

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ П.В. Леонтєв

\_\_\_\_\_ 2022 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА**

зі спеціальності 151- Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології  
на тему: "Оптимізація процесу функціонування металообробного верстату моделі  
Style High Tech 750"

Керівник роботи

доцент, к.т.н.

Толбатов В.А.

Дипломник

студент гр. СУ.м-11

Трапезон А.І.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри КСУ

\_\_\_\_\_ П.В. Леонтєв

\_\_\_\_\_ 2022 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу магістра студенту

Трапізону Андрію Ігоровичу

1. Тема кваліфікаційної роботи: Оптимізація процесу функціонування металообробного верстату моделі Style High Tech 750.

затверджена наказом ректора СумДУ № 1027-VI від " 07 " листопада 2022 р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи " 21 " грудня 2022 р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: звіт з переддипломної практики, наукові публікації, статті, тези, перелік літературних джерел з матеріалами та технічна документація, в якій описаний процес функціонування металообробного верстату.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню): аналіз сучасного стану автоматизації металообробних верстатів; розробка та проектування функціональної схеми автоматизації та опис роботи; дослідження процесу функціонування; розробка математичної моделі; охорона праці.

5. Перелік графічних матеріалів: 1 креслення, 46 рисунків і 12 таблиць.

## 6. Календарний план виконання роботи

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Термін виконання
1	Аналіз завдання кафедри та складання технічного завдання.	03.10.2022 – 06.10.2022
2	Розгляд технічного процесу	07.10.2022 – 15.10.2022
3	Підбір та аналіз літератури	16.10.2022 – 20.10.2022
4	Розробка функціональної схеми	21.10.2022 – 14.11.2022
5	Розробка електричних схем	15.11.2022 – 26.11.2022
6	Розробка математичної моделі в середовищі MATLAB	27.11.2022 – 15.11.2022
7	Технічне оформлення проекту	16.11.2022 – 21.11.2022

7. Дата видачі завдання " 02 " жовтня 2022 р.

Керівник проекту:

доцент, к.т.н

Толбатов В.А.

До виконання прийняв:

студент гр. СУ.м-11

Трапізон А.І.

## РЕФЕРАТ

Трапізон Андрій Ігорович. Оптимізація процесу функціонування металообробного верстату моделі Style High Tech 750. Магістерська робота. Сумський державний університет. Суми, 2022 рік.

Проект містить 56 аркушів пояснювальної записки, в яку входить 46 рисунків, 1 креслення, 12 таблиць та 22 джерела інформації.

Проведено технічний аналіз процесу обробки металів. В результаті аналізу розроблено математичну модель та досліджено стежучу систему у режимі малих переміщень для оптимізації процесу функціонування металообробного верстату. У пояснювальній записці представлено короткий опис технологічного процесу, контури керування та інформаційні контури металооброблюючого центра, та розроблено математичну модель.

Ключові слова: оброблювальний верстат, датчики, частотний перетворювач, токарно-револьверний, металообробка, програмований логічний контролер, панель управління, виконуючі механізми, сигнальні модулі, програмне забезпечення, система управління, функціональна схема автоматизації, регулятор.

## ABSTRACT

Trapizon Andrii Igorovych. Optimization of the functioning process of the Style High Tech 750 metalworking machine. Master's thesis. Sumy State University. Sumy, 2022.

The project contains 56 sheets of explanatory note, which includes 46 figures, 1 drawing, 12 tables and 22 sources of information.

A technical analysis of the metal processing process was carried out. As a result of the analysis, a mathematical model was developed and a monitoring system was investigated in the mode of small movements to optimize the process of functioning of the metalworking machine. The explanatory note presents a brief description of the technological process, control loops and information loops of the metalworking center, and a mathematical model is developed.

Keywords: machining machine, sensors, frequency converter, lathe, metalworking, programmable logic controller, control panel, executive mechanisms, signal modules, software, control system, functional automation scheme, regulator. Keywords: machine tool, sensors, frequency converter, turret, metalworking, programmable logic controller, control panel, actuators, signal modules, software, control system, functional scheme of automation.

## Зміст

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ .....	6
ВСТУП .....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБЛЮВАЛЬНИХ ЦЕНТРІВ ...	9
1.1. Верстат для металообробки як об'єкт технології.....	9
1.2. Характеристика об'єкта автоматизації .....	10
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕРЕЖІ ПЕТРІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛУ АВТОМАТИЧНОЇ ЗМІНИ ІНСТРУМЕНТА.....	17
2.1. Формальне визначення мережі Петрі .....	17
2.2. Застосування мереж Петрі для моделювання.....	18
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ .....	22
3.1. Визначення параметрів.....	22
3.2. Розрахунок параметрів .....	23
3.3. Створення математичної моделі та побудова перехідних характеристик системи .....	24
РОЗДІЛ 4. ОПИС РОЗРОБЛЕНОГО ПЗ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛЕЙ РОБОТИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ .....	38
4.1. Опис продукту .....	38
4.1.1. Екран.....	38
4.1.2. Квіатура .....	39
4.2. ОС Windows .....	41
4.2.1. Використання шишки .....	41
4.2.2. Діалогові вікна.....	41
4.2.3. Текстові вікна .....	42
4.2.4. Осередки вибору .....	43
4.2.5. Осередки для позначки галочкою.....	43
4.2.6. Маркери меню .....	43
4.3. Інтерфейс користувач .....	44
4.3.1. Екран редагування ЧПУ.....	44
4.3.2. Панель інструментів.....	45
4.3.3. Менеджер програми.....	46
4.3.4. Текстовий редактор.....	46
4.3.5. Рядок стану .....	46
4.3.6. Структура меню редактора .....	47
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	49
5.1. Загальні положення .....	49

5.2. Шум.....	49
5.3. Встановлення та ремонт .....	49
5.4. Робота.....	50
5.5. Вимоги до встановлення .....	53
5.6. Підготовка до встановлення верстата.....	53
5.7. Стиснення повітря .....	53
5.8. Переміщення верстата .....	54
5.9. Перевірка верстата перед пуском-налагодженням.....	54
5.10. Встановлення патрона .....	55
ВИСНОВКИ .....	57
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	58

## ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АСУ – автоматизована система управління;

АСУ ТП – автоматизована система управління технологічним процесом;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПЗО – прилад зв'язку з об'єктом;

АРМ – автоматизоване робоче місце;

ЕОМ – електронно обчислювальна машина;

ККД – коефіцієнт корисної дії;

МОР – мастильно-охолоджуюча рідина;

МК – мікроконтролер;

ВМ – виконавчий механізм;

ПЗ – програмне забезпечення;

ПК – промисловий комп'ютер;

ЕОМ – електронна обчислювальна машина;

ПЛК – програмований логічний контролер;

ПУ – панель управління.

## ВСТУП

Високий рівень автоматизації промислового виробництва призвів до появи токарних верстатів з числовим програмним управлінням (ЧПУ). Такі верстати мають ряд особливостей. Це і закрита кожухами зона різання, і похилі напрямні для видалення стружки з робочої зони. Програмування верстатів з ЧПУ дозволяє автоматично змінювати інструменти, виробляти запуск, зупинку і реверс приводу головного руху, перемикає швидкості шпинделя і проводити багато інших операцій. Такі універсальні верстати використовуються, в основному, в дрібносерійному виробництві, але при наявності певних пристосувань придатні і для серійного виробництва. Автоматичні верстати потребують регулярного налагодження та подачі матеріалу. Напівавтоматичні ж не володіють автоматизованими рухами, пов'язаними з установкою і зняттям виробів. Верстати з ЧПУ здатні вирішувати завдання, пов'язані з високою точністю виконання.

В даний час металообробні верстати займають важливе місце в господарському комплексі практично кожної з індустріально розвинених країн світу. До їх переліку сьогодні відносять металорізальні і деревообробні верстати, ковальсько-пресове обладнання, ливарні машини, ріжучі, вимірні, абразивні інструменти, оснащення для верстатів та інше обладнання. Оцінюючи ту роль, яку відіграє сьогодні розглядається нами галузь в господарському комплексі країни, експерти вказують, що саме металообробні верстати виконують базову функцію в забезпеченні засобами виробництва, займаючи особливе положення в економіці. [1]

При токарній обробці, щоб уникнути шлюбу, періодично контролюється розмір (діаметр) деталі та оцінюється знос ріжучого інструменту (різця). Завдання полягає в тому, щоб оптимізувати цей процес і, по можливості, автоматизувати з використанням обчислювальних можливостей системи числового програмного управління (ЧПУ) верстата або зовнішній комп'ютер.

Це завдання ускладнюється тим, що похибка обробки випадкова через коливання припуску на обробку, твердість заготовок, помилки базування та інших неконтрольованих факторів. Процес зносу різця то ж випадковий через розкид стійкості і коливань того ж припуску і твердості заготовок. Для врахування зазначених факторів випадковості будемо виходити з відповідних математичних моделей. [2]

Об'єкт дослідження: оброблювальний токарно-револьверний верстат Style 750.

Предмет дослідження: методи і засоби автоматичного керування верстатом Style 750.

Мета дослідження: Провести оптимізацію процесу функціонування верстату Style High Tech 750. Знайти найкращий варіант при якому система буде оптимальною.

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

1. Проведено передпроектне дослідження, зібрана та проаналізована інформація по верстату Style 750;
2. Розроблено концепцію системи керування верстатом;



3. Розроблено математична модель системи, а також регулятор та його параметри до неї методом чисельної оптимізації.

# РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ОБРОБЛЮВАЛЬНИХ ЦЕНТРІВ

## 1.1. Верстат для металообробки як об'єкт технології

*Види металообробних верстатів*

Щоб знати, який вигляд пристрою необхідний для роботи, слід уважно вивчити загальну класифікацію. Верстати для металообробки одного виду нерідко розрізняються кінематикою, параметрами, конструктивними особливостями, способом управління і так далі.

*Залежно від універсальності:*

- універсальні – застосовують для створення виробів різного розміру, найменування та форми (індивідуальні замовлення);
- спеціалізовані – підходять для виготовлення продукції схожого маркування, але різних габаритів (серії);[3]
- спеціальні – розраховані на виробництво однакових за назвою та параметрами деталей (масовий випуск).

*Залежно від показників точності:*

- нормальної (Н);
- підвищеної (П);
- високої (В);
- особливо високої (А);
- майстер-верстати (С).

*Залежно від рівня автоматизації:*

- напівавтомати – цикл робіт автоматизований, але завантажує/вивантажує деталі співробітник самостійно;
- автомати – всі процеси обробки відбуваються в автоматичному режимі.

Для випуску дрібносерійних деталей в автоматичному режимі розроблені пристрої, що мають спеціальне програмне управління:

- циклове (Ц) – налаштовується цикл обробки, параметри приміщення виставляються спрощено;
- числове (Ч) – постійний контроль за процесом обробки за допомогою унікальної керуючої програми (всі дані записані в цифровому форматі).
- Система управління для обладнання з ЧПУ буває: цифрова індикація/координати (Ф1), позиційна (Ф2), контурна (Ф3) і універсальна (Ф4).

*Залежно від маси:*

- до 1 тони – легкі;
- до 10 тон – середні;

- від 16 до 30 тон – великі;
- від 30 до 100 тон – важкі;
- від 100 тон і вище – особливо важкі.

За родом здійснюваних робіт і різновидам ріжучих механізмів металообробні верстати ділять на групи: [4]

Таблиця 1.1 – групи металообробних верстатів

Назва	Характеристика («О» – обробка, «РІ» – ріжучий інструмент)
Токарні	Необхідні для «О» певних поверхонь крутіння. Різання (точіння) відбувається завдяки обертанню заготовки
Свердлильні	У цю групу входять розточувальні пристрої. Головне завдання - виготовлення і «О» отворів, що мають круглу форму. Обертання інструменту/надходження подачі
Шлифувальні	«РІ» - коло для шліфування (абразивний)
Полирувальні та доводочні	«РІ» - шліфуючі стрічки і бруски
Зубооброблювальні	Головне завдання - «О» зубів коліс
Фрезерні	«РІ» - пристосування з різцями, що крутяться (фреза)
Стругальні	Різання відбувається за рахунок руху різця або виробу вперед/назад
Розрізні	Головне завдання - розпилювання/розрізання прокатних профілів. «РІ» - дискова пилка або ножівкове полотно
Протяжні	«РІ» - спеціальна протяжка (пристосування для різання металу з лезами)
Різьбооброблювальні	У цю групу не входить токарні пристрої. Застосовують для виготовлення різьблення
Різні/допоміжні	Решта пристроїв, які не ввійшли в попередні категорії

## 1.2. Характеристика об'єкта автоматизації

Обробний центр STYLE 750 – самий універсальний і ергономічний в своєму класі. Чавунна рама виготовлена з однієї деталі для забезпечення стійкості і витримки високих навантажень.

Технічні характеристики цього верстату наведено у табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – технічні характеристики верстата STYLE 750

<b>Параметр</b>	<b>Од. вим.</b>	<b>Значення</b>
Підйом над станиною	мм	750
Підйом над поперечним супортом	мм	530
Відстань між центрами	мм	1900/2900/3900
Ширина станини	мм	450
Макс. вага між центрами	кг	1500/20001
Макс. навантаження на нерухомий люнет верстата	кг	3500
<b>Головний шпиндель</b>		
Потужність головного двигуна	кВт	22/34
Макс. крутний момент головного шпинделя	Nm	5925
Макс. швидкість шпинделя (к-ть швидкостей)	об/хв	2000 (3/1) / 1000 (3/1)
Діаметр отвору шпинделя	мм	Ø105/ Ø155
Конус шпинделя		D1-11/A2-11

Продовження таблиці 1.2

<b>Осі X и Y</b>		
Діаметр шпинделя ШВП осі X	мм	32
Діаметр шпинделя ШВП осі Y	мм	50
Швидке переміщення	м/хв	8
Швидкість подачі	мм/хв	0,01-1000
<b>Задня бабка</b>		
Діаметр висувного шпинделя	мм	105/125
Переміщення шпинделя	мм	225
Конус шпинделя	МТ	5
<b>Загальні відомості</b>		
Вага	кг	5700/6800/7900
Колір верстата	рама	RAL 7021
	метал. листи	RAL 9006
Разміри верстата	М	1900:4.0/2.3/2.2
		2900:5.0/2.3/2.2
		3900:6.0/2.3/2.2

Розглянемо конструктивні особливості описуваного оброблюваного центру.



Рисунок 1.1 – Верстат Style 750. Вид спереду: 1 – корпус верстата; 2 – пульт управління; 3 – револьверна головка; 4 – кнопка аварійної зупинки; 5 – супорт.



Рисунок 1.2 – Верстат Style 750. Вид ззаду: 1 – електрична шафа; 2 – повітряний охолоджувач; 3 – люк для технічного обслуговування; 4 – діаметр отвору шпинделя; 5 – стружкоуборочний конвеєр.



Рисунок 1.3 – Пульт керування верстату Style 750: 1 – рідкокристалічний екран; 2 – управління стружкоуборочним конвеєром; 3 – перемикач вкл/викл; 4 – аварійна кнопка; 5 – клавіатури; 6 – колеса позиціонування.



Рисунок 1.4 – Компоненти масляного насосу:

1 – кнопка заправки; 2 – рівень масла; 3 – тиск масла; 4 – масляний насос; 5 – резервуар; 6 – характеристики.



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд насосу для подачі МОР: 7 – тиск; 8 – резервуар; 9 – характеристики.

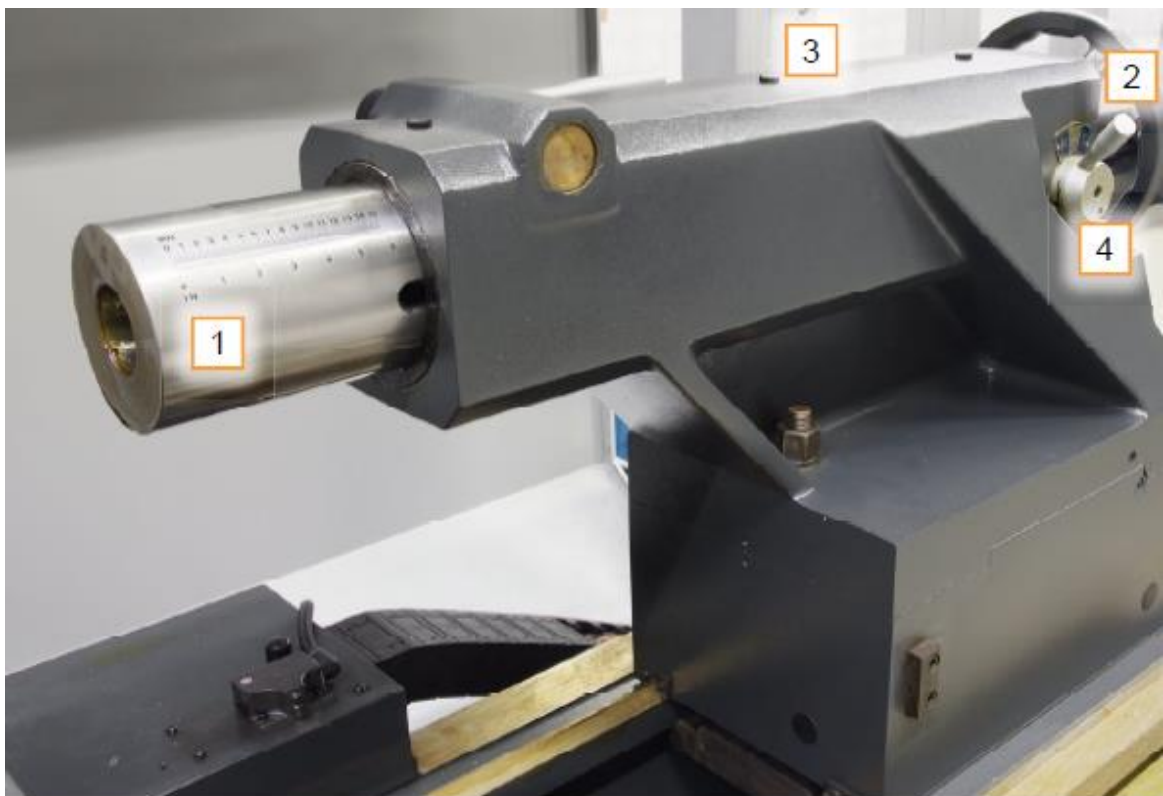


Рисунок 1.6 – Висувний шпindel: 1 – піноль; 2 – ручний маховик; 3 – мастило; 4 – блокування шпинделя.





Рисунок 1.7 – Насос для подачі повітря: 5 - тиск повітря; 6 – підключення пневматичної магістралі; 7 – ковпачок.

