МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії та енергетики

Кафедра електрифікації, автоматизації виробництва та інженерної екології

Кваліфікаційна робота

на правах рукопису

Загурський Андрій Вікторович

УДК 631.22

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Розробка варіанту схем для модернізації

електроприводів верстатів для деревообробних цехів

(тема роботи)

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

_____ Загурський А. В.
(підпис, ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
Прядко Володимир Анатолійович
старший викладач кафедри
електрифікації, автоматизації
виробництва та інженерної екології
Консультант
Гончаренко Юрій Павлович
к.т.н., доцент кафедри електрифікації,
автоматизації виробництва та
інженерної екології

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Загурський А. В. Розробка варіанту схем для модернізації електроприводів верстатів для деревообробних цехів. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису. Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 141 “Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка”. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В даній кваліфікаційній роботі представлені обгрунтовані розробки варіантів схем для модернізації електроприводів верстатів для деревообробних цехів на прикладах пилорам з урахуванням діаметрів колод при їх розпилюванні. Проведено вибір альтернативних можливостей заміни електричних апаратів при виконанні модернізації стандартних схем керування. Запропоновано використовувати пилорами з відповідними електродвигунами по потужності при розпилюванні колод різних діаметрів, що в значній мірі зменшить енергетичні затрати.

Ключові слова: варіант, вибір, модернізація, розробка, пилорама, схема.

ABSTRACT

Zagurskyi A. V. Development of a variant of schemes for the modernization of electric drives of machine tools for woodworking workshops. - Qualification work on manuscript rights. Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 141 "Electroenergetics, electrical engineering and electromechanics". – Polissia National University, Zhytomyr, 2023. This qualification paper presents well-founded developments Variants of schemes for modernization of electric drives of machines for woodworking shops on the examples of sawmills, taking into account the diameters of logs when sawing them.

A selection of alternative options for replacing electrical devices during the modernization of standard control schemes was made. It is proposed to use sawmills with appropriate electric motors in terms of power when sawing logs of different diameters, which will significantly reduce energy costs.

Key words: option, choice, modernization, development, sawmill, scheme, system.

ЗМІСТ

ВСТУП……..... 5
РОЗДІЛ 1. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ ДЕРЕВООБРОБНИХ ЦЕХІВ ТА ВИБОРУ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯІ…….. 7
1.1. Стан та доцільність створення, реконструкції деревообробних цехів…. 7
1.2. Характеристика типових технологічних процесів……. 7
1.3. Вибір електротехнологічного обладнанняі…….. 8
1.4. Перевірковий розрахунок потужності і вибір електродвигуна…….. 9
1.5. Розробка функціонально – технологічної схеми пилорами…… 11
1.6. Розробка принципової електричної схеми, опис її роботи…….. 11
1.7. Обгрунтування вибору апаратів схеми……. 12
Висновки до першого розділу…….. 14
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ВАРІАНТУ СХЕМИ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СТРІЧКОВОЇ ПИЛОРАМИ…… 15
2.1. Характеристка типового технологічного процесу…… 15
2.2. Вибір пилорами…… 15
2.3. Розрахунок потужності та вибір головного електродвигуна …… 16
2.4. Розробка функціонально – технологічної схеми пилорами…… 18
2.5. Розробка принципової електричної схеми опис її роботи…… 19
2.6. Обгрунтування вибору апаратів схеми…… 20
Висновки до другого розділу…… 23
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ВАРІАНТУ СХЕМИ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЛІСОПИЛЬНОЇ ПИЛОРАМИ…… 24
3.1 Вибір багатопильної лісопильної пилорами……. 24
3.2 Призначення, застосування та будова лісопильної рами Р63-4Б…… 24
3.3. Опирс роботи кінематичної схеми…… 26
3.4. Перевірковий розрахунок та вибір електродвигуна……. 27
3.5. Розробка принципової електричної схеми електропривода керування пилорамою…… 29

3.6 Вибір апаратів керування і захисту…… 31
Висновки до третього розділу…… 33
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ…… 34
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 35
ДОДАТКИ…… 37

ВСТУП

Актуальність теми. На даний час деревообробне виробництво, набуває значного розвитку. Це пов’язано з реконструкцією та розвитком різнопланового виробництва де використовуються: деталі, будівельні матеріали, меблі і багато різних виробів.

При дослідженні та аналізі діючих деревообробних цехів було відмічено, що в цехах працює енергоємке технологічне обладнання. Це в значній мірі збільшує енергетичні затрати і собівартість продукції.

Найбільші енергетичні затрати пов’язані з розпилюванням колод різного діаметру на одній і тій же пилорамі, що в значній мірі впливає на неефективне використання електроенергії. Крім того використовуються старі схеми, електрообладнання які вже не ефективні в роботі.

Тому розробка варіантів схем для модернізації електроприводів верстатів для деревообробних цехів на прикладах пилорам з урахуванням діаметрів та породи колод при їх розпилюванні являється актувальною темою.

Мета роботи. Дослідити, обгрунтувати ефективність розробки варіанту схеми управління пилорамами.

Задачі дослідження:

.1 Провести дослідження та аналіз електроприводів деревообробних верстатів, пилорам.

2. Виконати розробку, дослідження, аналіз, обґрунтування модернізації варіантів схем управління пилорамами.

4. Провести дослідження та аналіз можливостей вибору алтернативи заміни апаратів керування, захисту, електродвигунів.

Об'єкт дослідження – Технічний стан електроприводів деревообробних верстатів, пилорам.

Предмет дослідження – схеми керування електротехнологічним обладнанням пилорам.

Практичне значення та інженерні рішення.

Аналіз досліджень показав, що найбільш перспективним технічним варіантом для зменшення енергетичних затрат при розпилюванні колод різного діаметра є вибір відповідних по потужності елодвигунів з модернізацією схем.

Розроблені варіанти схеми, електродвигунів дадуть можливість зменшити капітальні і енергетичні затрати, підвищити надійність роботи пилорам.

За тематикою кваліфікаційної роботи опубліковано дві статті.

Перелік публікацій автора за темою дослідження:

1. Загурський А. В., Прядко В. А. Дослідження та аналіз енергозаощаджуючих режимів роботи асинхронних двигунів.Збірник тез доповідей «Наукові читання – 2023» 01.05.2023ПНУ м. Житомир. Житомир: Поліський національний університет, 2023.

