

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Електротехнічний факультет
Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

(рівень вищої освіти)

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

На тему: «Розробка мікропроцесорної системи керування автоматизованим
електроприводом натискних гвинтів прокатного стану»

КНУ.МР.141.25.665-06

Виконав студент II курсу, групи ЕПА-24м /Дмитро МАКСИМЕНКО/
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
«Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»
(шифр і назва спеціальності, освітньо-професійної програми)

Керівник:

к.т.н., доцент

_____/Юрій ОСАДЧУК/

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

_____/Юрій ОСАДЧУК/

Завідувач кафедри,

д.т.н., професор

_____/Олег СІНЧУК/

Гарант ОПП:

к.т.н., доцент

_____/Юрій ОСАДЧУК/

Кривий Ріг
2025 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: магістр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

МАКСИМЕНКО Дмитро Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Розробка мікропроцесорної системи керування автоматизованим
електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

1. Термін подання студентом роботи: 15 грудня 2025 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є розробка мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Електропривод натискних гвинтів прокатного стану; II. Розробка системи керування електроприводом натискних гвинтів прокатного стану; III. Розробка мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Кінематична схема натискного пристрою; II. Графік зміни швидкості; III. Принципова схема електроприводу натискних гвинтів; IV. Характеристика та принципова схема регулятора положення; V. Мікропроцесорна система керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів; VI. Моделювання динамічних режимів роботи електроприводу натискних гвинтів.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Осадчук Ю.Г.		
II	Осадчук Ю.Г.		
III	Осадчук Ю.Г.		

7. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Задачі керування та вимоги до електроприводу	10.09.25
2	Перетворювальний пристрій для електроприводу	17.10.25
3	Розробка контурів регулювання електроприводу	19.10.25
4	Розрахунок параметрів контурів регулювання	24.10.25
5	Розрахунок характеристики контуру регулювання	26.10.25
6	Розрахунок та вибір елементів мікропроцесорної системи керування	28.11.25
7	Характеристика мікропроцесорної системи керування	04.12.25
8	Складання алгоритму керування мікропроцесорною системою	07.12.25

Дата видання завдання 01.09.2025 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Максименко Д.А.
(ПБ)

Керівник роботи _____
(підпис)

Осадчук Ю.Г.
(ПБ)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи на тему «Розробка мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану», КНУ.РМ.141.25.665-01

Мета дослідження – розробка мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану.

Об'єкт дослідження – автоматизований електропривод натискних гвинтів прокатного стану.

Предмет дослідження – мікропроцесорна система керування автоматизованим електроприводом.

Було розглянуто структуру електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

Визначені характеристики механічного обладнання що впливають на позиціювання натискних гвинтів прокатного стану.

Розглянуто структуру перетворювача електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

На основі розрахунків силового кола перетворювача запропонована система керування позиційним електроприводом натискних гвинтів прокатного стану.

Було запропоновано та складено математичну модель для визначення характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

Також були отримані результати математичного моделювання при визначенні характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

Було проведено розрахунок та вибір елементів мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану.

Для реалізації мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану було використано мікроконтролер який повністю задовольняє параметрам дискретизації розробленої системи.

Також було складено алгоритм управління системою параметричної синхронізації електроприводу натискних гвинтів прокатного стану з регулюванням положення при переміщенні, як на малі, так й на великі відстані.

Для належного керування електроприводом натискних гвинтів прокатного стану в системі параметричної синхронізації натискних гвинтів по положенню розроблений алгоритм системи керування мікроконтролера враховує необхідні умови експлуатації.

ПРОКАТНИЙ СТАН, НАТИСКНІ ГВИНТИ, АВТОМАТИЗОВАНИЙ
ЕЛЕКТРОПРИВОД, МІКРОПРОЦЕСОРНА СИСТЕМА КЕРУВАННЯ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. Електропривод натискних гвинтів прокатного стану	9
1.1. Задачі керування та вимоги до електроприводу натискних гвинтів прокатного стану	9
1.2. Перетворювальний пристрій для електроприводу натискних гвинтів прокатного стану	11
Висновок до розділу 1.	13
2. Розробка системи керування електроприводом натискних гвинтів прокатного стану	14
2.1. Розробка контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану	14
2.2. Розрахунок параметрів контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану	18
2.3. Розрахунок характеристики контуру регулювання положення електроприводу натискних гвинтів прокатного стану	21
2.4. Складання математичної моделі для визначення характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану	23
2.5. Результати математичного моделювання при визначенні характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану	25
Висновок до розділу 2	29
3. Розробка мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану	30

3.1. Розрахунок та вибір елементів мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану	30
3.2. Характеристика мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану.	32
3.3. Мікропроцесорна система керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану на базі обраного мікроконтролера.....	34
3.4. Складання алгоритму керування мікропроцесорною системою керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану	36
Висновки до розділу 3	40
Висновки	41
Додатки	43

ВСТУП

Призначення системи автоматичного регулювання полягає в забезпеченні швидкодії роботи натискного пристрою з відробітком необхідних переміщень верхнього валу з точністю, достатньою для отримання якісного прокату.

Це досягається застосуванням системи автоматичного регулювання, побудованої за принципом підлеглого регулювання на базі сучасних електротехнічних засобів.

1. Електропривод натискних гвинтів прокатного стану

1.1. Задачі керування та вимоги до електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

Нині висока інтенсивність плющення, прагнення до максимального скорочення пауз привело до різкої зміни параметрів приводу натискного пристрою кліті блюмінга.

В таких умовах максимальна швидкість переміщення валу може досягати 0,2 м/с., а прискорення і уповільнення переміщення верхнього валу доведено до 150 мм/с і більш.

Привід натискного пристрою розганяється гальмується з максимально допустимими прискореннями і уповільненнями, тобто працює по трикутній діаграмі швидкості.

Таке високе прискорення і уповільнення затрудняють керування і приводять до збільшення числа включень внаслідок додаткових уточнюючих перемішень валу.

На блюмінгу широко використовується плющення з так званим штампуванням, коли натискний пристрій обтискає вхідний у вали і вихідний з них кінець злитка.

Штампування прокрашує умову захвату і скорочує тривалість пауз.

Завдяки додатковим включенням приводу і штампуванню число включень натискного пристрою продуктивного верстата перевищує 1000-1500 за годину.

У зв'язку з необхідністю частоті роботи на упор в поєднанні з великим тривалістю включень система управління числом включень великою

електроприводу повинна давати екскаваторну характеристику, а струм упора повинен бути максимально обмежений.

Його величина визначається лише умовами забезпечення необхідних прискорень і уповільнень.

Характер перехідних процесів приводу натискного пристрою не диктується технологічними особливостями і тому повинен бути раціональним з погляду правильного використання встановлених електричних машин.

1.2. Перетворювальний пристрій для електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

Розглянемо структуру перетворювального пристрою для електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

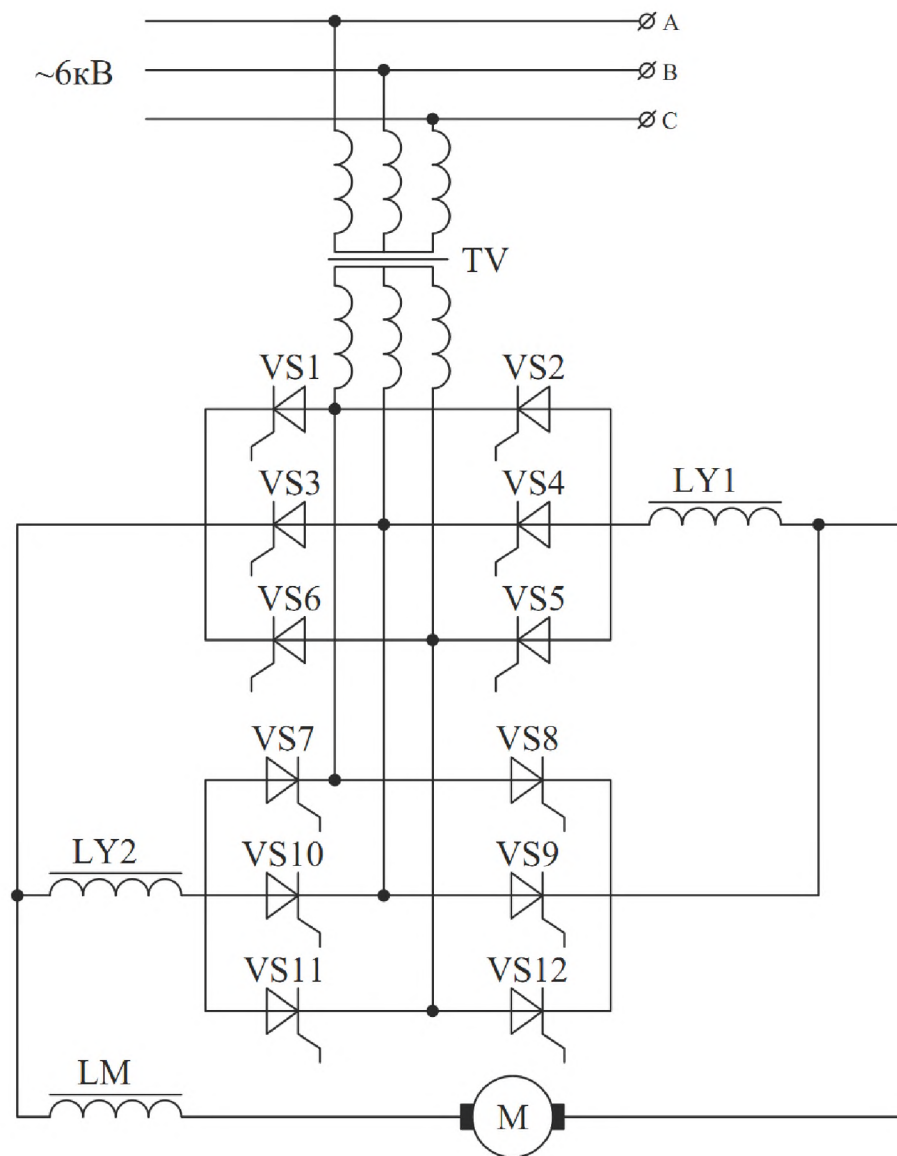


Рис. 1.1 Структура перетворювального пристрою для електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

Структура перетворювального пристрою для електроприводу натискних гвинтів прокатного стану забезпечує усі режими роботи відповідно до вимог до електроприводу.

Висновок до розділу 1.

