

**Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова**

Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра автоматики

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри


(підпис)

І. С. Білюк

« 15 » 06 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня бакалавра

зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(код та назва спеціальності)

освітня програма Електромеханіка та електроенергетика
(назва освітньої програми)

на тему: «Удосконалення електропривода головного руху шліфувального верстата»

Виконав: студент IV курсу, групи 4317ст3

Ячменьов Роман Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник доц. каф. автоматики, к.т.н.,
доц. Надточій А.В.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Нормоконтроль ст. викл. каф. автоматики
Савченко О.В.

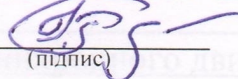
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. каф. СЕЕС, к.т.н.,
Ставинський Р.А.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент


(підпис)

м. Миколаїв – 2026 року

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Інститут, факультет Навчально-науковий інститут автоматики та електротехніки
 Кафедра автоматики
 Освітній ступінь бакалавр
 Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
 (шифр і назва)
 Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
 (шифр і назва)
 Освітня програма «Електромеханіка та електроенергетика»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

Васильєв О.Г. Васильєв

« 15 » 06 2026 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Ячменьову Роману Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Удосконалення електропривода головного руху шліфувального верстата»

керівник роботи к.т.н., доцент Надточій Анатолій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «22» квітня 2026 року № 286-УЧ.

2. Строк подання студентом роботи 15 червня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи: Електропривод головного руху шліфувального верстата 3Л722В; комплектний електропривод змінного струму Altivar 11; двигун AIR63B4: $P_{дв} = 0,3$ кВт – потужність двигуна; час перехідного процесу 0.1с; максимальне перерегулювання не перевищує 23%.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Опис координатно-шліфувального верстата та системи керування;

2. Вибір елементів та схеми підключень системи керування асинхронного електропривода;

3. Синтез системи керування електропривода головного руху;

4. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1.Зовнішній вигляд верстата;

2.Функціональна схема частотного керування швидкості асинхронного двигуна;

3.Розрахункова схема;

4.Розрахункові результати.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 03 лютого 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Опис координатно-шліфувального верстата та системи керування.	20.03.26	
2	Вибір елементів та схеми підключень системи керування асинхронного електропривода.	10.04.26	
3	Синтез системи керування електропривода головного руху.	15.05.26	
4	Охорона праці.	22.05.26	

Студент

(підпис)

Ячменьов Р.М.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Надточій А.В.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 69с., 4 р., 24 рис., 6 табл., 1 дод., 13 джерел.

Ключові слова: шліфувальний верстат, механізм головного руху, асинхронний електропривод, скалярна система керування, векторна система керування, перехідна характеристика, показники якості керування.

Об'єкт дослідження – асинхронний електропривод механізму головного руху шліфувального верстата.

Мета роботи – поліпшити показники якості електропривода механізму головного руху шліфувального верстата за рахунок застосування скалярної системи керування асинхронним електроприводом.

Перший розділ присвячений опису системи керування електроприводом механізму головного руху шліфувального верстата і згідно цього зроблена постановка задачі дослідження.

У другому розділі проведений розрахунок електропривода та електрообладнання механізму головного руху шліфувального верстата, розрахована система автоматичного регулювання. Обґрунтована та синтезована система керування.

У третьому розділі на базі функціональної схеми виконано синтез системи керування електроприводом в середовищі Simulink пакету MATLAB і обрано перетворювач частоти, що задовольняє поставленій задачі. Побудовані графіки перехідних процесів.

У четвертому розділі розглянути питання з охорони праці.

Додатки містять слайди мультимедійної презентації (додаток А).

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1 ОПИС КООРДИНАТНО-ШЛІФУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ.....	8
1.1 Опис координатно-шліфувального верстата 3Л722В	8
1.2 Система керування асинхронним електроприводом координатно- шліфувального верстата 3Л722В	12
1.3 Постановка задачі.....	23
2 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ТА СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕНЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА.....	24
2.1 Призначення та конструктивне виконання перетворювача частоти Altivar 11.....	24
2.2 Габаритні розміри перетворювача частоти.....	26
2.3 Основні функції перетворювача частоти.....	26
2.4 Схеми підключення перетворювача частоти.....	29
2.5 Функції дисплея і кнопок.....	30
2.6 Програмування перетворювача частоти Altivar 11.....	32
2.7 Повідомлення про помилки привода.....	39
2.8 Параметри асинхронного двигуна електропривода головного руху.....	41
3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ГОЛОВНОГО РУХУ.....	44
3.1 Функціональна схема замкненої системи скалярного керування.....	44
3.2 Структурна схема системи керування зі зворотнім зв'язком за швидкістю.....	46
3.3 Розрахунок параметрів системи керування.....	46
4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	52
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на ділянці механічного цеху.....	53
4.2 Розрахунок освітленості виробничого приміщення.....	57
4.3 Заходи щодо техніки безпеки при роботі на шліфувальному верстаті.....	59

ВИСНОВКИ.....	63
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	64
ДОДАТОК А Мультимедійна презентація.....	66

ВСТУП

Сучасний етап розвитку промислових електроприводів (ЕП) та систем автоматичного керування характеризується широким спектром різноманітних новаторських пропозицій, що народжуються завдяки проведенню науково-дослідних та експериментальних робіт. Провідні виробники на ринку техніки для електроприводу та автоматизації технологічних комплексів пропонують багато цікавих пристроїв та технічних рішень на їх основі. Завдяки цьому сьогодні за допомогою сучасної техніки стає можливим вирішення майже будь-якого технічного завдання та реалізації систем автоматичного керування об'єктом з дуже високим рівнем складності (будь то окремий механізм чи цілий цех або завод зі складною структурою пов'язаних між собою технологічних комплексів).

Проте, якими би ідеальними не були альтернативні сучасні електричні машини та їх системи керування, безумовним лідером у застосуванні на промислових підприємствах і не тільки, є система автоматичного керування, побудована на базі асинхронного двигуна (АД) із застосуванням перетворювача частоти (ПЧ). Ця система дозволяє отримати дуже непогані техніко-економічні показники застосування регульованого приводу у статичних та динамічних режимах роботи. Крім того, для побудови такої системи не має потреби в заміні електричної машини та механічних вузлів. Сучасні ПЧ зарубіжних виробників непогано працюють зі старими машинами вітчизняного виробництва. Звичайно, мають місце багато нюансів, на які слід звертати увагу при роботі ПЧ з АД серійного виробництва (який взагалі-то не призначений для роботи у складі системи регулювання). Це погіршення охолодження при роботі на пониженій швидкості при постійному навантаженні; деякі втрати, пов'язані з роботою при значеннях струмів та напруг, що відрізняються від номінальних, та, як наслідок цього, зниження коефіцієнта корисної дії та коефіцієнта потужності.

Взагалі, ЕП змінного струму на базі АД з короткозамкненим ротором та ПЧ є основним видом електромеханічного перетворення енергії, який успішно застосовується на підприємствах. Новітні технології та розробки, зокрема ті, що

потребують глибокої або повної перебудови виробництва залишаються недосяжною метою для підприємств та фабрик, а старі системи нерегульованого приводу вже настільки віджили себе, що є збитковими у будь-якому випадку та ніяк не піддаються модернізації, що не дуже добре для виробництва.

У цій ситуації механізми, що оснащені асинхронним нерегульованим приводом та потребують удосконалення, виходячи з потреб технологічного процесу або економії електроенергії, є прекрасним об'єктом для автоматизації. Керування асинхронною машиною за допомогою ПЧ є простим, ефективним та економічним способом, тому система ПЧ – АД є найбільш поширеною системою АЕП.

Сучасні перетворювачі частоти – це ПЧ з подвійним перетворюванням енергії, тобто мають у своєму складі ланку постійного струму, що трохи знижує його коефіцієнт корисної дії, проте інші суттєві переваги перетворювачів цього типу забезпечує їм домінуюче положення у сучасному автоматизованому ЕП. Таким чином, реалізується класична схема, за допомогою якої напруга промислової сіті перетворюється до напруги змінної частоти та амплітуди. Завдяки високоякісним силовим елементам та складній мікропроцесорній управляючій частині реалізуються відомі закони та алгоритми управління асинхронним ЕП. Обширна та розгалужена система настройки параметрів ПЧ дозволяє дуже точно настроювати привод відповідно до вимог конкретного механізму або технологічного процесу.

1 ОПИС КООРДИНАТНО-ШЛІФУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

1.1. Опис координатно-шліфувального верстата 3Л722В

Верстат призначений для обробки заготовель складного профілю зі сталі, чавуна, важкооброблюваних сталей і кольорових металів в умовах одиничного і серійного виробництва. Клас точності верстата Н.

Технічна характеристика верстата. Розміри робочої поверхні столу (ширина $\times$ довжина) 400 $\times$ 1600 мм; межі частот обертання 40 – 2000 хв⁻¹; межі робочих подач (безступінчасте регулювання) столу і повзуна 10 – 2000 мм/хв; швидкість швидкого переміщення столу і повзуна 4800 мм/хв; габаритні розміри верстата 3200x2465x2670 мм.

Пристрій ЧПК – контурне типу НЗЗ-2М, Програмносії – восьмидоріжкова перфострічка, код ISO. Геометрична інформація задається в збільшеннях. Інтерполятор – лінійно-круговий. Число керованих координат 3, число одночасне керованих координат при лінійній інтерполяції 3, при круговий 2. Дискретність відліку по осях координат X' , Y' , Z 0,01 мм. Просторова обробка досягається сполученням руху столу по двох координатах (X' і Y') і вертикального переміщення повзуна з різальним інструментом (координата Z). Можлива робота в режимі преднабора з введенням програми в пристрій ЧПК безпосередньо оператором за допомогою клавіатури.

Основні механізми і рухи у верстаті. Базою верстата (рисунок 1.1) є станина А, що має тверду конструкцію за рахунок розвитої основи і великого числа ребер. По вертикальним направляючого корпуса станини рухається консоль Е (настановне переміщення). По горизонтальним (прямокутним профілю) напрямним консолі переміщається в поперечному напрямку механізм стол-салазки Д (подача по осі Y'), а по направляючої салазок у подовжньому напрямку – стіл (подача по осі X'). У корпусі консолі змонтовано приводи поперечної і вертикальної подачі, а в корпусі салазок – привод подовжньої подачі. Головний рух одержує від коробки швидкостей

Б. У шпиндельній голівці U встановлений привод вертикальних переміщень повзуна Г по осі Z.

Кінематика верстата. *Головний рух.* Шпиндель VIII одержує обертання від асинхронного електродвигуна $M1$ ($N = 7,5$ кВт, $n = 1450$ хв⁻¹) через коробку швидкостей із трьома пересувними блоками зубчастих коліс $B1$, $B2$, $B3$ і передачі $z = 39 - 39$, $z = 42 - 41 - 42$ у шпиндельній голівці. Механізм переключення блоків забезпечує одержання 18 частот обертання і дозволяє вибрати необхідну частоту обертання без послідовного проходження проміжних ступіней. Рівняння кінематичного ланцюга для мінімальної частоти обертання шпинделя

$$n_{\min} = 1460 \frac{31}{49} \frac{16}{38} \frac{17}{46} \frac{19}{69} \frac{39}{39} \frac{42}{41} \frac{41}{42} = 40 \text{ хв}^{-1}$$

Інструмент в оправленні кріплять поза верстатом за допомогою насінних шомполів. Оправлення має зовнішній конус 50 і внутрішній конус Морзе № 4.

Для кріплення інструмента з конусами Морзе № 2 і 3 застосовують змінні втулки. Затиск інструмента здійснюється електромеханічним пристроєм. Змазування підшипників і зубчастих коліс коробки швидкостей здійснюється від плунжерного насоса, розташованого усередині коробки швидкостей.

Руху подач. Вертикальна подача повзуна зі змонтованим у ньому шпинделем здійснюється від високомоментного двигуна $M2$ ($M = 13$ Нм, $n = 1000$ хв⁻¹) через зубцювату пару $z = 44 - 44$ і передачу гвинт – гайка качіння $V11$ із кроком $P = 5$ мм. Передбачено ручне переміщення повзуна. На валові $X1$ установлений датчик зворотного зв'язку – трансформатор типу ВТМ-1В.

Поперечна подача салазок здійснюється від високомоментного двигуна $M4$ ($M = 13$ Нм, $n = 1000$ хв⁻¹), через безззорний редуктор $z = 22 - 52 - 44$ і гвинт – гайку качення $XVII$ із кроком $P = 10$ мм. Зазор у кососубих циліндричних колесах 1, 3 і 5 редуктори (рисунок 1.2) усувають шліфуванням півкілець 2 і 4, установлюваних між колісьми 3 і 5.

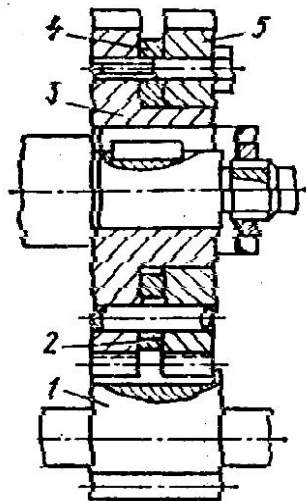


Рисунок 1.2 – Схема усунення зазору в редукторі поперечної подачі верстата

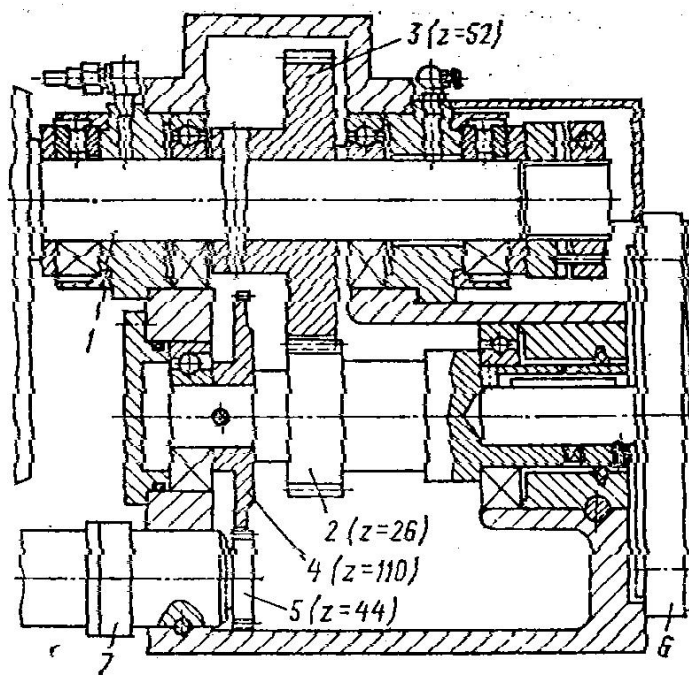


Рисунок 1.3 – Редуктор подовжньої подачі верстата

Допоміжні рухи. Спеціальними шестигранними висновками можна робити ручні переміщення по координатах X' і Y' . Настановна вертикальна подача консолі здійснюється від електродвигуна $M5$ ($N = 2,2$ квт, $n = 1500$ хв⁻¹) через черв'ячну пару $z = 2 - 40$ і ходовий гвинт XIX .