2. Загурський А. В. Дослідження та аналіз ефективного використання електричної енергії в електроприводах. Збірник тез доповідей «Наукові читання – 2023» 01.05.2023ПНУ м. Житомир. Житомир: Поліський національний університет, 2023.

РОЗДІЛ 1

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА АНАЛІЗ РОБОТИ ДЕРЕВООБРОБНИХ ЦЕХІВ ТА ВИБОРУ ЕЛЕКТРОТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯІ

1.1. Стан та доцільність створення, реконструкції деревообробних цехів.

Створення та реконструкція деревообробних цехів з впровадженням комплексної електромеханізації і автоматизації виробничих процесів деревопереробного виробництва — один із основних напрямків розвитку підприємств на сучасному етапі. Завдяки електромеханізації і автоматизації значно зросте продуктивність праці та фінансові доходи.

На сучасному етапі ряд організацій різних напрямків діяльності почали створювати виробничі підрозділи по виготовленню виробів з дерева, що дасть можливість мати стабільні фінансові надходження.

1.2. Характеристика типових технологічних процесів

Деревообробні верстати знайшли широке застосування в сільськогосподарському виробництві: виготовлення та ремонт транспортних засобів, інвентарю, тари, столярних виробив для будівництва житла і тваринницьких приміщень.

Кожен верстат має електродвигун. Електродвигуни використовують для привода верстатив в дію.

В деревообробному виробництві вікористовуються такі деревообробні верстати як лісопильні рами, кругло пильні, фугувальні, стругальні, фрезерні, токарні, свердлільні та інші верстати.

Розглянемо технологічний процес від розпилювання колод до виготовлення необхідного асортименту пиломатеріалів

Із складу – накопичувача колоди по вузькоколійці на спеціально влаштованих візках везуть в лісопильний цех, де вона розпилюється на лісопильній рамі на дошки або бруски необхідної товщини. Після чого

заготовки: тобто дошки та бруски, поступають на деревообробні верстати, які розпилений матеріал ріжуть на заготовки певної довжини. При необхідності обробляють їх і після чого по вузькоколійці на візках відвозять в столярний цех, сушильні камери або відвантажують замовнику.

Такий асортимент пиломатеріалів, який необхідний для будівельних робіт та відпуску замовнику ми можемо мати користуючись лісопильною рамою.

1.3. Вибір електротехнологічного обладнанняі

Питання вибору пилорами, модернізація, розрахунок і вибір до нього електроприводу знайдуть місце в роботі.

Основне питання буде пов’язана з модернізацією, автоматизацією електропривода пилорами на основі розробки варіанту схеми, заміни електродвигуна та апаратів керування, захисту.

Широке застосування набули найбільш продуктивні вертикальні рами, які забеспечують розпилювання деревини на потрібну кількість дощок, брусків.

Проаналізувавши завдання розпилювання колод на дошки, бруски при допомозі пилорами і технічні характеристики пилорам вибираю розпилювальну пилораму серії РП -600.

Загальний вигляд пилорами РП-600 та її характеристики наводиться в додатку А на рис. 1, таблиця 1.

Схема розміщення механізмівна на пилорамі серії РП -600 наводиться в додатку А (рис. 2). У цій рамі вісь головного вала зрушена по відношенню до осі пільной рамки (як кажуть, вал має дезаксоване розташування). При такому розташуванні вала пиляльна рамка в нижньому положенні може вільно проходити позаду вала, що дає можливість значно зменшити висоту всієї рами. Рама відрізняється компактністю, притаманній звичайним одноповерховим рам, і разом з тим, маючи великий просвіт пильної рамки, забезпечує можливість розпилювання колод великих діаметрів.

1.4. Перевірковий розрахунок потужності і вибір електродвигуна.

Пилорама для розпилювання деревини приводиться в рух двома двигунами.

Першим в рух приводиться електродвигун гідронасоса, який качає масло у циліндр, підйом та опускання вальців.

Другим приводиться в рух пиляльна рамка та передачі на неї за допомогою почасової передачі на привідний вал.

Потужність двигуна для привода привідного вала пильної рами визначаю за формулою [4, 7] :

$$P_{ДВ.} = F_{РІЗ.} \cdot U / \eta_{СТ.} \cdot \eta_{П} \qquad (1.1)$$

де $F_{РІЗ}$ – сила різання, Кн;

U - швидкість різання, м / с;

$\eta_{СТ}$ - коефіцієнт корисної дії лісопильної рами;

$\eta_{СТ.} = 0,8$

$\eta_{П}$ – коефіцієнт корісної дії передачі;

$\eta_{П} = 0,93$.

Для даної установки розраховую зусілля різання по формулі [7]:

$$F_{РІЗ.} = K_{РІЗ.} \cdot S \cdot \sum h \cdot (\Delta / 2H) \qquad (1.2)$$

де $K_{РІЗ.}$ – коефіцієнт різання, який залежить від виду деревини, кН / мм^2;

$K_{РІЗ.} = 0,21$ кН / мм^2;

Δ - подача, мм;

$\Delta = 3…8$мм

S – товщина пилки,мм;

S = 2,2мм.

$\sum h$ – загальна висота пропилу, яку випилюють росередині колоди, мм;

H – хід пиляльной рамки, який дорівнює діаметру кривошипу,мм;

H = 610 мм.

Загальну висоту пропилу визначаю за формулою:

$$\sum h = 0{,}85 \cdot d_{CP.} \cdot N \qquad (1.3)$$

де d_{CP} – діаметр середнього поперечного перерізу колоди, мм;

d_{CP} = 600мм.

N – число пилок, шт..;

N = 5шт.

