

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 681.5:664.1:636.082.474

ПОГОДЖЕНО

Директор ІНН енергетики,
автоматики і енергозбереження
(назва ІНН)

В.В. Каплун

(підпис)

(ПІБ)

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри автоматики
та робототехнічних систем

ім. акад. І.І. Мартиненка

(назва кафедри)

В.П. Лисенко

(підпис)

(ПІБ)

« » 2023 р.

« » 2023 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

02.06.-КМР.323"С".23.03.06.020.ПЗ

на тему «КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА
КЕРУВАННЯ БАГАТОЦІЛЬНО-ОБРІЗНОГО ВЕРСТАТА З
ПЛАВАЮЧИМИ ПИЛАМИ НА БАЗІ КТЗ НАIWELL»

Спеціальність: 1510 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва)

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Гарант освітньої програми _____

В.П. Лисенко, д.т.н., професор,

професор

(підпис)

(П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

Виконав _____

П.М. Уханьов

(підпис)

(П.І.Б студента)

Керівник магістерської роботи _____

І.М. Болбот, д.т.н., професор,

(підпис)

(П.І.Б, науковий ступінь та вчене звання)

КИЇВ 2023

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І
ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

автоматики та робототехнічних
систем ім. акад. Г.І. Мартиненка

В.П. Лисенко

2023 р.

ЗАВДАННЯ

**ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
СТУДЕНТУ**

Уханьову Павлу Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по-батькові)

Спеціальність: 151–«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітня програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Тема магістерської роботи « »,

затверджена наказом ректора НУБІП України від 06.03.2023 року №323«С»

Термін подання студентом магістерської роботи 17.10.2023 року

Вихідні дані до магістерської роботи: завдання кафедри на виконання магістерської роботи; нормативні документи по проектуванню об'єктів автоматизації; матеріали дослідження та аналізу; наукова література з тематики магістерської роботи.

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Аналіз технологічного процесу.
2. Дослідження математичної моделі.
3. Вибір регулятора системи керування.
4. Вибір системи управління.
5. Розробка схем автоматизації.
6. Програмування.
7. Розрахунок економічної ефективності.

Дата видачі завдання «06» березня 2023 року

Керівник магістерської роботи

Болбот І.М

(Підпис)

(Прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання

Уханьов П.М.

(Підпис)

(Прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Актуальність роботи: Лісове господарство в Україні є важливою галуззю сільського господарства, економіки та природоресурсного використання. Ліси в Україні відіграють велику роль в збереженні біорізноманіття, підтримці екологічного балансу та наданні різних видів ресурсів. Одним з головних ресурсів є деревина.

Сучасні технології в області виробництва деревини вимагають вдосконалення та автоматизації процесів обрізки та обробки деревини. У даному дипломному проекті розглядається розробка та впровадження комп'ютерно-інтегрованої системи керування для багатопильно-обрізного верстата з плаваючими пилами (далі - Верстат), що базується на КТЗ торгової марки HAIWELL. Ця система призначена для оптимізації виробничих процесів у лісопильному виробництві та підвищення продуктивності робочих операцій, зменшення впливу людського фактору на процес розпилу деревини.

Метою роботи є: розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування багатопильно-обрізного верстата з плаваючими пилами.

Задачі роботи:

- проаналізувати характеристики об'єкту управління;
- обґрунтувати вибір засобів автоматизації;
- оцінити стійкість та якість системи автоматичного керування;
- обґрунтувати вибір силового і електротехнічного обладнання, апаратів керування та захисту;
- провести заходи по монтажу, наладці та експлуатації даної системи автоматичного керування;
- провести кошторисні розрахунки для обґрунтування економічної доцільності використання розробленої системи.

Об'єктом дослідження є процес розпилу деревини на промисловому верстаті з рухомими (плаваючими) пилами.

Предметом дослідження є закономірності, моделі та методи побудови систем автоматизації з метою ефективного впливу на процес розпилу деревини.

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети в процесі дослідження, крім абстрактно-логічного та розрахункового, використовувалися наступні методи: при розробці теоретичних положень – методи математичного моделювання; при розробці системи моніторингу – розрахунково-конструкторський та ін.

Теоретична цінність полягає у використанні методу завдання точних розмірів розпилу деревини під час роботи верстата комп'ютерно-інтегрованою системою керування.

Ключові слова: програмований логічний контролер, сенсорна панель оператора, комп'ютерно-інтегрована система, верстат, виробниче підприємство, виробничі об'єкти.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП..... 7

РОЗДІЛ 1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА..... 9

1.1 Опис об'єкта управління та стан його автоматизації..... 9

1.2. Аналіз факторів, що впливають на об'єкт керування..... 16

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ БАГАТОПИЛЬНО-ОБРІЗНОГО ВЕРСТАТА З ПЛАВАЮЧИМИ ПИЛАМИ... 20

2.1. Моделювання процесу різання деревини..... 20

2.2. Дослідження швидкості різання і подачі у пильних верстатах..... 21

2.3 Зусилля і потужність різання..... 25

2.4 Визначення передатної функції об'єкта керування..... 28

РОЗДІЛ 3 ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ..... 31

3.1. Вибір регулятора..... 31

3.2. Вибір сириймаючих елементів системи автоматичного керування
багатопильно-обрізного верстата з плаваючими пилами..... 32

3.3. Вибір виконавчих механізмів системи автоматичного керування
багатопильно-обрізного верстата з плаваючими пилами..... 34

3.4. Вибір алгоритму управління та розробки функціональної та
структурної схеми САК..... 36

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ..... 43

4.1. Розробка принципової схеми..... 43

4.2. Розробка схеми з'єднань..... 45

4.3. Розробка схеми підключень..... 47

4.4 Вибір щита керування..... 50

4.5. Вибір апаратів захисту та керування..... 55

4.6. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування
багатопильно-обрізного верстата з плаваючими пилами..... 60

РОЗДІЛ 5 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ..... 80

РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНА ПРАЦІ..... 91

ВИСНОВКИ..... 98

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 99

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВСТУП

Деревообробна промисловість є важливою галуззю лісового комплексу. Її підприємства виготовляють головним чином товари народного споживання.

Однак значна частина продукції деревообробної промисловості споживається в народному господарстві як предмети та знаряддя праці. Продукцію деревообробної промисловості використовують будівельна індустрія, транспорт, сільське господарство, майже всі галузі промисловості.

Промисловість з розпилу деревини у всьому світі розвивається в напрямі відмови від виробництва загального призначення пиломатеріалів і переходу на випуск пилопродукції цільового призначення. І чим швидше на цей шлях вступають наші лісопильні підприємства, тим буде краще для них і для всієї вітчизняної деревообробки.

Зрозуміло, орієнтація на випуск пиломатеріалів відповідно до потреб споживачів не означає відмови від стандартизації і уніфікації. Мова йде про принципово інакший підхід до стандартизації, коли сорти пиломатеріалів визначаються не по насиченості їх вадами, а по здатності виконувати певні функції. Інновація в практиці стандартизації дозволяє, в свою чергу, удосконалити технологічні процеси:

- при випуску пилопродукції цільового призначення на лісопильних підприємствах в ряді випадків вдається уникнути утворення відпадань (некондиційних пиломатеріалів);

- створюються умови для автоматизації виробництва (зокрема, при машинному сортуванні пиломатеріалів по міцності);

- виключаються зайві виробничі операції (наприклад, пересортування пиломатеріалів у оптових торговців і імпортерів).

У результаті значно скорочується витрата деревини на виробництво багатьох видів виробів, знижуються виробничі витрати по всьому технологічному ланцюжку.

На жаль, доводиться констатувати, що і з переходом до ринкових відносин ситуація принципово не змінилася. За минулі п'ятнадцять років в країні не

виникло системи постачання пилопродукції, подібної існуючій за кордоном. Культура споживання пиломатеріалів залишається катастрофічно низькою.

Тим часом, без розв'язання цієї проблеми марно претендувати на створення конкурентоздатної деревообробної промисловості і розраховувати на розвиток дерев'яної каркасної будови.

Подальший розвиток лесопереробляючих виробництв з урахуванням ринкових інтересів вимагає поглиблення маркетингових досліджень, виявлення в цій області довготривалих тенденцій. Тому вже на нинішньому етапі необхідний глибокий аналіз структури попиту на різні види продукції деревообробки на

внутрішньому і зовнішньому ринках, формування товарних пропозицій по завоюванню і утриманню відповідних сегментів ринку.

Оновлення основних виробничих фондів в деревообробній промисловості носить не масовий, а епізодичний характер, що явно недостатньо в зв'язку з великою величиною зносу. Це підтверджує і відсутність позитивної динаміки інвестицій в основні фонди, що може привести до критичного збільшення кількості підприємств, працюючих неефективно.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис об'єкта управління та стан його автоматизації

Деревина - один з найпоширеніших матеріалів, що мають багатовіковий досвід застосування в будівництві, виробництві меблів, шпал, авто-, вагонобудуванні та інших галузях народного господарства.

Пиломатеріал – це сортименти стандартних розмірів, отримані при розкрої колод. Використовуються вони цілком або переробляються на заготівлі та вироби деревини. Це можуть бути пластини, бруси різного перерізу, бруски, обрізні та необрізні дошки, горбики.

Операції, завдяки яким матеріал змінює розміри, форму чи властивості, називають технологічними. Сукупність технологічних операцій, які виробляються над матеріалом у певній послідовності для отримання напівфабрикатів або виробів, становить технологічний процес. Між технологічними необхідні допоміжні операції, наприклад, переміщення (транспортування) матеріалу, визначення якості, розсортування за розмірами та якістю, укладання у стопи. Сукупність технологічних та допоміжних операцій представляє виробничий процес.

У переважній більшості випадків технологічний процес у лісопильному виробництві протікає в наступній послідовності: розпилювання колод, обрізування кромки у необрізних дошок або розкрий дошок по ширині та їх торцювання. Можливими варіантами процесу є: торцювання дошок до обрізки, додатковий поділ дошок за товщиною. Торцювання дошок може проводитися або в лісопильному цеху, або після атмосферного та камерного сушіння на складах.

Група верстатів та всіх допоміжних пристроїв до них, встановлених у порядку послідовності технологічного процесу, починаючи від естакади і закінчуючи виходом дошок з лісопильного цеху, і пов'язаних у взаємодії один з одним, називається потоковою лінією, верстатів. Така лінія зовні нічим не пов'язана з іншою такою ж групою верстатів і не залежить від неї. Великий лісопильний цех складається зазвичай з кількох поточкових ліній. Мінімально до поточної лінії може входити по одному типу основних верстатів, наприклад: одна рама, один

обрізний та один торцювальний верстат або головний стрічково-пильний верстат, еджер та торцювальний агрегат, а також усі обслуговуючі механізми.

Вище зазначалося, що на сучасних механізованих лісопильних підприємствах окремі вузли порівняно легко та надійно піддаються автоматизації. Так, з 4 верстатних та 44 транспортних виробничо-технологічних операцій механізованого рамного лісопильного цеху 22 операції є автоматичними, 15 механізованими, 11 ручними. Прикладом автоматичних є транспортно-переміщувальні операції між рамами першого і другого рядів при брусівальному способі розпилювання.

Найбільший ефект може дати комплексна автоматизація виробничого процесу лісопилення. У світовій техніці є ряд вдалих рішень автоматизованих лісопильних підприємствам ступінь автоматизації в деяких з них по всьому виробничому процесу доводиться до 85%.

Виробничо-технологічний процес автоматизованого лісопильного заводу не має бути складним. Ця вимога веде до суворої спеціалізації заводів. Спеціалізація стосується, наприклад, порівняно невеликої кількості сортиментом продукції (щодо розмірів, видів обробки). Як правило, чим вищий ступінь автоматизації, тим спеціалізованіше підприємство. Крім того, автоматизація не повинна погіршувати якості деревини (особливо що йде на основну продукцію), повинна значно підвищувати продуктивність праці, не вимагати надмірно великих витрат, давати швидку окупність. Автоматизація повинна також мати високу надійність і бути технічно легко здійсненою.

Одним з елементів автоматизованої лінії можуть виступати круглопильні верстати на яких виконують операцію розкрою матеріалів. Розкрій може бути попередній і чистовий.

Застосовуються такі види розкрою на круглопильних верстатах. Торцювання дошок та брусів заготовок роблять на верстатах для поперечного розкрою. Вони бувають одно-або багатопильні, на яких можна випилювати одночасно кілька заготовок. Поздовжній розкрій пиломатеріалів та заготовок здійснюють на круглопильних верстатах для поздовжнього розкрою.

На багатопильних верстатах виробляють випилювання з однієї широкої заготовки за один прохід кількох брусків або рейок. Пилальні валі цих верстатів можуть мати до п'яти і більше пилко. Коли потрібно розпиляти матеріал у поперечному і поздовжньому напрямках, а й під косим кутом, такий розкрій виконують на універсальних круглопилальних верстатах.

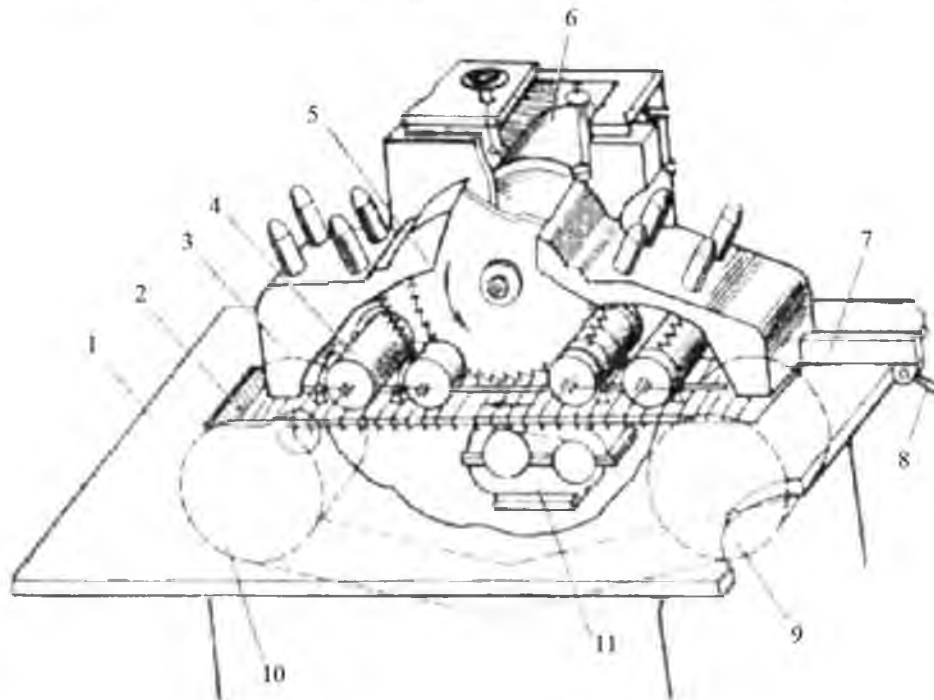


Рисунок 1.1 – Спрощена структурна схема багатопильно-обрізного верстата

1 – шпindel, 2 – стрічковий транспортер, 3 – корпус супорта верхнього прижиму, 4 – ролик, 5 – пили, 6 – електродвигун, 7 – направляюча лінійка, 8 – фіксатор лінійки, 9/10 – зірочки, 11 – мотор-редуктор.

Розкрій листових матеріалів та плит на щитові деталі виробляють на розкроювальних верстатах, кромки обпилюють на форматно-обрізних. Якщо необхідні деталі з профільними кромками, форматно-обрізні верстати оснащуються профільними фрезами для виконання цієї роботи. За розташуванням пили щодо матеріалу розрізняють верстати з нижнім і верхнім розташуванням пили. Розташування пили та напрямок її обертання вибирають з таким розрахунком, щоб сила пиляння притискала заготовку до базуючих елементів верстата. В одних конструкціях верстатів подають заготовку на пилку, в інших

пильну рухають на заготовку. Основними параметрами круглопильних верстатів є найбільша ширина і найменша або найбільша довжина матеріалу, що розпилюється, ці параметри визначають і габаритні розміри верстата. Товщину матеріалу, що розпилюється, визначає потужність приводу механізму різання.

Багатопильні верстати - це спеціалізоване обладнання, призначене для обрізання дерев'яних брусків, дошок, брусків або інших дерев'яних матеріалів на багато шматків або деталей. Ця техніка широко використовується в деревообробній промисловості для зрізання і обрізки дерев'яних заготовок під необхідні розміри та форми.



Рисунок 1.2 – Загальний вид багатопильно-обрізного верстата
TAUS Jeweler-600 CNC

Основні характеристики багатопильного верстату:

- *кількість пильних голів*. Зазвичай ці верстати обладнані кількома пильними голівками, які працюють паралельно і здатні одночасно різати деревину на декілька частин.

- ~~тип пильного обладнання.~~ Для обрізки деревини вони можуть використовувати різні види пильних дисків, такі як дискові, стрічкові або циркулярні.

- ~~можливість налаштування.~~ Деякі верстати мають можливість налаштування кутів та глибини різання для створення різних форм та розмірів обрізаних дерев'яних деталей.

- ~~автоматизація.~~ Сучасні багатопильні верстати можуть бути обладнані автоматизованими системами керування та подачі матеріалу для підвищення продуктивності та зменшення втрат часу.

Багатопильні верстати для деревини допомагають прискорити процес обрізки деревини на обрані розміри та спрощують завдання деревообробників в обробці дерев'яних заготовок для подальшого використання в будівництві, меблевому виробництві, транспортуванні та інших галузях промисловості.

Багатопильно-обрізний верстат з плаваючими пилами призначений для поздовжнього розпилювання двокантного та трикантного бруса висотою до 100 мм та шириною до 1000 мм, а також на обрізні дошки на обрізні заданої ширини. Зазвичай він застосовується як верстат другого ряду, для отримання високоякісних пиломатеріалів на підприємствах і в цехах лісопильного виробництва і для виробництва столярно-будівельних виробів. Рекомендується до використання в лісопильних лініях середньої та високої продуктивності. Верстат призначений для розпилювання заготовки за один прохід на пиломатеріал обрізний з точністю розпилу до 0,5 мм і гарною якістю поверхні. У верстаті для ефективного видалення тирси, в нижній частині розташований транспортер відводу тирси.

Технічні характеристики верстата:

Максимальна висота призми, мм	100
Мінімальна висота призми, мм	10
Максимальна ширина призми, мм	1000
Відстань між крайніми пилками, мм	950

Мінімальна довжина призми, мм	800
Діаметр пильного диска, мм	350
Діаметр валу, мм	80
Максимальна кількість пил на валу, шт	15
Швидкість обертання головного валу, об/хв	2900
Швидкість подачі, м/хв	10-26
Потужність приводу подачі, кВт	2,2/3/4
Потужність головного валу, кВт	15/18/22/30/37/45
Продуктивність по входу, м ³ /год	5 і більше
Габаритні розміри, мм	00
Довжина, мм	2970
Висота, мм	1575
Ширина, мм	1450
Маса, кг	3000-4200

Верстат призначений для довготривалої роботи з розпилу деревини на задані розміри у зв'язку з чим забезпечується:

- зміна розмірів між трьома рухомими пилами під час роботи;
- захист рухомих пил від помилково заданого розміру;
- зміни розмірів за допомоги джойстиків на пульті оператора (на кожному рухомому пилу свій), а також за допомоги сенсорної панелі оператора;
- забезпечується «плавний пуск» головного електродвигуна за допомоги перемикачів «зірка-трикутник»;
- контроль (зміну) швидкості подачі в залежності від навантаження на головному електродвигуні;
- зміна положення верхніх прижимів дошки в залежності від її товщини;
- захист всього електротехнічного обладнання шафи керування та верстата;
- захист обслуговуючого персоналу від потрапляння під рухомі частини верстата;

- візуальний контроль роботи верстата та оперативну зміну параметрів його роботи за допомогою сенсорної панелі оператора.

Структурна схема роботи автоматизованої системи багатопильно-обрізного верстата наведена на рисунку 1.3.

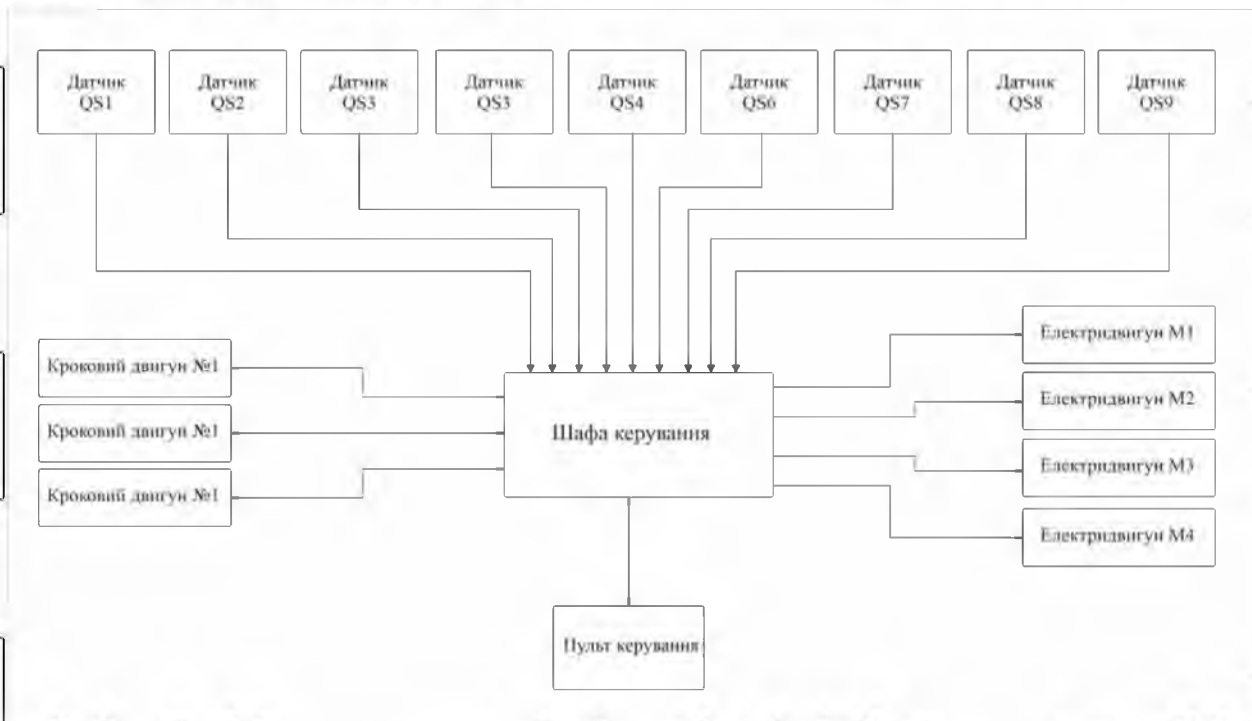


Рисунок 1.3 – Структурна схема АСК верстата

Структурна схема складається з наступних елементів:

- *шафа керування*. Це головний елемент системи АСК верстата, який використовується для організації роботи всього електрообладнання. Шафи керування зазвичай виготовляються з металевого або нековзного матеріалу і мають спеціальні відділення та кріплення для розміщення різноманітного обладнання, такого як реле, перемикачі, контактори, автомати, інвертори, блоки живлення, контролери, індикатори, панелі управління, проводка тощо.

- *датчик QS1*. Це кінцевий вимикач призначений для захисту обслуговуючого персоналу від потрапляння частин деревини з верстату під час роботи. Датчик контролює положення захисної шторки на вході верстат.

- *датчик QS2*. Це кінцевий вимикач призначений для захисту обслуговуючого персоналу від потрапляння в середину верстату під час роботи

через бокові двері для обслуговування ріжучих пил. Датчик контролює положення двері.

- датчик QS3. Це кінцевий вимикач призначений контролю верхнього положення прижиму.

- датчик QS4. Це кінцевий вимикач призначений контролю нижнього положення прижиму.

- датчик QS6. Це кінцевий вимикач призначений контролю крайнього лівого положення першої рухомої пили.

- датчик QS7. Це кінцевий вимикач призначений контролю крайнього лівого положення другої рухомої пили.

- датчик QS8. Це кінцевий вимикач призначений контролю крайнього лівого положення третьої рухомої пили.

- датчик QS9. Це кінцевий вимикач призначений контролю крайнього правого положення третьої рухомої пили.

- кроковий двигун №1. Це спеціалізований електричний двигун призначений для переміщення першої рухомої пили на заданий розмір.

- кроковий двигун №2. Це спеціалізований електричний двигун призначений для переміщення другої рухомої пили на заданий розмір.

- кроковий двигун №3. Це спеціалізований електричний двигун призначений для переміщення третьої рухомої пили на заданий розмір.

- електродвигун M1. Це головний електродвигун, який обертає вал з рухомими пилами.

- електродвигун M2. Це електродвигун транспортера тирси.

- електродвигун M3. Це електродвигун прижиму.

- електродвигун M4. Це електродвигун приводу подачі.

- пульт керування. Це пристрій призначений для дистанційного контролю та керування за технологічним обладнанням.

1.2 Аналіз факторів, що впливають на об'єкт керування

При переробці сировини одним з основних завдань є скорочення відходів і втрат, які залежать від технологічних факторів. Для оцінки ступеня та раціональності використання сировини служать об'ємний, посортний та специфікаційний виходи пиломатеріалів, посортний склад пиломатеріалів, коефіцієнт комплексного використання сировини, і навіть баланс деревини.

Об'ємний вихід P , % - це відношення обсягу отриманої пилопродукції V_{Π} , м³, до обсягу розпиляної сировини V_c , м³:

$$P = \frac{V_{\Pi}}{V_c} * 100$$

Посортний вихід P_{c1} , %, - це вихід пиломатеріалів по сортам $V_{\Pi 1}$, м³, до обсягу розпиляної сировини V_c , м³:

$$P_{c1} = \frac{V_{\Pi 1}}{V_c} * 100$$

Специфікаційний вихід $P_{сп}$, %, - це відношення обсягу специфікаційних пиломатеріалів $V_{сп}$, м³, до загального обсягу отриманої пилопродукції, V_{Π} , м³:

$$P_{сп} = \frac{V_{сп}}{V_{\Pi}} * 100$$

Посортний склад C_i , % - це частка кожного сорту та сортименту пиломатеріалів у їх загальному обсязі:

$$C_i = \frac{V_{\Pi 1}}{V_{\Pi}} * 100$$

Також важливим фактором, що впливає на об'єкт керування це є діаметр пили і номінальні оберти електродвигуна пил який обертає головний вал. Дана залежність показана на рис. 1.4.

