240 блок живлення з напругою 24 В, потужністю 240 Вт.

Штатна система охолодження складається з асинхронного трифазного двигуна з напругою живлення 380 В і компресора. Через те, що двигун має дискретне управління - включення / вимикання, програмований логічний контролер може управляти їм за допомогою трифазного реле з комутаційним струмом 0,5 А, цим вимогам відповідає трифазне реле RUC 10 380 з трьома нормальними-закритими і трьома звичайними відкритими контактами (рис. 2.11).

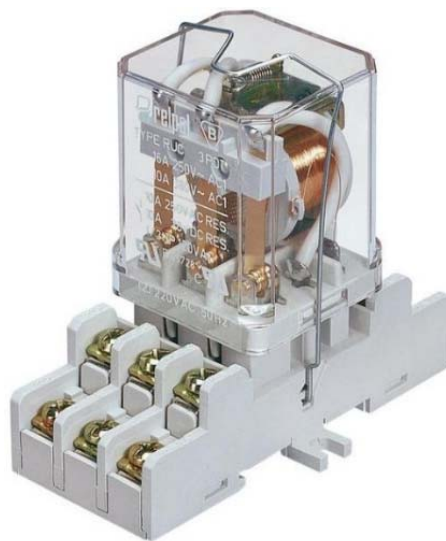


Рисунок 2.11 – Реле RUC-10-380



Технічні характеристики реле наведені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10 - Технічні характеристики реле RUC 10 380

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип контактів	AgCdO
2	Комутований струм, А	10
3	Напруга, що комутується, В	380
4	Максимальна напруга, В	400
5	Струм управління, мА	5
6	Напруга управління, В	24
7	Версія контактних груп	3NC/NO

#### 2.4 Перелік вхідних та вихідних сигналів і даних системи управління

Підсумуємо обрані датчики і виконавчі органи для контролю вхідних і управління вихідними сигналами системи управління.

1. Для управління швидкістю обертання двигуна головного привода обрано частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV552K4C, який має потужність 5,5 кВт:

- робоча напруга ~320...550 В;
- потужність 5,5 кВт;
- діапазон частот -650...+650 Гц;
- інтерфейс PROFIBUS-DP;
- ступінь захисту IP20.

2. Так як кінематична схема між електродвигуном головного приводу і механізмом поздовжнього переміщення супорта була розділена, в рамках автоматизації, на верстат необхідно встановити додатковий електродвигун.

Виходячи з вимог до поздовжньої подачі супорта, як привід повинен використовуватися трифазний асинхронний електродвигун потужністю 2 кВт, номінальною частотою мережі живлення 50 Гц, і номінальною швидкістю обертання 1 370 об/хв. Даною вимогою задовольняє електродвигун Lenze MDEMA 100-12 з найбільш близькою до необхідної потужністю 2,2 кВт.

Для керування електродвигуном поздовжнього переміщення супорта обраний частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV222K4C потужністю 2,2 кВт:

- робоча напруга ~320...550 В;

- потужність 2,2 кВт;
- діапазон частот -650...+650 Гц;
- інтерфейс PROFIBUS-DP;
- ступінь захисту IP20.

3. За поперечне переміщення супорта відповідає трифазний асинхронний електродвигун потужністю 1,1 кВт. Для управління їм обраний частотний перетворювач Lenze 8200 E82EV152K4C потужністю 1,5 кВт:

- робоча напруга ~320...550 В;
- потужність 1,5 кВт;
- діапазон частот -650...+650 Гц;
- інтерфейс PROFIBUS-DP;
- ступінь захисту IP20.

4. Для визначення початкового положення супорта обрано оптичний датчик Omron EE-SX672A:

- оптичний проміжок 5 мм;
- повторюваність спрацьовувань 0,025 мм;
- напруга живлення 24 В;
- струм 100 мА.

5. Для контролю положення супорта у двох напрямках переміщення обрано енкодер E40H-012-2000-2-N-24:

- тип з'єднання прохідний отвір;
- діаметр отвору 12 мм;
- Точність, 2000 імп/об;
- вихідні фази А, В;
- тип виходу NPN;
- напруга живлення 24 В.

6. Револьверний механізм фіксується за допомогою гідравлічного замка аналогічного замку патрона. Запір замка це трикулачні і не вимагає високої точності позиціонування, в зв'язку з цим для визначення обраного інструменту може використовуватися інкрементний енкодер видає 360 імпульсів на оборот і

має імпульс початкового положення Z. Даним вимогам задовольняє енкодер E40H-06-360-3-N-24:

- тип з'єднання муфта;
- діаметр валу 6 мм;
- Точність, 360 імп/об;
- вихідні фази A, B, Z;
- тип виходу NPN;
- напруга живлення 24 В.

7. У кінематичній схемі верстата для повороту револьверного механізму використовується редуктор з ручним приводом, для автоматизації даного вузла досить встановити двигун постійного струму, потужністю 150 Вт. Даним вимогам задовольняє двигун компанії Transtecno ND180.240 потужністю 180 Вт, що володіє високим початковим моментом обертання завдяки використанню в його конструкції неодимових магнітів.

8. Штатна система охолодження складається з асинхронного трифазного двигуна з напругою живлення 380 В і компресора. Через те, що двигун має дискретне управління - включення / вимикання, управління здійснюється трифазним реле RUC 10 380 з трьома нормальними-закритими і трьома звичайними відкритими контактами:

- |                         |      |
|-------------------------|------|
| – комутований струм, А  | 10;  |
| – напруга комутації, В  | 380; |
| – струм управління, мА  | 5;   |
| – напруга управління, В | 24   |

З метою визначення входів і виходів необхідно провести аналіз та класифікацію входів і виходів датчиків та виконавчих пристроїв технологічного обладнання.

В результаті аналізу отримано перелік вхідних та вихідних сигналів який наведено в табл. 2.11.

Таблиця 2.11 – Перелік вхідних та вихідних сигналів

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Ідентифікатор	Напр. вх./вих.	Функція	Вид	Джерело/Отримувач	Форма подання (розрядність, точність)		Період вв./вив, с
							Зовнішня	Внутрішня	
1	Стан гідравлічного замка патрона	GE1	Вхід	Контроль	НР	КР А1 S11	24 В	1 біт	0,01
2	Наявність прутка в патроні	GE2	Вхід	Контроль	НР	КР А1 S11	24 В	1 біт	0,01
3	Початкове поздовжнє положення супорта	GE3	Вхід	Контроль	НР	ЕЕ-SX6 72А	24 В	1 біт	0,01
4	Початкове поперечне положення супорта	GE4	Вхід	Контроль	НР	ЕЕ-SX6 72А	24 В	1 біт	0,01
5	Поздовжнє положення супорта	GE5	Вхід	Контроль	Ан.	Е40Н-012-2000	24 В	4 байти	0,01
6	Поперечне положення супорта	GE6	Вхід	Контроль	НР	Е40Н-012-2000	24 В	4 байти	0,01
7	Стан гідравлічного замка револьвера	GE7	Вхід	Контроль	НР	КР А1 S11	24 В	1 біт	0,01
8	Положення револьверного механізму	GE8	Вхід	Контроль	НР	Е40Н-06-360	24 В	2 байти	0,01
9	Закриття гідравлічного замка патрона	NS9	Вихід	Керув.	НР	Гідр. механізм	24 В	1 біт	0,01
10	Подача прутка	NS10	Вихід	Керув.	НР	Гідр. механізм	24 В	1 біт	0,01
11	Гідравлічний замок револьверного механізму	NS11	Вихід	Керув.	НР	Гідр. механізм	24 В	1 біт	0,01
12	Охолодження	NS12	Вихід	Керув.	НР	RUC-10-380	24 В	1 біт	0,01
13	Обертання шпинделя патрона	SC13	Вихід	Керув.	НР	Е82ЕV5 52К4С	24 В	64 байти	0,01
14	Поздовжнє переміщення супорта	SC14	Вихід	Керув.	НР	Е82ЕV2 22К4С	24 В	64 байти	0,01
15	Поперечне переміщення супорта	SC15	Вихід	Керув.	НР	Е82ЕV1 52К4С	24 В	64 байти	0,01
16	Вибір інструмента	NS16	Вихід	Керув.	НР	PLN20	24 В	1 біт	0,01

## 2.5 Вибір пристрою керування

Відповідно вимогам до системи управління в якості пристрою управління повинен використовуватися програмований логічний контролер компанії VІРА. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 10 мс, для забезпечення реакції на змінення температури. Крім того контролер повинен мати не менш 1 Кбайт

вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління. Контролер повинен мати модульну структуру та інтерфейс PROFIBUS-DP.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 314-2AG12:

- робоча пам'ять 512 кБайт;
- інтерфейси Ethernet PROFIBUS-DP;
- напруга живлення 24 В;
- споживана потужність 14 Вт;
- ступінь захисту IP20.



Рисунок 2.12 – ПЛК VIPA 314-2AG12

Технічні характеристики ПЛК наведені в таблиці 2.12

Таблиця 2.12 - Технічні характеристики ПЛК VIPA 314 2AG12

№	Найменування параметру	Значення
1	Тип	CPU 314SB/DPM
2	Пам'ять, кБайт	512
3	Робоча пам'ять, кБайт	256
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,01
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,01
7	Час виконання команди над словом, мкс	0,01
8	Час виконання команди над подвійним словом, мкс	0,06
9	LAN інтерфейс	так
10	PROFIBUS-DP інтерфейс, майстер	так
11	Напруга живлення, В	24
12	Споживана потужність, Вт	6

Відповідно до переліку вхідних і вихідних сигналів контролер повинен володіти 14 входами з часом опитування не більше 10 мкс і 6 виходу-ми з часом комутації не більше 10 мс. Даним вимогам задовольнив модуль дискретного вводу компанії VIPA 321-1BH70, який має 16 входів і модуль дискретного виводу компанії VIPA 322-1BF01 має 8 виходів. Модуль введення забезпечує час опитування входів 2,56 мкс, модуль виведення забезпечує час комутації вихідних ланцюгів 1 мс.

Для живлення модулів введення / виведення контролера, дискретних датчиків і виконавчих механізмів обраний блок живлення SPD 2460 з вихідною напругою 24 В і максимальною здатністю навантаження 2,5 А.

Відповідно до вимог до системи відображення процесів що протікають при виробництві деталей повинно здійснюватися в реальному часі за допомогою людино-машинного інтерфейсу, а доступ до даних контролер по інтерфейсу Ethernet. Пристрій відображення ЧМІ повинно мати фізичний дозвіл екрану не менше 10 дюймів, і дозвіл зображення не менше 640 x 480 пікселів. Висунутим вимогам задовольняє панель ЧМІ від компанії VIPA Touch Panel TP 612C (рис. 2.13) має фізичний дозвіл екрану 12,1 дюймів. В якості джерела живлення для панелі обраний блок живлення SPD 2430 з вихідним напруги третьому 24 В і максимальною здатністю навантаження 1,25 А.



Рисунок 2.13 – VIPA Touch Panel TP 612C

Технічні характеристики людино-машинного інтерфейсу (ЛМІ) панелі наведені в табл. 2.13.

Таблиця 2.13 – Технічні характеристики VIPA Touch Panel TP 612C

№	Найменування параметру	Значення
1	екран	TFT, 12,1”
2	Дозвіл екрану, піксель	800 x 600
3	процесор	XScale, 800 Mhz
4	Робоча пам'ять, МБайт	128
5	Пам'ять користувача, МБайт	2048
6	MPI	Так
7	PROFIBUS-DP	Так
8	RS-232	Так
9	RS-422/485	Так
10	USB-A	Так
11	USB-B	Так
12	Ethernet RJ45	Так
13	Операційна система	Windows Embedded CE 6.0 Professional
14	Напруга живлення, В	24
15	Струм, мА	800

#### 2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

Відповідно до завдання розроблено функціональну схему автоматизації комп'ютерної системи, яка наведена на рис. 2.14.

Система включає один пристрій керування (UY) до якого підключаються датчики та виконавчі пристрої. Пристрій керування також зв'язаний з пультом оператора (UYR) у якості котрого виступає панель оператора з SCADA системою zenon.

До складу системи входять датчики: стану гідравлічного замка шпинделя (GE 1-1), наявності прутка в шпинделя (GE 2-1), початкового поздовжнього положення супорта (GE 3-1), початкового поперечного положення супорта (GE 4-1), поздовжнє положення супорта (GE 5-1), поперечне положення супорта (GE 6-1), стан гідравлічного замка револьверного механізму (GE 7-1), положення револьверного механізму (GE 8-1).

