

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Добровольський Данило Русланович

УДК 631.3:636.084.74

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Обґрунтування варіанту схем модернізації електроприводів технологічного
обладнання в деревообробній майстерні

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

(шифр і назва спеціальності)

Подається на здобуття освітнього ступеня *бакалавр*
Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання
ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне
джерело

_____ Добровольський Д. Р.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Прядко Володимир
Анатолійович
старший викладач
кафедри електрифікації,
автоматизації
виробництва
та інженерної екології

Консультант
доцент
Гончаренко Ю. П.

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Добровольський Д. Р. Обґрунтування варіанту схем модернізації електроприводів технологічного обладнання в деревообробній майстерні.

– Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

В роботі виконано розробку виробничих процесів, розглянуто можливості модернізації пилорам, верстатів, проведено розробку схем, вибір електродвигунів, пуско захисних апаратів для верстатів деревообробної майстерні.

Ключові слова: деревообробні верстати, електропривод, модернізація, розробка, пилорама, схеми керування.

ANOTATION

Dobrovolsky D. R. Justification of the variant of schemes for the modernization of electric drives of technological equipment in a woodworking workshop. – Qualification work in the form of a manuscript. Qualification work for the degree of bachelor in specialty 141 “Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics”. – Polissia National University, Zhytomyr, 2025. This qualification work presents the developed technologies, selected technological equipment, developed variants of schemes and selected electric motors, control devices, protection during the modernization of electric drives for woodworking workshop machines.

Keywords: woodworking machines, electric drive, modernization, development, control schemes.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Обґрунтування варіанту схеми модернізації електроприводу технологічного обладнання в деревообробній майстерні одноповерхової вертикальної лісопильної рами.....	7
1.1. Розробка виробничих процесів обробки деревини	7
1.2. Характеристика, використання лісопильної рами Р63-4Б.....	7
1.3. Опис роботи	7
1.4. Визначення характеристик пилорами.....	10
1.5. Перевірковий розрахунок потужності двигуна.....	12
1.6. Розробка принципової електричної схеми	12
1.7. Вибір апаратів схеми.....	13
Висновки до першого розділу.....	14
РОЗДІЛ 2. Обґрунтування варіанту модернізації електроприводу стрічкопильної пилорами в деревообробній майстерні	15
2.1. Характеристика технологічного обладнання та виробничих процесів обробки деревини.....	15
2.2. Вибір горизонтальної стрічкової пилорами.....	15
2.3. Перевірковий розрахунок потужності та вибір головного двигуна....	16
2.4. Вибір апаратів схеми.....	18
Висновки до другого розділу.....	20
РОЗДІЛ 3. Обґрунтування варіанту модернізації електроприводу верстата для фрезерування та різання деревини.....	21
3.1. Характеристика виробничих процесів обробки деревини на технологічному обладнанні	21
3.2. Вибір деревообробного верстата.....	21
3.3. Перевірковий розрахунок потужності електродвигуна.....	23
3.4. Розробка функціонально – технологічної схеми.....	25
3.5. Розробка принципової схеми	25
3.6. Обґрунтування вибору апаратів схеми.....	26

Висновки до третього розділу.....	27
Загальні висновки.....	28
Список використаних джерел.....	29
Додатки.....	31

ВСТУП

Актуальність теми. Обробка деревини, виготовлення пиломатеріалів, заготовок, будівельних конструкцій являється одним із основних напрямків лісового господарства.

В деревообробних майстернях використовуються старі верстати для обробки деревини.

Тому необхідно впроваджувати нові ефективні енергозберігаючі технології та обладнання.

Такі завдання можна виконувати впроваджуючи комплексну електромеханізацію і автоматизації виробничих процесів встановлюючи нове електротехнологічне обладнання затративши значні кошти, або проводити реконструкцію виробничих приміщень і модернізацію електротехнологічного обладнання.

Електротехнології, електромеханізація і автоматизація технологічних процесів в цілому впливає на збільшення продуктивності праці, що в значній мірі вирішить питання нехватки робітників на виробництвах обробки деревини.

Сучасне електротехнологічне обладнання вдосконалюється, модернізується, що сприяє покращенню якості готової продукції, економному використанню електричної енергії.

Застосування сучасного і модернізованого технологічного обладнання з автоматизованим електроприводом, набуло широкого використання в галузі обробки деревини. Це дозволяє знизити кількість працівників і знизити собівартість продукції, підвищити її якість.

В роботі буде розглянуте питання реконструкції деревообробної майстерні з обґрунтуванням модернізації технологічного обладнання та електроприводів.

Тому тема являється актуальною так як може бути використана при проектуванні, реконструкції і впровадженні в деревообробних майстернях з меншими капітальними затратами та розширенням і збільшенням асортименту

виробів для будівельних та ремонтних робіт а також для їх реалізації, що в значній мірі збільшить фінансові надходження.

Об'єкт дослідження –стан електроприводів в майстерні

Предмет дослідження –деревообробні верстати та електроприводи для обробки деревини.

Мета і завдання – модернізувати електроприводи електротехнологічного обладнання деревообробних верстатів, дати можливість зменшити капітальні затрати, розширити і збільшити асортимент виробів для будівельних та ремонтних робіт.

Практичне значення та інженерні рішення.

Робота може бути використана при проектуванні, реконструкції і впровадженні в деревообробних майстернях з меншими капітальними затратами та розширенням і збільшенням асортименту виробів для будівельних та ремонтних робіт а також для їх реалізації, що в значній мірі збільшить фінансові надходження.

Опубліковано дві статті в збірниках тез.

1. Добровольський Д. Р. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ МОЖЛИВАСТІ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ ЇХ ЕФЕКТИВНОГО ВИКОРИСТАННЯ. Збірник тез «НАУКОВІ ЧИТАННЯ» студентських наукових робіт 23 квітня 2025 року. Житомир: Поліський національний університет. с.65 – 67.
2. Добровольський Д. Р. МЕТОДИКИ ВИБІРУ ПОТУЖНОСТЕЙ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ КРУГЛОПИЛЬНИХ ТА СТРУГАЛЬНИХ ДЕРЕВООБРОБНИХ ВЕРСТАТІВ. Матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. «СТУДЕНСЬКІ ЧИТАННЯ - 2024» 31 жовтня 2024 року. Житомир: Поліський національний університет. с. 75- 79.

РОЗДІЛ 1

Обґрунтування варіанту схеми модернізації електроприводу технологічного обладнання в деревообробній майстерні одноповерхової вертикальної лісопильної рами

1.1. Розробка виробничих процесів обробки деревини

При заготівлі деревини повалені дерева очищають від гілок, стовбури розрізають на колоди певних розмірів, завантажують на мобільний транспорт і перевозять на склад, який знаходиться біля деревообробної майстерні.

Одним із основних процесів обробки деревини являється розпилювання колод при допомозі пилорам.

Дослідження та аналіз електротехнологічного обладнання показав, що в багатьох майстернях і цехах по обробці деревини працюють або вже не працюють старі пилорами, які можна модернізувати особливо електроприводи і самі пилорами з невеликими капітальними затратами і підвищенням їх ефективності і функціональності в роботі.

1.2. Характеристика, використання лісопильної рами Р63-4Б

В роботі буде розглянуте питання модернізації електроприводу механізму подачі пилорами Р63-4Б.

Лісопильні рами використовуються для повздовжнього розпилювання.

Розпилювання колод здійснюється зворотно - поступальним переміщенням пильної рами з кріпленням. Рух до рами здійснюється від головного валу шатуном [7].

Розпилювання колод проходить зворотно-поступальним переміщенням пильної рами з укріпленням на ній поставом (набором) пил по напрямних.

1.3. Опис роботи

Основою роботи являється рух рами з пилками в вертикальному положенні вгору і вниз.

Щоб зменшити зсув пилок передбачений ухил пильної рамки,. Безперервна подача колоди або бруса здійснюється Дві пари вальців забезпечують подачу колоди. Вальці отримують обертовий рух від мотор-редуктора через коробку швидкостей при допомозі передавального пристрою.