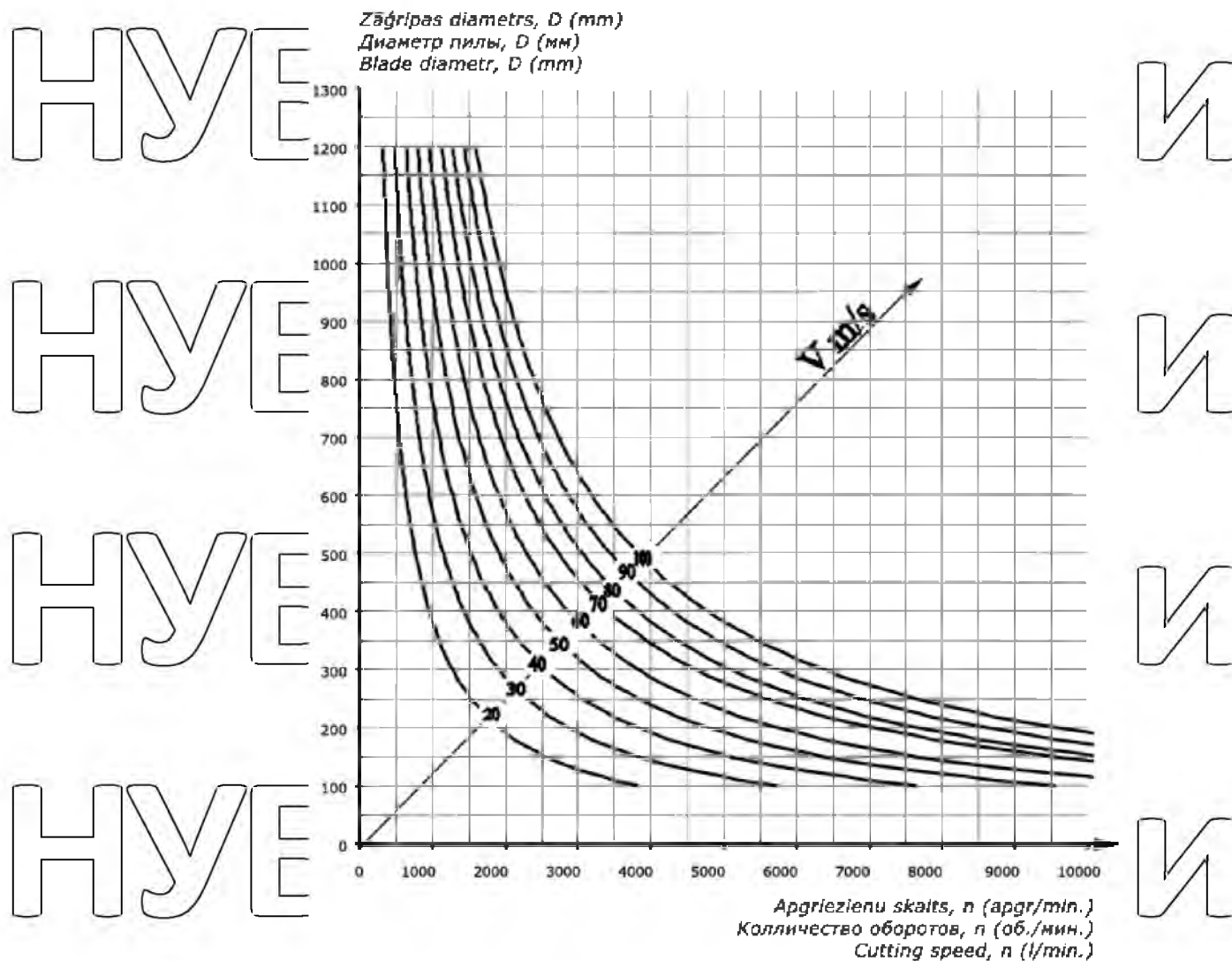


Рисунок 1.4 – залежність швидкості різання від зовнішнього діаметра пили та числа обертів валу.

Круглі пили являють собою диски різних діаметрів, на периферії яких нарізані зуби. Пилки використовуються для поздовжнього та поперечного розкрою колод, брусів та дощок, а також дерев'яних плитних матеріалів.

Кругла пилка характеризується формою диска, його діаметром, числом зубів, їх профілем та конструктивними особливостями.

До основних параметрів відносяться (рис. 1.5) діаметр самого диска D , діаметр посадкового отвору d , відстань від базової поверхні до осі пили, висота пропилу, що вимірюються в міліметрах.

Зубчастий вінець характеризується кроком зубів t (основний параметр), висотою зуба h_z , радіусом закруглення залядини r довжини задньої грані, що вимірюються в міліметрах. При роботі станка пили здійснюють обертальний рух.

За формою диска розрізняють круглі конічні, плоскі пили, пили з твердосплавними пластинками та стругальні.

Круглі конічні пилки (див. рис. 1.5 а-в) мають величину пропила майже вдвічі меншу, ніж плоскі, тому їх використовують для реєрового розпилювання пиломатеріалів на тонкі дощечки товщиною 12...18 мм. Розпилювання може бути симетричним, для якої застосовують двосторонні пилки діаметром 500...800 мм і товщиною пропилу 1...1,4 мм, і не симетричною, для якої застосовують лівоконічні та правоконічні пилки діаметром 500...800 мм та товщиною пропилу 1,0...1,4 мм. В окремих випадках використовують малоконічні пилки.

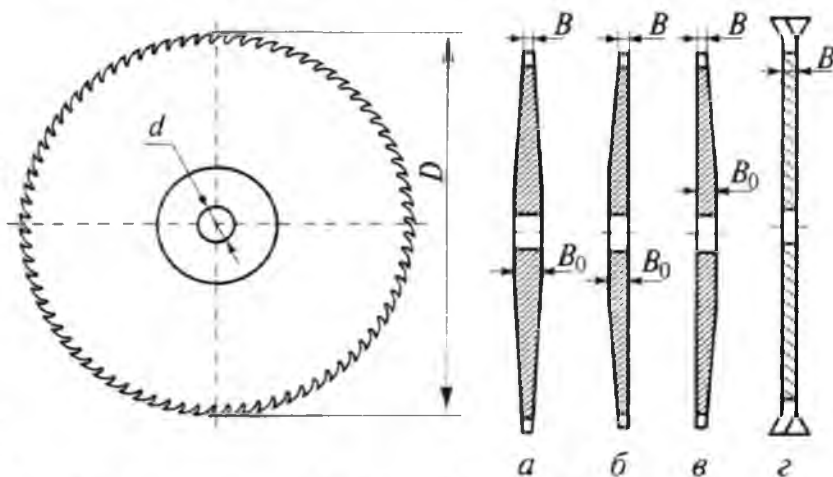


Рисунок 1.5 – Круглі пилки (а – двостороння, б – лівоконічна, в – правоконічна, г – плоска)

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ МАТИМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СИСТЕМИ
БАГАТОШИНО-ОБРІЗНОГО ВЕРСТАТА

2.1. Моделювання процесу різання деревини.

Зусилля, що докладається до різця, для подолання сили впливу на нього деревини, називають силою різання F , яка вимірюється в ньютонках (Н). Вона є результуючою трьох сил – дотичної, бічної і нормальної, які в проекції на осі позначаються відповідно: F_x , F_y , F_z . (рис. 2.1,а).

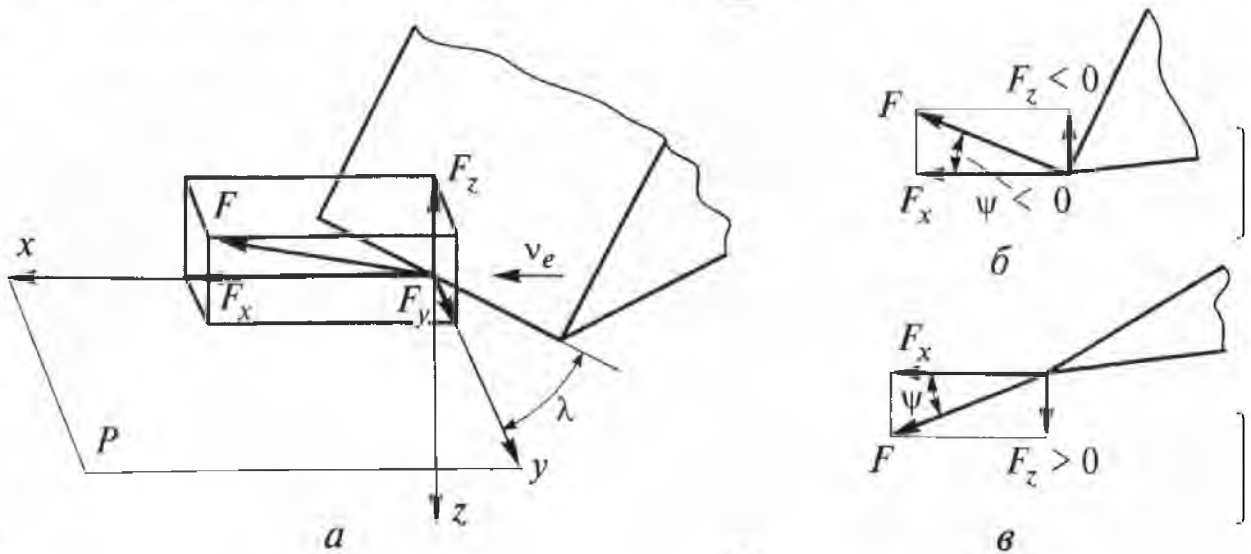


Рисунок 2.1 – Різання деревини: а – координатні сили F_x , F_y , F_z ;

б – нормальна сила F_z в умовах зтягування;
в – нормальна сила F_z в умовах віджимання

Бічна сила $F_y = 0$, якщо лезо різця перпендикулярне вектору швидкості різання. Дотична сила F_x завжди позитивна. Нормальна сила F_z може бути негативно спрямована (у бік стружки) – сила зтягування (рис. 2.1, б) або позитивно спрямована (у бік заготівлі) – сила віджимання (рис. 2.1, в).

Із силами різання пов'язані такі показники:

– одинична сила різання (сила різання для видалення шару, що зрізається,

шириною $b = 1 \text{ мм}$) F_1 , Н/мм:

$$F_1 = \frac{F}{b} \quad (2.1)$$

– питома сила різання (дотична сила для видалення шару, що зрізається, перетинном 1 мм²) $F_{уд}$, Н/мм²:

$$F_{уд} = \frac{F_x}{ab}, \quad (2.2)$$

де a і b – відповідно товщина і ширина шару, що зрізається;

– питома робота різання (робота дотичної сили F_x для зняття 1 см³ припуску) K , Дж/см³:

$$K = \frac{F_x l}{abl}, \quad (2.3)$$

де l – довжина шару, що зрізається;

abl – об'єм шару, що зрізається.

Питома робота K чисельно дорівнює $F_{уд}$.

Вплив сили F на міцність різального інструменту визначається умовами різання. Вони залежать від оброблюваного матеріалу, різального інструменту і режимів різання. До режимів різання відносять швидкість різання і подачі, розміри стружки. Збільшення швидкості різання дає змогу підвищити продуктивність, але при цьому зростає рівень шуму і знижується якість оброблюваної поверхні. Зі зростанням швидкості подачі збільшується середня товщина стружки і дотична сила F_x а питомий опір різання зменшується.

2.2. Дослідження швидкості різання і подачі у цильних верстатах

Швидкість різання в круглопилкових верстатах представляє собою швидкість передніх ріжучих крайок, яка відповідає окружній швидкості круглої пилки:

$$v = \frac{\pi D n}{1000 \cdot 60}, \quad (2.4)$$

де v – швидкість різання, м/сек;

D – діаметр круглої пилки, мм;

n – кількість обертів пилки на хвилину.

Зазвичай швидкість різання на круглих пилах становить 40...70 м/сек. При впровадженні швидкісного різання вона доводилася до 100...110 м/сек.

Таким самим шляхом визначається швидкість різання для стрічкових пилок; D тут матиме значення діаметра шківів.

У лісопильних рамах пили здійснюють поступально-поворотний рух від кривошипно-шатунного механізму; швидкість руху пил і їхніх передніх ріжучих крайок має змінне значення від нуля до максимуму. Значення дійсної швидкості руху пилок залежно від кута повороту кривошипа з верхнього вертикального його положення можуть бути підраховані за відомими формулами, які даються в курсі теорії механізмів і деталей машин.

У технологічних і економічних розрахунках використовується зазвичай поняття середньої швидкості руху пилок і різання, яка отримує такий вираз:

$$v_{\text{ср}} = \frac{2Hn}{60} \quad (2.5)$$

де $v_{\text{ср}}$ – середня швидкість різання, м/сек;

H – висота ходу (максимального підйому) пильної рамки, м;

n – число обертів вала рами за хвилину.

Залежно від значень H і n середня швидкість різання становить від 2...7 м/сек. Середня швидкість різання у лісопильних рамах приблизно в 10 разів менша, ніж у круглопилкових верстатів, що пояснюється різним характером руху пилок.

Швидкість подачі в пиляльних верстатах залежить від подачі деревини на один зуб пили u_z . Подача на один зуб обумовлюється жорсткістю полотна пилки, формою зуба, розміром западин між зубами (умовами розміщення тирси в западині), а також необхідною якістю пропилу. Дослідами і виробничою роботою встановлено, що для круглих пилок у лісопильному виробництві під час поздовжнього розпилювання лісоматеріалів хвойних порід подачі на зуб u_z на круглопилкових верстатах для розпилювання колод доходять до 2...2.5 мм, для розпилювання пиломатеріалів до 0.8...1 мм; для лісопильних рам така подача може доходити до 2...2.6 мм, для стрічкових верстатів: для розпилювання колод до 3...3.5 мм, ділильних до 1 мм, столярних до 0.1 мм.

Схему зрізання зубами круглої пилки деревини під час про-довільного пиляння наведено на рис. 2.2. Постійне число обертів пилки (з радіусом R) на

хвилину дає постійну окружну швидкість, або швидкість різання v . Брусок деревини з висотою пропилу h подається на пилку з постійною прямолінійною швидкістю подачі u . Під час різання кожен зуб пилки описує по відношенню до деревини траєкторії, що представляють деякі криві (циклоїди).

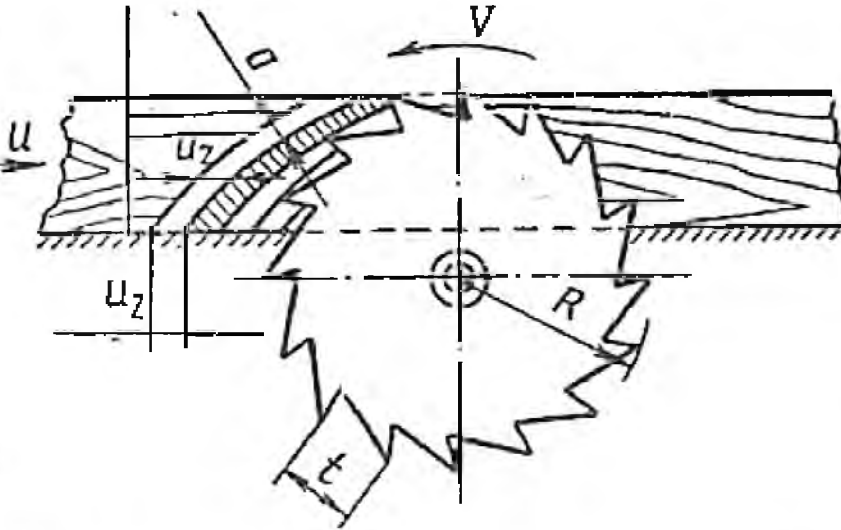


Рисунок 2.2. Схема роботи круглої пили при повздовжньому розрізі

Подачею деревини на зуб пилки буде u_z – відстань між двома будь-якими сусідніми траєкторіями, виміряна в напрямі подачі, причому відстань скрізь однакова. З подачею на зуб пилки не слід змішувати товщину стружки a , яка вимірюється по нормалі до траєкторій зубів, як видно з рис. 2.2, товщина стружки змінна; вона менша у верхнього краю і більша у нижнього.

У лісопилній рамі у випадку, що найчастіше трапляється, коли швидкість подачі постійна, а швидкість різання змінна, подача на зуб і товщина стружки мають змінне значення; тоді зазвичай вводять у розрахунки середнє значення подачі на зуб.

У стрічково-пиляльних верстатах є прямолінійна подача з постійною швидкістю, внаслідок чого подача на зуб і товщина стружки будуть постійними величинами.

Беручи за вихідну величину подачу на зуб u_z , можна визначити швидкості подачі різних верстатів.

Для верстатів із круглими пилами швидкість подачі:

$$u = \frac{u_z n z}{1000}, \quad (2.6)$$

де u – швидкість подачі, м/хв;

u_z – подача на зуб, мм;

z – число зубів пилки.

Звідси

$$u_z = \frac{1000u}{nz}. \quad (2.6a)$$

У лісопильних рамах швидкість подачі характеризується величиною подачі лісоматеріалу за оберт вала рами; ця подача називається посилкою і позначається

Δ з розмірністю в міліметрах. Тоді:

$$\Delta = u_z z_p, \quad (2.7)$$

де z_p – число зубів пилки, що беруть участь у пропилі з повним завантаженням,

$$z_p = \frac{H}{t}, \quad (2.8)$$

де H – висота ходу рами, мм;

t – крок зубів пилки, мм.

Отже,

$$\Delta = \frac{u_z H}{t}, \quad (2.9)$$

де u_z – середня подача на зуб.

Швидкість подачі в лісопильних рамах (м/хв):

$$u = \frac{\Delta n}{1000} = \frac{u_z H n}{t 1000}, \quad (2.10)$$

або

$$u_z = \frac{ut 1000}{H n} = \frac{\Delta t}{H}. \quad (2.10a)$$

Для стрічково-пилкових верстатів можна вивести такі співвідношення.

Позначимо число зубів пилки, що проходять через одну точку пропилу в 1 хв,

через:

$$z_l = \frac{\pi D n}{t}. \quad (2.11)$$

Тоді

$$u = \frac{u_z z_l}{1000} = \frac{u_z \pi D n}{1000 t}. \quad (2.12)$$

але

$$v = \frac{\pi D n}{60 \cdot 100} \quad (2.13)$$

$$u = \frac{60 u_z v}{t} \quad (2.14)$$

звідки

$$u_z = \frac{ut}{60v} \quad (2.15)$$

де u – швидкість подачі, м/хв;

D – діаметр шківів стрічкової пилки, мм;

n – число обертів шківів за хвилину;

t – крок зубів пилки, мм;

u_z – подача на зуб, мм;

v – швидкість різання (окружна швидкість шківів), м/сек.

$$v = 20 \dots 70 \text{ м/сек, } u = 20 \dots 70 \text{ м/хв, } v = 2 \dots 7 \text{ м/сек, } u = 2 \dots 14 \text{ м/хв.}$$

Швидкість подачі u у багато разів менша за швидкість різання v . Так, для

круглопилкових верстатів $v = 20 \dots 70$ м/сек, тоді як найпоширеніші швидкості

подачі становлять $u = 20 \dots 70$ м/хв; для лісопильних рам $v = 2 \dots 7$ м/сек,

$u = 2 \dots 14$ м/хв. Можна вважати середнє відношення:

$$\frac{u}{v} = \frac{1}{60} \quad (2.16)$$

з коливаннями в межах

$$\frac{u}{v} = \frac{1}{25} \dots \frac{1}{125} \quad (2.17)$$

2.3. Зусилля і потужність різання.

Роботу, необхідну на перетворення 1 см^3 деревини на стружку, називають

питомою роботою різання K і виражають у кілограмометрах на кубічний

сантиметр. Користуючись поняттям про питому роботу різання, можна вельми

просто виразити потужність різання N_p , врахувавши секундний обсяг знятої

деревини $q_{сек}$, якому, очевидно, буде пропорційна потужність:

$$q_{сек} = \frac{bhu}{60} \quad (2.18)$$

тоді

$$N_p = \frac{Kq_{сек}}{102} = \frac{Kbh u}{60 \cdot 102} \quad (2.19)$$

де N_p – потужність різання, кВт;

b – ширина зрізаного шару деревини, мм;

h – сумарна висота шару деревини, що зрізається, мм;

v – швидкість подачі, м/хв;

На величину питомої роботи впливає багато чинників, до яких відносяться порода і вологість деревини, величина подачі на зуб пилки, напрямок різання відносно волокон, кут різання різця, ступінь його затуплення, форма леза, величина кроку зубів пили та ін.

Ці ж чинники впливають на силу, необхідну для подолання всіх опорів, що виникають під час руху різців. Цю силу називають силою різання і позначають P . Зусилля опору різанню, наведене до питомої площі в 1 мм^2 поперечного перерізу стружки, називають питомим опором різання:

$$K = \frac{P}{bh}. \quad (2.20)$$

Питомий опір різанню за обраних розмірних значень величини дорівнює питомій роботі різання, тому відмінності між ними надалі не робиться. Наприклад, значення K під час розпилування на лісопилних рамах гострими пилками свіжозрубаних колод (відносною вологістю 50...70 %) європейської сосни для висоти пропилів 250...550 мм за подачі на зуб 0.8...1.2 мм становило 5.5...6.5 кг/мм².

Значення K збільшується у зв'язку із затупленням пилок. Через 3 год роботи це збільшення доходить до 35 %. Значний вплив має також твердість деревини, що характеризується породою. Так, для дуба K більша, ніж для сосни, в 1.5...1.6 рази, для інших твердіших порід (наприклад, тропічних) у 2.5...3.5 і більше разів. Вологість деревини має менший вплив і, наприклад, порівняно зі свіжозрубаючою деревиною розпилування сухої деревини з вологістю 10...15 % дає зниження K на 10 %.

З формули потужності різання (2.19) можна вивести значення сили різання:

$$P = \frac{102N_p}{v} = \frac{Kbhv}{60v}. \quad (2.21)$$

де P – зусилля різання, кг;

v – швидкість різання, м/сек.

У лісопильних рамах і в деяких типах круглопилькових верстатах різання здійснюється одночасно кількома пилами. У цьому випадку сумарна висота шару деревини, що зрізається, буде знаходитися, як сума висот пропилів від кожної пилки.

Для лісопильних рам, де пиляння з кожних двох ходів пилок проводиться тільки за один, зусилля пиляння P , підраховане за формулою (2.21), має значення середнього зусилля P_{cp} .

Повна потужність N , необхідна для приведення в рух пиляльних верстатів, складеться з потужності на різання N_p , потужності на холостий хід верстата і потужності на подачу. У пильних верстатах потужність на подачу порівняно з потужністю холостого ходу має незначну величину, чому для спрощення розрахунків її можна умовно врахувати в коефіцієнті корисної дії верстата η спільно з витратою потужності на холостий хід верстата. Тоді:

$$N = \frac{N_p}{\eta} \quad (2.22)$$

У розгорнутому вигляді формула повної пиляльних верстатів така:

$$N = \frac{Kbhv}{60 \cdot 102 \eta} \quad (2.23)$$

Коефіцієнт корисної дії η для лісопильних рам має значення за підшипників ковзного тертя 0.6, за роликів підшипників колінчастого вала і кривошипа 0.75, для стрічково-пилкових верстатів 0.7...0.8.

За наявної певної потужності пиляльного верстата швидкість подачі, обчислена на підставі цієї потужності, буде максимально можливою швидкістю подачі u_{max} , що важливо знати для визначення максимальної продуктивності верстата. З формули (2.23) випливає

$$u_{max} = \frac{60 \cdot 102 N \eta}{Kbh} \quad (2.24)$$

У деяких випадках, наприклад під час розпилювання тонких колод і брусів на лісопильних верстатах великої потужності, знайдена таким чином u_{max} не може бути практично реалізована внаслідок того, що пили стають нестійкими в

роботі. У цих випадках необхідна ще перевірка за фактором, який називається працездатністю пилос.

Крім того, фактором, що обмежує максимальну швидкість подачі, може бути якість поверхні, що розпилюється.

2.4. Визначення передатної функції об'єкта керування.

Для визначення передатної функції багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами, а саме процесу подачі деревини на різку, проведемо моделювання за формулою (2.23) – (2.24) використовуючи математичний пакет MathCAD (рис. 2.3).

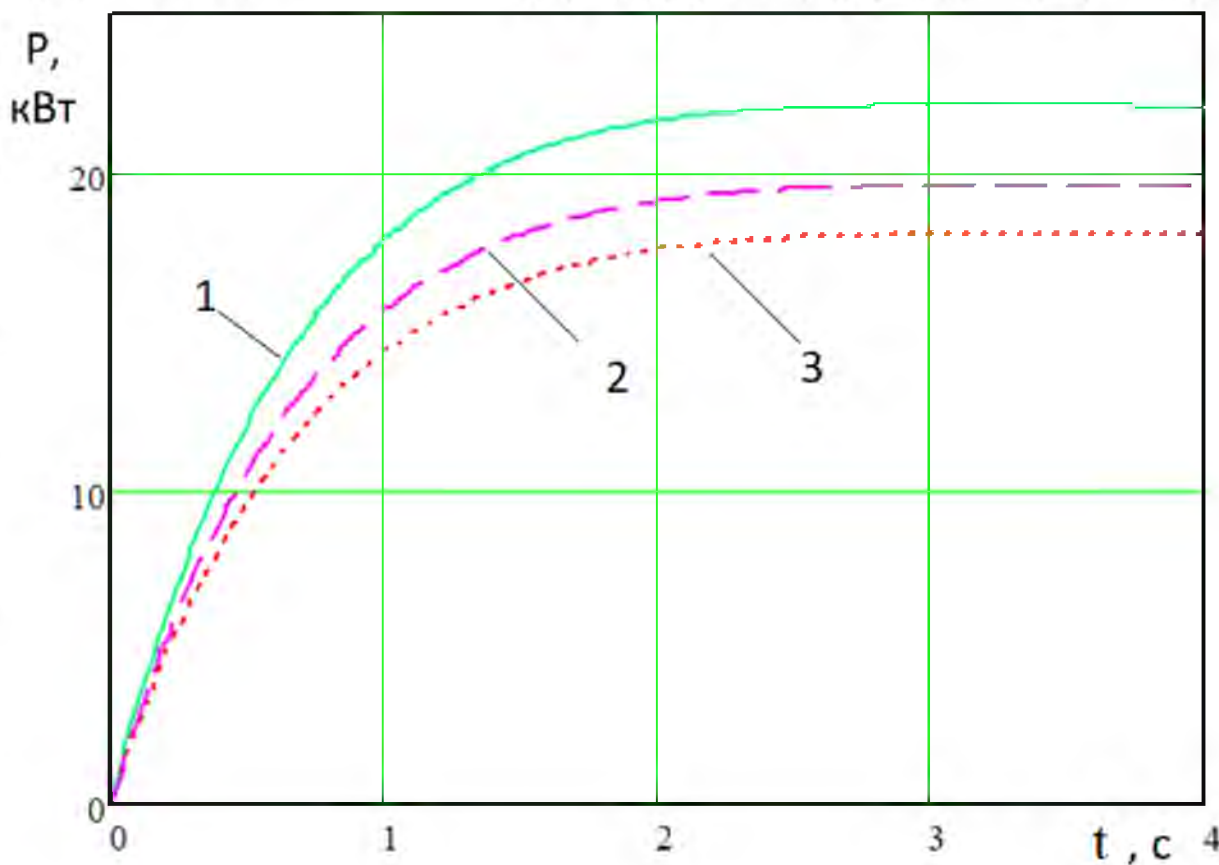


Рисунок 2.3 – Розгінна характеристика процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами для різної подачі деревини на різку

Для побудови нормованої розгінної характеристики процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами, як об'єкта автоматизації, скористуємося формулою для розрахунку нормованої кривої розгону:

$$y_0(t) = \frac{y(t) - y(0)}{y(\infty) - y(0)}, \quad (2.25)$$

де $y(t)$ – значення потужності за час t , м;

$y(0)$ – значення потужності за час $t = 0$, м;

$y(\infty)$ – значення потужності за час $t = \infty$, м;

Використовуючи дані отриманої розгінної характеристики процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами (рис. 2.3), будемо графік нормованої розгінної характеристики об'єкта керування (рис. 2.4).