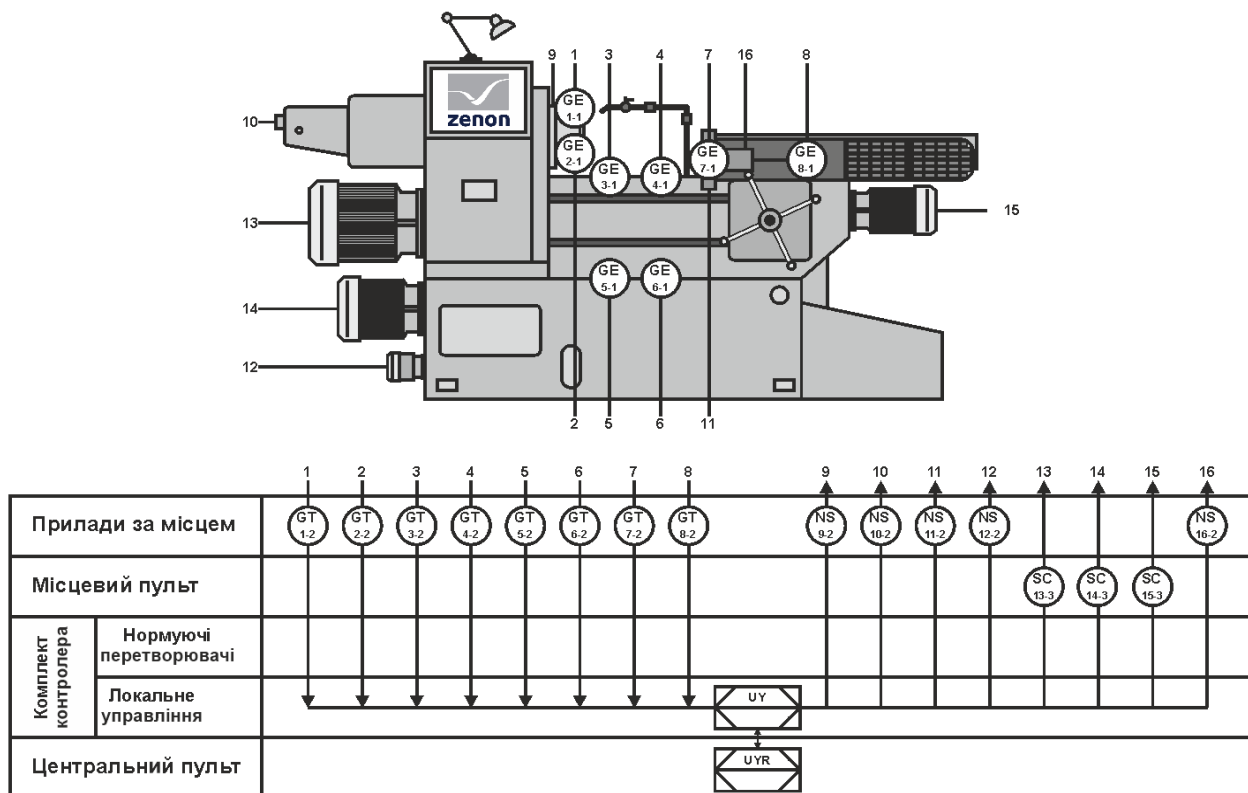


Рисунок 2.12 – Функціональна схема автоматизації

Виконавчі пристрої системи: закриття гідравлічного замка патрона, подача дроту, гідравлічний замок револьверного механізму, охолодження, обертання шпинделя патрона, поздовжнє переміщення супорта, поперечне переміщення супорта, вибір інструмента.

## 2.5 Розробка схеми електричної принципової

На підставі обраної елементної бази та переліку вхідних та вихідних сигналів розроблена схема електрична принципова, яка наведена на рис. 2.10.



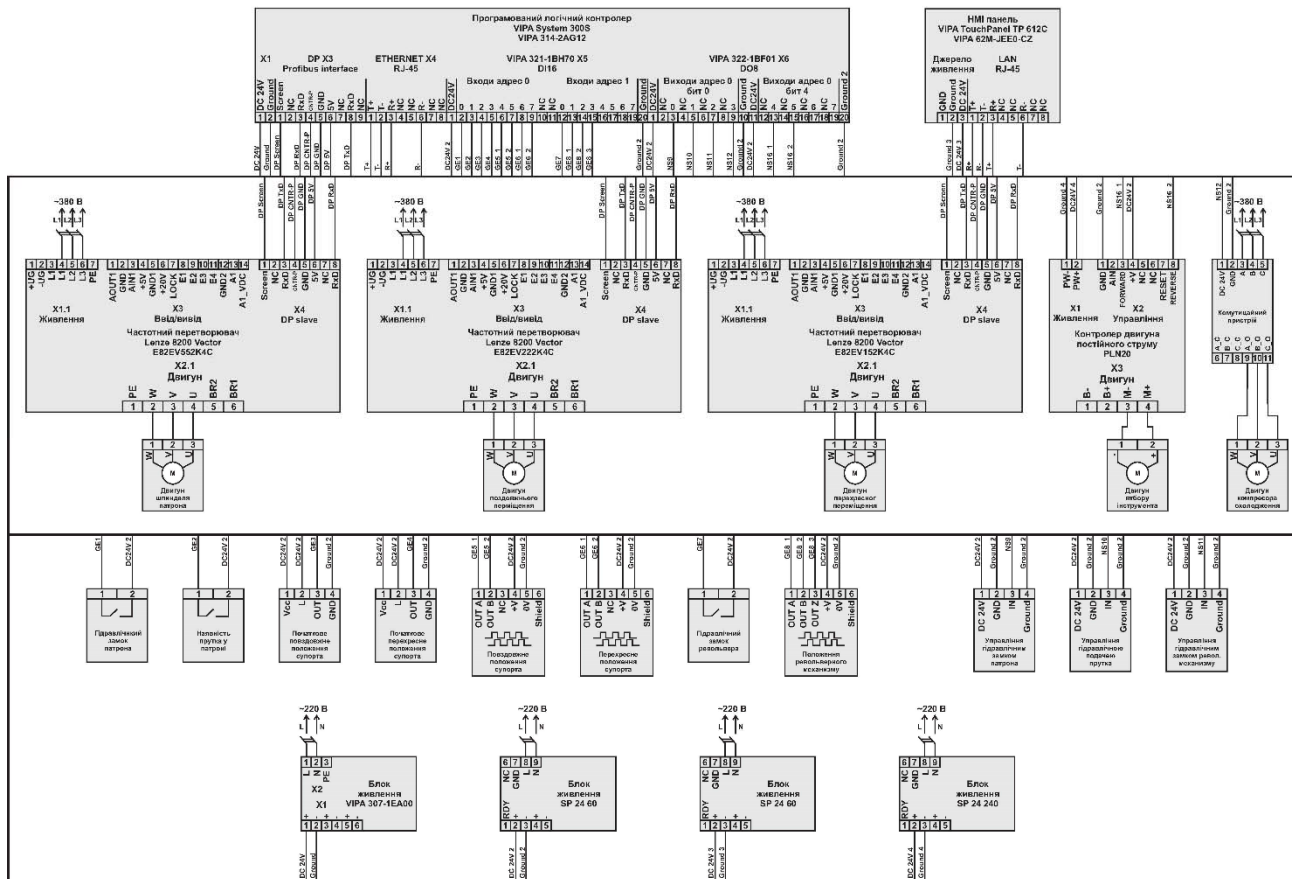


Рисунок 2.10 – Схема електрична принципова

## 2.6 Висновки по розділу

1. На підставі технологічного процесу, структури об'єкта керування, функціонування об'єкта керування та вимог до системи керування розроблено структурну схему системи керування.

2. Враховуючи вимоги до технологічного процесу, діапазони зміни вимірювальних параметрів та керованих параметрів обрані датчики та виконавчі пристрої які мають стандартні діапазони вхідних та вихідних сигналів 0/24 В, 4÷20 мА та стандартне живлення 24 В, ~220 В.

3. На підставі вимог до технологічного процесу та функціонування системи керування в якості пристрою керування обрано програмований логічний контролер VIPA 314 2AG12. Враховуючи датчики, виконавчі пристрої та тип контролера обрано його модулі які забезпечують підключення усіх елементів.

4. Згідно з вимогами до розміщення автоматизованого робочого місця оператора та людино-машинного інтерфейсу в якості панелі оператора обрано промисловий комп'ютер VIPA 314 2AG12 з операційною системою "Microsoft Windows Embedded 7" та SCADA системою "zenon Supervisor".

5. Згідно з обраним датчиками, виконавчими пристроями, пристроєм керуванням та панеллю оператора розраховані споживані потужності та обрані блоки живлення.

6. На підставі структурної схеми системи керування та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації системи керування з урахуванням якої розроблена схема електрична принципова системи керування.

7. Результати розробки апаратного забезпечення системи керування будуть використанні при створенні програмного забезпечення системи керування.

## 3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

### 3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

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

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням для системи автоматизації процесів управління токарно-револьверним металообробним верстатом, треба створити систему автоматичного управління верстатом.

Оскільки кінематична схема між основним приводом електричного двигуна шпинделя і поздовжнього руху механізму переміщення потребує розділення, в рамках автоматизації, запропоновано встановити додатковий електродвигун, поздовжнього руху механізму переміщення супорта револьверного верстата.

Згідно з аналізом роботи револьверного верстата, як об'єкта автоматичного управління, треба в першу чергу синтезувати модель електромеханічної частини поздовжнього руху механізму переміщення супорта револьверного верстата.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням для підсистеми управління до контуру управління швидкістю переміщення супорта револьверного верстата, в якості якого виступає електромеханічна частина поздовжнього руху механізму переміщення супорта револьверного верстата, входить датчик швидкості переміщення супорта, пристрій управління, в якості котрого виступає програмований логічний контролер та електропривід поздовжнього переміщення супорта.

Для контролю швидкості поздовжнього переміщення супорта використовується імпульсний датчик швидкості - енкодер E40H 012 2000 2 N 24 з кількістю імпульсів на оберт рівною 2 000.

Підсистема має управляти поздовжнім переміщенням супорта. Для його приводу використовується асинхронний трифазний електродвигун Lenze MDEMA 100–12 потужністю 2,2 кВт, 1 425 об./хв. Для управління швидкістю обертання використовуються частотний перетворювачі, Lenze 8200 E82EV222K4C, потужністю 2,2 кВт, що живиться від трифазної мережі  $\sim 380$  В, управляється за допомогою послідовного каналу зв'язку RS-485.

Згідно з завданням система управління повинна реалізувати безпечний розгін та підтримку заданої швидкості поздовжнього переміщення супорта.

Діапазон поздовжнього руху 0,05...1,6 мм/об. електропривіду. Діапазон залежить від обраної передачі КПП.

Тобто згідно логіки треба визначити параметри моделі для найбільш проблемного швидкого переміщення - 1,6 мм/об. При 1 425 об./хв максимальна швидкість повздовжнього переміщення становитиме 2,28 м/с.

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

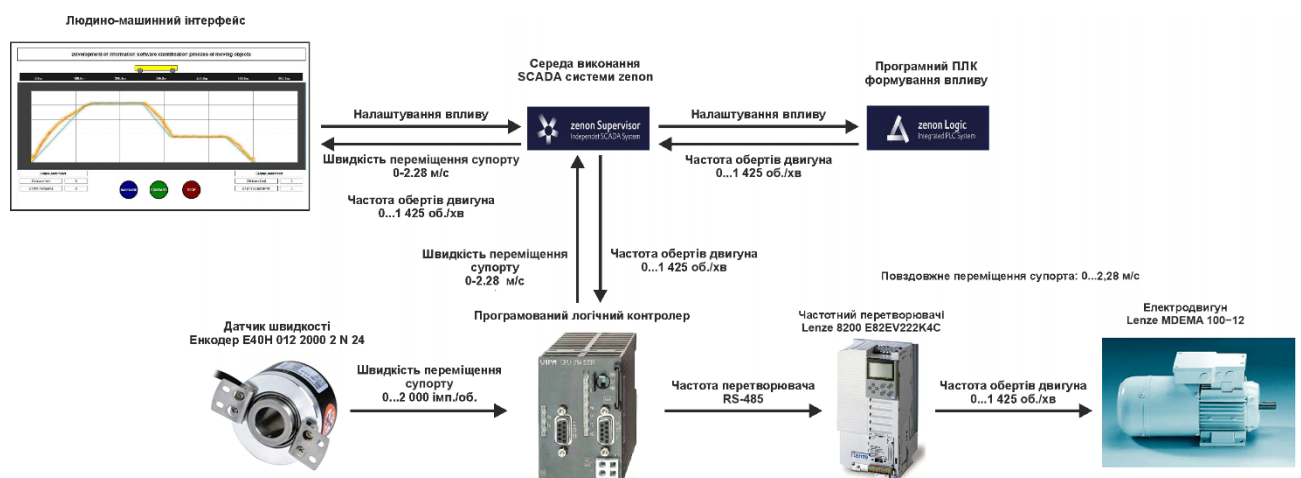


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Згідно з структурною схемою система дослідження може формувати керуючий вплив, у якості котрого виступає швидкість повздовжнього

переміщення становитиме супорта у діапазоні 0...2,28 м/с, яка пропорційна обертам електропривіду відповідно у діапазоні 0-1 425 об./хв. Система може контролювати швидкість цього переміщення, за допомогою датчика швидкості, відповідно у діапазоні 0...2 000 імп./об.. За розгін та підтримку заданого швидкісного режиму відповідає VIPA 214-2BS33.

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

### **3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління**

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

Для виконання ідентифікації об'єкта управління необхідного отримати його динамічну, статичну характеристику та перевіірочні данні.

З метою виконання ідентифікації об'єкта управління використовуючи метод активного експерименту необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П-образному керуючому впливі та перевіірочні данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.

2. Отримання даних при П-образному впливі.

2.1 Привести об'єкт управління до початкових умов – перемістити супорт у початкове повздовжнє переміщення, задати частоту обертів двигуна 0 об./хв., відповідно швидкість повздовжнього переміщення супорта становитиме 0 м/с.

2.2 Запустити процес реєстрування.

2.3 Задати частоту обертів двигуна 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

2.4 Задати частоту обертів двигуна 0 %, дочекатися досягнення усталеного режиму (дивись п. 2.1).

2.5 Зупинити процес реєстрації.

2.7 Проаналізувати отриману характеристику. Якщо П-характеристика не симетрична, то проводити наступні дії для всіх варіантів дослідження моделювання для двох випадків характеристик - «на збільшення» та «на зменшення». Отримання характеристик «на збільшення» та «на зменшення» відрізняються лише напрямком зміни керуючого впливу, та його початковим значенням. Замість перевірочних даних слід застосовувати статичну характеристику.

3. Отримати динамічну характеристику.

3.1. Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).

3.2. Запустити процес реєстрування.

3.3. Подати у якості керуючого впливу завдання частоту обертів двигуна 100 % дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості переміщення супорту (при моделюванні нема обмеження переміщенню супорту – використовується еквівалентне генераторне навантаження).

3.4. Зупинити швидкість двигуна, дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості супорту 0 м/с.

3.5. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання перевірочних даних.

4.1. Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).

4.2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином, щоб період зміни впливу бажано був у п'ять разів менший за час перехідного процесу, а амплітуда завдання змінювалася в дискретно в діапазоні 0...100 %.

4.3. Запустити процес реєстрування.