Основні вимоги до приводу натискного пристрою:

- 1) Надійність і забезпечення високопродуктивної роботи стану;
- 2) Мінімальне протікання перехідних процесів при заданих значеннях максимуму ($t_m < 1$ с);
- 3) Велика частота включення приводного двигуна (1000 включень за годину);
- 4) Діапазон регулювання швидкості $D = 10:1$;
- 5) Незалежність величини прискорення від швидкості, до якої розганяється двигун;
- 6) Висока перевантажувальна здатність приводного двигуна по струму і моменту ($I_{max} = 2,5 \cdot I_n$; $M_{ma} = 2 \cdot M_n$);
- 7) Помилка по переміщенню 0,04 м; що складає $< 0,5\%$

2. Розробка системи керування електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

2.1. Розробка контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

Розглянемо контури регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

Еквівалентна схема електроприводу натискних гвинтів прокатного стану буде мати вигляд:

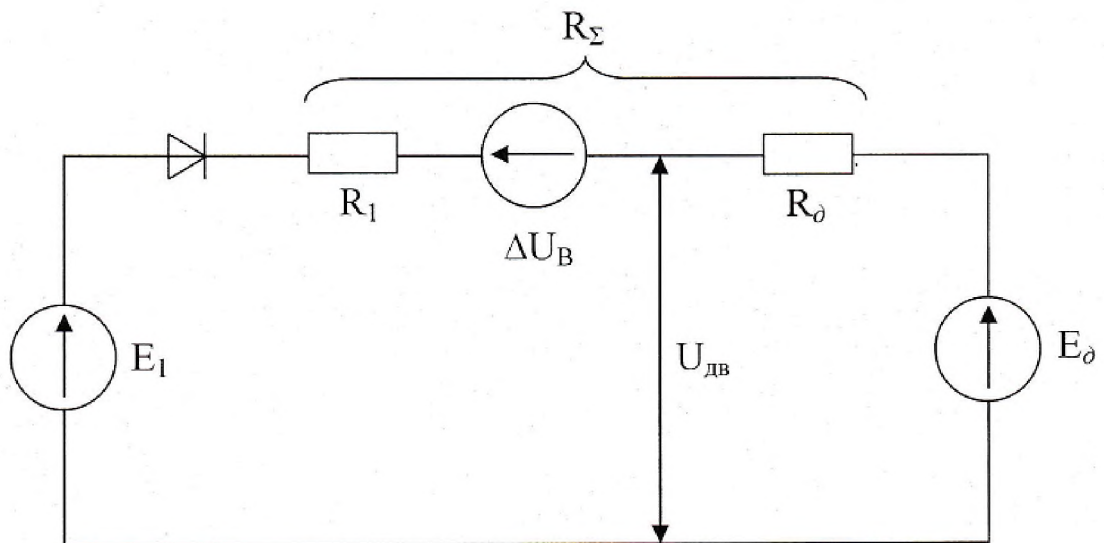


Рис. 2.1 Еквівалентна схема електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

Визначаємо параметри структурної схеми рис 1.2.

Середньоквадратичний час запізнювання T_{Π} :

$$T_{\Pi} = \frac{1}{m \cdot f} = \frac{1}{6 \cdot 50} = 0.003 \text{ с};$$

$$\tau = \frac{1}{2 \cdot m \cdot f} = \frac{1}{2 \cdot 6 \cdot 50} = 0.0017 \text{ с}.$$

Коефіцієнт посилення тиристорного перетворювача:

$$K_{\text{ТП}} = \frac{U_{d \max}}{U_{y \max}} = \frac{U_{\text{ТП}} \cdot K_{cx}}{U_{y \max}},$$

Тоді

$$K_{\text{ТП}} = \frac{660 \cdot 2.34}{12} = 128.7,$$

Сумарна індуктивність:

$$L_{\Sigma} = 2 \cdot L_{TP} + L_{\text{дв}} + L_{\text{сд}} = 0.38 \cdot 10^{-3} + 2.17 \cdot 10^{-3} + 2.5 \cdot 10^{-3} = 5.436 \text{ мГн}.$$

Електромагнітна T_E і електромеханічна T_M постійного часу:

$$T_E = \frac{L_\Sigma}{R_\Sigma} = \frac{5.436 \cdot 10^{-3}}{0.097} = 0.056 \text{ c};$$

$$T_E = \frac{J_\Sigma L_\Sigma}{K_e K_M} = \frac{4990 \cdot 0.097}{8.036 \cdot 7.726} = 0.769 \text{ c};$$

де J_Σ – сумарний момент інерції;

$$K_e = k\Phi_H.$$

Сумарний момент інерції:

$$J_\Sigma = J_{дв} + J_M = 40 + 450 = 490;$$

де $J_{дв}$ – момент інерції двигуна, J_M – момент інерції механізму.

$$K_M = \frac{P_{dH}}{\omega_{dH} I_{dH}} = \frac{640000}{73.3 \cdot 1130} = 7.73.$$

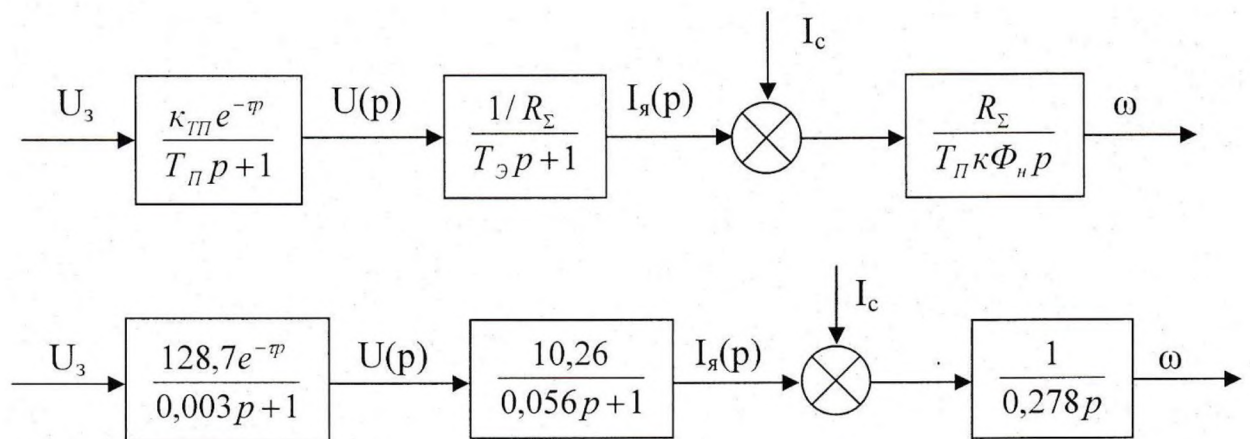


Рис. 2.2 Структурна схема контурів регулювання електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

**2.2. Розрахунок параметрів контурів регулювання електроприводу
натискних гвинтів прокатного стану**

Коефіцієнт зворотного зв'язку по струму:

$$K_{3c} = \frac{(\Delta\omega_3 \cdot k\Phi_H / I_{dH}) - R_\Sigma}{-K_\Pi};$$

$$\Delta\omega_3 = 5\% \cdot \omega_{op} = 0.05 \cdot \frac{K_\Pi \cdot U_y}{k\Phi_H} = 4.106 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Тоді

$$K_{3c} = \frac{(4.106 \cdot 8.036 / 1130) - 0.097}{-66};$$

Коефіцієнт струмового відсічення:

$$K_{bc} = \frac{(U_y \cdot K_\Pi / I_{yn}) - R_\Sigma + K_{3c} \cdot K_\Pi}{K_\Pi};$$

Розрахуємо параметри датчика струму:

$$K_{дс} = \frac{U_y}{2 \cdot I_{дн}} = \frac{10}{2 \cdot 1130} = 4,43 \cdot 10^{-3}.$$

Тоді передатна функція складатиме:

$$W_{зс}(p) = \frac{k_{дс} \cdot k_{п}}{R_{\Sigma}(T_E p + 1)} = \frac{3}{0,056p + 1}.$$

Або:

$$W_{рс}(p) = \frac{R_{\Sigma}(T_E p + 1)}{2 \cdot (T_{\mu} p \cdot k_{дт} \cdot k_{п})},$$

Запишемо:

$$W_{рс}(p) = \frac{0,056p + 1}{0,06p}.$$

Наведемо узагальнююче рівняння:

$$W_{\text{pc}}(p) = \frac{R_0 C_0 p + 1}{R_i C_0 p} = k + \frac{1}{T \cdot p},$$

2.3. Розрахунок характеристики контуру регулювання положення електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

Для отримання приблизно постійного темпу уповільнення приводу (відповідного максимально допустимому моменту двигуна) регулятор положення повинен бути нелінійним з прямолінійною початковою ділянкою, що забезпечує перехідний процес без перерегулювання.

Нелінійна характеристика перетворювача має вигляд показаний на рисунку 2.3.

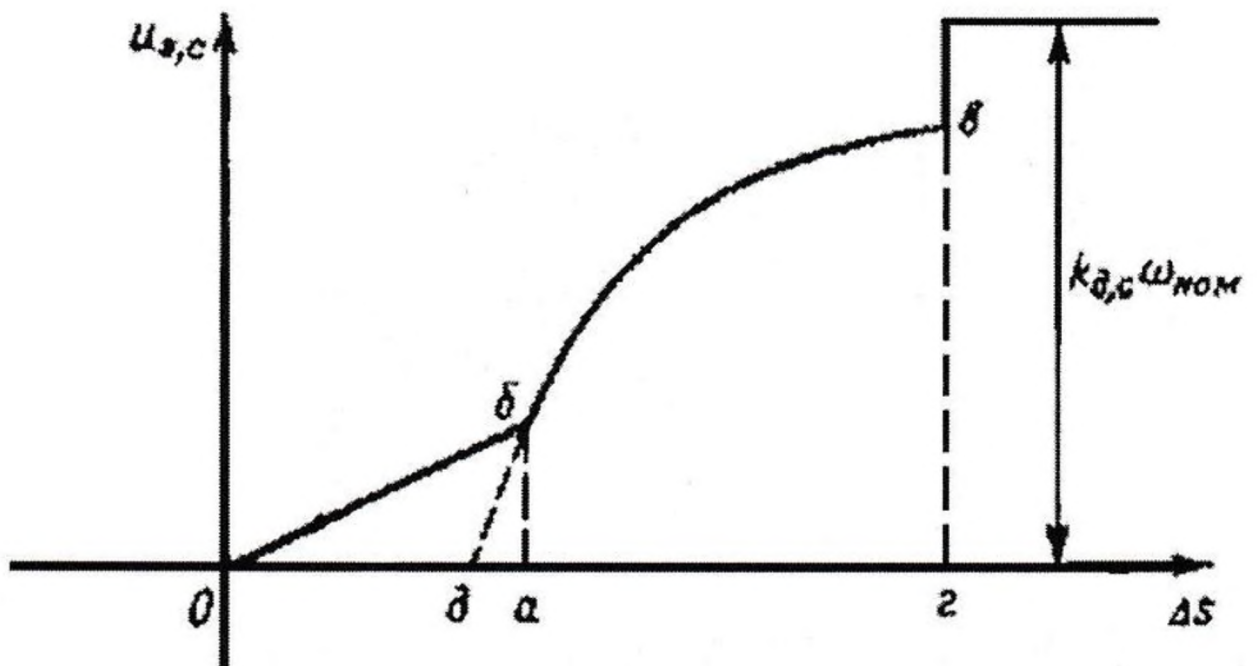


Рис. 2.3 Нелінійна характеристика перетворювача координат положення

Приведена характеристика реалізується за допомогою схеми, зображеної на рис. 2.4.

За допомогою діодів V1, V2 формується початкова ділянка, нелінійний перетворювач НП реалізує криву $d - v$, стабілітрони V3, V4 служать для утворення крутої ділянки в кінці В.

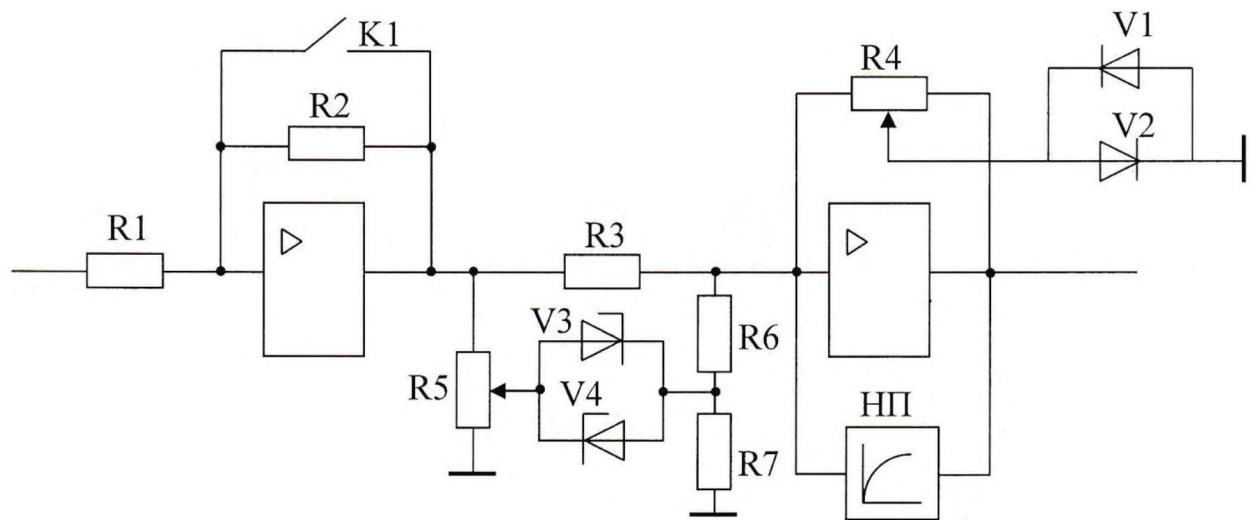


Рис. 2.4 Схема, що реалізує нелінійну характеристика перетворювача координат контуру регулювання положення

2.4. Складання математичної моделі для визначення характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

Складемо математичну модель для визначення характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

Математична модель для визначення характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану представлена на рис. 2.5.