Розріз редуктора подовжньої подачі показаний на рисунку 1.3. Від двигуна 6 рух передається гвинтові качіння 1 через зубчасту передачу 2 – 3. Трансформатор 7 зв'язаний з валом двигуна через зубчасті колеса 4 – 5. Змазування редуктора здійснюється розбризкуванням.

1.2 Система керування асинхронним електроприводом координатно-шліфувального верстата 3Л722В

Автоматизований електропривод є енергетичною основою автоматизації виробничих процесів. Його розвиток базується на новітніх досягненнях науково-технічної революції, зокрема в області силової напівпровідникової техніки, мікроелектронних засобів керування і коштів керуючої обчислювальної техніки. У зв'язку зі швидкими темпами розвитку базових галузей техніки актуальним є завдання оснащення електроприводів новітніми технічними засобами з метою більш повного задоволення ускладнюються вимог автоматизації виробничих процесів. Ці завдання традиційно обговорюються на конференціях з проблем автоматизованого електроприводу.

Все більшого поширення набуває комплектний електропривод на базі закінченої уніфікованої конструкції, що включає в себе всі основні елементи електроприводу з повною або підвищеною заводською готовністю. Створення його вимагає комплексного підходу до вибору двигуна(двигуни змінного струму витісняють в виробництві двигуни постійного струму), джерел живлення, системи регулювання з єдиних позицій на базі всебічної уніфікації

В автоматизованих електроприводах використовують асинхронні електродвигуни з короткозамкнутим або фазним ротором. Для зміни моменту двигуна і відповідно для керування швидкістю існують наступні способи:

- зміна напруги статора U_1 ;
- зміна частоти напруги статора f_1 , в тому числі одночасно зі зміною напруги статора U_1 ;
- зміна активного електричного опору кола ротора R'_2 (тільки для двигунів із фазним ротором);
- зміна числа пар полюсів p (тільки для спеціальних полюсоперемикаємих двигунів);
- використання енергії ковзання за допомогою спеціальних каскадних схем (тільки для двигунів із фазним ротором);
- подвійне живлення двигуна (тільки для двигунів із фазним ротором);
- зміна електричного опору кола статора R_1 (тільки для двигунів із короткозамкнутим ротором).

У верстаті використовується скалярний принцип автоматичного керування асинхронними двигунами на основі комплектного електроприводу «Размер–2М». В цьому випадку обмотка статора двигуна живиться від силового перетворювача частоти, який реалізується на транзисторах чи тиристорах (рис. 1.4). Якщо керування швидкістю здійснюється зміною частоти f_1 , то її згідно до (1.1) можна тільки збільшувати відносно номінальної f_1 для запобігання насичення магнітного кола двигуна. Збільшення частоти призводить до пропорційного збільшення синхронної швидкості ω_c та до зменшення пропорційно квадрата частоти критичного моменту M_k , так як і синхронна швидкість і індуктивний опір обмоток статора та ротора залежать від частоти

$$X_1 = 6,28 f_1 L_1 ,$$

$$X_1 = 6,28 f_1 s L_2 . \quad (1.1)$$

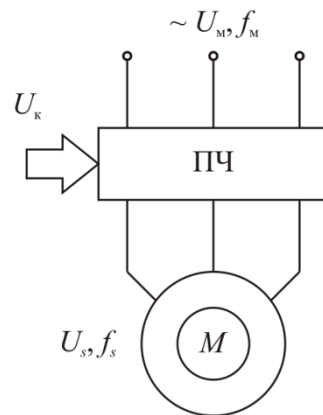


Рисунок 1.4— Керування швидкістю за рахунок зміни частоти та амплітуди напруги живлення асинхронного електропривода.

Жорсткість механічних характеристик на робочій ділянці не змінюється, бо пропорційному збільшенню синхронної швидкості відповідає пропорційне зменшення критичного ковзання. Сімейство штучних механічних характеристик представлено на рисунку 1.5

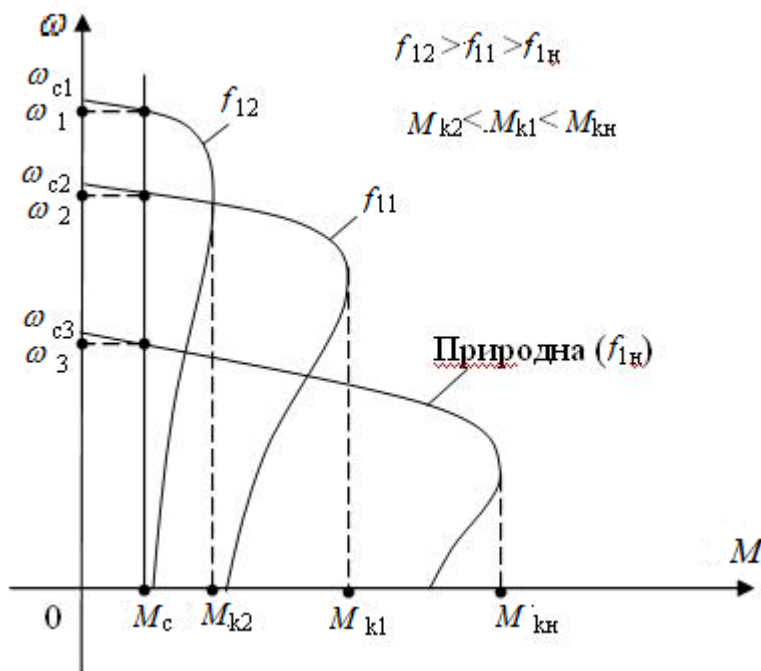


Рисунок 1.5— Сімейство штучних механічних характеристик

Робочі точки визначаються перетином механічних характеристик двигуна та механізму, який створює статичний момент M_c . Перевагою способу є плавна зміна швидкості при незмінній жорсткості характеристик. Недолік полягає в зменшенні перевантажувальної здатності двигуна та можливості керування швидкістю тільки вище номінальної. Якщо знехтувати активним електричним опором статора R_1 , то критичний момент двигуна стає залежним у квадраті від напруги та частоти статора

$$M_k = K \frac{U_1}{f_1}, \quad (1.2)$$

де K – коефіцієнт пропорційності.

Звідсіля випливає основний закон частотного керування швидкістю асинхронного двигуна, який ще називається законом Костенка

$$\frac{U_1}{f_1} = \frac{U_{1n}}{f_{1n}} = const. \quad (1.3)$$

Згідно до нього частота змінюється пропорційно зміні напруги. Це забезпечує незмінне значення критичного моменту та незмінний номінальний магнітний потік при широкому діапазоні керування швидкістю від нуля і до максимальної. Найчастіше в якості максимальної виступає номінальна швидкість, якій відповідає номінальна напруга статора. Підвищення напруги вище номінальної обмежується електричною стійкістю ізоляції обмотки. Для реалізації способу керування найчастіше використовуються перетворювачі частоти з ланкою постійного струму, які складається з керованого випрямляча (КВ), фільтра (Ф), автономного інвертора (АІ) та систем керування випрямлячем (СКВ), інвертором (СКІ) і електроприводом у цілому (СК), рисунок 1.6. Величина напруги статора U_1 змінюється КВ, а частоти f_1 – АІ. Для невеликих потужностей замість керованого випрямляча використовується некерований, а за допомогою АІ із системою широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) одночасно регулюється і напруга й частота. АІ може бути джерелом напруги чи струму і в залежності від цього існують різні види замкнених систем керування швидкістю асинхронного двигуна.

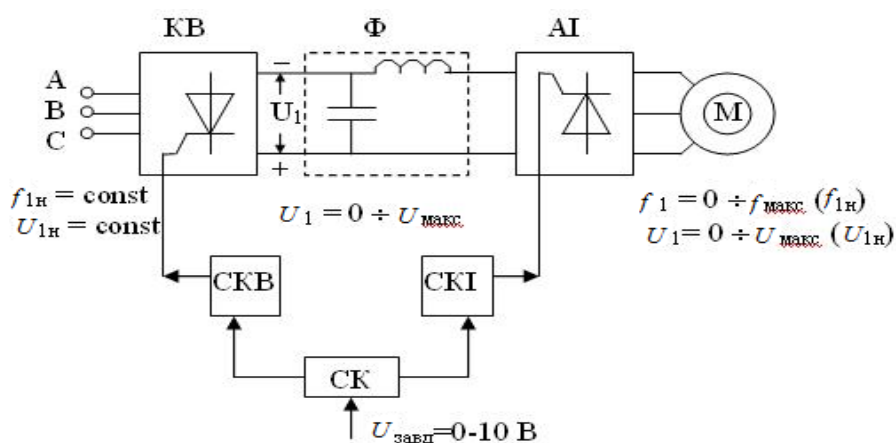


Рисунок 1.6— Схема частотного керування швидкості асинхронного двигуна

Цей спосіб частотного керування швидкості асинхронного двигуна є основним. Його перевагою є плавна зміна швидкості від нуля до максимальної (номінальної) при незмінній жорсткості механічної характеристики та перевантажувальної здатності двигуна. Діапазон керування складає 5-10 для розімкнених систем та 1000 і більше для замкнених. Він називається “керування в першій зоні з постійним моментом двигуна”. Недолік полягає у відносній складності та підвищеній вартості данного перетворювача частоти. Розглянуті частотні способи керування швидкістю асинхронного двигуна є найбільш поширеними. Розвиток елементної бази силової промелектроніки та впровадження мікропроцесорних систем керування електроприводом суттєво зменшили вартість та габарити перетворювачів частоти, а також забезпечили високу якість керування, що обумовлює заміну нерегульованих асинхронних ЕП на регульовані та витіснення з окремих галузей ЕП постійного струму. Принцип скалярного керування частотно-регульованого асинхронного електроприводу базується на зміні частоти і поточних значень модулів змінних АД(напруги, магнітних потоків, потокозчеплення і струмів ланцюгів двигуна). Керованість АД при цьому може забезпечуватися спільним регулюванням або частоти f_1 , і напруга U_1 або частоти f_1 і струму I_1 , обмотки статора. Перший спосіб керування прийнято трактувати як частотне керування, другий - як частотно-струмове. Вибір способу і принципу керування визначається сукупністю статичних, динамічних і енергетичних вимог до асинхронного електроприводу. Скалярний принцип частотного керування є найбільш поширеним в асинхронному електроприводі. Йому властива технічна простота виміру і

регулювання змінних АД, а також можливість побудови розімкнених систем керування швидкістю. Основний недолік подібного принципу керування полягає в важкості реалізації бажаних законів регулювання швидкості і моменту АД в динамічних режимах. Пов'язано це з дуже складними електромагнітними процесами, які протікають в АД асинхронного електропривода. Скалярне частотно-струмове керування АД характеризується малим критичним ковзанням і постійністю критичного моменту при постійності струму, що живить АД, і зміні його частоти. Проте в розімкнених системах подібне керування практично виключено, оскільки зі збільшенням навантаження(ковзання) різко падає магнітний потік АД і для забезпечення бажаних перевантажувальних здібностей АД по моменту потрібно помітне перевищення номінальних значень напруги живлення і струму статора.

Розімкнені системи керування. При невисокій точності і обмеженому діапазоні регулювання швидкості АД найбільш доцільним є його частотне керування в розімкненій системі електроприводу (рисунок 1.7). У подібних системах частота f_1 і напруга живлення U_1 АД формуються пропорційно напрузі керування u_y в перетворювачі частоти(ПЧ) на базі автономного інвертора напруги. Для компенсації падіння напруги у внутрішніх опорах ПЧ і можливих коливань напруги його живлячої мережі в перетворювачах частоти як джерелах напруги прийнято використати внутрішні контури стабілізації вихідної напруги.

Для збереження постійності перевантажувальної здатності АД по моменту функціональному перетворювачі(ФП) передбачається таке співвідношення між напругою завдання частоти u_f і напруги u_u на виході ПЧ, при якому забезпечується компенсація падіння напруги на активному опорі обмоток статора. Теоретично це співвідношення характеризується нелінійною функцією, коли u_u знижується у меншій мірі, чим u_f . Для більшості серійних перетворювачів частоти ця функція лінеарізується шляхом вибору в статичній характеристиці ФП двох базових координат - u_{u1} при u_{f1} і u_0 при $u_f=0$ (рисунок 1.7). Перша координата визначає завдання мінімального значення частоти f_1 і напруги, що відповідає йому U_1 на виході ПЧ, при яких ще зберігається рівність співвідношень $U_1 / f_1 = U_{1ном} /$

$f_{1ном}$. Для АД загального призначення при діапазоні регулювання швидкості в розімкненій системі частотного керування до $(8... 10) : 1$ дійсного значення мінімальної частоти практично вибирається. Друга координата вибирається з урахуванням зменшення тепловідводу загальмованого двигуна(у режимі динамічного гальмування) з наступних умов обмеження струму статора на рівні: $(0,7...0,8) I_{1ном}$.

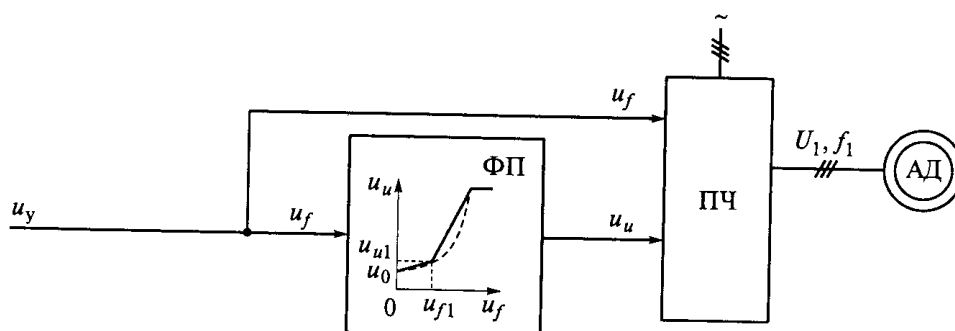


Рисунок 1.7– Функціональна схема розімкнутої системи керування ПЧ-АД

Це відповідає установці вихідної напруги перетворювача частоти при $u_{f1} = 0$ на рівні $U_1 = (0,7...0,8) I_{1ном} \cdot R_1$, де R_1 - активний опір обмотки статора АД.

Реальне найменше значення вихідної частоти перетворювача і значення u_{f1} що відповідає йому, корисно вибирати з умови $u_{f1} = \omega_{ном} p_{II} s_c / 2\pi$ при якому пусковий момент АД буде близьке моменту сил опору на валу двигуна. Тут s_c - ковзання АД при його статичному навантаженні. При подібному виборі зона нечутливості по сигналу керування швидкістю АД буде мінімальною і рух електроприводу почнеться практично одночасно з початком збільшення сигналу керування.

У статичному режимі розімкнена система частотного керування(рисунок 1.7) з приведеними вище співвідношеннями U_1 / f_1 практично забезпечує збереження номінальної перевантажувальної здатності АД в діапазоні зміни частоти не більше $(8... 10) : 1$ при постійному навантаженні і $(10...25) : 1$ - при вентиляторі . При збереженні ж заданої точності регулювання швидкості АД

діапазон її регулювання в розімкненій системі частотного керування значно менший, при постійному навантаженні і точності регулювання 10% не перевищує діапазону 3:1. Недоліком розімкненої системи частотного керування є і відсутність обмежень змінних електроприводу(моментів, струмів, напруги) при можливих перевантаженнях з боку робочого механізму або відхиленнях напруги .