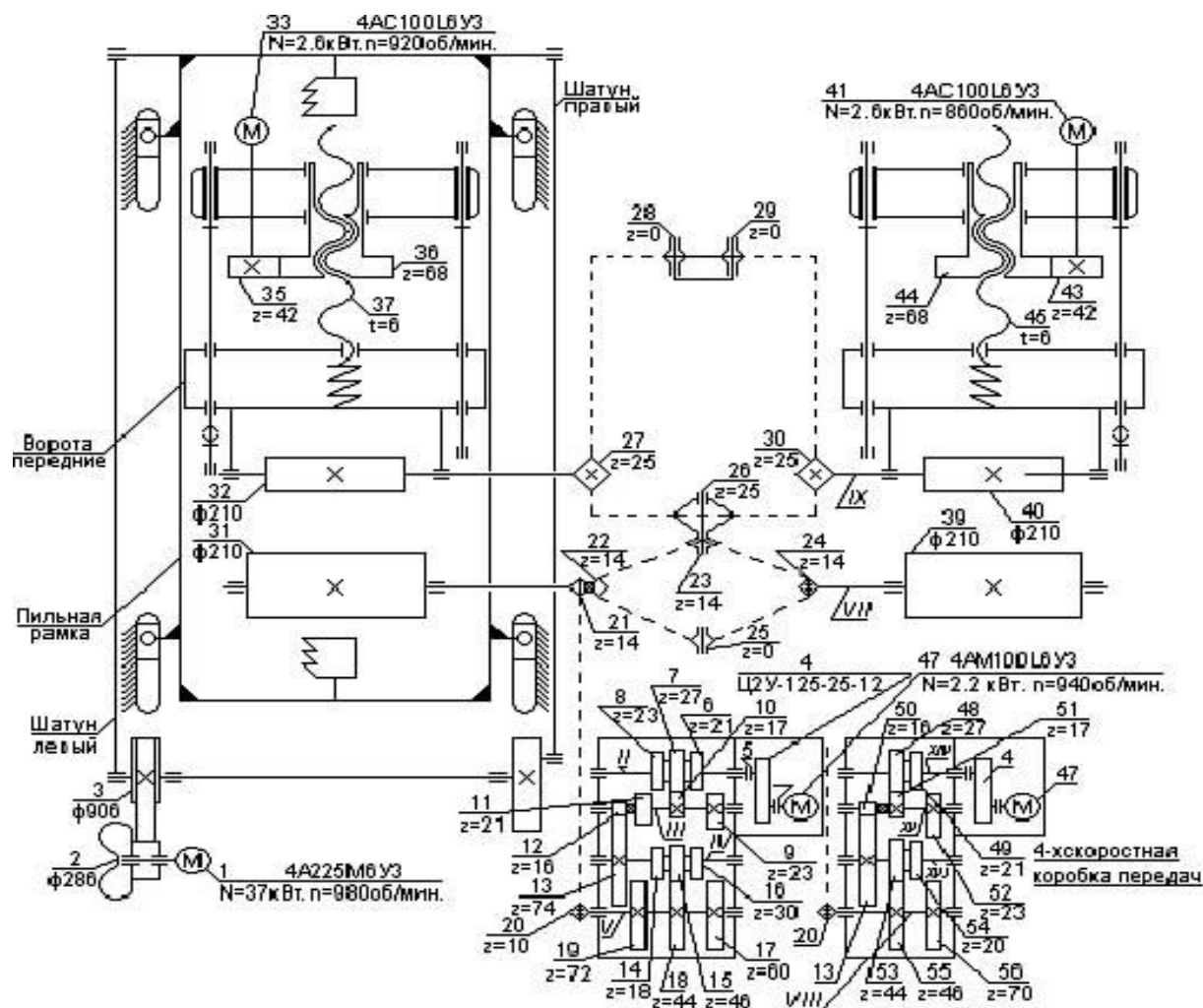


Рис. 1.1. Схема кінематична.

В верхній траверсі встановлений електромеханічний привід для переміщення воріт.

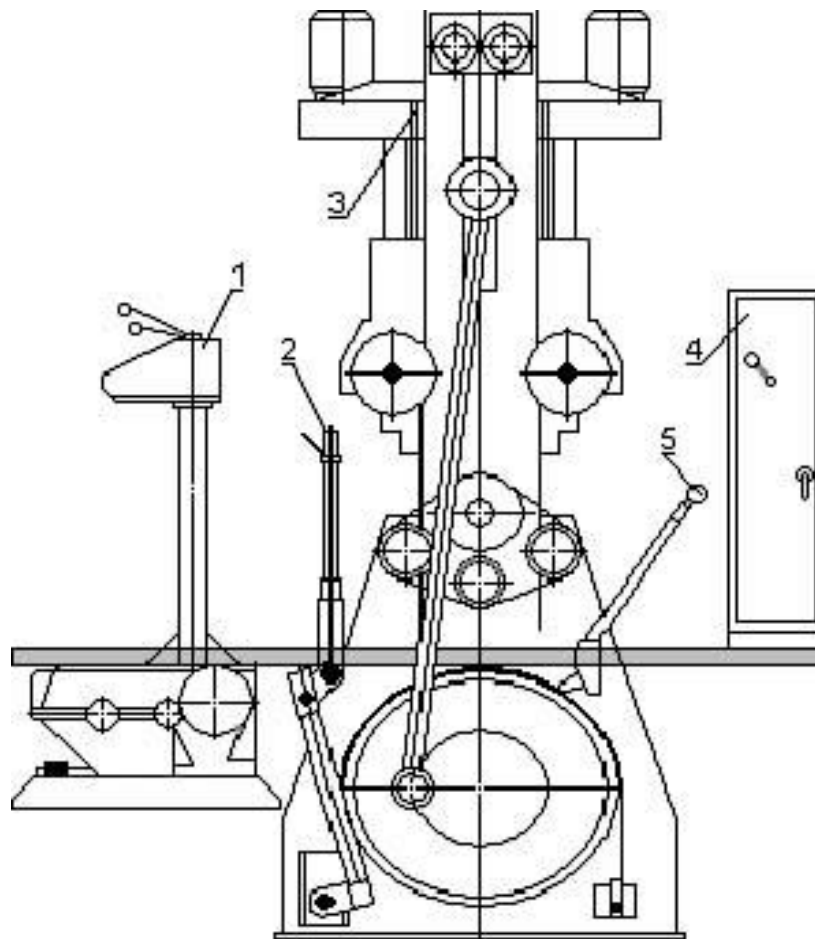


Рис. 1.2. Розміщення органів керування лісопильної рами.

Перелік органів керування лесопильною рамою Р63-4Б:

- 1 - пульт керування, 2-рукоятка тормозу, 3 - рукоятка запору воріт,
4. - відний вимикач, 5 - рукоятка буксовки.

Дві пари вальців забезпечують подачу колод. Нижні вальці приводяться в рух електроприводом з мотор редуктором, який з'єднаний з коробкою швидкостей за допомогою передачі, які в свою чергу при допомозі передачі з'єднані з верхніми вальцями [7].

1.4. Визначення характеристик пилорами.

Визначаємо середню споживана потужність електроприводу механізму подачі пилорами ($P_{\text{ср. м}}$), Вт:

$$P_{\text{ср. м}} = (P_{\text{м1}} \cdot t_1 + P_{\text{м2}} \cdot t_2 + P_{\text{м3}} \cdot t_3) / (t_1 + t_2 + t_3) \quad (1.1)$$

$$P_{\text{ср. м}} = (2200 \cdot 25 + 2100 \cdot 25 + 2000 \cdot 30) / (25 + 25 + 30) = 2094 \text{ Вт.}$$

Визначаю момент статичного опору $M_{\text{с.н.}}$:

$$M_{\text{с.н.}} = P_{\text{ср. м}} / \omega_{\text{м}}, \quad (1.2)$$

$$M_{\text{с.н.}} = 2094 / 7,3 = 286,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаємо момент опору тертя M_o в рухомих частинах електроприводу механізму подачі пилорами

$$M_o = k \cdot M_{\text{с.н.}} \quad (1.3)$$

$$M_o = 1,2 \cdot 286,8 = 344,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Механічна характеристика робочих машин описується за емпіричною формулою:

$$M_c = M_o + (M_{\text{с.н.}} - M_o) \cdot (\omega / \omega_{\text{м}})^x, \quad (1.4)$$

$$M_c = 344,2 + (286,8 - 344,2) \cdot (0,1 \cdot 7,3 / 7,3)^{1,4} = 336,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Згідно розрахунків будуємо навантажувальну діаграму електроприводу механізму подачі пилорами рис. 1.3, визначивши масштаби

$$m_p = 1 \text{ кВт/см}; m_t = 10 \text{ хв/см}$$

$$t_p = t_1 + t_2 + t_3 \quad (1.5)$$

$$t_p = 25 + 25 + 30 = 80 \text{ хв.}$$

Згідно умов $t_p > 4T$; $80 < 4 \cdot 40 = 160$ хв. За 80 хвилин електродвигун не нагрівається до установленої температури і позначається S2.