4.4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

4.5. Виконувати реєстрацію бажано на протязі часу не менш за десяти перехідних процесів.

4.6. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.

5.1. Привести об'єкт управління до початкових умов (дивись п. 2.1).

5.2. Запустити процес реєстрування.

5.3. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 20 %, дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості переміщення супорту.

5.4. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 40 %, усталеного режиму швидкості переміщення супорту.

5.5. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 60 %, усталеного режиму швидкості переміщення супорту.

5.6. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 80 %, усталеного режиму швидкості переміщення супорту.

5.7. Подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 100 %, усталеного режиму швидкості переміщення супорту.

5.8. Зупинити процес реєстрації.

Формування керуючих впливів та реєстрування даних буде виконуватися програмованим логічним контролером з подальшою передачею результатів до програмного комплексу zenon.

### **3.3 Виконання експерименту**

Для імітаційної моделі електромеханічної частини повздовжнього переміщення супорту за каналом керування «частота обертів електроприводу – швидкість повздовжнього переміщення супорта, вихідними даними для проведення ідентифікації об'єкта керування є експериментальні криві розгону, при цьому вхідною величиною є частота обертів електроприводу, а вихідною – швидкість повздовжнього переміщення супорту.

Початкові дані по входу і виходу об'єкта керування дорівнюють 0.

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження таким чином, що керуючий вплив може знаходитися дискретно в діапазоні 0...100 % (0...1425 об./хв), а значення швидкості переміщення 0...2,28 м/с.

На третьому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.2) (за відсутністю можливості доступу до реальних

даних, та для спрощення моделювання було припущено, що об'єкт управління симетричний).

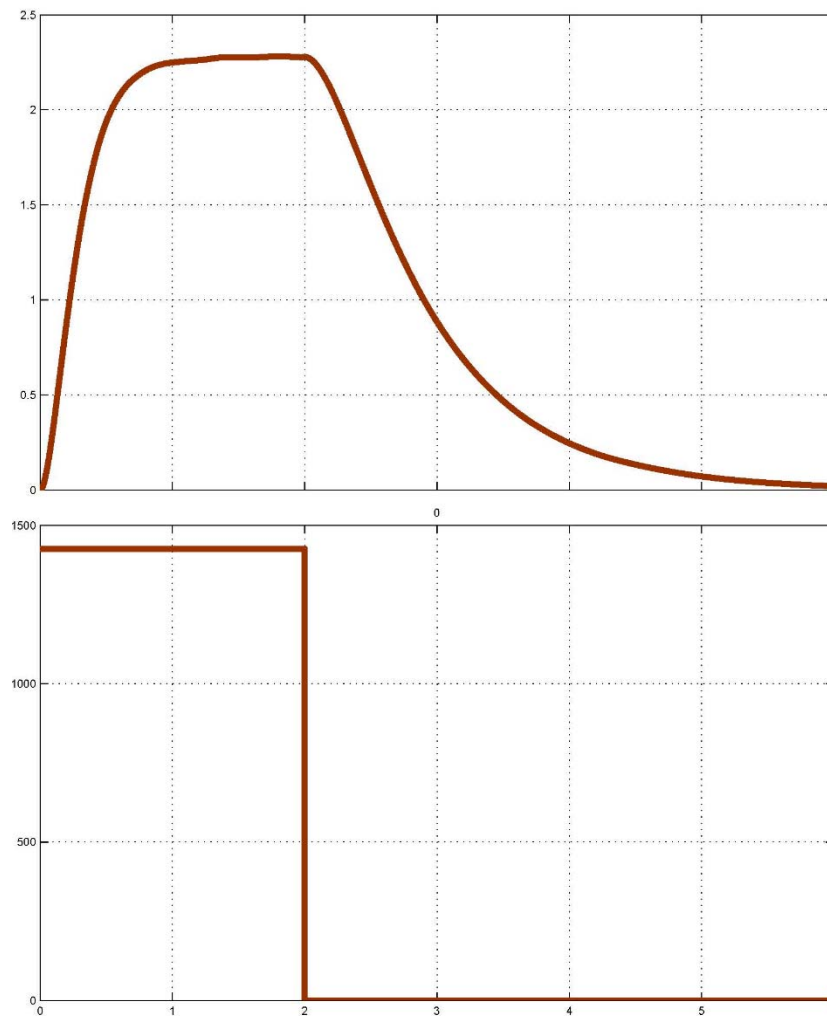


Рисунок 3.2 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

Для цього встановлено завдання частоти обертів двигуна 0 %. Після досягнення усталеного режиму, завдали частоту обертів двигуна 100 %, дочекалися досягнення усталеного режиму, а потім завдали частоту обертів двигуна 0 %, дочекалися досягнення усталеного режиму. Після досягнення усталеного режиму експеримент закінчився.

Проаналізувавши отриманий результат сміливо можна стверджувати, що об'єкт управління є не симетричним, тобто будемо мати модель на «збільшення сигналу» та модель «на зменшення сигналу» управління, тому треба досліджувати його характеристики враховуючі цю особливість.



На третьому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта управління.

Для цього було встановлено завдання на вході об'єкту керування 0 %. Після досягнення усталеного режиму на виході об'єкту керування було встановлено завдання на вході об'єкту керування 100 %. Після досягнення усталеного режиму на виході об'єкту керування експеримент було закінчено. Отримали динамічну характеристику «на збільшення» вхідного сигналу (рис. 3.3).

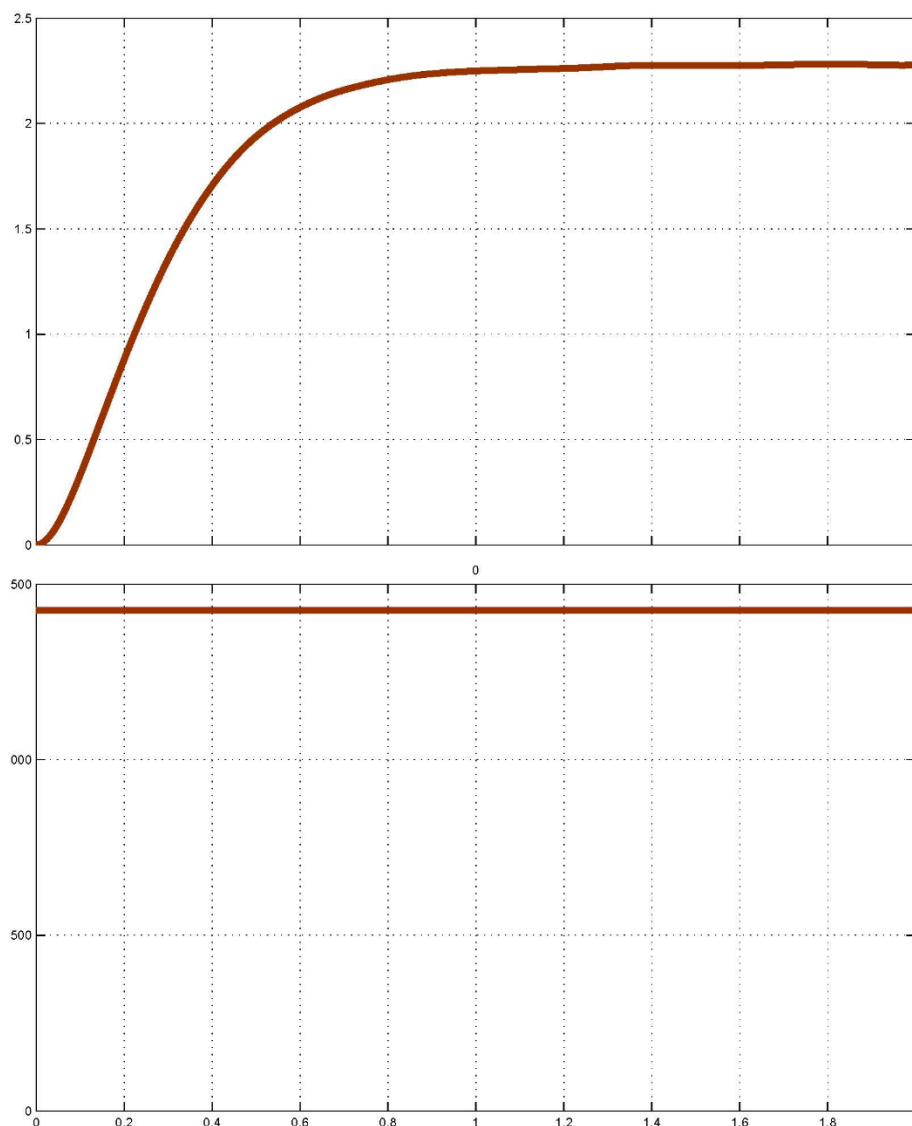


Рисунок 3.3 – Отримання динамічної характеристики «на збільшення»

Також отримали динамічну характеристику «на зменшення» (рис. 3.4)

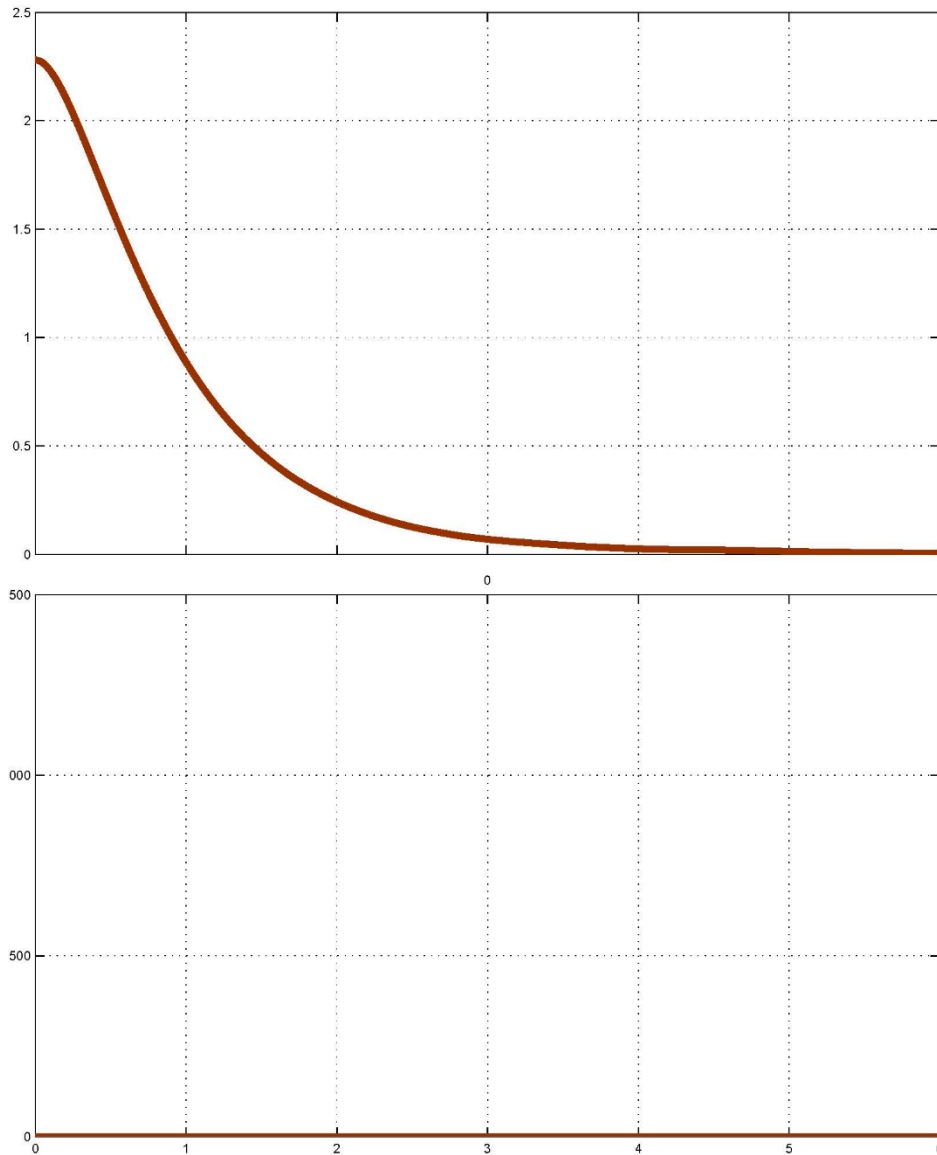


Рисунок 3.4 – Отримання динамічної характеристики «на збільшення»

На четвертому етапі було виконано отримання даних для побудови статичних характеристик. Алгоритм отримання даних «на збільшення» наступний (рис. 3.5):

- привести об'єкт управління до початкових умов;
- запустити процес реєстрування;
- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 20 % дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості супорта;
- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 40 % дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості супорта;
- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 60 % дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості супорта;

- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 80 % дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості супорта;
- подати у якості керуючого впливу завдання частоти обертів двигуна 100 % дочекатися досягнення усталеного режиму швидкості супорта;
- зупинити процес реєстрації.