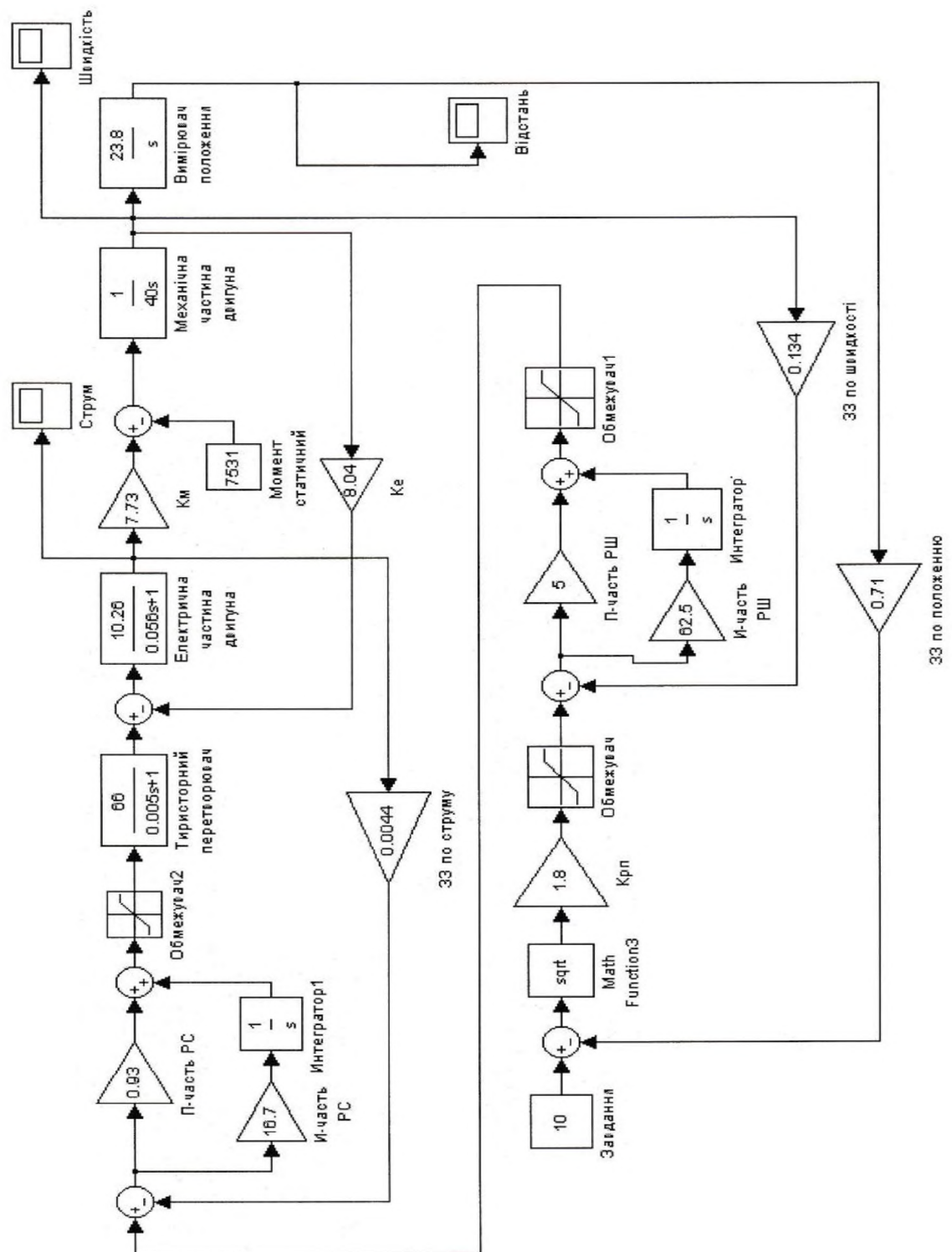


Рис. 2.5 Математична модель для визначення характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

2.5. Результати математичного моделювання при визначенні характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

Представимо результати математичного моделювання при визначенні характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

Результати математичного моделювання при визначенні характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану представлені на рис. 2.6 – 2.8.

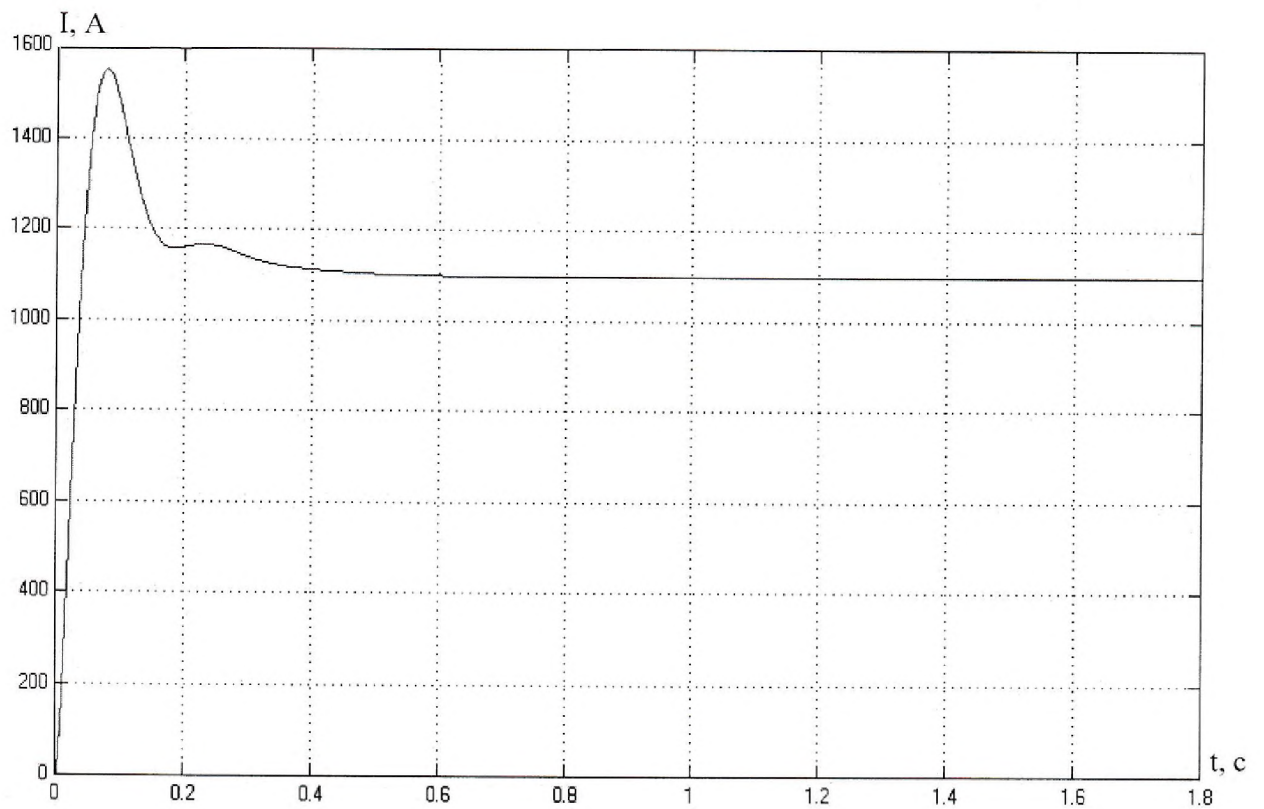


Рис. 2.6 Результати математичного моделювання при визначенні характеристик контуру регулювання струму електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

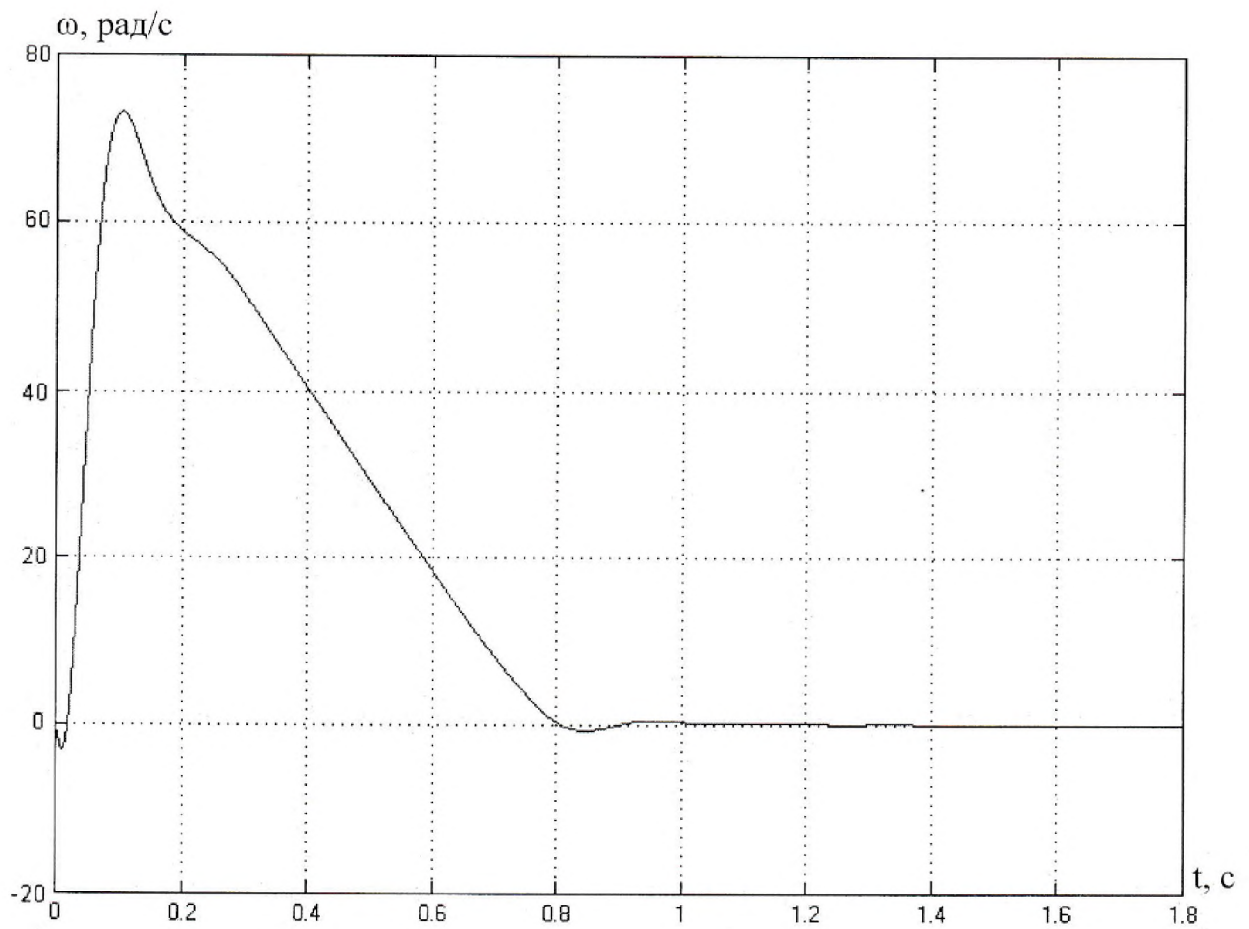


Рис. 2.7 Результати математичного моделювання при визначенні характеристик контуру регулювання швидкості електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