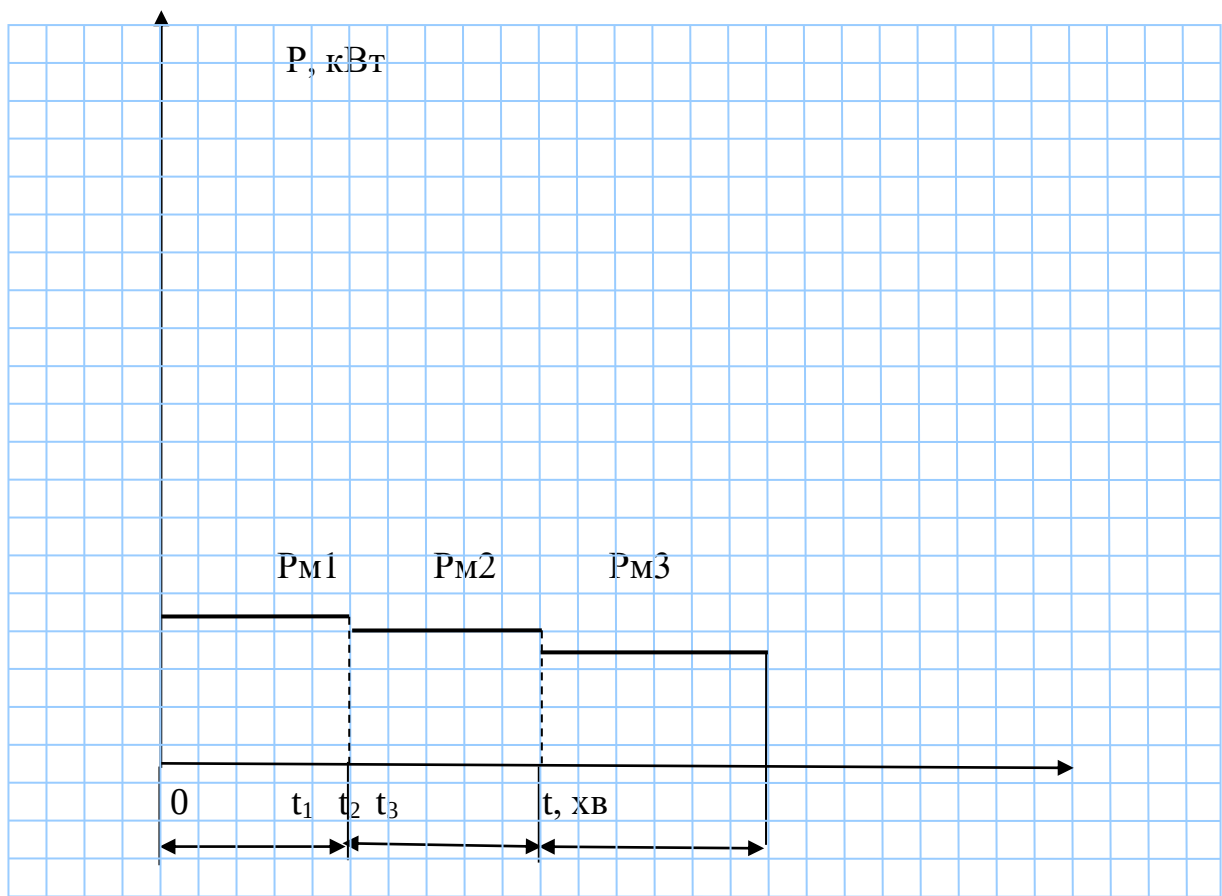


Рис. 1.3. Навантажувальна діаграма електроприводу механізму подачі пилорами.

За максимальну потужність електроприводу механізму подачі пилорами $P = 2,2$ кВт, а час нагріву $T = 35 \dots 40$ хв. [9].
З графіка рис. 1.3) і формулою (1.5) становить 80 хв.

1.5. Перевірковий розрахунок потужності двигуна

Перевірковий розрахунок електродвигунів за потужністю $P_{\text{дв}}$ проводять при модернізації електротехнологічного обладнання за умовами:

$$\text{а) } P_{\text{дв}} \geq P_{\text{е. д.}}$$

$$\text{б) } \omega_{\text{дв}} \approx \omega_{\text{м}}$$

Визначаю еквівалентні потужності пилорами і двигуна за час роботи

$$P_{\text{Е.М}} = \sqrt{\frac{P_1^2 t_1 + P_2^2 t_2 + P_3^2 t_3}{t_1 + t_2 + t_3}}, \quad (1.6)$$

$$P_{\text{Е.М}} = \sqrt{\frac{2200^2 \cdot 25 + 2100^2 \cdot 25 + 2000^2 \cdot 30}{25 + 25 + 30}} = 2100 \text{ Вт}$$

Еквівалентна потужність електродвигуна на валу

$$P_{\text{Е. д}} = P_{\text{Е. М}} / \eta_{\text{п}}, \quad (1.7)$$

де $\eta_{\text{п}}$ – к. к. д. передачі (при з'єднанні муфти $\eta_{\text{п}} = 1$)

$$P_{\text{Е}} = 2100 / 0,95 = 2200 \text{ Вт.}$$

За каталогом вибираю електродвигун типу 4АМС100.6 з даними :

$P_{\text{Н}} = 2,2 \text{ кВт.}$, $I_{\text{Н}} = 5,65 \text{ А}$, $K_{\text{і}} = 5,5$, $n_{\text{Н}} = 950 \text{ об/хв.}$, $(\omega_{\text{Н}} = 99,4 \text{ с}^{-1})$, к.к.д. = 81%;
 $\cos \varphi_{\text{ном}} = 0,73$; $K_{\text{min.}} = 1,6$; $K_{\text{max.}} = 2,2$; $U_{\text{Н}} = 380 \text{ В}$ [1].

1.6. Розробка принципової електричної схеми.

Розроблена електрична схема представлена в додатку А. Управління здійснюється кнопковими постами, які встановлені на панелі управління [11].

Кнопка SB2 включає реле КА1, що вмикає Н1 і КТ1, яке через 10 с ввімкне КА2, при цьому вимкне реле КТ1 і сигнал, ввімкнувши електромагнітний пускач КМ1, який подає напругу на М1 механізму різання.

Оператор регулює величину підйому воріт в залежності від діаметру колоди при допомозі кнопок SB4 (SB5) вмикаючи двигуни М2 або М3 воріт.

Кнопка SB9 вмикає КМ4.1, який подає напругу на електродвигун М4 механізму подачі при цьому здійснюється подача колоди вперед.

Кнопка SB8 служить при необхідності повернення колоди і зупинки подачі, а кнопка SB10 вмикає пускач КМ4.2 і механізм подачі обертає колоду.

Кнопка SB1 відключає лісопилну раму. Для швидкої зупинки лісопилної рами використовується гальмом, механізм натискає на кінцевий вимикач SQ2, який вимикає лісопилну раму.

1.7. Вибір апаратів схеми

Для вмикання, вимикання електричної схеми та захисту від перевантаження та короткого замикання виконую автоматичного вимикача згідно виміг:

$$U_{a.ном} > U_{мер.ном} ; I_{a.нои} > I_{дв.ном} ; I_{т.ном} > I_{дв.ном}; I_{e.ном} \geq I_{дв.ном} K_i$$

Згідно розробленої принципової схеми автоматичний вимикач QF1 захищає від струмів короткого замикання і перевантаження всі електродвигунів, тому вибір виконуємо за слідуючими умовами:

$$I_{a.ном} \geq \sum_1^n I_{дв.ном}; I_{e.ном} \geq \sum_1^n I_{дв.ном};$$

$$I_{y.e} \leq I_{спр. к.}$$

Відповідно умов вибираю автоматичний вимикач АЗ7

Розраховую струм двигунів

$$I_{заг.} = 1,25 (I_{M1} + I_{M2} + I_{M3} + I_{M4}) \quad (1.11)$$

$$I_{\text{заг.}} = 1,25 (74 + 6,9 + 6,9 + 5,65) = 117 \text{ А.}$$

Відповідно вибираю вимикач А37112Б з розчіплювачем на 160 А.

Інші апарати схеми розраховую, вибираю і звожу в таблицю переліку вибраних апаратів та їх характеристики в додаток А, користуючись довідником для вибору апаратів [1] і методикою для проектування та розрахунків апаратів електричних схем [5].

Висновки до першого розділу.

Проведено дослідження та аналіз характеристик виробничих процесів обробки деревини та технологічного обладнання. Одним із основних процесів являється розпилювання колод. Проведено вибір лісопильної рами, опис роботи кінематичної схеми, виконано розрахунок механічної характеристики пилорами, проведено перевірковий розрахунок потужності і вибір електродвигуна,

Виконана принципової електричної схеми та опис її роботи вибрані апарати схеми.

РОЗДІЛ 2

Обґрунтування варіанту модернізації електроприводу стрічкوپильної пилорамив деревообробній майстерні

2.1. Характеристика технологічного обладнання та виробничих процесів обробки деревини

В деревообробних майстернях з метою зменшення енергетичних затрат доцільно модернізувати стрічкову пилораму для розрізання колод діаметром до 300 мм довжиною від 1 до 6 м.

Виготовлення заготовок на стрічковій пилорамі дає можливість покращення її ефективності та продуктивності роботи за рахунок розпилювання колод не великої довжини а також за рахунок швидкої зміни та налагодження товщини заготовки для випилювання.

2.2. Вибір горизонтальної стрічкової пилорами

Розглянемо приклад використання пилорами типу ПЛП-10 для модернізації яка застосовується для повздовжнього розпилювання колод на бруски і дошки.

Основними частинами пилорами являються рама і каретка.

На рамі кладеться і закріплюється колода, а також рухома каретка з пильним механізмом. Основа конструкції рами зварена з металевого швелера і дві направляючі для коліс каретки.

Крім того поперек рами встановлено сім опорних столиків, два кутових упори і чотири втулки для установки анкерних болтів.