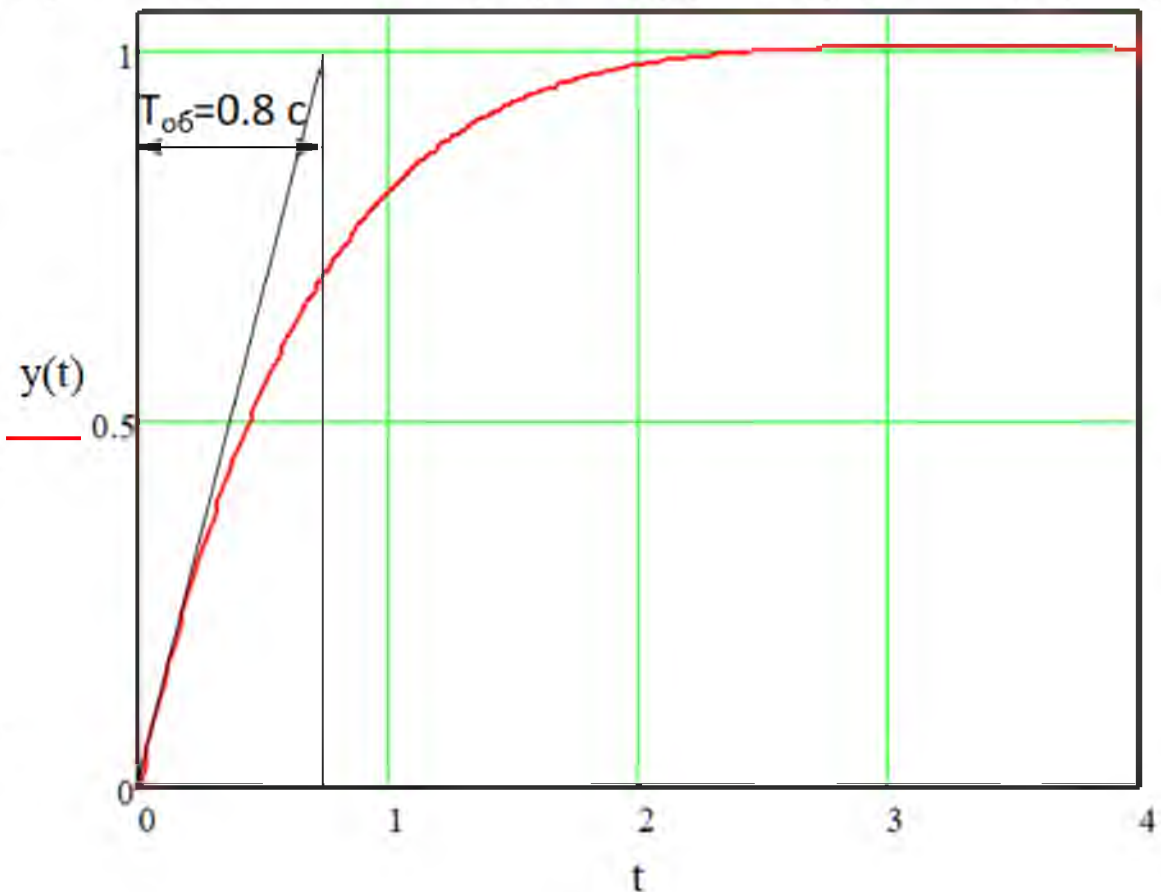


Рисунок 2.4 – Нормована розгінна характеристика процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами для різної подачі деревини на різку

Передатна функція процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами, як статичного об'єкта керування має вид:

$$W_{ok}(p) = \frac{\kappa_{ok} \cdot e^{-p\tau_{ok}}}{T_{ok} \cdot p + 1} \quad (2.26)$$

де κ_{ok} – коефіцієнт передачі об'єкта керування;

T_{ok} – постійна часу об'єкта керування, с,

τ_{ok} – час запізнення об'єкта керування, с.

Постійна часу об'єкта керування та час запізнення визначається графічно, з нормованої розгінної характеристики (рис. 2.4): $\tau_{ok} = 0$ с; $T_{ok} = 0.8$.

Коефіцієнт передачі об'єкта керування визначається, як відношення приросту потужності на двигуні електропили до приросту швидкості надходження деревини для розпилу:

$$\kappa_{ok} = \frac{\Delta N}{\Delta u_{max}} = \frac{22}{0.61} = 36.$$

Запишемо рівняння передатної функції (2.26) під час розпилу з врахуванням отриманих значень:

$$W_{ok} = \frac{36}{0.8p + 1} \quad (2.27)$$

РОЗДІЛ 3. ВИБІР РЕГУЛЯТОРА ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЙОГО НАЛАШТУВАНЬ.

3.1. Вибір регулятора

Для даного проекту обираємо в якості регулятора перетворювач частоти ТМ ENEXT серії e.f-drive pro.4R0 (рис. 3.1) який призначений регулювання швидкості обертання та моменту на валу трифазних низьковольтних асинхронних електродвигунів, шляхом перетворення мережевого змінного струму з частотою 50Гц в змінний струм з частотою від 0 до 600Гц.

Для адаптації перетворювача частоти в автоматизовані системи керування в нього вбудований ПІД-регулятор за допомогою якого відбувається контроль за виробничим процесом. Наявність даної функції (ПІД-регулятор) повністю задовольняє вимогам нашого технологічного процесу – зміну швидкості подачі деревини в залежності від навантаження на головному електродвигуні який обертає пили.



Рисунок 3.1 – Перетворювач частоти e.f-drive pro.4R0.

Технічні характеристики перетворювача частоти:

Номинальна потужність: 4кВт;

Напруга, U_{вх}/U_{вих}: 3x380В / 3x380В;

Струм вх/вих: 10,5А / 9А;

Вихідна частота: V/F: 0~3200 Гц / SVC: 0-300 Гц;

Перевантажувальна здатність: 150% - 1хв; 180% - 3сек;

Несуча частота: 0,5-16 кГц;

Допустимі коливання:

- напруга $\pm 15\%$;

- частота $\pm 5\%$;

- дисбаланс напруги $\leq 3\%$.

Час розгону / гальмування: 0-6500с

Входи / виходи сигналів управління: 5(7) програмованих цифрових клем, 1 високочастотна імпульсна клемма (до 100кГц), 1(3) програмований аналоговий вхід 0...+10В або 0...20мА, 1(2) програмований вихід: з відкритим колектором або

високочастотний імпульсний вихід, 1 програмований релейний вихід, 1(2) програмований аналоговий вихід 0...+10В або 0...20мА, RS485 (Modbus RTU)

Джерело вводу команд: клавіатура, зовнішній термінал, цифровий зв'язок;

Додаткові функції: ПД-регулятор;

Цифровий зв'язок: RS485 Modbus RTU;

Охолодження: примусове;

Гальмівний модуль: вбудований;

Панель програмування: в комплекті, знімна;

Відповідність стандартам: ДСТУ EN 61800-3, ДСТУ EN 61800-5-1;

Ступінь захисту: IP20.

3.2. Вибір сприймаючих елементів системи автоматичного керування багатопильно-обрізного верстата з плаваючими пилами.

Під час вибору сприймаючого елемента системи автоматичного керування необхідно враховувати наступні фактори:

1) струм виміру: $> 100\text{А}$;

2) вихідний сигнал: 4-20мА

3) напруга живлення: $\approx 24\text{В}$

В якості сприймаючого елемента виберемо трансформатор струму з аналоговим виходом SST40/50 TM DWYER.

Трансформатори струму серії SST призначені для забезпечення вхідного сигналу на обладнанні за нормальних умов експлуатації.



Рисунок 3.2 – Трансформатор струму SST40/50

Технічні характеристики трансформатора струму SST40/50 :

Діапазон сили струму: вибирається під час встановлення: до 200А

Вихідні сигнали: 4–20 мА, дійсне середньоквадратичне значення;

Вимоги до навантаження: з живленням від контуру; 24 VDC;

Точність: 1 %;

Робоча температура: $-30\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($-22\text{--}158\text{ }^{\circ}\text{F}$);

Робоча вологість: 0–95 % (без утворення конденсату);

Час реакції: 250 мс до 90 %;

Ізоляційна напруга: 2000 В;

Частота: 10–400 Гц;

Ступінь захисту: рейтинг займистості UL, 94 V-O, корпус з АБС-пластику;

Офіційні схвалення: CE, UL

Габаритні розміри трансформатора струму SST40/50 зображені на рис. 3.3.

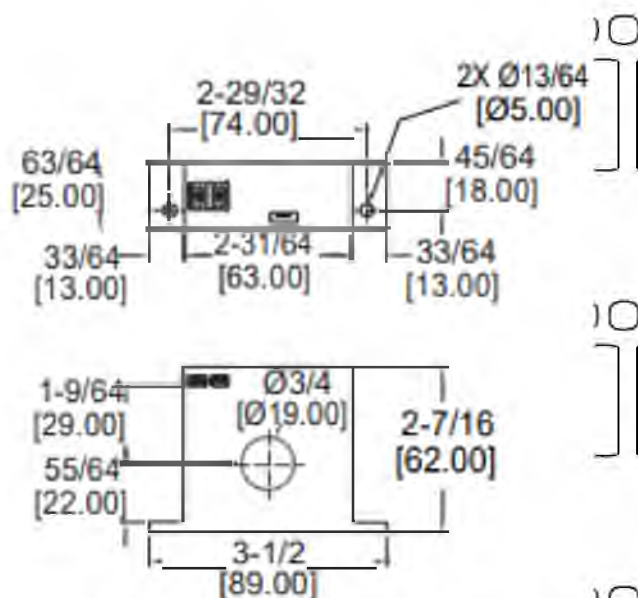


Рисунок 3.3 – Габаритні розміри трансформатора струму ССТ40/50

3.3. Вибір виконавчих механізмів системи автоматичного керування

багатопильно-обрізного верстата з плаваючими пилами

У якості виконавчого механізму було обрано електродвигун чотири полюсний 3,0 кВт 1400 об./хв. Технічні характеристики електродвигуна наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики електродвигуна T100LB4

Модель	T100LB4
Потужність, кВт	3
Напруга, В	400
Струм, А	6,5
Частота, Гц	50
Швидкість обертання, об/хв	1420
Клас ізоляції	F
Виробник	KBMotor

Опис і робота

Трифазні двигуни мають три обмотки на статорі, зміщені в просторі на 120° , з'єднаних у зірку або трикутник, живлення яких здійснюється трифазним змінним

струмом. Ротор зазвичай виконується як короткозамкнутий або фазний. Двигун із короткозамкнутим ротором конструктивно простіший фазного, надійніший у роботі, дешевший, має найкращі значення коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$) і КПД, але пускові характеристики в нього гірше.

Під час увімкнення обмоток статора в мережу трифазного струму в машині виникає обертове магнітне поле, яке змінюється з обмотуванням якоря, наводить у ній ЕДС. Водночас у стрижнях обмотування ротора з'являється струми. Внаслідок взаємодії цих струмів з обертовим магнітним полем на роторі виникають електромагнітні сили. Сукупність цих сил створює електромагнітний обертальний момент, під дією якого ротор приходить у обертання з кутовою швидкістю в бік обертання поля статора. Тобто між обмотками статора та ротора, як і в трансформаторі між первинним і вторинним обмотуванням, є тільки магнітний зв'язок, різниця лише в тому, що ротор обертається.

На рис.3.4 приведено габаритні розміри та загальний вигляд Т100LB4.

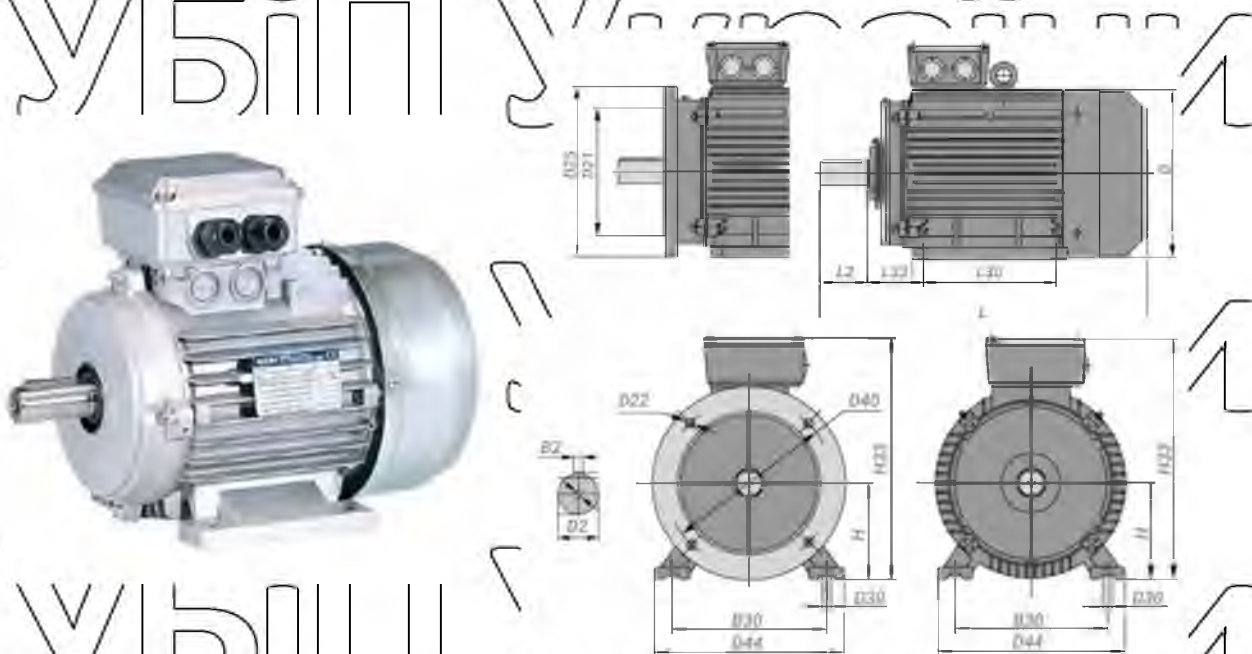


Рисунок 3.4 - Загальний вигляд та габаритні розміри Т100LB4.

3.4. Вибір алгоритму управління та розробки функціональної та структурної схеми САК.

Отримана передатна функція об'єкта керування (багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами для різної подачі деревини на різку) та вимоги до комплексу технічних засобів, вимагає використовувати регулятор безперервної дії.

Для підвищення якості керування використовуємо регулятор більш складної структури (ПІД). Навантаження на багатопильно-обрізний верстат з плаваючими пилами з різною подачею деревини є швидкодіючим процесом.

Підтримання заданих параметрів швидкості подрібнення при неперевищенні струму електродвигуна приводу пили можливо тільки при використанні ПІД-регулятора.

Для розробки структурно-функціональної схеми САК процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами для різної подачі деревини на різку (рис. 3.5) скористуємось отриманими пристроями, на якій зображено: автоматичний керуючий пристрій (АКП); виконавчий механізм (ВМ); об'єкт керування (ОК); сприймаючий елемент (СЕ); порівнювальний елемент.

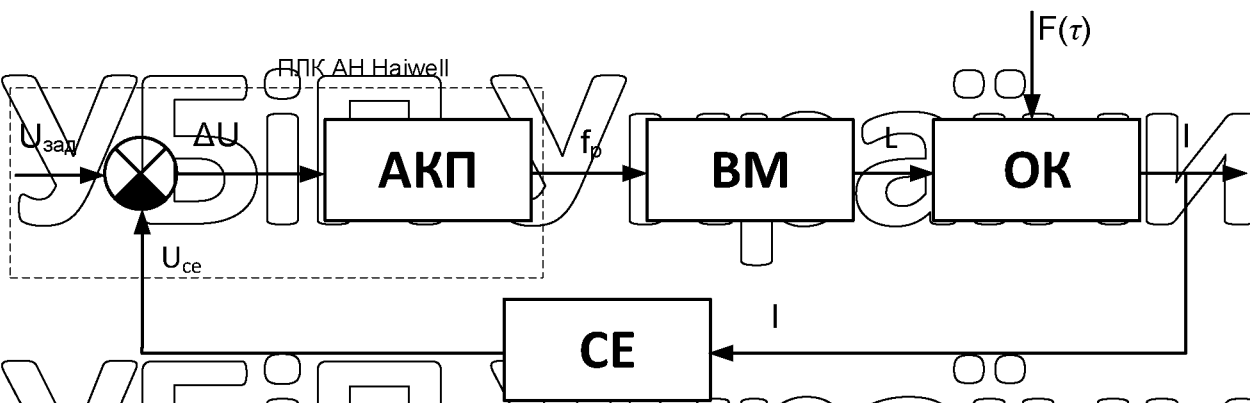


Рисунок 3.5 – Структурно-функціональна схема САК процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами для різної подачі деревини на різку

Маючи функціонально-структурну схему складаємо структурно-алгоритмічну схему процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими

пилами для різної подачі деревини на різку (рис. 3.6), визначивши передатні функції основних елементів схеми.

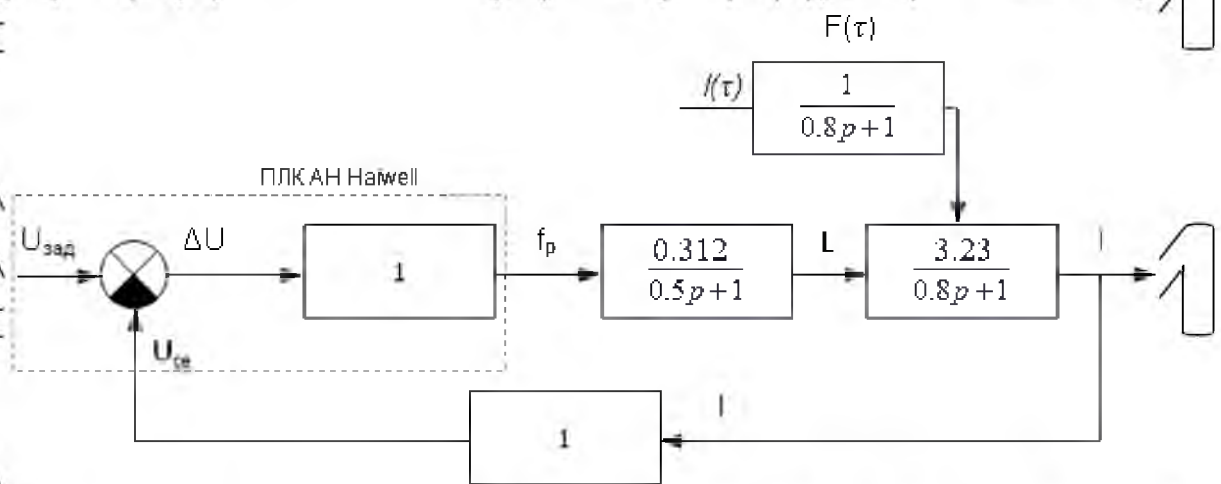


Рисунок 3.6 – Структурно- алгоритмічна схема САК процесу багатопилюно-обрізного верстату з плаваючими пилами для різної подачі деревини на різку

Задача вибору раціонального періоду квантування T_c є однією з основних проблем реалізації цифрових систем керування. При зменшенні часу керування точність керування цифровою системою збільшується, але при цьому зростає навантаження мікропроцесора. При збільшенні часу квантування втрачається важлива інформація про сигнал, що може призвести до неможливості відтворення вихідного сигналу за дискретними вибірками. Тому виникає проблема пошуку раціонального часу квантування T_c , який задовольнив би такі суперечливі вимоги.

Згідно з теоремою Котельникова (імпульсною теоремою) для можливості безпомилкового відтворення сигналу, як показує аналіз амплітудних спектрів імпульсної системи, найменша частота квантування повинна дорівнювати $2\omega_c$, де ω_c – найвища частота вхідного сигналу, яка має місце в амплітудно-частотній характеристиці неперервної частини системи.

Теорема стверджує: якщо сигнал не містить в собі частот вище, ніж ω_c рад/с, він повністю описується своїми значеннями, виміряними у дискретні моменти часу з інтервалом:

$$T_c \leq \frac{\pi}{\omega_c} \quad (1)$$

У дійсності сигналів з обмеженим спектром у системах керування фізично не існує. Всі фізичні сигнали містять у собі гармоніки, які покривають діапазон частот до ∞ .

Але амплітуди високочастотних складових значно ослаблені, тому при заданій точності відтворення сигналу ми можемо вважати, що він має обмежений спектр. Тоді найвищу частоту вхідного сигналу ω_c (межу спектра) для систем без інтегруючої ланки в неперервній частині визначають як розв'язок рівняння

$$A(\omega) = A(0)\theta. \quad (2)$$

де $A(\omega) = |W_{zam}|$ – амплітудно-частотна характеристика неперервної частини замкненої автоматичної системи;

θ – максимально допустима похибка квантування, яка повинна бути забезпечена на виході системи (у абсолютних величинах);

$A(0)$ – значення амплітудно-частотної характеристики неперервної частини замкненої автоматичної системи при нульовій частоті $\omega = 0$ (визначає статичну похибку системи).

Для систем з інтегруючою ланкою в неперервній частині $A(0) = 1$, а статична похибка дорівнює нулю, тому для них рівняння (2) має бути таким:

$$A(\omega) = \theta. \quad (2')$$

Тому, для визначення передатної функції неперервної частини замкненої системи необхідно знайти доданок передатних функцій керуючого елемента (регулятор або контролер) виконавчого механізму та об'єкта керування.

$$W_{zam}(s) = W_{ke}(s)W_{vm}(s)W_{ok}(s), \quad (3)$$

Визначаємо передатну функцію неперервної частини розімкненої системи:

$$W_{roz}(s) = \frac{W_{zam}(s)}{1+W_{zam}(s)W_{ee}(s)}, \quad (4)$$

$$W_{roz}(s) = \frac{0.4032 s^2 + 1.31 s + 1.008}{0.16 s^4 + 1.04 s^3 + 2.893 s^2 + 3.91 s + 2.008}$$

Визначаємо амплітудно-настотну характеристику неперервної частини замкненої системи як модуль її АФЧХ:

$$A(\omega) = |W_{zam}(j\omega)| \quad (5)$$

Знаходимо значення амплітудно-частотної характеристики неперервної частини замкненої автоматичної системи при нульовій частоті $A(0)$.

Знаходимо праву частину рівняння (2) $A(0)\theta$.

Підставляючи отримані значення в рівняння (2) знаходимо найвищу частоту вхідного сигналу $\omega_c = 14.1744$ с (рис. 3.7).

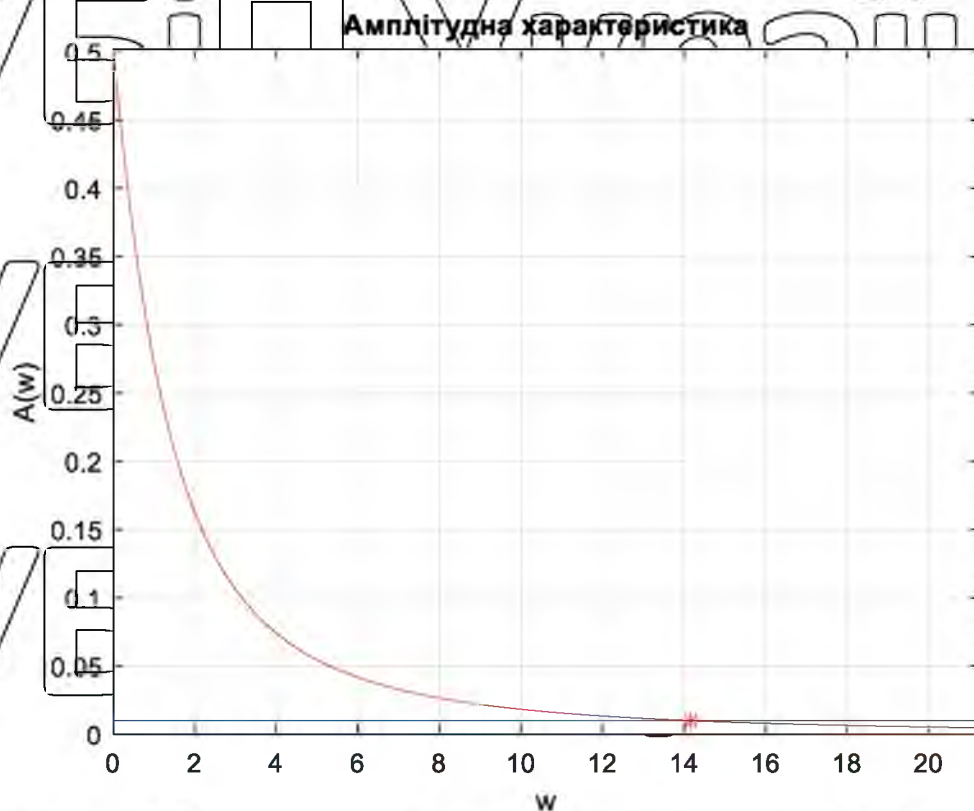


Рисунок 3.7 – Перевірка за теоремою Котельникова

Підставивши отримані вище дані розрахуємо максимально допустимий період квантування використовуючи рівняння (1) $T_c = 0.2216$.

Знакоliamo дискретну передатну функцію цифрової розімненої системи з отриманим за попередніми розрахунками періодом дискретизації. Для цього за допомогою пакета MATLAB знайдемо Z-перетворення еквівалентної передатної функції з'єднання неперервної частини системи з фіксатором нульового порядку.

Обчислюємо дискретну передатну функцію замкненої системи за аналогією з рівнянням (4):

$$W_{\tau cz}(s) = \frac{0.04889z + 0.003845}{z^2 - 1.4z + 0.4866}$$

Викликаємо Simulink і у його середовищі створюємо нове робоче вікно моделі. Створюємо структурну схему системи з неперервною частиною і повністю цифровою. Встановлюємо значення параметрів блоків в схемі. Виконуємо пуск моделі (Start simulation) та отримуємо графік перехідного процесу цифрової системи.