За формулою визначаю загальну висоту пропилу:

$$\sum h = 0{,}85 \cdot x\ 600\ x\ 5 = 2555\ мм$$

За вище вказаною формулою розраховую силу різання:

$$F_{РІЗ.} = 0{,}2\ x\ 2{,}2\ x\ 2555\ x\ (\ 3{,}8 / 2\ x\ 610\ ) = 3{,}4кН.$$

Швидкість різання визначаю за формулою:

$$T\ U = 2 \cdot D \cdot n / 60, \qquad (1.4)$$

де D – діаметр кривошипа,мм;

D = 610 мм. = 0,61 м.

n – частота обортів, $хв^{-1}$;

n = 210 $хв^{-1.}$

$$U = 2\ x\ 0{,}610\ x\ 160 / 60 = 3{,}2\ м/хв$$

Потужність двигуна визначаю за вище наведеною формулою (1.1):

$$P_{ДВ.} = 3{,}4\ x\ 3{,}2 / 0{,}8\ x\ 0{,}93 = 14{,}7\ кВт.$$

Вибираю сучасний енергоефективний асинхронний двигун з короткозамкненим ротором АИР 160 S2У3, який має наступні дані:

- $P_{НОМ.}$ = 15кВт, $I_{НОМ.}$ = 28,5А, $n_{НОМ.}$ = 2910 $хв^{-1}$, η = 90%, cosφ = 0,89, K_I = 7.
- m = 100 кг.

Аналогічно проводжу розрахунок для двигуна гідронасоса і вибіраю електродвигун марки АИР 100 L8У3, $P_{ДВ.}$ = 1,5 кВт. $I_{НОМ.}$ = 4,1 А,

- $n_{НОМ.}$ = 705 $хв^{-1}$, η = 76 %, cosφ = 0,73, K_I = 5,5. m = 31,5 кг [13].

1.5. Розробка функціонально – технологічної схеми пилорами

Розпилювальну пилораму серії РП (лісопильну раму) використовують для поздовжнього розпилювання деревини діаметром до 650 мм на дошки товщиною від 16 мм, бруси та інші пиломатеріали від 2 до 8метрів завдовжки.

Лісопильна рама має пиляльну раму з натягнутими в ній рамними пилами від 8 до 14 розміщених на певниій відстані пилок.

Технологічний процес розпилювання стовбурів / колод / слідуючий.

Рух валу ротора електродвигуна через передавальний та кривошипний пристрої перетворюється на зворотньо – поступальний рух пиляльної рами, яка здійснює зворотно – поступальний рух.

Для подачі колод через пилки на передній і задній частині станини змонтовані два верхніх і два нижніх 20 вальці, які мають ребристу поверхню. Вальці приводяться в обертання від механізму подачі, який здійснює подачу колоди поштовхами за кожний робочий хід пильної рамки, тобто коли вона разом з пилками рухається вниз і пилки здійснюють пиляння [18].

1.6. Розробка принципової електричної схеми, опис її роботи та обгрунтування вибору апаратів схеми.

Принципова електрична схема керування пилорамою РП та опис роботи схеми представлені в додатку А [7].

Вибирають апарати згідно вимог. Електромагнітні пускачі призначені для дистанційного керування електроспоживачими.

При наявності теплових реле пускачі захищають електродвигуні віл перевантажень.

Для вмикання, вимикання та захисту електрообладнання пилорами вибираю автоматичний вимикач серії ВА51 з дотриманням слідуючих умов [5].

$$I_{н.р.} \geq I_{р.}$$

$$I_р = I_{н.д.1} + I_{н.д.2} \qquad (1.5)$$

Розраховую робочий струм силової мережі

$$I_р = 28,5 + 4,1 = 32,6 \text{ А}$$

Враховуючи що автоматичний вимикач в шафі керування буде гірше охолоджуватися вводжу додатковий коефіцієнт 1,15

$$I_{н.р.} \geq 1,15 \cdot I_{р.}$$

$$I_{н.р.} \geq 1,15 \text{ х } 32,6 = 37,5 \text{ А.}$$

Вибираю автоматичний вимикач типу ВА51-29-14 з номінальним струмом теплового розчіплювача на 40 А.

Перевіряю можливе спрацювання електромагнітного розчіплювача.

$$I_{спр.р.} \geq \ 1,25 \ I_{н.д.1.} \cdot K_i \ + I_{н.д.2}$$

$$I_{спр.р.} \geq 1,25 \text{ х } 28,5 \text{ х } 7 + 4,1 + \ = 315,8 \text{ А.}$$

Згідно розрахункового і каталожного значення струмів можна довести що автоматичний вимикач задовольнить умови експлуатації так як

$$I_{спр.р.} \leq I_{спр.к.}$$

$$I_{спр.к.} = 10 \ I_н = 10 \text{ х } 40 = 400 \text{ А.}$$

$$315,8 < 400 \text{ А.}$$

Вибираю електромагнітні пускачи за умови щоб $I_{Н.П.}$ був більшим або рівним шостої частини пускового струму двигуна, тобто повинна виконуваться умова

$$I_{Н.П.} \geq K_I \cdot I_{Н.Д.} / 6$$

де $I_{Н.П.}$ – струм, на який розраховані елементи пускача.

K_I – кратність пускового до номінального струму $I_{П.} / I_{Н.}$ (в каталозі).

$I_{Н.Д.}$ – номінальний струм електродвигуна.

Вибираю величину пускача, виходячи із умови:

$$I_{Н\,П} > К_I \cdot I_Н / 6 = 7 \text{ x } 28,5 / 6 = 33,25А.$$

За таблицею вибираю електромагнітний пускач третьої велечини з $I_{Н.П.}$ = 40А, що задовольняє умови: 40 > 33,25А, ПМЛ-322002 з потужною $U_{КОТ}$ = 127В зміншого струму.Цей електромагнітний пускач комплектується з тепловим реле типу РТЛ – 205504 з $I_{Д.Р.}$ = 23…32А. В зв´язку з достатньою кількістю апаратів захисту розрахунків більше непроводжу. Інши розрахунки проводжу аналогічно і відображаю в переліку елементів схеми таблиця 2 [13].

Вибрані апарати схеми находяться в додатку А табл. 2.

Висновки до першого розділу

Робота була виконана на основі завдання та обстеження майстерні. Проведено ознайомлення, аналіз, розрахунок та вибір електротехнологічного обладнання для розпилювання колод. Розроблена технологічна та принципова електрична схема керування пилорамою, вибрані елементи схеми. Складений перелік на електрообладнання, виброні провідники для силових кіл.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА ВАРІАНТУ СХЕМИ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ СТРІЧКОВОЇ ПИЛОРАМИ

2.1. Характеристка типового технологічного процесу

В деревообробному цеху з метою збільшення випуску столярної продукції було встановити стрічкову пилораму для розпилювання колоди діаметром до 500мм. на дошки, бруски та заготовки для виготовлення столярних виробів.