Для не допуску сходу каретки з рами передбачені два упори.

Установка рами і її регулювання відносно горизонтальної площини проводиться при допомозі десяти регульованих опор. Два ексцентрикових зажими розміщені на рамі таким чином, щоб забезпечити фіксацію заготовки довжиною від 1,0 до 6,0 метрів.

Таблиця 2.1. Основні технічні характеристики пилорами.

Найменування	Одиниці виміру	Значення показників
1. Найбільші розміри колоди,:		
- по висоті	мм	до 500
- по ширині	мм	до 400
- по довжині	мм	до 6000
2. Число пильних стрічок	шт	1
3. Довжина пильної стрічки	мм	4030
4. Діаметр пильного барабана	мм	475
5. Частота обертання пильного барабана найбільша	об/хв	1100
6. Потужність електродвигуна пильного барабана	кВт	10
7. Потужність електродвигуна механізму підйому	кВт	0,55
8. Зусилля на тяжіння пильної стрічки, розрахункове	кг	355
9. Габаритні розміри пилорами, не більше:		
- довжина	мм	8000
- ширина	мм	2000
- висота	мм	2240
10. Маса пилорами	кг	1100

2.3. Перевірковий розрахунок потужності та вибір головного електродвигуна.

Проводжу розрахунок та вибір електродвигунів виходячи із умов вибору та технології різання.

За потужністю (нагріву) вибирається електродвигун за умовою, що номінальна потужність вибраного електродвигуна $P_{\text{ном.}}$ повинна бути більшою або рівною розрахункової потужності $P_{\text{роз.}}$. Тобто

$$P_{\text{н. дв.}} \geq P_{\text{роз.}}$$

Враховуючи потужність на валу робочої машини і навантаження незмінне то двигун вибирають за умовою

$$P_{\text{н. дв.}} \geq \frac{P_M}{\eta_{\text{п}}},$$

де η_{Π} – к. к. д. передачі.

Швидкість різання визначаю за формулою

$$v = \pi D n / 1000 \times 60, \quad (2.1)$$

де $D = 475$ мм; $n = 1100$ об / хв.).

$$v = 3,14 \times 475 \times 1100 / 1000 \times 60 = 28 \text{ м / сек.}$$

Розраховую зусилля подачі на один зуб

$$u_z = u t 1000 / \pi D n \quad (2.2.)$$

де $u = 30$ м / хв. t – крок зубців, мм, ($t = 50$ мм).

$$u_z = 30 \times 50 \times 1000 / 3,14 \times 475 \times 1100 = 0,91 \text{ мм.}$$

Визначаю зусилля різання

$$F = K b H u / 60 v, \quad (2.3)$$

де $K = 4,5$ Н · м / см²); $b = 2,2$ мм); $H = 500$ мм).

$$F = 4,5 \times 2,2 \times 20030 / 60 \times 28 = 35 \text{ Н · м}$$

Розраховую потужність різання

$$P_{\text{різ}} = F v / 102. \quad (2.4)$$

$$P_{\text{різ}} = 35 \times 28 / 102 = 9,6 \text{ кВт.}$$

Розраховую потужність електродвигуна

$$P_{\text{роз.}} = P_{\text{різ}} / \eta, \quad (2.5)$$

де η – к. к. д. передачі, ($\eta = 0,92$)

$$P_{роз.} = 9,6 / 0,92 = 10,4 \text{ кВт.}$$

Потрібно установити електродвигун більшої потужності.[3]

На стрічкову пилораму встановлюємо електродвигун М1 АИР132М4У3, з технічними характеристиками:

$$P_n = 11 \text{ кВт; } I_n = 22, \text{ А; } n_n = 1450 \text{ об/хв; } K_i = 7,5.$$

Електродвигун М2 встановлюємо відповідно типу і потужності з наступними технічними характеристиками: тип АИР71А4У3,

$$P_n = 0,55 \text{ кВт; } I_n = 1,69, \text{ А; } n_n = 1360 \text{ об/хв; } K_i = 5. [1]$$

Розроблена принципова схема наводиться в додатку Б.

2.4. Вибір апаратів схеми.

В схемі пилорами автоматичний вимикач захищає всі електродвигуни від аварійних режимів роботи, тому при його вибрати враховуючи методики вибору та відповідні вимоги та які наведені в першому розділі.

Визначаю суму робочих струм двигунів

$$I_{заг.} = I_{н.д.1} + I_{н.д.2} \quad (2.6)$$

$$I_{заг.} = 22 + 1,69 = 23,7 \text{ А.}$$

За каталогом вибираю вимикач ДВ2006 з тепловим розчіплювачем на 25 А.

Проводжу перевірку спрацювання електромагнітного розчіплювача

$$I_{у.е} = 1,35 [22 \times 7,5 + 1,69] = 225 \text{ А.}$$

Визначаю каталожне значення спрацювання електромагнітного розчіплювача

$$I_{спр. к.} = 10 I_{н. тр} \quad (2.7)$$

$$I_{спр. к.} = 10 \times 25 = 250 \text{ А.}$$

Розрахунки підтверджують правильність вибору автомату

$$I_{у.е} \leq I_{спр. к.}; 225 \leq 250 \text{ А.}$$

Для керування електродвигуном в реверсивному режимі роботи вибираю реверсивний пускач ПМЛ -160004 відповідно умови

$$I_{H.п.} \geq K_i \cdot I_H / 6 ,$$

де $I_{H.п.}$ – номінальний струм пускача;

K_i – кратність пускового струму ($K_i = 5$) ;

I_H – струм електродвигуна, ($I_H = 1,69$ А).

$$I_{H.п.} \geq 5 \cdot 1,69 / 6 = 1,4 \text{ А}$$

з тепловим реле РТЛ – 100704 з І д. р. = 1,5...2,6 А.

Інші апарати схеми вибираю згідно методик і характеристик користуючись [1, 5] і зwoжу в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2. Перелік вибраних апаратів

Поз поз- начення.	Найменування	Кіл.	Примітка
НЛ.	Арматура сигнальна типу АС220	1	U = 220 В
КК1	Тепловим реле РТЛ – 102204	1	Ід.р.=18...25А.
КК2	Теплове реле РТЛ – 100704	1	І д. р. = 1,5...2,6 А.
КМ1.1,	Електромагнітний пускач ПМЛ - 320004 з приставкою ПКЛ	1	U _{кот} = 220 В
КМ2А1, КМ2В1	Електромагнітний пускач ПМЛ – 160004	1	U _{кот} = 220 В
М1	Електродвигун АИР132М4У3	1	P _н =11 кВт; I _н = 22, А
М2	Електродвигун АИР71А4У3	1	P _н =0,55 кВт; I _н =1,69
QF1	Автоматичний вимикач ДВ-2006	1	I _н = 25 А.
SB1, SB4	Кнопки керування ХВ2-ВА42	1	Червона
SB2... SB3	Кнопки керування ХВ2-ВА21	3	Чорна
SQ1 – SQ3	Кінцевий вимикач типу ME8112.	3	1з, 1р

Висновки до другого розділу.

Проаналізовані характеристика технологічного обладнання та виробничих процесів обробки деревини, проведено вибір горизонтальної стрічкової пилорами, виконано перевірковий розрахунок потужності та вибір головного двигуна. Розроблена функціонально – технологічна схеми.

Розроблена принципової електричної схеми та опис її роботи. Проведено розрахунок та вибір апаратів схеми.

РОЗДІЛ 3

Обґрунтування варіанту модернізації електроприводу верстата для фрезерування та різання деревини

3.1. Характеристика виробничих процесів обробки деревини на технологічному обладнанні.

Розрізняють два основних способи механічної обробки деревини різанням:

- різання зі зняттям стружки, пиленням, стругання, фрезерування, сверління, довбання, лущення і шліфування ;
- різання без зняття стружки.

Різнання проходить в результаті входження в деревину клиновидного тіла різця.

Розрізняють слідуючі три основні способи різання: поздовжнє, торцове, поперечне. Поздовжнє різання проходить при русі різця вздовж волокон паралельно їх довжині, а різця – перпендикулярно волокнам. Поздовжнє різання позначається знаком II.

Торцове різання проходить при русі різця в напрямку перпендикулярному до волокон деревини , торцове різання позначається значком I

Поперечне різання проходить при русі ріжучої кромки в площині волокон перпендикулярно їх напрямку, ріжуча кромка при цьому паралельно направлена до волокон, поперечне різання позначається значком III [3].

Обрізування волокон деревини проходить під кутом, називається кутом перерізування волокон.

Круглопилльні верстати використовуються для поздовжнього розпилювання.

3.2. Вибір деревообробного верстата.

Для повздовжнього різання дощок товщиною до 40 мм на планки вибираю повздовжнє різання.

Проаналізувавши всі види верстатів, на яких здійснюється обробка деревини в майстернях, вибираю фрезерний верстат СФ4-4 який будемо

модернізувати для розширення його функцій. Після модернізації верстат буде застосовуватися не тільки для виконання фрезерних робіт але і для випилювання планок із дощок товщиною до 40мм.