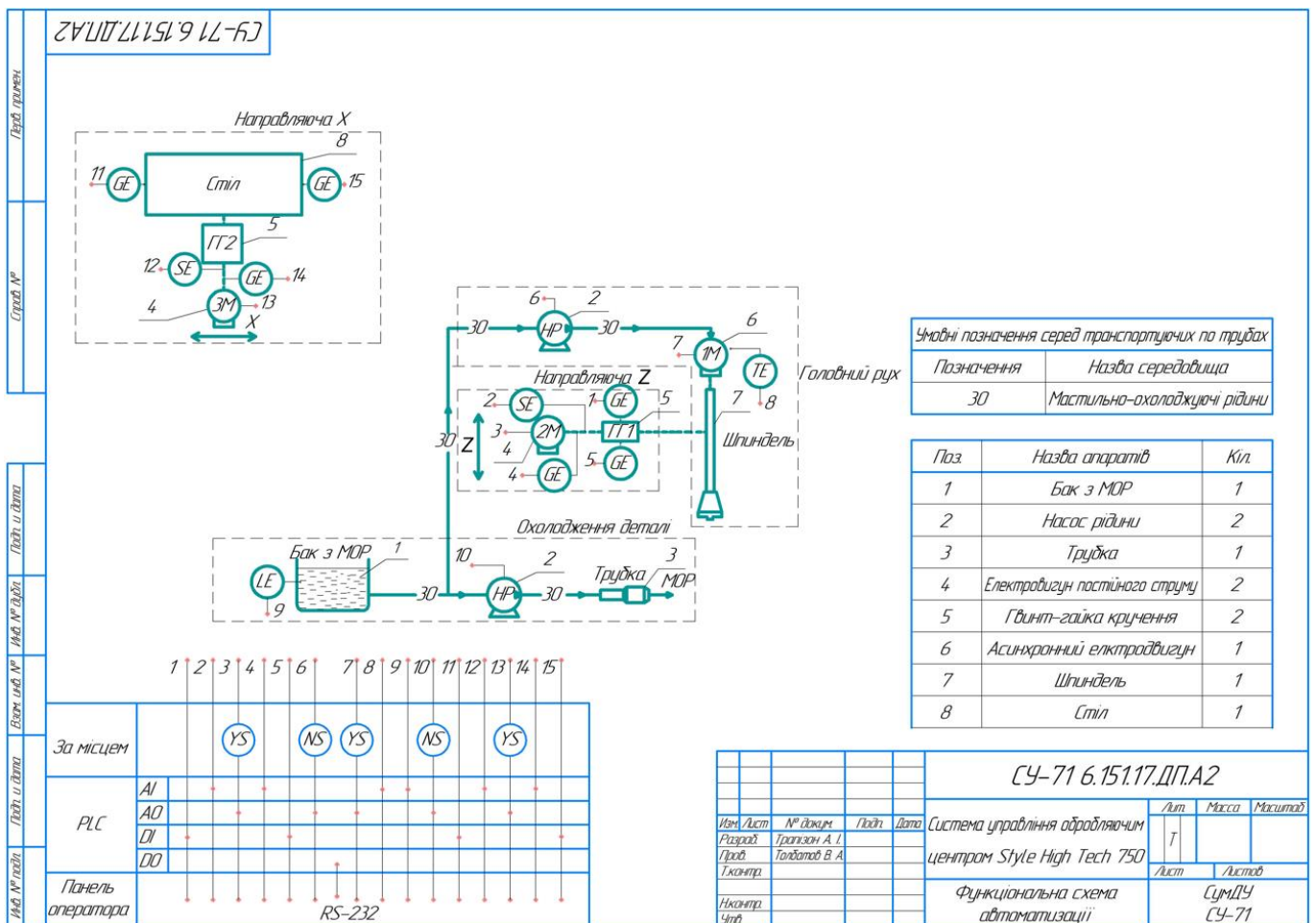


Рисунок 1.8 – Функціональна схема автоматизації

Висновки: в даному пункті мною були проаналізовані сучасні рівні автоматизацій металообробних верстатів, а також було проведено їх порівняння та була розроблена ФСА на Рис. 1.8.

## РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА МЕРЕЖІ ПЕТРІ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ЦИКЛУ АВТОМАТИЧНОЇ ЗМІНИ ІНСТРУМЕНТА

### 2.1. Формальне визначення мережі Петрі

Формально мережа  $N$  визначається п'ятіркою множин:

$$N = \langle P, V, F, H, M_0 \rangle \quad (2.1)$$

де  $P = \langle P_1, P_2, \dots, P_n \rangle$  або  $\forall P_i \in P$  – кінцева непуста множина символів  $P_i$ , названих місцями (позиціями) мережі;

$V = \langle V_1, V_2, \dots, V_m \rangle$  або  $\forall V_i \in V$  – кінцева непуста множина символів  $V_i$ , названих місцями (позиціями) мережі;[4]

$F$  – функція інцидентності (табл. 2.1), що вказує на наявність дуг, які з'єднують місця  $P_i$  з переходами  $V_j$ , причому, якщо  $F(P_i, V_j) = 1$ , то така дуга є, а якщо  $F(P_i, V_j) = 0$ , такої дуги немає;

$H$  – функція інцидентності (табл. 2.2), що вказує на наявність дуг, які з'єднують переходи  $V_i$  з місцями  $P_j$ , причому, якщо  $H(V_i, P_j) = 1$ , то така дуга є, а якщо  $H(V_i, P_j) = 0$ , такої дуги немає.

$M_0$  – початкова розмітка мережі Петрі, що представляє собою множина місць у безлічі цілих позитивних чисел  $P \rightarrow \{0, 1, 2, \dots\}$ , які вказують кількість фішок на кожному місці.

Таблиця 2.1 – функція інцидентності  $F$

$F$	$V_1$	$V_2$	$V_3$
$P_1$	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
$P_2$	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
$P_3$	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
$P_4$	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>

Таблиця 2.2 – функція інцидентності  $H$

$H$	$P_1$	$P_2$	$P_3$	$P_4$
$V_1$	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
$V_2$	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>0</b>
$V_3$	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Наприклад, для наведеної вище мережі:

$P = \{P_1, P_2, P_3, P_4\}$  – множина місць;

$V = \{V_1, V_2, V_3\}$  – множина переходів;

Початкова розмітка:

$$M_0 = \frac{P_1}{2} \left| \frac{P_2}{0} \right| \frac{P_3}{1} \left| \frac{P_4}{0} \right| \quad (2.2)$$

Аналіз початкової розмітки  $M_0$  й функції інцидентності  $F$ , представлених у таблиці, дозволяє визначити, що спрацює перехід  $V_1$ , з'єднаний з вершиною (місцем)  $P_1$ , яка містить дві фішки. Інші переходи не спрацьовують, тому що для спрацьовування  $V_2$  потрібна наявність фішки в  $P_4$ , а для спрацьовування  $V_3$  – в  $P_2$ . Після спрацьовування  $V_1$  утворюється нова розмітка  $M_1$ :

$$M_1 = \frac{P_1}{1} \left| \frac{P_2}{1} \right| \frac{P_3}{0} \left| \frac{P_4}{1} \right| \quad (2.3)$$

яка показує, що до спрацьовування готові всі три переходи. Враховуючи те, що при програмній реалізації одним процесором дві події не можуть відбутися одночасно, то далі аналіз будується на основі випадкового вибору.[5]

Нехай, наприклад, спрацював перехід  $V_2$  і утворювалася розмітка  $M_2$ :

$$M_2 = \frac{P_1}{0} \left| \frac{P_2}{1} \right| \frac{P_3}{2} \left| \frac{P_4}{0} \right| \quad (2.4)$$

Переходячи від одного вектора розмітки до іншого, можна записати ланцюжок спрацьовування переходів:

$$M_0 \xrightarrow{V_1} M_1 \xrightarrow{V_2} M_2 \xrightarrow{V_3} M_3 \xrightarrow{V_1} M_4 \xrightarrow{V_3} M_5 \xrightarrow{V_1} \frac{M_6}{M_7} \quad (2.5)$$

Розмітки  $M_6 = \{0,1,1,2\}$  й  $M_7 = \{0,0,1,0\}$  з'явилися тупиковими, тому що при таких розташуваннях фішок жоден перехід не спрацьовує й мережа зависає.

## 2.2. Застосування мереж Петрі для моделювання

При проектуванні нових і дослідженні існуючих дискретних систем керування застосовується кілька способів, які укладаються у два підходи.

*Перший підхід* полягає в тому, що проєктована система спочатку представляється традиційним способом (графом, блок-схемою алгоритму), потім вона моделюється мережею Петрі, аналіз якої дозволяє виявити вади й модернізувати мережу.[6]

*Другий підхід* протилежний першому. Проектування починається зі створення мережі Петрі, її дослідження й звільнення від вад, а потім по мережі будується традиційний алгоритм.

При реалізації першого підходу для правильного перекладу блок-схеми алгоритму в мережу Петрі необхідно кожен дугу вихідної програми представити вершиною-місцем у мережі Петрі, а вузли блок-схеми (аналіз умов, роз-в'язок, уведення, вивід і т.д.) замінити переходами (рис. 2.1).

Для успішного застосування мереж Петрі з метою моделювання програм потрібна різна інтерпретація умов і позицій (місць), подій і переходів. Мережі Петрі можуть також застосовуватися для моделювання апаратних засобів від простих логічних пристроїв до процесорів і ЕОМ.

Якщо моделюється кінцевий автомат, то початкова розмітка задається однією фішкою, що поміщається в початковий стан автомата. Кожному стану автомата зіставляється місце в мережі Петрі, а кожна дуга розрізається пере ходом і позначається тим же символом, яким позначена дуга на графові переходів автомата.[7]

Розглянемо процес автоматичної зміни інструмента на токарському верстаті із ЧПУ. На токарських верстатах інструментальні магазини виконують у вигляді револьверної головки, у гніздах (позиціях) якої розміщуються від 6 до 12 інструментів.

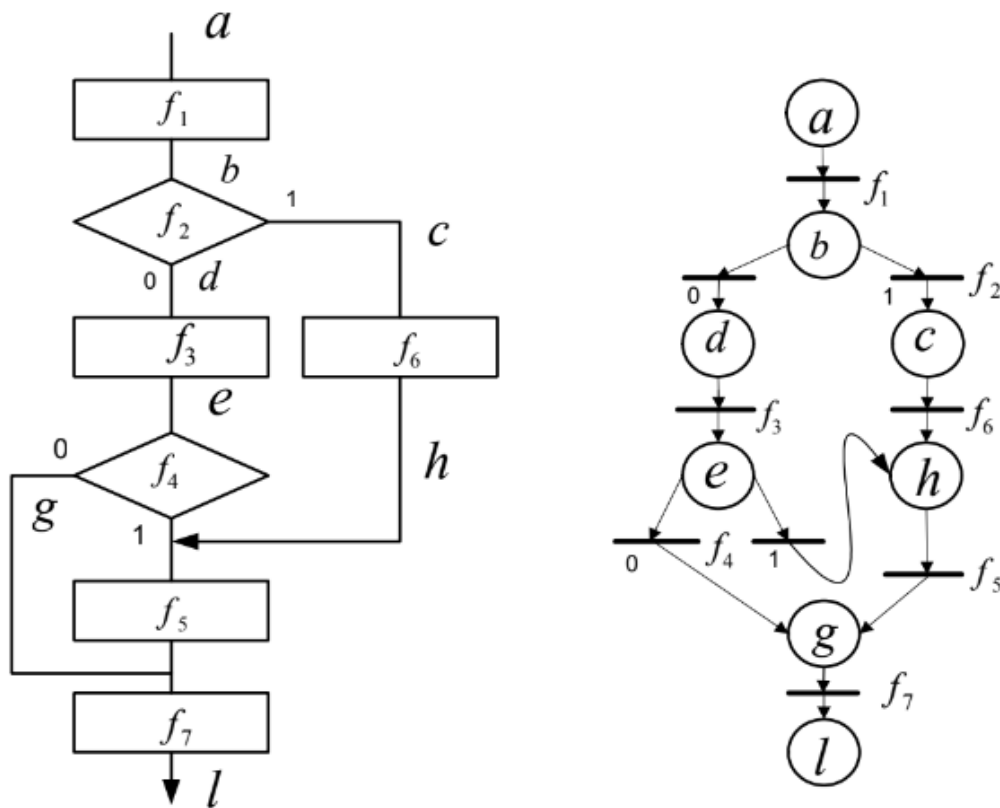


Рисунок 2.1 – Приклад перекладу блок-схеми алгоритму в мережі Петрі

Зміна інструмента проводиться шляхом обертання головки навколо осі, розташованої в горизонтальній або вертикальній площині. Напрямок повороту визначається шляхом вибору меншої величини кута між вихідною й заданою позицією. При виконанні повороту головка розкріплюється, а по завершенню повороту фіксується й затискається. Для контролю всіх операцій установлені датчики – кінцеві вимикачі в механізмі затискання й розтискання, шляхові датчики позицій, кінцевий вимикач механізму фіксації.[8]

Цикл ініціюється введенням команди Т<двухзначне число>, а починається при подачі команди М06 і наявності сигналів з інших автоматичних вузлів, що дозволяють роботу, наприклад:

“робоча зона закрита захисним кожухом”, “вісь повороту головки вилучена від інших вузлів верстата” і ін.

Автоматичний цикл складається із трьох паралельних процесів:

- А – приймання Т-команди й М-команди, запуск циклу, індикація позиції;
- В – керування процесом затискання й розтискання револьверної головки;
- С – керування процесом повороту головки й пошук заданої позиції.

У кожному процесі проводиться аналіз умов, формування керуючих сигналів і реалізація подій.

Цикл автоматичної зміни інструмента може бути змодельований мережею Петрі, наведеною на рисунку 2.2.

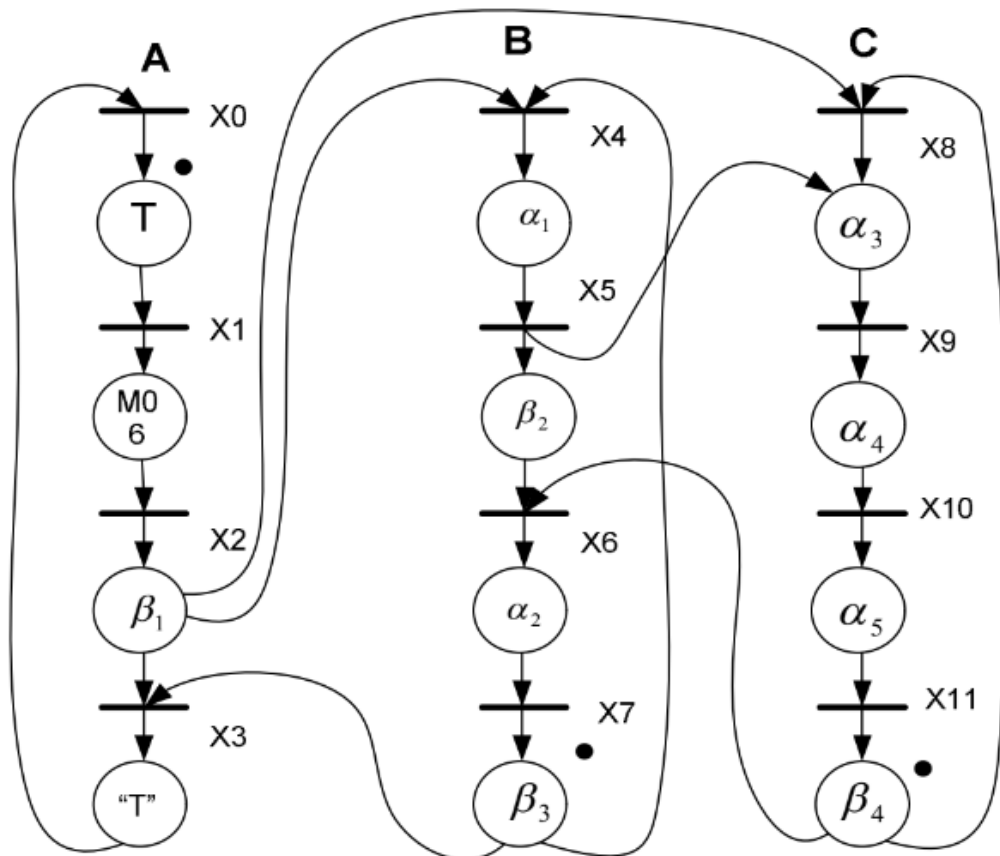


Рисунок 2.2 – Мережа Петрі для циклу автоматичної зміни інструмента

Визначимо умови (місця) і події (переходи) у кожному процесі.

*Процес А* починається з уведення команди  $T$ , яка вказує код позиції інструмента. Процес аналізує код завдання й фактично встановлену позицію, тобто визначає необхідність запуску циклу зміни інструменту.

Далі в переході  $x_1$  формується сигнал «Цикл завдань» і фішка переміщається в місце очікування команди  $M0_6$  (Зміна інструменту).

Після команди  $M0_6$  спрацьовує перехід  $x_2$  і фішка переміщається в місце  $\beta_1$  з умовами виконання циклу:

- номер позиції інструмента заданий;
- блокування запуску процесу В немає.

Умови для спрацьовування переходу  $x_3$ , що формує сигнали на панель про виконання Т-команди, настануть після реалізації процесу В.[9]

У процесі В при наявності умов «головка затиснута» і «запуск процесу В дозволений» спрацьовує перехід  $x_4$  і фішка переходить у місце  $\alpha_1$ , де аналізується наявність команди розтиску головки. При поданні цієї команди спрацьовує перехід  $x_5$ , фішка переміщається в місце  $\beta_2$ , де приймається сигнал з кінцевого вимикача розтиску та формуються умови для включення процесу С.

*Процес С* починається з аналізу умов для спрацьовування переходу  $x_8$ :

- головка фіксована;
- код позиції введений.

При збігу умов (фішки в місцях  $\beta_1, \beta_4$ ) перехід  $x_8$  спрацьовує й фішка процесу С переміщається в місце  $\alpha_3$  з умовами для аналізу напрямку повороту. Вибір найближчого шляху приводить до спрацьовування переходу  $x_9$  і фішка переміщається в місце  $\alpha_4$  аналізу позицій, зчитуваних зі шляхових датчиків. При виході в задану позицію спрацьовує перехід  $x_{10}$ , фішка переміщається в місце  $\alpha_5$  аналізу сигналу кінцевого вимикача про фіксацію головки. По цьому сигналу спрацьовує перехід  $x_{11}$  і фішка переходить у місце  $\beta_4$ , у якому формується сигнал дозволу затискання головки, тобто продовження процесу В.