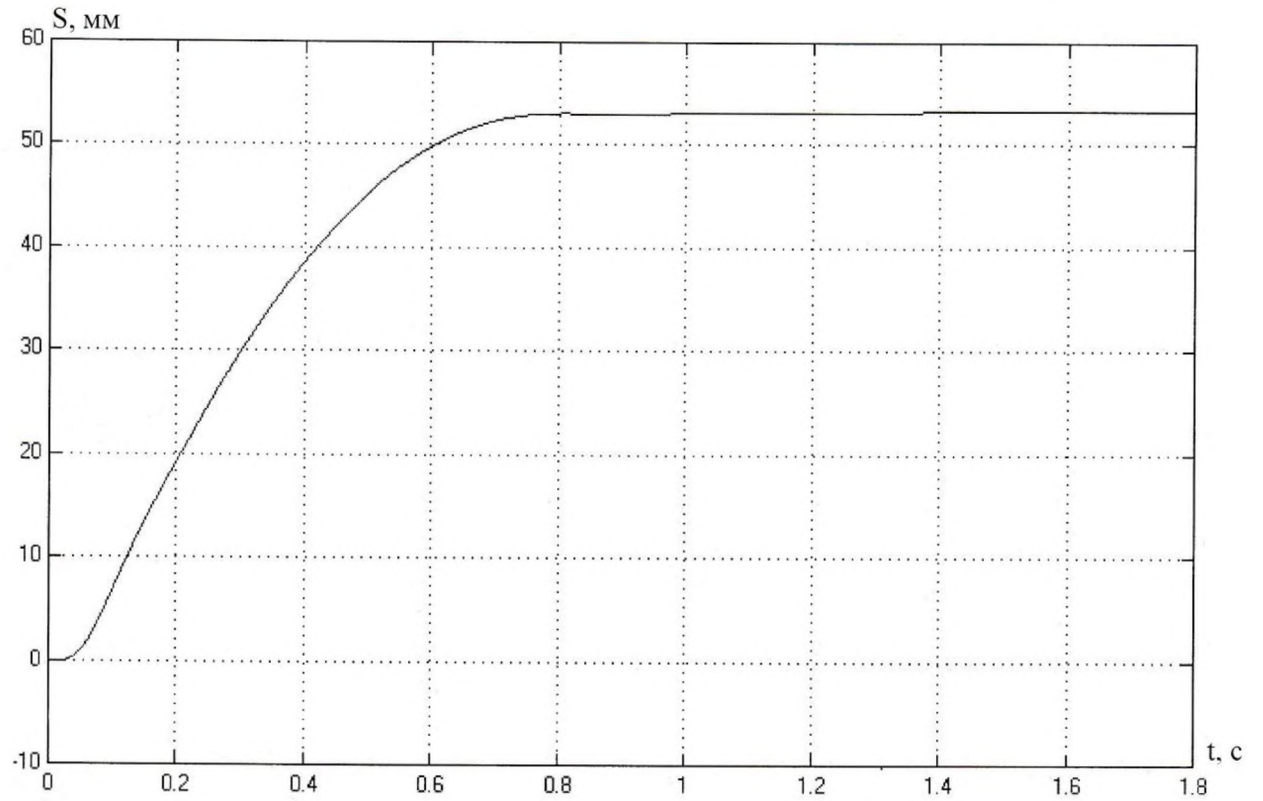


Рис. 2.8 Результати математичного моделювання при визначенні характеристик контуру регулювання положення електроприводу натискних гвинтів прокатного стану

Висновок до розділу 2

Моделювання замкнутої системи автоматичного керування було виконане з врахуванням повторно-короткочасного режиму роботи привода натискних гвинтів при переміщенні на маленькі відстані гвинтів (до 60 мм).

Встановлений час для дослідження перехідних процесів 1,8 с, в той час коли загальна тривалість перехідного процесу близько 0,8 с:

Перехідний процес по струму дає такі результати:

- стає значення струму $I_{\text{ст}} = 1130 \text{ A}$;
- максимальне значення струму $I_{\text{макс}} = 1550 \text{ A}$;
- перерегулювання по струму $\Delta I = 1550 - 1130 = 420 \text{ A}$ або $\Delta I\% = 37\%$.

Перехідний процес по швидкості показав, що: швидкість досягає максимального значення приблизно 74 рад/с, потім швидкість двигуна йде на спад. При досяганні значення 60 рад/с, вона трохи уповільнюється та плавно спадає до нуля. Загальна тривалість розгону 0,1 с; гальмування - 0,7 с.

Положення двигуна впродовж усього перехідного процесу плавно зростає до свого сталого значення, при цьому натискні гвинти проходять відстань 55 мм.

3. Розробка мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

3.1. Розрахунок та вибір елементів мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

Розрахунок та вибір елементів мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану можна виконати за наступними виразами.

Запишемо розрядність контуру регулювання мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану:

$$X \geq 3,33 \cdot \lg \left(\frac{A}{2\Delta} + 1 \right),$$

Тоді період вибірки складатиме:

$$T \leq \frac{\Delta \cdot \tau_{min}}{A_{max} \cdot A_{min}};$$

Розрахуємо:

$$T = \frac{0,01}{m} = \frac{0,01}{6} = 1,67 \cdot 10^{-3}$$

Або:

$$\frac{\Delta \cdot \tau_{min}}{A_{max} \cdot A_{min}} = \frac{0,006 \cdot 0,6}{450 - 10} = 3,07 \cdot 10^{-3}.$$

3.2. Характеристика мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

Для реалізації мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану необхідно використовувати мікроконтролер який задовольняє параметрам дискретизації розробленої системи.

Представимо мікроконтролер який повністю задовольняє розрахованим параметрам дискретизації розробленої мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

Мікроконтролер який повністю задовольняє розрахованим параметрам дискретизації розробленої мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану представлено на рис. 3.1.

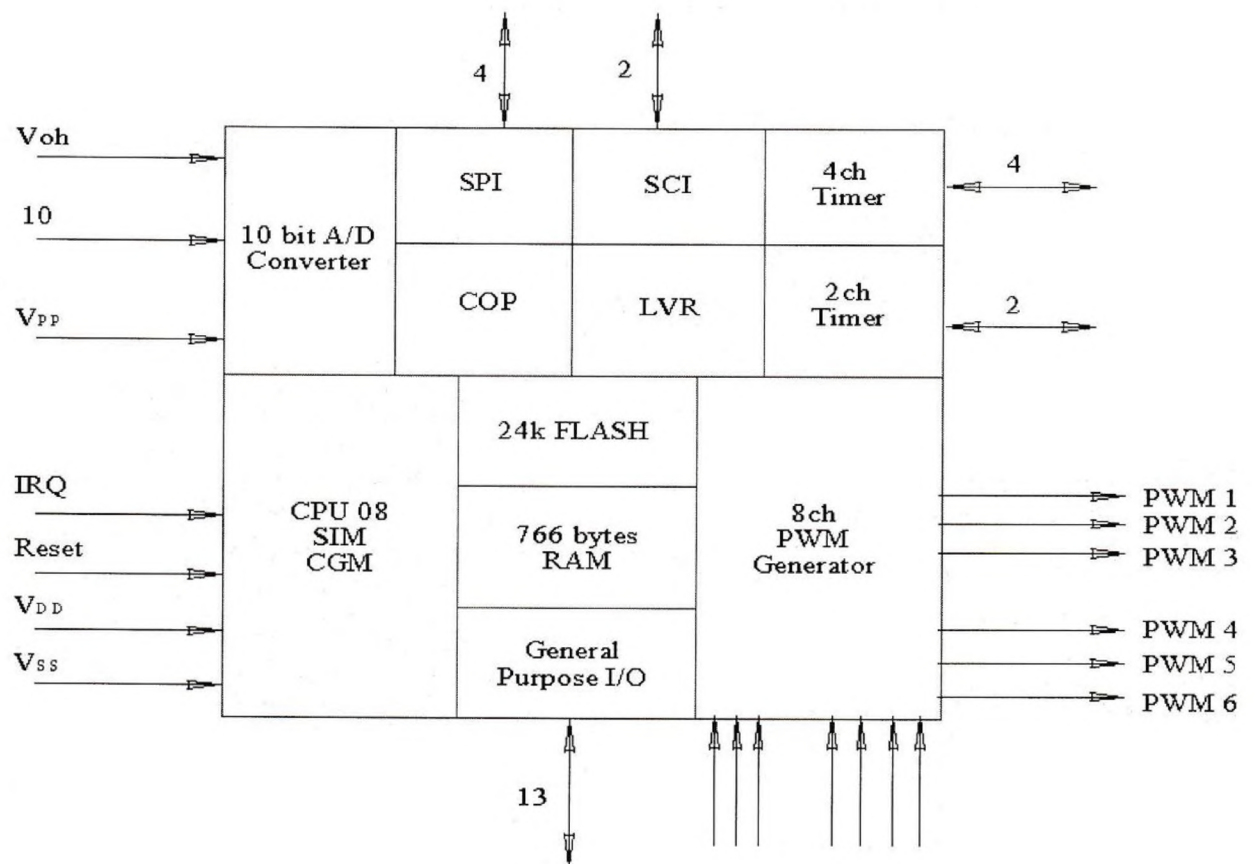


Рис. 3.1 Мікроконтролер який повністю задовольняє розрахованим параметрам дискретизації розробленої мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

3.3. Мікропроцесорна система керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану на базі обраного мікроконтролера

Мікропроцесорна система керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану має бути складена на базі обраного мікроконтролера, який повністю задовольняє умовам дискретизації системи.

Представимо мікропроцесорну систему керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану що складена на базі обраного мікроконтролера, який повністю задовольняє умовам дискретизації системи.

Мікропроцесорна система керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану що складена на базі обраного мікроконтролера, який повністю задовольняє умовам дискретизації системи представлена на рис. 3.2.