Пильний механізм буде складатися з двох частин, одна з яких рухома і може переміщатися у своєму напрямку. На нерухомій частині встановлені три пилки, а на рухомій – дві. При фрезерних роботах пилки міняються на фрези.

Дві групи цих пилок встановлені з постійним інтервалом між ними що досягається застосуванням проміжних шайб відповідної товщини. Втулка з двома пилками повертається на шарикових підшипниках в супорті, разом з яким її можна пересунути ручкою, встановлюючи пилки на ширину відпилу. Заготовка подається п'ятьма рифленими вальцями, які приводяться в дію від електродвигуна черезпасову і ланцюгову передачі [3].

Верстат має таку технічну характеристику, дані якої записані в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1. Технічна характеристика модернізованого верстата СФ4-4

Назва показника	Величина
Розміри заготовки в мм	
Товщина	10 – 40
Ширина	до 500
Довжина	від 500
Потужність електродвигуна в кВт	
Пильного валу	10
<u>Габаритні розміри в мм</u>	
Довжина (з електродвигуном)	2230
Ширина	1340
Висота	1100
Вага станка в кг	1370

3.3. Перевірковий розрахунок потужності електродвигуна.

Щоб вибрати електродвигун для даного технологічного обладнання, визначаю розрахункову потужність двигуна згідно даних з таблиці за формулами.

Знаходжу швидкість різання:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000 \cdot 60}, \quad (3.1)$$

де D – діаметр пилки;

n – число обертів;

$$v = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 4500}{1000 \cdot 60} = 70,6 \text{ м/с}$$

Величина подачі на один зуб пилки:

$$u_z = \frac{u \cdot 1000}{n \cdot z} \quad (3.2)$$

де u – швидкість, $u=43 \text{ м/с}$..;

z – число зубів, 64шт.;

$$u_z = \frac{43 \cdot 1000}{4500 \cdot 64} = 0,15 \text{ мм}$$

Середня товщина

$$h_{cp} = \frac{u_z \cdot H}{l} \quad (3.3)$$

де L – довжина, 97мм;

$$h_{cp} = \frac{0,15 \cdot 40}{97} = 0,06 \text{ мм}$$

Знаходжу питому роботу різання за формулою:

$$K = K_T \times a_3 \quad (3.4)$$

$$K = 8,8 \times 1,7 = 14,96 \text{ кг} \times \text{м/см}^3$$

Середня дотична сила різання дорівнює:

$$F = \frac{k \cdot b \cdot H \cdot u}{60v} \quad (3.5)$$

$$F = \frac{14,96 \cdot 3,6 \cdot 40 \cdot 43}{60 \cdot 70,65} = \frac{92632,3}{4239} = 21,9 \text{ кз}$$

Потужність різання буде:

$$P = \frac{F \cdot v}{102} \quad (3.6)$$

$$P = \frac{21,9 \cdot 70,65}{102} = 15,2 \text{ кВт}$$

Потужність приводу $P_{пр}$ електродвигуна визначаю за формулою:

$$P_{пр} = \frac{P}{\eta} \quad (3.7)$$

$$P_{пр} = \frac{15,2}{0,94} = 16,2 \text{ кВт}$$

Вибираю і встановлюю на верстат асинхронний двигун з короткозамкненим ротором марки АІР160М2 з номінальною потужністю 18,5 кВт з технічною характеристикою [3]:

$n_n =$ 2910 об/хв

$I_n =$ 34,5А

$\eta =$ 90,5%

$\cos =$ 0,9

$M_{пуск} =$ 2,0

$M_{мін.} =$ 1,8

$M_{макс.} =$ 2,7

$I_{пуск.} =$ 7,0

Момент інерції = 39 кг · м³

Маса = 100 кг

3.4. Розробка функціонально – технологічної схеми.

Модернізований верстат буде застосовуватися не тільки для виконання фрезерних робіт але і для випилювання планок із дощок товщиною до 40 мм.

Перед початком роботи потрібно налаштувати пильний механізм - виставити на відповідні відстані круглі пилки. Дві групи цих пилок встановлені з постійним інтервалом між ними що досягається застосуванням проміжних шайб складаючої товщини. Втулка з двома пилками повертається на шарикових підшипниках в супорті, разом з яким її можна пересунути ручкою, встановлюючи пилки на ширину відпилу [3, 9].

При вмиканні верстата починають обертатися пилки і вальці. На робочу поверхню столу верстату кладеться дошка і підводиться до рифлених вальців, які захватують, подають і фіксують дошку в процесі різання. Після різання отримуємо з дошки планки відповідного розміру згідно виставлених пилок.

При зупинці електроприводу верстата необхідно передбачити швидку зупинку рухомих частин, що в значній мірі зменшить травматизм.

3.5. Розробка принципової схеми.

На основі вибраної технології і технологічного обладнання розробляю і описую роботу принципової електричної схеми керування електроприводом.

Розроблена схема надається в додатку В.

Для пуску електродвигуна з початку вмикають автоматичний вимикач QF.

При цьому засвічується сигнальна лампа HL, яка сигналізує про подачу напруги на схему шафи керування.

Керування модернізованим верстатом за допомогою кнопок «Пуск» SB2 і «Стоп» SB1. Для швидкої зупинки верстата буде модернізуватися електрична схема, буде використовуватися гальмування противмиканням. При вмиканні електродвигуна, контакти реле контролю швидкості BR готують коло котушки магнітного пускача KM2 до вмикання.

Це дає можливість значно зменшити час на заміну фрез або налаштування пилок [3, 6].

3.6. Обґрунтування вибору апаратів схеми.

У сільському господарстві, як і в промисловості, використовуються для керування автоматичні вимикачі марки АЕ20, АЕ20М, АП50Б, А37, ВА51; запобіжники типу ПРС, ПМ2, ПМН, ПР; магнітні пускачі різних величин ПМА, ПМЛ і вони комплектуються з тепловим реле РТЛ [3].

Вибираю величину магнітного пускача виходячи з умови:

$$I_{\text{ном}_\Pi} = \frac{K_i \cdot I_n}{6}, \quad (3.8)$$

де $I_{\text{ном}}$ – струм, на який розрахований магнітний пускач, А;

K_i – кратність пускового струму;

I_n – номінальний струм електродвигуна, А;

$$I_{\text{ном}_\Pi} = \frac{7 \cdot 34,5}{6} = 40,25 \text{ А}$$

За літературою [1] вибираю: магнітний пускач ПМЗ-50 з теплове реле РТ-3355 з діапазоном регулювання 30 – 40 А, кнопки керування ХВ2-ВА, сигнальну світлодіодну арматуру АД16, реле контролю швидкості.

Для захисту кіл керування від струмів короткого замикання вибираю запобіжник ПРС-6УЗ з плавкою вставкою на 2 А.

При виборі автоматичного вимикача потрібно виходити з умови $I_{\text{ном}}$. розщиплювача повинно бути більше $I_{\text{роб}}$.

$$I_{\text{ном}} > I_{\text{роб}};$$

$$I_{\text{ном}} > 34,5 \text{ А}$$

Вибираю диференціальний автоматичний вимикач типу АД14 4Р 40А 30 мА з номінальним струмом розщеплювача 40 А і номінальним диференціальним струмом відключення. 30 мА [1].

Вибрані апаратів схеми зводжу в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2.Перелік апаратів схеми

Поз. поз- начення	Найменування	Кіл.	Примітка
BR	Реле контролю швидкості	1	
FU	Запобіжник ПРС-6УЗ	1	Івст = 2 А
HL	Сигнальна світлодіодна арматура АД16	1	молочна
KK	Реле теплове РТ-3355	1	Ір 30...40А
KM1, KM2	Електромагнітний пускач ПМ3-50	2	U = 380 В
M	Електродвигун АИР160М	1	Рн =18,5кВ
QF	Диференціальний автоматичний вимикач типу АД14 4Р 40А 30 мА	1	Іроз = 40 А
SB1	Кнопка керування ХВ2-ВА42,		червона
SB2	Кнопка керування ХВ2-ВА21,	2	чорна

Висновки до третього розділу.

Провів аналіз типових технологічних процесів.

Провів аналіз технологічних процесів даного об'єкта проектування.

Розробив функціонально-технологічну, принципову схеми для модернізованого верстата, склав перелік елементів схеми.

В додатках В роботи на першому рисунку зображено загальний вигляд модернізованого верстат СФ4-4, на другому рисунку приведено принципова схема керування модернізованим верстатом СФ4-4.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведено дослідження та аналіз роботи, виробничих процесів та стан електротехнологічного обладнання в деревообробних майстернях. Виявлено, що вони потребують реконструкції а електротехнологічне обладнання модернізації електроприводів і механічної частини верстатів або встановлення нового обладнання. Аналіз показує, що при модернізації технологічного будемо мати значно менші капітальні затрати.