Наявність фішок у  $\beta_2$  й  $\beta_4$  приводить до спрацьовування переходу  $x_6$  і виконанню операції затискання, фішка процесу В переходить у місце  $\alpha_2$  очікування сигналу «головка затиснута», який свідчить про закінчення процесу В. Після цього фішка переміщається через перехід  $x_7$  у місце  $\beta_3$  включення індикації встановленого інструмента.[10]

Висновки: в даному пункті я розглянув мережу Петрі, щоб використати її як інструмент для свого моделювання, бо саме завдяки неї можна перекладати блок-схеми алгоритму та використовувати це в подальшому в моделюванні. Було приведені визначення самої мережі та приклад представлення моделі автоматичної зміни інструмента в мережі Петрі.

## РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ

### 3.1. Визначення параметрів

Контроль стану знаходить найширше застосування: в системах управління промисловими роботами, верстатами з ЧПУ, в системах наведення антен, оптичних телескопів і т.д. При цьому внутрішні контури струмів і швидкості виконуються по розглянутим раніше типовими схемами підлеглого регулювання, а до них додається цифровий або аналоговий контур положення, контроль вхідної величини в якому здійснюється за допомогою різного типу датчиків.

Системи управління становищем прийнято розділяти на що працюють в режимі позиціонування і стеження. Позиціонуванням називається такий режим роботи управління становищем, при якому завданням управління є переміщення електроприводом механізму (робочого органу) з одного положення в інше при необхідній швидкодії.

Для розрахунку необхідно паспортні дані швидкості обертання двигуна, задані в об/хв, перевести в рад/сек, тобто записати їх в системі СІ, див. (табл. 3.1):

$$\omega(\omega') = \frac{\pi \cdot \omega(\omega')}{30}, \quad (3.1)$$

де  $n(n')$  – номінальна (максимальна) швидкість обертання.

Величина КФ визначається як

$$K\Phi = \frac{U_n - I_n \cdot R_{я}}{\omega}, \quad (3.2)$$

де  $U_n$  – номінальна напруга ( $U_n = 220$ );  $I_n$ ,  $R_{я}$  – номінальний струм і опір якірного ланцюга двигуна.

Величини коефіцієнтів посилення датчиків струму  $K_{дс}$  і швидкості  $K_{дш}$  визначаються виразами

$$K_{дс} = \frac{U_{max}}{\lambda \cdot I_n}, \quad (3.3)$$

$$K_{дш} = \frac{U_{max}}{\omega'}, \quad (3.4)$$

де  $\lambda$  – перевантажувальна здатність двигуна (приймаємо  $\lambda = 2,5$ ),  $U_{max}$  – максимально допустима вихідна напруга регуляторів.

Виходячи з того, що більшість операційних підсилювачів живляться напругою  $\pm 12В$ , приймаємо  $U_{max} = 5В$ .

Механічна постійна часу розраховується за формулою:

$$T_M = \frac{J \cdot R_{я}}{(K\Phi)^2}. \quad (3.5)$$

Мала некомпенсуюча постійна часу випрямляча  $T_{\mu} = 0,003$  с, а постійні часу датчика струму  $T_{дс}$ , датчика швидкості  $T_{дш}$  і датчик положення з одиничним коефіцієнтом посилення рівні нулю.[11]

Визначимо коефіцієнт передачі тиристорного перетворювача  $K_{\Pi}$  з таких міркувань. Якщо прийняти, що максимальний вихід регулятора 5В забезпечує подачу на двигун 220В, то коефіцієнт передачі випрямляча буде дорівнювати:

$$K_{\Pi} = \frac{U_{н}}{U_{max}} = \frac{220}{5} = 44. \quad (3.6)$$

Насправді випрямляч повинен мати запас по напрузі, щоб забезпечити форсування в системі регулювання. Тому номінальну напругу якоря двигуна 220В має відповідати меншому вихідній напрузі регулятора, наприклад 8В. Тоді отримаємо з формули (3.6):

$$K_{\Pi} = \frac{220}{8} = 27,5.$$

У цьому випадку максимальний вихідний сигнал регулятора дає можливість подати на двигун 275В, що забезпечить необхідну швидкодію системи.

Таблиця 3.1 – паспортні дані двигуна

Тип	$P_{н}$ , кВт	$n$ , об/хв	$n'$ , об/хв	$R_{я}$ , Ом	$I_{н}$ , А	$L_{я}$ , мГН	$J$ , кг·м <sup>2</sup>
1FT6061	1,37	1180	3600	1,14	26	32,7	0,125

### 3.2. Розрахунок параметрів

Враховуючи формули з пункту, який вище починаю розрахунок параметрів регулятора.

Швидкості обертання двигуна з формули (3.1):

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1180}{30} = 123,51 \frac{\text{рад}}{\text{сек}},$$

$$\omega' = \frac{\pi \cdot n'}{30} = \frac{3,14 \cdot 3600}{30} = 376,8 \frac{\text{рад}}{\text{сек}}.$$

Величину КФ визначаємо з формули (3.2):

$$K_{\Phi} = \frac{U_{н} - I_{н} \cdot R_{я}}{\omega} = \frac{220 - 26 \cdot 1,14}{123,51} = 1,765.$$

Величини коефіцієнтів посилення датчиків струму і швидкості з формул (3.3 і 3.4):

$$K_{дс} = \frac{U_{max}}{\lambda \cdot I_{н}} = \frac{5}{2,5 \cdot 26} = 0,077,$$



$$K_{дш} = \frac{U_{max}}{\omega'} = \frac{5}{952,47} = 0,04.$$

Механічну постійно часу розраховуємо за формулою (3.5):

$$T_M = \frac{J \cdot R_{я}}{(K\Phi)^2} = \frac{0,0327 \cdot 1,14}{1,765^2} = \frac{0,015162}{3,115225} = 0,012 \text{ с.}$$

### 3.3. Створення математичної моделі та побудова перехідних характеристик системи

Розглянемо налаштування системи в режимі малих переміщень. Оптимізація контуру положення починається з внутрішнього контуру струму. Він налаштовується на технічний оптимум з малою некомпенсованою постійною часу  $T_{\mu T} = T_{\mu} + 0,5 * T_{ДС}$ . Якщо не враховувати інерційність датчика струму, то некомпенсована постійна часу внутрішнього контуру в першому наближенні визначається інерційністю вентильного перетворювача, тобто  $T_{\mu T} = T_{\mu} = 0,003 \text{ с.}$  [12]

Передавальна функція контуру струму, налаштованого на технічний оптимум, має вигляд:

$$W_{ж}(p) = \frac{1}{2T_{\mu T} p \cdot (T_{\mu T} p + 1)}. \quad (3.7)$$

Структурна схема трьохконтурної системи представлена на Рис. 3.1.

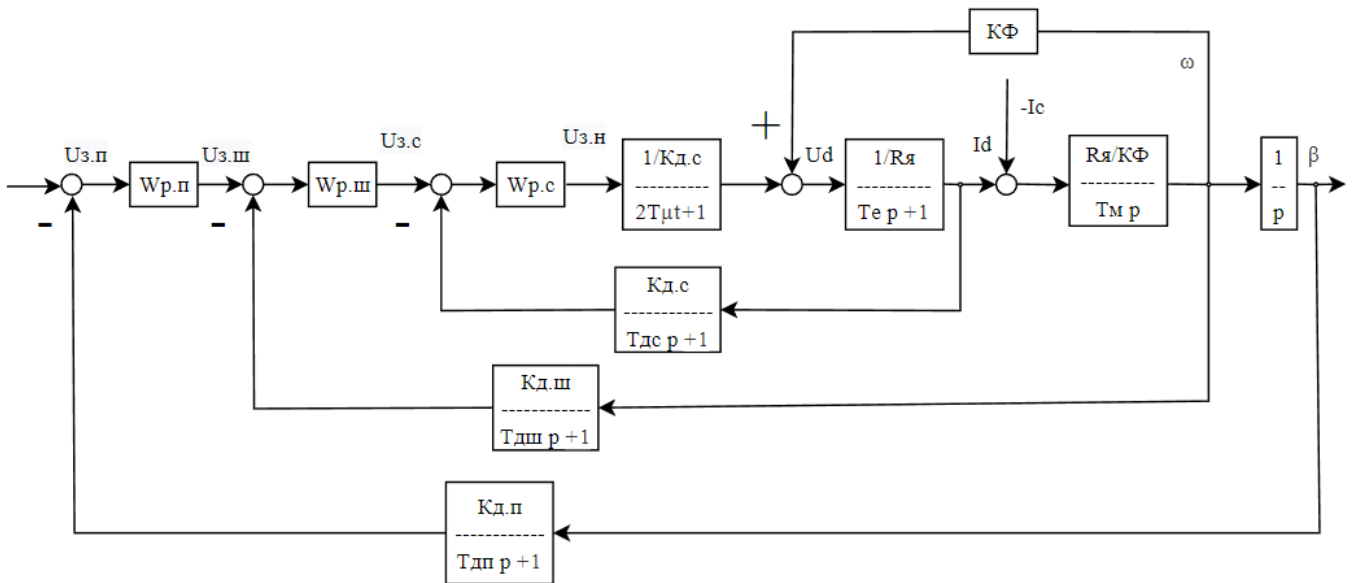


Рисунок 3.1 – Структурна схема трьохконтурної системи регулювання з зворотним зв'язком по ЕРС

Використовуючи параметри структурної схеми внутрішнього контуру струму, запишемо співвідношення:

$$W_{PC}(p) \cdot \frac{K_{п}}{T_{\mu T} p + 1} \cdot \frac{K_{дс}}{T_{e p + 1}} = \frac{1}{2T_{\mu T} p \cdot (T_{\mu T} p + 1)} \quad (3.8)$$

звідки визначається передавальна функція регулятора струму:

$$W_{PC}(p) = \frac{T_e R_{\text{я}}}{2T_{\mu\tau} K_{\text{п}} K_{\text{дс}}} + \frac{R_{\text{я}}}{2T_{\mu\tau} K_{\text{п}} K_{\text{дс}} p} \quad (3.9)$$

З виразу (3.9) випливає, що регулятор струму складається з паралельного з'єднання підсилювальної і інтегруючої ланки, тобто є пропорційно інтегральним. Початкові дані, що входять до виразу (3.9), визначені в додатку. Підставивши числові значення, отримаємо:

$$W_{PC} = \frac{0,012 \cdot 1,14}{2 \cdot 0,003 \cdot 44 \cdot 0,077} + \frac{1,14}{2 \cdot 0,003 \cdot 44 \cdot 0,077 \cdot p} = \frac{0,674p + 56,136}{p}$$

Структурна схема системи з оптимізованим контуром струму приведена на Рис. 3.2. Ця схема ілюструє спрощену методику розрахунку: в ній не враховані нелінійності, зворотний зв'язок по ЕРС і параметри фільтрів. [13]

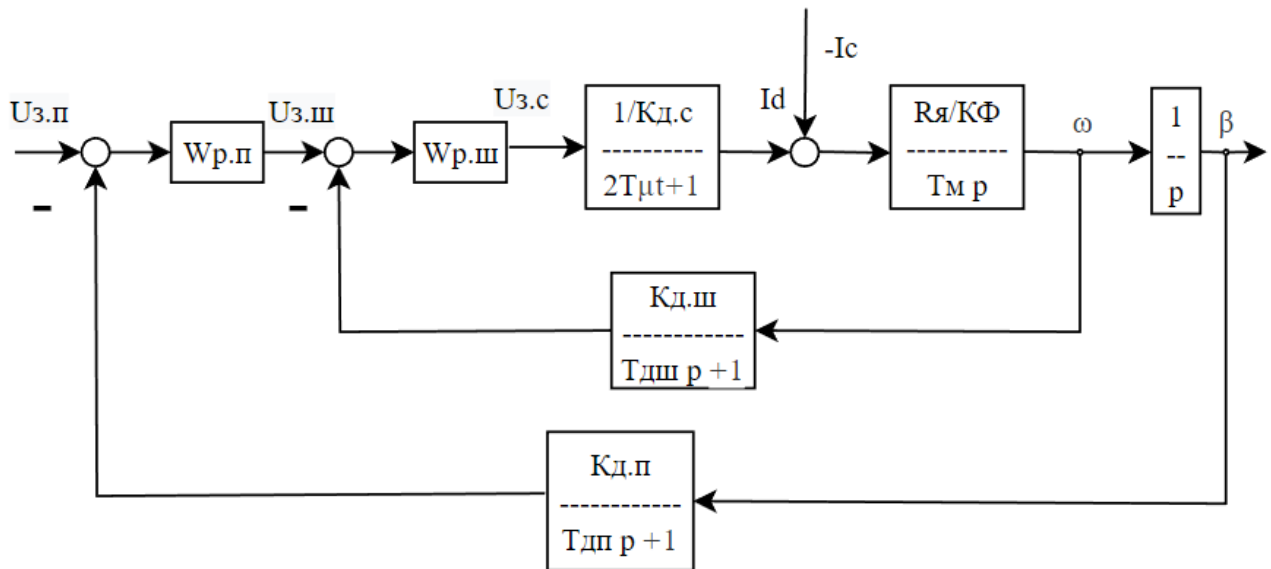


Рисунок 3.2 – Структурна схема трьохконтурної системи регулювання з оптимізованим контуром струму без зворотного зв'язку по ЕРС

Використовуючи структурну схему Рис. 3.2, здійснимо налаштування контура швидкості на технічний оптимум. Мала некомпенсуюча постійна часу в загальному випадку визначається вираз  $T_{\mu c} = 2T_{\mu T} + 0,5 * T_{DC}$ :

$$W_{PC}(p) \cdot \frac{R_{\text{я}}}{\text{КФ} \cdot T_{\text{м}}} \cdot \frac{K_{\text{дш}}}{K_{\text{дс}}(T_{\mu c} p + 1)} = \frac{1}{2T_{\mu c} p \cdot (T_{\mu c} p + 1)} \quad (3.10)$$

звідки

$$W_{PC}(p) = \frac{K_{\text{дс}} \cdot T_{\text{м}} \cdot \text{КФ}}{2T_{\mu c} \cdot R_{\text{я}} \cdot K_{\text{дш}}} \quad (3.11)$$

Некомпенсуючу постійну часу контуру швидкості, так само як і контуру струму, будемо визначати без урахування інерційності зворотного зв'язку ( $T_{ДШ} = 0$ ).

Отже,  $T_{\mu C} = 2T_{\mu T} = 2T_{\mu} = 2 \cdot 0,003 = 0,006$  с.

Використовуючи вихідні дані, визначені в додатку, отримаємо передавальну функцію регулятора швидкості:

$$W_{PC}(p) = \frac{J \cdot K_{дс}}{4T_{\mu} \cdot K_{\Phi} \cdot K_{дш}} = \frac{0,125 \cdot 0,077}{4 \cdot 0,003 \cdot 1,765 \cdot 0,04} = 11,319$$

Налаштувавши контур швидкості на технічний оптимум, отримаємо передавальну функцію замкнутого контуру швидкості

$$W_{з.ш} \approx \frac{1/K_{дш}}{T_{\mu C} p + 1} \quad (3.12)$$

На Рис. 3.3 представлена структурна схема трьохконтурної системи з оптимізованим контуром швидкості:

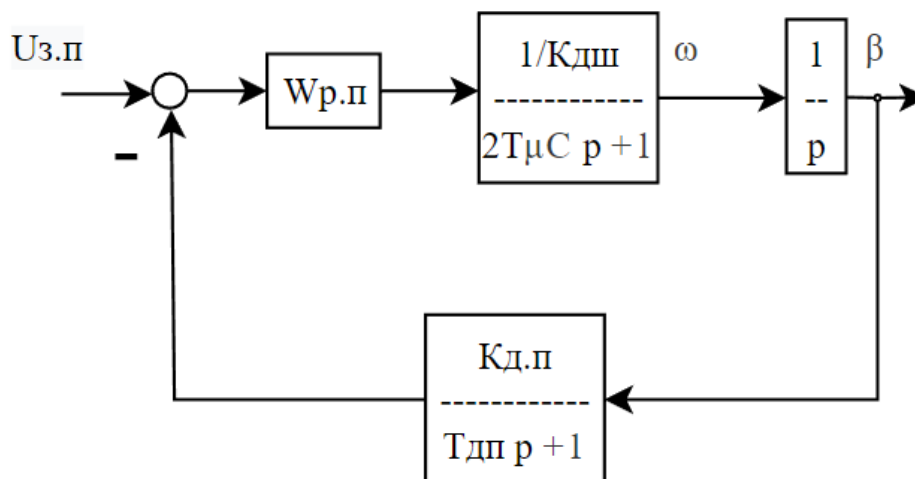


Рисунок 3.3 – Структурна схема трьохконтурної системи регулювання з оптимізованим контуром швидкості без зворотного зв'язку по ЕРС

Некомпенсированое постійну часу контуру положення  $T_{\mu П}$  визначаємо через некомпенсуючі постійні часу контуру швидкості  $T_{\mu C}$  ( $T_{\mu C} = 2T_{\mu T} = 2T_{\mu}$ ) і фільтр в колі зворотнього зв'язку  $T_{ДП}$  ( $T_{ДП} = 0$ ).[15]

$$T_{\mu П} = 2T_{\mu C} = 0,5 \cdot T_{ДП}$$

Здійснимо налаштування контура положення на технічний оптимум і визначимо параметри регулятора положення:

$$W_{PI}(p) \cdot \frac{K_{дп}}{K_{дш} \cdot (T_{\mu\Pi} p + 1)p} = \frac{1}{2T_{\mu\Pi} p \cdot (T_{\mu\Pi} p + 1)}$$

$$W_{PI}(p) = \frac{K_{дш}}{2T_{\mu\Pi} K_{дп}} \quad (3.13)$$

Підставляючи чисельні значення в вираз (3.13), отримаємо параметри регулятора положення:

$$W_{PI}(p) = \frac{0,04}{2 \cdot 0,012 \cdot 1} = 1,765$$

При пропорційному регуляторі швидкості точна обробка задає сигналу буде здійснюватися тільки при відсутності навантаження. Для точного відпрацювання вхідного сигналу при наявності навантаження слід застосувати пропорційно-інтегральний регулятор швидкості, тобто налаштувати контур швидкості на симетричний оптимум. [16]

Для розімкнутого контуру швидкості, налаштованого на семетричний оптимум, запишемо нерівність:

$$W_{PC}(p) \cdot \frac{K_{дш}/K_{дс}}{2T_{\mu C} p + 1} \cdot \frac{R_{я}/K_{\Phi}}{T_M p} = \frac{4T_{\mu C} p + 1}{8T_{\mu C}^2 p^2 (T_{\mu C} p + 1)} \quad (3.14)$$

звідки

$$W_{PC}(p) \cdot \frac{K_{\Phi} \cdot K_{дс} \cdot T_M}{2T_{\mu C} \cdot K_{дш} \cdot R_{я}} + \frac{K_{\Phi} \cdot K_{дс} \cdot T_M}{8T_{\mu C}^2 \cdot K_{дш} \cdot R_{я} \cdot p} \quad (3.15)$$

підставимо  $T_M = \frac{J \cdot R_{я}}{(K_{\Phi})^2}$  в передаточну функцію регулятора швидкості та отримаємо:

$$W_{PC}(p) = \frac{J \cdot K_{дс}}{2T_{\mu C} \cdot K_{дш} \cdot K_{\Phi}} + \frac{J \cdot K_{дс}}{8T_{\mu C}^2 \cdot K_{дш} \cdot K_{\Phi} \cdot p} \quad (3.16)$$

Підставляючи числові значення, Підставляючи числові значення у формулу (3.16), визначені у табл. 3.1, маємо:

$$W_{PC}(p) = \frac{J \cdot K_{дс}}{2T_{\mu C} \cdot K_{дш} \cdot K_{\Phi}} + \frac{J \cdot K_{дс}}{8T_{\mu C}^2 \cdot K_{дш} \cdot K_{\Phi} \cdot p} = \frac{J \cdot K_{дс}}{4T_{\mu C} \cdot K_{дш} \cdot K_{\Phi}} + \frac{J \cdot K_{дс}}{8T_{\mu C}^2 \cdot K_{дш} \cdot K_{\Phi} \cdot p}$$

$$= \frac{0,125 \cdot 0,077}{4 \cdot 0,003 \cdot 0,04 \cdot 1,765} + \frac{0,125 \cdot 0,077}{32 \cdot (0,003)^2 \cdot 0,04 \cdot 1,765 \cdot p} = \frac{11,319p + 471,636}{p}$$

На Рис. 3.4 представлена двоконтурна система регулювання без обліку зворотного зв'язку по ЕРС з пропорційним регулятором в контурі швидкості.