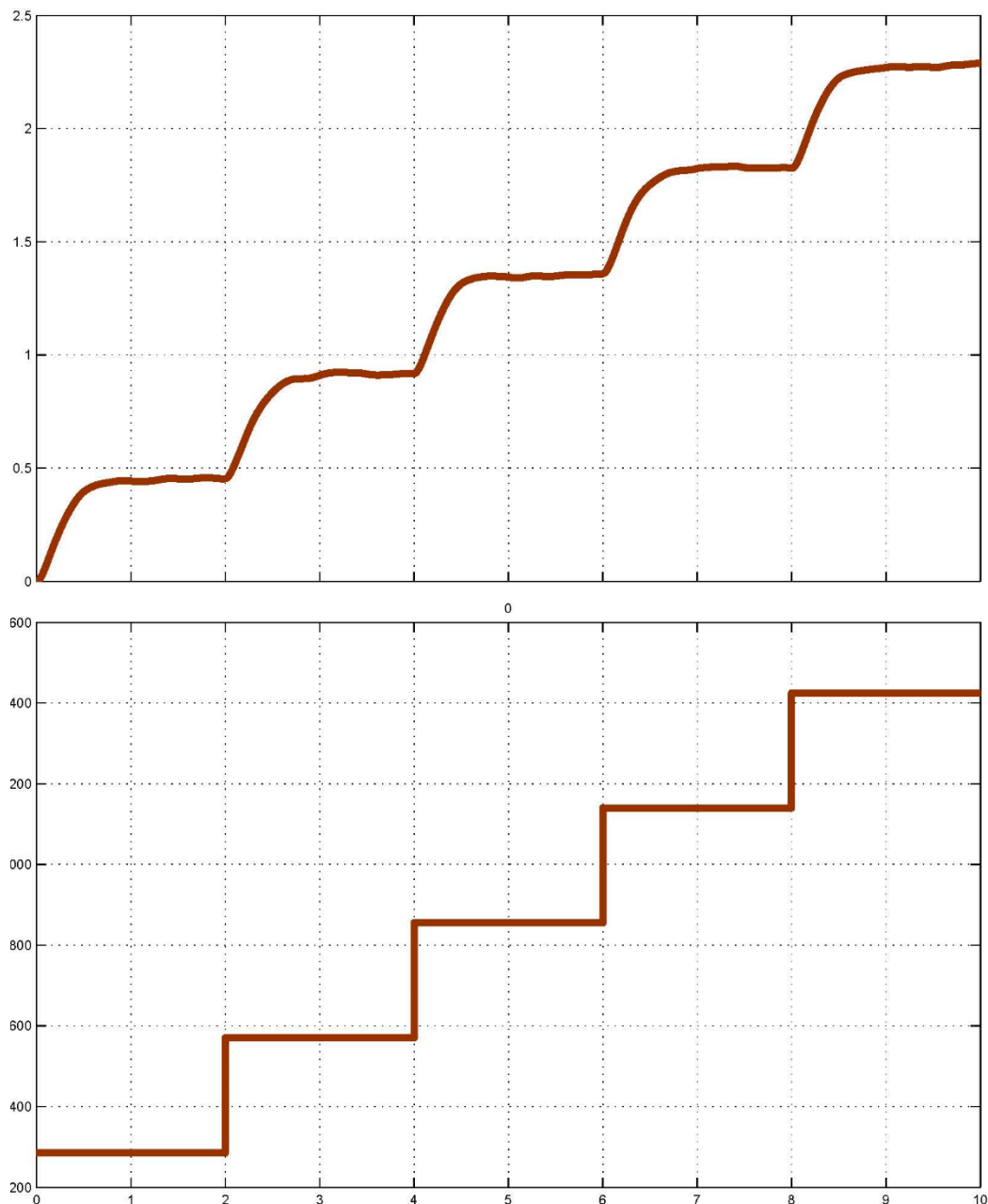


Рисунок 3.5 – Отримання даних для побудови статичної характеристики «на збільшення»

Алгоритм отримання даних «на зменшення» протилежний за послідовністю подачі сигналів управління (рис. 3.6).

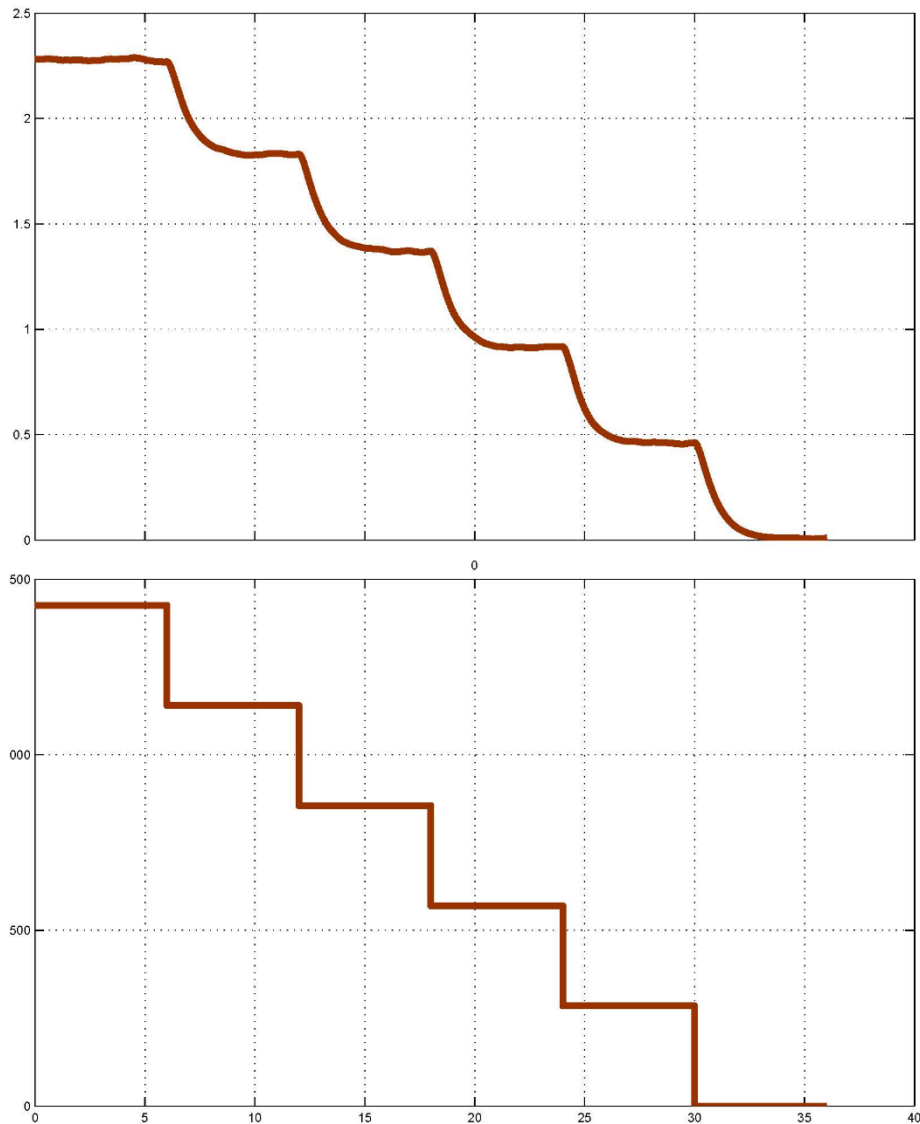


Рисунок 3.6 – Отримання даних для побудови статичної характеристики «на зменшення»

У результаті виконання плану експерименту проведено дослідження об'єкта управління та отримані дані при П-образному керуючому впливі, динамічна характеристика та дані статичної характеристики.

### 3.4 Обробка результатів експерименту

#### 3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані з програмного пакету SCADA-система zenon у вигляді текстових файлів було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.7). Змінні задані даним динамічної характеристики

“Dynamic\_up\_Input”, “Dynamic\_up\_Output”, “Dynamic\_down\_Input”, “Dynamic\_down\_Output” даним для побудови статичної характеристики “Static\_up\_Input”, “Static\_up\_Output”, “Static\_down\_Input”, “Static\_down\_Output”. Суфікс “\_Input” позначає керуючі впливи, а суфікс “\_Output” дійсні значення, суфікс “\_up” – характеристики «на збільшення», “\_down” характеристики «на зменшення».



Name	Value	Min	Max	Size
Dynamic_down_Input	601x1 double	0	0	601x1
Dynamic_down_Output	601x1 double	0.0049	2.2800	601x1
Dynamic_up_Input	201x1 double	1425	1425	201x1
Dynamic_up_Output	201x1 double	0	2.2809	201x1
P_Input	601x1 double	0	1425	601x1
P_Output	601x1 double	0	2.2809	601x1
Static_down_Input	3601x1 double	0	1425	3601x1
Static_down_Output	3601x1 double	0.0057	2.2879	3601x1
Static_up_Input	1001x1 double	285	1425	1001x1
Static_up_Output	1001x1 double	0	2.2883	1001x1
ext	'mat'			1x4
name	'matlab'			1x6

Рисунок 3.7 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об’єктів типу “iddata”:

```
>> P_Raw=iddata(P_Output, P_Input, 0.01);
>> plot(P_Raw)

>> Dynamic_up_Raw=iddata(Dynamic_up_Output, Dynamic_up_Input, 0.01);
>> plot(Dynamic_up_Raw)

>> Dynamic_down_Raw=iddata(Dynamic_down_Output, Dynamic_down_Input, 0.01);
>> plot(Dynamic_down_Raw)

>> Static_up_Raw=iddata(Static_up_Output, Static_up_Input, 0.01);
>> plot(Static_up_Raw)

>> Static_down_Raw=iddata(Static_down_Output, Static_down_Input, 0.01);
>> plot(Static_down_Raw)
```

З отримані данні не містять статичної складової, тому на цьому підготовка даних завершена.

Проаналізуємо об'єкт управління на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику «на збільшення» (рис. 3.8):

```
Static_Input_Vector_up = [285 570 855 1140 1425];
Static_Output_Vector_up = [0.443 0.909 1.378 1.834 2.31];
plot(Static_Input_Vector_up, Static_Output_Vector_up, '-ok', 'LineWidth', 3)
```

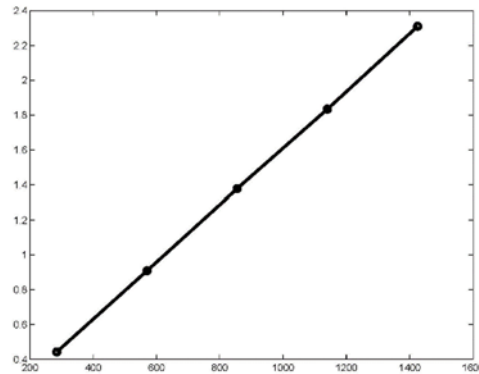


Рисунок 3.8 – Статична характеристика «на збільшення»

Статична характеристика об'єкта управління «на збільшення» лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним у діапазоні 0÷100 % швидкості переміщення супорту.

Проаналізуємо об'єкт управління на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику «на зменшення» (рис. 3.9):

```
Static_Input_Vector_down = [1425 1140 855 570 285 0];
Static_Output_Vector_down = [2.27 1.824 1.368 0.919 0.447 0];
plot(Static_Input_Vector_down, Static_Output_Vector_down, '-ok', 'LineWidth', 3)
```

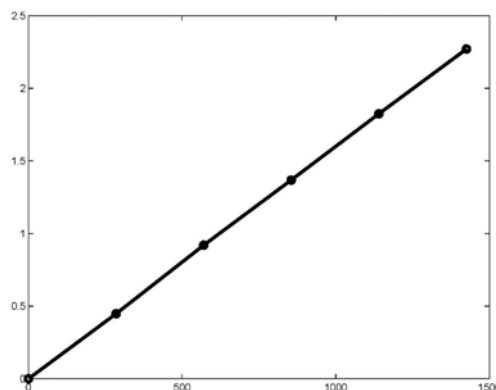


Рисунок 3.9 – Статична характеристика «на зменшення»

Статична характеристика об'єкта управління «на зменшення» лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним у діапазоні 100±0 % швидкості переміщення супорту.

### 3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об'єкта управління проаналізуємо динамічну характеристику «на збільшення» об'єкта управління (рис. 3.10).

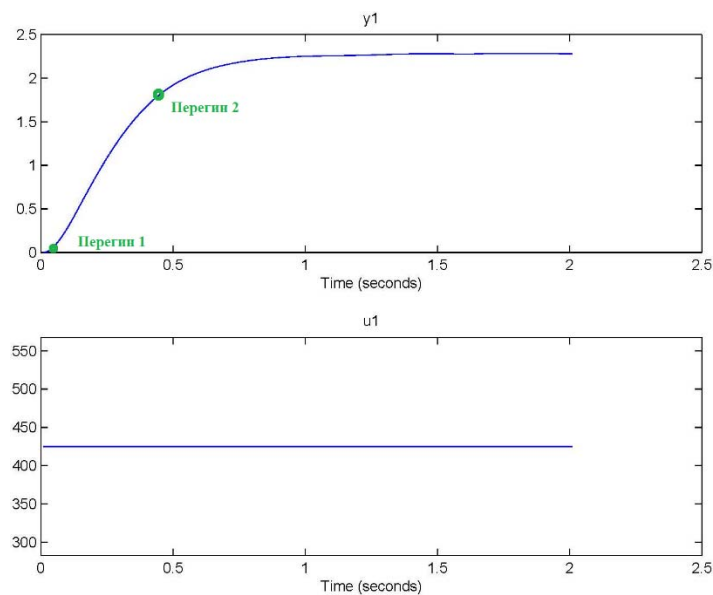


Рисунок 3.10 – Аналіз динамічної характеристики «на збільшення»

Після подачі керуючого впливу, вихідна характеристика зразу починає збільшуватися, тому об'єкт управління не має запізнення. Крім того на характеристиці також відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість явних перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку.

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об'єкт управління може бути представлений в виді аперіодичної ланки другого порядку без запізнення.

$$W(s) = \frac{k}{(T1s + 1) * (T2s + 1)} \quad (3.1)$$

де  $W(s)$  – передавальна функція;

$k$  – коефіцієнт підсилення;

$T1$  – перша постійна часу (с);

$T2$  – друга постійна часу (с).

З метою оцінки структури моделі об'єкту управління проаналізуємо динамічну характеристику «на збільшення» об'єкту управління (рис. 3.11).

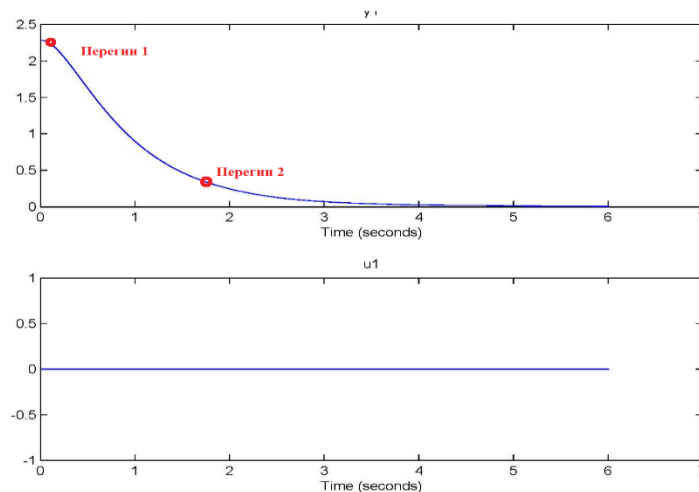


Рисунок 3.11 – Аналіз динамічної характеристики «на зменшення»

Після подачі керуючого впливу, вихідна характеристика зразу починає зменшуватися, тому об'єкт управління не має запізнення. Крім того на характеристиці також відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість явних перегинів дорівнює двом. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об'єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки другого порядку.