Зі складу колоди по вузькоколійці на спеціально влаштованих візках везуть в деревообробну майстерню, де розпилюють на стрічковій пилорамі. Після чого деревина: тобто дошки бруски та заготовки, поступають на деревообробні верстати, які розпилений матеріал ріжуть на заготовки певної довжини. При необхідності обробляють їх і після чого по вузькоколійці на візках відвозять в сушильні камери або відвантажують замовнику.

Такий асортимент пиломатеріалів, який необхідний для будівельних робіт та відпуску замовнику ми можемо мати користуючись стрічковою пилорамою.

2.2. Вибір пилорами

Планується розпилювати колоди діаметром до 300 мм довжиною до 6 м.

Проаналізувавши технології розпилювання колод та електротехнічні характеристики стрічкопильних пилорам вибираю горизонтальну стрічкову пилораму типу ПЛП-10, яка призначена для повздовжнього розпилювання колод на бруски і дошки.

Основними складовими частинами пилорами являються рама і каретка. Рама призначена для закріплення на ній колод і переміщення по ній каретки на якій розміщений пильний механізм. Конструкція рами включає в себе несучу металоконструкцію, яка зварена із стальних швелерів. На повздовжніх швелерах закріплені дві направляючі по яких котяться колеса каретки.

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 її відносно горизонтальної площини проводиться при допомозі десяти регульованих опор. Два ексцентрикових

зажима розміщені на рамі таким чином, щоб забезпечити фіксацію заготовки довжиною від 1,0 до 6,0 метрів [18].

Загальний вигляд стрічкової пилорами ПЛП-10 і основні технічні характеристики приводяться в додатку Б.

2.3. 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 Р ном. повинна бути більшою або рівною розрахункової потужності Р роз. тобто

$$P_{н.дв} \geq P_{роз.}$$

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

$$P_{Н.ДВ} \geq \frac{P_М}{\eta_П},$$

де $\eta_П$ – к. к. д. передачі.

Швдкість різання визначаю за формулою

$$v = \pi \, D \, n \, / \, 1000 \, x \, 60, \qquad (2.1)$$

де D – діаметр пильних шківів,мм (D = 475 мм);

n – число обертання шківів, об / хв (n =1100 об / хв.).

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

Визначаю величину подачі на один зуб

$$u_Z = u\ t\ 1000 / \pi\ D\ n \qquad (2.2.)$$

де u – швидкість подачі м / хв. (u = 30 м / хв.)

t – крок зубців, мм, (t = 50 мм).

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

Силу різання визначаю за формулою

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

де K – питома робота різання Н · м / см^2 (K = 4,5 Н · м / см^2);

b – ширина пропилу, мм, (b = 2,2 мм);

H – висота пропилу, мм , (H = 500 мм).

$$F = 4{,}5 \text{ х } 2{,}2 \text{ х } 200\ 30 / 60 \text{ х } 28 = 35 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначаю розрахункову потужність різання

$$Рріз = F\ v / 102. \qquad (2.4)$$

$$Рріз = 35 \text{ х } 28 / 102 = 9{,}6 \text{ кВт.}$$

Визначаю розрахункову потужність електродвигуна

$$Рроз. = Рріз / \eta, \qquad (2.5)$$

де η – коефіцієнт корисної дії передачі, (η = 0,92)

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

Із розрахунків видно, що комплектний двигун по потужності не задовольнить вимог експлуатації. Тому потрібно установити електродвигун більшої потужності.

За каталогом вибираємо і встановлюємо на стрічкову пилораму електродвигун М1 типу АИР132М4У3, з технічними характеристиками:
$P_н$ = 11 кВт; $I_н$ = 22, А; $n_н$ = 1450 об/хв; $K_і$ = 7,5.

Другий електродвигун М2 вибираю відповідного типу і потужності АИР71А4У3, з технічними характеристиками:
$P_н$ = 0,55 кВт; $I_н$ = 1,69, А; $n_н$ = 1360 об/хв; $K_і$ = 5 [13].

2.4. Розробка функціонально – технологічної схеми пилорами

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

Каркас каретки зварений із стального 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 корпуса встановлена шафа електрообладнання. Пульт керування встановлений на боковій частині корпуса. Переміщення пильного

механізму вверх і вниз обмежується шляховими вимикачами. Для переміщення каретки передбачена ручка [4, 18].

2.5. Розробка принципової електричної схеми опис її роботи

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

Для захисту електродвигунів від перевантаження будуть використовуватися теплові реле КК1, КК2. Для вмикання і вимикання головного електродвигуна М1 проектую електромагнітний пускач КМ1:1, для переміщення пильного механізму вверх або вниз при допомозі електродвигуна М2 проектую реверсивний електромагнітний пускач КМ2А1 і КМ2В1. Для керування електромагнітними пускачами проектую кнопки керування SB1… SB4. Для обмеження переміщення пильного механізму вверх або вниз проектую шляхові вимикачі SQ2, SQ3. Кінцевий вимикач SQ1 забезпечує роботу пилорами тільки при встановленому захисному кожусі на пильному механізмі.

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

Розроблена принципова електрична схема наводиться в додатку Б.

Робота принципової схеми.

Живлення на силові кола і керування здійснюється подачею напруги автоматичним вимикачем QF1. При цьом засвічується сигнальна лампа HL.

В процесі роботи електрообладнання, натискання кнопки “ Пуск “ SB2 приводить до спрацювання пускача КМ1:1, контакт якого КМ1.4 ставить кнопку “ Пуск “ SB2 в положення блокування. При цьому силові контакти КМ1:1 замикають кола двигуна М1. Контакт КМ1:3 розмикається, що робить неможливим спрацювання пускачів КМ2А1 і КМ2В1.

При натисканні кнопки “ Вверх “ SB3 приводить до спрацювання пускача КМ2А1, контакти КМ2А1 замикають силові кола двигуна М2. Контакт КМ2А3 розмикається, що робить неможливим спрацювання пускача КМ2В1.

Натискання кнопки “ Вниз “ SB4 приводить до спрацювання пускача КМ2В1, контакти КМ2В1 замикають силові кола двигуна М2. При цьому контакт КМ2А3 розмикається, тобто неможливе спрацювання пускача КМ2В1.