Замкнуті системи частотного керування. Формування необхідних статичних і динамічних властивостей асинхронного частотно-регульованого електроприводу можливе лише в замкнутою системі регулювання його координат.

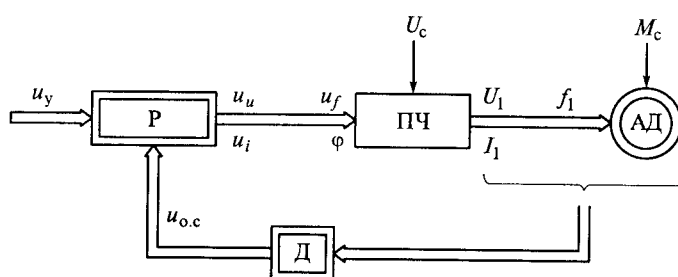


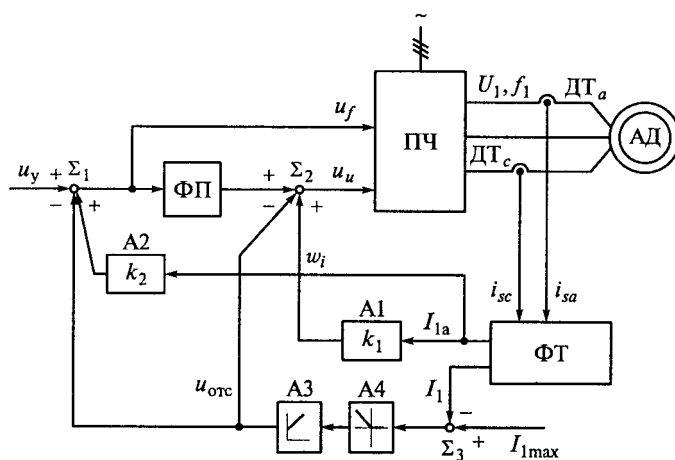
Рисунок 1.8– Функціональна схема замкнутої системи ПЧ-АД зі скалярним керуванням

Узагальнена функціональна схема подібної системи(рисунок 1.8) окрім АД і керований перетворювач частоти(ПЧ) містить регулятори Р і датчики Д змінних електроприводу. Діями u_y що управляють, на вході регуляторів можуть бути сигнали завдання будь-яких координат електроприводу - швидкості, кута повороту ротора АД, струму статора, магнітного потоку і т. п. Обурюючими діями на електропривод можуть бути моменти сил опору M_c на валу АД або коливання напруги мережі U_c що живить електропривод. Вхідними сигналами датчиків є змінні АД, доступні для безпосереднього їх виміру(частота, напруга і струм статора, швидкість ротора, магнітний потік в повітряному проміжку АД) або визначувані розрахунковим шляхом за допомогою математичної моделі АД (ЕДС, потокозчеплення статора, ротора і т. п.). Вихідні сигнали регуляторів, залежні від дій, що управляють, сигналів зворотних зв'язків $u_{3.3.}$ з і прийнятих алгоритмів регулювання, являються сигналами керування частотою u_f вихідною напругою, яка

позначається u_u і струмом i_i , перетворювача частоти.

Розглянемо приклад однієї з замкнутих систем скалярного керування, найбільш поширених в промислових електроприводах за новітніх технологій.

Варіант функціональної схеми системи частотного керування АД із зворотним зв'язком по струму статора представлено на рисуюнок 1.9. Тут сигнали i_{sa} і i_{sc} пропорційні миттєвим значенням струмів фаз А і З обмоток статора, з виходу датчиків струму ДТ_а і ДТ_с поступають у функціональний перетворювач струму ФТ, де формуються вихідні сигнали I_1 і I_{1a} , пропорційні відповідно до діючого значення струму статора і активної складової цього струму. У вузлах суматорів 1 і 2, підсумовуються сигнали керування і зворотних зв'язків, що поступають з функціональних облаштувань А1, А2 і А3. Облаштування А4 забезпечує проходження сигналу I_1 на вхід А3 лише при його перевищенні на суматорі 3 сигналу I_{1max} пропорційного діючому значенню максимально допустимого струму статора АД. Призначення кожного з контурів зворотних зв'язків і їх вплив на властивість електроприводу доцільно розглянути окремо. Так, при дії лише позитивного зворотного зв'язку із струму з боку А1 у міру збільшення моменту статичного навантаження АД і відповідного збільшення струму статора на вхід суматора поступає додатковий сигнал u_i , збільшувачий сигнал u_u .



Рисуюнок 1.9 – Функціональна схема системи ПЧ-АД зі зворотнім зв'язком по струму

У результаті у міру збільшення струму статора збільшується і вихідна напруга

ПЧ. При цьому його вихідна частота, визначувана сигналом u_f , залишається постійною. Підвищення напруги на обмотках статора АД сприяє компенсації падіння напруги на повному їх опорі i , в результаті, збільшенню потоку намагнічення АД. Міра компенсації визначається коефіцієнтом посилення k_1 ланцюги позитивного зворотного зв'язку по струму. Очевидно, чим більше k_1 тим більше буде потік при тому ж абсолютному ковзанні. Межа збільшення k_1 визначається умовами стійкості замкненої системи керування і допустимими значеннями потоку намагнічення і напруги живлення асинхронного двигуна.

Системи частотно-струмового керування. При частотно-струмовому управлінні АД живиться від перетворювача частоти(ПЧС), працюючого в режимі джерела струму. Подібний перетворювач може бути реалізований на основі автономного інвертора струму(рисунок 1.10, а), до складу якого входять керований випрямляч КВ, що забезпечує за рахунок негативного зворотного зв'язку по струму навантаження(датчик струму ДС і регулятор струму РС) спільно з дроселем, що фільтрує, Ін. режим керованого джерела постійного струму, і інвертор струму ІС, що виконує функцію формування необхідної частоти вихідного струму. Реалізація ПЧС можлива і на основі перетворювачів частоти з безпосередньою зв'язком НПЧ(мал. 1.10, б), в яких для кожної з вентильних груп є внутрішній контур регулювання струму, а частота вихідного струму НПЧ задається генератором частоти ГЧ. Контур регулювання струму ПЧС, як правило, астатичний, і параметри його Пі-регулятора визначають так само, як і для Пі-регулятора струму в комплектних електроприводах постійного струму.

Відмітною особливістю ПЧС є можливість двостороннього обміну енергією між мережею, що живить його, і двигуном з нереверсивним КВ за рахунок зміни напрямку проти-ЕРС інвертора і збереження напрямку в ній випрямленого струму.

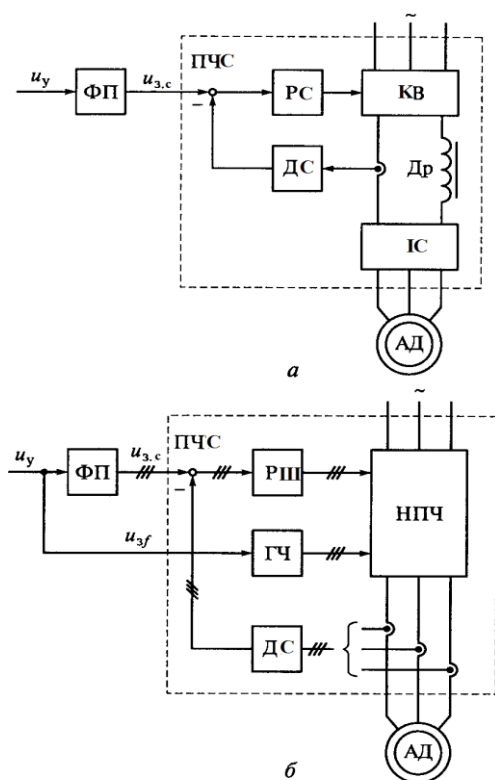


Рисунок 1.10 – Функціональні схеми систем ПЧ-АД при живленні від джерела струму на основі автономного інвертора(а) і перетворювача частоти безпосереднім зв'язком(б).

Керування двигуном робиться за допомогою сигналів завдання вихідного струму $u_{3,c}$ і частоти $u_{3,f}$ перетворювача ПЧС. Обидва сигнали, у свою чергу, залежать від загального сигналу керування u_y . При живленні АД від джерела струму внаслідок розмагнічуючої дії струму ротора магнітний потік АД помітно змінюється при зміні абсолютного ковзання. Тому для стабілізації магнітного потоку АД при зміні його навантаження в канал завдання струму ПЧС вводиться функціональний перетворювач ФП, що визначає завдання струму статора I_1 у функції абсолютного ковзання s_a електродвигуна змінного струму.

1.3 Постановка задачі

Проведений аналіз основних технічних характеристик координатно-шліфувального верстата 3Л722В і умов його експлуатації дозволяє здійснити наступну постанову задачі дослідження:

- замінити застарілі комплектний електропривод «Размер–2М» та ЧПК НЗЗ-2М на сучасний програмований комплектний електропривод ;
- скласти математичну модель для синтезу системи керування;
- застосувати комплектний електропривод змінного струму Altivar 11;
- розрахувати перехідні процеси верстата та провести зрівняльний аналіз щодо запропонованого поліпшення технічного рішення поставленого завдання.

2 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ ТА СХЕМИ ПІДКЛЮЧЕНЬ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АСИНХРОННОГО ЕЛЕКТРОРИВОДА

2.1 Призначення та конструктивне виконання перетворювача частоти Altivar 11

У конструкції вертикально – фрезерного верстата є шафа для розміщення електрообладнання (рис. 2.1). Заміна застарілого комплектного електропривода (КП) «Размер – 2М», який розташований в окремій шафі, дозволяє для розміщення КП Altivar 11 застосовувати шафу у конструкції верстата.



Рисунок 2.1 – Координатно-шліфувальний верстат 3Л722В

Перетворювач частоти Altivar 11, з напругою живлення 380 В, призначений для скалярного керування швидкістю обертання трифазних асинхронних електродвигунів напругою живлення 220В, потужністю від 0.18 до 2.2кВт.

Перетворювачі частоти цієї серії здійснюють керування швидкістю обертання трифазних асинхронних двигунів потужністю від 0,18 до 2,2кВт з короткозамкнутим ротором і напругою живлення 100-240В, а саме:

- пуск, зупинка і регулювання швидкості обертання ротора двигуна;
- реверс(обертання валу двигуна в протилежну сторону);

- плавний розгін асинхронного двигуна і його плавне гальмування;
- установка часу розгону двигуна і часу гальмування;
- захист двигуна(від струмів короткого замикання, обриву фази і так далі) і перетворювача;
- функція "підхоплення на ходу" - можливість підхоплення навантаження, що обертається;
- чотири заздалегідь задані(з можливістю зміни значень) швидкості;
- вбудований ПІ-регулятор типу,що є вагомю перевагою для системи.

Застосування:

- транспортування вантажів в горизонтальній площині (недовгі конвеєри,що переміщують механізми будь-якого виконання та призначення).
- насоси(для перекачки води різного об'єму), вентилятори, кондиціонери
- механізми спеціального призначення(високопродуктивні міксери, промислові змішувачі різних сфер користування, невеликі центрифуги)

Кожний з перетворювачів виконаний в спеціальному корпусі з охолоджувальним радіатором, вони призначені для нормальних умов експлуатації і розміщення в шафі. Зовнішній вигляд перетворювача зображено на рисунк 2.2.



Рисунок 2.2– Зовнішній вигляд перетворювача

2.2 Габаритні розміри перетворювача частоти

Позначення основних габаритних розмірів перетворювача частоти та їх кріплення приведені на рисунок 2.4. Величини розмірів та маси перетворювачів зведені в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1- Основні габаритні розміри перетворювачів

Тип ПЧ	a [mm]	b [mm]	c1 [mm]	G [mm]	H [mm]	m [kg]
Altivar 11	72	142	125	60	120	0.7

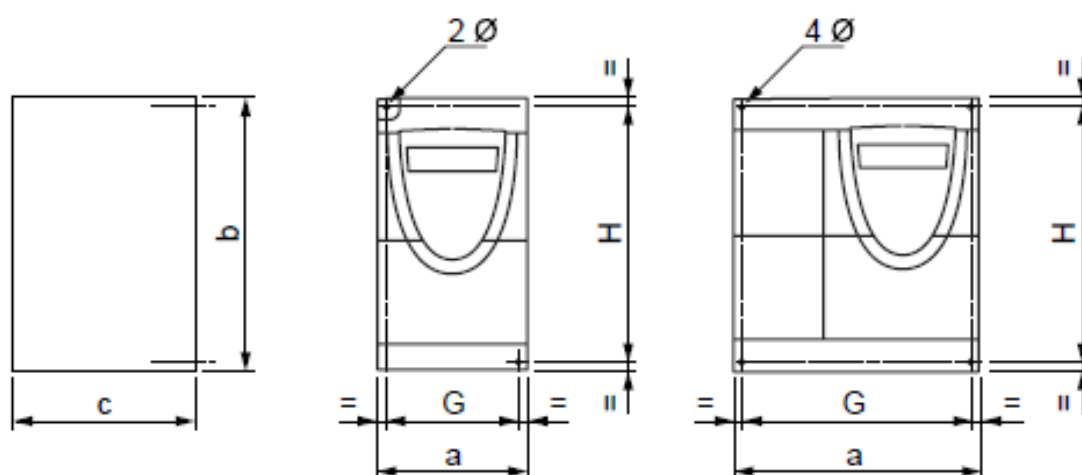


Рисунок 2.3– Позначення основних розмірів перетворювачів

2.3 Основні функції перетворювача частоти

Реле несправності.

Реле несправності включається при поданні живлення на перетворювач і відсутності несправності. Воно відкривається при виникненні несправності або при виключенні живлення перетворювача.

Розблокування ПЧ після зникнення живлення робиться:

- виключенням живлення ПЧ до згасання дисплея і подальшим включенням;
- автоматично у випадках описаних у функції "автоматичний поторий пуск"(меню FUn, Atr = YES);
- за допомогою дискретного входу призначеного на функцію "скидання несправності"(меню FUn, rSF = LIp).

Тепловий захист перетворювача.

Тепловий захист за допомогою терморезистора, вбудованого в силовий модуль.

Вентиляція перетворювачів.

Деякі типи перетворювачів мають примусову вентиляцію: ATV 11HU18F1A, ATV 11HU18F1U, ATV 11*U18M2U, ATV11 *U18M3U, ATV 11HU29***, ATV 11HU41 ***.

Вентилятор включається автоматично відразу ж після включення живлення перетворювача.

Тепловий захист двигуна .

Призначення: тепловий захист здійснюється шляхом розрахунку функції I^2t .

А також прикладних функцій входів, що конфігуруються, і виходів:

Прикладні функції дискретних входів.

Кожна з подальших функцій призначається на один з дискретних входів. Один і той же дискретний вхід може включати декілька функцій одночасно (наприклад, обертання назад і перемикання темпів). Необхідно переконатися, що ці функції сумісні.

Двопровідне керування.

Меню FUn, tCC, ACt = 2C.

Пуск(вперед або назад) і зупинка здійснюється за допомогою одного і того ж дискретного входу.