Для оцінки стійкості цифрових систем керування необхідно визначити характеристичне рівняння системи у Z-перетворенні

$$a_0 z^n + a_1 z^{n-1} + a_2 z^{n-2} + \dots + a_{n-1} z + a_n = 0. \quad (6)$$

Умова стійкості: всі корені характеристичного рівняння (6) повинні знаходитись у колі Одиничного радіуса на Z-площині (рис. 3.8)

для дійсних коренів – $|z_k| < 1$;

для комплексних – $\sqrt{\text{Re}^2(z_k) + \text{Im}^2(z_k)} < 1$.

Корені характеристичного рівняння на Z-площині

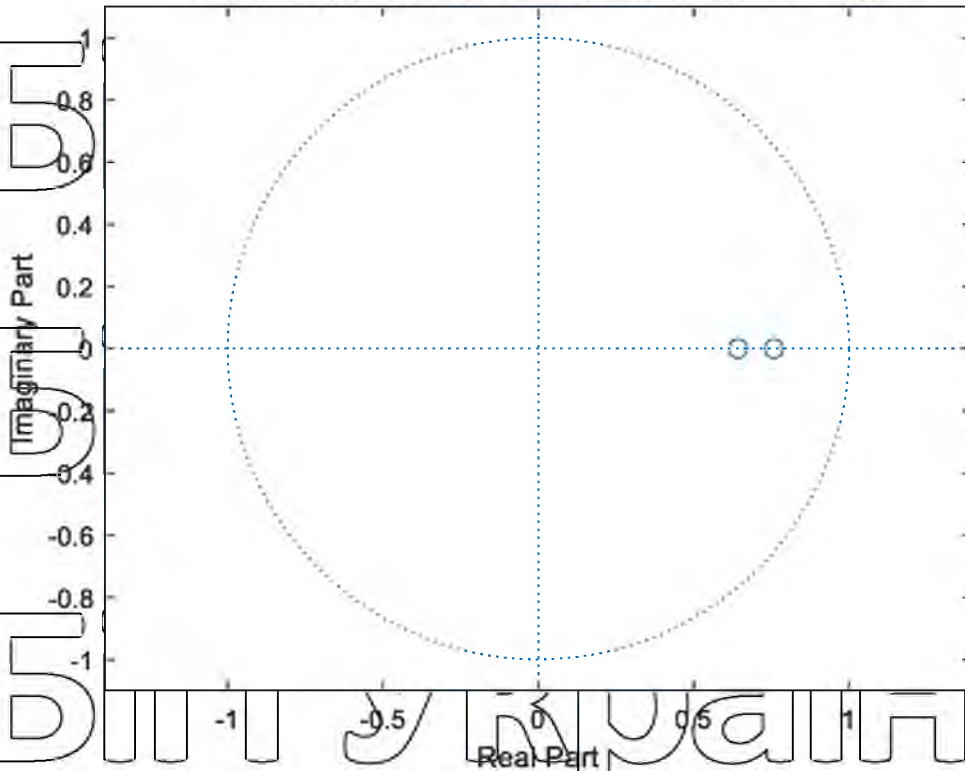


Рисунок 3.8 – Корені характеристичного рівняння на z-площині

Всі корені знаходяться в колі – тобто система є стійкою (рис. 2).

Для визначення коефіцієнтів ПІД регулятора (рис. 3.9), спочатку визначається параметр інтегральної складової регулятора, який залежить від добротності за швидкістю K_v неперервної частини системи:

$$K_v = \lim_{z \rightarrow 1} W_{nc}(z) K_i \quad (7)$$

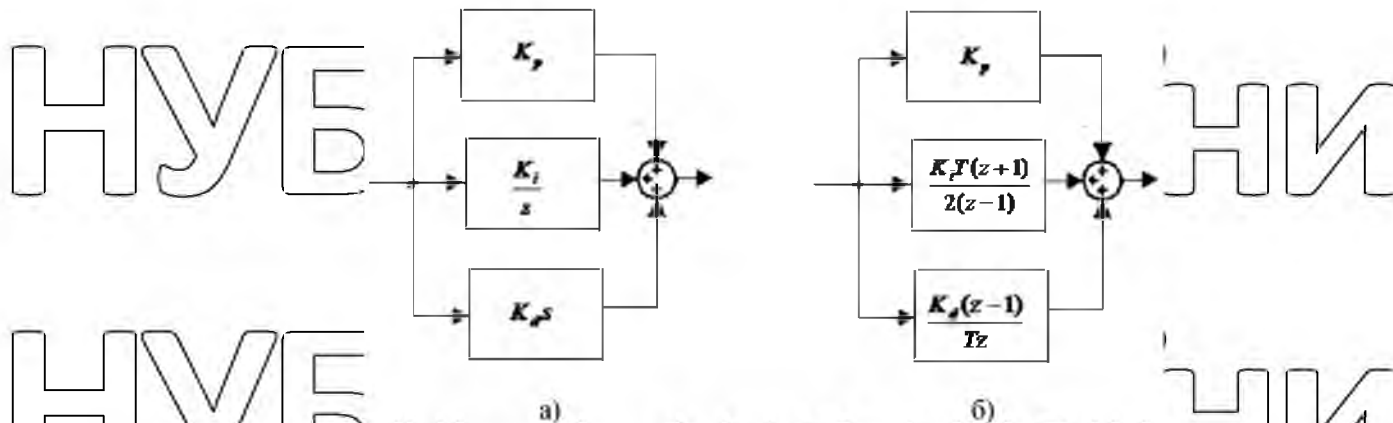


Рисунок 3.9 – Структурні алгоритмічні схеми неперервного (а) і цифрового (б) ПІД-регуляторів

Після знаходження K_i параметри K_p і K_d визначаються таким чином, щоб компенсувати знаменник дискретної передатної функції неперервної частини системи, що є поліномом другого степеню $z^2 + dz + c$.

Передатна функція ПІД-регулятора (рис. 1, б) має вигляд:

$$W_r(z) = K_p + \frac{K_i T(z+1)}{2(z-1)} + \frac{K_d(z-1)}{z} \quad (8)$$

Після зведення цього виразу до загального знаменника та винесення за дужки коефіцієнта при z^2 $W_r(z)$ матиме вигляд:

$$W_r(z) = \frac{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d}{Tz(z-1)} \left(z^2 + \frac{K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d}{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d} z + \frac{2K_d}{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d} \right) \quad (9)$$

Для компенсації двох полюсів необхідно знайти такі K_p і K_d , які б задовольняли систему рівнянь:

$$\begin{cases} \frac{K_i T^2 - 2K_p T - 4K_d}{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d} = d. \\ \frac{2K_d}{K_i T^2 + 2K_p T + 2K_d} = c. \end{cases} \quad (10)$$

Для дослідження показників якості роботи системи використовується програмне середовище MATLAB (рис. 3.10-3.11).

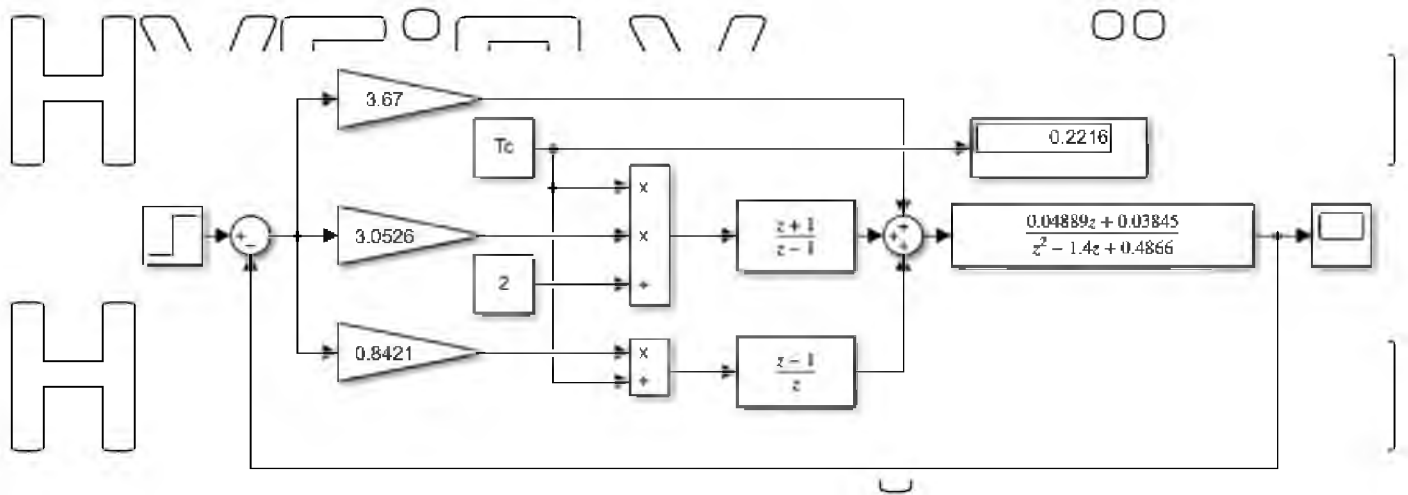


Рисунок 3.10 – Імітаційна модель в MATLAB САК процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами для різної подачі деревини на різку

Графіки перехідних процесів цифрових систем

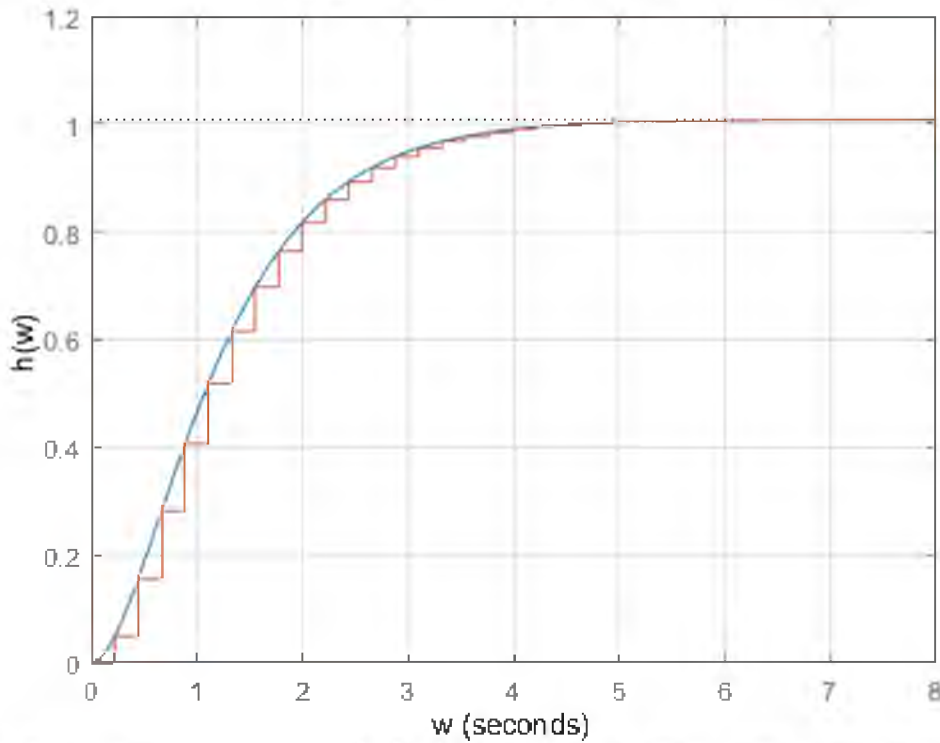


Рисунок 3.11 – Перехідний процес системи автоматичного керування процесу багатопильно-обрізного верстату з плаваючими пилами для різної подачі деревини на різку

НУБІП України

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБКА СХЕМ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4.1. Розробка принципової схеми

Для зображення принципів електричних схем використано умовні графічні та літерно-цифрові (позиційні) позначення. При цьому використовують ГОСТ 2.710-81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».

Позиційне позначення згідно з ГОСТ 2.710-81 складається із трьох частин.

У першій частині позиційного позначення записують одну або дві літери латинського алфавіту (вид елемента), у другій - одну або кілька цифр (номер), у третій - одну або кілька латинських літер (функція елемента). Слід пам'ятати, що вид та номер елемента - це обов'язкова частина умовного позначення.

Показувати функцію елемента необов'язково.

Слід виконувати принципові електричні схеми за такими правилами:

1. Лист із схемою заповнено у такому вигляді: у лівій частині розміщено основну схему, в правій частині - перелік елементів.

2. Усі апарати (реле КМ1-КМ3, контакти, кнопки SB1-SB5 та ключі керування SA, автоматичні вимикачі QF1, SF та ін.) на електричній схемі зображено, як правило, у вимкненому положенні, тобто за відсутності напруги в усіх колах схеми та зовнішніх механічних діях на апарати.

3. Контакти реле КМ1-КМ3, кнопкових перемикачів SB1-SB5 зображено, щоб сила, яка потрібна для спрацювання, діяла на рухомий контакт зверху вниз при горизонтальному зображенні зіл схеми та зліва направо - при вертикальному.

4. Для позиційного позначення елементів застосовано дволітерний код.

Позиційне позначення на схемі проставлено біля умовного графічного зображення елементів (пристроїв) з правої сторони або над ними.

5. Лінії зв'язку між елементами складаються із горизонтальних та вертикальних відрізків і мають найменше число зломів та перетинів.

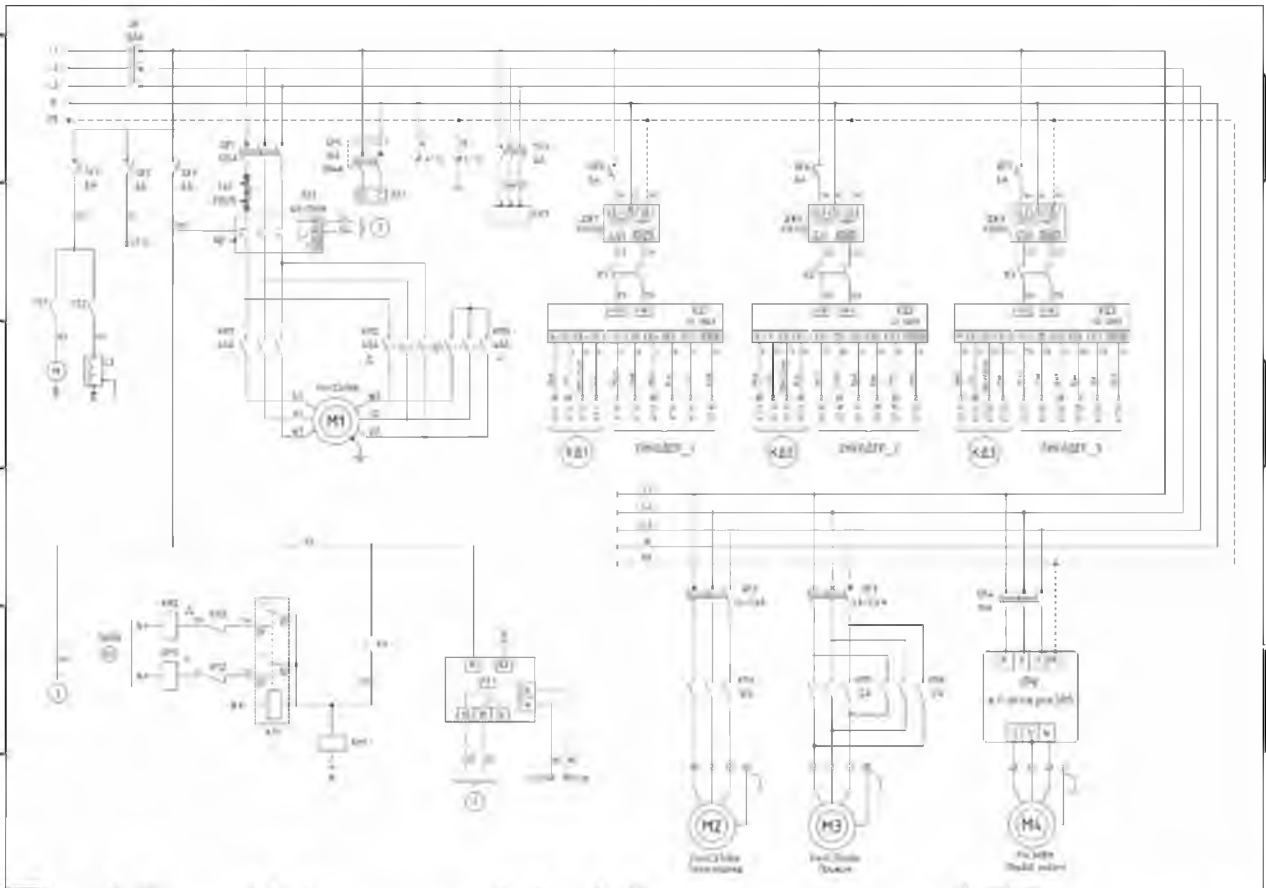


Рисунок 4.1 - Схема електрична принципова

QF – звідний автоматичний вимикач; QF1 – автоматичний вимикач захисту електродвигуна M1; QF2 – автоматичний вимикач захисту електродвигуна M2; QF3 – автоматичний вимикач захисту електродвигуна M3; QF4 – автоматичний вимикач захисту перетворювача частоти; QF5 – автоматичний вимикач захисту джерела живлення ДЖ1; QF6 – автоматичний вимикач захисту джерела живлення ДЖ2; QF7 – автоматичний вимикач захисту джерела живлення ДЖ3; SF1 – автоматичний вимикач захисту кліматизації шафи керування; SF2 – автоматичний вимикач захисту дистанційного пульта керування; SF3 – автоматичний вимикач захисту вторинник кіл керування; SF4 – автоматичний вимикач захисту реле контролю напруги; SF5 – автоматичний вимикач захисту зовнішньої розетки; KM1 – магнітний пускач електродвигуна M1; KM2 - магнітний пускач електродвигуна M1; KM3 - магнітний пускач електродвигуна M1; KM4 - магнітний пускач електродвигуна M2; KM6 - магнітний пускач електродвигуна M3; KM6 - магнітний пускач електродвигуна M3; ТАК – вимірювальний трансформатор струму; КК1 – реле електронного захисту електродвигуна M1, ДЖ1 – джерело

живлення крокового двигуна КД1; ДЖ2 – джерело живлення крокового двигуна КД2; ДЖ3 – джерело живлення крокового двигуна КД3; К1 – модульний пускач крокового двигуна КД1; К2 – модульний пускач крокового двигуна КД2; К3 – модульний пускач крокового двигуна КД3; ПЧ – перетворювач частоти; KV1 – реле контролю напруги; PT1 – реле температурного захисту електродвигуна М1; XS1 – розетка; TS1 – термореле «охолодження»; TS2 – термореле «обігрів»; XT – клемна збірка; М – вентилятор охолодження шафи керування; М1 – електродвигун головного валу з пилами; М2 – електродвигун транспортера тирси; М3 – електродвигун верхнього прижиму; М4 – електродвигун подачі; КД1 – кроковий двигун №1; КД2 – кроковий двигун №2; КД3 – кроковий двигун №3; L1 – нагрівач.

4.2. Розробка схеми з'єднань

Згідно з ГОСТ 2.702-75 «Правила выполнения электрических схем» схеми з'єднань – це схеми, на яких зображують з'єднання складових частин установки або виробу. Вони розробляються на основі принципових схем живлення та використовуються під час виконання монтажних і налагоджувальних робіт.

Схеми з'єднань виконана на підставі таких загальних правил:

схеми з'єднань розроблена на бщит керування ЩК-1-22 в якому розміщено всі комутуючі пристрої,

усі елементи, як: КМ1-КМ5, ПЧ, ТА та інші було розміщено на задній панелі щита керування ЩК-1-22 згідно ГОСТ 2.702-75 «Правила выполнения электрических схем»;

дотримано норми маркування кабелів, ліній зв'язку за допомогою яких з'єднані всі елементи між собою згідно ГОСТ 2.710-81 «Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах».

При розробці схеми було використано адресний спосіб і дотримано таких вимог:

Щит керування ЩК-1-22 зображено в одній площині, показуючи лише

Передню панель, на якій розміщено авт. вимикачі QF, SF, контролери і блоки живлення крокових двигунів, магнітні пускачі, головний контролер А1 з додатковими модулями, перетворювач частоти, клемник ХТ який служить для підключення виконавчих механізмів.

На лівій бічній панелі розміщено вентиляційна решітка;

На правій бічній панелі розміщений витяжний вентилятор призначений для відводу теплого повітря з шафи;

Вивід затискачів кожного елемента зображено колами, у середині яких показують їхнє заводське маркування; якщо у вивідних апаратів заводського маркування немає, то їх маркують умовно арабськими цифрами, що зумовлено пояснювальними надписами.

Адресний спосіб є найбільш поширеним і полягає в тому, що лінії зв'язку між окремими елементами апаратів, які встановлюють на щиті, не показують, а замість цього у місці приєднання проводу на кожному апараті або елементі представлено цифрову або літерно-цифрову адресу того апарата чи елемента, з яким він електрично має бути зв'язаний (позиційне позначення згідно з принциповою схемою) або порядковий номер елемента. Це не загромождає схему лініями зв'язку, що дає змогу її легко читати (рис. 4.2).

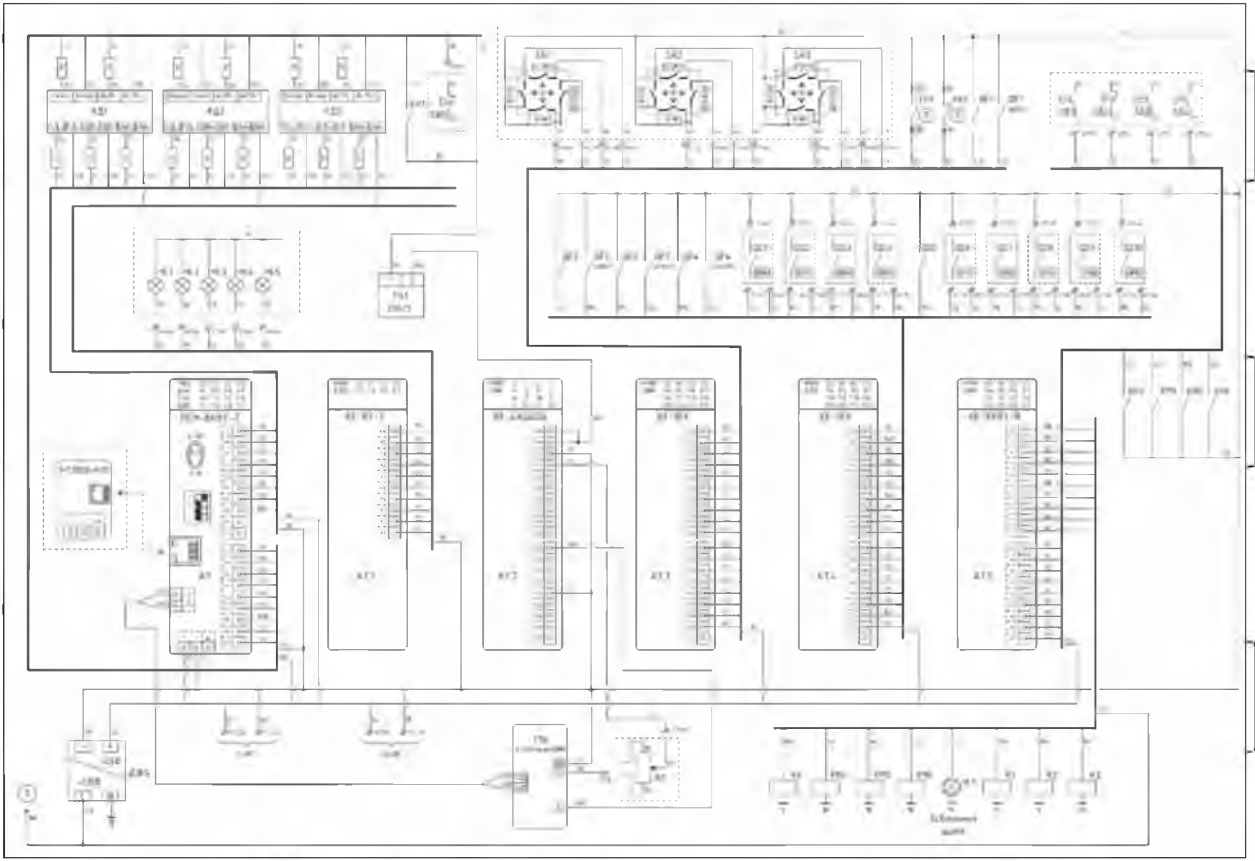


Рисунок 4.2 - Схема з'єднань щита керування ЩК-1-22

ДЖ4 – джерело живлення вторинних кілк, А1 – програмований логічний контролер, А1.1 – додатковий модуль програмованого логічного контролера А1, А1.2 - додатковий модуль програмованого логічного контролера А1; А1.3 - додатковий модуль програмованого логічного контролера А1, А1.4 - додатковий модуль програмованого логічного контролера А1, А1.5 – додатковий модуль програмованого логічного контролера А1.

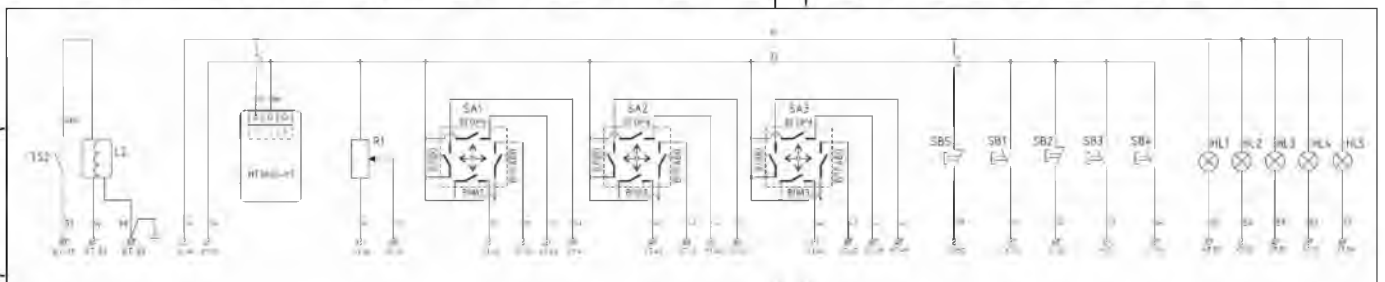


Рисунок 4.3 - Схема з'єднань пульта керування

TS3 - термореле «обігрів»; L2 – нагрівач; А2 – сенсорна панель оператора; R1 – регулятор швидкості подачі; SA1 – джойстик керування «Пила 1»; SA2 – джойстик керування «Пила 2»; SA3 – джойстик керування «Пила 3»; SB1 –

кнопка «Пуск»; SB2 – кнопка «Стоп»; SB3 – кнопка «Вгору»; SB4 – кнопка «Вниз»; SB5 – кнопка «Аварійної зупинки»; HL1 – світловий індикатор кнопки SB1 / зелений /; HL2 – світловий індикатор кнопки SB2 / червоний /; HL3 – світловий індикатор «Мережа» / білий /; HL4 – світловий індикатор «Аварія» / червоний /; HL5 – світловий індикатор кнопки SB5 / червоний /; XT – клемна збірка.