При допомозі кнопки “ Стоп “ SB1 забезпечуться вимикання двигуна М1.

Принципова електрична схема керування пилорамою приводиться в додатку Б.

2.6. Обгрунтування вибору апаратів схеми.

Проводжу розрахунок та вибір автоматичного вимикача QF1 з урахуванням вимог та технології виробничого процесу згідно методики наведеної в першому розділі.

Автоматичний вимикач, необхідний для комутації електричних кіл вибираю згідно таких умов:

Uа.ном > Uмер.ном ; Іа.нои >• Ідв.ном ; Ім.ном > Ідв.ном; = Ie.ном ≥ Ідв.ном Кі

У розробленій принциповій схемі один автоматичний вимикач застосовують для захисту від струмів короткого замикання всіх електродвигунів, тому вибрати його треба за такими умовами:

$$Uа.ном \geq Uмер.ном;\ Іа.ном \geq \sum_{1}^{n} Ідв.ном;\ Ie.ном \geq \sum_{1}^{n} Ідв.ном;$$

$$Іу.е \geq 1{,}35\ [\ \sum_{1}^{n} Ідв.ном + Ідв.ном.нб\ Кінб],$$

$$Іу.е \leq Іспр.\ к.$$

Крім того доцільно використовувати автоматичні диференційні вимикачі, які крім того вимикають електроустановки при струмі витоку починаючи з 10 мА.

Згідно приведених умов вибираю автоматичний вимикач ДВ-2006

Знаходжу загальний робочий розрахунковий струм споживачів

$$Iзаг. = Iн.д._1 + Iн.д._2 \qquad (2.6)$$

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

Згідно проведених розрахунків вибираю автоматичниій вимикач ДВ2006 з тепловим розчіплювачем на 25 А.

Проводжу перевірку спрацювання електромагнітного розчіплювача згідно вище приведеної методики.

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

Визначаю каталожне значення спрацювання електромагнітного розчіплювача

$$Iспр. к. = 10 \ I н. тр \qquad (2.7)$$

$$Iспр. к. = 10 \text{ х } 25 = 250 \text{ А}.$$

Як видно з розрахунків умова Iу.е $\leq$ Iспр. к.; 225 $\leq$ 250 А виконується автоматичний вимикач вибрано вірно.

Реверсивний електромагнітний пускач, який складається з КМ2А1 і КМ2В1 вибираю за умовою

$$I_{Н.П.} \geq K_i \cdot I_Н / 6 ,$$

де $I_{Н.П.}$- струм силових контактів пускача;

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

$I_Н$ – номінальний робочий струм електродвигуна, ($I_Н = 1,69$ А).

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

Вибираю реверсивний електромагнітний пускач типу ПМЛ – 160004 з приставкою ПКЛ – 2004 і котушкою на 220 В і тепловим реле РТЛ – 100704 з I д. р. = 1,5…2,6 А. Електромагнітний пускач КМ1 вибираю аналогічно Він має слідуючі характеристики: тип ПМЛ - 320004 з тепловим реле РТЛ – 102204 з I д. р. = 18…25 А приставкою ПКЛ - 2004 і котушкою на 220 В. Ручне керування буде виконуватися кнопками SB1… SB4 типу ХВ2 – ВА21. Шляхові вимикачі SQ1 – SQ3 вибираю типу МЕ8112. Для сигналізації вибираю сигнальну арматуру HL типу АС-220 [4, 13, 17].

Вибрані апарати, технічні засоби автоматизації та їх характеристики зводжу в перелік елементів до схеми електричної принципової табл. 2, дод. Б.

Висновки до другого розділу

Проведено ознайомлення, аналіз, розрахунок та вибір електротехнологічного обладнання для стрічкової пилорами. Виконано перевірковий розрахунок потужності та заміна електродвигуна та апаратів керування та захисту. Розроблена технологічна та принципова електрична схема керування пилорамою, вибрані елементи схеми. Складений перелік на електрообладнання.

В додатку Б приведені:

Таблиця 1. Основні технічні характеристики пилорами типу ПЛП-10.

Загальний вигляд стрічкової пилорами.

Таблиця 2. Перелік елементів схеми

Принципова електрична схеми керування пилорамою.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ВАРІАНТУ СХЕМИ ДЛЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ЛІСОПИЛЬНОЇ ПИЛОРАМИ

3.1 Вибір багатопильної лісопильної пилорами

В деревообробному виробництві часто поступають замовлення на виготовлення пиломатерів з різних пород деревини: сосни, ялини, берези, дуба,

де, К — коефіцієнт різання, дорівнює 110 – 200 Н/мм^2, що в значній мірі впливає на зміну навантаження двигуна пилорами. Крім того потрібно одночасно розпилювати колоду на деталі з різною товщиною, що в значній мірі підвищує ефективність, продуктивність роботи пилорами.

В розділі буде розглянуто питання вибору пилорами, модернізація, розрахунок і вибір до нього електроприводу.

Основне питання буде пов’язана з модернізацією, автоматизацією електропривода пилорами на основі розробки варіанту схеми, заміни електродвигуна та апаратів керування, захисту.

Такий асортимент пиломатеріалів, який необхідний для будівельних робіт та відпуску замовнику ми можемо мати користуючись вертикальними пилорамами марки Р63-4Б..

До цього висновку я прийшов після детального опрацювання технічних характеристик лісопильних рам та круглопильних верстатів, а також аналізу реконструкції виробничих підрозділів в господарствах і вивченні попиту на лісопильні та будівельні матеріали.

3.2 Призначення, застосування та будова лісопильної рами Р63-4Б

Рама лісопильна вертикальна одноповерхова моделі Р63-4Б призначена для поздовжнього розпилювання колод і брусів на пиломатеріали. Рама лісопильна застосовується в тимчасових і стаціонарних лісопильних цехах

високої продуктивності, сільськогосподарських, промислових і будівельних організацій.

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

Рух до пильної рамці передається від головного валу шатуном. Подача колоди здійснюється системою потужних литих рифлених роликів (рябух) зі швидкістю до 6.5 м / хв, що забезпечує високу продуктивність рами.