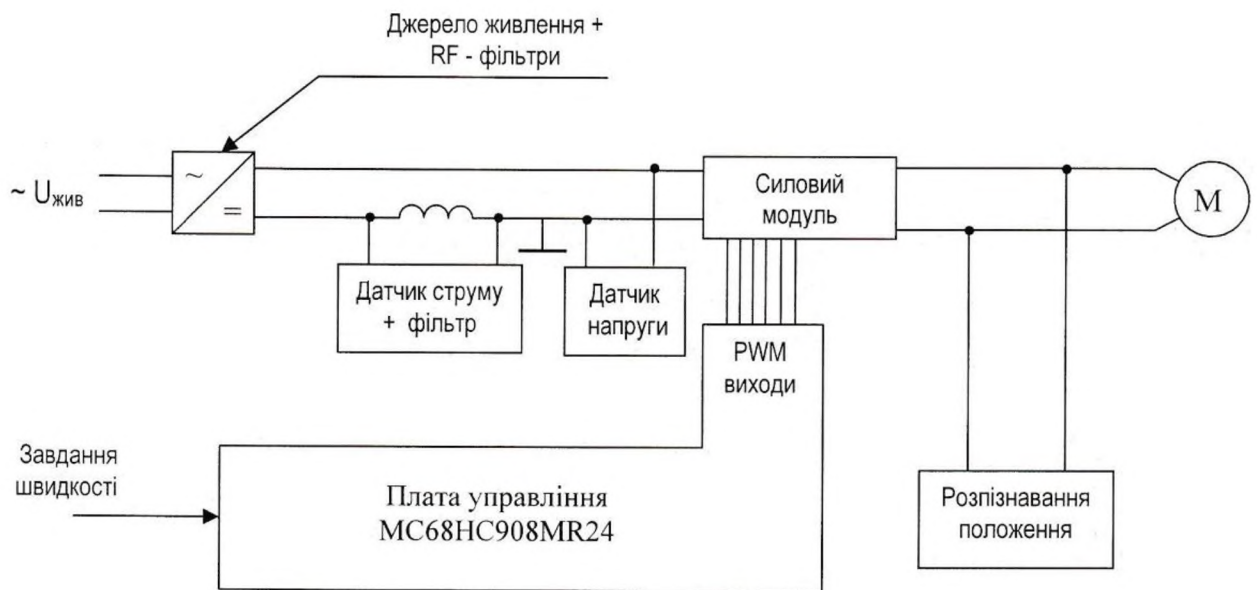


Рис. 3.2 Мікропроцесорна система керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану що складена на базі обраного мікроконтролера та повністю задовольняє умовам дискретизації розробленої системи

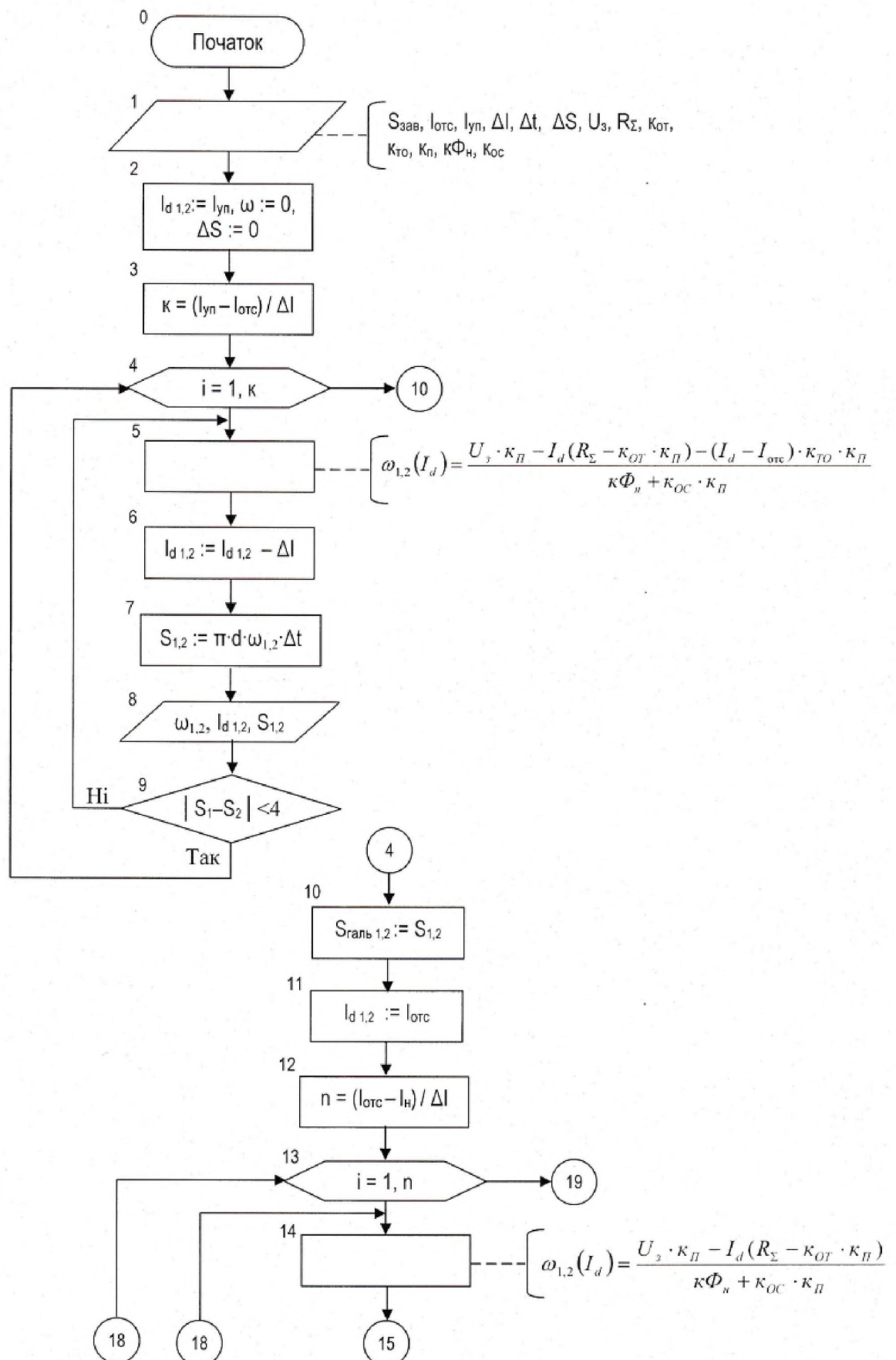
3.4. Складання алгоритму керування мікропроцесорною системою керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

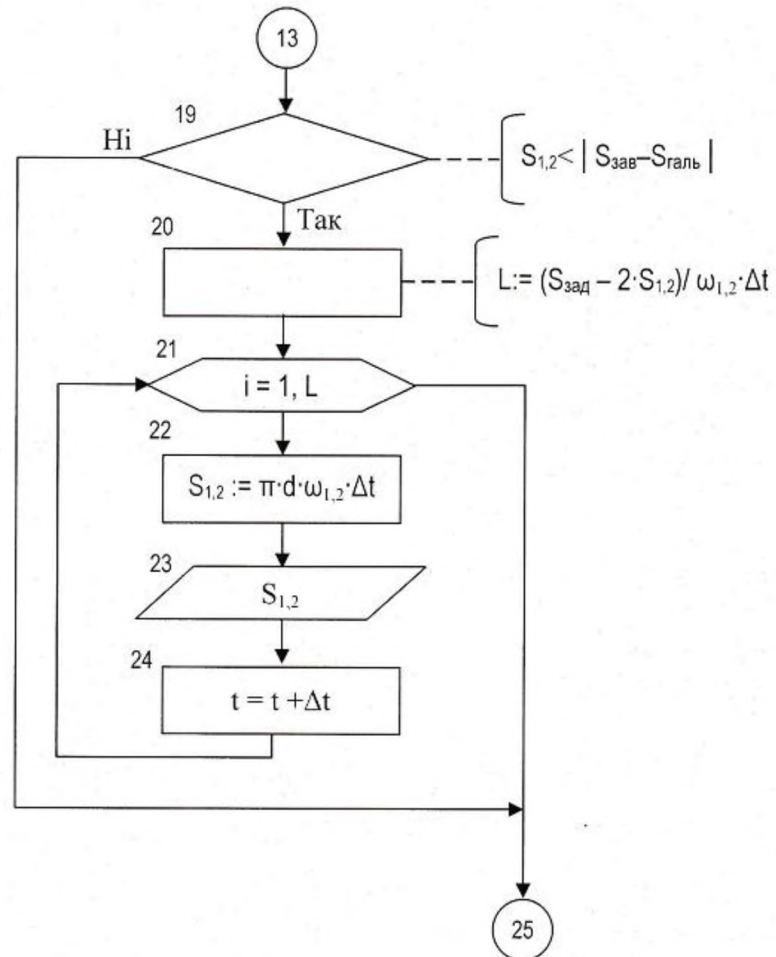
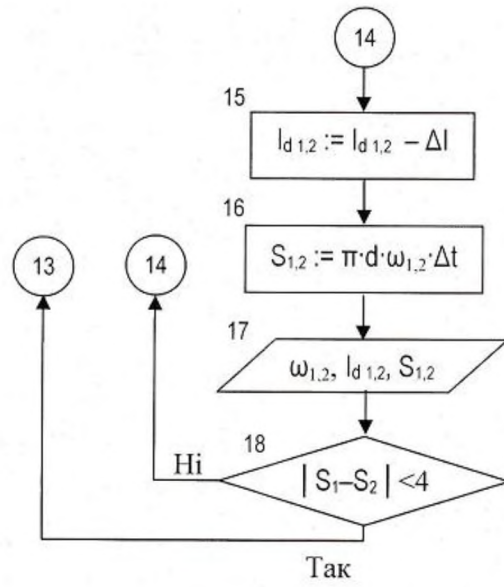
Складемо алгоритм управління системою електричної синхронізації електроприводу натискних гвинтів з регулюванням положення при переміщенні, як на малу, так і на велику відстань.

Для спрощення алгоритму приймемо наступні допущення:

- шлях і час для розгону і гальмування вважаємо однаковим;
- розгін і гальмування відбуваються по екскаваторній характеристиці струму;
- привод розгониться до номінального струму.

Алгоритм керування представлений на рис. 3.3.





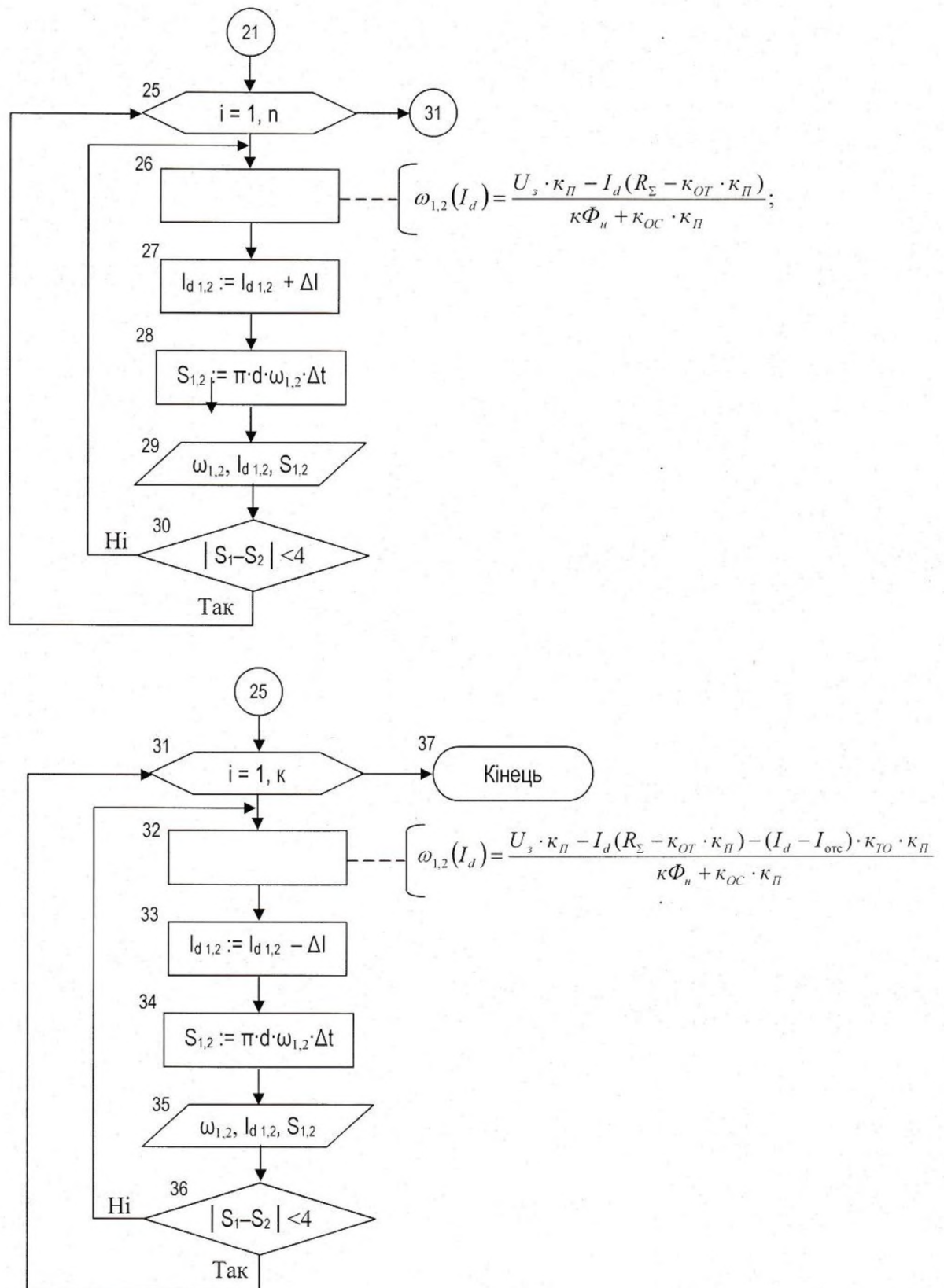


Рис. 3.3 Алгоритм керування мікропроцесорною системою керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

Висновки до розділу 3

Для належного керування електроприводом в системі синхронізації натискних гвинтів прокатного стану по положенню розроблений алгоритм роботи системи керування мікроконтролера при врахуванні таких умов:

- шлях і час для розгону та гальмування є однаковим;
- розгін і гальмування відбуваються по екскаваторній характеристиці струму;
- привод розганяється до номінального струму.