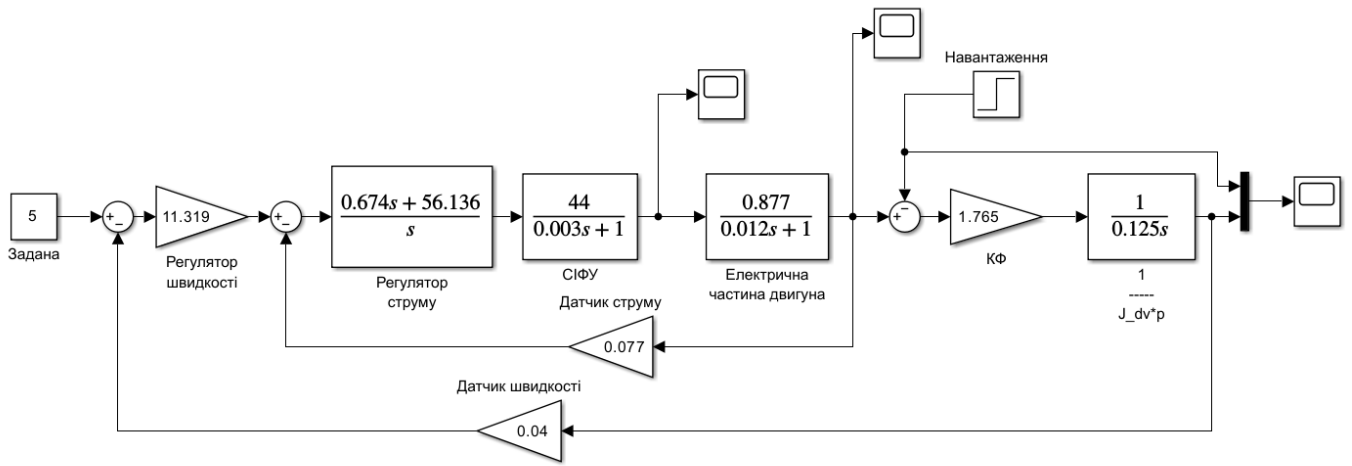


Рисунок 3.4 – Двоконтурна система регулювання з П-регулятором швидкості

Дослідження цієї системи (Рис. 3.5.а) показали, що перерегулювання по управлінню становить 8%, а при зміні статичного навантаження на виході системи з'являється статична помилка  $\Delta\omega$ . На Рис 3.5.б приведена осцилограма струму, а на Рис. 3.5.в – осциллограма напруги. Так як в системі відсутні блоки, обмежують вихідні сигнали, то струм і напруга досягають значень у багато разів перевищують допустимі. Тому цю модель можна використовувати тільки при малих величинах задає сигналу, не виводять вихідні координати блоків в зони насичення. При великих сигналах модель не відображає реальних процесів в системі.

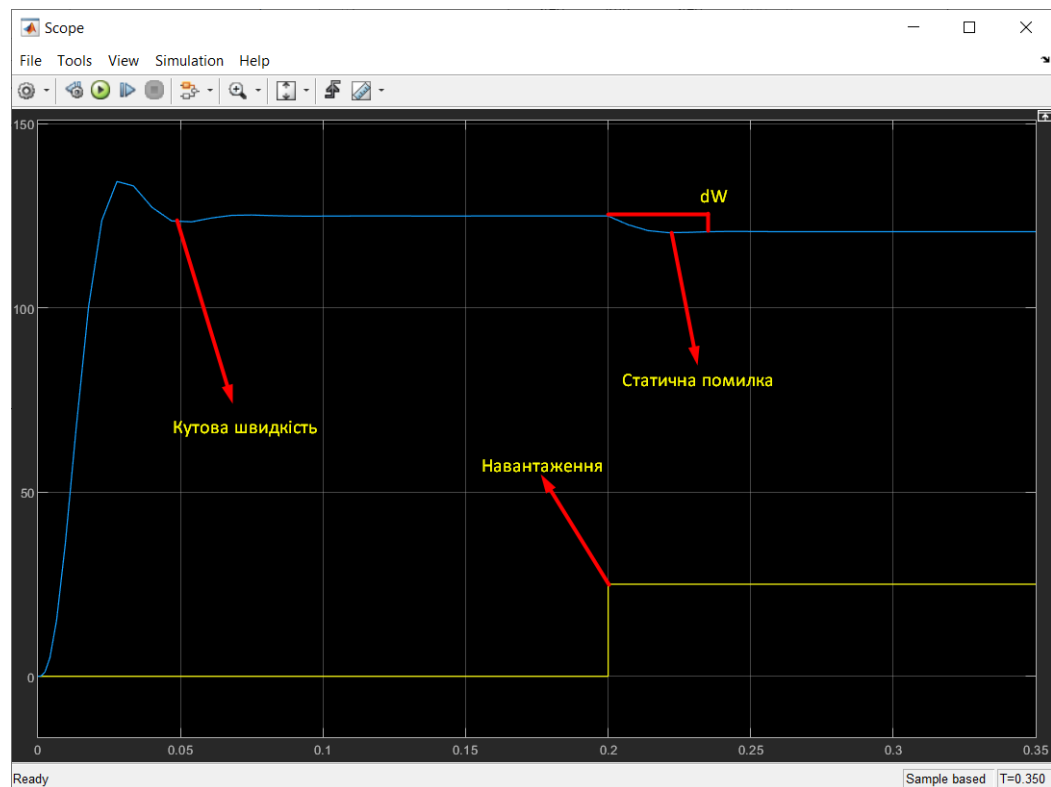


Рисунок 3.5.а – Зміна кутової швидкості при подачі керуючого і обурюючого впливів

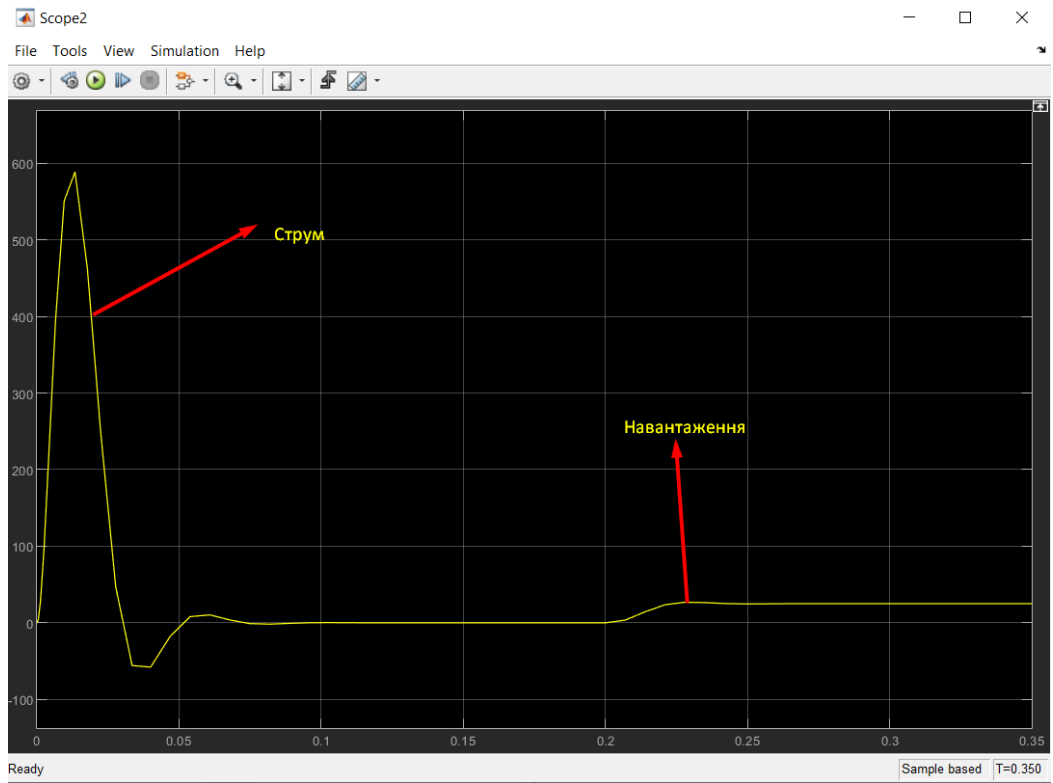


Рисунок 3.5.б – Зміна струму при подачі керуючого і обурюючого впливів

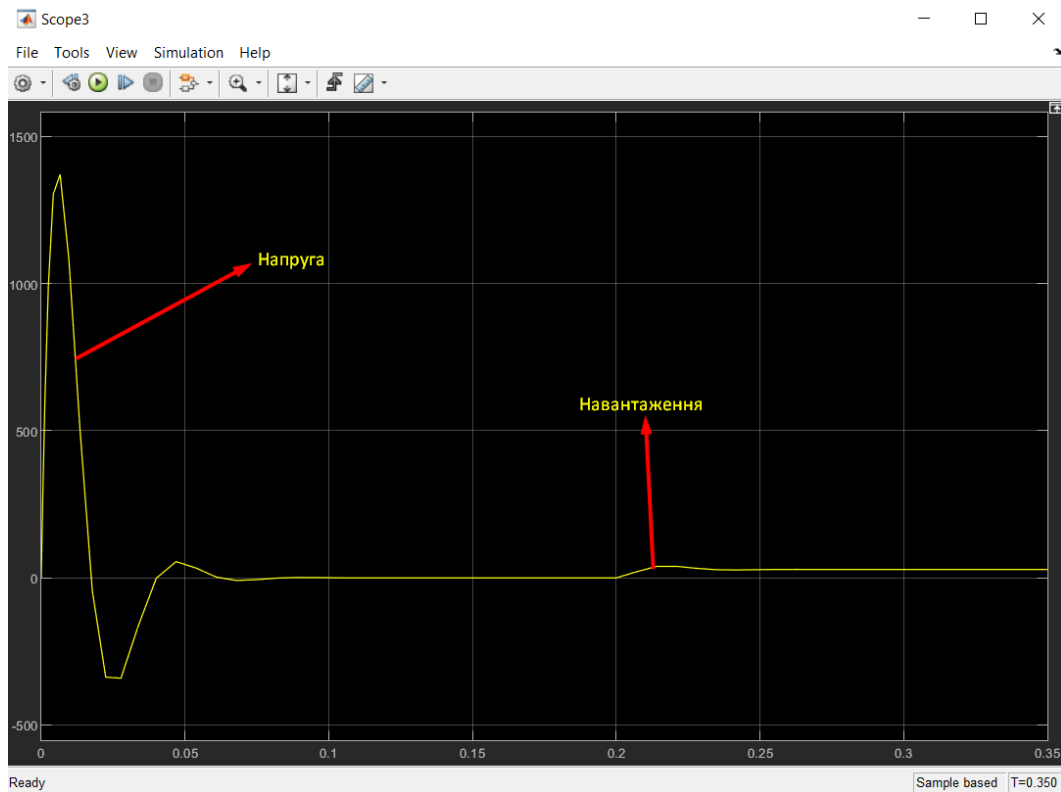


Рисунок 3.5.в – Зміна напруги при подачі керуючого і обурюючого впливів

На Рис. 3.6 представлена та ж система регулювання, але в контурі швидкості застосований ПІ-регулятор.

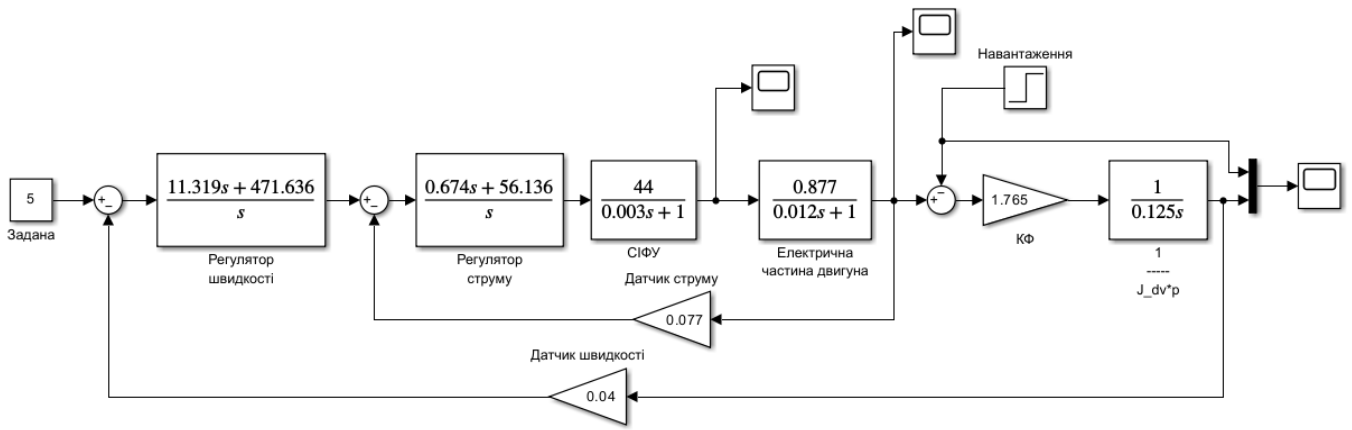


Рисунок 3.6 – Двоконтурна система регулювання з ПІ-регулятором швидкості

Як і слід було очікувати, перерегулювання зросло до 53,5%. А статична помилка по обуренню стала дорівнює нулю (Рис. 3.7.а). Система з ПІ-регулятором швидкості розглядається як лінійна: в ній не враховано ефект насичення. Тому зауваження, висловлені раніше щодо струму і напруги, відносяться і до даної системи.

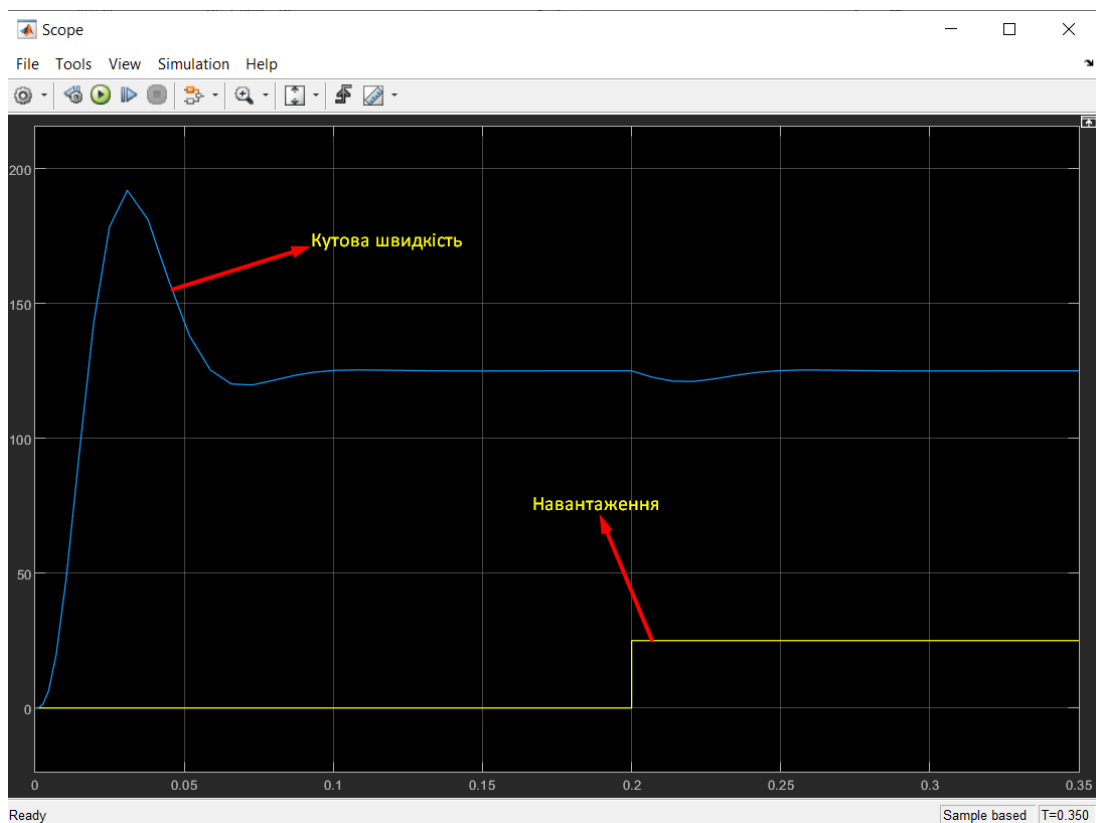


Рисунок 3.7.а – Зміна кутової швидкості при подачі керуючого і обурюючого впливів