В першому розділі було проведено дослідження та аналіз процесів розпилювання колод. Вибрана вертикальна лісопильна одноповерхова рама моделі Р63-4Б. Описана робота кінематичної схеми, проведено розрахунок механічної характеристики пилорами, визначено режим роботи електродвигуна, проведено перевірковий розрахунок потужності і вибір електродвигуна, визначені повна, активна і реактивна потужності, споживаних електродвигуном з електричної мережі.

Розроблена принципова електрична схема та опис її роботи проведено вибір апаратів керування і захисту.

В другому розділі проведено вибір горизонтальної стрічкової пилорами, головного електродвигуна. Розроблена функціонально – технологічна, принципова електрична схеми та опис їх роботи. Проведенно розрахунок та вибір апаратів схеми.

В третьому розділі проведено аналіз типових технологічних процесів по виготовленню заготовок використовуючи три основні способи різання: поздовжнє, торцове, поперечне. Для модернізації вибраний верстат СФ4-4.

Розроблено функціонально-технологічну, принципову схеми для модернізованого верстата, складено перелік апаратів схеми.

В додатках В роботи на першому рисунку зображено загальний вигляд модернізованого верстат СФ4-4, на другому рисунку приведено принципова схема керування модернізованим верстатом СФ4-4.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Довідникова книга з електроенергетики: навчальний посібник /П. В. Волох, Ревенко Л. В., В. А. Прядко, П. Г. Самойленко, Л. С. Червінський та ін. –К. : Аграрна освіта. 2014. – 506 с.
2. Довідник по комплексній електромеханізації і автоматизації с. – г. виробництва. Під редакцією Прядко В. А., Яремчук Л. М. 2011.
3. Жулай Є. Л. Електропривід сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній. К. Вища освіта, 2001.
4. Прядко В. А., Яремчук Л. М. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. Курсове і дипломне проектування. Ж. 2010.
5. Прядко В. А., Яремчук Л. М. Довідник – посібник. Проектування електричних схем. Курсове і дипломне проектування. Ж. 2011.
6. Прядко В. А. Яремчук Л. М. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. Курсове і дипломне проектування. Ж. 2011.
7. Логвінов Г. С., Прядко В. А., Яремчук Л. М. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. – Ж., 2013.
8. Прядко В. А. Яремчук Л. М. Автоматизація електроприводу с. – г. машин. Ж. 2011 р.
9. Методичні рекомендації для виконання курсових проектів з дисципліни «Електропривод с.-г. машин» Кашенко П. С. НМЦ. 2002.
10. Прядко В. А. Яремчук Л. М. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. Курсове і дипломне проектування. Ж. 2011.
11. Прядко В. А., Яремчук Л. М. Довідник – посібник . Проектування електричних схем. Курсове і дипломне проектування. Ж. 2011.

ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

12. Бібліотечно-інформаційний ресурс (книжковий фонд, періодика, фонди на електронних носіях тощо) бібліотеки Поліського національного університету, Житомирської обласної універсальної наукової бібліотеки ім.

Олега Ольжича ([Шп://\уу^/AiB.mX.ua/](http://lib.mh.ua/), 10014, м. Житомир, Новий бульвар, (0412) 37-84-33) та інших бібліотек (на розсуд викладача).

13. Інституційний репозитарій Поліського національного університету (наукові статті, автореферати дисертацій та дисертації, навчальні матеріали, студентські роботи, матеріали конференцій, патенти, комп'ютерні програми, тощо.

ДОДАТКИ

Технічна документація пилорами Р63-4Б після модернізації



Рис. 1. Загальний вигляд пилорами Р63-4Б

Характеристика, будова та використання лісопильної рами Р63-Б

Рама складається з станини збірно-звареної конструкції, що включає боковини коробчатого перетину, верхні і нижні горизонтальні з'єднання і підрамник. На станині монтуються всі вузли і механізми лісопильної рами.

Рух до пильної рами передається від головного валу шатуном. Подача колоди здійснюється системою потужних литих рифлених роликів (рябук) зі швидкістю до 6,5 м / хв, що забезпечує високу продуктивність рами.

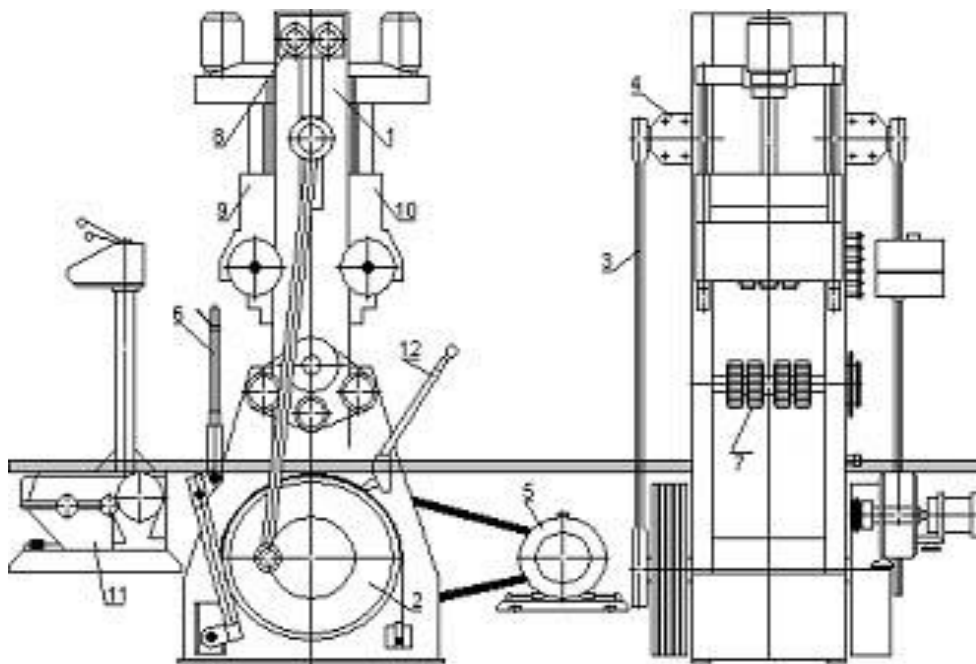


Рис. 2. Розташування складових частин лісопильної рами Р63-4Б

Перелік складових частин лісопильної рами Р63-4Б:

1. Станина - Р63-4Б.01.000, 2. Вал корінний - Р63-4Б.02.000, 3. Шатун - Р63-4Б.03.000, 4. Рамка пиляльна - Р63-4Б.05.000, 5. Привід головний - Р63-4Б.07.000, 6. Гальмо - Р63-4Б.08.000, 7. Вальці нижні - 23.05.000, 8. Привід верхніх вальців - 23.11.000, 9. Ворота передні - 23.03.000, 10. Ворота задні - 23.04.000, 11. Механізм подачі - Р63-4Б.16.000, Р63-4Б.17.000, 12. буксовке - 20.14.000, 13. Електрообладнання - Р63-4Б.80.000, 14. Огорожа лесорами, 23.10.000, 15. Підвіска 23.19.000.

Схема електрична принципова керування пилорамною Р63-4Б

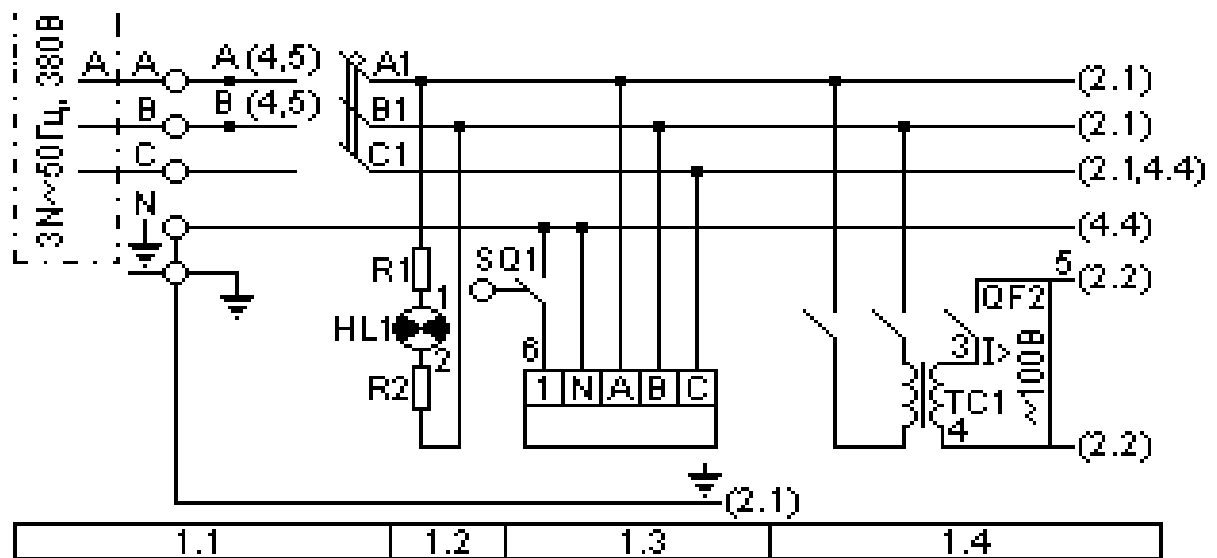


Рис. 2. Схема електрична принципова. Зона 1.