Типи двопровідного керування :

- tCt = LEL : враховується стан 0 або 1 при пуску і зупинці.
- tCt = tm: враховується зміна стану(по переходу або фронту) при поданні команди пуску, щоб уникнути випадкового повторного пуску.
- tCt = PFO: враховується стан 0 або 1 при пуску і зупинці, але команда обертання вперед завжди має пріоритет над командою обертання назад.

Трипровідне керування.

Меню FUn, tCC, ACt = 3C.

Пуск(вперед або назад) і зупинка здійснюється за допомогою двох дискретних входів.

L11 завжди призначений на зупинку. Зупинка із заданим темпом виходить при розмиканні контакту(стан 0).

Імпульсна команда на вході пуску зберігається до розмикання входу зупинки.

При включенні живлення, ручному скиданні несправності або поданні команди зупинки двигун живитиме тільки після зняття заздалегідь поданих команд на обертання вперед або назад.

Напрямок обертання "вперед/назад".

При двопровідному керуванні обертання назад може бути призначене тільки дискретному входу L11. При трипровідному керуванні обертання назад може бути призначене тільки дискретному входу L12.

Обертання назад може бути виключене при застосуваннях з одним напрямом обертання двигуна без призначення якого-небудь дискретного входу на обертання назад (меню FUn,grS, nO)

Зброс несправності.

Дозволяє скинути збережену несправність і знову включити перетворювач, якщо причина несправності усунена, за винятком несправностей OCF(перевантаження по струму), SCF(коротке замикання двигуна) і InF(внутрішня несправність), які вимагають виключення живлення.

Прикладні функції вихода DO.

Вихід DO використовується в якості аналогового або дискретного вихода в залежності від вибраної функції:

Струм двигуна(аналоговий вихід).

Максимальний сигнал,що відповідає 200 % номінальному струму перетворювача.

Частота напруги статора двигуна (аналоговий вихід).

Максимальний сигнал відповідає 100 % HSP.

Пороговий сигнал частоти (дискретний вихід).

Зміна стану вихода, якщо швидкість двигуна дійшла заданого значення.

Пороговий сигнал струма здобутий (дискретний вихід).

Зміна стану вихода, якщо струм двигуна перевисив регулюючу уставку.

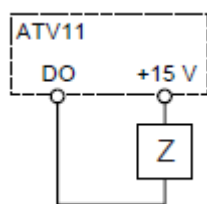


Рисунок 2.4— Схема з внутрішнім джерелом живлення

2.4 Схеми підключення перетворювача частоти

Перетворювач частоти підключається до живлячої мережі, асинхронного електродвигуна та до відповідних органів керування через спеціальні клеми.

Схеми підключення перетворювача зображені на рисунку 2.5 та 2.6

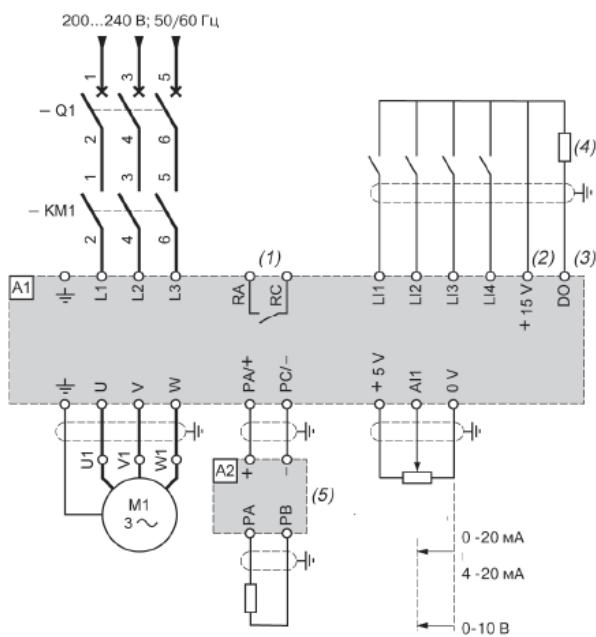


Рисунок 2.5— Схема підключення ПЧ Altivar 11(трифазне живлення)

Натискання на ▲ або ▼ не зберігає вибір.зберігання,регістрація відображеного вихода: ENT. Це відбувається в супроводі мерехтінням індикатора.

Нормальне відображення при відсутності несправності и не при вводі в експлуатацію:

- rdY:ПЧ готовий;
- 43.0:відображення вибраного параметра в меню(задання частоти);
- dcb:режим динамічного гальмування;
- nSt:зупинка.

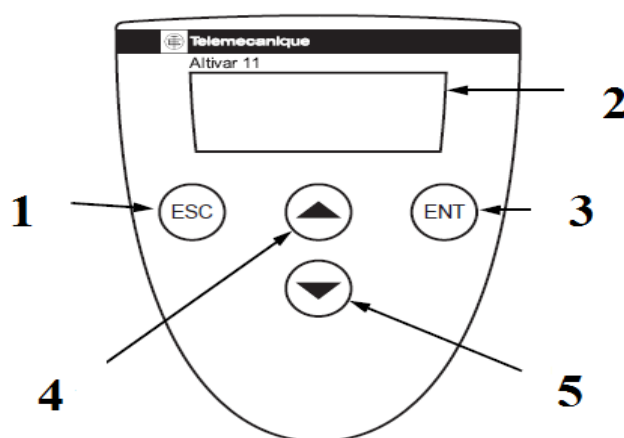


Рисунок 2.7–Зовнішній вигляд дисплея

Для забезпечення безвідмовної роботи перетворювачів частоти, під час експлуатації, рекомендується використовувати наступне додаткове обладнання:

-швидкодіючі електронні запобіжники для захисту електронних частин перетворювачів. Допускається застосування автоматичних вимикачів, рекомендованих для використання заводом-виробником;

-для додаткового захисту електродвигуна від теплового перегріву рекомендується використання датчика температури встановленого в корпус електродвигуна. Під час роботи електродвигуна від перетворювача частоти в області частот нижче номінальних рекомендується використання незалежного вентилятора, для захисту двигуна від перегріву;

-у разі самовільного відключення перетворювача з причини якої-небудь несправності забороняється повторно включати перетворювач до усунення

несправності. У разі повторного відключення з цієї ж причини (після усунення несправності) необхідно звернутися до фірми постачальника.

2.6 Програмування перетворювача частоти Altivar 11

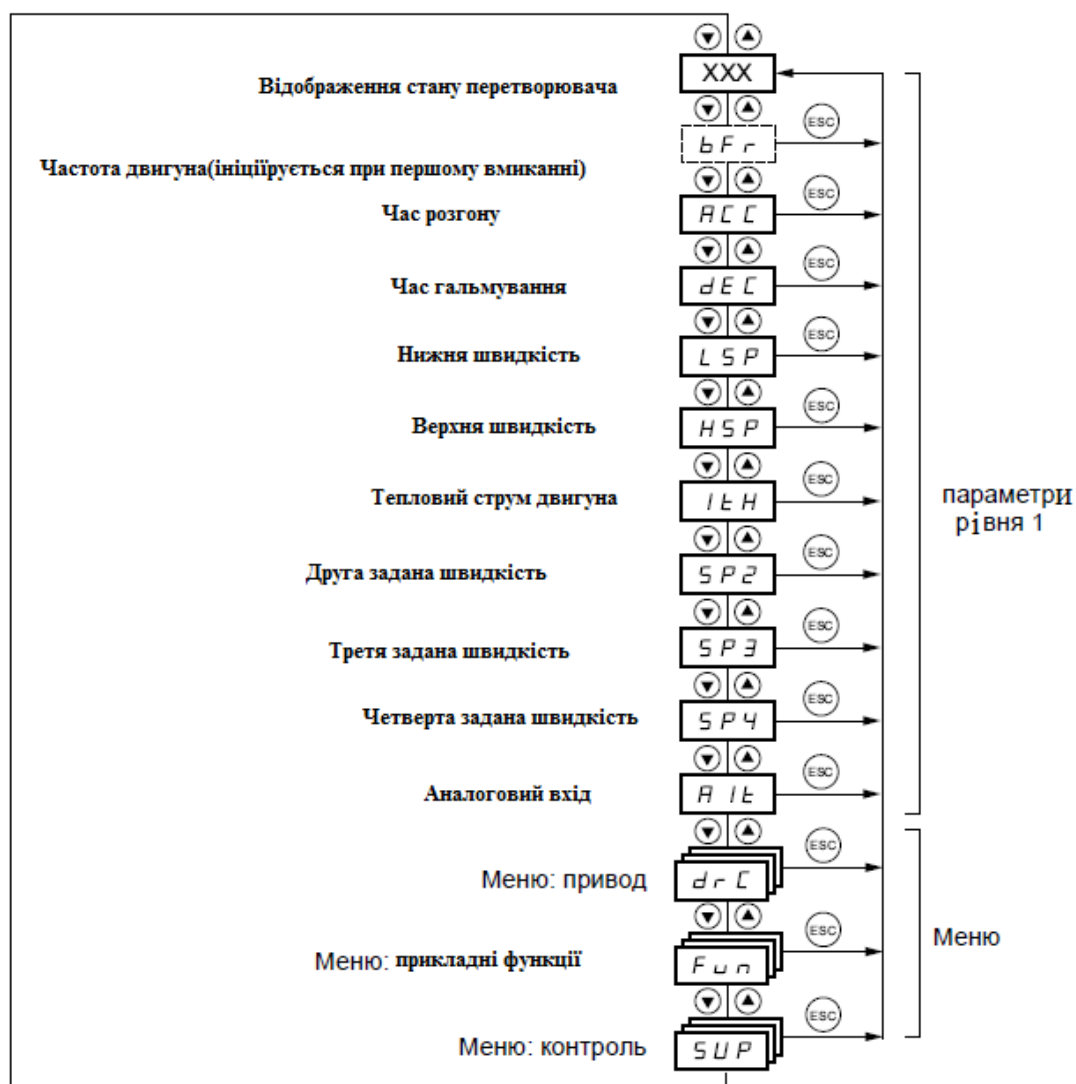


Рисунок 2.8— Доступ до меню

Кожний доступний для зміни параметр привода відповідає спеціальному коду. Заводський параметр можна змінити на доступне його значення в певному діапазоні. Коди, відповідні їм параметри, заводські значення параметрів та діапазони їхніх змін, при програмуванні, вказані в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2– Програмування перетворювача частоти

Код	Опис	Діапазон настройки	Заводська настройка
bFr	Частота напруги живлення двигуна	50 або 60 Гц	50(серії E і A) 60(серії U)
	Даний параметр з'являється тільки при першому включенні напруги живлення. Він завжди доступний для пере настройки в меню FUn		
ACC	Час розгону(темп прискорення)	0.1-99.9 с	3
	Знаходе час для розгону від 0 до номінальної швидкості FrS(параметр меню drC)		
deC	Час гальмування	0.1-99.9 с	3
	Знаходе час для розгону від номінальної швидкості FrS(параметр меню drC) до 0		
LSP	Нижня швидкість	0 Гц-HSP	0
	Швидкість двигуна при нульовому задані		
HSP	Верхня швидкість	LSP -200 Гц	0
	Швидкість двигуна при максимальному задані		
ltH	Тепловий струм двигуна	0-1,5 In	В залежності від типу ПЧ
	Струм, який використовується для теплового захисту двигуна		
SP2	Друга задана швидкість	0-200 Гц	10
SP3	Третя задана швидкість	0-200 Гц	25
SP4	Четверта задана швидкість	0-200 Гц	50
Alt	Конфігурація аналогового входу	5U, 10U, 0A, 4A	5U
	-5U:за напругою 0-5 В(внутрішнє живлення) -10U:за напругою 0-10 В(зовнішнє живлення) -0A:по струму 0-20 мА -4A:по струму 4-20 мА		

Меню привода drC.

Дане меню приведене в таблиці кодів 2.3.

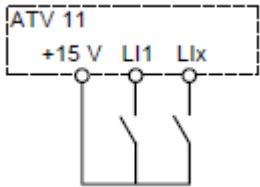
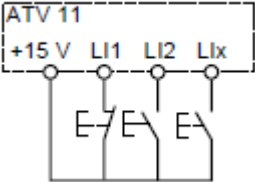
Таблиця 2.3– Меню привода

Код	Опис	Діапазон настройки	Заводська настройка
UnS	Номінальна напруга двигуна, зчитана з заводської таблички	100-500 В	В відповідності з типом ПЧ
FrS	Номінальна частота двигуна, зчитана з заводської таблички	40-200 Гц	50/60 Гц в відповідності з bFr
StA	Стійкість контура регулювання частоти. Дуже велике значення призведе до затягування перехідного процеса. Дуже маленьке значення призведе до перерегулювання швидкості, тобто до нестійкості	0-100 % при зупинці 1-100 % при роботі	20
FLG	Коефіцієнт контура регулювання частоти. Дуже велике значення призведе до перерегулювання швидкості, тобто до нестійкості. Дуже маленьке значення призведе до затягування перехідного процеса	0-100 % при зупинці 1-100 % при роботі	20
UFr	IR-компенсація Дозволяє оптимізувати момент на нижній швидкості або адаптуватись в спеціальних випадках	0-200 Гц	50
nCr	Номінальний струм двигуна, зчитаний з заводської таблички	0.25-1.5In	В відповідності з типом ПЧ

Код	Опис	Діапазон настройки	Заводська настройка
nSL	Номінальне ковзання двигуна .Разраховується по формулі: $nSL = \text{параметр FrS} \times \frac{Ns - Nn}{Ns}$ Nn = номінальна швидкість двигуна, зчитана з заводської таблиці; Ns = синхронна швидкість двигуна	0-10 Гц	В відповідності з типом ПЧ
SLP	Компенсация ковзання.Дозволяє настроїти компенсацію ковзання номінального значення ковзання двигуна або адаптуватися в спеціальних випадках.	0-150 %	100
COS	Косинус двигуна, зчитаний з заводської таблиці	0.50-1.00	В відповідності з типом ПЧ
FLG	Коефіцієнт контура регулювання частоти.Дуже велике значення регулювання швидкості,до не стійкості	0-100 % при остановці 1-100 % при роботі	20

Оптимізація характеристик асинхронного електропривода,в данному випадку той що описується в дипломному проекті відбувається при вводі параметрів з заводської таблиці двигуна.