4.3. Розробка схеми підключень

Згідно з ГОСТ 2.702-75, схеми зв'язки показують зовнішнє підключення апаратів, установок, щитів, пультів і т.д. Схеми зв'язки виконують на підставі принципів схем живлення, специфікацій приладів і обладнання а також креслень виробничих приміщень із розміщенням технологічного обладнання та трубопроводів.

Практично використовують дві побудови схем підключень: графічну та табличну. Більш поширеною є графічна. При цьому умовними графічними позначеннями зображають: первинні перетворювачі, позащитові прилади та засоби автоматизації; з'єднувальні та протяжні коробки, вільні коробки кінців терморпар, електропроводки та кабелі, що прикладаються поза щитами; забірну апаратуру, елементів для зв'язки та відгалуження; комутаційні затискачі, розміщені поза щитами. Шафи, пульти, окремі прилади та апарати зображають у вигляді прямокутників або кіл, у середині яких розміщують відповідні надписи.

На лініях зв'язки, що означають проводи або кабелі, вказують номер проводки (підключення), переріз та довжину проводів і кабелів (якщо проводка виконана в трубі, то необхідно вказати також характеристику труби). Схеми підключень виконують без збереження масштабу у вигляді, зручному для користування (рис. 4.4-4.6).

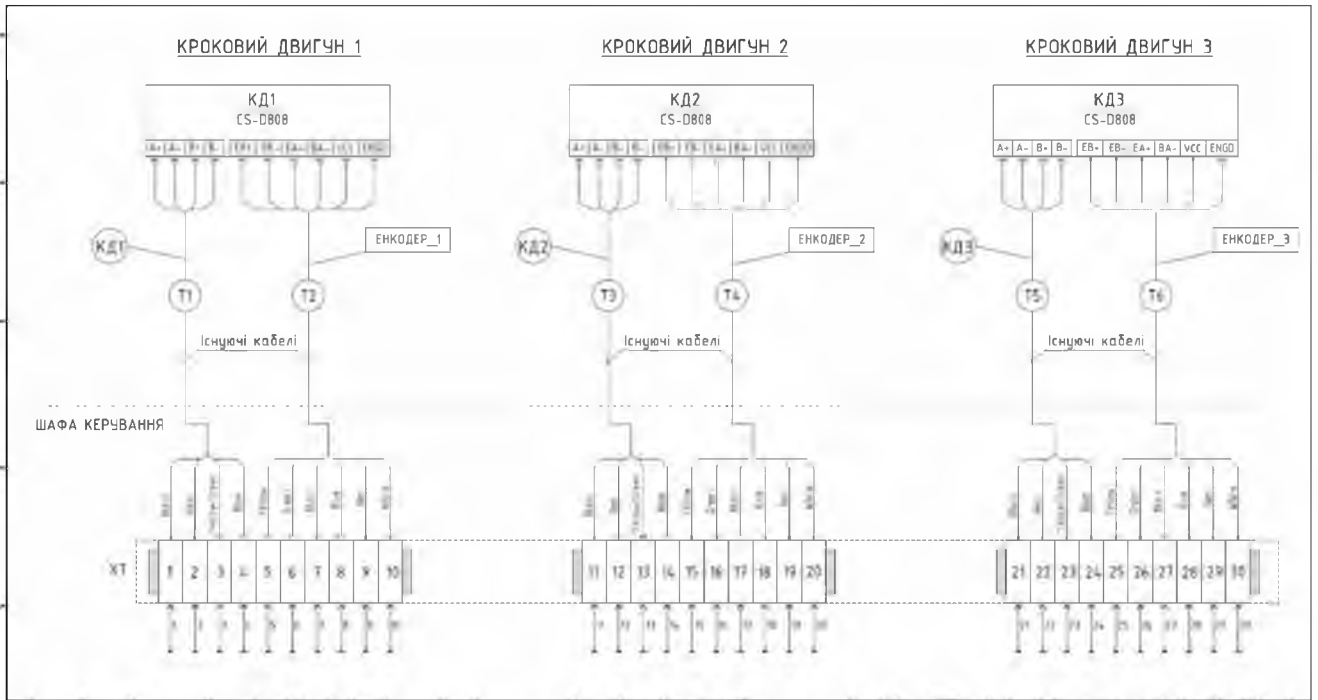


Рисунок 4.4 - Схема електрична підключень щита керування ЩК-1-22 і крокових електродвигунів

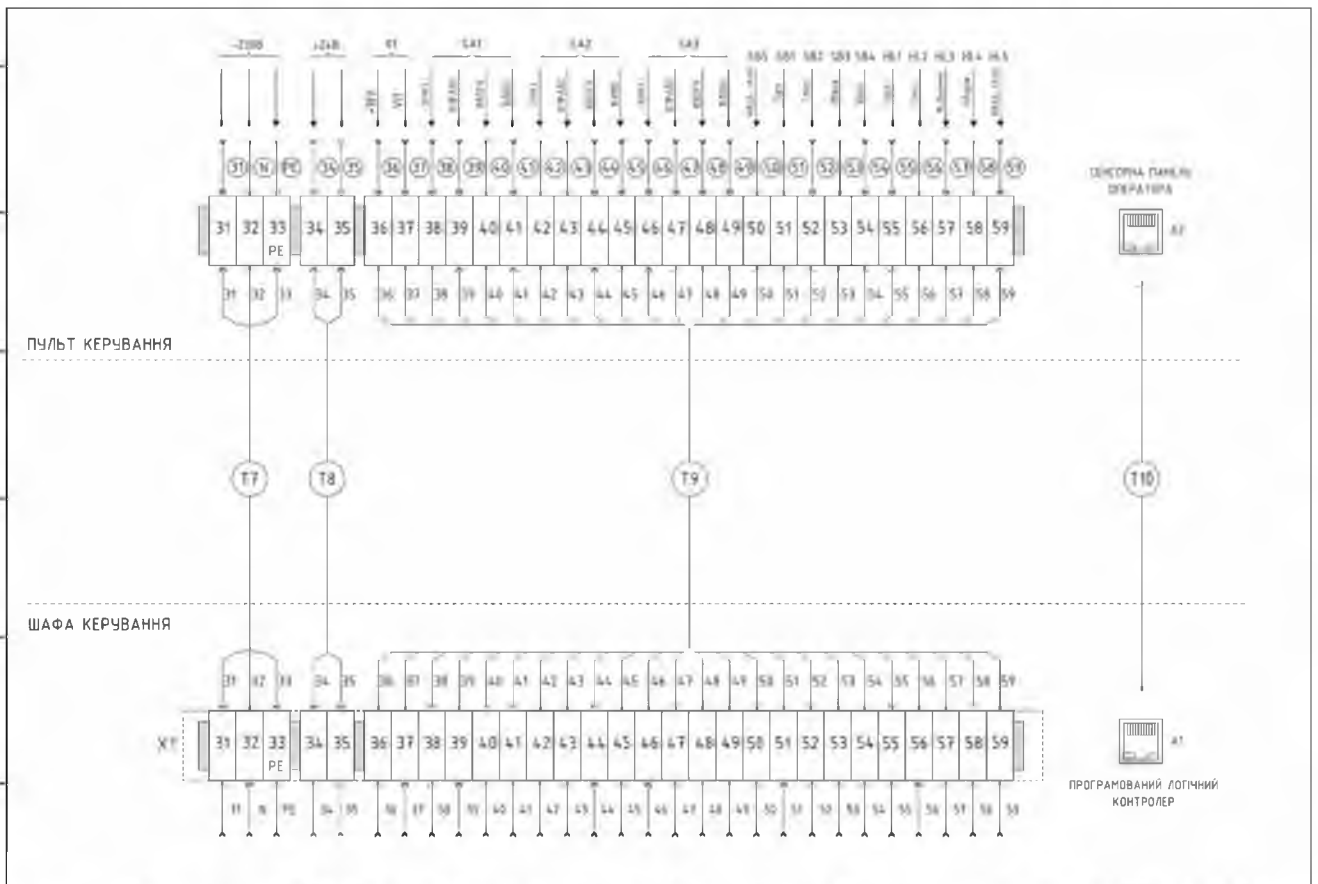


Рисунок 4.5 - Схема електрична підключень щита керування ЩК-1-22 і пульта дистанційного керування

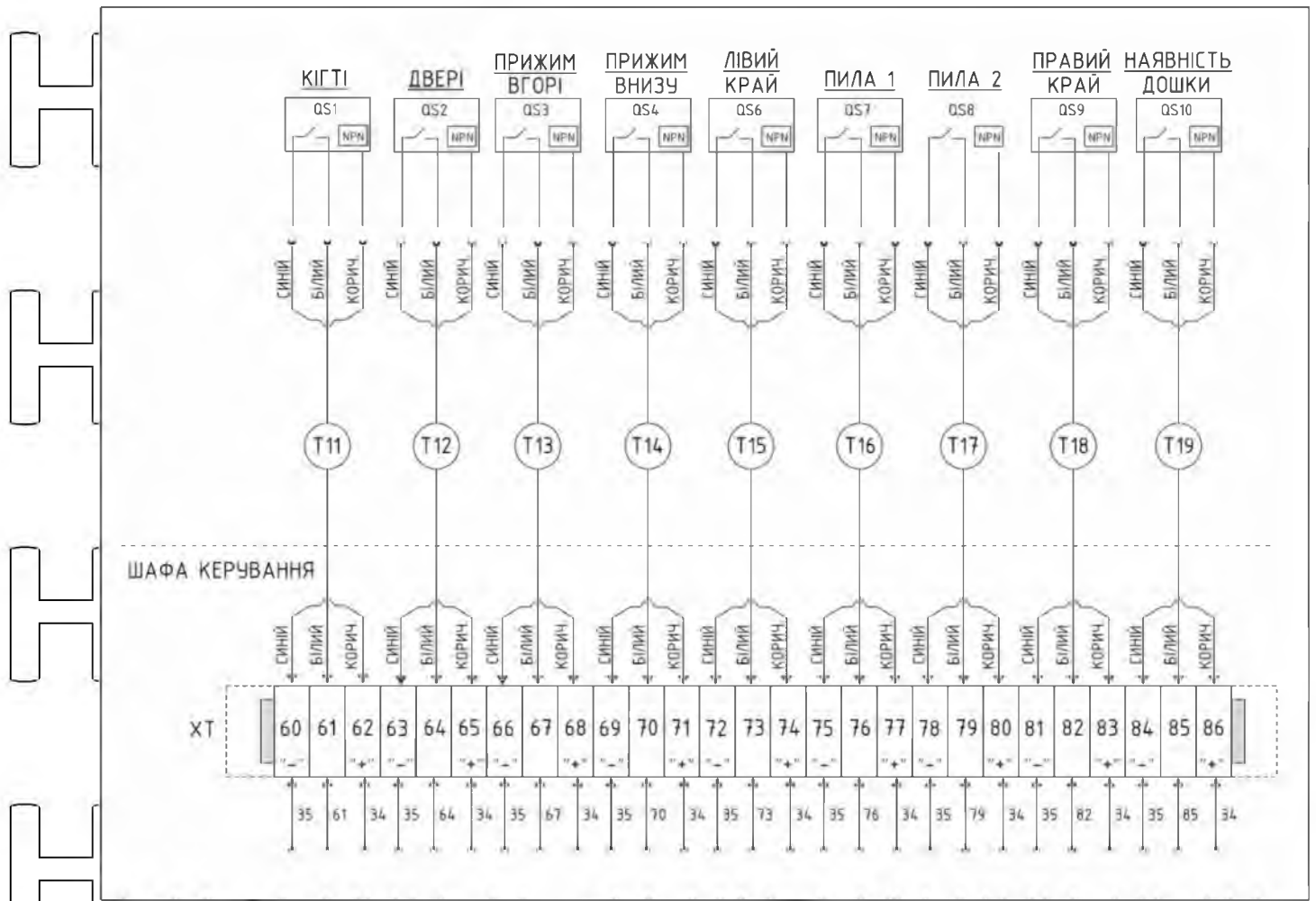


Рисунок 4.6 - Схема підключення датчиків розташованих на механізмі до шафи керування ЩК-1-22.

4.4 Вибір щита і пульта керування

Щити і пульти — це пости керування, контролю, сигналізації електрифікованих і автоматизованих об'єктів. На них розміщують 8апаратуру керування, контрольно-вимірювальні 8прилади, засоби сигналізації та захисту. На фасадних сторонах щитів і пультів можуть бути нанесені накладні надписи (пояснюючі), освітлювальні пристрої, вентилятори та решітки охолодження, тощо.

Щити і пульти на стадії проектування вибирають на підставі таких нормативних 8документів: ГОСТ 20504-81 «Система унифицированных типовых конструкций агрегатных комплексов ГСП. Типы и основные размеры», ДСТУ 3288-95 (ГОСТ 26032-95) "Система унифицированных типовых конструкций агрегатных комплексов. 8Загальні технічні умови". ГОСТ 26113-76 "Щиты и пульти систем

автоматизації технологічних процесів", додаток до ГОСТ 36.13-76
розроблені інструкції РМ4-107-82.

Згідно з вище вказаними нормативними документами щити і пульты
розраховано на розміщення їх у закритих приміщеннях із температурою
навколишнього середовища від -30 до $+50^{\circ}\text{C}$ за відносної вологості не більше як
80%. Щити та пульты умовно позначають згідно з вимогами ГОСТ 36.13-76.

Щити і пульты використовують:

у виробничих приміщеннях, що характеризуються запиленістю, великою
вологістю та можливістю механічного пошкодження апаратури й внутрішньо-
щитових проводів;

для розміщення допоміжної апаратури (реле, джерел живлення) всередині
щита;

для захисту обслуговуючого персоналу від дотиків до відкритих струмо-
ведучих частин апаратури та затискачів.

Враховуючи габаритні розміри всіх електронних компонентів схеми
керування багатопильного вертата, що розміщуються на монтажній панелі (ГОСТ
36.13-76), вибираємо металевий щит навісного виконання з габаритними
розмірами 1200x800x300 (рис. 4.7).

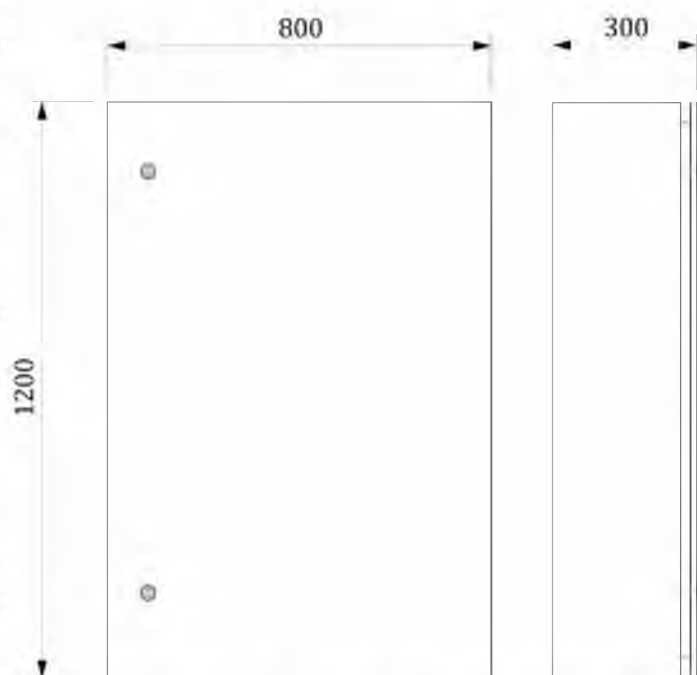


Рисунок 4.7 – Габаритні розміри шафи керування ІШК-1-22

В середині шафи розміщені електричні апарати згідно силової схеми і схеми керування (рис. 4.8).

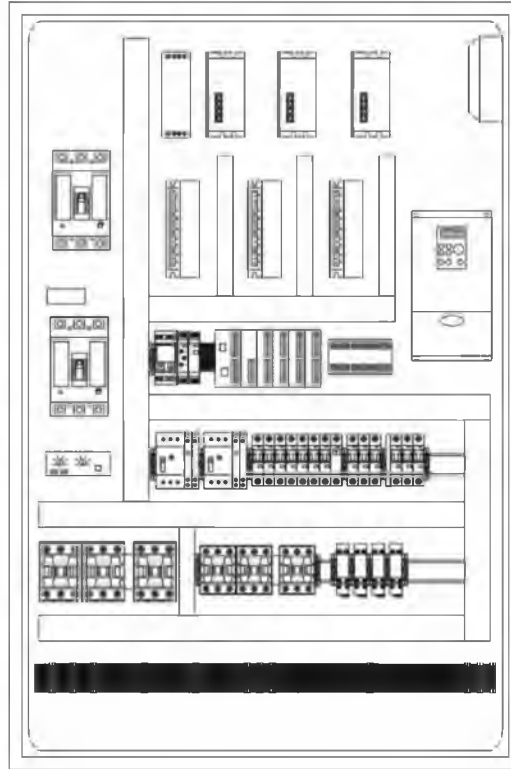


Рисунок 4.8 – Внутрішня компоновка шафи керування

Технічні характеристики шафи керування ІШК-1-22 наведені нижче.

Умови експлуатації:

- а) щодо впливу кліматичних факторів зовнішнього середовища виконання за ГОСТ 15150-69: клімат УХЛ, категорія розміщення – У3;
- б) щодо впливу механічних факторів – група умов експлуатації М1 за ГОСТ 17516.1-90;
- в) висота над рівнем моря – не більше ніж 2000 м;
- г) робоче положення у просторі – вертикальне, з допустимим відхиленням у напрямі на кут трохи більше 5° ;
- д) температура навколишнього повітря – відповідно до кліматичного виконання за ГОСТ 15150-69.

Технічні дані:

а) номінальна робоча напруга (U_c): 380/220

б) частота мережі живлення: 50 Гц.

в) номінальна напруга ізоляції (U_i): 660 В.

г) номінальна напруга допоміжних ланцюгів (U_c): 220 В.

д) номінальний струм щита: 160 А.

е) ступінь захисту: IP54

є) вид системи заземлення: TNS

ж) маса: орієнтовно 70 кг.

з) габарити корпусу: висота – 1200 мм; ширина – 800 мм; глибина – 300 мм.

Конструктивне виконання:

а) конструктивне виконання за видом установки:

- навісне.

б) введення-виведення кабелів здійснюється знизу.

Заходи безпеки:

а) до монтажу та обслуговування щита допускається персонал, який пройшов підготовку та має дозвіл відповідно до "Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів" та "Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів" і мають кваліфікаційну групу з техніки безпеки не нижче III групи до 1000В. Щит повинен встановлюватись у місцях, недоступних під час експлуатації некваліфікованому персоналу.

б) Корпус щита має бути заземлений відповідно до вимог ПУЕ гл.1-7.

Монтаж:

а) перед встановленням щита необхідно перевірити відповідність технічних даних, зазначених на встановленому на корпусі щильдику, проектній документації.

б) встановити щит на місці експлуатації

в) здійснити прокладку всіх електричних з'єднань, перевірити цілісність вузлів, апаратів, ізоляції електричних кіл.

г) здійснити підключення зовнішніх кабелів та проводів до затискачів відповідних апаратів, шинних мостів.

д) здійснити заземлення корпусу, використовуючи при цьому заземлюючі пристрої.

Технічне обслуговування:

1) періодичне обслуговування здійснюється відповідно до інструкцій експлуатаційних організацій, але не рідше одного разу на шість місяців, при цьому необхідно перевірити:

а) стан контактних затискачів та кріплення;

б) стан заземлення;
в) цілісність корпусу.

2) повний огляд проводити при вимкненій напрузі не рідше одного разу на рік. При цьому необхідно:

а) переконатися у справності всіх елементів щита;

б) перевірити справність, відсутність забруднення та підгоряння контактних систем;

в) замінити сильно зношені деталі на нові.

3) при експлуатації щитів має використовуватися ручний інструмент згідно з

ГОСТ 11516-94.

Пульт керування представляє собою електротехнічну збірку розміщену в металоконструкції навісного виконання з габаритними розмірами ВхШхГ, мм: 400х400х200.

На дверях пульта керування розміщені органи керування та індикації згідно схеми електричної. В середині пульта розміщена клемна колодка та нагрівач призначений для підтримки температури у внутрішньому просторі пульта керування, в холодну пору року, на рівні більше 0°C.

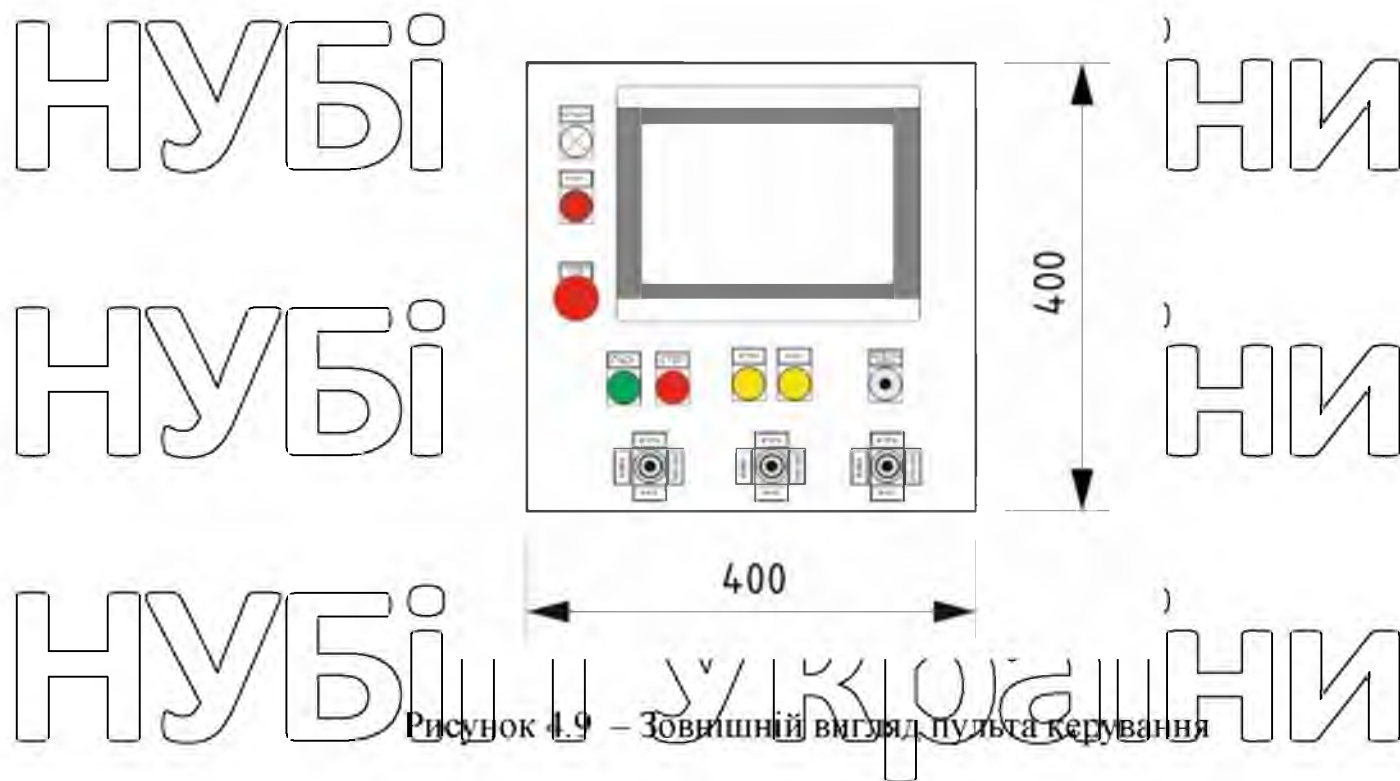


Рисунок 4.9 – Зовнішній вигляд пульта керування

4.5. Вибір апаратів захисту та керування

Для того щоб розрахувати пускозахисну апаратуру а також, проводи і кабелі потрібно визначити потужність, силу струму та напругу що подається до системи.

Враховуючи велику кількість апаратів захисту в схемі, для прикладу, виконаємо розрахунок автоматичного вимикача QF1.

Вибір автоматичного вимикача QF1

Вибір автоматичного вимикача виконують за такими умовами:

1. за типом або серією;
2. за номінальною напругою за умовою:

$$U_{н.ав} \geq U_{м.} \quad (4.1)$$

де $U_{н.ав}$ – номінальна напруга автоматичного вимикача, В;

$U_{м.}$ – номінальна напруга електромережі, В;

3. за номінальним струмом за умовою:

$$I_{н.ав} \geq I_{н.м} \quad (4.2)$$

де $I_{н.ав}$ – номінальний струм автоматичного вимикача, А;

$I_{н.м}$ – номінальний струм мережі, А;

4. за номінальним струмом теплового розчіплювача:

$$I_{нр} \geq 5 \cdot \sqrt{3} \cdot I_{н,м}, \quad (4.3)$$

де $I_{нр}$ – номінальний струм теплового розчіплювача автоматичного вимикача, А;

$\sqrt{3}$ – коефіцієнт, враховуючий роздріб по струму спрацювання теплового розчіплювача для 3фазної мережі;

5 – кратність пускового струму;

5. за ступенем захисту від дотику обслуговуючого персоналу з частинами, по яким проходить струм, які знаходяться в середині корпусу, від потрапляння під корпус сторонніх твердих тіл і потрапляння в нього води, згідно

ГОСТ 14254-69;

6. за кліматичним виконанням і категорією розміщення, згідно ГОСТ 11543-70 і ГОСТ 15150-69.

Вихідні дані для вибору автоматичного вимикача QF1.

За основу для розрахунків було обрано технічні дані електродвигуна М1 який живить автоматичний вимикач QF.

Технічні характеристики електродвигуна М1:

- потужність: 22кВт;

- напруга: 380В;

- струм: 41А;

- частота: 50Гц;

- оберти: 2940 об/хв.

Таким умовам задовольняє автоматичний вимикач

е. industrial ukm.125Re.125 з наступними технічними характеристиками

$U_{н.ар.} = 690В$; регулювання теплового розчіплювача: 50-125А; регулювання струму

КЗ: 4-14* I_n . Виконаємо налаштування теплового розчіплювача на робочий струм

50А і струму спрацювання 10* I_n .

660В > 380В; 50А > 41А; 410А > 307,5А

Умови (1, 2, 3) виконуються, отже, автоматичний вимикач вибраний вірно.

Перевірка автоматичного вимикача QF1

Перевірку вибраного автоматичного вимикача виконують за наступними умовами:

1. За нормованою в ПУЕ кратності тривалого допустимого струму проводу та струмів розмикачів.
2. За чуттєвістю автоматичного вимикача до однофазного струму короткого замикання.
3. За найбільшою вимикаючою здібністю автоматичного вимикача.
4. За умовою не спрацювання при запуску електродвигуна.