Висновки

Мета дослідження – розробка мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану.

Об'єкт дослідження – автоматизований електропривод натискних гвинтів прокатного стану.

Предмет дослідження – мікропроцесорна система керування автоматизованим електроприводом.

Було розглянуто структуру електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

Визначені характеристики механічного обладнання що впливають на позиціювання натискних гвинтів прокатного стану.

Розглянуто структуру перетворювача електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

На основі розрахунків силового кола перетворювача запропонована система керування позиційним електроприводом натискних гвинтів прокатного стану.

Було запропоновано та складено математичну модель для визначення характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

Також були отримані результати математичного моделювання при визначенні характеристик контурів регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану.

Було проведено розрахунок та вибір елементів мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану.

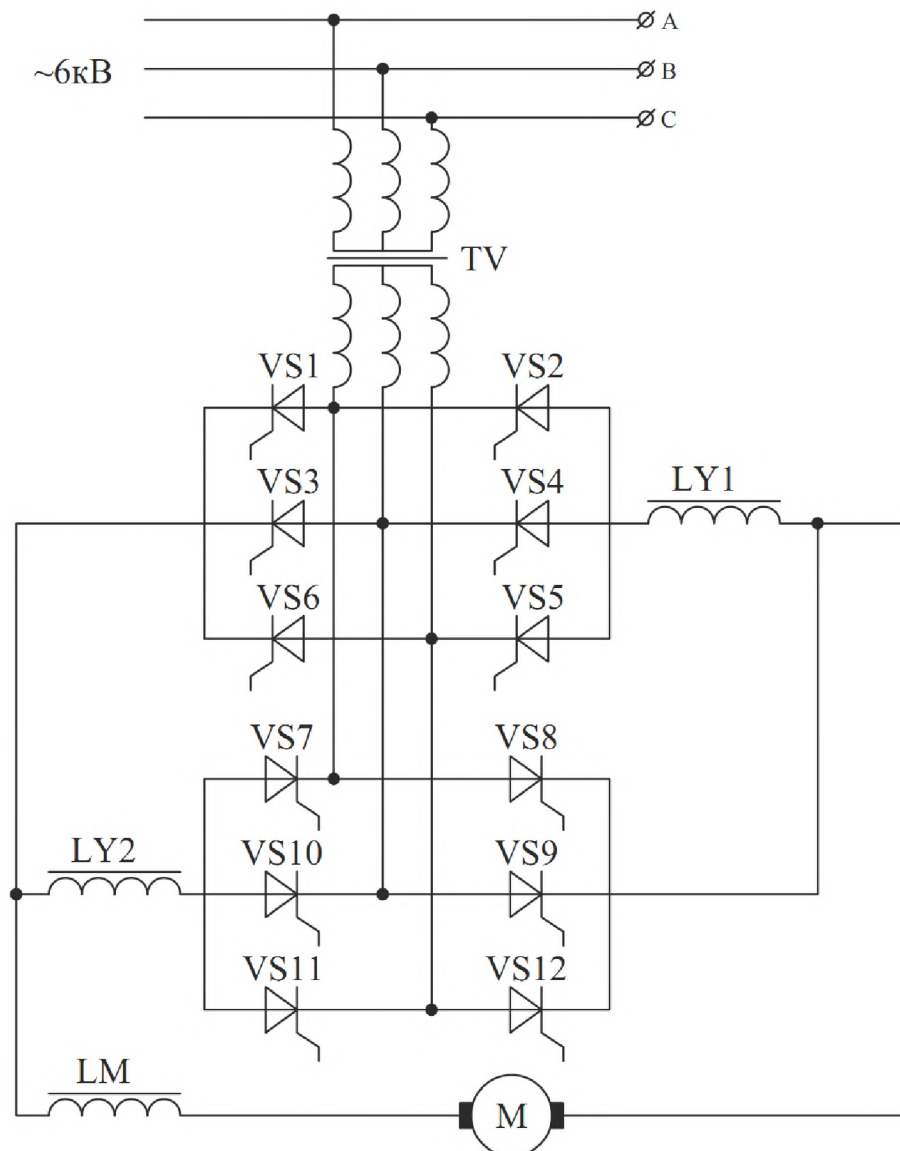
Для реалізації мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану було використано мікроконтролер який повністю задовольняє параметрам дискретизації розробленої системи.

Також було складено алгоритм управління системою параметричної синхронізації електроприводу натискних гвинтів прокатного стану з регулюванням положення при переміщенні, як на малі, так й на великі відстані.

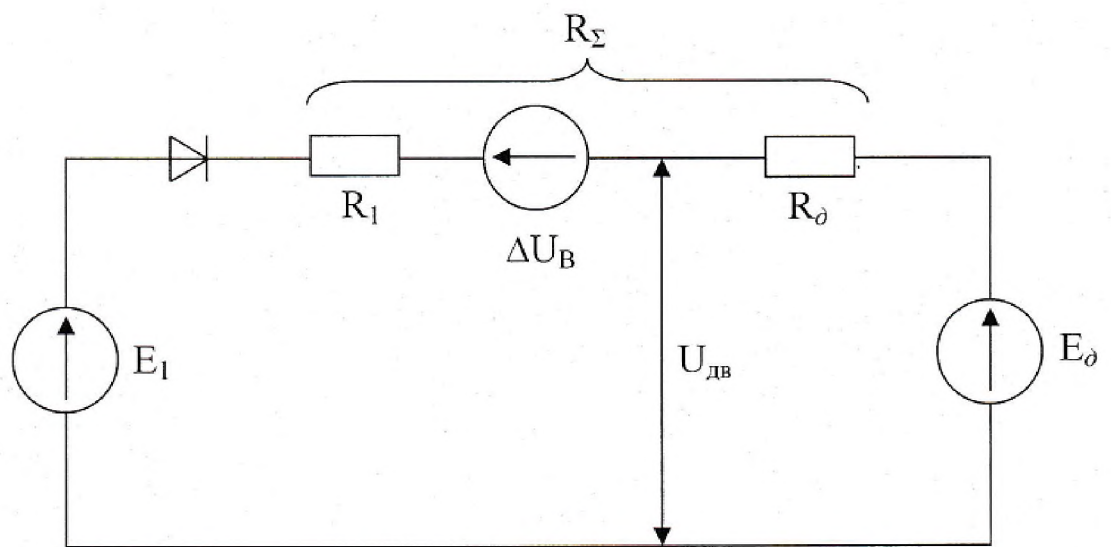
Для належного керування електроприводом натискних гвинтів прокатного стану в системі параметричної синхронізації натискних гвинтів по положенню розроблений алгоритм системи керування мікроконтролера враховує необхідні умови експлуатації.

Додатки

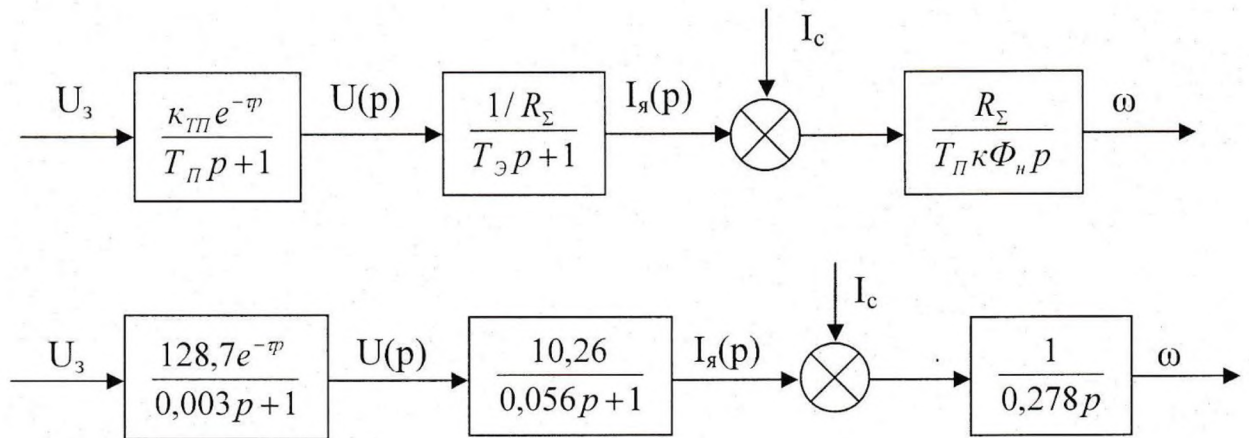
Структура перетворювального пристрою для електроприводу
натискних гвинтів прокатного стану



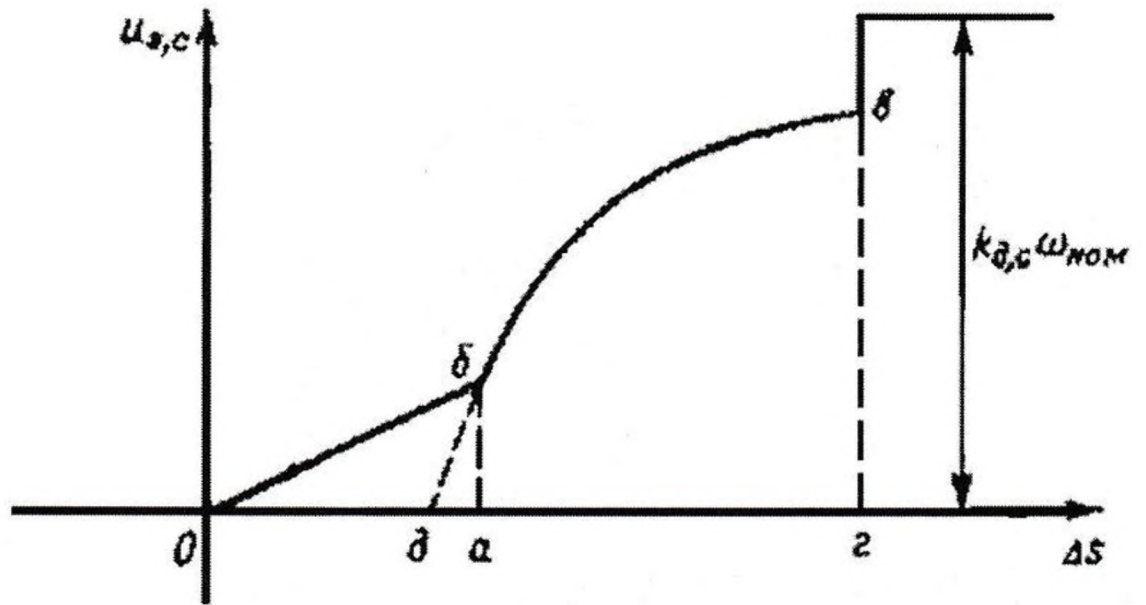
Еквівалентна схема електроприводу натискних гвинтів
прокатного стану