Таблиця 2.4– Меню прикладних функцій FUp

Код функції	Призначення	Заводська настройка
tCC ACt	Тип керування Конфігуріроване керування: 2С = 2-провідне керування 3С= 3-провідне керування LOC = локальне керування (кнопки RUN / STOP на перетворювачі) тільки для серії А 2-провідне керування: це відкритий або закритий стан, керуючи пуском або зупинкою Приклад підключення: LI1 : вперед LIx: назад  3-провідне керування (імпульсне керування): одного імпульса "вперед" або "назад" досить для пуску, одного імпульса "стоп" досить для зупинки. Приклад підключення: LI1 : стоп LI2: вперед LIx: назад  Тип 2-провідного керування (параметри доступні тільки у випадку tCC = 2С): LEL: враховується тільки стан 0 або 1 для пуску или зупинки; trp: зміна стану необхідно для команди пуску, ; PFO: враховується тільки стан 0 або 1 для пуску чи зупинки, но команда "вперед" має завжди пріоритет перед командой "назад"	серии Е и U: 2С серия А: LOC

Код функції	Призначення	Заводська настройка
rrS	Обертання назад nO: функція неактивна LI1 - LI4: вибір входу, назначеного на команду обертання назад Якщо tCC = LOC, то цей параметр недоступний	при tCC = 2C: LI2 при tCC = 3C: LI3
PS2	Задання швидкості Якщо LIA и Lib = 0: швидкість = завданню Якщо LIA = 1 и Lib = 0: швидкість = SP2 Якщо LIA = 0 и Lib = 1 : швидкість = SP3 Якщо LIA =1 и Lib = 1 : швидкість = SP4 Заданные скорости остаются активными для серии A даже при локальном управлении (tCC и/или LSr = LOC).	при tCC = 2C: LI3 при tCC = 3C: LI4 при tCC = LOC: LI3
rSF	Зброс несправності -nO: функція неактивна -LI1 - LI4: вибір входу, назначеного для цієї функції Зброс відбувається при переключенні входу . Зброс дозволяється тільки в випадку, якщо несправність зникла	nO
StP	Контрольована зупинка при обриві живлення -nO: блокування ПЧ и зупинка двигуна -FrP: зупинка з заданим темпом (dEC или dE2) -FSt: швидка зупинка, час зупинки залежить від моменту інерції і гальмівної спроможності перетворювача.	nO
brA	Адаптація темпа сповільнення -nO: функція неактивна -YES: ця функція дозволяє автоматично збільшувати час сповільнення, якщо воно було настроєно на дуже мале значення, з урахуванням моменту інерції навантаження, виключая таким чином перехід перетворювача до несправності із-за перенапруги в вузлі постійного струму. Дана функція може бути несумісна з гальмуванням з заданим темпом. Вона повина бути виключена при використанні відповідних гальмівного модуля та опору.	YES

Код функції	Призначення	Заводські настройки
AdC	Автоматичне динамічне гальмування Режим роботи -nO : функція неактивна -YES : автоматичне динамічне гальмування при зупинці з тривалістю tdC, що набудовується, коли відсутня команда пуску і швидкість двигуна дорівнює нулю. Значення струму настраюється параметром SDC. -Ct постійне динамічне гальмування при зупинці, коли відсутня команда пуску і швидкість двигуна дорівнює нулю. Значення струму настраюється параметром SDC. При трипровідному керуванні динамічне гальмування активно лише при положенні входу Li1 в 1 tdc доступно лише у випадку, якщо Act = YES, SDC, якщо Act = YES або Ct Час динамічного гальмування, що настраюється від 0,1 до 30,0 с Струм динамічного гальмування, що настраюється від 0 до 1,2 In (In = номінальний струм)	YES
SFt	Частота комутації Діапазон частоти -Lfr: випадкова частота близько 2 або 4 кГц залежно від Sfr -LF: фіксована частота 2 або 4 кГц залежно від Sfr -HF: фіксована частота 8, 12 або 16 до Гц залежно від Sfr	LF
FLr	Підхоплення на ходу Використовується для ненаголошеного повторного пуску при збереженні команди пуску після однієї з наступних подій: -обрив живлення або просте відключення; -скидання несправностей або автоматичний повторний пуск; - зупинка на вибіганні Швидкість задається ПЧ відрізняється від оціненої швидкості двигуна у момент підхоплення і потім із заданим темпом змінюється до заданого значення.	nO

Код функції	Призначення	Заводські настройки
bFr	Частота двигуна (Повтор настроювального параметра bfr першого рівня) Налаштування на 50 Гц або 60 Гц, відповідно до заводської таблички двигуна	50 (серії E і A) або 60 (серія U)
IPL	Конфігурація несправності при обриві живлячої фази Цей параметр доступний лише для ПЧ з трифазним живленням. - nO: виключення появи несправності при обриві фази - YES: активізація контролю обриву фази мережі	YES

2.7 Повідомлення про помилки привода

Під час роботи перетворювача частоти усі дані, що інформують про стан приводу відображаються на його дисплеї. У разі виникнення збоїв в його роботі або помилки, то дана подія також відображається на дисплеї. Дані на дисплеї відображаються у закодованому стані, кожному коду відповідає конкретне повідомлення про стан або помилку. Це є дуже зручним, адже всі частині перетворювачі мають таку особливість як показувати свій стан. Особливо якщо це якийсь збій чи навіть помилка або спрацював захист. Коди стану та помилок приводу, їх опис, причини виникнення і можливі варіанти виправлення вказані в таблиці 2.5 .

Таблиця 2.5– Повідомлення про помилки привода

Повідомлення про помилку	Причина	Виправлення
OCF Overcurrent	• дуже швидкий темп • дуже велике навантаження або момент інерції • механічне блокування	• перевірте налаштування • перевірте правильність вибору системи ПЧ-двигун-навантаження • перевірте стан механізму
SCF Short Circuit	• коротке замикання або замикання на землю на виході перетворювача	• перевірте сполучні кабелі при отключеном ПЧ і ізоляцію двигуна
InF Internal Fault	• внутрішня несправність	• перевірте оточення (електромагнітну сумісність) • замініте перетворювач
SOF Overspeed	• нестійкість • приводне навантаження дуже велике	• перевірте налаштування і параметри • додайте гальмівний модуль і опір • перевірте вибір системи ПЧ-двигун-навантаження
CrF Precharge Fault	• несправність реле навантаження або пошкоджений опір навантаження	• замінити перетворювач
OHF Surchauffe var	• дуже висока температура радіатора	• перевірте навантаження двигуна, вентиляцію ПЧ і діждіться його охолодження для перезапуску
OLF Mot Overload	• спрацювання теплового захисту із-за тривалого перевантаження	• перевірте налаштування теплового захисту, навантаження двигуна. Дочекайтеся його охолодження.

Повідомлення про помилку	Причина	Виправлення
OSF Overvoltage	• дуже висока напруга живлення • мережеві обурення	• перевірте напругу мережі. Поріг перенапруження дорівнює 415 У в ланці постійного струму
ObF Overbraking	• дуже швидке гальмування або велике приводна навантаження	• збільште час гальмування, підключите, якщо це необхідно, гальмівний модуль і опір • активізуйте функцію БГА, якщо вона сумісна з вживанням
RHF Mains Phase Loss	• погане живлення ПЧ або згоріли запобіжники • обрив фази • використання однофазного живлення для ПЧ ДТУ11 з трифазним живленням • незбалансоване навантаження. Цей захист діє лише за наявності моменту навантаження	• перевірте підключення живлення і запобіжники • приведіть у вихідний стан

2.8 Параметри асинхронного двигуна електропривода головного руху

Асинхронний двигун (АД) є найпоширенішим двигуном серед усіх типів двигунів. Він має високу надійність, невисокі масу, габарити, вартість. Недоліком двигуна є невеликий пусковий момент, споживання реактивної потужності, складні математичні залежності між його параметрами, тому якісна система керування реалізується за допомогою відносно складних алгоритмів. Переважна більшість АД використовується у нерегульованих електроприводах. Конструктивно двигун складається з нерухомого статора, в пазах якого знаходиться трифазна обмотка

статора. Кінці обмотки для комутації виводяться до клемної коробки. Виводи початків обмоток фаз позначаються символами С1, С2, С3, а кінці - С4, С5, С6. За допомогою підшипникових щитів усередині статора встановлюється рухомий ротор з обмоткою ротора. В залежності від виду обмотки ротора АД розділяються на найбільш поширені двигуни з короткозамкненим та на менш поширені з фазним ротором, умовне графічне позначення яких відповідно представлено на рисунку 2.9,а та рисунок 2.9,б.

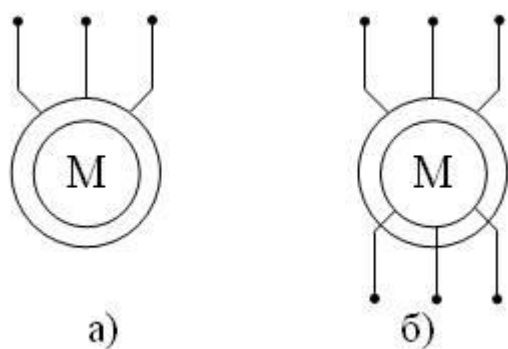


Рисунок 2.9- Умовне графічне позначення АД з кз та фазним ротором(а,б)

Короткозамкнена обмотка найчастіше виконується у вигляді білячої клітки. Три кінці обмотки фазного ротора за допомогою трьох мідних кілець та трьох електричних щіток виводяться до клемної коробки ротора.

В лабораторному стенді перетворювачі частоти працюють на асинхронний електродвигун з короткозамкнутим ротором АІР63В4. Даний двигун є трьохфазним двигуном з напругою живлення 230/400 В при 50 Гц виконаний в закритому корпусі з само вентиляцією і має наступні характеристики:

- температурний клас ізоляції В;
- ступінь захисту ІР44;
- температурний датчик РТО для захисту від перегріву;
- корпус двигуна виконаний із алюмінію;
- виконання з фланцем В5.

Двигун має хороші динамічні якості і безшумний в роботі; об'єднує в собі високу якість, надійність та економічність. Основні технічні характеристики електродвигуна вказані в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6— Технічні характеристики двигуна АІР63В4

Двигун	P , кВт	I , А при 400В	N , об/хв.	$\cos \varphi$	ККД η , %	$\frac{I_n}{I_n}$	$\frac{M_n}{M_n}$	$\frac{M_k}{M_n}$	m , кг
АІР63В4	0,3	0,98	1500	0,75	87	5,1	2,3	2,1	4,1

Зовнішній вигляд асинхронного електродвигуна на рисунку 2.10.

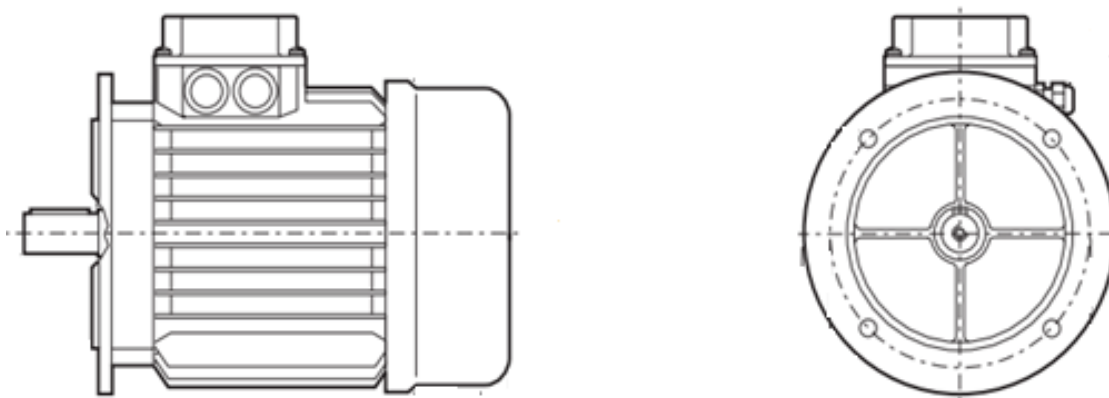


Рисунок 2.10— Зовнішній вид двигуна.

3 СИНТЕЗ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА ГОЛОВНОГО РУХУ

3.1 Функціональна схема замкненої системи скалярного керування

Узагальнена функціональна схема системи скалярного керування крім АД і керованого перетворювача частоти (ПЧ) містить регулятори (Р) і датчики (Д) змінних електроприводу. Керуючими впливами на вході регуляторів можуть бути сигнали завдання будь-яких координат електроприводу – швидкості, кута повороту ротора АД, струму статора, магнітного потоку і т.п. Збурючими впливами в електроприводі можуть бути моменти сил опору M_c на валу АД або коливання напруги мережі живлення U_c .

Основним показником якості електроприводів слід вважати точність, тобто різниця між заданим і відпрацьованим значенням в даний момент часу і в даній точці траєкторії. Цей показник називається також неузгодженістю, або помилкою. Для швидкості це різниця між заданою швидкістю θ_z і швидкістю виконавчого вала θ :

$$\delta = \Delta\theta = \theta_z - \theta. \quad (3.1)$$

Структурною ознакою є наявність зворотного негативного зв'язку за швидкістю. Утворений за допомогою зворотного зв'язку замкнений контур регулювання швидкості складається: система керування (СК), двигун (Д), Функціональний перетворювач (ФП) на вхід якого подається керуючий сигнал $u_{рш}$ з регулятора швидкості (РШ), перетворювач частоти (ПЧ). Датчик швидкості (ДШ) забезпечує зворотній зв'язок за швидкістю, для отримання більш бажаних динамічних характеристик системи, та їх жорсткості. Система являє собою регульований електропривод з вихідною координатою – швидкістю ω , і вхідною координатою – напругою завдання швидкості $u_{рп}$.

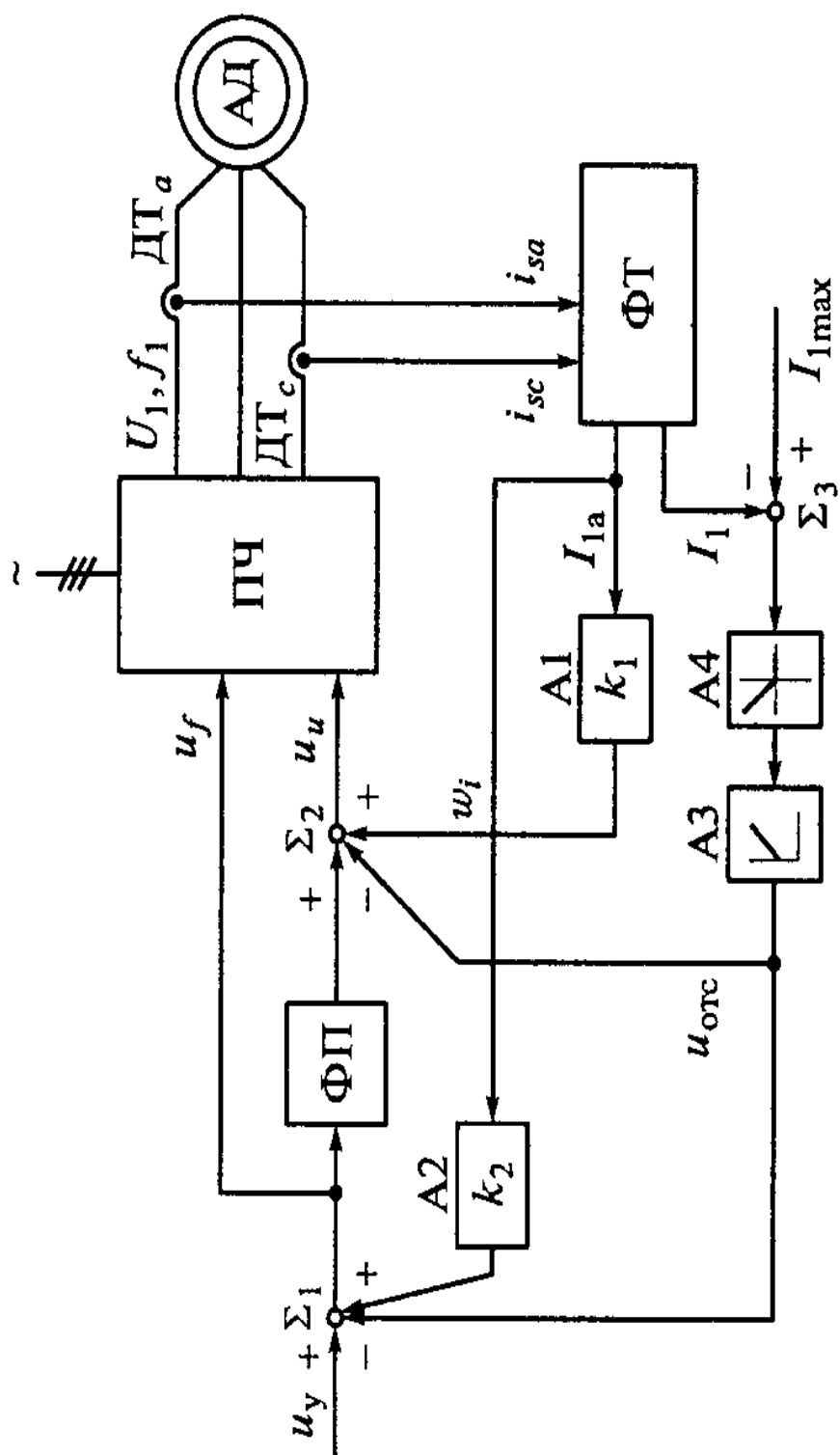


Рисунок 3.1– Функціональна схема скалярного керування електродвигуном

3.2 Структурна схема системи керування зі зворотнім зв'язком за швидкістю

Система являє собою двох-контурну систему з контурами струму та швидкості. При стандартних налаштуваннях контура на модульний або симетричний оптимум за допомогою ПІ-регулятора відповідно структура системи керування може бути названою типовою, так як вона застосовується для широкого класу електроприводів різного призначення і потужності. В якості перетворювача, який живить двигун, використовуються в основному напівпровідникові керовані перетворювачі. Структурна схема наведена на рисунку 3.2.