Здійснюємо перевірку лише на не спрацювання автоматичного вимикача при включенні освітлення.

$$I_{відс.р.м.} \geq I_{н.розр.} \quad (4.4)$$

де $I_{н.розр.}$ – розрахунковий пусковий струм, А, визначається за формулою:

$$I_{н.розр.} = 1,5 \cdot I_n \quad (4.5)$$

де I_n – пусковий струм, А, визначається за формулою:

$$I_n = K_i \cdot I_{н.м.} \quad (4.6)$$

де K_i – кратність пускового струму;

$I_{н.м.}$ – номінальний струм, А.

$$I_{н.дв.} = 5 \cdot 41 = 205 \text{ А}$$

$$I_{н.розр.} = 1,5 \cdot 205 = 307,5 \text{ А}$$

$$410 \text{ А} > 307,5 \text{ А}$$

Умова (4.4) виконується, отже, вимикач забезпечує надійну роботу схеми.

Вибір електромагнітного пускача КМ.

Електромагнітні пускачі призначені для дистанційного пуску, а також вони можуть використовуватись для автоматичного керування електродвигунами та іншим електрообладнанням. Вибір електромагнітного пускача виконують за наступними умовами:

1. за типом або серією;
2. за номінальною напругою за умовою:

$$U_{н.м.} \geq U_m, \quad (4.7)$$

де $U_{н.мп.}$ – номінальна напруга магнітного пускача, В;

$U_{м.}$ – номінальна напруга електромережі, В;

3. за номінальним струмом за умовою:

$$I_{н.мп.} \geq I_{н.}, \quad (4.8)$$

де $I_{н.мп.}$ – номінальний струм магнітного пускача, А;

$I_{н.}$ – номінальний струм навантаження, А.

4. за номінальною напругою котушки електромагнітного пускача за умовою:

$$U_{к.мп.} \geq U_{кк.}, \quad (4.9)$$

де $U_{к.мп.}$ – номінальна напруга котушки магнітного пускача, В;

$U_{кк.}$ – напруга кола керування, В;

5. за ступенем захисту;

6. за кліматичним виконанням і категорією розміщення.

Вихідні данні для вибору електромагнітних пускачів КМ1-КМ3:

$$U_{н.с.м.} = 380В; I_{н.} = 40А; U_{н.м.к.} = 220В$$

Враховуючи факт роботи електродвигуна М1 за принципом перемикання «зірка-трикутник», який передбачає собою одночасне включення пускачів КМ1/КМ2 або КМ1/КМ3 робочих струм електродвигуна М1 через пускачі КМ1-КМ3 можна ділити навпіл.

Згідно розглянутих умов здійснюємо вибір пускача електродвигуна М1. Вибираємо електромагнітний пускач e.industrial.ukc.40.220 із наступними технічними характеристиками: $U_{н.мп.} = 380В$; $I_{н.мп.} = 40А$; $U_{н.к.} = 220В$.

$$380В = 380В; 40А + 40А = 80А > 41А; 220 = 220$$

Електромагнітний пускач e.industrial.ukc.40.220.

Повний опис обраного електрообладнання наведений в таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Специфікація обладнання

Найменування	Виробник	Кількість
Поворотна рукоятка e.industrial.ukm.250Sm/250SL.CS	ENEXT	1

Шафовий автоматичний вимикач e.industrial.ukm.250S.160, 3р, 160А	ENEXT	1
Шина e.industrial.ukm.250\$.busbar	ENEXT	1
Силовий автоматичний вимикач e.industrial.ukm.125Re.125 з електронним розчіплювачем, 3р, 125А	ENEXT	1
Додатковий контакт e.industrial.ukm.100.F	ENEXT	1
Додатковий сигнальний контакт e.industrial.ukm.100.B	ENEXT	1
Контактор e.industrial.ukc.40.220, 40А, 220В, 1no+1nc	ENEXT	3
Блок реверса контактора e.industrial.ar85 (ukc 9-85)	ENEXT	2
Реле захисту двигуна e.control.m02, 40-200А	ENEXT	1
Контактор e.industrial.ukc.12.220, 12А, 220В, no+nc	ENEXT	3
Модульний автоматичний вимикач e.industrial.mcb.100.3.C6, 3 р, 6А, С, 10кА	ENEXT	1
Модульний автоматичний вимикач e.industrial.mcb.100.1.C6, 1 р, 6А, С, 10кА	ENEXT	6
Вимикач диференційного струму (дифавтомат) e.eccb.pro.2.C16.30, 2р, 16А, С, 30мА з розділеною рукояткою	ENEXT	1
Перетворювач частотний e.f-drive.pro.4R0 4кВт 3ф/380В	ENEXT	1
Модульний автоматичний вимикач e.mcb.pro.60.3.C 16 new, 3р, 16А, С, 6кА new	ENEXT	1
Додатковий контакт e.mcb.aux	ENEXT	1
Сигнальний додатковий контакт e.mcb.alt	ENEXT	1
Реле контролю напруги трифазне цифрове e.control.v06	ENEXT	1
Світильник світлодіодний лінійний, накладний e.LED.ch.T5B600.9.6500, 9Вт, 6500К	ENEXT	1
Реле часу зірка/трикутник e.control.t18	ENEXT	1
Модульний контактор e.mc.220.2.25.2NO, 2р, 25А, 2NO, 220В	ENEXT	1
Контролер НЕМ-8Х8У-TN	ENEXT	1
Доп модуль 16 вх	ENEXT	2
Доп модуль 8вх- 8вих	ENEXT	1
Доп модуль 8вх	ENEXT	1
Доп модуль аналоговий	ENEXT	1
Панель оператора НТ3000-Н10	ENEXT	1
Дистанційний аналоговий модуль 2входа/2вихода	ENEXT	1
Дистанційний аналоговий 8вх/8вих (релейний)	ENEXT	1
Драйвер крокового двигуна зі зворотним зв'язком, CS- D808,Leadshine	Leadshine	3
Джерело живлення Leadshine SPS705, 68В, 5А, 300Вт	DARXTON	3
Блок живлення на DIN-рейку e.m-power 120.24 120Вт, DC24В	ETI	1
Авт вимикач зах двигуна 1-1,6А (0,37-0,55кВт)	ETI	1
Авт вимикач зах двигуна 1,6-2,4А (0,75кВт)	ETI	1

Блок-контакт 1НО+1НЗ	ETI	2
Блок-контакт аварійний 1НО+1НЗ	ETI	2
Термісторне реле захисту двигуна	ETI	1
Клема 2,5мм ² сіра	ETI	100
Клема 2,5мм ² ж/з	ETI	3
Клема 4мм ² сіра	ETI	21
Клема 4мм ² ж/з	ETI	6
Маркування клем PS-M-(blank) (біла, 100 шт)	ETI	1
Трансформатор з аналоговим виходом 150А 4-20мА	Socomes	1
Потенціометр на 10кОм	Електон	1
Корпус металевий e.mbox.industrial.p.40.40.20z IP65 з монтажною панеллю (400x400x200)	ETI	1
Щит 1200x800x300 IP54	Елетон	1
Вимикач кінцевий e.limitswitch.03 важіль з роликком регульований по довжині	ENEXT	1
Термостат e.climatboard.02 1NO блакитний	ENEXT	1
Термостат e.climatboard.01 1NC червоний	ENEXT	2
Елемент нагрівальний e.climatboard.12 AC230В 60Вт	ENEXT	2
Арматура світлосигнальна e.ad22.24.green Ø22мм 24В AC/DC зелена	ENEXT	1
Арматура світлосигнальна e.ad22.24.red Ø22мм 24В AC/DC червона	ENEXT	1
Вентилятор+решітка 160x160	PLASTIM	1
Решітка 160x160	PLASTIM	1
Пластина для кнопки аварійної зупинки, діаметр 60 мм	PLASTIM	1
Кнопка керування 10А, Підсвітка 24В, Грибок поворотна, Червона	PLASTIM	1
Кнопка керування 10А, Підсвітка 24В, Звичайна, Червона	PLASTIM	1
Кнопка керування 10А, Підсвітка 24В, Звичайна, Зелена	PLASTIM	1
Кнопка керування 10А, Без підсвітки, Звичайна, Жовта	PLASTIM	4
Кишенька шафова для документації e.mbox.pocket	ENEXT	1

4.6. Розробка комп'ютерно-інтегрованої системи керування багатопильно-обрізного верстата з плаваючими пилами

Для реалізації проекту були обрані засоби автоматизації такі як, програмований логічний контролер з додатковими модулями і сенсорна панель оператора діагоналлю 10" ТМ Haiwell.

Програмований логічний контролер

В проекті був використаний високопродуктивний логічний контролер серії

АН.



Рисунок 4.10 – Контролер серії АН Haiwell

Основні характеристики контролерів модульного типу Haiwell А-серії:

- програмне забезпечення для програмування HaiwellHappy;
- ультратонкий дизайн, економія місця для встановлення;
- інтегрований цифровий та аналоговий введення-виведення;
- підтримка Haiwell Cloud, віддалене програмування та моніторинг ПЛК через Haiwell Cloud;
- один пристрій може розширюватися до 15 модулів, максимальне розширення введення/виведення до 256 пікселів;
- підтримка Ethernet + RS485 + 3 порти зв'язку RS232/RS485 для одночасної роботи, широкі можливості зв'язку;
- підтримує 2 канали фази А/В (4 точки), високошвидкісне імпульсне введення та виведення 200 кВц;
- підтримка лінійної інтерполяції, нтерисляції ARC, повернення вихідної точки, компенсації люфту, електричного перевизначення вихідної точки.

Конфігурація контролера серії АН

Модель	Конфігурація				Специфікація		Комунікаційні порти	Потужність	Кількість підкл. модулів
24VDC	DI	DO	AI	AO	Pulse Input	Pulse Output	TCP+485	<4.8Вт	15
АН16S0T	8	8 NPN			4 канали А/В фази 8 точок 200К	4 канали А/В фази 8 точок 200К			

Технічні характеристики контролера АН16S0T

Тип пристрою	ПЛК
Номинальна напруга	24В DC
Дисплей	відсутній
Пам'ять ОЗУ	48К
Кількість дискретних входів	8шт
Наявність швидкісних входів	так
Тип дискретних входів	PNP/NPN
Кількість дискретних виходів	8шт
Наявність швидкісних виходів	так
Тип дискретних виходів	NPN
Кількість COM портів	1шт
Інтерфейс COM порту №1	RS485
Кількість Ethernet портів	1шт
Підтримка протоколу Modbus	так
Підтримка протоколу CAN BUS:	так
Підтримка протоколу MQTT:	так

Підтримка MySQL	ні
Підтримка WEB сервера	ні
Підтримка OPC UA	ні
Підтримка SD карти	ні
Годинник реального часу	так
Можливість підключення штатних модулів вв/вив	так
Максимальна кількість штатних модулів вв/вив	15шт
Програмне забезпечення	HaiwellHappy
Габаритні розміри	40*95*65мм
Вага	0,15кг
Діапазон робочих температур	0...+55°C
Спосіб монтажу	DIN рейка
HDMI порт:	ні

Додаткові дискретні модулі

Дискретні модулі розширення Haiwell призначені для розширення систем автоматизації за допомогою точок введення-виведення. Дані модулі розширення DI/DO використовуються з усіма моделями ПЛК Haiwell серії А. Дискретні модулі підключаються до внутрішньої шини та не вимагають подачі окремого живлення на них. Дискретні модулі мають малі габаритні розміри і кріпляться на DIN рейку 35мм. Haiwell представляє кілька варіантів модулів з підтримкою дискретних входів та дискретних, релейних виходів у різних комбінаціях.

НУБІГ



їїни

НУБІГ

їїни

Рисунок 4.11 – Додатковий дискретний модуль Haiwell

Конфігурація додаткових дискретних модулів

Модель	Специфікація		
24VDC	DI	DO	Потужність
A08DOT	-	8 / Транзисторний NPN	<4.8Вт
A16DI	16	-	<2.4Вт
A16XDR	8	8 реле	<4.8Вт

Технічні характеристики дискретного модуля A08DOT

Тип пристрою	модуль розширення
Номінальна напруга	24В DC
Кількість дискретних виходів	8шт
Тип дискретних виходів	NPN
Програмне забезпечення	Haiwell Happy
Габаритні розміри	25*95*65мм
Вага	0,15кг
Діапазон робочих температур	0...+55°C
Спосіб монтажу	DIN рейка

Технічні характеристики дискретного модуля A16DI

Тип пристрою	модуль розширення
Номинальна напруга	24В DC
Кількість дискретних входів	16шт
Тип дискретних входів	PNP/NPN
Програмне забезпечення	HaiwellHappy
Габаритні розміри	25*95*65мм
Вага	0,15кг
Діапазон робочих температур	0...+35°C
Спосіб монтажу	DIN рейка

Технічні характеристики дискретного модуля A16XDR

Тип пристрою	модуль розширення
Номинальна напруга	24В DC
Кількість дискретних входів	8шт
Тип дискретних входів	PNP/NPN
Кількість релейних виходів	8шт
Тип релейних виходів	NO
Програмне забезпечення	HaiwellHappy
Габаритні розміри	25*95*65мм
Вага	0,15кг
Діапазон робочих температур	0...+35°C
Спосіб монтажу	DIN рейка

Додаткові аналогові модулі

Аналогові модулі розширення Haiwell призначені для розширення систем автоматизації за допомогою точок введення-виведення. Дані модулі розширення AI/AO використовуються з усіма моделями ПЛК Haiwell серії А. Точність

вимірювання (апаратного перетворення) становить 0 - 32000. Кожен модуль розширення підтримує такі сигнали: 0/4 - 20мА, 0/1 - 5В, -10/0 - 10В. Дані модулі мають габаритні розміри та легко з'єднуються по внутрішній шині Haiwell з контролером або іншими модулями.



Рисунок 4.12 – Додатковий аналоговий модуль Haiwell

Конфігурація додаткового аналогового модуля

Модель	Специфікація			
24VDC	AI	AO	Роздільна здатність	Потужність
A08XA	8	8	12 біт	<3.6Вт

Технічні характеристики аналогового модуля A08XA

Тип пристрою	модуль розширення
Номинальна напруга	24В DC
Кількість аналогових виходів	4шт
Тип аналогового входу №1	0/4 - 20мА, 0/1 - 5В, -10/0 - 10В
Тип аналогового входу №2	0/4 - 20мА, 0/1 - 5В, -10/0 - 10В
Тип аналогового входу №3	0/4 - 20мА, 0/1 - 5В, -10/0 - 10В
Тип аналогового входу №4	0/4 - 20мА, 0/1 - 5В, -10/0 - 10В

Кількість аналогових виходів	4шт
Тип аналогового виходу №1	0/4 - 20мА, 0/1 - 5В, -10/0 -10В
Тип аналогового виходу №2	0/4 - 20мА, 0/1 - 5В, -10/0 -10В
Тип аналогового виходу №3	0/4 - 20мА, 0/1 - 5В, -10/0 -10В
Тип аналогового виходу №4	0/4 - 20мА, 0/1 - 5В, -10/0 -10В
Програмне забезпечення	HaiwellHappy
Габаритні розміри	25*95*65мм
Вага	0,15кг
Діапазон робочих температур	0 - +55°C
Спосіб монтажу	DIN рейка

Сенсорна панель оператора

Панель оператора HMI C10S HAIWELL має сенсорний екран 10,1 дюймів і роздільну здатність 1024x600. Панель оператора HMI C10S забезпечує відображення та керування за технологічними параметрами в різних галузях промисловості. Панель оператора HMI C10S може працювати з різним промисловим обладнанням від різних виробників за протоколом Modbus RTU/TCP. Також панель оператора C10S можемо взаємодіяти з іншими пристроями та додатками за протоколом MQTT. Основною особливістю даної панелі оператора є можливість підключення та керування її через хмару Haiwell Cloud та мобільний додаток Haiwell Cloud. При цьому не потрібно використовувати статичну IP-адресу.

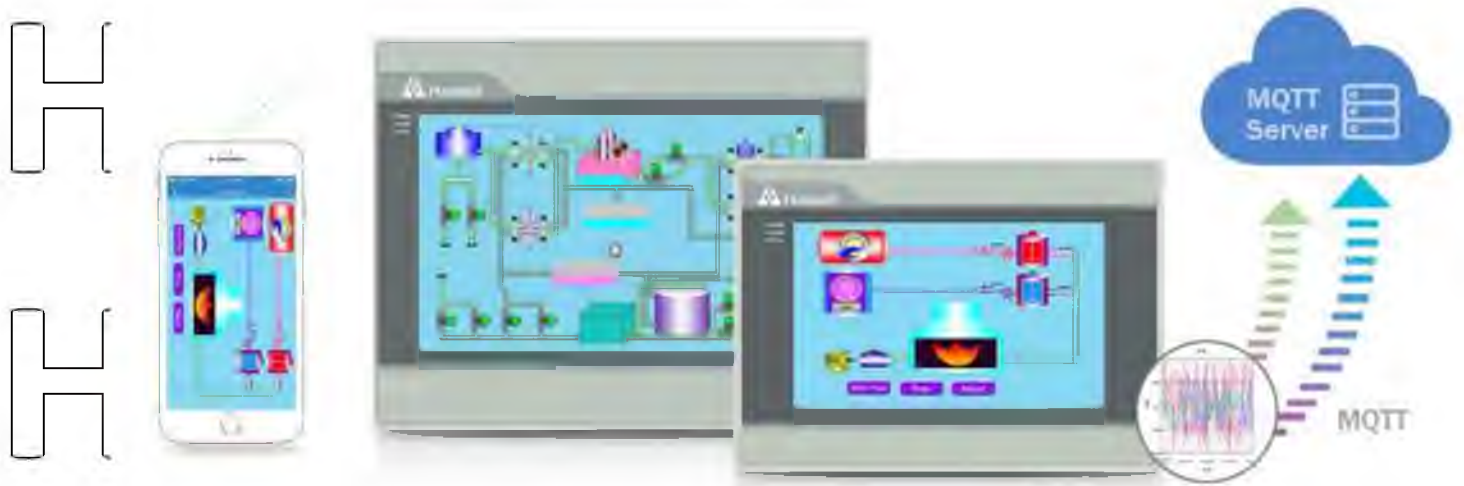


Рисунок 4.13 – Сенсорна панель оператора Haiwell

За допомогою панелі оператора HMI C10S можна виконувати багато функцій:

- дистанційне керування та відображення за технологічними параметрами з будь-яких пристроїв;
- контроль за аварійними подіями;
- аналізувати дані за допомогою різних графіків;
- розмежування прав доступу;
- зв'язок із різними пристроями за протоколом Modbus, MQTT;
- віддалене завантаження проекту;
- велика кількість графічних бібліотек;
- підтримка скриптів;

і багато іншого.

Технічні характеристики панелі оператора C10S

Номинальна напруга	24В
Діапазон вхідної напруги	19.5-28В DC
Розмір дисплея	10.1"
Тип дисплея	сенсорний
Тип матриці	TFT

Тип підсвічування	LED
Роздільна здатність	1024*600
Кількість кольорів	16770000
Яскравість	350кд/м2
Тип сенсора	4x провідний резистивний
Пам'ять ОЗУ	512Мб
Flash пам'ять	4Гб
Кількість COM портів	3шт
Інтерфейс COM порту №1	RS232/RS485
Інтерфейс COM порту №2	RS232/RS485
Інтерфейс COM порту №3	RS232
Кількість Ethernet портів	1шт
Кількість USB портів	2шт
Підтримка SD карт	так
Підтримка годинника реального часу	так
Підтримка Modbus RTU/ASCII	так
Підтримка Modbus TCP	так
Режим Modbus	Master
Підтримка OPC UA	ні
Підтримка MQTT	так
Підтримка MySQL	так
Підтримка протоколу CAN BUS	ні
Відео вихід	ні

Програмне забезпечення	ні HaiwellCloudSeada
Віддалений доступ до панелі	HaiwellCloud, мобільний додаток
Габаритні розміри	270*212*35мм
Розмір/отвору	160*202мм
Вага	1.3кг
Ступінь захисту	IP65
Діапазон робочих температур	-10...+60°C
Вологість	10...90%

Програмування ПЛК

Програмування ПЛК виконано в програмному середовищі HaiwellHarpu на мові програмування LD (Logic Diagram). Мова програмування LD використовує графічний спосіб подання логічних операцій. Зазвичай вона використовує символи та схеми, подібні до схем логічних вентилів (AND, OR, NOT тощо), які можна розміщувати та з'єднувати на екрані, щоб створювати програми для керування різними аспектами промислового процесу.

Структура програми багатопильного верстата має наступну конфігурацію: початок виконання циклу програми розпочинається з головної програми, під час виконання якої підключаються за необхідністю підпрограми різних процесів, в програмному середовищі це виглядає так:

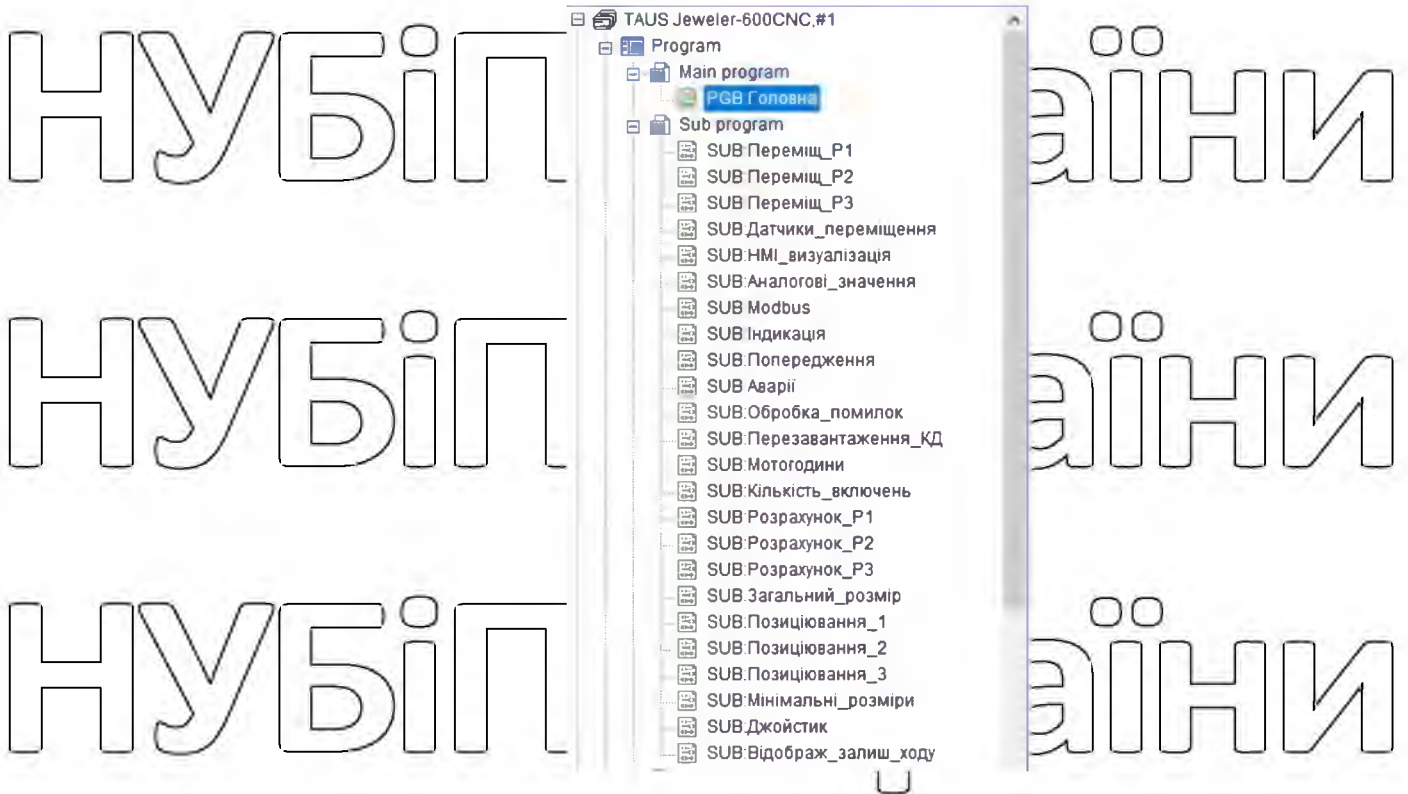


Рисунок 4.14 – Структура програми багатопильного верстата в програмному середовищі HaiwellHappy

Взагалом програма складається з однієї основної програми та 24 підпрограм, які разом займають 14056 програмних кроків.

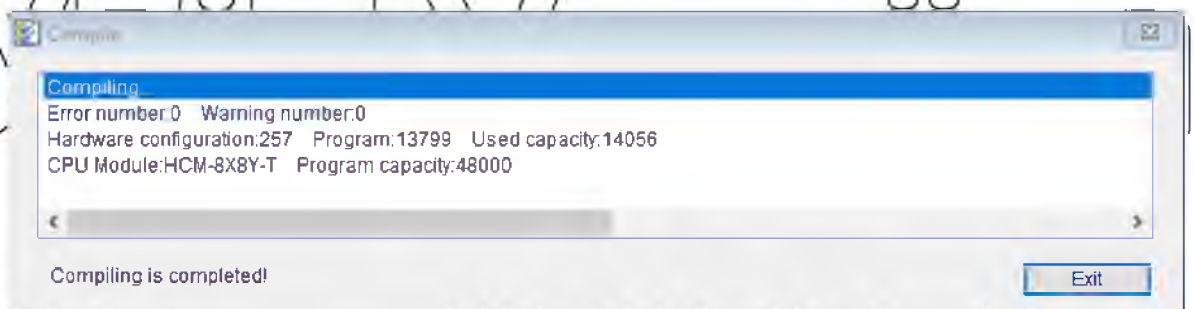


Рисунок 4.15 – Об'єм програмної пам'яті програми

Далі розглянемо поетапно структуру програми.

Main program (головна програма)

Головна програма має назву «Головна». В цій програмі виконуються основні базові алгоритми роботи верстата, а саме:

- виклик підпрограми;
- запуск робочого циклу роботи верстата;
- включення електродвигуна транспортера;
- включення електродвигуна пил;
- включення електродвигуна прижима.

В цьому циклі програма працює постійно, за необхідністю виконуються потрібні підпрограми.

Sub program (підпрограма)

Програма складається з наступних підпрограм які виконують наступні функції:

- «Переміщ_1». В цьому циклі програми задаються розміри переміщення для першої рухомої пили згідно таблиці. Також виконується перерахунок відстані переміщення з міліметрів в імпульси та активується функція переміщення D.PLSY, яка за допомоги високошвидкісних виходів Y0/Y1, головного модуля ПЛК, видає імпульси на контролер КД1.

- «Переміщ_2». В цьому циклі програми задаються розміри переміщення для другої рухомої пили згідно таблиці. Також виконується перерахунок відстані переміщення з міліметрів в імпульси та активується функція переміщення D.PLSY, яка за допомоги високошвидкісних виходів Y2/Y3, головного модуля ПЛК, видає імпульси на контролер КД2.