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об'єкт управління може бути представлений в виді аперіодичної ланки другого порядку без запізнення (3.1).

### 3.4.3 Параметрична ідентифікація

Як було встановлено об'єкт управління є лінійним, а його коефіцієнт підсилення може бути розрахований згідно з статичною характеристикою –



максимальна швидкість переміщення супорту (2.28 м/с) при максимальній частоті обертів електродвигуна його привіда (1 425 об./хв):

$$k = \frac{2,28}{1425} = 0,0016 \quad (3.2)$$

Визначення параметрів моделі об'єкту управління «на збільшення» виконано за допомогою “System Identification Toolbox”, якому у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики, а у якості перевірочних даних для оцінки відповідності моделі об'єкту управління, використано данні статичної характеристики «на збільшення» (рис. 3.12).

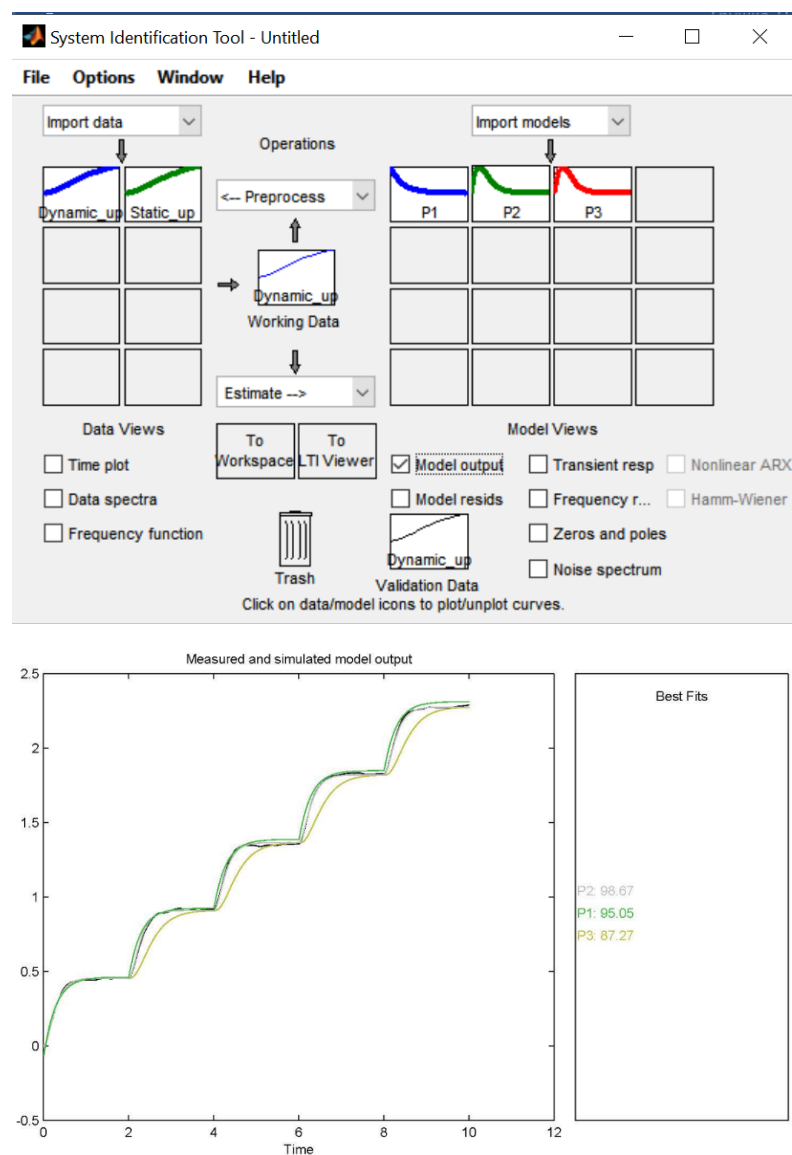


Рисунок 3.12 – Результати оцінювання моделей «на збільшення» у System Identification Toolbox

Згідно з результатами розрахунків для об'єктів другого порядку без затримки (модель P2), можна зробити висновок, що модель P2 найкраще підходить, та цілком задовольняє вимогам технічної точності 10%. Таким чином можливо остаточно затверджувати, що об'єкту управління відповідає аперіодична ланка другого порядку без затримки, може бути використана в подальшій реалізації, при побудові програмного забезпечення системи управління.

Результати розрахунків параметрів моделі наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків параметрів об'єктів управління

Назва параметру	P1	P2	P3
K	0.001622	0.0015965	0.0015973
T1, с	0.28043	0.14883	0.25895
T2, с	-	0.14883	0.080415
T3, с	-	-	0.25538
<b>Dynamic – Динамічна характеристика</b>			
NRMSE, %	89.69	99.33	98.57
FPE	0.004114	1.989e-05	0.001051
MSE	0.004114	1.696e-05	7.685e-05
<b>Static – Статична характеристика</b>			
NRMSE, %	95.05	98.67	87.27

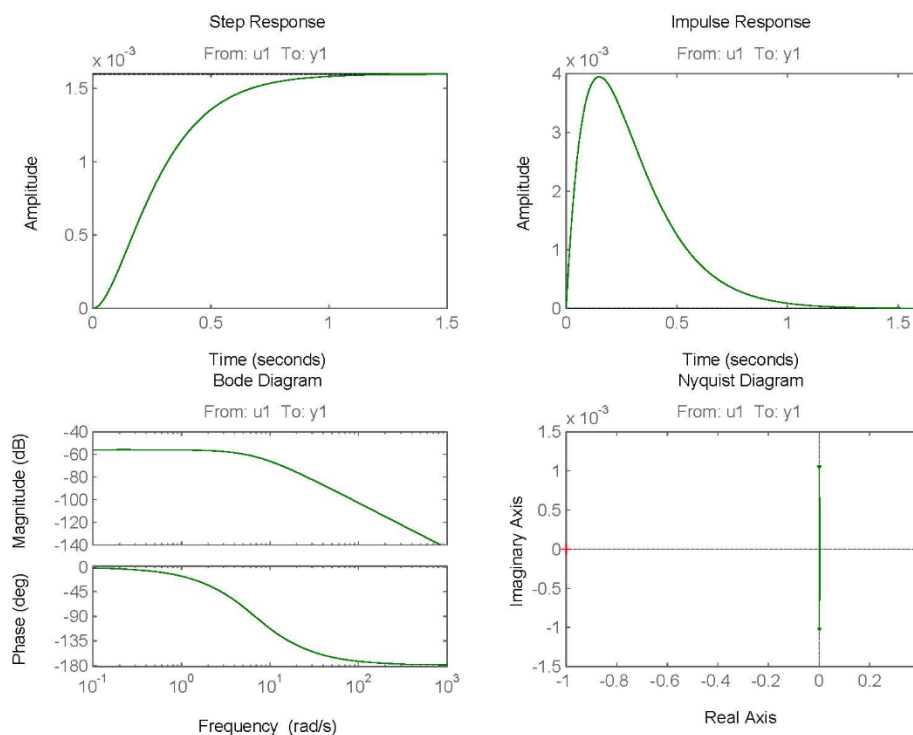


Рисунок 3.13 – Характеристики моделі управління «на збільшення»

На підставі виконаних досліджень отримана модель об'єкту управління «на збільшення» у виді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{0.0015965}{(0.14883 s + 1) * (0.14883 s + 1)}$$

Визначення параметрів моделі «на зменшення» об'єкта управління виконано також за допомогою методу “Process Models”.

Визначення параметрів моделі об'єкту управління «на зменшення» виконано за допомогою “System Identification Toolbox”, якому у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики, а у якості перевіірочних даних для оцінки відповідності моделі об'єкту управління, використано данні статичної характеристики «на збільшення» (рис. 3.14).

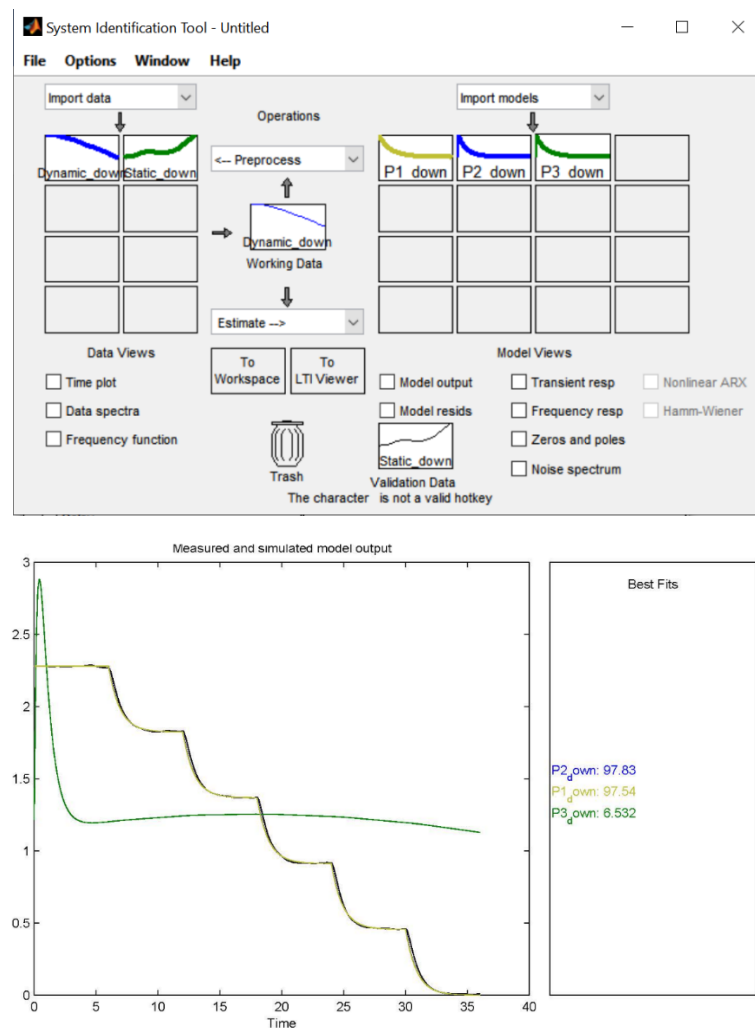


Рисунок 3.12 – Результати оцінювання моделей «на зменшення» у System Identification Toolbox

Згідно з результатами розрахунків для об'єктів другого порядку без затримки (модель P2), можна зробити висновок, що модель P2 найкраще підходить, та цілком задовольняє вимогам технічної точності 10%. Таким чином можливо остаточно затверджувати, що об'єкту управління відповідає аперіодична ланка другого порядку без затримки, може бути використана в подальшій реалізації, при побудові програмного забезпечення системи управління. Результати розрахунків параметрів моделі наведені в табл. 3.1.

Таблиця 3.2 – Результати розрахунків параметрів об'єктів управління

Назва параметру	P1	P2	P3
K	0.0016	0.0016	0.0016
T1, с	0.90925	0.89183	0.25759
T2, с	-	0.028803	0.74131
T3, с	-	-	96.851
<b>Dynamic – Динамічна характеристика</b>			
NRMSE, %	92.38	94.08	99.7
FPE	0.002167	0.001541	3.303e-06
MSE	0.002156	0.0013	3.244e-06
<b>Static – Статична характеристика</b>			
NRMSE, %	89.69	99.33	98.57

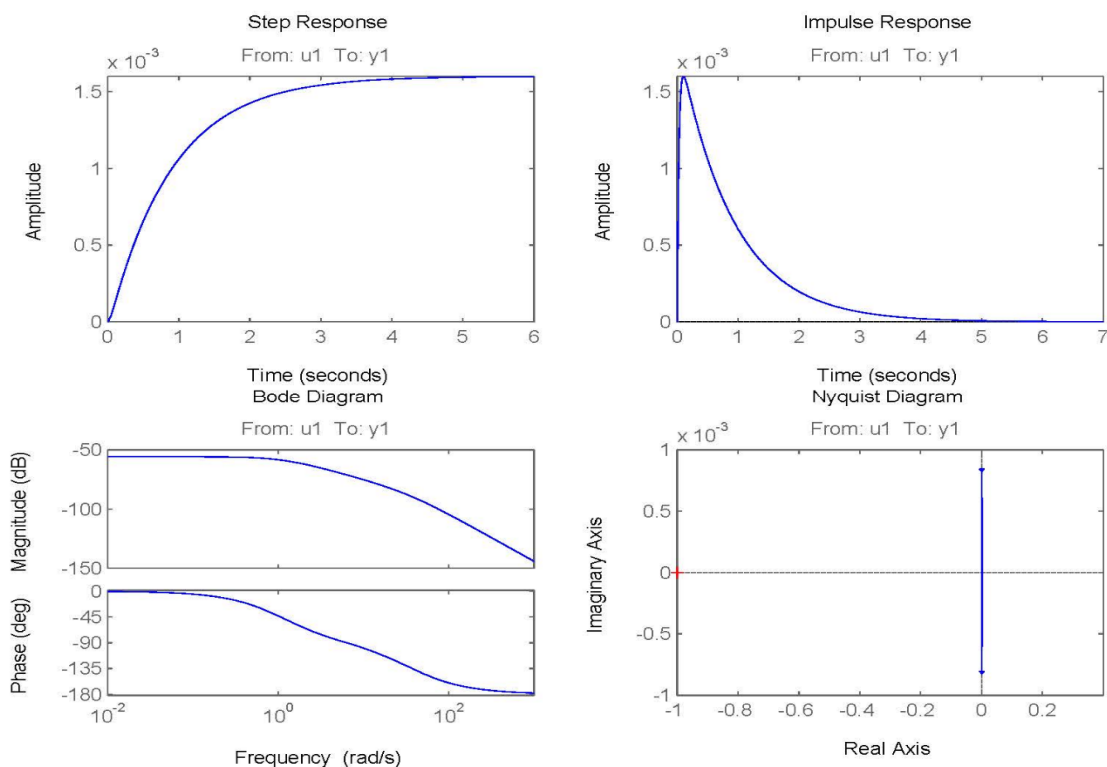


Рисунок 3.13 – Характеристики моделі управління «на збільшення»

На підставі виконаних досліджень отримана модель об'єкту управління «на збільшення» у виді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{0.0016}{(0.89183 s + 1) * (0.028803)}$$

### 3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink

За результатами ідентифікації розроблена модель об'єкту управління «на збільшення» в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.12) у вигляді передавальної функції.