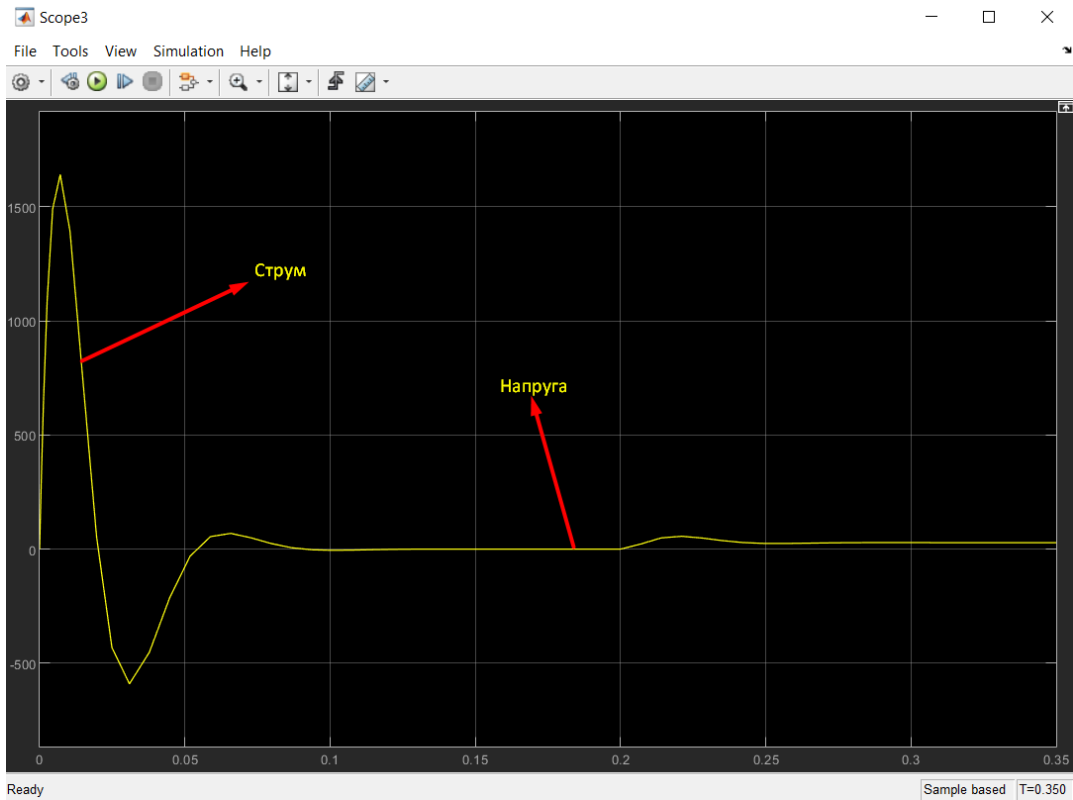


Рисунок 3.7.б – Зміна струму при подачі керуючого і обурюючого впливів

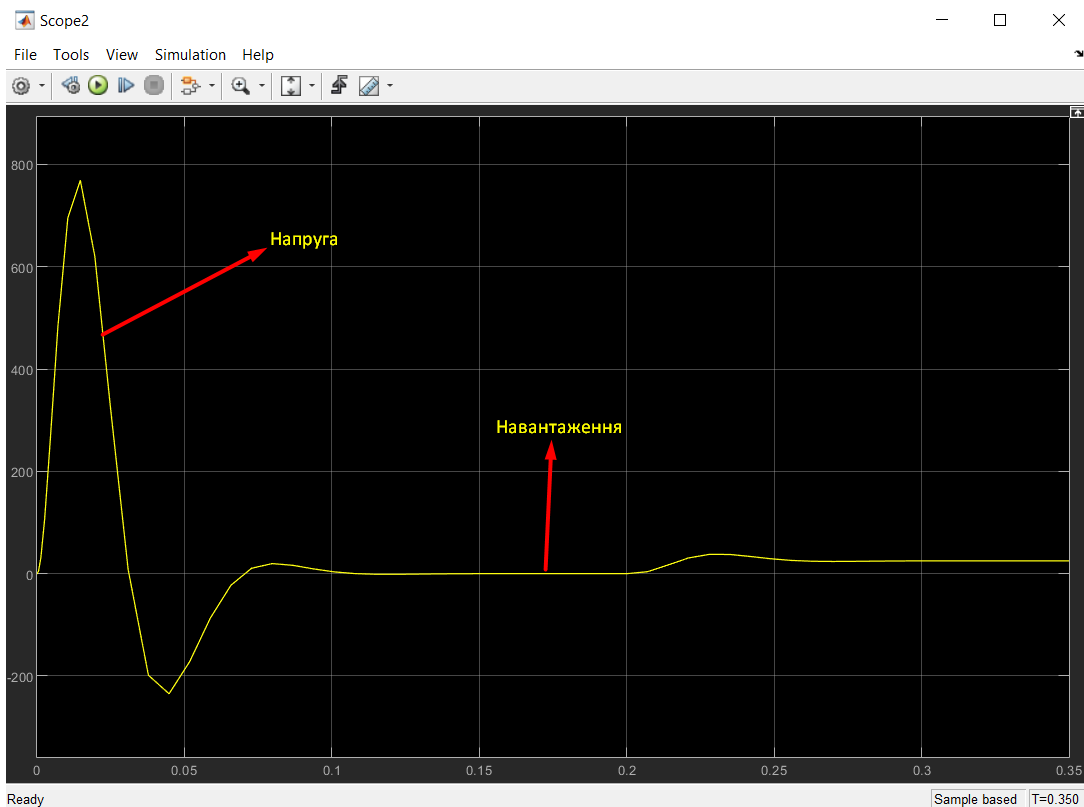


Рисунок 3.7.в – Зміна напруги перетворювача при подачі керуючого і обурюючого впливів

Для зменшення перерегулювання на вході регулятора швидкості ставиться фільтр (аперіодична ланка) з постійною часу  $4T_{\mu C}$  (Рис. 3.8).



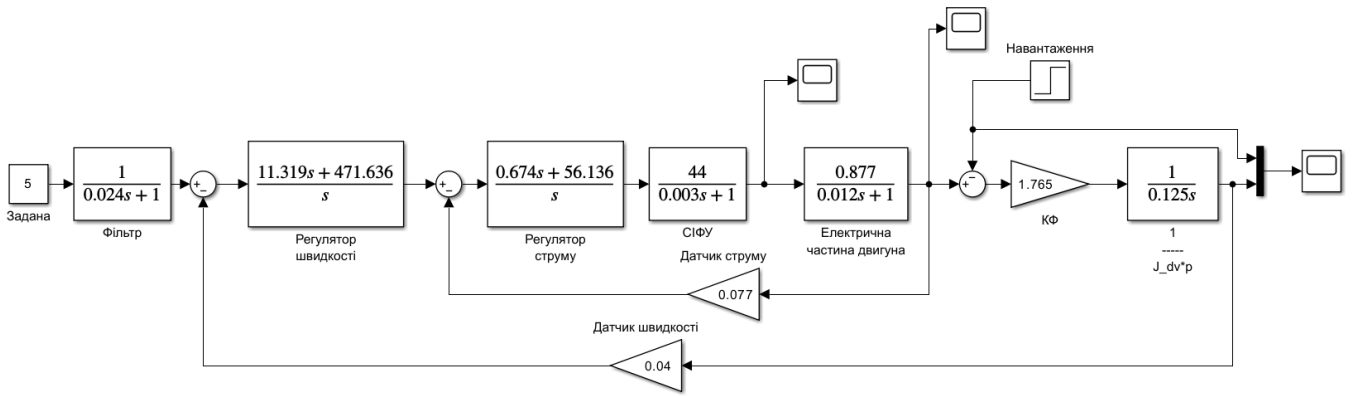


Рисунок 3.8 – Структурна схема двоконтурної системи з фільтром в каналі задання

Передавальна функція замкнутого оптимізованого контура швидкості з пропорційно-інтегральним регулятором і при наявності фільтра має вигляд:

$$W_{зш}(p) = \frac{1/K_{дш}}{4T_{\mu c} p + 1} \quad (3.17)$$

Прийнявши, що  $T'_{\mu п} = 4T_{\mu c} + T_{дп}$ , отримуємо аналогічну з Рис. 3.3 структурну схему контуру положення, де замість постійної  $T_{\mu п}$  використовується постійна часу  $T'_{\mu п}$ .

Параметри регулятора положення визначаються відповідно до виразом:

$$W'_{рп}(p) = \frac{K_{дш}}{2K_{дп}T'_{\mu п}} = \frac{K_{дш}}{2K_{дп}(4T_{\mu c} + T_{дп})} = \frac{K_{дш}}{2K_{дп}(4[2(T_{\mu} + T_{дс}) + T_{дш}] + T_{дп})} \quad (3.18)$$

Перехідні характеристики з управління і обуренню двуконтурної системи з ПІ-регулятором швидкості і фільтром в каналі завдання швидкості представлені на Рис. 3.9.

З Рис. 3.9.а слідує, що система зберегла астатизм по обуренню, а тривалість перехідного процесу по управлінню збільшилася при одночасному зменшенні перерегулювання. Слід зазначити, що динамічні характеристики (Рис. 3.5, Рис. 3.7, Рис. 3.9) визначені для лінійних систем, в яких не враховані нелінійні ділянки характеристик, пов'язані з насиченням. В реальних системах всі вихідні координати обмежені по величині. Розглянемо роботу регулятора з урахуванням насичення (Рис. 3.10).

ПІ-регулятор, реалізований в пакеті MatLab, складається з блоку Saturation, який обмежує величину на виході регулятора так, що завдання на перетворювач (СІФУ) не перевищить  $\pm 10V$ . Крім того, інтегратор, через нелінійний елемент (блок Look-Up Table) і перемикач (Switch), охоплений зворотним зв'язком, що встановлює вхідний сигнал інтегратора в нуль, при досягненні вихідним сигналом регулятора рівня насичення. [17]

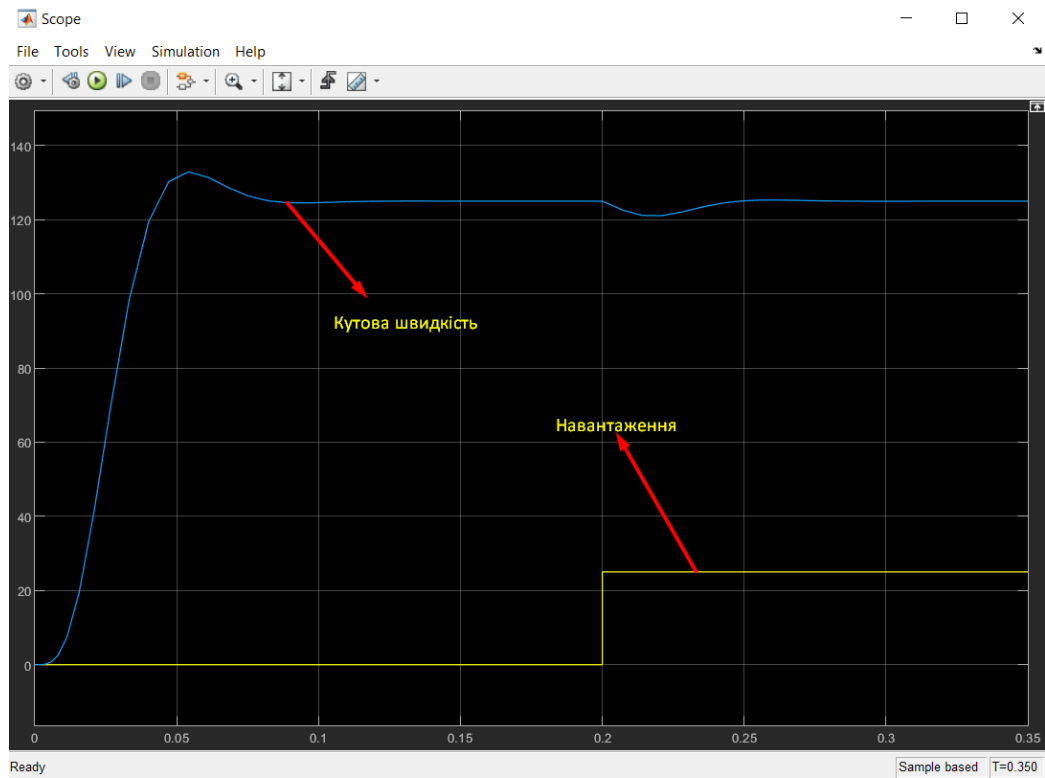


Рисунок 3.9.а – Зміна кутової швидкості при подачі керуючого і обурюючого впливів з фільтром в каналі завдання швидкості

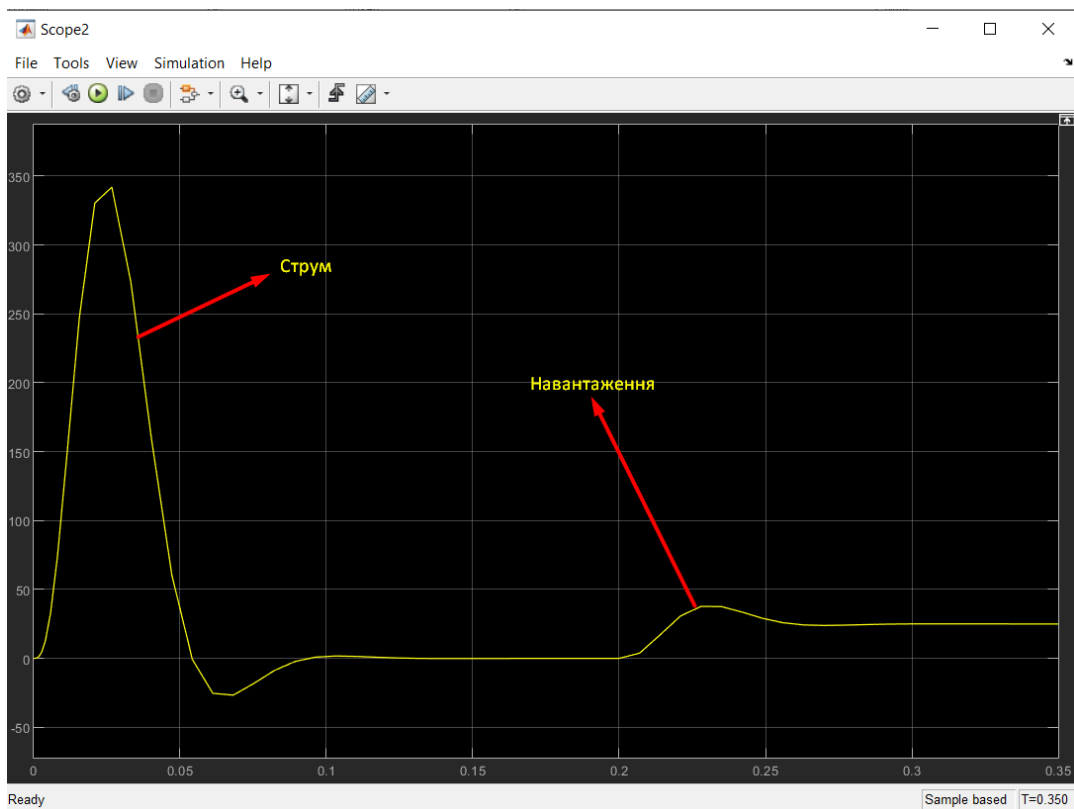


Рисунок 3.9.б – Зміна струму двигуна при подачі керуючого і обурюючого впливів з фільтром в каналі завдання швидкості

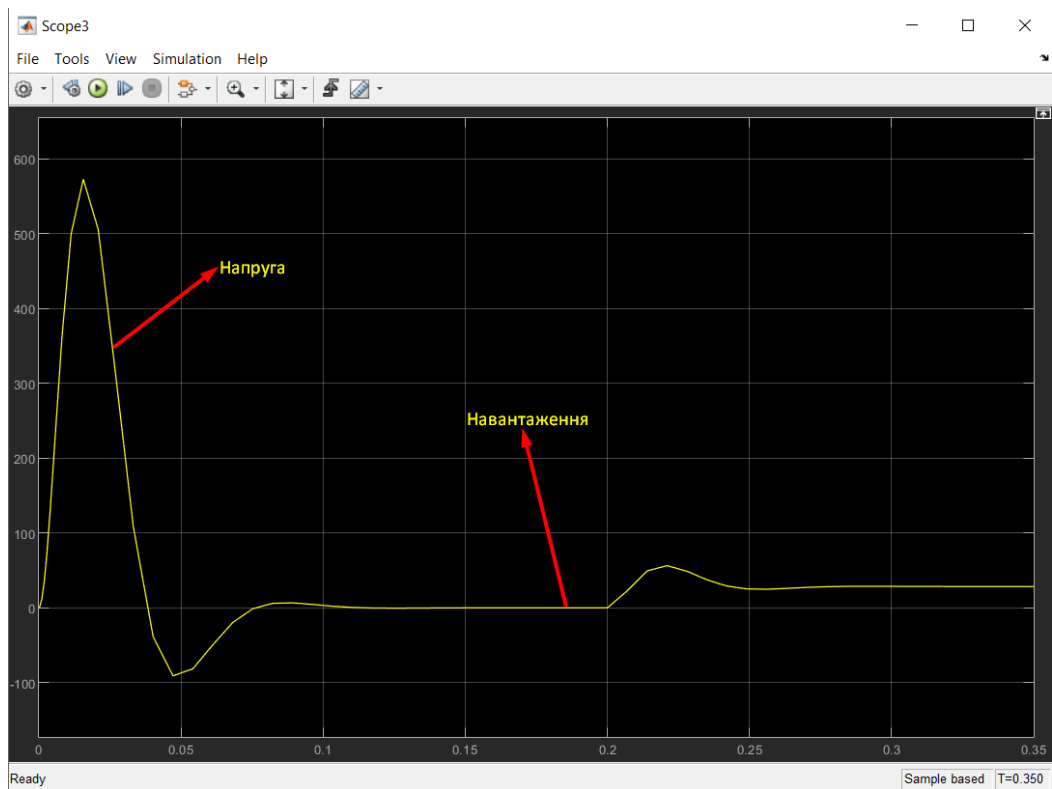


Рисунок 3.9.в – Зміна напруги перетворювача при подачі керуючого і обурюючого впливів з фільтром в каналі завдання швидкості

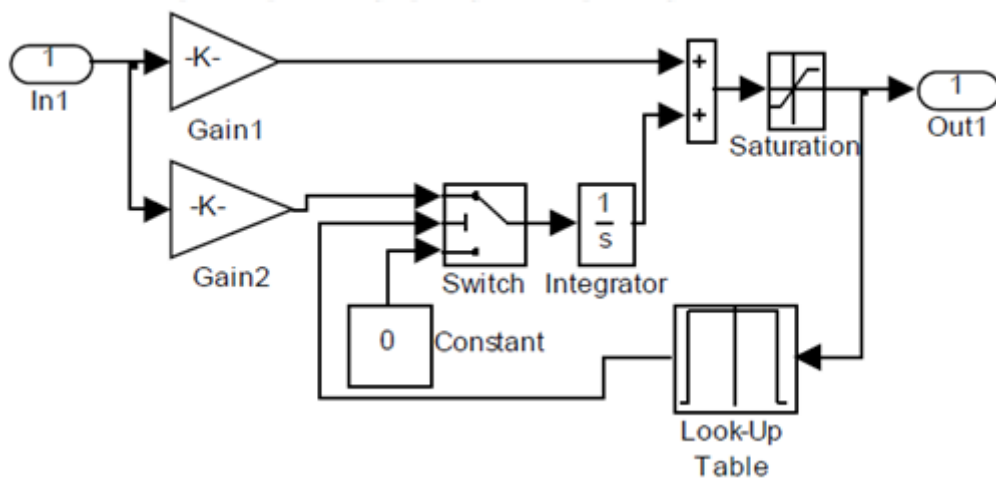


Рисунок 3.10 – Принципова схема реального ПІ-регулятора MatLab

На Рис. 3.11 наведена триконтурна система регулювання без обліку нелінійних блоків з П-регулятором швидкості і ПІ регулятором струму, а на Рис. 3.12 наведена та ж система, але застосований ПІ-регулятор швидкості.