- «Переміщ_3». В цьому циклі програми задаються розміри переміщення для третьої рухомої пили згідно таблиці. Також виконується перерахунок відстані переміщення з міліметрів в імпульси та активується функція переміщення D.PLSY, яка за допомоги високошвидкісних виходів Y4/Y4, головного модуля ПЛК, видає імпульси на контролер КД3.

- «Датчики_переміщення». В цьому циклі програми ведеться контроль за станом кінцевих вимикачів переміщення пил, які аварійно зупиняють рух пил у разі спрацювання.

- «НМІ візуалізація». Цей цикл програми є допоміжним в якому виконуються додаткові дії призначені для візуалізації процесу роботи верстата на панелі оператора.

- «Аналогові значення». В цьому циклі програми ведеться контроль струму споживання електродвигуна М1, а також проводиться розрахунок максимальної швидкості подачі з потенціометра R1 для перетворювача частоти.

- «Modbus». В цьому циклі програми виконуються керування перетворювачем частоти через порт RS485 протокол ModBus RTU. Серед команд керування є такі: пуск, стоп, реверс, reset, задання частоти, зворотній зв'язок з трансформатора струму. Також відбувається читання даних з перетворювача частоти таких як: струм, напруга, потужність, код помилки та інше.

- «Індикація». В цьому циклі програми виконується керування всіма світловими індикаторами верстата: живлення, аварія, пуск, стоп, аварійний стоп.

- «Попередження». В цьому циклі програми перевіряється стан всіх автоматичних вимикачів системи та стан аварійних кінцевих вимикачів.

- «Аварії». В цьому циклі програми перевіряється на аварійний стан всіх автоматичних вимикачів та вихід рухомих пил з заданого діапазону руху.

- «Обробка помилок». В цьому циклі програми виконується обробка та зберігання поточних помилок перетворювача частоти.

- «Перезавантаження КД». В цьому циклі програми виконується алгоритм перезавантаження крокових двигунів після аварій.

- «Мотогодини». В цьому циклі програми відбувається підрахунок годин роботи всіх електродвигунів системи.

- «Кількість включень». В цьому циклі програми відбувається підрахунок кількості включень кожного електродвигуна системи.

- «Розрахунок Р1». В цьому циклі програми відбувається підрахунок фактичного розміру переміщення рухомої пили №1. Під час руху пили в цій підпрограмі відбувається перерахунок імпульсів в міліметри для подальшого відображення їх на панелі оператора.

- «Розрахунок_P2». В цьому циклі програми відбувається підрахунок фактичного розміру переміщення рухомої пили №2. Під час руху пили в цій підпрограмі відбувається перерахунок імпульсів в міліметри для подальшого відображення їх на панелі оператора.

- «Розрахунок_P2». В цьому циклі програми відбувається підрахунок фактичного розміру переміщення рухомої пили №3. Під час руху пили в цій підпрограмі відбувається перерахунок імпульсів в міліметри для подальшого відображення їх на панелі оператора.

- «Загальний_розмір». В цьому циклі програми ведеться контроль загального розміру між крайніми пилами який не повинен перевищувати заданий.

- «Позиціювання_1». В цьому циклі програми відбувається розрахунок імпульсів «дотягування» пили №1 до цілого значення у разі ручного переміщення пили.

- «Позиціювання_2». В цьому циклі програми відбувається розрахунок імпульсів «дотягування» пили №2 до цілого значення у разі ручного переміщення пили.

- «Позиціювання_3». В цьому циклі програми відбувається розрахунок імпульсів «дотягування» пили №1 до цілого значення у разі ручного переміщення пили.

- «Мінімальні розміри». В цьому циклі програми відбувається розрахунок відстані між пилами для унеможливлення удару між ними.

- «Джойстик». Цей цикл призначений для формування часових затримок часу під час натискання на джойстики для виключення ймовірності випадкових спрацювань.

- «Відображ_залиш_ходу». В цьому циклі програми відбувається розрахунок залишкової відстані між пилами на який можливо перемістити пилу.

Програмування Панелі оператора (HMI).

Програмування Панелі оператора виконано в програмному середовищі Haiwell Cloud Scada Designer. Загалом програма містить 45 різноманітних вікон з інформацією, 263 зовнішніх змінних, які зчитуються з ПЛК, 45 з цих змінних,

мають статус аварійних змінних, додатково на екранах налаштувань використовується паролі доступу.

Структура проекту зображена на наступному малюнку

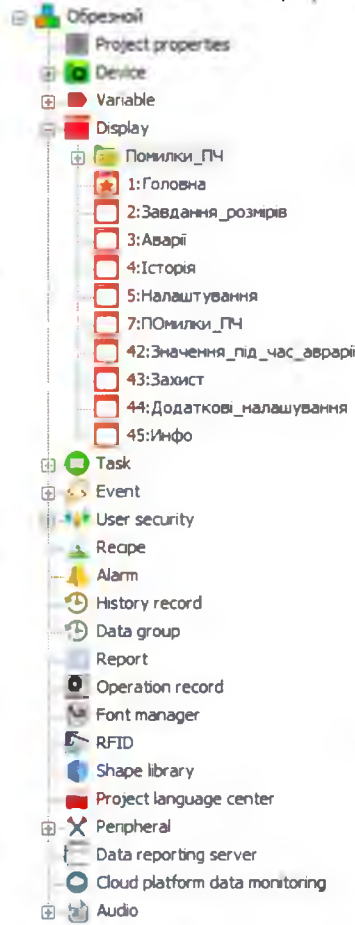


Рисунок 4.16 – Структура проекту в програмному середовищі Haiwell Cloud Scada Designer

Далі розглянемо детально основні сторінки проекту:

1) «Головна» (стартова) сторінка. На цій сторінці відображені основні

показники роботи верстата та кнопки керування:

- таблиця розмірів. Призначена для завдання та відображення розмірів переміщення рухомих пил. Додатково, для підвищення сприйняття, іншим кольором підсвічуються поточний розмір (відстань) кожної з пил. Для завдання потрібного розміру необхідно натиснути відповідне число в таблиці.

- візуалізація відстані між пилами. Призначене для візуального контролю відстані між пилами. Під час руху пил стрілкою показується напрямок руху.

Додатково виводиться інформація про стан крокових двигунів (готовий/аварія) і кнопка скинути аварію.

- цифровий амперметр. Показує поточний струм головного мотора.
- цифровий спідометр. Показує поточну швидкість подачі.
- відображення стану роботи обладнання. Показує робочі стани (стоп/робота/попередження/аварія) наступного обладнання: транспортер, головний мотор, подача, прижим, напруга живлення.
- відображення стану кінцевих вимикачів. Показує в якому стані знаходиться той чи інших кінцевий вимикач. Після зміни стану змінюється колір для кращого сприйняття.
- розташовані кнопки переходу до інших робочих сторінок.

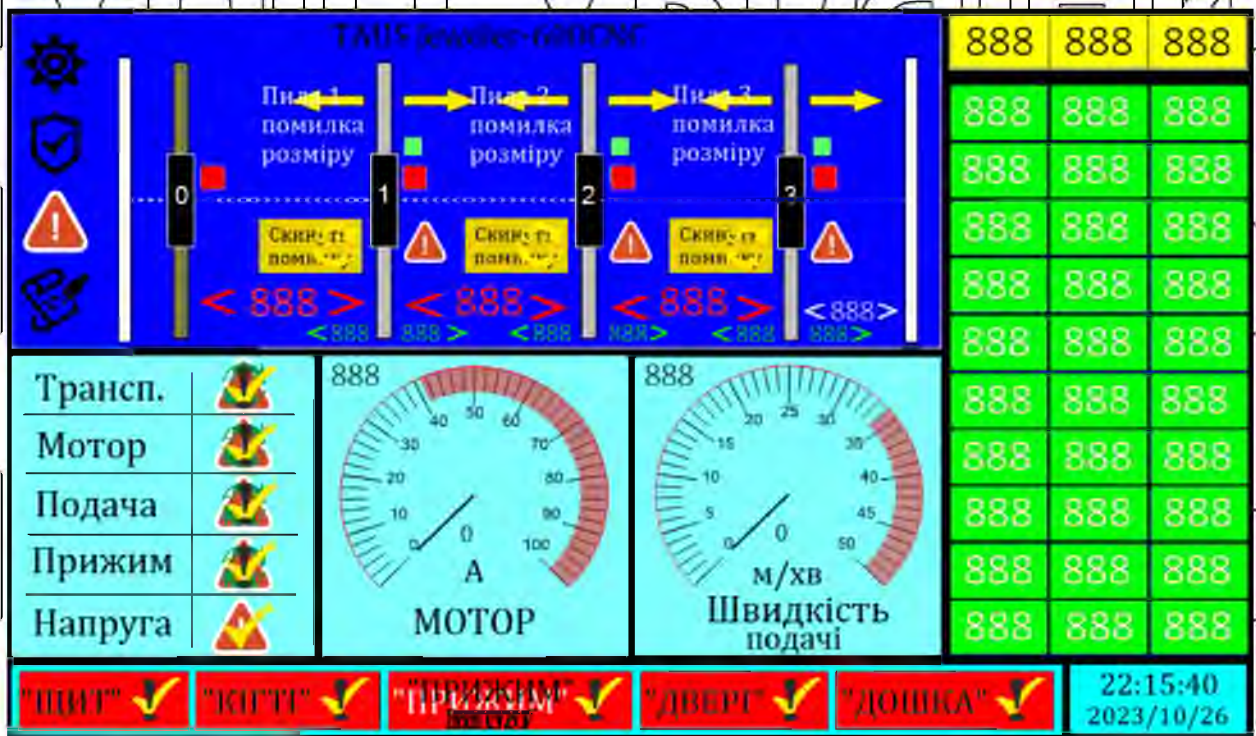


Рисунок 4.17 – Зовнішній вигляд головного екрану панелі оператора під час розробки програми

1) Сторінка «Завдання розмірів». На цій сторінці задаються табличні розміри для руху пил, а також товщини кожної пили і максимальний розмір робочої області. Додатково розташовані кнопки перезавантаження крокових двигунів,

вимикач освітлення шафи керування і кнопки переходу до інших сторінок робочих екранів



Рисунок 4.18 – Зовнішній вигляд екрану «Завдання розмірів» панелі оператора під час розробки програми

2) Сторінка «Аварії». Призначена для відображення поточних аварій під час роботи обладнання. У разі виникнення аварії на цій сторінці висвічується назва аварії та час коли вона трапилась. Сигнал аварії діє допоки він активний.

3) Сторінка «Історія». Призначена для збереження і відображення всіх аварій які траплялись під час роботи обладнання.

4) Сторінка «Налаштування». Призначена для тестового включення/відключення обладнання під час пусконаладжувальних роботах.

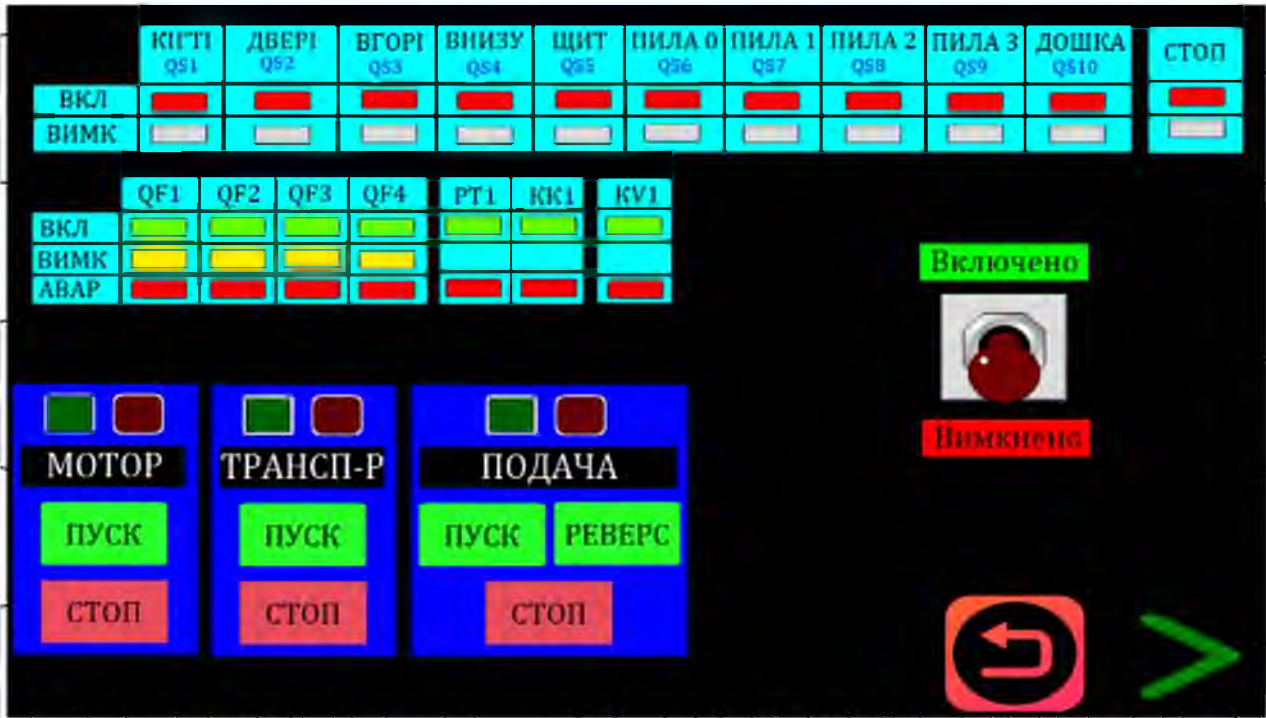


Рисунок 4.19– Зовнішній вигляд екрану «Налаштування» панелі оператора під час розробки програми

5) Сторінка «Захист». Показує поточний стан захисту кожного електродвигуна.



Рисунок 4.20 – Зовнішній вигляд екрану «Захист» панелі оператора під час розробки програми

б) Сторінка «Додаткові налаштування» Призначена для завдання ключових показників руху пил, а саме: швидкість переміщення, кількість міліметрів за один оборот, кількість імпульсів за один оборот, та інші.



Рисунок 4.21 – Зовнішній вигляд екрану «Додаткові налаштування» панелі оператора під час розробки програми

7) Сторінка «Інформація». Призначена для відображення статистичних даних роботи електродвигунів, а саме: мотогодини і кількості включень.

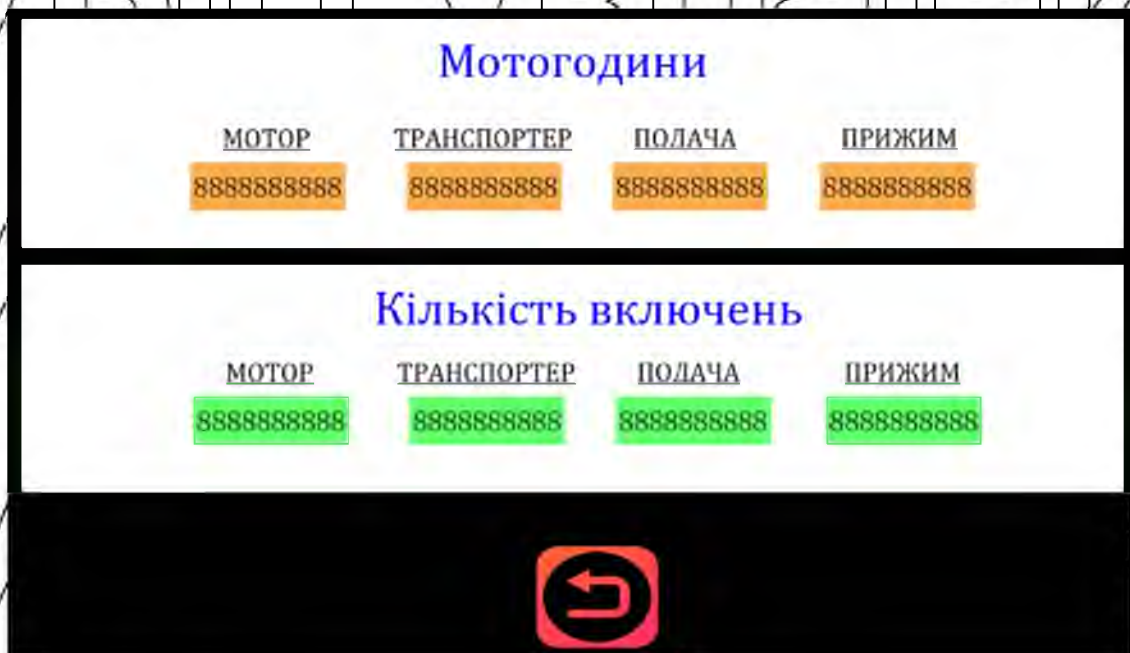


Рисунок 4.22– Зовнішній вигляд екрану «Інформація» панелі оператора

під час розробки програми

РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ.

5.1 Економічне обґрунтування системи автоматичного керування, що впроваджується.

Система автоматичного керування, що впроваджується, підвищує швидкість і точність роботи багатопильно-обрізного верстака, а також дозволяє поліпшити і техніко-економічні показники.

На підприємствах-виробниках підвищується ступінь уніфікації та стандартизації обладнання, знижуються витрати на налагодження, зростає рівень технологічності та автоматизації виробництва.

На підприємствах-споживачах знижуються експлуатаційні витрати, підвищується зручність експлуатації, налагодження та ремонту, істотно підвищується надійність та гнучкість електрообладнання.

5.2 Вибір об'єктів порівняння

Базова система (існуюча) – багатопильно-обрізний верстат з фіксованими пилами який включає силову частину, яка складається з електродвигунів змінного струму AIP 180S2 U2 (22 кВт, 380В, 41А, 2950 об/хв), MR71G0002 71В-4 (0,37 кВт, 400В, 1,12А, 1370 об/хв, MR80G0011 80В-4 (0,75 кВт, 400В, 1,95А, 1380 об/хв), T100LB4 (3 кВт, 400В, 6,5А, 1420 об/хв).

Впроваджувана система (проектвана в даній роботі) – багатопильно-обрізний верстат з плаваючими пилами, який включає силову частину, яка складається з електродвигунів змінного струму AIP 180S2 U2 (22 кВт, 380В, 41А, 2950 об/хв), MR71G0002 71В-4 (0,37 кВт, 400В, 1,12А, 1370 об/хв, MR80G0011 80В-4 (0,75 кВт, 400В, 1,95А, 1380 об/хв), T100LB4 (3 кВт, 400В, 6,5А, 1420 об/хв), CS-M23485 (60В, 6А, 8,5Н*м).

5.3 Розрахунок та порівняння капітальних витрат

До складу капітальних витрат входять:

- Вартість нового обладнання системи електроприводу;
- резерв, якщо передбачено;
- вартість монтажних робіт із встановлення обладнання, у тому числі зарплата;
- транспортні витрати на доставку устаткування;
- вартість займаної обладнанням площі;
- Заготівельно-складські витрати.

Резерв приймаємо у розмірі 30% вартості основного обладнання. Витрати площу установки агрегатів – у вигляді 15% вартості основного устаткування. Транспортні витрати приймаємо у розмірі 4% вартості основного обладнання. Заготівельно-складські витрати приймаємо у розмірі 1,2% вартості основного устаткування. Монтажні роботи приймаємо у розмірі 10% вартості основного обладнання, в тому числі зарплата становить 50% вартості монтажних робіт.

Визначимо капітальні витрати базової системи:

$$K_{об} = C_{об} + C_m + C_{рез} + 3_{пл} + 3_{тр} + 3_{скл}, \text{ грн}$$

де $C_{об} = 176000$ грн – вартість основного обладнання;

$C_m = 0,1 \cdot C_{об} = 17600 \text{ грн}$ - вартість монтажних робіт;
 $C_{рез} = 0,3 \cdot C_{об} = 52800 \text{ грн}$ - вартість резервного обладнання,
 $Z_{пл} = 0,15 \cdot C_{об} = 26400 \text{ грн}$ - витрати на займану площу при установці агрегатів та щитів;

$Z_{тр} = 0,04 \cdot C_{об} = 7040 \text{ грн}$ - транспортні витрати;
 $Z_{скл} = 0,012 \cdot C_{об} = 2112 \text{ грн}$ - заготівельно-складські витрати.
 $K_б = 115000 + 11500 + 34500 + 17250 + 4600 + 1380 = 281952 \text{ грн}$

Визначимо капітальні витрати, необхідні для впровадження проекрованої системи:

$K_{вн} = C_{об} + C_m + C_{рез} + Z_{пл} + Z_{тр} + Z_{скл} \text{ грн}$
 де $C_{об} = 185430 \text{ грн}$ - вартість основного обладнання;
 $C_m = 0,1 \cdot C_{об} = 18540 \text{ грн}$ - вартість монтажних робіт;

$C_{рез} = 0,3 \cdot C_{об} = 55630 \text{ грн}$ - вартість резервного обладнання,
 $Z_{пл} = 0,15 \cdot C_{об} = 27814 \text{ грн}$ - витрати на займану площу при установці агрегатів та щитів;
 $Z_{тр} = 0,04 \cdot C_{об} = 7417 \text{ грн}$ - транспортні витрати;

$Z_{скл} = 0,012 \cdot C_{об} = 2225 \text{ грн}$ - заготівельно-складські витрати.
 $K_{вн} = 121570 + 12160 + 36470 + 18236 + 4863 + 1459 = 297059 \text{ грн}$

5.4 Розрахунок та зіставлення експлуатаційних витрат

Поточні річні витрати на експлуатацію складаються з:

- амортизаційних відрахувань;
- Витрати на електроенергію;
- Витрати на поточний ремонт та обслуговування обладнання;
- Інші витрати.

5.5 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Розрахунок амортизаційних відрахувань необхідно провезти для електроустаткування машзала механічного цеху. Дане електроустаткування машзала відноситься до основних фондів 3-ї групи. Основні фонди поділяють за групами:

група 1 – конструкції, споруди, їх структурні компоненти та передавальні пристрої, зокрема житлові будинки та їх частини, вартість капітального покращення землі;

група 2 – автомобільний транспорт та вузли до нього, меблі, побутові електронні, оптичні, електромеханічні прилади та інструменти, інше офісне обладнання, пристрої та пристрої до них;

група 3 – будь-які інші основні фонди, які не увійшли до групи 1, 2, і 4;

група 4 – ЕОМ, інші машини для автоматичного оброблення інформації, пов'язані з ними методи читання або друку інформації, інші інформаційні системи, комп'ютерні програми, телефони, мікрофони та рації, вартість яких перевищує вартість малоцінних товарів (предметів).

Тому річна норма амортизаційних відрахувань для третьої групи $H_a = 24\%$.

Розрахунок амортизаційних відрахувань проведемо поквартально для системи, що впроваджується.

$$C_{a.б} = K_б \cdot \frac{H_a}{100} = 281952 \cdot \frac{24}{100} = 67668 \text{ грн}$$
$$C_{a.вн} = K_{вн} \cdot \frac{H_a}{100} = 297059 \cdot \frac{24}{100} = 71290 \text{ грн}$$

5.6 Витрати на ремонт обладнання

Витрати на поточний ремонт включають: основну та додаткову зарплату робітникам з нарахуваннями та пільгами, вартість матеріалів та цехові витрати.

Для розрахунку штату ремонтників складемо баланс робочого дня (таблиця 6.1). При цьому прийняті такі умови: календарний час – 365 днів; тривалість робочого тижня – 5 днів; тривалість зміни передсвяткового дня – на 1 годину коротше; тривалість робочої зміни – 8 годин.

Витрати на ремонт та обслуговування містять у собі витрати на зарплату ремонтного та обслуговуючого персоналу та витрати на комплектуючі вироби, запасні частини та матеріали, використані при ремонтах та обслуговуванні

Таблиця 6.1 - Баланс робочого часу на 2023 год

Показник	Дні	Години
1. Календарний фонд	365	2920
2. Вихідні дні	105	840
3. Передсвяткові дні та дні релігійних свят	-	-
4. Номінальний фонд часу	260	2080
5. Чергові відпустки	25	200
6. Виконання суспільних зобов'язань	1	8
7. Хвороби	4	32
8. Інші невиходи	1	8
9. Ефективний фонд робочого часу, Фрч	219	1691

При розрахунку витрат, пов'язаних з ремонтом та обслуговуванням, необхідно скласти графік технічного обслуговування та ремонту.

Графіки ТОіР складаються електрослужбами цехів за формою 1А, підписуються начальником цеху та подаються до відділу головного енергетика для розгляду не пізніше 15 листопада року, який передусє плановому.

Механізми шахт належать до 4 групи режимів роботи.

У таблиці 6.2 наведено план-графік ТОіР

Таблиця 5.2 - Годовий план-графік ТОіР електрооборудованя

Найменування обладнання	Кількість	Категорія	Дата останнього ремонту												Кількість ремонтів					
			Місяць 2023р												Т	С	К			
			К	Т	С	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Т	С	К
Базовий верстат	1	-	-	-	-	-	-	-	-	Т	С	-	-	-	Т	-	-	2	1	-
Верстат що впроваджується	1	-	-	-	-	-	-	-	Т	С	-	-	-	Т	-	-	-	2	1	-
Всього ремонтів (базовий варіант)																		2	1	-

Всього ремонтів (за варіантом, що впроваджується)	2	1	-
---	---	---	---

Примітка – К-капітальний ремонт, П – поточний ремонт, С – середній ремонт

5.7 Розрахунок річного обсягу робіт графіка ТОіР

Розрахуємо трудомісткість кожного виду ремонту, наведеного у таблиці 5.2.

Розрахунки представлені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Трудомісткість ремонту

Найменування обладнання	Кількість	Кількість ремонтів		Трудомісткість, люд· год		Загальна трудомісткість, люд· год		Всього, люд· год
		П	С	П	С	П	С	
Базовий верстат	1	2		94,38	269,6	188,76	269,6	458,36
Верстат що впроваджується	1	2	1	120,5	336,24	241	336,24	577,24
Загальна трудомісткість (за базовим варіантом) ($T_{общ}^0$)								458,35
Загальна трудомісткість (за впровадженням варіантом) ($T_{общ}^{вн}$)								557,26

Для трансформаторів регресивні рівняння для середнього та поточного ремонту мають вигляд:

$$T_{рем.тек}^{np} = 0,785 \cdot P_{н.пр}^{0,52}$$

$$T_{рем.сп}^{np} = 3,554 \cdot P_{н.пр}^{0,47}$$

Відповідно до наведених рівнянь розрахуємо трудомісткість ремонтів:

- базовий варіант:

$$T_{рем.тек}^{np} = 0,785 \cdot 10000^{0,52} = 94,38 \text{ чел·ч}$$

$$T_{рем.сп}^{np} = 3,554 \cdot 10000^{0,47} = 269,6 \text{ чел·ч}$$

- впроваджуваний варіант:

$$T_{рем.тек}^{np} = 0,785 \cdot 16000^{0,52} = 120,5 \text{ чел·ч}$$

$$T_{рем.сп}^{np} = 3,554 \cdot 16000^{0,47} = 336,24 \text{ чел·ч}$$

Загальна трудомісткість ремонтів визначається додаванням твору трудомісткості на кількість ремонтів:

- базовий варіант:

$$T_{\text{обц}}^{\text{б}} = T_{\text{рем.тек}}^{\text{нр}} \cdot N_{\text{тек}}^{\text{нр}} + T_{\text{рем.сп}}^{\text{нр}} \cdot N_{\text{сп}}^{\text{нр}} = 94,38 \cdot 2 + 269,6 \cdot 1 = 458,35 \text{ чел} \cdot \text{ч}$$

- впроваджуваний варіант:

$$T_{\text{обц}}^{\text{вн}} = T_{\text{рем.тек}}^{\text{нр}} \cdot N_{\text{тек}}^{\text{нр}} + T_{\text{рем.сп}}^{\text{нр}} \cdot N_{\text{сп}}^{\text{нр}} = 120,5 \cdot 2 + 336,24 \cdot 1 = 557,26 \text{ чел} \cdot \text{ч}$$

Тоді необхідну кількість ремонтників представляє:

- базовий варіант:

$$\varphi^{\text{б}} = \frac{T_{\text{обц}}^{\text{б}}}{\Phi_{\text{рв}}} = \frac{458,35}{1639} = 0,28 \text{ чел}$$

де $\Phi_{\text{рв}}$ - ефективний фонд робочого часу;

- впроваджуваний варіант:

$$\varphi^{\text{вн}} = \frac{T_{\text{обц}}^{\text{вн}}}{\Phi_{\text{рв}}} = \frac{557,26}{1639} = 0,35 \text{ чел}$$

Приймаємо необхідну кількість ремонтників по одній людині відповідно.