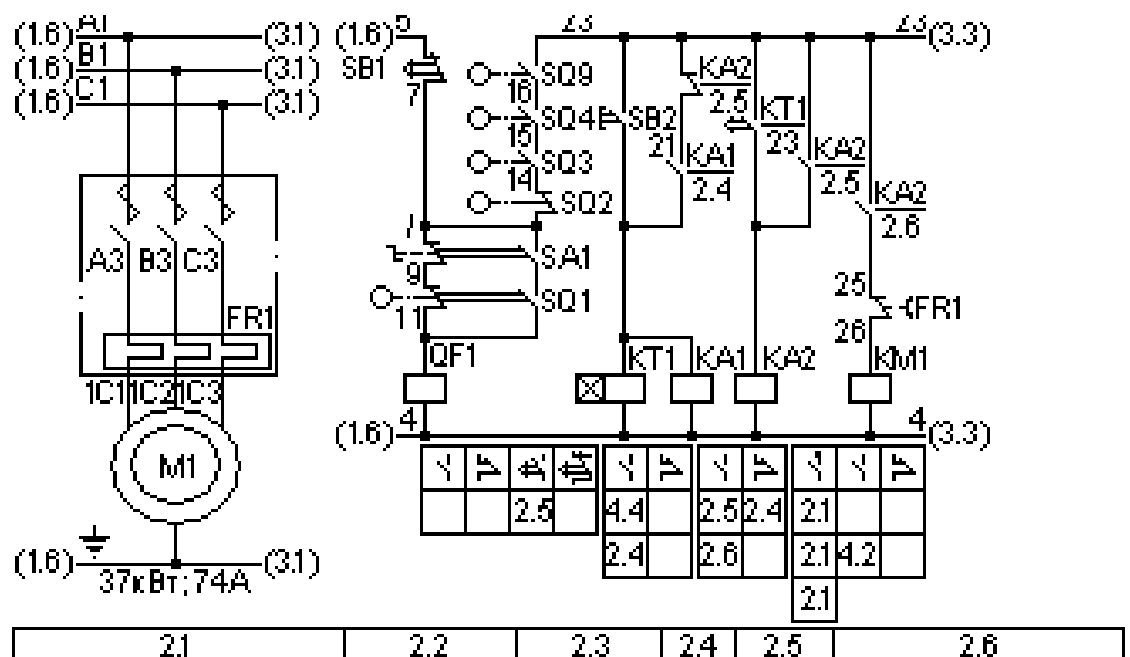


Рис. 3. Схема електрична принципова. Зона 2.

Таблиця 1. Перелік апаратів електричної схеми пилорами Р63-4Б

Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
EL1	Лампа МО24-40 ТУ16-87 (ИЖУЦ8753116.001ТУ) Патрон Е27ФиП-01 ГОСТ 2746.1-88	1 1	
FR1	Реле РТГ ТУ 16-647.065-87.	1	В комплекті КМ1
FR2	Реле електротеплове РТЛ-101204 Ін=5,65А., ТУ 16-523. 549.82	1	
FU1	Запобіжник різьбовий ПРС-6-П з плавкою вставкою ПВД-1, ТУ 16-522.113-75	1	
Н1	Сирена сигнальна СС-1, 50Гц., 220В, ТУ 25- 05-1044-76 Світофор СС-56, 220В., 15Вт., жовтий, ТУ 16-535.591-80 Лампа В230-240-15 ГОСТ 2239-79	1 1 1	
HL1	Арматура АМЕ3252212, 380В, ГОСТ 15150- 69.	1	
HL2	Пристрій світосигнальний УПС-2, 380В., 50 Гц.	1	
КА1...КА4	Реле проміжне РПЛ-12204, 110 В, ТУ У 3.11- 05814256-098-97.	4	
КМ1	Пускач ПМА-5200, 110 В., Ір-80 А, Іуст=89,6 А, ТУ 16-644.005-84	1	
КМ2, КМ3	Пускач ПМЛ-150104, 110В, ТУ 16-644.001- 83	2	
КМ4	Пускач ПМЛ-150104, 110В, ТУ 16-644.001- 83 Приставка ПКЛ-2204, ТУ 16-89 ИГФР.644236.033 ТУ	1 1	
КТ1	Реле часу пневматичне РВП72-3221-00, 110В., 50Гц, ТУ 16-90 ИГЛТ.647452.004	1	Час від.=10с.
М1	Двигун 4А225М6 37 кВт., 380В., 50Гц., 980об/мин., ІМ1081, ТУ 16-535,571-84	1	
М2, М3	Двигун 4АМС100L6 2,6кВт, 380В., 50Гц., 940об/мин., ІМ1081, ТУ 16-525,564-84	2	
М4	Двигун 4АМС100.6 2,2кВт, 380В., 50Гц., 950об/мин., ІМ1081, ТУ 16-525,564-84	1	
QF1	Вимикач АЗ712Б, 380В., 50Гц., 160А, відсічка 1000А, незалежний розчіплювач 440 В., 50 Гц змінного струму, ТУ 16-522,028-74	1	

	Продовження таблиці 1.		
QF2	Вимикач АЕ2023-100, 380В., 50-60Гц., відсічка 12 Іном., ТУ 16-522,148-80	1	
QM1	Вимикач АЕ2043-200, 380В., 50-60Гц., 16А, отсечка 12 Іном. ТУ 16-522,148-80	1	
QM2	Вимикач АЕ2023-100, 380В., 50-60Гц., 8А, отсечка 12 Іном., ТУ 16-522,148-80	1	
R1, R2	Резистор ПЭ-210 ТУ, ОЖО 467.574 ТУ	2	В комплекті HL1
SA1	Перемикач ПЕ-011, исп.2, ТУ 16-642,106-84	1	
SB1, SB2	Пост кнопочний ПКЕ-122-1, ТУ 16-642,006-83	2	
SB4, SB5	Пост кнопочний ПКЕ-122-2, ТУ 16-642,006-83	2	
SB6, SB7	Пост кнопочный ПКЕ-122-3, ТУ 16-642,006-83	2	
SB8, SB9	Пост кнопочный ПКЕ-122-3, ТУ 16-642,006-83	2	
SB10	Пост кнопочный ПКЕ-122-3, ТУ 16-642,006-83	1	
SQ1	Вимикач шляховий ВП19-21Б311-00.12, ТУ 16-526.516-83	1	
SQ2, SQ3	Вимикач ВП16 Е23Б231-55.3, ТУ У3.12- 00216875-019-96	2	
SQ4, SQ5	Вимикач ВП16 Е23Б231-55.3, ТУ У3.12- 00216875-019-96	2	
SQ6, SQ7	Вимикач ВП16 Е23Б231-55.3, ТУ У3.12- 00216875-019-96	2	
SQ8, SQ9	Вимикач ВП16 Е23Б231-55.3, ТУ У3.12- 00216875-019-96	2	
ТС1	Трансформатор ОСМ1-0,4 380/110-5, ТУ ИАЯК 671111.065 ТУ	1	
TV1	Трансформатор розподільний ОСЗР-0,063- 83, 380/24В, 50Гц., ТУ16-92 ИВАК.674 822.052 ТУ	1	



Рис. 1. Загальний вигляд модернізованої стрічкової пилорами ПЛП-10

Розробка функціонально – технологічної схеми.

Каретка пилорами призначена для виконання основних технологічних операцій при розпилюванні лісоматеріалів. На каретці змонтовані вузли пильного механізму, який переміщається повздовж розпилюваної заготовки.

Каркас каретки зварений із сталюого прокату і встановлений на чотирьох колесах, які котяться по направляючих рами. По двох вертикальних циліндричних направляючих переміщається пильний механізм, до складу якого входять коробчата балка на торцях якої змонтовані рухома і нерухома ступеці з пильними барабанами. Нерухома ступиця отримує обертання від основного електродвигуна через клинопасову передачу. Пильна стрічка надівається на два пильних барабана і натягується при допомозі системи натягування. Для придання жорсткості робочій ділянці пильної стрічки на каретці передбачено пара натяжних роликів нерухомий і рухомий.

Вертикальне переміщення балки по направляючих здійснюється двома тяговими ланцюгами. Електродвигун через клинопасову передачу, черв'ячний редуктор і ланцюгову передачу передає обертаючий момент на два блоки зірочок, які з'єднані проміжним валом. Контроль вертикального переміщення і установки товщини розпалюваного матеріалу здійснюється при допомозі мірної лінійки.

Пильні барабани з пильною стрічкою розміщені в захисному кожусі, який одночасно служить і уловлювачем пильної стрічки на випадок її обриву.

З задньої сторони корпусу встановлена шафа електрообладнання. Пульт керування встановлений на боковій частині корпусу. Переміщення пильного механізму вгору і вниз обмежується шляховими вимикачами. Для переміщення каретки передбачена ручка.