Нижче наведені криві перехідних процесів (переміщення (Рис. 3.12.а), струму (Рис. 3.13.б), і напруги перетворювача (Рис. 3.12.в)), трьохконтурних систем для різних регуляторів швидкості. Порівняння осцилограмм, що характеризують переміщення, показує, що з ПІ-регулятором швидкості завдання на переміщення відпрацьовується без статичної помилки. У той же час в

перехідних процесах ток і напруга не обмежені реальними характеристиками і досягають у допустимих допустимих в реальних системах.

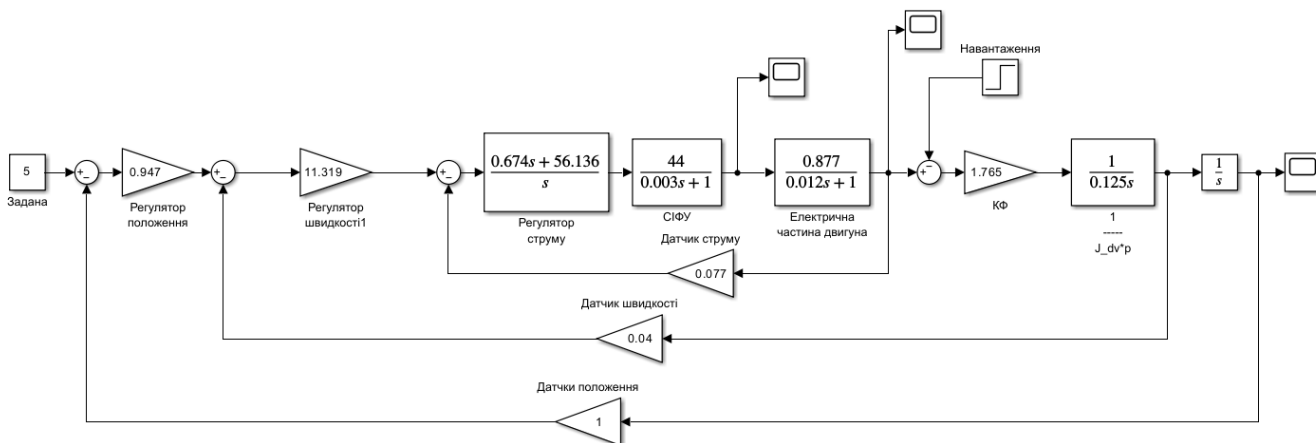


Рисунок 3.11 – Трьохконтурна система регулювання (з П-регулятором швидкості) без врахування обмежень на виходах регуляторів

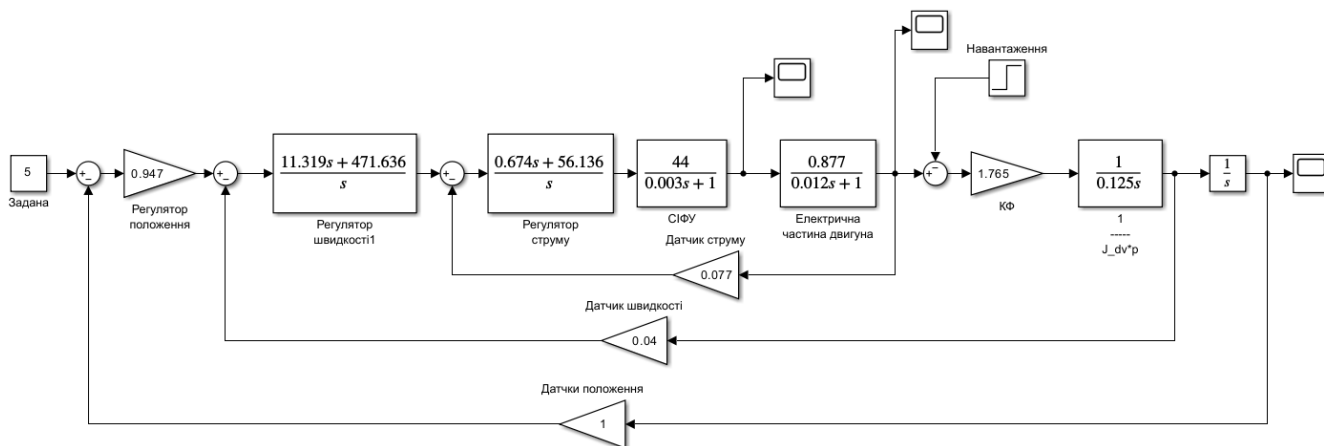


Рисунок 3.12 – Трьохконтурна система регулювання (з ПІ-регулятором швидкості) без врахування обмежень на виходах регуляторів

Доцільно зазначити, що системи регулювання з урахуванням обмежень є нелінійними. Тому їх характеристики, зокрема відпрацювання переміщення, залежить від величини завдання. Наприклад, досліджувана система відпрацьовувала переміщення ( $U_{вх} = 5$ ) без перерегулювання. При збільшенні завдання ( $U_{вх} = 10$ ) в системі з'явиться перерегулювання.

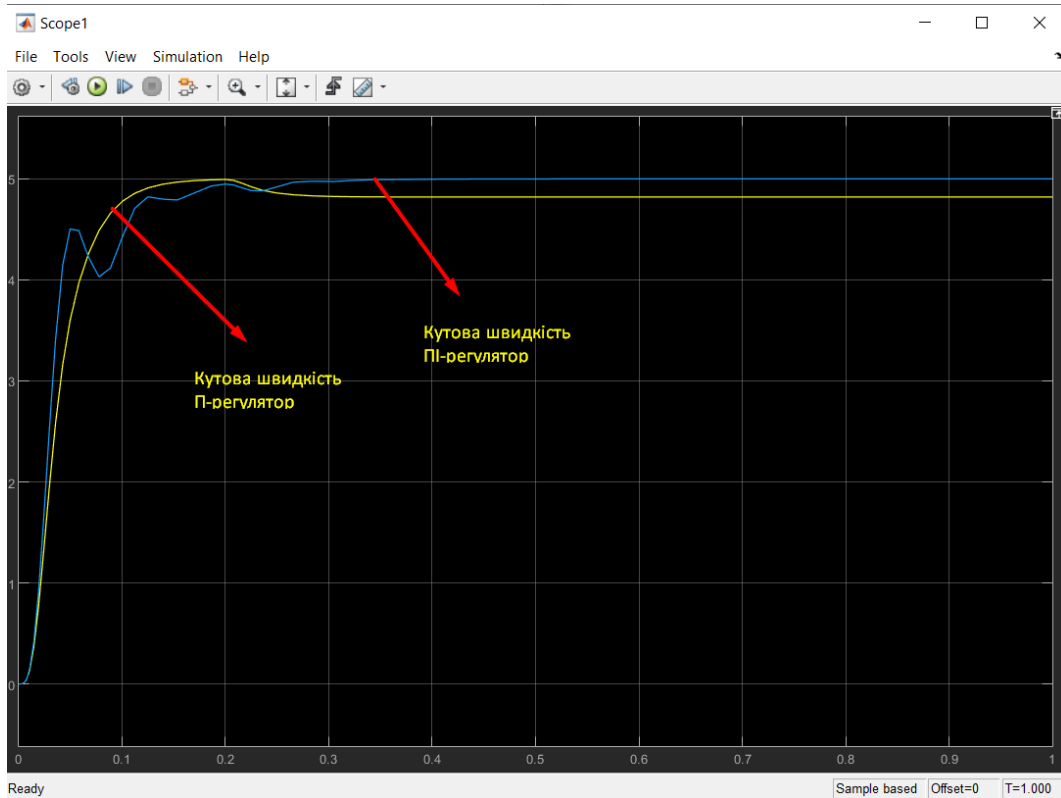


Рисунок 3.13.а – Відпрацювання переміщення трьохконтурної системи з П і ПІ регуляторами швидкості

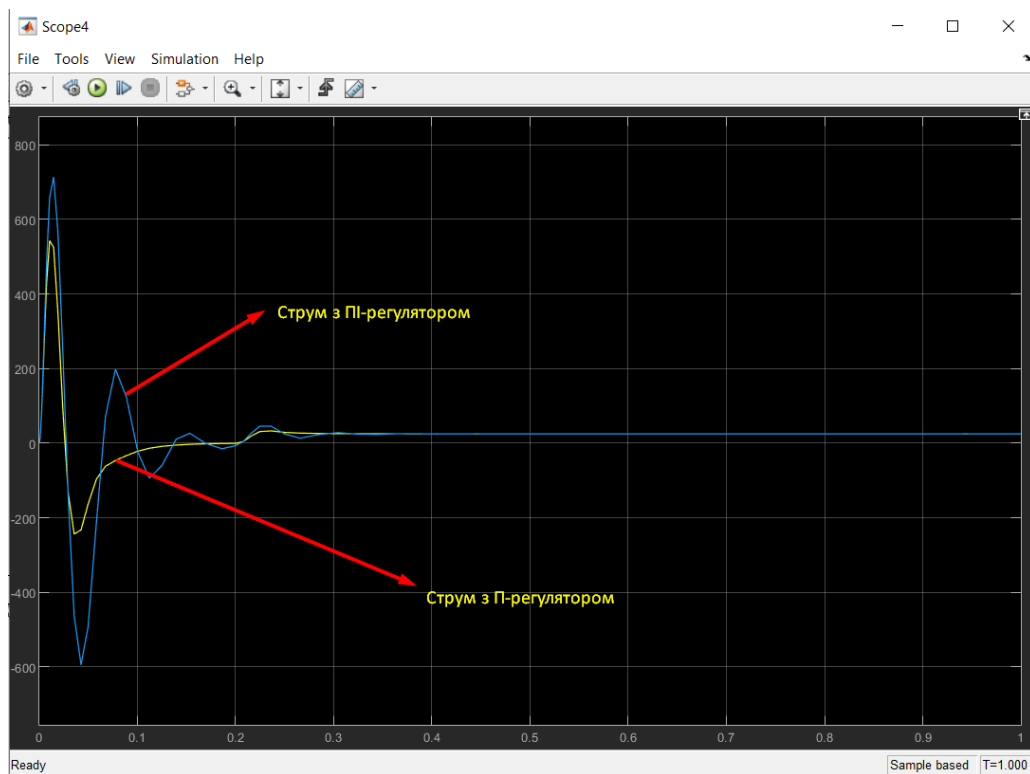


Рисунок 3.13.б - Осцилограми струму трьохконтурної системи з П і ПІ регуляторами швидкості

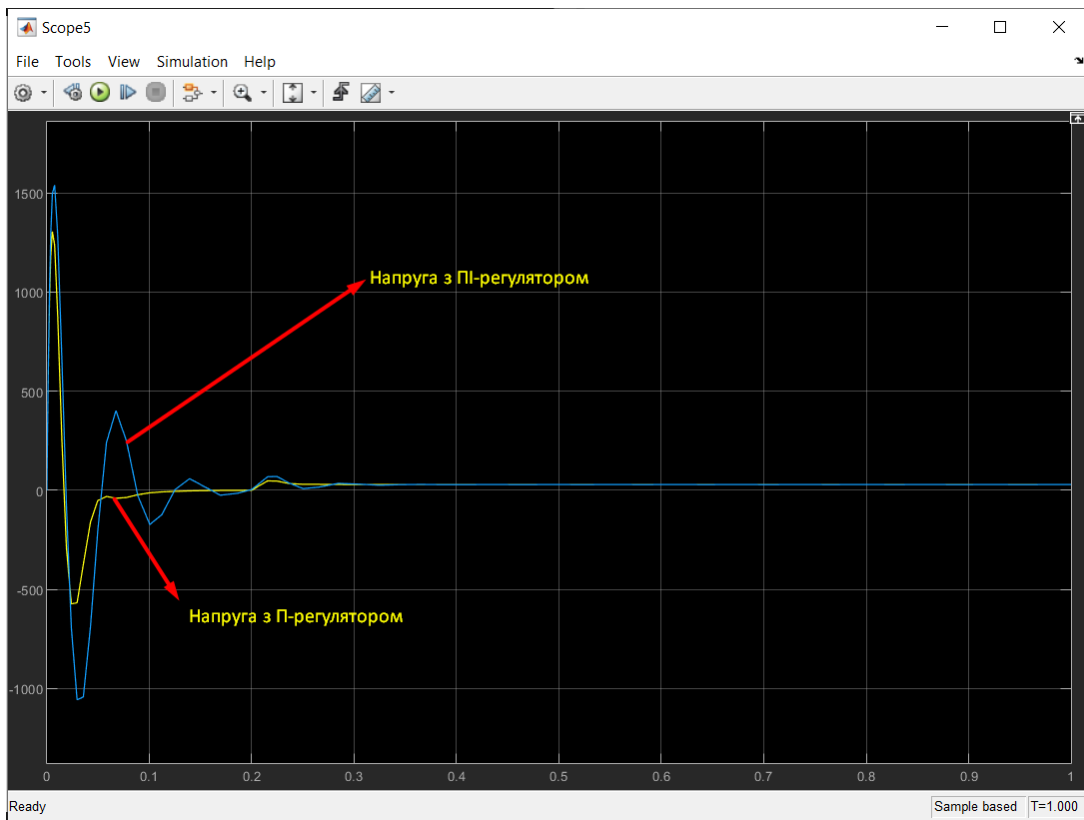


Рисунок 3.13.в – Осцилограми напруги в трехконтурной системе з П і ПІ регуляторами швидкості

Висновки: мною була розроблена математична модель стежачої системи в режимі малих переміщень для оптимізування процесу функціонування металообробного верстату по моїй темі проекту. Були проведені певні розрахунки та побудови в Матлабі з порівняннями П і ПІ-регуляторів, щоб прийти до оптимального варіанту модернізації системи на базі розробки регулятора для двигуна.

## РОЗДІЛ 4. ОПИС РОЗРОБЛЕНОГО ПЗ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЦІЛЕЙ РОБОТИ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

### 4.1. Опис продукту

Керуюча програма STYLE базується на ПК (персональний комп'ютер). Майже всі функції (за винятком ручного маховика і пускової кнопки) запускаються з клавіатури. Імпортовані дані будуть виводитися на дисплей. Запрограмовані файли обробки деталей можна зберігати для подальшого використання на жорсткому диску або дискеті. Керуючі файли STYLE можна переносити з машини на настільний ПК за допомогою USB накопичувача.

#### 4.1.1. Екран

Програма спілкується з користувачем за допомогою діалогових вікон. Крім того, на екрані може бути показана оброблювана деталь. Всі необхідні функції і дані виводяться на екран.

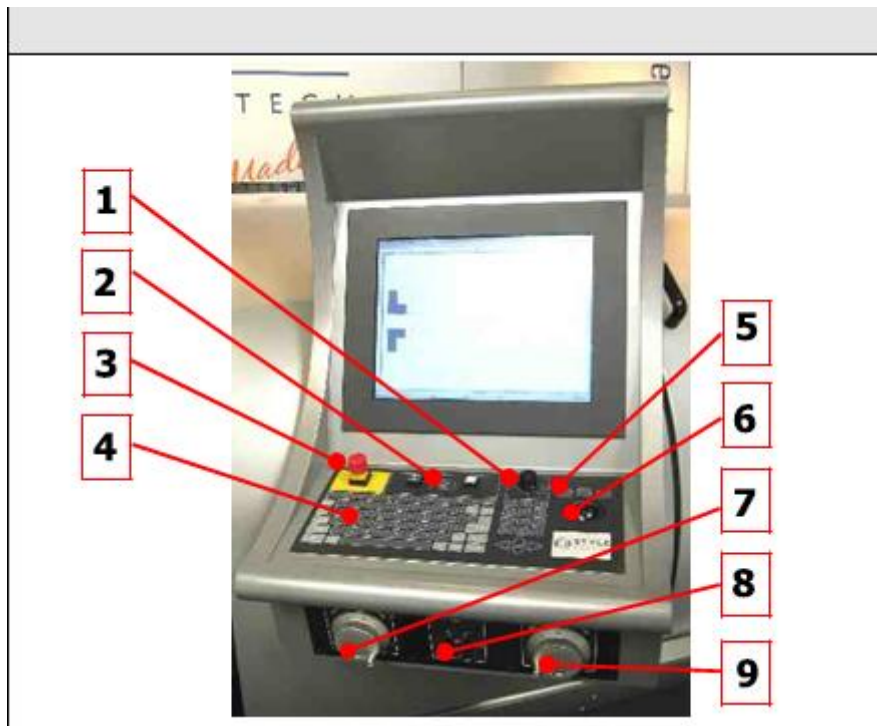


Рисунок 4.1 – Вигляд екрана

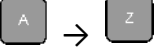
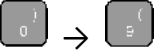
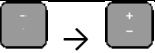




1. Потенціометр.
2. Кнопки вмикання/вимикання управління верстатом.
3. Аварійна зупинка.
4. Клавіатура.
5. Кнопки миші.
6. Кульовий маніпулятор управління курсором.
7. Ручний маховик вісі X.
8. Вимикач.