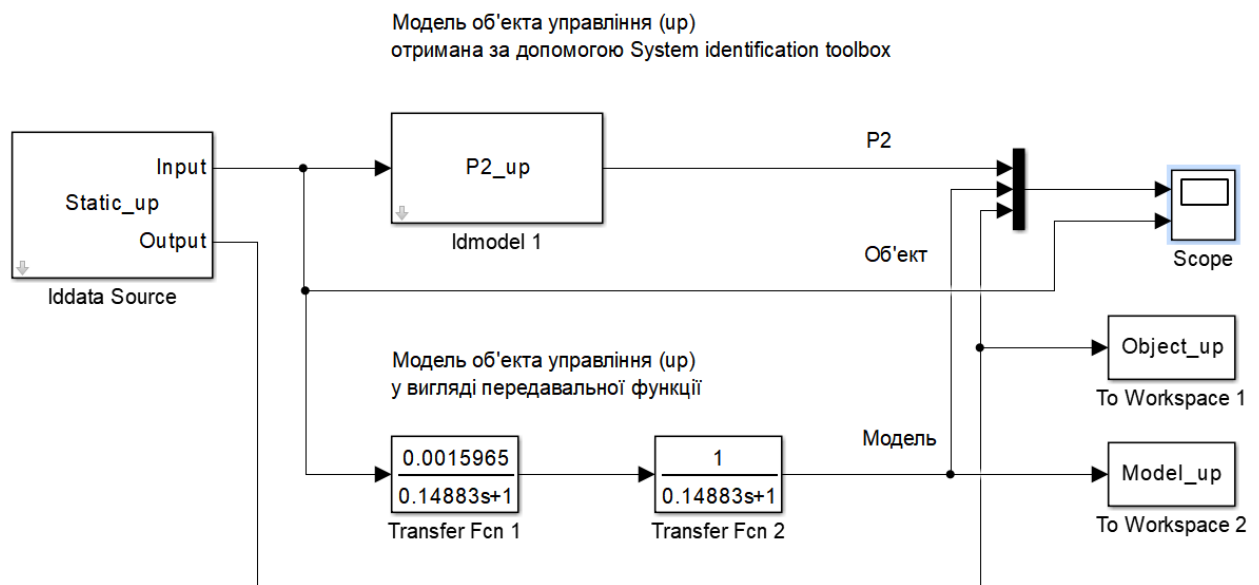


Рисунок 3.12 – Модель об'єкту управління «на збільшення» в середовищі Simulink

Результати моделювання об'єкту управління «на збільшення» з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.13. Згідно отримана модель об'єкту у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об'єкту отриманої у програмному забезпеченні “System identification toolbox”. Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отримана модель у вигляді передавальної функції може бути використовуватися у подальших дослідженнях.

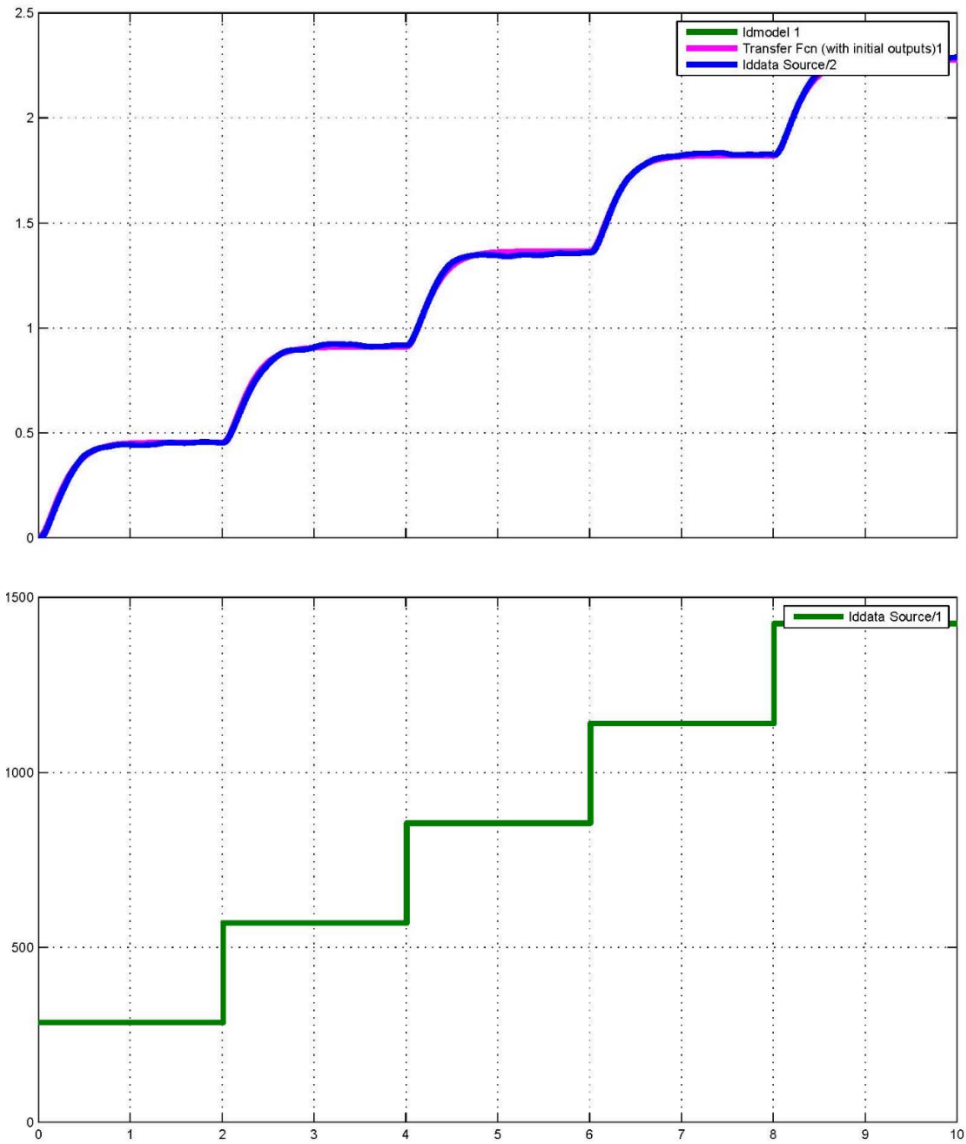


Рисунок 3.13 – Результати моделювання «на збільшення»

За результатами ідентифікації розроблена модель об'єкту управління «на зменшення» в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.14) у вигляді передавальної функції.

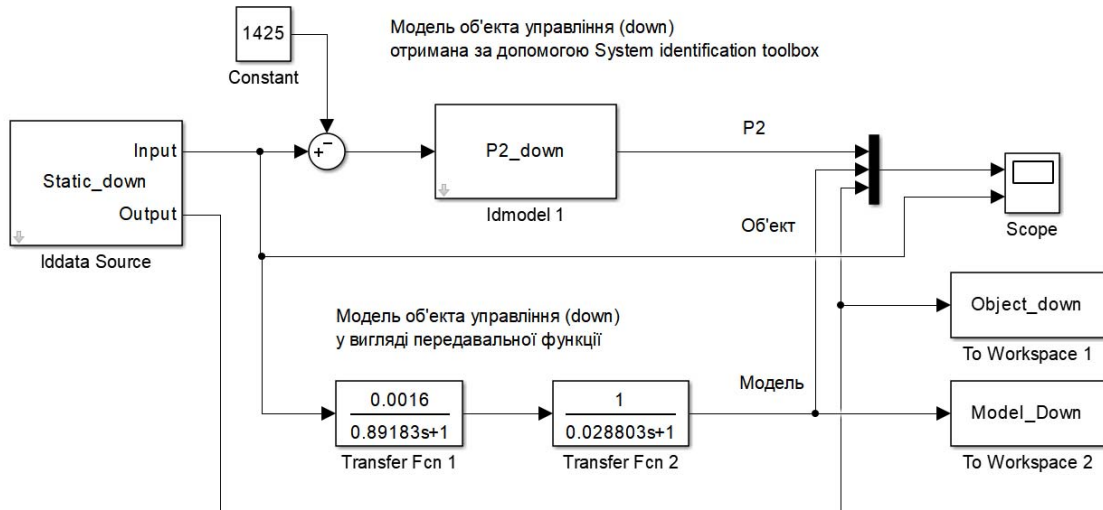


Рисунок 3.14 – Модель об'єкту управління «на зменшення» в середовищі Simulink

Результати моделювання об'єкту управління «на зменшення» з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.15.

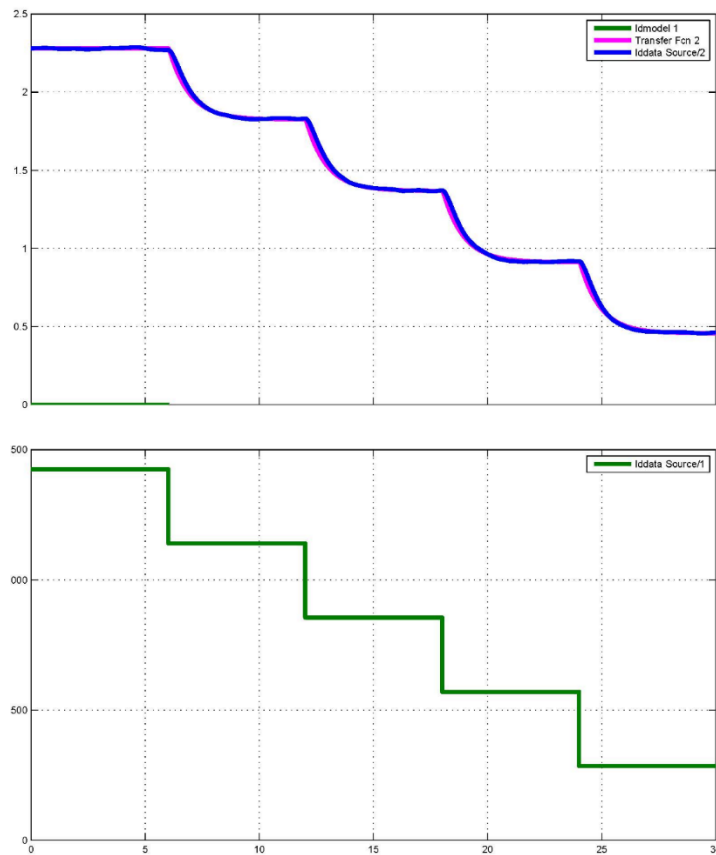


Рисунок 3.13 – Результати моделювання «на зменшення»

Згідно отримана модель об'єкту у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об'єкту отриманої у програмному забезпеченню “System identification toolbox”. Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отримана модель у вигляді передавальної функції може бути використовуватися у подальших дослідженнях.

### 3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

На підставі результатів моделювання та статичних даних виконано аналіз адекватності моделі об'єкта управління «на збільшення» за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model_up, Object_up, 'NRMSE') * 100.0
nrmse = 98.6534
```

Згідно з перевіркою модель «на збільшення» відповідна до об'єкту управління на 98.7%, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкту управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкту управління «на збільшення» наведена на рис. 3.14, а результати моделювання на рис. 3.15.

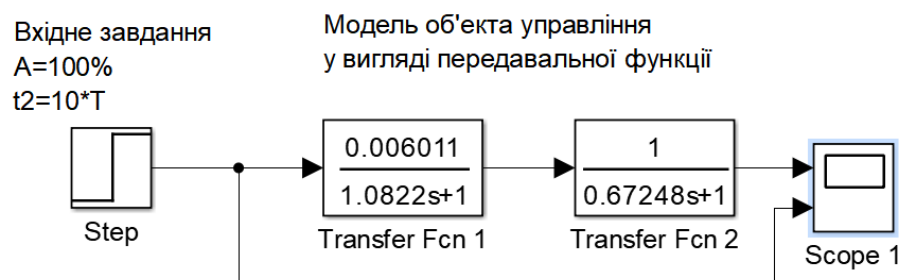


Рисунок 3.14 – Остаточна модель об'єкта управління «на збільшення»



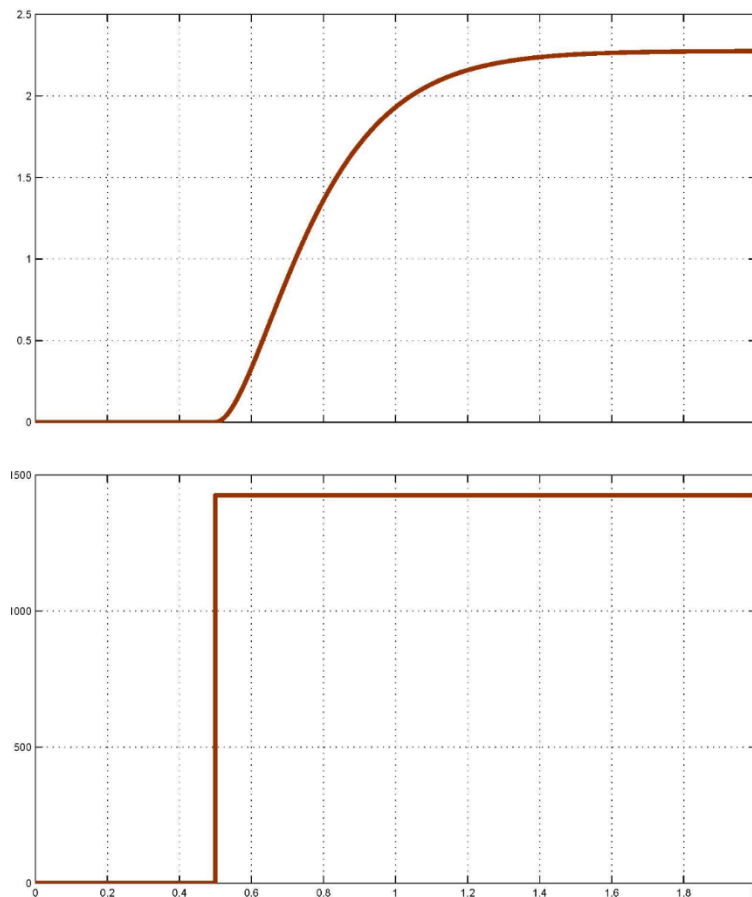


Рисунок 3.15 – Результати моделювання динамічної характеристики «на збільшення»

На підставі результатів моделювання та статичних даних виконано аналіз адекватності моделі об'єкта управління «на збільшення» за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model_Down, Object_down, 'NRMSE') * 100.0
nrmse = 97.5228
```

Згідно з перевіркою модель «на збільшення» відповідає до об'єкту управління на 97.5 %, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкту управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкту управління «на збільшення» наведена на рис. 3.16, а результати моделювання на рис. 3.17.