5.8 Розрахунок фонду заробітної плати

За тарифної ставки $P_{\text{бр}} = 26,21$ грн./год. (оскільки ремонт обладнання здійснює персонал з 6 розрядом) тарифна зарплата складе:

- базовий варіант:

$$Z_{\text{тар}}^{\text{б}} = \Phi_{\text{рв}} \cdot \varphi^{\text{б}} \cdot P_{\text{бр}} = 1639 \cdot 0,28 \cdot 26,21 = 12043,7 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$Z_{\text{тар}}^{\text{вн}} = \Phi_{\text{рв}} \cdot \varphi^{\text{вн}} \cdot P_{\text{бр}} = 1639 \cdot 0,35 \cdot 26,21 = 15035 \text{ грн}$$

Основна зарплата з урахуванням премії (30%):

- базовий варіант:

$$Z_{\text{осн}}^{\text{б}} = Z_{\text{тар}}^{\text{б}} + 0,3 \cdot Z_{\text{тар}}^{\text{б}} = 12043,7 + 0,3 \cdot 12043,7 = 12656,81 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$Z_{осн}^{вн} = Z_{тар}^{вн} + 0,3 \cdot Z_{тар}^{вн} = 15035 + 0,3 \cdot 15035 = 19546 \text{ грн}$$

Додаткову зарплату приймаємо у розмірі 20% від основної:

- базовий варіант:

$$Z_{дон}^б = 0,2 \cdot Z_{тар}^б = 0,2 \cdot 2498 = 499,6 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$Z_{дон}^{вн} = 0,2 \cdot Z_{тар}^{вн} = 0,2 \cdot 4090 = 629,2 \text{ грн}$$

Відрахування на соціальні потреби окладаються із вкладів на пенсійне страхування, страхування на тимчасову непрацездатність, страхування у разі безробіття, страхування від нещасних випадків. Сума відрахувань становить 38,6% від суми основної та додаткових зарплат:

- базовий варіант:

$$Z_{соц}^б = 0,386 \cdot (Z_{осн}^б + Z_{дон}^б) = 0,386 \cdot (3247 + 499,6) = 1446 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$Z_{соц}^{вн} = 0,386 \cdot (Z_{осн}^{вн} + Z_{дон}^{вн}) = 0,386 \cdot (4090 + 629,2) = 1822 \text{ грн}$$

Фонд оплати праці працівників:

- базовий варіант:

$$Z^б = Z_{осн}^б + Z_{дон}^б + Z_{соц}^б = 3247 + 499,6 + 1446 = 5193 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$Z^{вн} = Z_{осн}^{вн} + Z_{дон}^{вн} + Z_{соц}^{вн} = 4090 + 629,2 + 1822 = 6541 \text{ грн}$$

Витрати матеріалів, необхідних для ремонту електрообладнання, приймаємо у відсотках від тарифної зарплати у таких розмірах: на середній ремонт – 35%; на поточний ремонт – 15%. Кількість ремонтів приймаємо відповідно до графіка ТОР.

Тоді витрати на середній та поточний ремонт становитимуть:

- базовий варіант:

$$C_{рем.сп}^б = 0,35 \cdot N_{сп}^б \cdot Z_{тар}^б = 0,35 \cdot 1 \cdot 2498 = 874,31 \text{ грн}$$

$$C_{рем.тек}^б = 0,35 \cdot N_{тек}^б \cdot Z_{тар}^б = 0,35 \cdot 2 \cdot 2498 = 1749 \text{ грн}$$

Где $N_{сп}^б = 1$ - кількість середніх ремонтів у базовому варіанті;

$N_{тек}^b = 2$ – кількість поточних ремонтів у базовому варіанті;

- впроваджуваний варіант:

$$C_{рем.сп}^{вн} = 0,35 \cdot N_{сп}^{вн} \cdot Z_{тар}^{вн} = 0,35 \cdot 1 \cdot 3146 = 1101 \text{ грн}$$

$$C_{рем.тек}^{вн} = 0,35 \cdot N_{тек}^{вн} \cdot Z_{тар}^{вн} = 0,35 \cdot 2 \cdot 3146 = 2202 \text{ грн}$$

Загальна вартість матеріалів:

- базовий варіант:

$$C_{мат}^b = C_{рем.сп}^b + C_{рем.тек}^b = 874,31 + 1749 = 2623 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$C_{мат}^{вн} = C_{рем.сп}^{вн} + C_{рем.тек}^{вн} = 1101 + 2202 = 3303 \text{ грн}$$

Цехові витрати приймаємо у розмірі 10% від тарифної зарплати:

- базовий варіант

$$C_{цех}^b = 0,1 \cdot Z_{тар}^b = 0,1 \cdot 2498 = 249,8 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$C_{цех}^{вн} = 0,1 \cdot Z_{тар}^{вн} = 0,1 \cdot 3146 = 314,6 \text{ грн}$$

Загальновиробничі витрати приймаємо у розмірі 40% від тарифної зарплати:

- базовий варіант

$$C_{общ.шахт}^b = 0,4 \cdot Z_{тар}^b = 0,4 \cdot 2498 = 999,2 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$C_{общ.шахт}^{вн} = 0,4 \cdot Z_{тар}^{вн} = 0,4 \cdot 3146 = 1258 \text{ грн}$$

Кошторис витрат на проведення ремонтів наведений у таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 - Кошторис для проведення ремонтів

Статті витрат	Повищення	Сума за варіантом, грн	
		Базовий	Впроваджуваний
1. Основна зарплата з урахуванням премії	$Z_{осн}$	3247	4090
2. Додаткова зарплатня	$Z_{дот}$	499,6	629,21

3. Відрахування на соц. заходи	$Z_{соц}$	1446	1822
Загальні фонди оплати праці	Z	5193	6541
4. Вартість матеріалів	$C_{мат}$	2623	3303
5. Цехові витрати	$C_{цех}$	249,8	314,6
6. Загальновиробничі витрати	$C_{общих}$	999,21	1258
Разом по кошторису		14259	17958

5.9 Витрати на споживану електроенергію

Витрати активної потужності у трансформаторі становлять:

- базовий варіант:

$$\Delta P_{н.тр}^б = P_{н.тр}^б \cdot \frac{1 - \eta_{тр}^б}{\eta_{тр}^б} = 10000 \cdot \frac{1 - 0,88}{0,88} = 1364 \text{ кВт}$$

- впроваджуваний варіант:

$$\Delta P_{н.тр}^{вн} = P_{н.тр}^{вн} \cdot \frac{1 - \eta_{тр}^{вн}}{\eta_{тр}^{вн}} = 16000 \cdot \frac{1 - 0,88}{0,88} = 2182 \text{ кВт}$$

Таким чином, вартість річних витрат електроенергії можна визначити як:

- базовий варіант:

$$\Delta W_{год}^б = \Delta P_{н.тр}^б \cdot T_{эф} \cdot C_{сл} = 1364 \cdot 8000 \cdot 0,38 = 4145000 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$\Delta W_{год}^{вн} = \Delta P_{н.тр}^{вн} \cdot T_{эф} \cdot C_{сл} = 2182 \cdot 8000 \cdot 0,38 = 6633000 \text{ грн}$$

де $C_{сл}$ - вартість 1 кВт/год електроенергії (з урахуванням 20% ПДВ)

$T_{эф}$ - ефективний фонд часу роботи електрообладнання

5.10 Розрахунок інших експлуатаційних витрат

Інші витрати приймаємо у розмірі 1% від капітальних витрат:

- базовий варіант:

$$C_{op}^b = 0,1 \cdot K_6 = 0,1 \cdot 281952 = 28195,2 \text{ грн}$$

- впроваджуваний варіант:

$$C_{op}^{вн} = 0,1 \cdot K_{вн} = 0,1 \cdot 297059 = 29705,9 \text{ грн}$$

Результати розрахунку експлуатаційних витрат наведено у таблиці 5.5

Таблиця 5.5 - Експлуатаційні витрати

Найменування витрат	Позначення	Витрати за варіантами			
		Базовий		Впроваджуваний	
		грн	%	грн	%
1. Амортизаційні відрахування	C_a	67668	2,6	71294	2,1
2. Витрати на ремонт	C_p	14259	0,4	17958	0,3
3. Витрати електроенергію	C_o	4145000	95,9	6633000	96,7
4. Інші витрати	C_{op}	28195,2	1,1	20705,9	0,9
Загальні	C	4255000	100	6743000	100

Загалом експлуатаційні витрати у базовому варіанті склали 4255000 грн., а у впроваджуваному варіанті – 6743000 грн. Аналізуючи дані таблиці 5.5 можна зробити висновок, що експлуатаційні витрати варіанта, що впроваджується, більше на 2488000 гривень на рік. Це з придбанням нового устаткування з автоматизованою системою керування.

5.11 Розрахунок фінансових показників впроваджуваної системи автоматизації.

Розрахунок ефективності системи електроприводу, що впроваджується, здійснимо на підставі даних, наведених у таблиці 5.6

Таблиця 5.6 - Показники для розрахунку економічного ефекту

Показники	Познач.	Базовий варіант	Впроваджувальний варіант	Відхилення Δ
1. Капітальні витрати, грн.	K	281952	297059	- 15107
2. Експлуатаційні витрати, грн	C_p	4255000	6743000	- 2487836

Ефект системи, що впроваджується:

$$C_{эф} = E_n \cdot \Delta K + \Delta C = 0,1 \cdot (-15107) + (-2487836) = -2489346 \text{ грн}$$

де $E_n = 0,1$ - номінальний коефіцієнт наведених капітальних витрат.

5.12 Висновок розділу економічної доцільності

У цьому розділі порівнюються дві системи електроприводу: базова та впроваджувана. Розрахунки економічної доцільності впровадження нової системи електроприводу показали, що впровадження проектованої системи з економічної точки зору не виправдано, про що говорить негативний економічний ефект, але з точки зору продуктивності праці, якості та точності виконання операцій по розпилу деревини показники краще у впроваджуваній, ніж базовій системі. Це зумовлено встановленням автоматизованої системи керування, що у свою чергу збільшує як капітальні, так і експлуатаційні витрати. Однак, система, що впроваджується, побудована на сучасному обладнанні з урахуванням нових досягнень техніки в промисловості, а також дозволяє в короткочасній перспективі отримати позитивні грошові показники за рахунок збільшення об'ємів виготовленої сировини та зменшенню простою обладнання.

РОЗДІЛ 6. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ І ОХОРОНИ ПРАЦІ

6.1 Техніка безпеки під час роботи на деревообробних верстатах.

Перш ніж розпочати роботу, оператор зобов'язаний пройти вступний інструктаж із загальних питань техніки безпеки на підприємстві та первинний інструктаж за правилами техніки безпеки на робочому місці. Крім того, робітники періодично повинні проходити повторний виробничий інструктаж з безпеки через кожні три місяці.

Результати інструктажу з оцінкою знань правил безпеки записують у спеціальний журнал. Робочому вручається пам'ятка чи інструкція з правил техніки безпеки, розроблена для підприємства. Перед роботою на верстаті необхідно вивчити посібник з експлуатації верстата, а також посібник з експлуатації ріжучих та вимірювальних інструментів.

Налагодження та налаштування обладнання слід виконувати лише при вимкненому відному рубильнику. Під час виконання робіт біля верстата на відному місці має бути виставлена табличка з написом «Йде налагодження». Усі металеві частини верстата заземлюють.

Перед початком роботи необхідно упорядкувати робочий одяг: застебнути або зав'язати кінці рукавів, приборати кінці халата, що звисають, волосся закрити головним убором.

Не допускається захарашувати відходами або готовими деталями робочі місця, проходи, підходи до верстатів, механізмів та електроапаратури. Робоче місце має бути підготовлене згідно з вимогами технології виконання операцій. Забороняється подавати в верстат заготовлі, розміри яких більші або менші за передбачені технологічним процесом. Не слід брати або подавати через працюючий верстат будь-які предмети. Під час роботи верстата не дозволяється відкривати або знімати огороження та запобіжні пристрої, підтягувати болти, гайки та ін. Під час роботи на верстатах з підвищеним рівнем шуму слід користуватися індивідуальними засобами захисту від шуму. Не слід надсилати оброблюваний матеріал у верстат руками чи металевими предметами. Забороняється вимірювати оброблювану деталь на верстаті.

У разі виникнення вібрації верстат слід вимкнути, перевірити надійність кріплення інструменту та якість його балансування. Знімати зі шківів і надягати на них ремені, відмикати огороження інструментів слід тільки після повної зупинки частин, що обертаються. Забороняється користуватися напилком, шаберами та іншими інструментами без дерев'яних ручок або з несправними ручками. Поверхня рукояток повинна бути гладкою, рівно зацищеною, без тріщин та задирок. При роботі з важкими вантажами робітник повинен знати і суворо

дотримуватись правил техніки безпеки для стропальників. Не можна перебувати у зоні дії автонавантажувачів, а також у місцях, над якими переміщуються вантажі.

6.2 Пожежна безпека

Пожежі на деревообробних підприємствах в основному виникають внаслідок нерегулярного та недбалого прибирання приміщень, неправильного поводження з електричними установками, недотримання правил зберігання пожежонебезпечних матеріалів та куріння у заборонених місцях.

У деревообробних цехах зосереджено велику кількість легкозаймистих матеріалів: деревних відходів, стружок, тріски, дощок, лаків, фарб тощо.

При виникненні загоряння необхідно терміново викликати пожежну команду телефону 101 або за пожежним сповіщувачем та до прибуття пожежної команди вжити заходів щодо ліквідації загоряння наявними засобами пожежогасіння. Для попередження виникнення пожеж у цехах та на робочих місцях необхідно суворо дотримуватись наступних протипожежних правил.

Усі електричні дроти повинні бути ретельно ізольовані, електричні апарати та електродвигуни заземлені та захищені від попадання на них сторонніх предметів.

Після закінчення роботи і під час перерви електропривод необхідно вимикати, а лінії, що підводять, знеструмлювати.

У цехах та на робочих місцях забороняється курити та виконувати операції, які можуть спричинити появу іскор або відкритого вогню. Необхідно систематично видаляти деревний пил та стружку з елементів обладнання, електродвигунів та електропроводок.

Забороняється сушити спецодяг, лісоматеріали та інші займисті предмети на приладах опалення, виробничих та опалювальних печах. Робочі місця, де є підвищена небезпека виникнення пожежі, мають бути забезпечені вогнегасниками, ящиками з піском та ємностями з водою. Не допускається працювати на шліфувальних верстатах при вимкненій витяжній вентиляції.

Обтиральні матеріали, кінці, ганчірки і т. п., що були у використанні, просочені гасом, бензином, маслами та іншими горючими речовинами, необхідно складати в спеціальні металеві ящики з кришками. Над місцем встановлення ящиків має бути напис «Ящик для обтиральних кінців». Нітрофарби, лаки та інші хімікати зберігають у спеціальних ізольованих приміщеннях або у шафах та ящиках. Запас рідкого палива, мастильних матеріалів та горючих рідин, що знаходяться у робочому приміщенні не повинен перевищувати добової витрати. Зберігати їх потрібно тільки в спеціальній металевій тарі, що щільно закривається, яка після закінчення роботи ставиться в замикані металеві ящики або шафи.

6.3 Заходи з охорони праці

Для забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу застосовуються такі заходи:

- 1) захисне заземлення;
- 2) захисне відключення;
- 3) контроль та профілактика ізоляції;
- 4) захист від переходу напруги з вищої сторони на нижчу;
- 5) захисне огородження;
- 6) блокування;
- 7) розташування струмопровідних ланцюгів у недоступних місцях;
- 8) застосування захисних засобів;
- 9) організаційні заходи щодо забезпечення електробезпеки.

Як головний метод забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу застосовується захисне заземлення. Воно є ефективним захисним засобом, оскільки установка працює у мережі із ізольованою нейтраллю. Заземленню підлягають частини обладнання та механізми згідно з 1-1-28 ПУЕ [14].

Тип заземлення – штучне. Як заземлювачів використовуються сталеві стрижні заземлювачів діаметром $d=85$ мм і довжиною $l=2850$ мм. Глибина закладання заземлювачів від поверхні $p=0,8$ м. Відстань від поверхні землі до середини стрижня $H=2,25$ м. Число стрижнів $n=12$ штук. Відкрито розташовані мережі забарвлюються

в чорний колір. Для контролю технічного стану заземлювального пристрою періодично проводять:

- зовнішній огляд видимої частини заземлювального пристрою (проводиться разом з оглядом електроустаткування);

- огляд з перевіркою наявності ланцюга між заземлювачем та заземленими елементами (проводиться при кожному ремонті чи при перестановці обладнання);

- Вимір опору заземлювального пристрою (проводиться один раз на рік - влітку, при найбільшому просиханні ґрунту);

- вибіркове розтин ґрунту для огляду елементів заземлення, що знаходяться в землі (один раз на 3 роки).

Важлива роль у забезпеченні електробезпеки обслуговуючого персоналу відводиться комбінованому пристрою захисного відключення на струмі нульової послідовності і постійному оперативному струмі - системі захисту, автоматично відключає установку у разі виникнення небезпеки ураження людини електричним струмом.

Для забезпечення електробезпеки обслуговуючого персоналу проводяться контроль та профілактика ізоляції. Контроль стану ізоляції – постійний за допомогою щитового приладу ТКГ – 60.

Періодично проводиться випробування ізоляції підвищеною напругою 2500 протягом 1 хв. Напруга подається між струмопровідними частинами та корпусом.

Для запобігання небезпеці проникнення вищої напруги на бік нижчого застосовується з'єднання нейтралі із землею через пробивний запобіжник. Він складається з двох електродів, розділених слюдяною прокладкою з отворами. Один електрод з'єднаний з нейтраллю, інший - із «землею».

При переході напруги з високого боку на низьку запобіжник виявляється під високою напругою повітряні проміжки пробиваються і фаза виявляється заземленою.

Для виключення можливості дотику до струмоведучих частин і навіть небезпечного наближення застосовуються захисне огородження, блокування, розташування струмопровідних частин у недоступних місцях. Для огородження

комплектних розподільних пристроїв, силових трансформаторів, ящиків опорів застосовується захисна огорожа, виготовлена з сітки розміром осередків 25x25 мм. Сітчасті огородження мають двері із замками. Усе струмопровідні частини розташовуються в каналізації, провітрюваної та освітленої. Дія механічних блокувань полягає в тому, що при відкриванні дверцят кінцевий вимикач розмикає ланцюг живлення.

Працюючи у місцях розташування струмовідних частин персонал оснащується спеціально ізольованим інструментом. При роботі з відключеними струмопровідними частинами - шинами, проводами - є небезпека випадкової появи напруги на них, тому вживаються заходи, що виключають випадкову подачу напруги до місця роботи, і разом з тим усувають небезпеку ураження струмом обслуговуючого персоналу у разі включення електроустановки.

Як засоби захисту, що доповнюють стаціонарні конструктивні захисні пристрої електроустановок, використовуються ізолюючі, огорожувальні та запобіжні засоби. Для захисту обслуговуючого персоналу передбачені такі основні ізолюючі засоби, здатні тривалий час витримувати робочу напругу електроустановки

а) для установок до 1000 В:

- діелектричні гумові рукавички;
- інструмент з ізолюючими рукоятками;
- показчики напруги;
- ізолюючі штанги;
- ізолюючі та електрозахисні кліщі на напругу до 1000 В;

- Показчик напруги на напругу до 1000 В;

б) для установок понад 1000 В:

- оперативні та вимірювальні штанги;
- ізолюючі та електрозахисні кліщі на напругу понад 1000В;
- ізолюючі сходи та майданчики;
- щитові габаритники;

- показчик напруги на напругу понад 1000 В. Вищезазначені ізолюючі засоби використовуються у разі проведення робіт з струмопровідними частинами, якщо відключення напруги живлення з яких-небудь причин неможливо.

Для включення та відключення однополюсних роз'єднувачів, для накладання переносних заземлювачів, для вимірювань на струмопровідних частинах, що знаходяться під напругою, передбачені ізолюючі штанги.

Для виключення помилкових операцій при роботах використовуються попереджувальні плакати та попереджувальні написи. Також застосовуються тимчасове заземлення відключених струмопровідних частин (з метою усунення небезпеки ураження працюючих струмом при випадковій появі напруги).

Запобіжні засоби захисту - захисні окуляри, протигази, респіратори, спеціальні рукавиці - використовуються для індивідуального захисту працюючого від світлових, теплових та механічних впливів.

Справність засобів захисту перевіряється перед кожним застосуванням, а також періодично через 6-12 місяців.

Організаційними заходами, що забезпечують електробезпеку, є [15]:

— особи оперативного персоналу, які обслуговують установки особисто та старші у зміні, повинні мати кваліфікаційну групу не нижче IV (при напрузі більше 1000 В) та не нижче III (при напрузі менше 1000 В);

- затвердження переліку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями та в порядку технічної експлуатації. Право видачі наряду надається особам, уповноваженим цієї мети наказом головного енергетика і мають кваліфікаційну групу V;

- Більшість ремонтних робіт проводиться при частковому або повному знятті напруги;

- застосовується біркова система, що визначає чіткі взаємини між експлуатаційним та ремонтним персоналом.

Особливо пожежо-небезпечними місцями в цеху є приміщення магнітних станцій, машзали, трансформаторні підстанції, маслонідвали, кабельні тунелі, протяжні кабельні ящики.

Для гасіння можливих пожеж у цеху передбачено:

- 6 вогнегасників хімічною піною ОХ Л-10;
- 6 порошкових вогнегасників ОПС – 5;
- 2 ящики з піском.

Для обмеження поширення пожежі стіни машинного залу виконані вогнестійкими. Для швидкої евакуації людей передбачено додаткові евакуаційні виходи.

Для зниження рівня шуму застосовується мастило підшипників. Контроль примусового мастила здійснюється за допомогою технологічних блокувань мастила і схемами управління електроприводів.

Для усунення вібрацій двигуни встановлені на самостійні фундаменти, ізольовані від підлоги та інших конструкцій будівлі акустичними швами.

Для запобігання потраплянню людей у небезпечні зони (у безпосередню близькість до частин двигунів, що обертаються) встановлені трубчасті огородження.

Для підтримки постійного повітрообміну в цеху застосовується загальна вентиляція припливу. Відфільтроване повітря входить у приміщення примусово по рукаву для створення надлишкового тиску і виходить через віддушини під стелею (таким чином у приміщенні менше пилу).

ВИСНОВОК

В результаті проведеного дослідження та розробки комп'ютерно-інтегрованої системи керування для багатопильно-обрізного верстата на базі КТЗ HAIWELL були отримані наступні основні результати та висновки:

Розроблена система є потужним інструментом для автоматизації та управління багатопильно-обрізним верстатом, забезпечуючи точність та продуктивність обробки деревини.

Система дозволяє зменшити людський вплив на процеси різання та обрізання деревини, підвищуючи якість та ефективність роботи.

Плаваючі тилки роблять систему більш гнучкою, дозволяючи адаптувати процес обробки під конкретні завдання.

Система відкриває нові можливості для оптимізації процесів у деревообробній галузі, забезпечуючи ефективність та зменшення витрат.

Впровадження цієї системи може значно покращити конкурентоспроможність підприємств, що займаються обробкою деревини!

З урахуванням позитивних результатів, отриманих в процесі роботи над цією магістерською роботою, можна стверджувати, що комп'ютерно-інтегровані системи керування мають великий потенціал для використання в промисловості та автоматизації виробничих процесів.

Подальший розвиток та вдосконалення системи, а також її розширення для інших типів верстатів, можуть призвести до ще більш значущих досягнень в галузі деревообробки.

Завершуючи, важливо відзначити, що розроблена комп'ютерно-інтегрована система керування має потенціал стати важливим кроком у напрямку модернізації та покращення процесів деревообробки, що відкриває нові можливості для підприємств цієї галузі.

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРОСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. І.І. Мартиненко, В.П. Лисенко, Л.П. Тищенко, І.М. Болбот, П.В. Олійник
Проектування систем електрифікації та автоматизації АПК: Підручник. –
К., 2008. – 330 с.
2. Правила улаштування електроустановок. - Видання офіційне.
Міненерговугілля України. - Х. : Видпнмицтво «Форт», 2017. - 760 с
3. Наладка средств автоматизации и автоматических систем регулирования:
Справочное пособие / А.С. Клюев, А.Т. Лебедев, С.А. Клюев, А.Г.
Говаров; Под ред. А.С. Клюева. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.:
Энергоатомиздат, 1989
4. Бородин И.Ф., Недилько Н.М. Автоматизация технологических
процессов. - М.: Агропромиздат, 1996
5. Медведєв Ю. Дяченко Я. Проблеми розвитку лісопромислового
комплексу: пріорітети, структура, ефективність. // Економіка України
1999. №1.
6. Бобко А. Проблеми лісового господарства України // Економіка України.
2003. № 8. С. 22-30
7. Коноваленко, А. М. Основи столярного ремесла / А.М. Коноваленко – К.
: Мистецтво, 1996. – 304 с – (Практичний порадник).
8. М.В. Сталовник "Технологія лісопильного виробництва" — 2006. —С.
254
9. В.Н. Сталовник, В.С. Комаровський "Методика складання поставів при
розпилюванні врозвал і з брусовою" — 2006. —С. 254
10. А.В. Худяков "Деревообробні верстати": Підручник. – К., 2008. – 210 с.
11. Хасан М.М. "Довідник по лісопилянню"
12. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та
зовнішніх установок з вибухопожежною та пожежною небезпечкою»;

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України