## 9. Ручний маховик вісі Y.

### 4.1.2. Клавіатура














Клавіатура використовується для управління станком. Вона складається з наступних частин: стандартна клавіатура, кнопки з цифрами, кнопки зі стрілками, перемикач Увімк./Вимк., кнопка швидкості подачі, кнопки мишки і кульовий маніпулятор управління курсором.

Таблиця 4.1 – Функціональні призначення кнопок клавіатури[18]


Кнопка	Функція	Додаткові функції
	Кнопки для набору тексту	
	Кнопки з цифрами. Наприклад, для наступного символу «)» натиснути shift+0	
	Спеціальні значки та кнопки арифметичних дій. Наприклад, для наступного символу «~» натиснути shift +	+ = додатне значення - = від'ємне значення
	Функціональні кнопки. Опис функцій в різних програмах дивитися відповідний опис меню	F1=інформація F2= F3= F4+ALT=вихід F5= F6=
	Функціональна кнопка	F12= старт
	Клавіша пропуску	Вставити пропуск Введення Плавна зупинка
	Кнопки зі стрілками: переміщення курсору в сторону стрілки	Переміщення таблиці в напрямку стрілки



Продовження таблиці 4.1

 , 	PAGE UP: переміщення курсору на одну сторінку вгору  PAGE DOWN: переміщення курсору на одну сторінку вниз	
	Спеціальні кнопки	SHIFT+Tab: переміщення в попереднє поле
	Спеціальні кнопки	CTRL+C: скопіювати обраний елемент в буфер
	Друкування тільки прописними буквами	
	Спеціальні кнопки	ALT+F4: закрити програму
	Скасування	Покинути поточне діалогове вікно (тільки в деяких випадках)
	TAB: переміщення в наступне поле	SHIFT+Tab: переміщення в попереднє поле
	DEL: видалити символ або обраний елемент	
	INS: вставити символ (або обраний елемент) в те місце, де встановлений курсор	
	Backspace: видалення символу або обраного елементу вліво	
 , 	HOME: переміщення курсору на початок речення  END: переміщення курсору в кінець речення	

## Продовження таблиці 4.1

	Прийняти імпортовані значення або підтвердити	
---	---	--

Кнопка аварійної зупинки використовується тільки при виникненні небезпечної ситуації. При її натисканні всі рухомі частини верстата (шпindel, осі, пристрій зміни інструменту і т. д.) негайно зупиняться. Після натискання кнопки аварійної зупинки система переходить в меню вихідних даних, щоб можна було знову працювати.

Кнопки увімкнення/вимикання використовуються для включення або виключення блоку управління. Подача харчування до верстата здійснюється натисканням головного вимикача на задній стороні верстата. Перед відключенням блоку управління всі програми повинні бути закриті! Після виключення верстата почекати хоча б 15 секунд перед тим, як включити верстат знову.

Кнопка швидкості подачі використовується для регулювання швидкості подачі під час роботи. Якщо кнопка буде встановлена на 100%, то фактична швидкість подачі буде дорівнює запрограмованої швидкості подачі. Ця кнопка також може використовуватися для регулювання швидкості обертання шпинделя вручну.

## 4.2. ОС Windows

### 4.2.1. Використання мишки

Мишка (кульовий маніпулятор) і кнопки мишки (ліва, середня і права) використовуються для переміщення по програмам, вказівки і вибору опцій меню. Курсор мишки можна переміщати по екрану обертанням кульового маніпулятора. Курсор мишки може приймати форму пісочного годинника, якщо система зайнята обчисленням. При появі пісочного годинника неможливі ніякі операції за допомогою мишки (необхідно дочекатися зникнення пісочного годинника). Опції, зазначені курсором мишки, можна вибрати, клацнувши по ним лівою кнопкою мишки. У більшості випадків робиться одне клацання мишкою, але іноді потрібно подвійне клацання. Якщо треба двічі клацнути лівою кнопкою мишки, то це треба виконати дуже швидко! В окремих випадках програма використовує праву кнопку мишки.

### 4.2.2. Діалогові вікна

Операційна система Windows спілкується з користувачем за допомогою діалогових вікон.

Для імпортування текстів використовуються текстові вікна. Встановити курсор мишки на текстове вікно і клацнути лівою кнопкою. Також можна переміщатися по текстовим вікнам за допомогою кнопки TAB. При натисканні SHIFT + TAB відбувається рух назад.

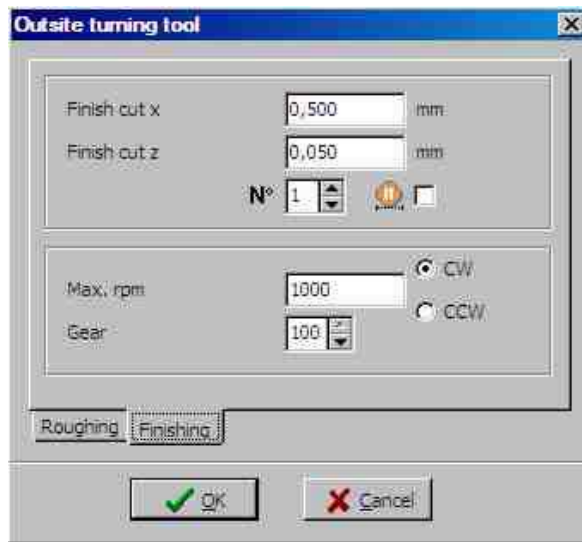


Рисунок 4.2 – Типовий приклад діалогового вікна

### 4.2.3. Текстові вікна

У текстове вікно можна ввести текст або якусь значення.



Рисунок 4.3 – Приклад текстового поля

У програмному забезпеченні STYLE текстові вікна іноді володіють додатковою функціональністю, і тому в них можна вводити цілі формули.

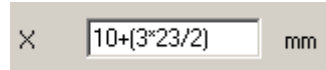


Рисунок 4.4 – Поле з формулою

Якщо у формулі є помилка, то з'являється таке діалогове вікно. Колонка, в якій є помилка, виділяється червоним кольором.



Рисунок 4.5 – Поле з помилкою

У цій формулі відсутня дужка в кінці:

Формули можуть містити деякі знаки операцій.



Рисунок 4.6 – Повідомлення про помилку

Таблиця 4.2 – Знаки операцій в формулах

Знак операції	Функція
(<формула>)	Відрізок всередині дужок буде розраховуватися в першу чергу
*	Множення
/	Ділення
+	Додавання
-	Віднімання

Формули в текстовому вікні розраховуються за стандартними математичними правилами.

#### 4.2.4. Осередки вибору

Осередки вибору використовуються для вибору параметрів зі списку.

Для різних дій використовуються кнопки. Частіше за інших використовуються кнопки ОК і Cancel. Кнопка ОК використовується для прийому імпортованих параметрів. Кнопка Cancel використовується для ігнорування імпортованих параметрів і повернення до попереднього вигляду. Іншими кнопками включають підпрограми або інші діалоги. Для включення кнопки необхідно клацнути лівою кнопкою мишки.

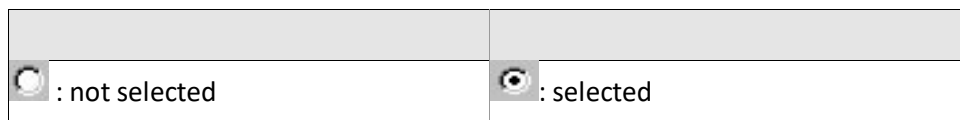


Рисунок 4.7 – Приклад включення кнопки

#### 4.2.5. Осередки для позначки галочкою

Осередки для позначки галочкою використовуються для вибору/скасування деяких функцій.

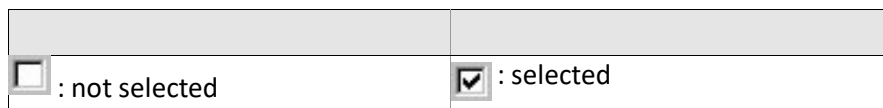


Рисунок 4.8 – Приклад осередків для позначки галочкою

#### 4.2.6. Маркери меню

В системі управління використовуються маркери меню.

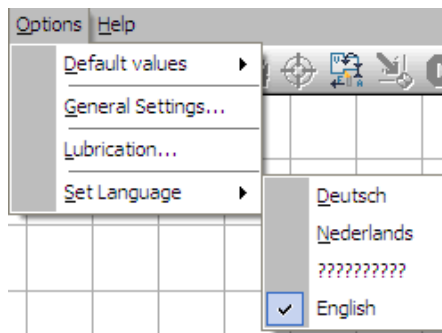


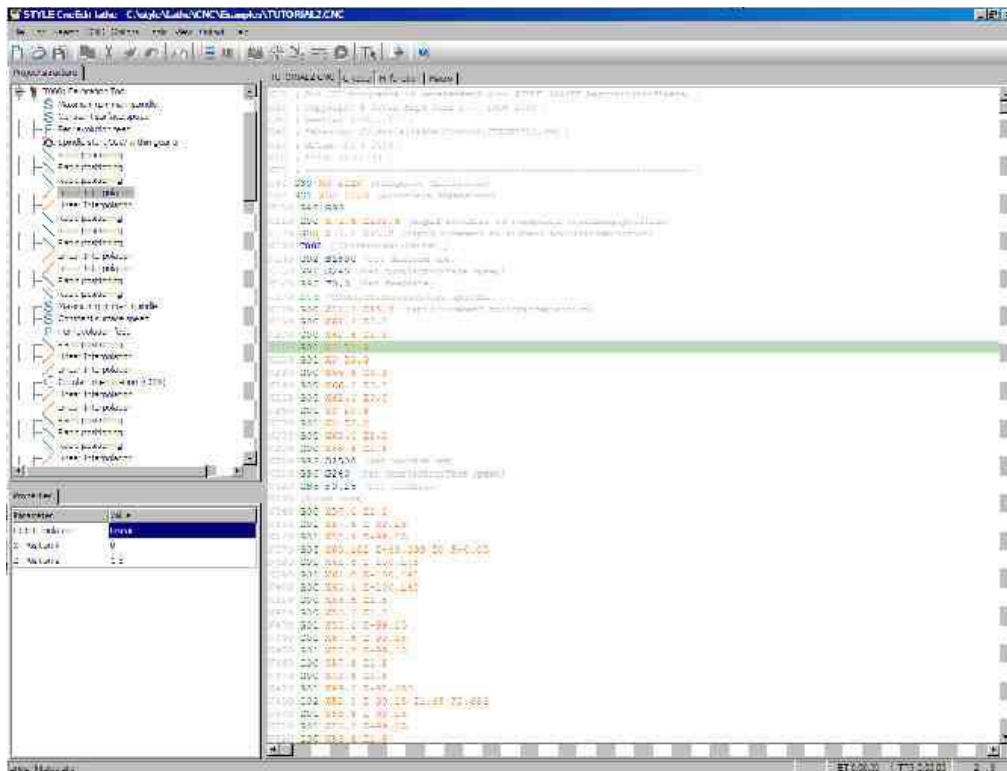
Рисунок 4.9 – Маркери меню

### 4.3. Інтерфейс користувача

Редактор ЧПУ – це спеціальний редактор для програмування G і M-кодів (коди DIN/ISO). Тут можна перетворювати малюнки, створені в програмі малювання, в G-коди і оптимізувати їх в редакторі ЧПУ. У редакторі також можна писати цілі програми коду ISO. Але зворотне перетворення (з коду ISO в малюнок) неможливо.[19]

#### 4.3.1. Екран редагування ЧПУ

Після запуску редактора ЧПУ на екрані з'являється програма редагування з відкритим останнім файлом. Панель меню (з усіма наявними командами і опціями) розташована в верхній частині екрану. Вище панелі меню знаходиться рядок заголовка файлу. Коли відкривається новий файл, в рядку заголовка файлу написано "CNC-Edit – Untitled". Під панеллю меню знаходиться панель інструментів з кнопками і іконками найбільш часто використовуваних команд. При наведенні курсора мишки на іконку внизу екрану з'являється опис функції іконки.



Таблиця 4.3 – Частина екрана

Розділ	Функція
Рядок заголовка	Показує ім'я програми і ім'я файлу
Панель меню	Містить команди і опції
Панель інструментів	Містить кнопки команд меню
Менеджер програми	Показує дані програми
Редактор	Текстовий процесор
Рядок стану	Показує опис програм

### 4.3.2. Панель інструментів











На панелі інструментів знаходяться кнопки, що полегшують виконання найбільш часто використовуваних програм. Панель можна приховати, прибравши «галочку» з "View → Toolbar".








Рисунок 4.11 – Панель інструментів

Нижче показані шістнадцять кнопок панелі інструментів з описом їх функцій.

Таблиця 4.4 – Кнопки панелі інструментів

	Створити новий файл
	Відкрити існуючий файл
	Зберегти файл
	Копіювати виділений текст в буфер обміну
	Вирізати вибраний текст із файлу і скопіювати в буфер обміну
	Вставити текст з буфера обміну
	Скасувати останні зміни
	Знайти текст
	Автоматична перенумерація ліній
	Розташувати G-коди і параметри в колонки

	Ручне керування
	Встановити положення інструменту
	Повернення осей YX в початкове положення
	Почати моделювання
	Запустити верстат
	Бібліотека інструментів
	Вийти з програми і повернутися в Winshell
	Відкрити програму допомоги

### 4.3.3. Менеджер програми

Менеджер програми складається з двох частин і містить список іконок з описом всіх G/M-кодів. Його функція – полегшити читання програми. Поле структури і текстовий процесор пов'язані один з одним, за допомогою їх обох можна переглянути програму шляхом прокрутки. Інформаційне поле показує значення параметра G-коду і важливу інформацію про інструмент.

Менеджер програми можна відключити за допомогою меню видів. Це легко робиться у великій програмі, так як створення списку займає час.

### 4.3.4. Текстовий редактор

Текстовий редактор має чотири або більше відгалужень. Перше з них містить програму ЧПУ. Решта містять список G-кодів, M-кодів і функції макросу. Список пристрою може використовуватися для пошуку коду функції. Після моделювання з'являється нове відгалуження з виробничим часом. Функція допомоги також з'являється в відгалуженні.

### 4.3.5. Рядок стану

Рядок стану містить інформацію про стан клавіатури і виробничий час. При наведенні курсора мишки показується опис пунктів меню і кнопок. Рядок стану з'являється при виборі пункту меню "Options → Status bar", в інших випадках вона прихована.

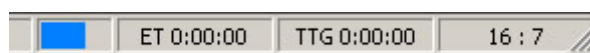



Рисунок 4.12 – Рядок стану

Стан клавіатури показано внизу екрану між виробничим часом і розміром решітки.

Таблиця 4.5 – Стан клавіатури

Розділ	Опис
Текст	Опис обраного порядку або значення G/M-коду
	Збереження або завантаження програми
ET 0:00:00	Показує час виробництва від останньої зробленої деталі
TTG 0:00:00	Показує час, що залишився виробництва
16:7	Показує стан курсору

#### 4.3.6. Структура меню редактора

Рисунок показує всі наявні пункти меню програми редагування, які можна вибрати, встановивши курсор мишки на них і клацнувши лівою кнопкою. Якщо клацнути за межами меню, то воно зникне.

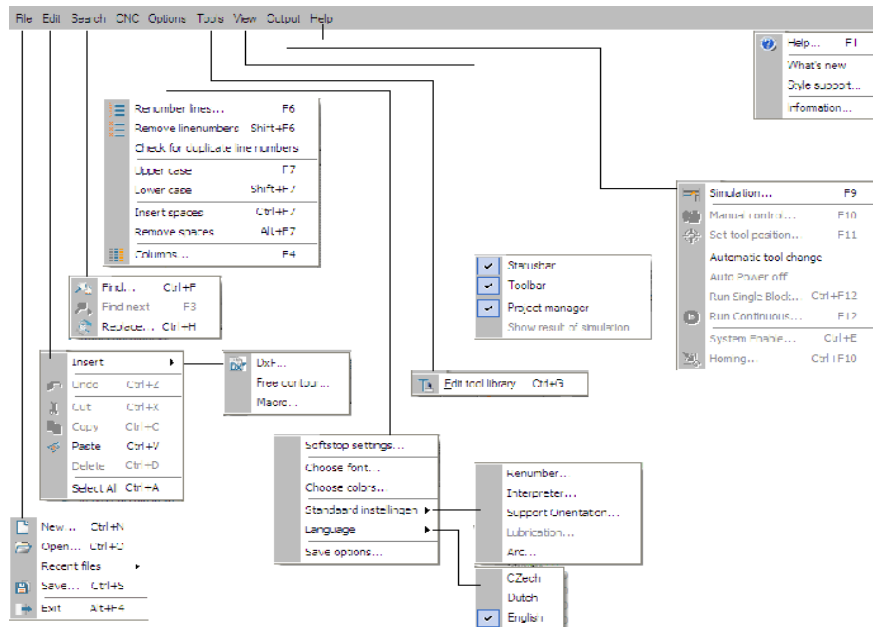


Рисунок 4.13 – Меню програми редагування

Меню "File" дає доступ до відкриття і збереження файлів. Щоб повторно відкрити попередній файл треба просто клацнути відповідний номер.

Всі загальні функції редактора знаходяться в меню "Edit".

Функції пошуку і заміни знаходяться в меню "Search".

Спеціальні функції кодів ISO в редакторі є в меню "CNC".

У меню "Options" можна змінювати установки за замовчуванням.

Меню "Tools" дає доступ до установок зміни інструменту і бібліотеці інструментів.

У меню "View" є опції візуалізації.



Виконання та моделювання програми включено в меню "Output".

Вибрати меню "Info", щоб побачити версію встановленого програмного забезпечення.

Висновки: я привів загальний вигляд як виглядає програмне забезпечення на цьому металообробному верстаті, що за що відповідає і як взагалі це працює, як програмується та керується за допомогою операторської панелі.

## РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Загальні положення

Безпечна робота на верстаті в значній мірі залежить від заходів безпеки, вжитих перед початком роботи. Токарний верстат STYLE розроблений і створений відповідно європейським стандартам.

До токарних робіт допускаються повнолітні особи, які вивчили необхідні інструкції та отримали інструктажі: вступний і на робочому місці. Токар повинен бути забезпечений спецодягом: халатом або костюмом, черевиками, окулярами. Працівник повинен виконувати тільки ті завдання, які були доручені майстром. Роботи проводити в чистій відремонтованій спецодязі на справних верстатах, до яких є допуск. На робочому місці повинна бути чистота і порядок.

Забороняється захарашувати проходи. Прийом їжі, і куріння дозволяється в спеціально відведених місцях в певний час. Забороняється виконувати роботи під впливом препаратів, що знижують швидкість реакції (алкоголь, наркотики, ліки). Токар повинен дотримуватися правил особистої гігієни.