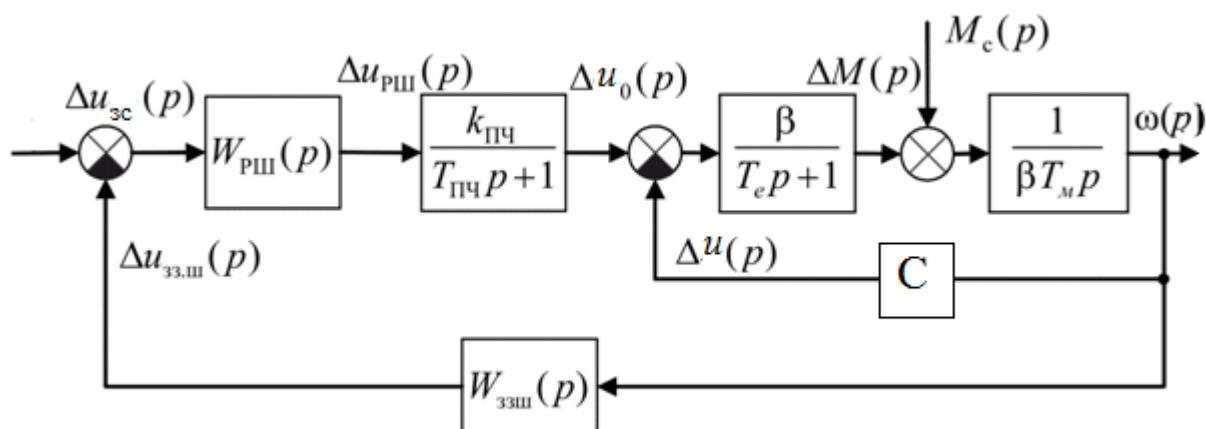


Рисунок 3.2 – Структурна схема системи керування електродвигуном

3.3 Розрахунок параметрів системи керування

Система керування електродвигуном швидкості структурна схема якої зображена на рисунку 3.2. Складається з силової частини до якої входить асинхронний двигун, частотний перетворювач, ПІ-регулятор швидкості, зворотній зв'язок за швидкістю.

Знайдемо необхідні коефіцієнти використовуючи формули 3.2-3.15.

$$k_{\text{рш}} = \frac{T_{01}}{T_{\text{рш}}}, \quad (3.2)$$

$$\frac{1}{T_{01}} = \frac{1}{2T_e} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_m}} \right), \quad (3.3)$$

де T_e – еквівалентна електромагнітна стала часу ланцюгів статора й ротора АД, визначається за формулою:

$$T_e = \frac{1}{\omega_{0\text{ел.ном}} S_k}; \quad (3.4)$$

$\omega_{0\text{ел.ном}}$ – кутова швидкість обертання магнітного поля АД при номінальній частоті напруги живлення $f_{1\text{ном}} = 50$ Гц.

$$\omega_n = \frac{\pi n_n}{30} = \frac{3,14 \cdot 1390}{30} = 145,56 \text{ c}^{-1}. \quad (3.5)$$

Номінальний момент $M_n = 5,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$ беремо з технічних характеристик двигуна .

$$M_k = \mu_k M_n = 2 \cdot 5,2 = 10,4 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad (3.6)$$

$$\omega_{0\text{ел.ном}} = 2\pi f_{1\text{ном}} = 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 314 \text{ c}^{-1}. \quad (3.7)$$

Критичне ковзання АД S_k (ковзання при максимальному моменті на валу двигуна):

$$S_k = \left(\mu_k + \sqrt{\mu_k^2 - 1} \right), \quad (3.8)$$

де μ_k – відношення критичного моменту до номінального

$$S_n = \frac{\omega - \omega_n}{\omega} = \frac{157,07 - 145,56}{157,07} = 0,073, \quad (3.9)$$

$$S_k = \left(\mu_k + \sqrt{\mu_k^2 - 1} \right) = 0,073 \left(2 + \sqrt{4 - 1} \right) = 0,27, \quad (3.10)$$

$$T_e = \frac{1}{\omega_{0\text{ел.ном}} S_k} = \frac{1}{314 \cdot 0,27} = 0,0138 \text{ с}. \quad (3.11)$$

Електромеханічна стала часу приводу T_m :

$$T_m = \frac{J}{\beta}, \quad (3.12)$$

де β – модуль жорсткості механічної характеристики системи ПЧ-АД зі зворотнім зв'язком по швидкості обертання

$$\beta = \frac{2M_k}{\omega_{0 \text{ ел.ном}} S_k} = \frac{2 \cdot 10,4}{314 \cdot 0,27} = 0,245, \quad (3.13)$$

$$T_m = \frac{J}{\beta} = \frac{0,019}{0,245} = 0,077 \text{ с}, \quad (3.14)$$

$$\frac{1}{T_{01}} = \frac{1}{2T_e} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4T_e}{T_m}} \right) = \frac{1}{2 \cdot 0,0138} \left(1 + \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,0138}{0,077}} \right) = \frac{1}{53,65} = 0,018 \text{ с}, \quad (3.15)$$

$$T_{PШ} = k_{зз} k_{ПЧ} \alpha_{\mu} T_{\mu}, \quad (3.16)$$

$$k_{зз} = \frac{U_{\text{дш}}}{\omega_n} = \frac{10}{145,56} = 0,068 \text{ В} \cdot \text{с}. \quad (3.17)$$

Чисельне значення коефіцієнту передачі перетворювача частоти:

$$k_{ПЧ} = \frac{U_{\text{дмакс}}}{U_{\text{кер.макс}}} = \frac{380}{10} = 38, \quad (3.18)$$

де $U_{\text{дмакс}}$ – номінальна фазна напруга на виході перетворювача, В;

$U_{\text{кер.макс}}$ – максимальна напруга системи керування, В.

Еквівалентна стала часу перетворювача $T_{ПЧ}$, с. Складається з часу затримки включення та часу, затраченого процесором на перетворення и обчислення сигналів ($T_{ПЧ} = 1 \text{ мс}$).

Час затримки визначається:

$$T_k = \frac{1}{f_k} = \frac{1}{3200} = 0,0003125. \quad (3.19)$$

Чисельне значення сталої часу перетворювача:

$$T_{\text{ПЧ}} = T_{\text{ІР}} + T_{\text{к}} = 0,001 + 0,003 = 0,0013 \text{ с}, \quad (3.20)$$

$$\frac{1}{T_{02}} = \frac{1}{2T_{\text{е}}} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4T_{\text{е}}}{T_{\text{м}}}} \right) = \frac{1}{2 \cdot 0,0138} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{4 \cdot 0,0138}{0,077}} \right) = \frac{1}{14,327} = 0,07 \text{ с}, \quad (3.21)$$

$$T_{\mu} = T_{02} + T_{\text{ПЧ}} = 0,07 + 0,0013 = 0,0713 \text{ с}. \quad (3.22)$$

При бажанні звести до мінімуму вплив електромагнітних сталих часу ланцюга статора і ротора АД, не врахованих в визначенні T_{μ} , прийmemo $\alpha_{\mu} = 5$

$$T_{\text{рш}} = k_{\text{зз}} k_{\text{ПЧ}} \alpha_{\mu} T_{\mu} = 0,0687 \cdot 38 \cdot 5 \cdot 0,0713 = 0,93 \text{ с}, \quad (3.23)$$

$$k_{\text{рш}} = \frac{T_{01}}{T_{\text{рш}}} = \frac{0,018}{0,93} = 0,019. \quad (3.24)$$

За допомогою програмного середовища MATLAB, модулю Simulink, побудуємо модель асинхронного електродвигуна.

Дані для моделювання взяті з параметрів обраних елементів системи та аналізу входів/виходів кожного ланцюга структурної схеми системи. Структурна схема, що побудована у середовищі MATLAB, представлена на рисунку 3.3.

На схемі присутні такі блоки:

Блок Integrator – виконує інтегрування вхідного сигналу.

Блок Transfer Fcn – блок передавальної характеристики.

Блок Gain – виконує множення вхідного сигналу на постійний коефіцієнт.

Блок Sum – виконує обчислення суми поточних значень сигналів.

Блок Scope – будує графіки досліджуваних сигналів в функції часу.

Блок Step – генератор ступінчатого сигналу.

Блок PID-controller – універсальний блок, вихідний сигнал якого задається операторським виразом $P + \frac{I}{s} + Ds$.

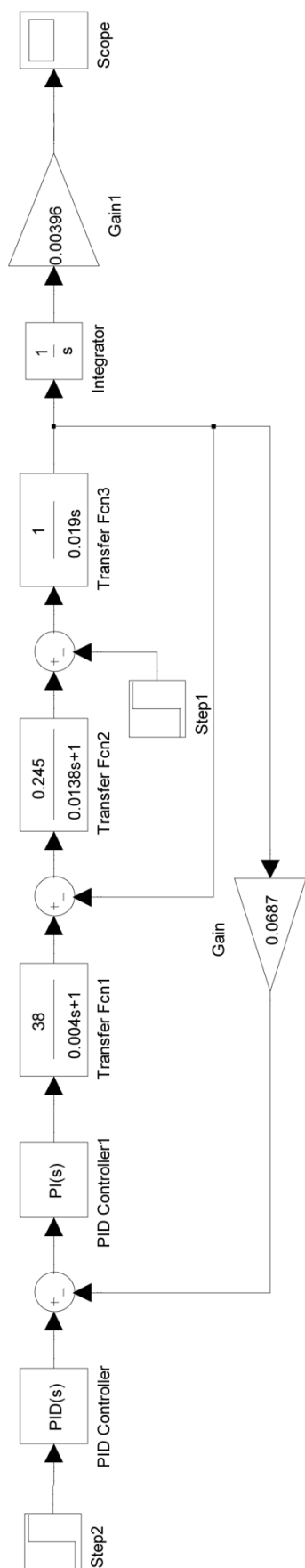


Рисунок 3.3 – Схема для моделювання роботи системи в MatLab Simulink

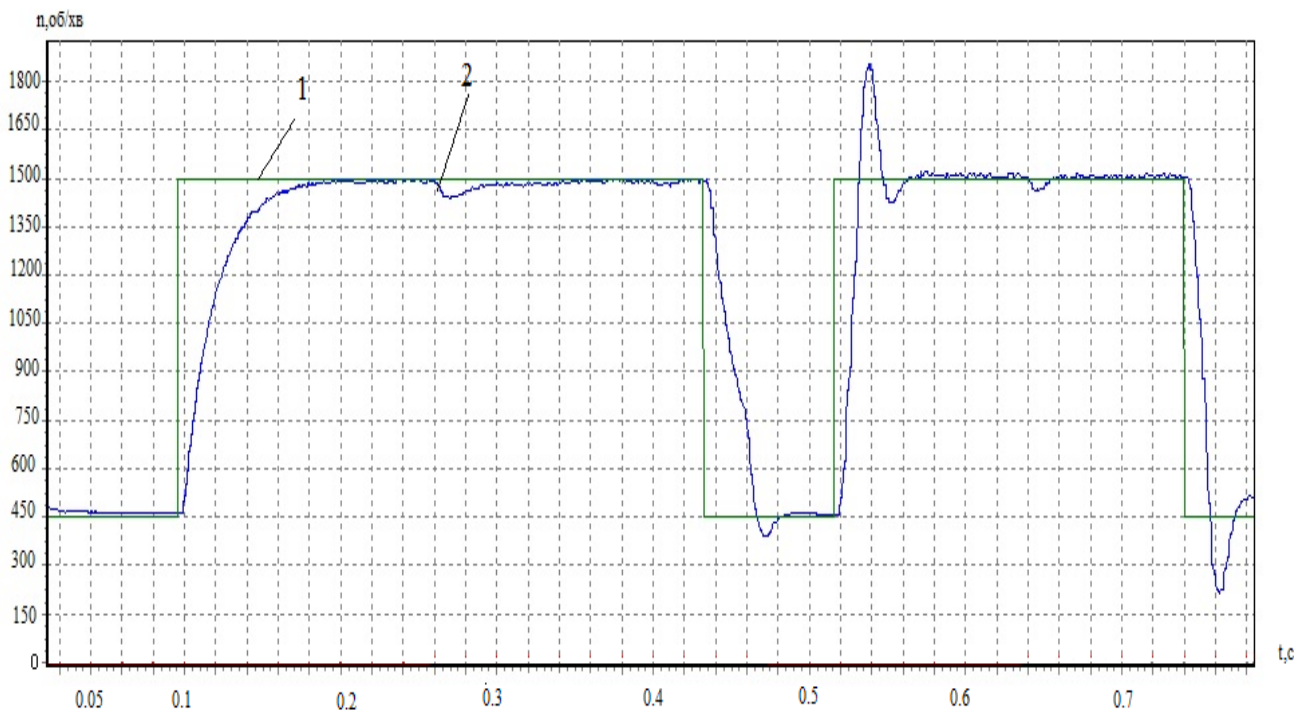


Рисунок 3.4 – Перехідний процес за швидкістю
(1-задача від ЧПК, 2-відпрацювання верстата)

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

- Перехідний процес при пуску експоненційний з часом 0.1 с;
- Накид навантаження загальмовує машину на 5% від номінального значення швидкості, що припустимо технологічним процесом;
- Час перехідного процесу при цьому не перевищує 0.05с;
- Різкий спад завдання за швидкістю, призводить до більш повільного відпрацювання зі часом 0.1с;
- Раптовий накид завдання за швидкістю після того призводить до перехідного процесу з пере регулюванням 23% та часом перехідного процесу 0.1с.