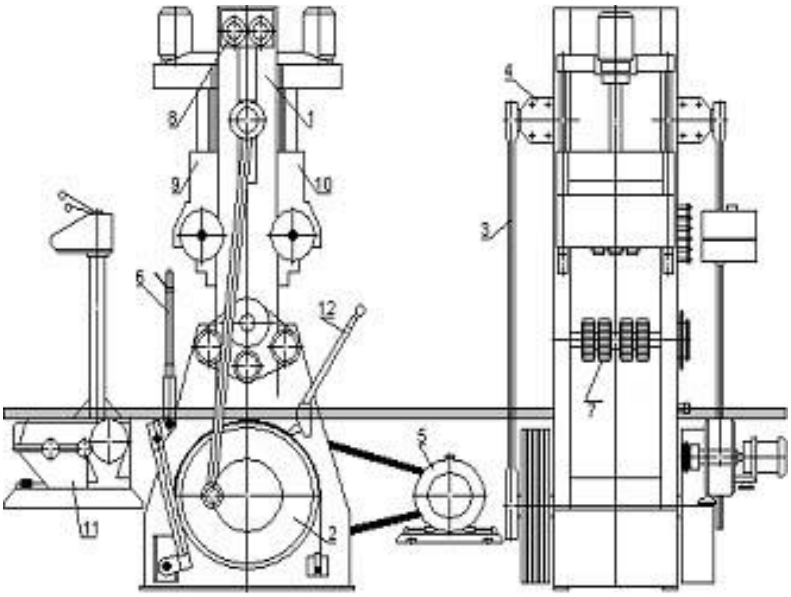

Рис. 3.1. Розташування складових частин лісопильної рами Р63-4Б

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 [18].

3.3. Опирс роботи кінематичної схеми

Головний рух в лісопильної рами - зворотно-поступальний переміщення пильної рамки з пилами, яке вона отримує через шатуни від кривошипних пальців маховиків корінного вала. Один з маховиків корінного вала є приводним шківом, який призводить корінний вал в обертання за допомогою клино пасової передачі від двигуна.

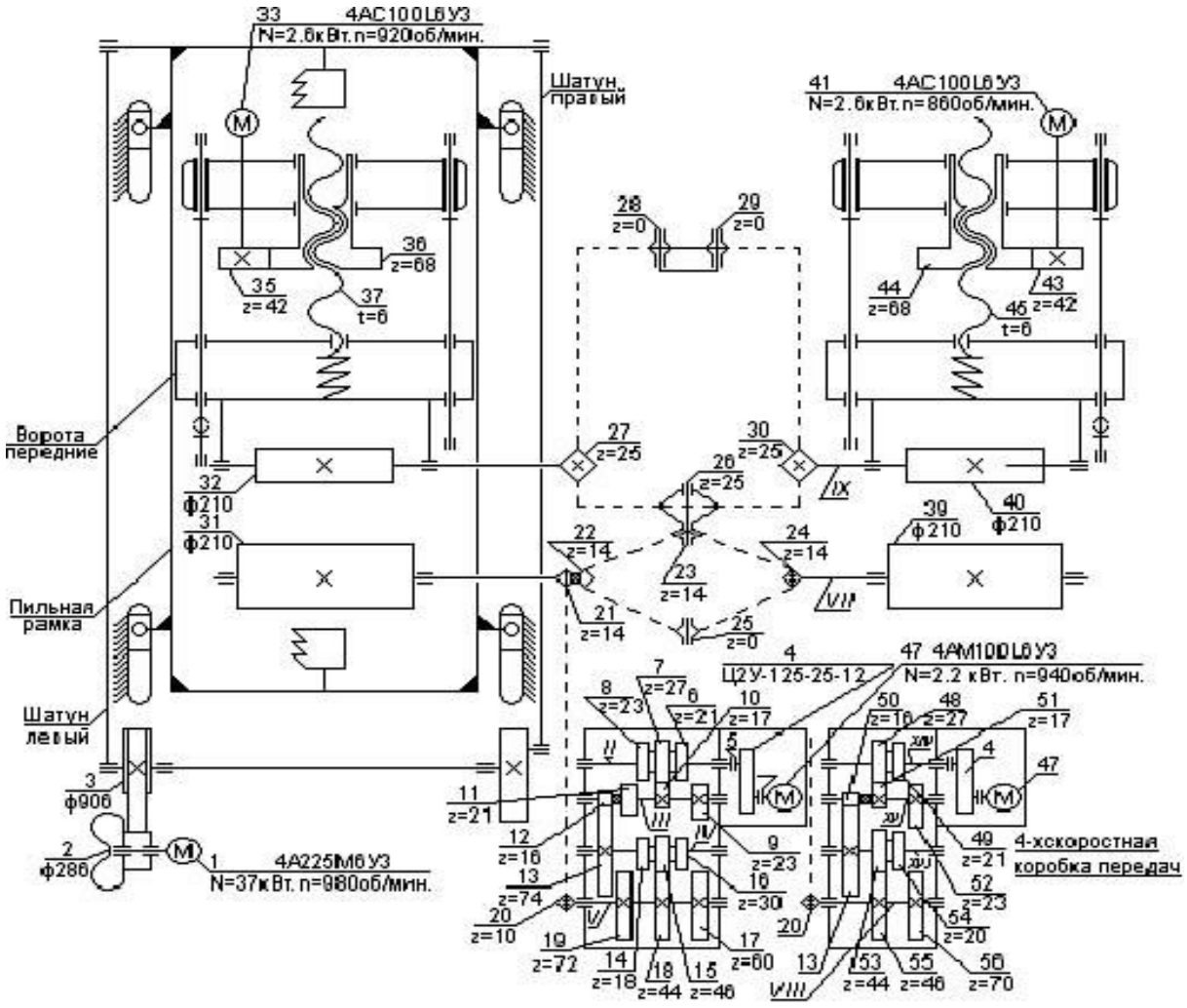

Рис. 3.2. Схема кінематична лесопильної рами Р63-4Б

Для зменшення зсуву пил в підвісках (при установці ухилу пил) в конструкції лісопильної рами передбачений ухил пильної рамки, який забезпечується конструкцією станини. Безперервна подача колоди або бруса здійснюється двома парами вальців. Обертальний рух нижні вальці отримують від мотор-редуктора, коробки швидкостей і ланцюгової передачі. За допомогою

ланцюгової передачі обертання з нижніх вальців передається на верхні. Верхні вальці змонтовані в воротах і разом з ними можуть підніматися і опускатися.