### 5.2. Шум

Токарні верстати STYLE CNC серії L-XXXL мають максимальний рівень шуму при повному навантаженні 80dB (A) (виміряно відповідно до стандарту 98/37/EG).

### 5.3. Встановлення та ремонт

Перед встановленням верстата звернути увагу на наступне:

- Передбачити достатньо місця і звільнити його від сторонніх предметів. Дивитися креслення верстата.

- При підйомі верстата (або його вузлів) керуватися відповідними правовими нормами. Після підйому деталей відразу ж встановити на надійну опору.

- Перед переміщенням верстата (або його вузлів) переконатися, що в зоні переміщення немає сторонніх предметів, людей і тварин. Всі механічні та електричні компоненти верстата захищені панелями, прикрученими болтами, або вимикачами з блокуванням. Після сервісного обслуговування закрити двері та люки.[20]

- Перед прибиранням і сервісним обслуговуванням верстата відключити головний вимикач.

- Максимальний електричний струм, що надходить до верстата, повинен бути захищений автоматичним плавким запобіжником. Заземлення повинно бути виконано відповідно до місцевих законів і положень. Перед виконанням робіт в електричній шафі завжди відключати електроживлення.

- Всі перевірки і технічне обслуговування, при яких потрібно зняття захисної огорожі, виконуються під повну відповідальність користувача. Ці роботи повинен виконувати уповноважений персонал.

- Перед початком роботи переконатися в цілісності і функціональності запобіжних пристроїв (загородження, покриття, кожухи, мікровимикачі і т.д.). При необхідності відремонтувати.

- Не знімати захисні пристрої.

- Щоб уникнути електричного шоку використовувати тільки приводний інструмент, заземлений відповідно до державних стандартів безпеки.

- Не заплигувати і не підійматися на працюючий верстат.

- Використовувати відповідні платформи або драбини для виконання ремонту або технічного обслуговування в тих місцях, до яких неможливо дістатись з підлоги.

- Користувач зобов'язаний підтримувати всі таблички технічних даних в читаному стані, періодично очищаючи їх і замінюючи при необхідності.

- Якщо це однозначно не вказано в інструкції, щоб уникнути захоплення рухомими частинами, не ремонтувати і не регулювати верстат (або його вузли) під час його роботи.

#### **5.4. Робота**

Перед початком роботи на верстаті необхідно прочитати і зрозуміти інструкцію STYLE Lathe і CNC Edit.

- Не працювати на верстаті, якщо не зрозумілі функції кнопок управління. При необхідності запитати кваліфікованого фахівця.

- Переконалися, що електрична шафа закрита і замкнена на два замки.

- Не залишати працюючий верстат без нагляду і не дозволяти некваліфікованим операторам працювати на ньому або виконувати його технічне обслуговування.

- Не розводити відкритий вогонь біля верстата.

- Не зупиняти рухомі деталі руками.

- Не поправляти деталі або отвори руками.

- Не залишати працюючий верстат без нагляду.

- Перед початком роботи на верстаті переконалися, що біля нього нікого немає.

- При роботі на верстаті завжди захищати очі і надягати захисні окуляри з бічними захисними щитками.

- При нормальній роботі майже неможливе захоплення рухомими частинами, але, тим не менш, завжди треба пам'ятати про небезпеку. При роботі на верстаті не надягати кільця, наручні годинники, ювелірні прикраси та одяг, що розвивається (краватки, шарфи, не застібнуті піджаки і т. д.), який може бути захоплений рухомими деталями.

- Щоб уникнути захоплення рухомими деталями підібрати розвиваюче волосся або надягати сітку для волосся (при необхідності). Носити нековзне взуття зі сталевими носками.

- Не працювати на верстаті в рукавицях, так як вони можуть бути захоплені рухомими деталями верстата.

- Перед початком роботи прибрати з верстата весь ремонтний інструмент.

- Не працювати на верстаті після прийняття алкоголю, деяких медичних препаратів або наркотиків.

- При роботі на верстаті захищати очі. Не застосовувати препарат стиснення повітря для видалення стружки, масла і МОР.

- Захищати руки. Необхідно переконатися в повній зупинці верстата і ЧПУ перед:

- Зміною інструменту.

- Зняттям деталей.

- Видаленням стружки, масла або МОР. Використовувати скребок або щітку.

- Регулюванням затискного патрона, заливанням МОР або вимірюванням деталей.

- Відкриттям двері або захисного кожуха патрона. Не намагатися дістати деталь при працюючому верстаті.

- Зупинити і відключити верстат від джерела живлення при заміні наступних деталей: ремені, шків, леввердж і інші рухомі деталі.[21]

- Не спиратися на працюючий верстат.

- Не допускати ковзання. Прибирати масло і сторонні предмети з робочої зони. Прибирати стружку, масло, МОР та інші предмети навколо верстата.

- Надійно затиснути оброблювану деталь в кулачках патрона.

- Користувач несе відповідальність за правильне введення параметрів швидкості різання, глибини різання, швидкості обертання шпинделя і т.д.

- Для токарних операцій використовувати відповідний інструмент.

- Уникати ризику пошкодження оброблюваної деталі і інструменту, не запустивши шпиндель під час торкання оброблюваної деталі інструментом.

- Не використовувати спрацьований або пошкоджений інструмент і ріжучі пластини. Перевіряти гостроту ріжучої кромки інструменту і надійність установки інструменту в тримачі.

- Виступ інструменту повинен бути якомога менше.

- Щоб уникнути ризику пожежі тримати займисті матеріали і рідини подалі від верстата і гарячої стружки. При обробці деяких матеріалів (магній і т. д.) утворюється легкозаймиста стружка. Перед різкою таких матеріалів пройти інструктаж у відповідальній особи.

- Змінювати швидкість обертання шпинделя тільки під час зупинки верстата. Не змінювати швидкість обробки під час роботи верстата.

- Не обертати шпиндель вручну, якщо не натиснута кнопка аварійної зупинки.

*Запобіжні пристрої.*

Для забезпечення безпеки оператора і верстата використовуються механічні і електричні запобіжні пристрої, які не можна ігнорувати або ламати.

#### *Кнопки аварійної зупинки.*

На верстаті встановлено дві кнопки аварійної зупинки. Одна з них знаходиться на панелі управління, а інша – на виході стружкоприбирального конвеєра. При натисканні однієї з них всі рухомі деталі зупиняються, і відбувається відключення від головного джерела живлення.

#### *Головний шпindel.*

Перед запуском головного шпинделя необхідно закрити захисний кожух патрона. Перед запуском верстата в автоматичному режимі запобіжний важіль двері повинен знаходитися на кріпильній скобі супорта, що контролюється мікровимикачами.

#### *Переміщення супорта.*

Переміщення супорта обмежується керуючої програмою. Рекомендується не допускати переміщення супорта в крайні положення.

#### *Дверний вимикач.*

Щоб уникнути захоплення рухомими частинами використовується запобіжний вимикач двері, розташований з правого боку лівих дверей. Якщо двері не закриті, то неможливо запустити головний шпindel в автоматичному режимі.

#### *Електрична шафа.*

Коли головний вимикач знаходиться в положенні "0-OFF", напруга до станка не подається. При проведенні робіт в електричній шафі цей вимикач повинен бути встановлений в положення "0-OFF", щоб можна було відкрити двері шафи. Також необхідно видалити електричні компоненти.

#### *Автоматичне змащення.*

Для вимірювання рівня масла в резервуарі насоса автоматичного змащення встановлено реле рівня. Якщо рівень масла дуже низький, на дисплеї екрану пульта управління з'являється попередження.

#### *Агрегат для охолодження трансмісійного масла.*

Трансмісійне масло циркулює всередині маслоохолоджувача, встановленого зовні. Поточна температура масла показується на дисплеї агрегату. При перегріві масла включається РТС охолоджуючого агрегату і з'являється попередження про перевантаження системи.

#### *Головний двигун вентилятора РТС*

РТС встановлений в вентиляторі головного двигуна. Коли температура досягне попередньо встановленого значення, включається РТС і з'являється попередження про перевантаження системи.

#### *Гальмівний резистор вентилятора РТС.*

РТС встановлений в вентиляторі гальмівного резистора. Коли температура досягне попередньо встановленого значення, включається РТС і з'являється попередження про перевантаження системи.

## 5.5. Вимоги до встановлення

Через конструкційні особливості верстата його не рекомендується використовувати в місцях, де утворюються електричні іскри або іскри металу.

- Температура навколишнього середовища повинна бути в межах  $5^{\circ}\text{C} - 30^{\circ}\text{C}$ .
- В навколишньому середовищі не має бути отруйних випарів, газів і солі.
- Не допускати надмірної вібрації фундаменту.
- Не допускати потрапляння на верстат прямих сонячних і теплових променів, які можуть

сильно змінити робочу температуру верстата.

- Максимальне відхилення номінальної частоти має бути в межах 1% від номінальної частоти.
- Максимальне відхилення номінальної напруги має бути в межах 1% від номінальної напруги.
- Ніколи не використовуйте верстат у вибухонебезпечних місцях.

Верстат повинен бути підключений до окремого джерела живлення 400 V. Користувач верстата несе відповідальність за приєднання до джерела живлення і установку відповідно до місцевих вимог і нормативних документів.

### *Фундамент.*

Через допустимі відхилення литих деталей верстата рекомендується вимірювати фактичні розміри верстата перед установкою. Проконсультуйтеся з фахівцями-будівельниками щодо розмірів і фундаменту верстата.

## 5.6. Підготовка до встановлення верстата

Вимоги до джерела живлення

- Верстату потрібен спеціальний перемикач джерела електроживлення 400 вольт. Користувач несе відповідальність за приєднання до джерела живлення та встановлення верстата відповідно до місцевих вимог і положень.[22]

- Верстат повинен бути підключений до контактної гнізда формату CEET 400VAC/3 фази/50 Гц. Верстат повинен бути заземлений відповідно до місцевих вимог і положень.

## 5.7. Стиснене повітря

Для руху задньої бабки і інших опцій потрібно стиснене повітря з мінімальним тиском 6 бар. Повітря подається з заднього боку станини верстата.



Рисунок 5.1 – Блок подачі стисненого повітря

### 5.8. Переміщення верстата

Токарний верстат можна переміщати краном або автотранспортом.

- Прибрати з верстата всі інструменти.
- Відключити верстат.
- Злити МОР.
- Відключити верстат від джерела електроживлення і подачі стисненого повітря.
- Закрити двері і люки, щоб вони не могла зрушити або відкритися

При підйомі і переміщенні верстата тримати його якомога ближче до землі.



Рисунок 5.2 – Переміщення верстата

### 5.9. Перевірка верстата перед пуском-налагодженням

Встановити верстат на ніжки (якщо поставляються з верстатом) або закріпити на фундаменті анкерними болтами.

Верстат повинен бути встановлений на міцному фундаменті і вирівняний відповідно до інструкції.

Для верстата повинно бути передбачено достатньо місця.

Перевірити, чи в потрібному напрямку обертається шпindelь.

Встановити патрон, інструментальний тримач і інструмент, керуючись інструкцією виробника патрона і інструменту.

Перевірити функціональність насоса для подачі МОР. З охолоджуючої труби МОР повинна надходити потужним потоком.

Перевірити функціональність масляного насоса. Масло має текти за верхнім оглядовим склом в передній частині корпусу коробки передач.

Перед роботою на верстаті необхідно прочитати і зрозуміти всі інструкції з техніки безпеки.

## 5.10. Встановлення патрона

Патрон встановлюється на шпindelі і фіксується кулачковим зажимом. При установці патрона переконатися, що всі деталі ретельно очищені.

При установці нового патрона може знадобитися відрегулювати штифти кулачкового затиску. Для цього зняти болти з шестигранною головкою і відрегулювати штифт кулачкового затиску таким чином, щоб канавка була на одному рівні із задньою частиною патрона (регулюється стопорним болтом), після чого встановити і затягнути болт.

Встановити патрон на шпindelі, встановити і затягнути 6 фіксаторів. Коли болти затягнуті, вказівна лінія на голівці болта повинна знаходитися знаками V на шпindelі. Якщо один з болтів знаходиться не на лінії, патрон слід зняти і встановити болти так, як показано на рисунку.

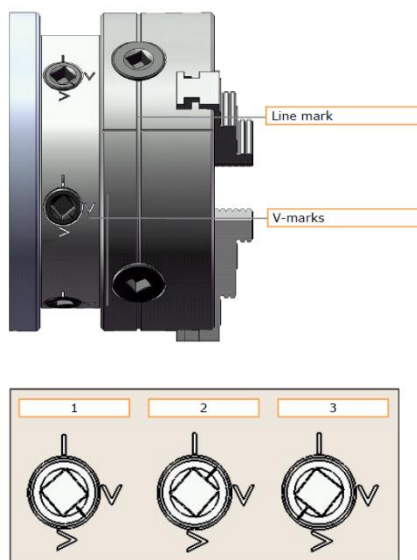


Рисунок 5.3 – Виїмка кулачкового затиску

1. Виїмка кулачкового затиску знаходиться між знаками V (відрегульовано правильно).
2. Виїмка кулачкового затиску знаходиться вище знаків V, повернути кулачок на один хід.
3. Виїмка кулачкового затиску знаходиться нижче знаків V, повернути кулачок на один хід.



На шпинделі і патроні ставиться відмітка для того, щоб правильно виставлений патрон знаходився в тому ж положенні, в якому він був відрегульований.

Висновки: цей пункт взятий з документації що до використання верстату на виробництві, яку я отримав на підприємстві де я проходив переддипломну практику. В ньому описані правила, яких потрібно дотримуватись, щоб не сталося ніяких аварій і нещасних випадків під час роботи оператора.

## ВИСНОВКИ

На підставі технічного завдання було виконано дослідження, аналіз і порівняння сучасного рівня автоматизації металообробних центрів і результатом цього було:

- Розроблено функціональну схему автоматизації, де розглянуто алгоритм управління металообробним верстатом, і були взяті критерії для побудови математичної моделі слідкуючої системи в режимі малих переміщень;

- Розроблено математичну модель слідкуючої системи в режимі малих переміщень, де було проаналізовано перехідні характеристики, які показали що система не відповідає заданим критеріям. Далі було добавлено два регулятора П, ІІ, з пропорційний регулятором система відпрацьовувала з перерегулюванням на 8% але при збільшенні навантаження з'являлася статична помилка. Пропорційно інтегральний регулятор відпрацьовував з перерегулюванням на 53,5%, так це велика цифра але було вирішено Для зменшення перерегулювання на вході регулятора швидкості поставити фільтр (аперіодична ланка) з постійною часу 4Т<sub>μ</sub>С.

Використання сучасних методів управління технологічним процесом, а також новітніх технічних засобів автоматизації дало можливість реалізувати якісно нову технологію управління і підвищило ефективність виробництва, що призвело до:

- Підвищення якості продукції, що випускається;
- Зниженню витрат сировинних та енергетичних ресурсів за деяким статтями витрат на ТП;
- Підвищення об'єму продукції, що випускається;
- Скорочення простоїв через несправності;
- Збільшення міжремонтних термінів роботи обладнання;
- Використовувати мінімальну кількість робітників, необхідних для підтримання ТП у робочому стані і ліквідації аварійних ситуацій.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електроприводи, електродвигуни та сервосистеми. Огляд продукції.//Каталог продукції Control Techniques. 2017. – 16 с.
2. Програмування обробки на верстатах з ЧПУ / Д.К. Турчин. – Запоріжжя : Інфо-Інженірія, 2022. – 11 с.
3. Теорія електроприводу: Навч. посібник / Б.І. Фіраго, Л.Б. Павлячік. – Мн .: ЗАТ "Техноперспектива", 2018. – 527 с.
4. Дискретна математика: підручник / С.В. Судоплатов, Е.В. Овчінікова. – 5-е вид. – Київ : Вид-во НГТУ, 2020. – 280 с.
5. Дискретна математика: теорія, задачі, програми / И.Л. Єрош, Я.М. Єрусалимський. – 3-е вид-во. – М.: Вузівська книга, 2018. – 200 с.
6. Дискретна математика для програмістів / Ф.А. Новіков. – М.: Миколаїв, 2019. – 304 с.
7. Введення в дискретну математику / С.В. Яблонський – М.: Вища школа, 2020. – 384 с.
8. Інтернет-джерело: <http://www.pnzstroj.ua/repair/article/49296/dchnts>. Дата звернення: 23.05.2021
9. Інтернет-джерело: <https://www.hse.ua/data/2020/11/07/1361776905>. Дата звернення: 24.05.2021
10. Системи програмного керування технологічними комплексами. / Ю.М. Петренко. – Мн.: НВ ТОВ "Піон", 2020 – 334 с.
11. Інтернет-джерело: <https://stankiexpert.ua/stanki/tokarnye/tekhnika-bezopasnosti-na-tokarnom-stanke.html>. Дата звернення: 26.04.2021.
12. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т. / Під ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова. 4-е изд., Переробл. і доп. – К.: машиноб-ня, 2019. – 496 с.
13. Навчально-методичний посібник до курсового проекти-вання з теорії електроприводу для студентів спеціальності 1-53 01 05 «Автоматизовані електроприводи» / Б.І. Фіраго. – Мн .: БНТУ, 2017. – 126 с.
14. Сайт компанії Елком, постачальника електротехнічної продукції в Україні <<http://www.elcomspb.ua>>. Вибираємо дроселі L і автоматичні вимикачі QF.
15. Linear and angular encoders FAGOR// FAGOR catalogue. 2017. 36 p
16. Guide to choosing programmable controllers MicroLogix//Publication 1761-SG001A-EN-P. Rockwell Automation, Inc. 2018. 64 с.
17. Delta Electronics's frequency converter operation manual of UFD-S series.
18. Applied Optimization with MATLAB Programming / P. Venkataraman, Inc. 2014. 14 с.
19. A Guide to MATLAB: For Beginners and Experienced Users / Brian R. Hunt, Ronald L. Lipsman, Jonathan M. Rosenberg, Inc. 2020. 42 с.
20. Теорія електроприводу: Навч. посібник / Б.І. Фіраго, Л.Б. Павлячік. – Мн .: ЗАТ "Техноперспектива", 2018. – 527 с.

21. Теорія автоматичного управління / Анхімюк В.Л., Опейко О.Ф., Міхєєв М.М. – К.: Дизайн ПРО, 2020. – 352 с.
22. Електричні датчики в сучасній металургії / Трапизон А.І., студент; Толбатов В.А., доцент // Сумський державний університет, м. Суми, Україна: ІМА :: 2020 ст. 200