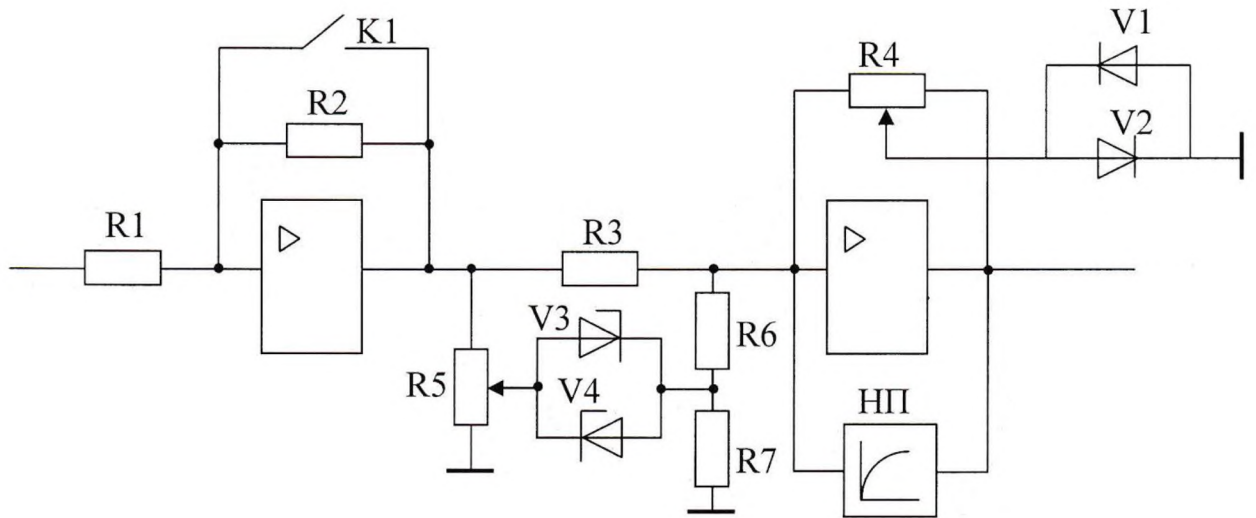
Структурна схема контурів регулювання електроприводом натискних
гвинтів прокатного стану



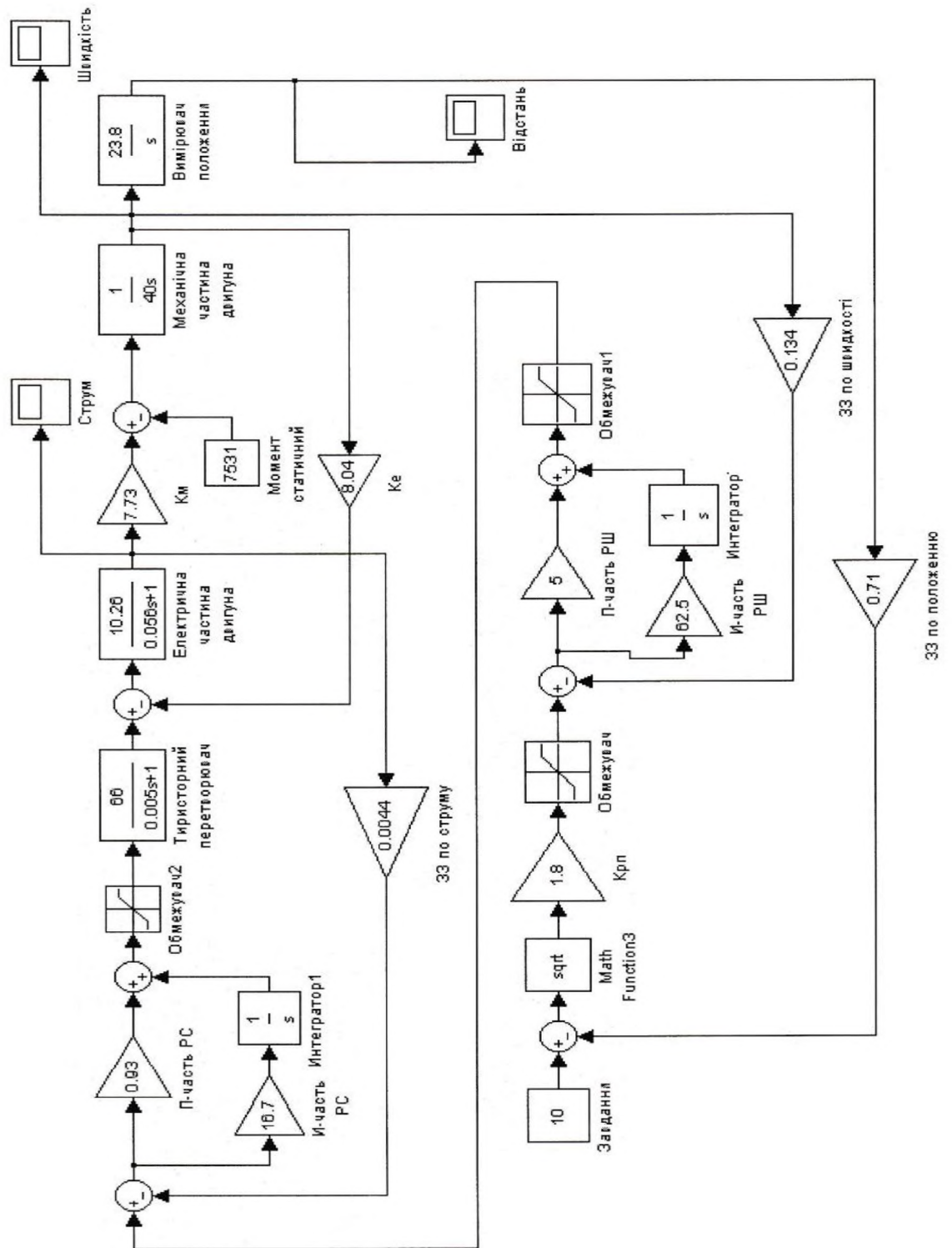
Нелінійна характеристика перетворювача координат положення



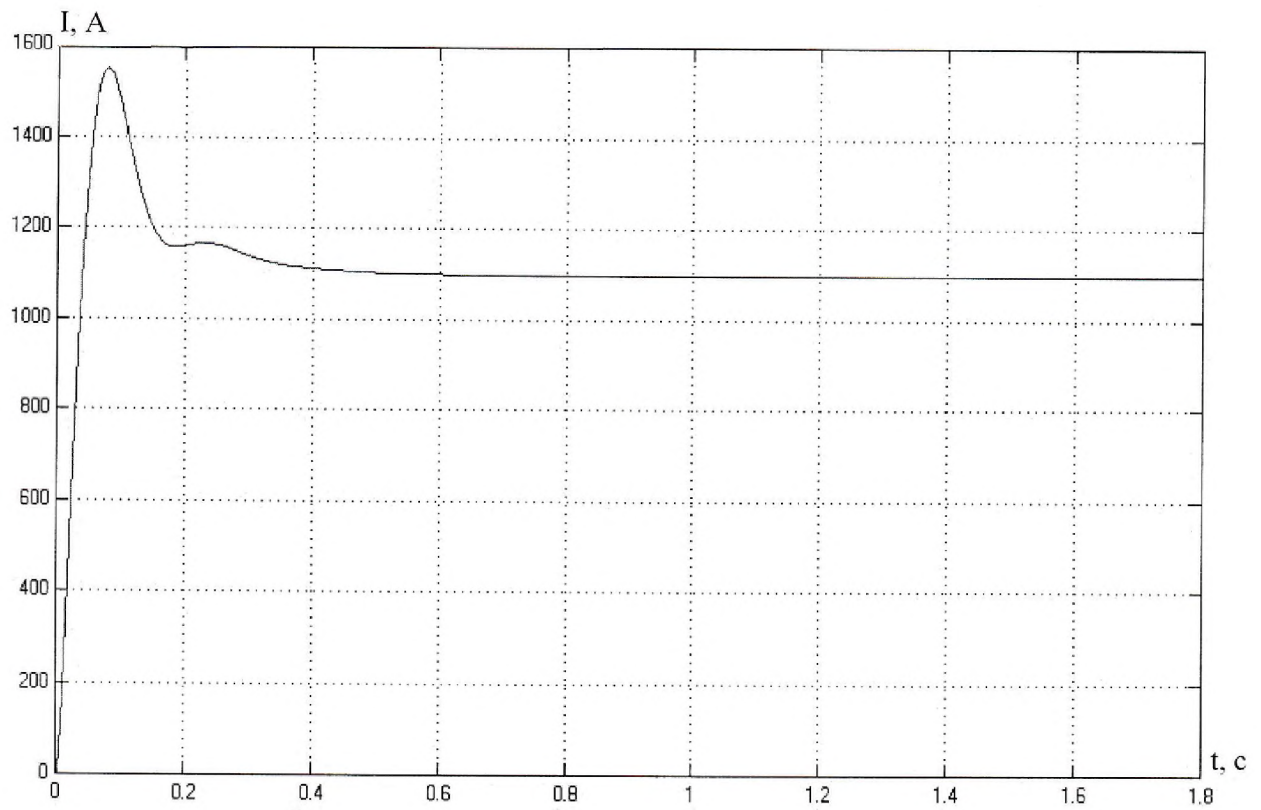
Схема, що реалізує нелінійну характеристика перетворювача
координат контуру регулювання положення