Результати налагодження електроприводу цілком відповідають завданню за технологічним процесом [2, 11].

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці (ст. 1 Закону "Про охорону праці"). Як правовий інститут, охорона праці – це чималий комплекс правових норм.

Ст. 4 Закону "Про охорону праці" формулює принципи державної політики у сфері охорони праці. Ці принципи в силу вказаного їх визначення, слід кваліфікувати і як принципи інституту охорони праці, які підлягають застосуванню при відсутності відповідних конкретних правових норм, і як такі, що визначають напрямки подальшого розвитку інституту охорони праці, і як обов'язки держави, які вона взяла на себе і має додержувати при здійсненні своєї політики у майбутньому. З урахуванням викладеного, принципи, зазначені в ст. 4 Закону "Про охорону праці", мають певне регулятивне значення. У названій статті закріплені такі принципи:

1) пріоритет життя і здоров'я працівників відносно результатів виробничої діяльності підприємства, повна відповідальність власника за створення безпечних і нешкідливих умов праці;

2) комплексне вирішення завдань охорони праці на засадах національних програм з цих питань, а також з урахуванням інших напрямків економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки, техніки та охорони здоров'я;

3) соціальний захист працівників, повне відшкодування шкоди особам, потерпілим від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

4) установлення єдиних нормативів з охорони праці для всіх підприємств незалежно від форм власності і видів їх діяльності;

5) використання економічних методів управління охороною праці, проведення політики пільгового оподаткування, що сприяє створенню безпечних та нешкідливих умов праці, участь держави в фінансуванні заходів з охорони праці;

6) здійснення навчання населення, професійної підготовки та підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

7) забезпечення координації діяльності державних органів, установ, організацій та об'єднань громадян, що вирішують різні проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництво.

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам нормативних актів про охорону праці.

Власник або уповноважений ним орган повинен впроваджувати сучасні засоби техніки безпеки, які запобігають виробничому травматизмові, і забезпечувати санітарно-гігієнічні умови, що запобігають виникненню професійних захворювань працівників.

На власника або уповноважений ним орган покладається систематичне проведення інструктажу (навчання) працівників з питань охорони праці, протипожежної охорони.

Охорона праці – один з центральних інститутів трудового права. Він має виключно практичне значення. Недодержання вимог охорони праці створює небезпеку для здоров'я і життя працівників. У свою чергу і ті, кого законодавець називає власником або уповноваженим ним органом, несуть сувору, у тому числі й кримінальну, відповідальність за порушення правил охорони праці.

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів на ділянці механічного цеху

Умови праці - це комплекс факторів зовнішньої середовища і виробничої обстановки (техніки, технології й організації), впливаючих на продуктивність праці, безпека і здоров'я роботи.

Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Небезпечним виробничим фактором називається такий виробничий фактор, вплив якого на працюючу у певних умовах людину приведе до травми чи іншому раптовому різкому погіршенню здоров'я.

Шкідливим виробничим фактором називається такий виробничий фактор, вплив якого на працюючого у визначених умовах людини приведе до захворювання чи зниженню працездатності.

Між небезпечними і шкідливими факторами часто не можна провести чіткої межі. Той самий фактор може привести і до нещасного випадку, і до захворювання.

На ділянці механічного цеху можливе виникнення нижчевикладених небезпечних шкідливих виробничих чинників:

1. Утворення в повітрі дисперсних систем за рахунок виділення пилу, що складається з твердих часток оброблюваного і інструментального матеріалу розміром більше 1 мкм, яка систематично потрапляючи на слизисті оболонки працівника може викликати роздратування або пошкодження (наприклад, око).

Потрапляючи через легені з вдихуванням повітрям частки можуть приводити до різного тягаря професійним захворюванням.

При використанні ЗОР(змащувально охолоджувальна рідина) в повітрі виробничих приміщень виникає аерозолі з розміром рідких часток менше 10 мкм - тумани, які негативно позначаються на параметрах мікроклімату робочої зони. Попадання ЗОР на слизисту оболонку ока людини може викликати роздратування, а систематичне попадання на відкриті ділянки шкіри (наприклад, рук) викликають погіршення її стану (лущення, розтріскування).

Метеорологічні умови або мікроклімат у виробничих умовах визначаються наступними параметрами:

- температурою повітря;
- відносною вологістю;
- швидкістю руху повітря на робочому місці;
- освітленням.

Для комфортного самопочуття людини необхідно певне поєднання температури, вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні. Оптимальна величина відносної вологості складає 40% - 60%. Підвищена вологість (більше 85%)

утрудняє терморегуляцію із-за зниження випару поту, а дуже низька вологість (нижче 20%), викликає пересихання слизистих оболонок дихальних шляхів.

Мінімальна швидкість руху повітря відчутна людиною, складає 0.2 м/с. Особливо несприятливі умови виникають у тому випадку, коли поряд з високою температурою в приміщенні спостерігається підвищена вологість, прискорюючи виникнення перегріву організму. Унаслідок різких коливань температури в приміщенні, обдування холодним повітрям (протяги) на виробництві мають місце простудні захворювання.

2. При роботі на верстатах із-за недотримання правил безпеки можуть статися нещасні випадки унаслідок поранення стружкою, при дотику до патронів, що обертаються, планшайб і затискних пристосувань на них, а також до оброблюваних деталей.

В процесі шліфування утворюється відлітаюча стружка. При шліфуванні утворенням відлітаючої стружки є небезпека для робітників. Наявність на робочих місцях, в проходах і проїздах металевої стружки може привести до важких поранень рук і ніг. Прибирання стружки безпосередньо руками пов'язана з небезпекою їх травмування і не повинна допускатися.

3. Правильно спроектоване і виконане освітлення в механічному цеху забезпечує можливість нормальної виробничої діяльності, збереження зору людини, стан його центральної нервової системи. Від освітлення залежить продуктивність праці і якість продукції, що випускається. Неправильно підібрані параметри штучного освітлення можуть привести до підвищеної стомлюваності і, як наслідок цього, до травм різної міри тягаря і походження.

4. Підвищений рівень вібрації верстатів, машин і устаткування викликає віброхворобу, ефективне лікування якої можливо лише на початковій стадії. Встановлено, що чим більше чоловік працює з вібруючими інструментами, тим вище вірогідність захворювання цією небезпечною хворобою. Вібрація, що виникає при неправильній експлуатації і відладці верстата, а також при неточній установці деталі на верстаті може викликати неприємні відчуття у людини, що знаходиться у контакті з верстатом.

5. Шум є одним з найбільш поширених несприятливих чинників умов праці на виробництві. Під впливом інтенсивного шуму порушуються функції не лише слухового аналізатора, але і центрально-нервової, серцево-судинної і інших фізіологічних систем. Робота в умовах інтенсивного шуму призводить до зниження продуктивності праці, зростання браку, збільшення вірогідності здобуття виробничих травм. Шум виникає унаслідок пружних коливань як машин в цілому, так і окремих її деталей. Причини виникнення цих коливань - механічні, аеродинамічні, гідродинамічні і електричні явища, визначувані конструкцією і характером роботи машини, а також неточностями допущеними при її виготовленні і умовами експлуатації. Тривала дія виробничого шуму може привести до погіршення слуху, а інколи і до глухоти. Звукові коливання можуть сприйматися не лише вухом, але і безпосередньо через кістки черепа (так звана кісткова провідність).

6. Небезпеку поразки людини електричним струмом можна віднести до найбільш небезпечних чинників, що виникають при експлуатації верстата або його обслуговуванні. Тіло людини є провідником електричного струму. Проте провідність у відмінності від звичайних провідників обумовлена не лише її фізичними властивостями, але і складними біохімічними і біофізичними процесами; властивими лише живій матерії. Фрезерувальник, свердлувальник і особи інших спеціальностей в яких руки забруднюються струмопровідними речовинами схильні до більшої небезпеки поразки струмом, чим особи, що працюють чистими руками. Так само до поразки людини електричним струмом може привести пошкодження ізоляції, провідних до верстата необхідну напругу, кабелів. Неправильне обслуговування верстата, а саме чищення, змазування, контроль, за станом електроустаткування верстата може також привести до поразки людини електричним струмом.

7. Основними причинами виникнення пожеж і пов'язаних з ними нещасних випадків на виробництві є необережне поводження з вогнем, несправність електричних мереж, порушення вимог при експлуатації електроустановок, машин і устаткування на виробництві. Особливо небезпечні пожежі, пов'язані із застосуванням електроенергії, найчастіше вони відбуваються унаслідок короткого

замикання, при перевантаженні електромереж, а також в тих випадках, коли залишаються без нагляду включені в електромережу електронагрівальні прилади. Пожежа може також статися від несправності силового або освітлювального устаткування, пошкодження дротів, пошкодження трубопроводів з рідким і газоподібним паливом.

4.2 Розрахунок освітленості виробничого приміщення

У приміщенні необхідно організувати змішане освітлення, тобто сполучення природного і штучного освітлення. Природне освітлення створюється бічним освітленням через вікно. Штучне освітлення використовується при недостатньому природному освітленні. У даному приміщенні використовується загальне штучне освітлення.

Розрахунок його здійснюється по методу світлового потоку з урахуванням потоку, відбитого від стін і стелі [8].

Довжина $A = 24$ м, ширина $B = 12$ м, висота $H = 3,5$ м. Висота робочої поверхні $h_p = 0,8$ м. Для освітлення використовується світильник ЛСП02. Мінімальна освітленість люмінесцентної лампи по нормах $E_{\min} = 200$ лк. Коефіцієнт відображення стелі $S_{\pi} = 70\%$, стін $S_c = 50\%$, робочої поверхні $S_p = 10\%$. Напруга мережі 220 В.

Відстань від стелі до робочої поверхні:

$$H_0 = H - h_p = 3,5 - 0,8 = 2,7 \text{ м.} \quad (4.1)$$

Відстань від стелі до світильника:

$$h_c = 0,2 \cdot H_0 = 0,2 \cdot 2,7 = 0,5 \text{ м.} \quad (4.2)$$

Висота підвісу світильника над освітленою поверхнею:

$$h = H_0 - h_c = 2,7 - 0,5 = 2,2 \text{ м.} \quad (4.3)$$

Висота підвісу світильника над підлогою:

$$H_n = h + h_p = 2,2 + 0,8 = 3 \text{ м.} \quad (4.4)$$

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення $L / h = 1,5$.

Відстань між центрами світильників:

$$L = 1,5 h = 1,5 \cdot 2,2 = 3,3 \text{ м.} \quad (4.5)$$

Необхідна кількість світильників:

$$N = S / L^2 = (24 \cdot 12) / (3,3)^2 = 26. \quad (4.6)$$

Приймаємо кількість світильників: 28 (4 ряди по 7 світильники).

Індекс приміщення:

$$i = (A \cdot B) / (h (A + B)) = (24 \cdot 12) / (2,2 \cdot (24 + 12)) = 3,6. \quad (4.7)$$

Коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,65$.

Світловий потік однієї лампи:

$$\Phi = (E_{\min} S K_3 Z) / (N \eta) n. \quad (4.8)$$

$$\Phi = (200 \cdot 288 \cdot 1,5 \cdot 1,1) / (28 \cdot 0,65) \cdot 2 = 2611 \text{ лм}$$

Вибираємо (у таблиці) лампу, що має світловий потік 2500 лм: ЛД з потужністю 40 Вт.

Фактична освітленість:

$$E_{\Phi} = E_{\min} \Phi_{\text{л}} / \Phi_{\text{р}} = 200 \cdot 2500 / 2611 = 191 \text{ лк.} \quad (4.9)$$

Загальна потужність:

$$P_{\text{общ}} = P_{\text{л}} N_{\text{п}} = 40 \cdot 28 \cdot 2 = 2240 \text{ Вт} = 2,24 \text{ кВт.} \quad (4.10)$$

Отже для оптимальної роботи в приміщенні необхідно встановити 4 ряди по 7 світильники типу ЛД . Загальна потужність усіх світильників складає 2 кВт.

4.3 Заходи щодо техніки безпеки при роботі на шліфувальному верстаті

Загальні вимоги безпеки

До самостійної роботи на шліфувальних верстатах допускається виучений персонал, прошедший медичний огляд, інструктаж по охороні праці на робочому місці, ознайомлений з правилами пожежної безпеки і такий, що засвоїв безпечні прийоми роботи.

Шліфувальникові дозволяється працювати лише на верстатах, до яких він допущений, і виконувати роботу, яка доручена йому керівником цеху (ділянки).

Робітник, обслуговуючий верстати, повинен мати: костюм бавовняний або напівкомбінезон, окуляри захисні, черевики юфтеві.

Якщо підлога слизька (облита маслом, емульсією) робітник зобов'язаний посипати її тирсою.

Шліфувальникові забороняється:

- працювати за відсутності на підлозі під ногами дерев'яних ґрат по довжині верстата, що виключає попадання взуття між рейками і забезпечує вільне проходження стружки;
- працювати на верстаті з обірваним заземлюючим дротом, а також за відсутності або несправності блокувальних пристроїв;
- стояти і проходити під піднятим вантажем;
- проходити в місцях, не призначених для проходження людей;
- заходити без дозволу за огорожування технологічного устаткування;

- знімати обгороджування небезпечних зон працюючого устаткування;
- мити руки в емульсії, маслі, гасі і витирати їх обтиральними кінцями, забрудненими стружкою.

Про кожен нещасний випадків шліфувальник зобов'язаний негайно повідомити майстра і звернутися в медичний пункт.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком роботи шліфувальник зобов'язаний:

- прийняти верстат від змінника; перевірити, чи добре прибрані верстат і робоче місце. Не слід приступати до праці до усунення виявлених недоліків;
- надіти спецодяг, застебнути рукави і куртку, надіти головний убір; перевірити наявність і справність захисного екрану і захисних окулярів, запобіжних пристроїв захисту від стружки і рідин, що охолоджують;
- відрегулювати місцеве освітлення так, щоб робоча зона була досить освітлена і світло не засліпило очі;
- перевірити наявність мастила верстата. При мастилі слід користуватися лише спеціальними пристосуваннями;
- забороняється: працювати в тапочках, сандалях, босоніжках і т.п.;
- застосовувати несправні і неправильно заточені інструменти і пристосування;
- торкатися до струмопровідних частин електроустаткування, відкривати дверці електрошаф. У разі потреби слід звертатися до електромонтера.

Вимоги безпеки під час роботи

Під час роботи шліфувальник зобов'язаний:

- перед установкою на верстат оброблюваної деталі і пристосування очистити їх від стружки і масла;
- ретельно очистити прилеглі базові і кріпильні поверхні, щоб забезпечити правильну установку і міцність кріплення;
- установку і зняття важких деталей виробляти лише за допомогою вантажопідйомних засобів;

- не спиратися на верстат під час його роботи і не дозволяти це робити іншим;
- при виникненні вібрації зупинити верстат, перевірити кріплення і пристосувань, прийняти заходи до усунення вібрації;
- оброблювану деталь міцно і жорстко закріплювати в пристосуванні; при цьому зусилля різання мають бути направлені на нерухомі опори, а не на затиски;
- при кріпленні деталі за необроблювані поверхні застосовувати лещата і пристосування, що мають насічку на притискних губках;
- при закріпленні на верстаті пристосувань і оброблюваних деталей користуватися лише спеціально призначеною рукояткою або справними стандартними ключами, відповідними розмірам гайок і голівок болтів;
- подачу деталі виробляти лише тоді, коли верстат отримав робоче обертання;
- зупинити верстат і вимкнути електроустаткування в наступних випадках:
 - а) відходячи від верстата навіть на короткий час;
 - б) при тимчасовому припиненні роботи;
 - в) при перерві в подачі електроенергії;
 - г) при прибиранні, змащуванні, чищенні верстата;
 - д) при виявленні якої-небудь несправності, яка загрожує небезпекою;
 - є) при підтягуванні болтів, гайок і інших кріпильних деталей.