Привід переміщення воріт знаходиться в їх верхній траверсі. Він складається з фланцевого електродвигуна, шестеренчатой пари і передачі гвинт-гайка [18].

3.4. Перевірковий розрахунок та вибір електродвигуна

Потужність різання пилорами визначається за формулою:

$$P_{РП} = \frac{FV}{\eta}, \qquad (3.1)$$

де, F — зусилля різання, м;

V — середня швидкість пилки, м/сек.;

η — ККД станка.

Зусилля різання визначається за формулою:

$$F = KS\sum h\frac{\Delta}{2H}\ \text{Н} \qquad (3.2)$$

де, К — коефіцієнт різання, дорівнює 110 – 200 Н/мм^2:

для сосни — 110,

ялини — 120,

берези — 140,

дуба — 200;

S — товщина пили (приймаємо 5 мм);

Н — повний хід пильної рами, мм.

$$h = 2R \qquad (3.3)$$

де, R — радіус кривошипа.

Σ h — загальна висота пропилу, визначається за формулою

$$h = 2 \cdot 200 = 400 \text{ мм}$$

$$\Sigma h = 0{,}75 \cdot d_{ср} \cdot m \qquad (3.4)$$

де $d_{ср}$ — діаметр середнього розрізу колоди, мм;

m — число пил (приймаємо 10 шт);

0,75 — коефіцієнт нерівномірності.

$$\Sigma h = 0{,}75 \cdot 400 \cdot 10 = 3000 \text{ мм}$$

$$F = \sum 120 \cdot 2{,}5 \cdot 3000 \frac{8}{2 \cdot 400} = 9000 \text{ Н}$$

Середня швидкість різання визначається за формулою:

$$V = \frac{2Hn}{60} \qquad (3.5)$$

$$V = \frac{2 \cdot 0{,}4 \cdot 240}{60} = 3{,}2 \text{ м/сек.}$$

де, H = D (D — діаметр кривошипа), то:

$$V = \frac{2Dn}{60}, \text{ м/сек.} \qquad (3.6)$$

Визначаємо потужність електродвигуна для пилорами за слідуючими даними: d = 400 мм, m = 10, R = 200 мм, S = 2,5 мм, Δ = 8 мм, оброблюваний матеріал — ялина, К = 120 Н/мм^2, n = 240 об/хв.

Таким чином потужність різання пилорами визначається за формулою

$$P_{РП} = \frac{9000 \cdot 3{,}2}{0{,}8} = 35000 Вт = 35 кВт$$

Визначаємо розрахункову потужність електродвигуна за формулою

$$P_{РД} = \frac{P_{РП}}{\eta},\ \text{кВт} \qquad (3.7)$$

де, η – коефіцієнт корисної дії передачі (приймаю η = 0,95).

$$P_{РД} = \frac{35}{0,95} = 36,8\ \text{кВт}$$

На пилорамі установлений комплектний електродвигун А-82-8 потужністю Рдп = 29 кВт, що не забезпечить розрахункової потужності згідно вимоги тобпо Рдп < Ррд. Електродвигун вибараю за умовою $P_Н \geq P_{РД.}$

За [2, с. 43] вибираю електордвигун за умовою $P_{Н.\ Д} \geq P_Р$ Д, тобто $P_{Н.\ Д} \geq$ 36,8 кВт.

Вибраний електродвигун має слідуючі характеристики: тип 4А225М6, $P_Н$ = 37 кВт., $I_н$ = 74 А, Кі = 6,5, $n_Н$ = 980об/хв., ($\omega_н$ = 102,6 с $^{-1}$), ккд. = 91 %; cos $\varphi_{ном}$ = 0,89; К $_{min.}$= 1,0; К $_{max.}$= 2,3; $U_Н$ = 380 В [4, 7, 13, 18].

3.5. Розробка принципової електричної схеми електропривода керування пилорамою

Електрична схема (див. додаток В) передбачає дистанційне керування всіма механізмами лісопильної рами за допомогою кнопкових постів, встановлених на панелі пульта управління.

При натисканні на кнопку SB2 включається реле КА1, яке включає пост сигнальний Н1 з одночасним включенням реле часу КТ1. Після закінчення часу (10 с) включається проміжне реле КА2, яке своїми контактами відключає реле КТ1 і сигналізацію, включає пускач КМ1. Він підключає до мережі електродвигун Ml приводу механізму різання.

Натисканням кнопок SB4 (SB5) «ворота передні» або SB6 (SB7) «ворота задні» оператор регулює величину підйому передніх і задніх воріт по діаметру колоди. В цьому випадку включаються відповідно пускачі КМ2.1 (КМ2.2) або КМ3.1 (КМ3.2) і підключають до мережі електродвигуни М2 або М3 механізмів переміщення воріт.

Натисканням кнопки SB9 оператор включає пускач КМ4.1, який підключає електродвигун механізму подачі М4 до мережі. Здійснюється подача колоди вперед.

При необхідності повернення колоди оператор натискає кнопку SB8 і зупиняє подачу, а потім натискає кнопку SB10, яка включає пускач КМ4.2, і механізм подачі повертає колоду.

Відключення лісопильної рами здійснюється натисканням кнопки SBl.

Швидкий останов лісопильної рами здійснюється гальмом, механізм якого впливає на вимикач SQ2, що відключає лісопильну раму.

Опускання воріт і притиск ними колоди проводиться натисненням кнопок SB5, SB7 в поштовховими режимі. При досягненні граничного зусилля притиску вимикачі SQ5, SQ6 відключають опускання воріт при натиснутих кнопках SB5 і SB7. При звільненні кнопок ворота піднімаються до моменту звільнення вимикачів SQ5, SQ6, а при підйомі верхнього вальця колодою, т. е. Під час подачі колоди більшого діаметру, ці вимикачі включають механізм підйому воріт, і вони піднімаються. Таким чином підтримується постійне зусилля притиску колоди [4, 7, 18].

3.6 Вибір апаратів керування і захисту

Проводжу розрахунок та вибір апаратів схеми з урахуванням вимог та технології виробничого процесу за методикою (див. розділ 1).