Розробка принципової схеми.

Для вмикання і вимикання електрообладнання пилорами, а також захисту електродвигунів і електропроводки від струмів короткого замикання проектуємо автоматичний вимикач QF1. Для світової сигналізації проектуємо сигнальну арматуру HL.

Для захисту електродвигунів від перевантаження будуть використовуватися теплові реле KK1, KK2. Для вмикання і вимикання головного електродвигуна M1 проектуємо електромагнітний пускач KM1:1, для переміщення пильного механізму вгору або вниз при допомозі електродвигуна M2 проектуємо реверсивний електромагнітний пускач KM2A1 і KM2B1. Для керування електромагнітними пускачами проектуємо кнопки керування SB1... SB4. Для обмеження переміщення пильного механізму вгору або вниз проектуємо шляхові вимикачі SQ2, SQ3. Кінцевий вимикач SQ1 забезпечує роботу пилорами тільки при встановленому захисному кожусі на пильному механізмі [3, 11].

В схемі передбачаю електроблокування в колах котушок реверсивних пускачів і на кнопках керування.

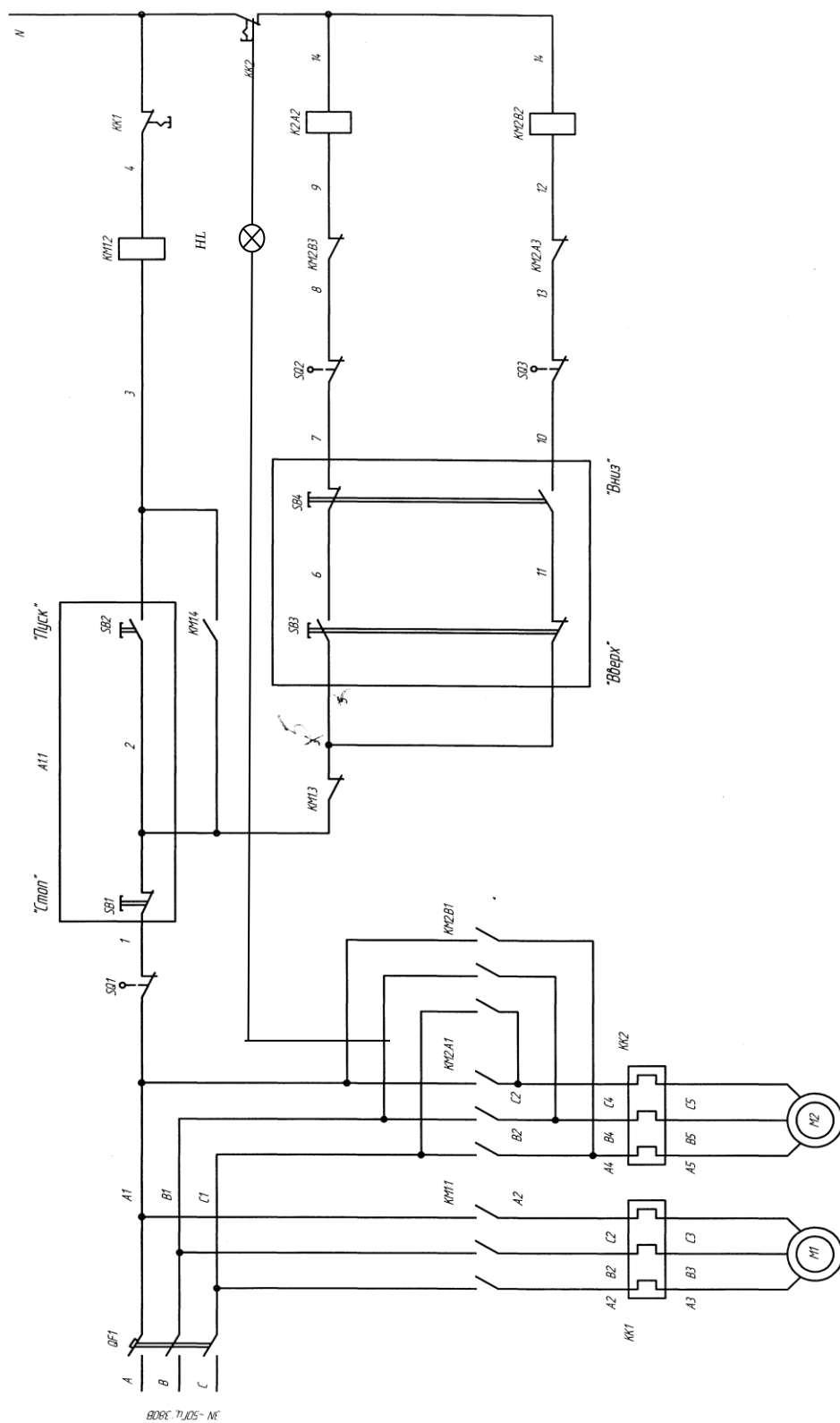


Рис. 2. Принципова електрична схема керування стрічковою пилорамною ПЛП-10.



Рис. 1. Загальний вигляд модернізованого верстат СФ4-4

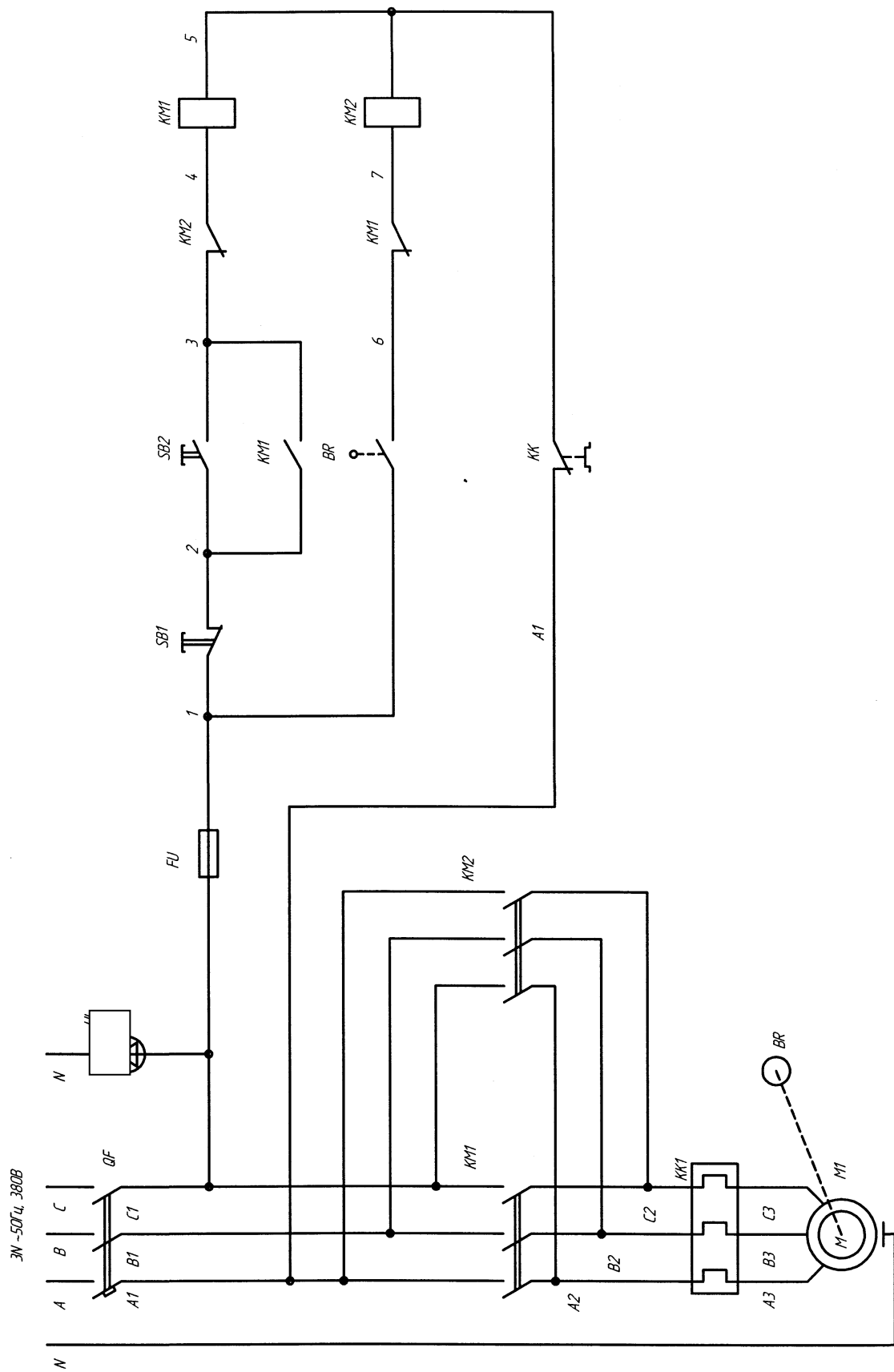


Рис. 2. Принципова схема керування модернізованим верстатом СФ4-4