Під час роботи на верстаті забороняється:

- працювати на верстаті в рукавицях або рукавичках, а також із забинтованими пальцями без гумових напальчників; брати і подавати через працюючий верстат які-небудь предмети, підтягувати гайки, болти і інші сполучні деталі верстата; обдувати стислим повітрям з шланга оброблювану деталь;
- користуватися місцевим освітленням напругою вище 42 В; охолоджувати інструмент за допомогою ганчірок і кінців;
- під час роботи верстата відкривати і знімати обгороджування і запобіжні пристрої; видаляти стружку безпосередньо руками і інструментом; залишати ключ і

інші інструменти на працюючому верстаті; знаходитися між деталлю і верстатом при установці деталі вантажопідйомним краном.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

В разі поломки верстата шліфувальник повинен відключити верстат і повідомити про це майстрові.

В разі появи аварійної ситуації, небезпеці для свого здоров'я або здоров'я навколишніх людей слід відключити верстат, покинути небезпечну зону і повідомити про небезпеку безпосередньому керівникові.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після закінчення роботи шліфувальник зобов'язаний:

- вимкнути верстат і електродвигун; привести в порядок робоче місце:
 - а) прибрати з верстата стружку і металевий пил;
 - б) очистити верстат від бруду;
 - в) акуратно скласти заготовки і інструменти на відведене місце;
 - г) здати верстат змінникові або майстрові і повідомити про всі несправності верстата;
 - д) зняти спецодяг і повісити його в шафу, вмити лице і руки теплою водою з милом або прийняти душ.

ВИСНОВКИ

В наш час у промисловості дуже розповсюджене скалярне керування, тому в дипломному проекті розглядається автоматизація шліфувального верстата зі скалярним керуванням електропривода змінного струму на основі новітніх технологій.

Вибрано та обґрунтовано доцільність вибору кожного із елементів, що входять до складу електроприводу верстата, зокрема частотний перетворювач Altivar 11, асинхронний електродвигун. Описано принцип роботи та подані технічні характеристики всіх елементів. Створено структурну та функціональну схему електропривода верстата 3Л722В.

Автоматизований електропривод верстата має показники якості: час перехідного процесу 0.1с; максимальне перерегулювання не перевищує 23%.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Терехов В.М., Осипов О.И. Системы управления электроприводами: учебник для студ. высш. учеб. заведений/ Терехов В.М., Осипов О.И.; под ред. В.М. Терехова. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 304с.
2. Комплектні електроприводи: Навч. посібник / М.М. Казачковський – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 226 с.
3. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: Учебник – М.: Академия, 2006 – 265 с.
4. Altivar. Руководство по эксплуатации. Документация пользователя. Издание A1.Altivar – F AG 2008. – 140 с.
5. Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными электроприводами. - М.: Энергоиздат . 1982. - 216 с.
6. Усольцев А.А. Частотное управление асинхронными двигателями/Учебное пособие. СПб: СПбГУ ИТМО, 2006, – 94 с.
7. Боград В.М. и др. Электробезопасность: Методические указания по дипломному проектированию.
8. Башарин А.В., Новиков В.А., Соколовский Г.Г. Управление электроприводами: Учебное пособие для вузов.- Л., Энергоиздат, 1982.-392с.
9. Гульков Г.И., Петренко Ю.Н., Раткевич Е.П., Симоненкова О.Л. Системы автоматизированного управления электроприводами: Учебное пособие; Под общей редакцией Ю.Н. Петренко. – Минск: Новое знание, 2004. – 384 с.
- 10.Лихачев В.И. Электродвигатели асинхронные/ В.И. Лихачев. – М.: Издательство СОЛОН-Р, 2002. – 304 с.
- 11.Чернов Е.А., Кузьмин В.П. Комплектные электроприводы станков с ЧПУ: Справочное пособие. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1989. – 320 с.
- 12.Брускин Д.Э. и др. Электрические машины: В 2-х ч. Ч.2: Учеб. для электротехн. спец. вузов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1987. - 335 с.

13. Охрана труда в машиностроении /Под ред. Юдина Е.Я./ -М: Машиностроение. 1976 – 335с.

ДОДАТОК А
Мультимедійна презентація



ЗОВНІШНІЙ ВИГЛЯД ВЕРСТАТА

Рисунок А.1 – Слайд 1 мультимедійної презентації

Функціональна схема частотного керування
швидкості асинхронного двигуна

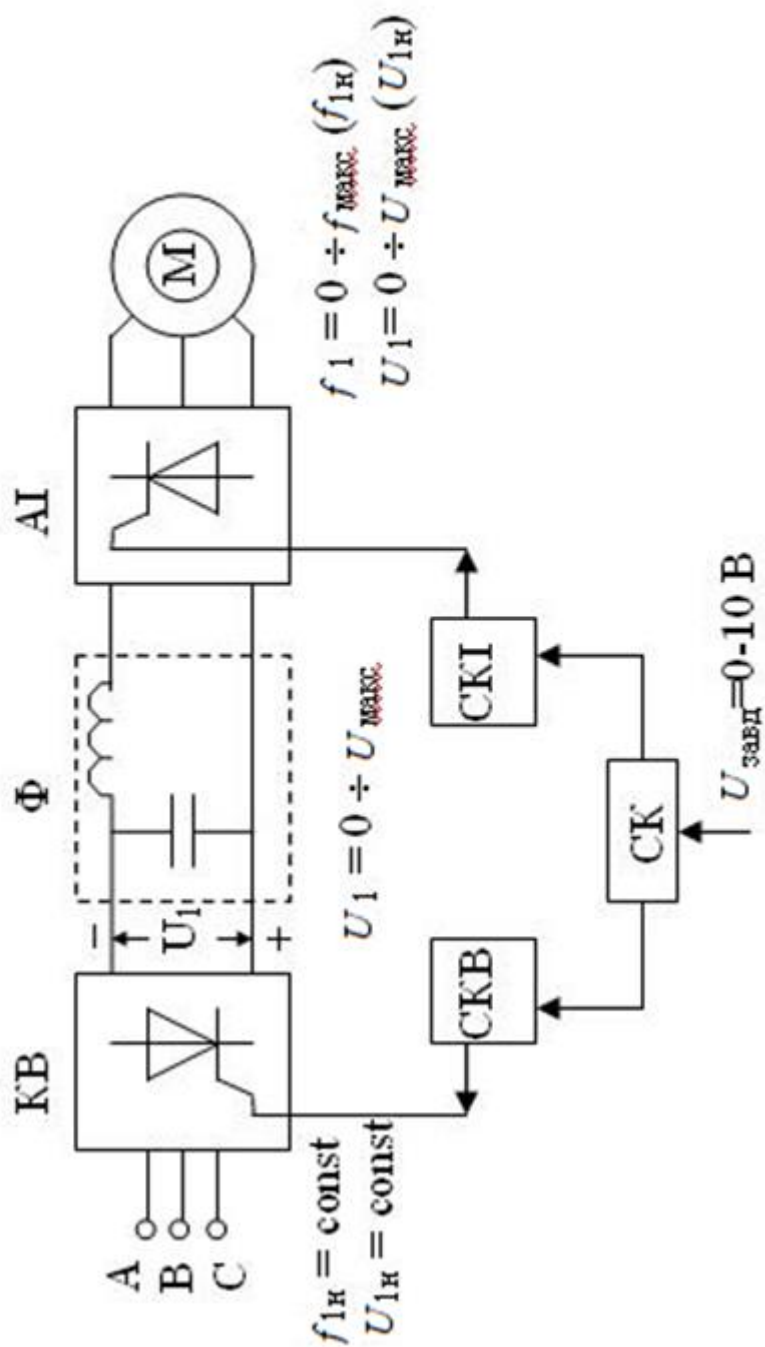
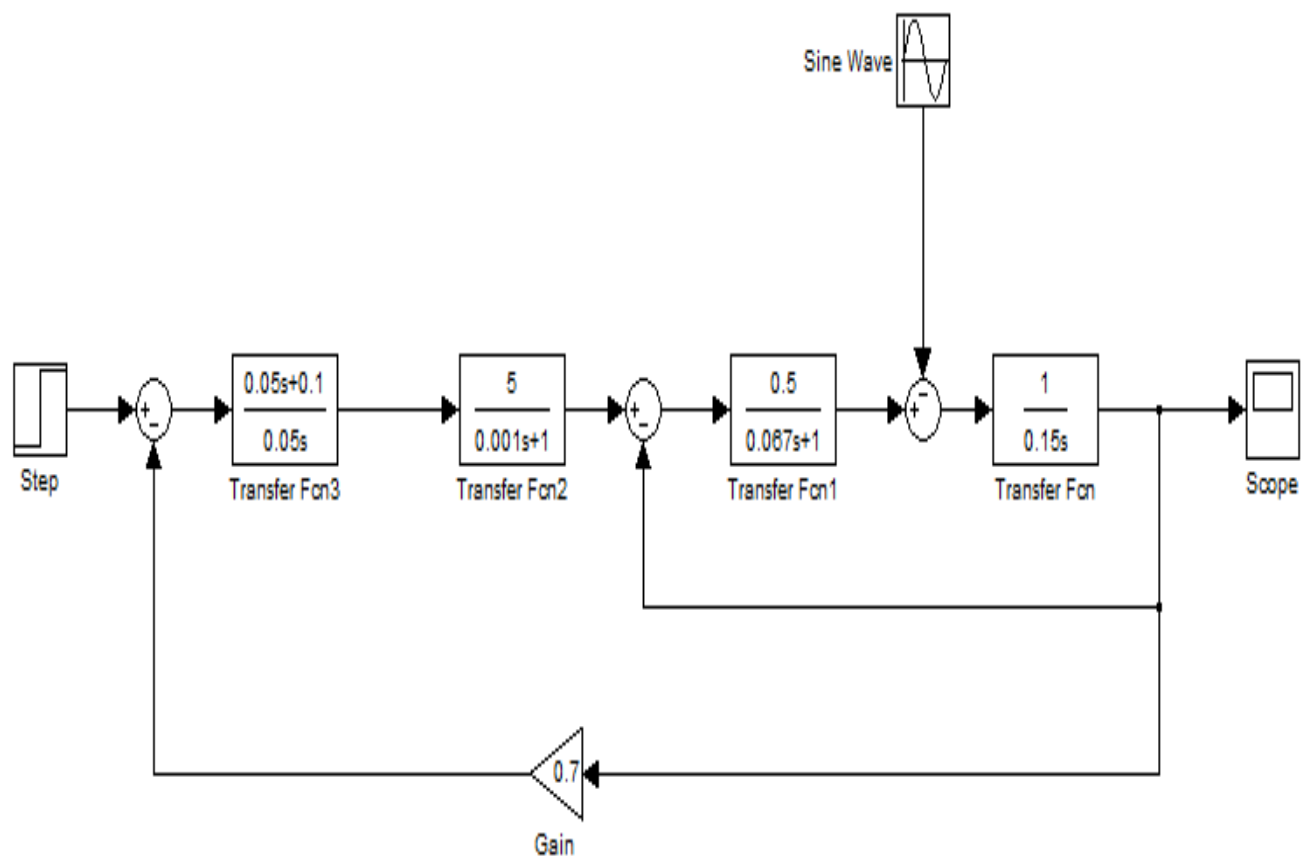


Рисунок А.2 – Слайд 2 мультимедійної презентації



РОЗРАХУНКОВА СХЕМА

Рисунок А.3 – Слайд 3 мультимедійної презентації

РОЗРАХУНКОВІ РЕЗУЛЬТАТИ

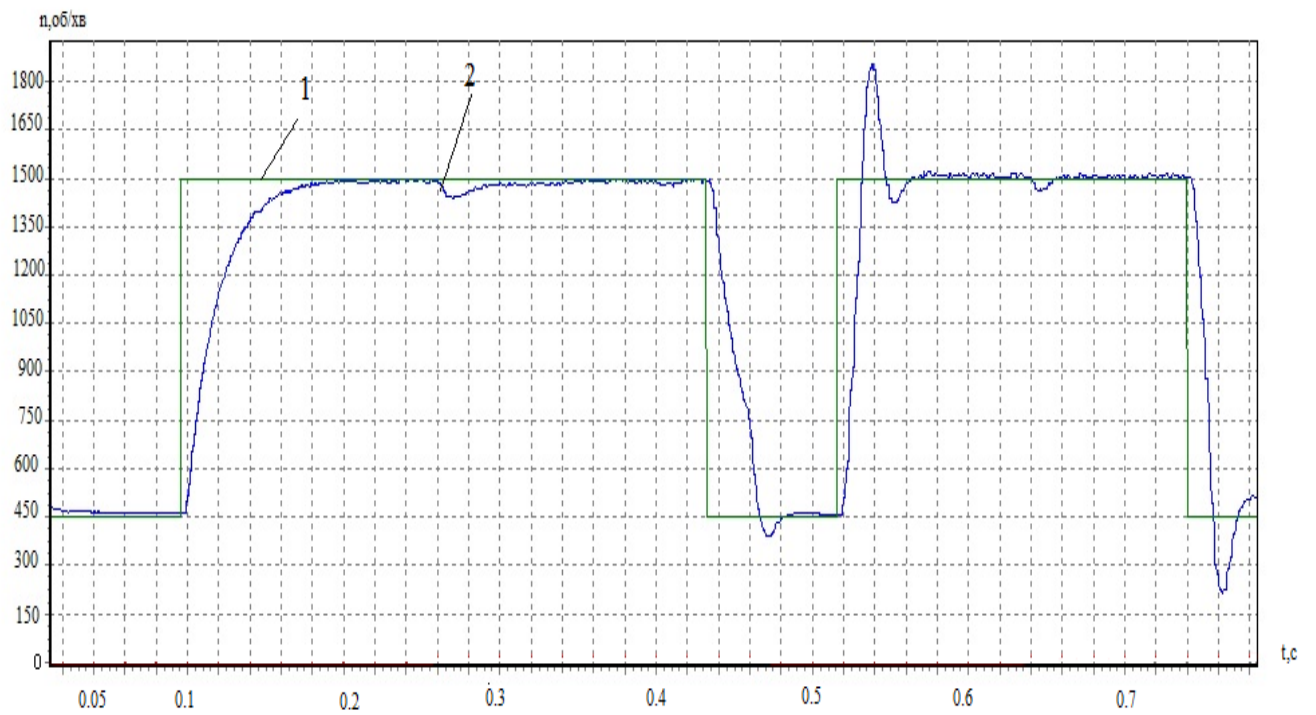


Рисунок А.4 – Слайд 4 мультимедійної презентації