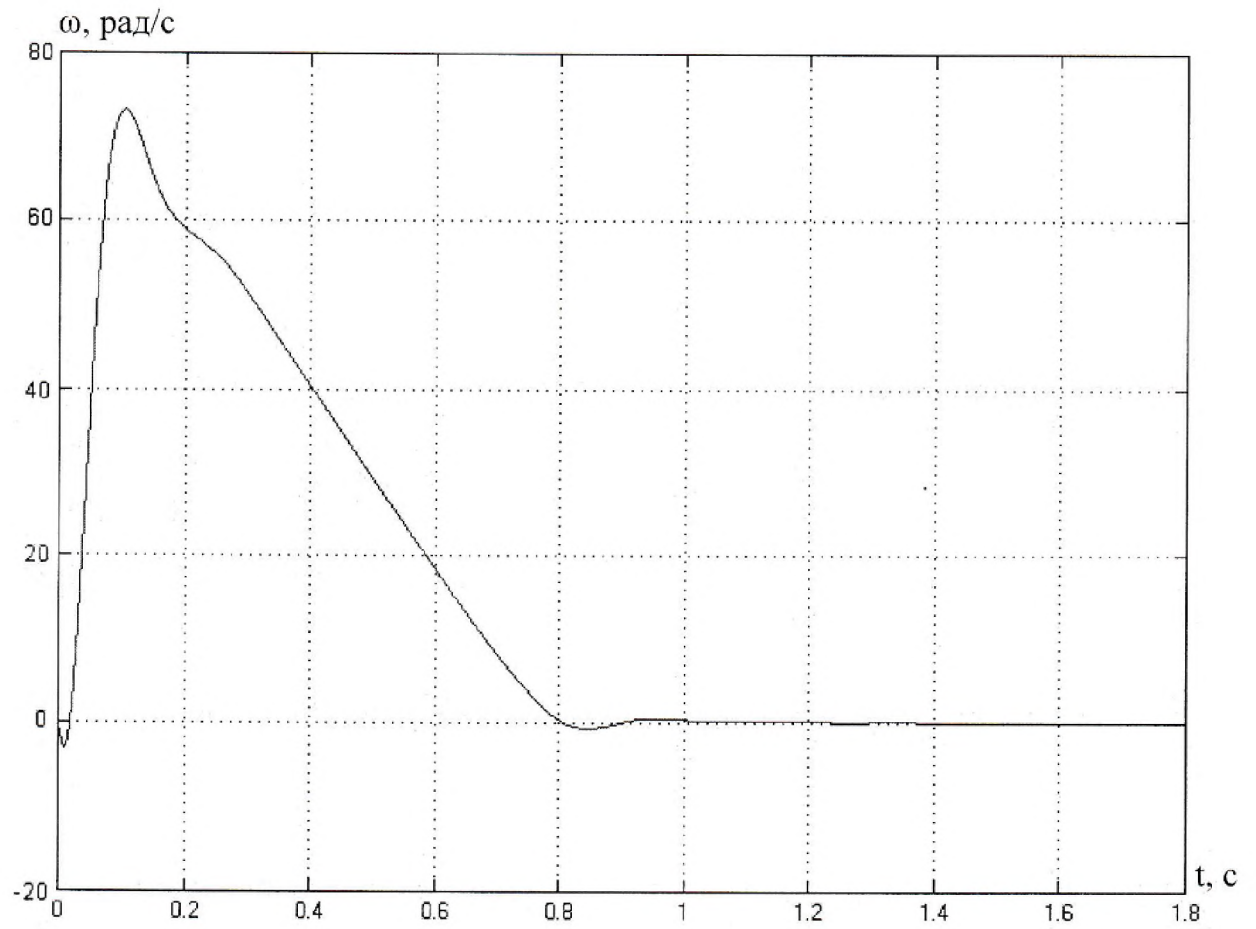
Математична модель для визначення характеристик контурів
регулювання електроприводу натискних гвинтів прокатного стану



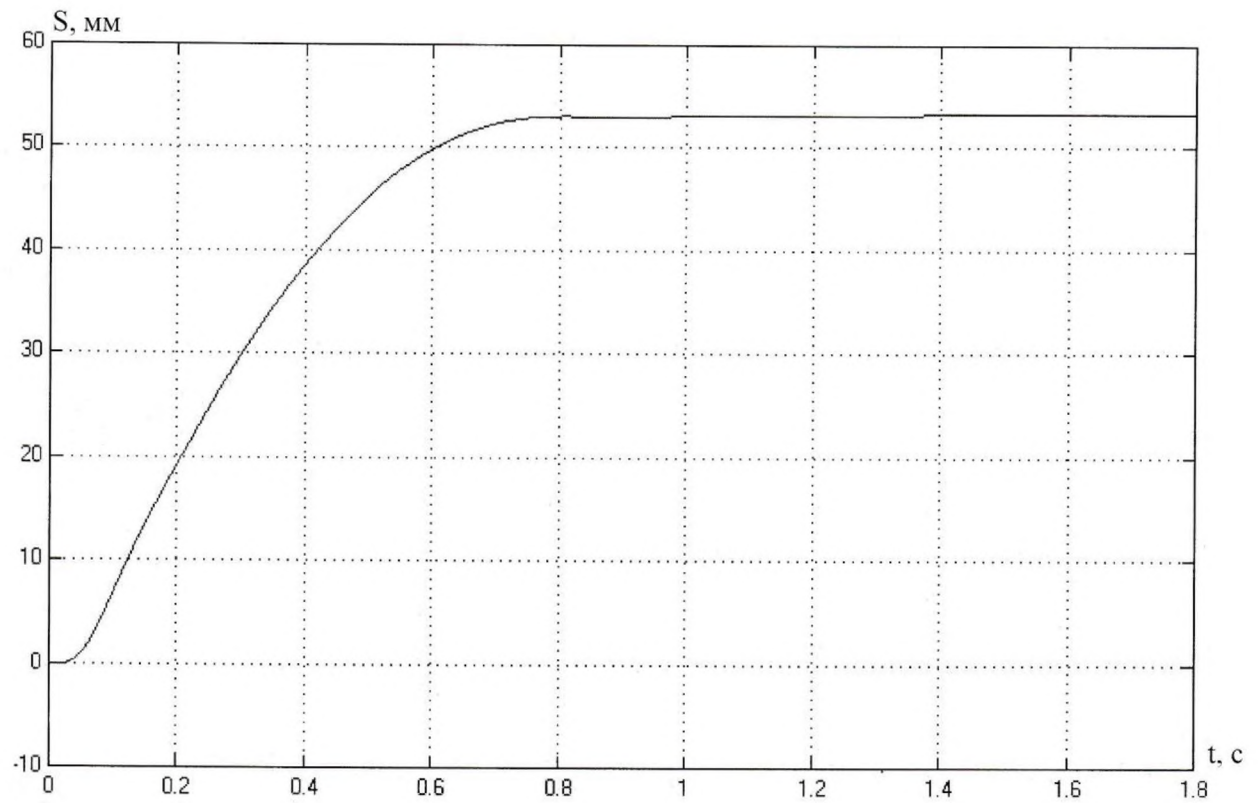
Результати математичного моделювання при визначенні
характеристик контуру регулювання струму електроприводу натискних
гвинтів прокатного стану



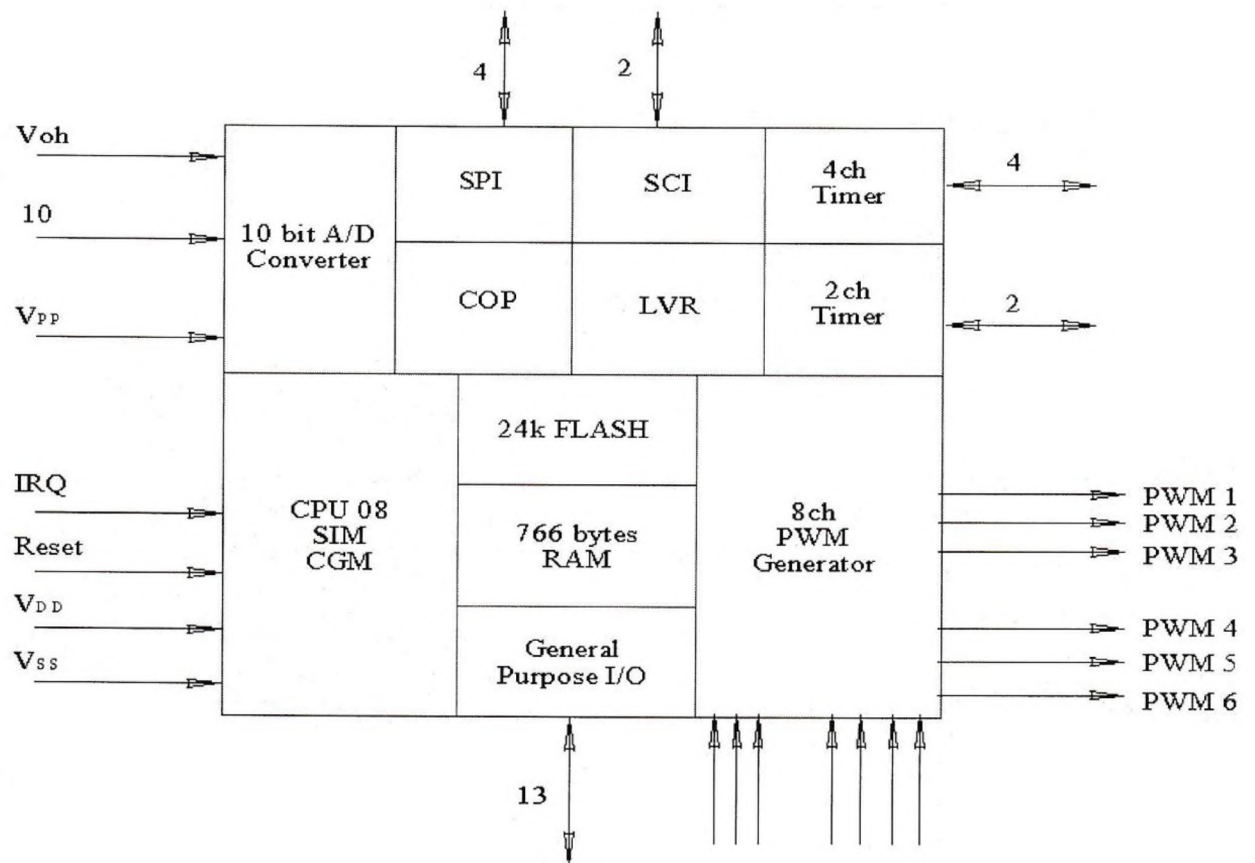
Результати математичного моделювання при визначенні
характеристик контуру регулювання швидкості електроприводу натискних
гвинтів прокатного стану



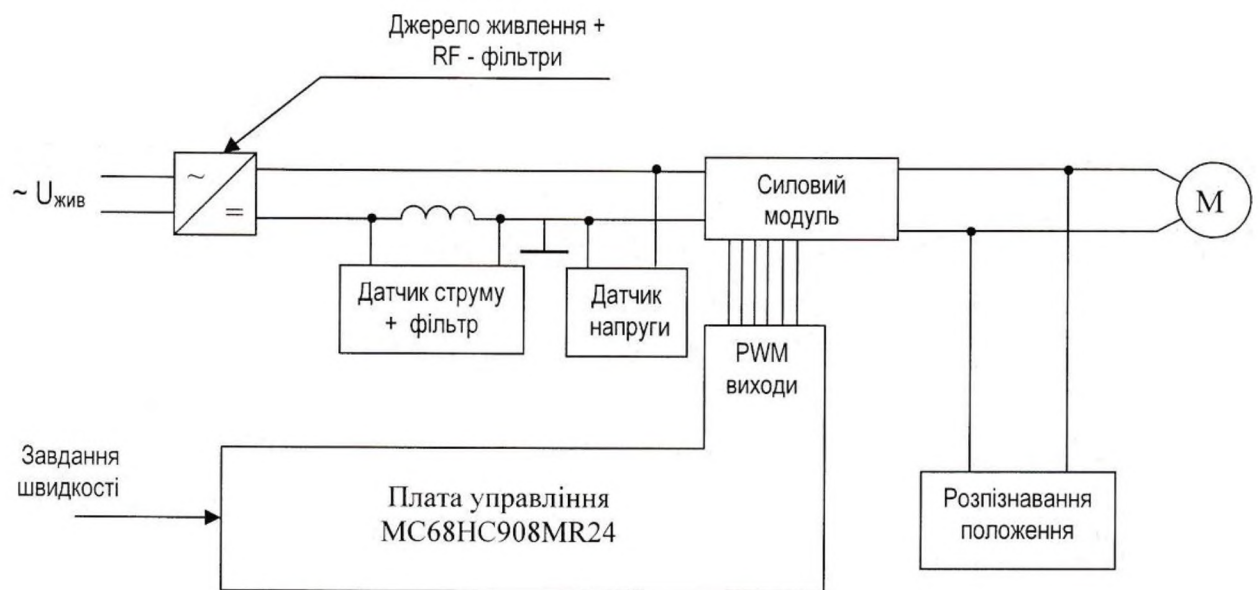
Результати математичного моделювання при визначенні
характеристик контуру регулювання положення електроприводу натискних
гвинтів прокатного стану



Мікроконтролер який повністю задовольняє розрахованим параметрам дискретизації розробленої мікропроцесорної системи керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану



Мікропроцесорна система керування автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану що складена на базі обраного мікроконтролера та повністю задовольняє умовам дискретизації розробленої системи



Алгоритм керування мікропроцесорною системою керування
автоматизованим електроприводом натискних гвинтів прокатного стану