Рисунок 3.16 – Остаточна модель об'єкта управління «на зменшення»

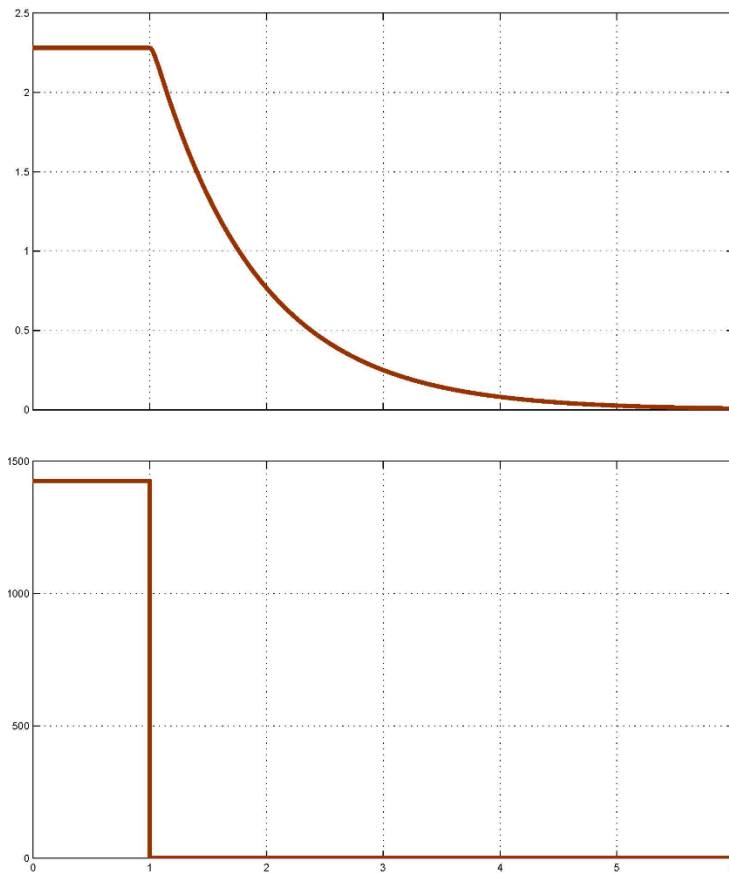


Рисунок 3.17 – Результати моделювання динамічної «на збільшення»

### 3.5 Висновки за розділом

В процесі виконання кваліфікаційної роботи виконано дослідження об'єкта управління.

В результаті структурної ідентифікації встановлено, що об'єкт управління може бути представлений у вигляді двох аперіодичної ланки другого порядку. Одна з яких відповідає за модель на «збільшення сигналу» управління, а друга «на збільшення».

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта «за збільшення» вхідного сигналу відповідає перевірочним даними на 98,7%, а модель об'єкта «за зменшення» відповідає перевірочним даними на 97,5 %. Виходячи з цього, моделі є адекватними і можуть бути використані для моделювання об'єкта управління і системи управління.

## 4 ЕКОНОМІКА

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглядається економічна доцільність розробки та впровадження комп'ютерної системи автоматизації ділянкою металообробних верстатів.

У кваліфікаційній роботі бакалавра запропоновано використовувати ПЛК VIPA та scada zenon.

### 4.1 Розрахунок капітальних витрат

#### 4.1.1 Вартість комплектуючих системи

Капітальні витрати, необхідні для реалізації проекрованої системи, наведено в табл 4.1.

$$K = K_{об} + K_{тр} + K_{мн}, \text{ грн.}, \quad (4.1)$$

де  $K_{об}$  – вартість устаткування по зведенню витрат;

$K_{тр}$  – транспортно - заготівельні й складські витрати;

$K_{мн}$  – витрати на монтаж і налагодження встаткування;

Таблиці 4.1 – Вартість комплектуючих системи

Найменування	Кількість	Оптова ціна за од., грн.	Сума, грн
Контролер VIPA та scada zenon	6	2800	16 800
Сервер Dell PowerEdge T30	1	16460	16 460
ПК моноблок Asus Vivo AiO	1	10500	10 500
Разом			43 760

Витрати на обладнання склали 43760 грн. Демонтаж старого устаткування, транспортування і монтаж нового обладнання визначається в залежності від вартості обладнання матеріалів, виробів, конструкцій, беруться 8 % від загальної вартості.

$$D_{тр} = C_{об} \times 0,08, \text{ грн.} \quad (4.2)$$

де  $C_{об}$  – вартість комплектуючих, грн.

Таким чином витрати на транспортно-заготівельні і складські роботи складають

$$D_{тр} = 43760 \times 0,08 = 3500,80 \text{ грн.}$$

Вартість монтажних-налагоджувальних робіт приймаємо на рівні 6 % від вартості обладнання.

$$M_{\text{мн}} = C_{\text{об}} \times 0,06, \text{ грн.} \quad (4.3)$$

Витрати на монтажні-налагоджувальні роботи складуть

$$M_{\text{мн}} = 43760 \times 0,06 = 2625,60 \text{ грн.}$$

Розраховавши всі показники, використовуємо формулу 4.1 і розраховуємо капітальні витрати:

$$K_{\text{пр}} = 43760 + 3500,80 + 2625,60 = 49886,40 \text{ грн.}$$

## 4.2 Експлуатаційні витрати

### 4.2.1 Амортизація обладнання

$$A = P_{\text{ст}} * N_{\text{а}} / 100\%, \quad (4.4)$$

де  $P_{\text{ст}}$  – початкова коштовність обладнання,

$N_{\text{а}}$  – норма амортизації

$$A = 43760 * 20 / 100 = 8752 \text{ грн}$$

### 4.2.2 Вартість електроенергії

Вартість електроенергії розраховується виходячи з того, що вартість 1 кВт год = 1,68 грн:

$$V_{\text{ел}} = Z_{\text{р}} * V_{1\text{кВт}}, \quad (4.5)$$

де  $Z_{\text{р}}$  – річні витрати електроенергії,

$V_{1\text{кВт}}$  – вартість 1кВт електроенергії

Маємо:

$$V_{\text{ел}} = 57000 * 1,68 = 95760 \text{ грн}$$

### 4.2.3 Розрахунок фонду заробітної плати

Номінальний річний фонд робочого часу одного працівника:

$$T_{\text{ном.рік}} = (T_{\text{к}} - T_{\text{вих.св}} - T_{\text{відп}}) * T_{\text{зм}}, \text{ ГОДИН} \quad (4.6)$$

де  $T_{\text{к}}$  – календарний фонд робочого часу, 365 днів;

$T_{\text{вих.св}}$  – вихідні дні та свята, 114 дні;

$T_{\text{відп}}$  – відпустка, 21 день;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, 8 год.

Таким чином, річний фонд робочого часу працівника складе:

$$T_{ном.рік} = (365 - 114 - 21) * 8 = 1840 \text{ годин}$$

Для надійної роботи системи в роботу буде задіяно два оператора та одного системного адміністратора.

Розрахунок річного фонду заробітної плати виробничих робітників здійснюється у відповідності з формою, наведеною в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Розрахунок заробітної плати персоналу

№ п/п	Найменування професії робітників	Число працюючих, чол		Годинна тарифна ставка, грн. / ч.	Номинальний річний фонд робочого часу	Пряма заробітна плата, грн.	Додаткова заробітна плата (10%), грн.	Доплати (7%), грн.	Всього заробітна плата, грн.
		яв.	сп.						
1	Оператор	2		30	1840	110 400	9 360	9212,8	128 972,8
2	Системний адміністратор	1		44	1840	80 960	7 864	6121,6	94 945,6
Разом									223 918,4

#### 4.2.4 Відрахування на соціальні заходи

Відрахування на соціальні заходи визначаються за формулою:

$$C_c = 0,22 * C_z, \text{ грн.} \quad (4.7)$$

$$C_c = 0,22 * 223 918,4 = 49 262,4 \text{ грн.}$$

#### 4.2.5 Визначення річних витрат на технічне обслуговування й ремонт

Річні витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт електротехнічного встаткування й мереж включають витрати на матеріали, запасні частини, заробітну плату ремонтником.

Витрати, пов'язані з ремонтом та технічним обслуговуванням нового обладнання, становлять 3 % від вартості, тобто:

$$C_{p.t.o.} = K * 0,03, \text{ грн.} \quad (4.8)$$

$$C_{p.t.o.} = 49 886,40 * 0,03 = 1 496,6 \text{ грн.}$$

#### 4.2.6 Визначення інших витрат

Інші витрати з експлуатації комп'ютерної системи містять витрати з охорони праці, на спецодяг та інше згідно практики, ці витрати визначаються в розмірі 4% від річного фонду заробітної плати обслуговуючого персоналу:

$$C_{\text{інш}} = C_3 \cdot 0,04, \text{ грн.} \quad (4.9)$$

$$C_{\text{інш.}} = 223\,918,4 \cdot 0,04 = 8\,956,7 \text{ грн.}$$

#### 4.3 Висновки по розділу

Аналізуючи економічні показники, бачимо, що капітальні витрати становлять 49 886,40 грн.

З розрахунків, видно, що впровадження нового обладнання комп'ютерної системи та його експлуатація, є коштовними в матеріальному плані, але необхідними.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів в процесі автоматизації роботи верстата

Метою цього розділу кваліфікаційної роботи є визначення шкідливих і небезпечних виробничих факторів при розробці, наладці і експлуатації пристрою, а також розробка заходів, які спрямовані на створення умов праці, які відповідають вимогам норм і стандартів з охорони праці та техніки безпеки. А так само розрахунок промислової вентиляції.

Особливу увагу буде направлено на фактори, які можуть подіяти на працездатність і безпеку монтажника і наладчика плати приймача. Це пов'язано з тим, що при виконанні цих робіт необхідно виконувати пайку, вимірювання режиму роботи схеми, налагодження, контроль і т.д.

Таблиця 5.1 - Шкідливі та небезпечні фактори під час роботи

№п/п	Види шкідливих та небезпечних факторів	Наслідки дії шкідливих та небезпечних факторів
1	Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини	- втрата свідомості; - порушення серцебиття; - летальні випадки; - опіки різних ступенів.
2	Підвищена температура	- запаморочення; - головний біль; - тепловий удар.
3	Підвищений рівень шуму на робочому місці	- головний біль; - порушення слухового апарату.

### 5.2 Інженерно-технічні заходи з охорони праці

Інженерно-технічні заходи з охорони праці

- зробити недоступними струмопровідних частин (прокласти кабель, проводку в трубах, в гнучких металевих рукавах, в спеціальних закритих каналах під підлогою);
- всі струмоведучі частини електрообладнання надійно ізолювати (R не менше 1 МОм);



- регулярно проводити інструктажі і перевірки всіх працівників на предмет обізнаності техніки безпеки;
- при роботі в шумних приміщеннях використовувати шумозахисні навушники;
- при роботі з електроприладами необхідно використовувати: діелектричні рукавички; слюсарно-монтажний інструмент із ізолюючими рукоятками; діелектричні калоші й килими; переносні заземлення; ізолюючі підставки й накладки; огорожу вальні пристрої; знаки безпеки.

### 5.3 Нормування мікроклімату

Метеорологічні умови (або мікроклімат) на виробництві визначаються наступними параметрами: температура повітря, відносна вологість, швидкість руху повітря. Однак на здоров'я людини значний вплив надають перепади тиску. Необхідність обліку основних параметрів мікроклімату може бути пояснена на основі розгляду теплового балансу між організмом людини і навколишнім середовищем. Величина тепловиділення  $Q$  організмом людини залежить від ступеня навантаження в певних умовах і може коливатися від 80 Дж/с (стан спокою) до 500 Дж/с (важка робота).

Нормальне теплове самопочуття забезпечується при дотриманні теплового балансу, в результаті чого температура людини залишається постійною і рівною  $36^{\circ}\text{C}$ . Ця здатність людини підтримувати температуру тіла постійною при зміні параметрів навколишнього середовища називають терморегуляцією. При високій температурі повітря в приміщенні кровоносні судини розширюються, у результаті чого відбувається підвищений приплив крові до поверхні тіла і тепловіддача в навколишнє середовище зростає. Однак при  $t = 35^{\circ}\text{C}$  навколишнього середовища віддача теплоти конвекцією та випромінюванням припиняється. При зниженні  $t$  навколишнього середовища кровоносні судини звужуються і приплив крові до поверхні тіла сповільнюється, і тепловіддача зменшується. Вологість повітря впливає на терморегуляцію організму: висока вологість (більш ніж 85%) ускладнює терморегуляцію внаслідок зниження

випаровування поту, а занадто низька (менше 20%) - викликає пересихання слизової оболонки дихальних шляхів. Оптимальна величина вологості 40-60%. Рух повітря дуже впливає на самопочуття людини. У теплому приміщенні воно сприяє збільшенню тепловіддачі організму людини і покращує стан при низькій температурі. У зимову пору року швидкість руху повітря не повинна перевищувати 0,2-0,5 м/с, а влітку - 0,2-1 м/с. Швидкість руху повітря може шкідливо діяти на розповсюдження шкідливих речовин. Необхідний склад повітря може бути забезпечений за рахунок виконання наступних заходів:

- механізація і автоматизація виробничих процесів, включаючи дистанційне керування. Ці заходи захищають від шкідливих речовин;
- застосування технологічних процесів та обладнання, що виключають утворення шкідливих речовин. Велике значення має герметизація устаткування, у якому знаходяться шкідливі речовини;
- захист від джерел теплових випромінювань;
- пристрої вентиляції та опалення;
- застосування індивідуальних засобів захисту.

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря в заданих метеорологічних умовах. За способом переміщення повітря вентиляція буває природною і механічною. Залежно від того, для чого служить - припливна і витяжна. За місцем дії - місцева і загальнообмінна. При загально-обмінній вентиляції забруднений вологе повітря розбавляється свіжим повітрям по всьому приміщенню. Якщо приміщення велике, а кількість людей мало і вони зосереджені в одному місці, то застосовують місцеву вентиляцію в місцях їх зосередження.

Для ефективної роботи системи вентиляції, необхідно виконувати наступні санітарно-гігієнічні вимоги:

- кількість припливного повітря має майже відповідати кількості повітря, що видаляється, різниця між ними повинна бути мінімальна;
- припливні і витяжні системи в приміщенні повинні бути правильно розміщені, тобто свіже повітря повинен подаватися в ту частину

приміщення, де кількість шкідливих речовин мінімальна, а видалятися з тих ділянок, де виділення шкідливих речовин максимально;

- система вентиляції не повинна викликати перегрівання чи переохолодження робітників;
- система вентиляції не повинна створювати шум на робочих місцях;
- вона повинна бути електро- та вибухобезпечною.

На виробництві установлені кондиціонери, які стабілізують температуру повітря і становить 22°C. Відносна вологість повітря - 60%. Розрахована та вмонтована вентиляція.

#### **5.4 Пожежна профілактика**

Для недопущення пожежонебезпечних ситуацій у цеху, працівник зобов'язаний знати й дотримувати наступних протипожежних заходів.

Перш ніж приступити до роботи, необхідно переконатися в справності встаткування. При виявленні несправностей вони повинні бути усунуті, після чого майстер дає команду на пуск у роботу встаткування.

Перед початком роботи включити вентиляційну систему. Всі роботи (розкриття бочок, ремонт устаткування й т.п.) виконувати із застосуванням латунно-мідного інструмента.

Миття підлог, стін, устаткування розчинником категорично забороняється. Використаний обтиральний матеріал, просочений лакофарбовими матеріалами й розчинниками, складати в металеві ящики із кришками й наприкінці кожної зміни виносити із цеху в спеціальне місце відведене начальником відділу цивільного захисту мі пожежної безпеки.

У випадку виникнення вогню в фарбувальному відділенні вжити заходів по евакуації людей, негайно повідомити начальника відділу цивільного захисту й пожежної безпеки по телефоні 70-01 і диспетчерові заводу по телефоні 73-22, виключити вентилятор і закрити на повітропроводах всі шибери, приступити до ліквідації пожежі первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники, пісок і ін.).

У відділенні строго забороняється курити й виконувати роботи із застосуванням відкритого вогню.

### **5.5 Висновок**

В розділі «Охорона праці» було досліджено вплив шкідливих і небезпечних чинників на організм людини в процесі праці, а також були проведені розрахунки кондиціювання.

## ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційній роботі об'єктом розробки є система автоматизації ділянкою металообробних верстатів. Метою розробки є створення системи управління для ділянки металообробних верстатів Дніпровського агрегатного заводу. В якості об'єкта керування виступає револьверний верстат типу Easel 1341.

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

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

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

В якості об'єкта управління електродвигун привіда повздовжнього переміщення супорта верстата, для якого і виконується розробка підсистеми автоматичного управління. Вхідними параметрами є сигнали завдання швидкості та напрямку переміщення. Вихідними параметрами об'єкту управління є швидкість і напрямок переміщення супорта верстата.

В якості підсистеми дослідження обрана система збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу, який подається на об'єкт управління,

реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об'єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об'єкта «за збільшення» вхідного сигналу відповідає перевірочним даними на 98,7 %, а модель об'єкта «за зменшення» відповідає перевірочним даними на 97,5 %. Виходячи з цього, моделі є адекватними і можуть бути використані для моделювання об'єкта управління і системи управління.

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

Цілі, поставлені перед кваліфікаційною роботою, повністю виконані.

**ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ**

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., – Д.: «НГУ», 2016. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rVf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. Аверьянов О. И. Модульный принцип построения станков с ЧПУ. М.: Машиностроение, 1987. 232 с.
6. Автоматизация контроля состояния режущего инструмента и точности обрабатываемых деталей на токарных верстатах с ЧПУ. Информационный материал. М.: ВНИИ-ТЭМР, 1985. 7 с.
7. Автоматическое управление точностью обработки на токарных верстатах с ЧПУ. Обзорная информация. Сер. 6.3. Технология металлообрабатывающего производства. М.: ВНИИ-ТЭМР, 1985. 48 с.

8. Брук И. В., Константинов К. Н., Чеховский А. Р. Автоматизированные комплексы высокопроизводительного технологического оборудования для обработки деталей типа тел вращения. Обзор. М.: НИИмаш, 1982. 26 с.(Сер. С-1 "Станкостроение").
9. Вереина Л. И., Усов Б. А. Конструкция и наладка токарно-затыловочных станков. М.: Высшая школа, 1985. 191 с.
10. Вереина Л. И., Усов Б. А. Тенденция развития затыловочных станков. М.: 1987.52 с. (Технология, оборудование, организация и экономика машиностроительного производства. Сер. 1. Металлорежущее оборудование и средства технологического оснащения. Обзор.ВНИИТЭМР, вып. 4).
11. Власов С. Н., Годович Г. М., Черпаков Б. И. Устройство, наладка и обслуживание металлорежущих станков и автоматических линий. М.: Машиностроение, 1995. 464 с.
12. Металлорежущие станки. Номенклатурный справочник. М.: ЭНИМС, ЦНИТИ,1993. 116 с.
13. Металлорежущие станки. Токарные станки: Отраслевой каталог / ВНИИТЭМР М.:ВНИИТЭМР, 1992. 132 с.
14. Металлорежущие станки / Н. С. Колев, Л. В. Красниченко, Н. С. Никулин и др.2-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение,1980. 500 с.
15. Ничков А. Г. Резьбонарезные станки. М: Машиностроение, 1983. 144 с.
16. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова, 4-е изд., перераб.и доп. М.: Машиностроение, 1985. 656 с.
17. Метизне виробництво — Правила охорони праці у метизному виробництві (НПАОП 28.0-1.03-08).
18. Электроний ресурс: <https://www.metobr-expo.ru/ru/articles/metalloobrabatyvayushhie-stanki-i-kompleksy/>
19. 18.Электроний ресурс: <http://met-all.org/oborudovanie/stanki-tokarnye/tokarno-revolvornyj-stanok.html>



## ДОДАТОК А

## Відомість матеріалів кваліфікаційної роботи

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Шифр документу	Примітка	
1			<u>Документація</u>				
2							
3	A4	КІВС.КВР.151.18.01.ПЗ	Пояснювальна записка		ПЗ		
4							
5			<u>Графічна частина</u>				
6							
7	A2	КІВС.КВР.151.18.01.E2	Функціональна схема				
8			автоматизації	1	E2		
9							
10	A2	КІВС.КВР.151.18.01.E3	Схема електрична				
11			принципова	1	E3		
12							
13	A4	КІВС.КВР.151.18.01.ПЕЗ	Перелік елементів	1	ПЕ		
14							
15	A4	КІВС.КВР.151.18.01.Д	Презентація		Д		
16							
17		КІВС.КВР.151.18.01.ВДЕ	Носій інформації	1	ВДЕ		
18							
19							
20							
21							
22							
23							
24							
25							
26							
27							
28							
29							
			Підп.	Дата	<p align="center"><b>КІВС.КВР.151.18.01.ТП</b></p> <p align="center">Автоматизація процесів управління токарно-револьверним металообробним верстатом.</p> <p align="center">Відомість проекту</p>		
Зм.	Арк.	№ докум.					
Розробив		Грушко		25.05.21			
П. конс.							
Н. контр.							
					Літ.	Аркуш	Аркушів
						1	1
					<p align="center">Національний ТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18ск-1</p>		

## ДОДАТОК Б

## Перелік компонентів для схеми електричної принципової

Позиційне позначення	Найменування	Кількість	Примітка
A1	ПЛК VIPA System 300SVIPA 314-2AG12	1	
A2	Панель VIPA TouchPanel TP 612C VIPA 62M-JEE0-CZ	1	
A3	ЧП Lenze 8200 Vector E82EV552K4C	1	
A4	ЧП Lenze 8200 Vector E82EV222K4C	1	
A5	ЧП Lenze 8200 Vector E82EV152K4C	1	
A6	Контролер двигуна постійного струму PLN20	1	
A7	Комутаційний пристрій (реле) RUC-10-380	1	
A8	Гідравлічний замок патрона ВК12-17 (штатне обл.)	1	
A9	Наявність прутка у патроні ДГН12-17 (штатне обл.)	1	
A10	Початкове повздовжнє положення Omron EE-SX672A	1	
A11	Початкове перехресне положення Omron EE-SX672A	1	
A12	положення енкодер E40H-012-2000-2-N-24	1	
A13	Перехресне положення енкодер E40H-012-2000-2-N-24	1	
A14	Гідравлічний замок револьвера ВК12-17 (штатне обл.)	1	
A15	Положення револьверу енкодер E40H-012-2000-2-N-24	1	
A16	Управління замком патрона (реле) RUC-10-380	1	
A17	Управління подачею прутка (реле) RUC-10-380	1	
A18	Управління замком револьверу (реле) RUC-10-380	1	
A19	Блок живлення VIPA 307-1EA00	1	
A20	Блок живлення SP 24 60	3	

			Підп.	Дата	<b>КІВС.КВР.151.18.01.ПЕЗ</b>			
Зм.	Арк.	№ докум.						
Розробив	Грушко			25.05.21	Автоматизація процесів управління токарно-револьверним металообробним верстатом.	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив							1	1
Н. контроль					Перелік елементів.	НТУ «Дніпровська політехніка», ЕТФ, 151-18ск-1		
Перевірив								

**ВІДГУКИ КОНСУЛЬТАНТІВ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**



## ВІДГУК

### **на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесів управління токарно-револьверним металообробним верстатом», студента гр. 151-18ск-1 Грушко Ігор Сергійович**

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

Метою є розробка підсистеми управління технологічним устаткуванням – електродвигуном повздовжньої подачі супорта револьверного токарного верстата.

Актуальність роботи полягає в тому, що система виконана відкритою і дозволяє здійснювати технічну і програмну модернізацію системи, а також забезпечує виконання наступних функцій: спостереження за роботою обладнання, зберігання інформації про стан обладнання, зв’язок з іншими системами.

Згідно з аналізом об’єкта автоматичного керування, розроблена динамічна модель електромеханічної частини привіда повздовжнього переміщення супорта верстата.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об’єкту керування та може бути використана для подальшої розробки системи керування.

Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення.

Отримана модель може бути використана за для розробки програмного забезпечення системи керування.

Основними функціями системи є формування та реєстрування керуючого впливу який подається на об’єкт управління, реєстрування дійсного значення на

виході об'єкта, візуалізація отриманих даних, та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою, яка дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об'єкта.

Повнота та глибина вирішення поставлених завдань в кваліфікаційній роботі достатня.

В рамках кваліфікаційної роботи виконано аналіз технологічного процесу та об'єкту керування, постановка завдання, вибір апаратного забезпечення, розробка програмного забезпечення/визначення моделі об'єкта керування, розрахунок основних економічних показників та вирішення питань з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

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

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

Оцінки по розділах кваліфікаційної роботи - «\_\_\_\_\_».

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

**Керівник кваліфікаційної роботи,** \_\_\_\_\_ ст. викл. Надточий В.В.

\_\_\_\_.06.2021

## РЕЦЕНЗІЯ

**на кваліфікаційну бакалавра по темі: «Автоматизація процесів управління токарно-револьверним металообробним верстатом», студента гр. 151-18ск-1 Грушко Ігор Сергійович**

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

Метою є розробка підсистеми управління технологічним устаткуванням – електропривідом повздовжнього переміщення супорта верстата.

Згідно з аналізом об’єкта автоматичного керування, розроблена динамічна модель електромеханічної частини привіда повздовжнього переміщення супорта верстата.

Виходячи з отриманих результатів можливо зробити висновок, що модель відповідає об’єкту керування та може бути використана для подальшої розробки системи керування. Подальше вдосконалення моделі можливе у рамках більш детального аналізу впливів збурення.

На підставі передавальних функцій розроблені відповідні моделі об’єкта управління в середовищі імітаційного моделювання Simulink. Модель об’єкта «за збільшення» вхідного сигналу відповідає перевірочним даними на 98.7%, а модель об’єкта «за зменшення» відповідає перевірочним даними на 97.5%. Виходячи з цього, моделі є адекватними і можуть бути використані для моделювання об’єкта управління і системи управління.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп’ютера з SCADA системою, яка дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об’єкта.

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

Рецензент, \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_.06.2021