Автоматичний вимикач, вибираю згідно таких вимог

Uа.ном > Uмер.ном ; Іа.нои >• Ідв.ном ; Іт.ном > Ідв.ном; = Іе.ном ≥ Ідв.ном Кі

У розробленій принциповій схемі використовують один ввідний автоматичний вимикач, який вибраютьза наступними умовами [4]

$$Ua.ном \geq Uмер.ном;\ Ia.ном \geq \sum_{1}^{n} Iдв.ном;\ Ie.ном \geq \sum_{1}^{n} Iдв.ном;$$

$$Iу.е \geq 1{,}35\ [\ \sum_{1}^{n} Iдв.ном + Iдв.ном.нб\ Кінб],$$

$$Iу.е \leq Iспр.\ к.$$

Згідно приведених умов вибираю за [14] автоматичний вимикач А37

Знаходжу загальний робочий розрахунковий струм споживачів

$$Iзаг. = 1{,}25\ (\ I_{M1} + I_{M2} + I_{M3} + I_{M4}\ ) \qquad (3.8)$$

де, 1,25 – коефіцієнт запасу який враховує неточність спрацювання електричних апаратів.

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

Згідно проведених розрахунків вибираю автоматичниій вимикач А37112Б з тепловим розчіплювачем на 160 А [14].

Проводжу перевірку спрацювання електромагнітного розчіплювача згідно вище приведеної методики.

$$Iу.е = 1{,}35\ [\ 19{,}5 + 74\ х\ 6{,}5] = 676\ А.$$

Визначаю каталожне значення спрацювання електромагнітного розчіплювача

$$Iспр.\ к. = 10\ \ I\ н.\ тр \qquad (3.9)$$

$$10\ х\ 160 = 1600\ А.$$

Як видно з розрахунків умова Iу.е ≤ Iспр. к.; 676 ≤ 1600 А виконується автоматичний вимикач вибрано вірно.

Електромагнітний пускач КМ1 вибираю завимогою :

$$I_{Н.П.} \geq K_i \cdot I_Н / 6 ,$$

де $I_{Н.П.}$ –струм контактів пускача;

K_i – кратність пускового струму ($K_i = 6,5$) ;

$I_Н$ – номінальний робочий струм електродвигуна, ($I_Н = 74$ А)

$$I_{Н.П.} \geq 6,5 \cdot 74 / 6 = 80 \text{ А}.$$

За [14] вибираю електромагнітний пускач типу ПМА – 520004 з приставкою ПКЛ – 2004 і котушкою на 110 В і тепловим реле РТГ з I уст. = 89,6 А.

Електромагнітні пускачі КМ2, КМ3 для М2 і М3 вибираю за такоюж умовою і підставляю значення

$$I_{Н.П.} \geq 6 \cdot 6,9 / 6 = 6,9 \text{ А}.$$

Відповідно вибираю електромагнітні пускачі ПМЛ-150004 з Uкот. =110 В [2 с. 97].

Електромагнітний пускач КМ3 для М завантажувального вибираємо аналогічно.

Решту апаратів керування і захисту вибираю аналогічно з урахуванням вимог вибору. [5, 13, 17].

Вибрані апарати та їх характеристики звожу в перелік елементів схеми в додатках В.

Висновки до третього розділу

В розділі розглянуто питання вибору пилорами, проведено перевірковий розрахунок і вибір до нього електроприводу.

Користуючись вибраною вертикальною пилорамою марки Р63-4Б можна

розширяти асортимент пиломатеріалів, який необхідний для будівельних робіт та відпуску замовнику з різних порід деревини за рахунок необхідних характеристик пилорами

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота на тему «Розробка варіанту схем для модернізації електроприводів верстатів для деревообробних цехів» розроблена на основі дослідження, аналізу та перспектив розвитку деревообробного виробництва.

Для зменшення енергетичних затрат на основі завдання, досліджень та аналізу були виявлені найбільш енергоємні верстати, пилорами, які потрібно було модернізувати з метою зменшення їх енергоспоживання.

В роботі представлені обгрунтовані розробки варіантів схем для модернізації електроприводів верстатів для деревообробних цехів на прикладах пилорам з урахуванням діаметрів колод при їх розпилюванні.

Проведено вибір альтернативних можливостей заміни електричних апаратів при виконанні модернізації стандартних схем керування. Запропоновано використовувати пилорами з відповідними перевіреними та вибраними електродвигунами по потужності при розпилюванні колод різних діаметрів та порід деревини за рахунок необхідних характеристик пилорам, що в значній мірі зменшить енергетичні затрати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барало О. В. Автоматизація технологічних процесів і систем автоматичного керування. /Навчальний посібник./ Таращанського коледж. 2010. – 457 с.

2. Волянская Я.Б. Энергетическая оптимизация при схемных переключениях обмоток статора асинхронного двигателя // Електромашинобудування та електрообладнання. Респ. міжвід. наук.-техн. зб.–2005. – Вип. 65. – С. 11-14.

3. Волянская Я.Б., Краснов В.В. Ток статора асинхронного электродвигателя при изменении нагрузки и напряжения питания // Електромеханічні системи, методи моделювання і оптимізації. Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2005. – Вип. №4(33). – С. 66-69.

4. Гончар В. Ф. , Тищенко Л. П. Електрообладнання і автоматизація
с. г. агрегатів і установок. К. Вища школа. 1989. 343 с.

5. Гончар В. Ф. Електрообладнання і автоматизація с. г. агрегатів і установок. К. Вища школа. 1985. 208 с.

6. Гаврилюк І. А., Хандола Ю. М. Електропривод в АПК.Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт. – Харків.: Факт, 2009. – 280 с.

7. Жулай Є.Л. Електропривод сільськогосподарських машин, агрегатів та потокових ліній. – К.: 2001

8. Костенко Д. В., Волянская Я. Б. Энергосберегающее управление асинхронным электроприводом с использованием микропроцессорной техники // Зб. наук. праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2005. – №3 (402). – С. 101-110.

9. Костенко Д.В., Волянская Я.Б. Использование микроконтроллеров в интеллектуальных реле для асинхронных электроприводов // Электротехника и электромеханика: Материалы международной научно-технической конференции, 25-27 ноября 2004 г. – Николаев: НУК, 2004. – С. 55-56.

10. Логвінов Г. С., Прядко В. А., Яремчук Л. М. Електрообладнання і автоматизація сільськогосподарських агрегатів і установок. – Ж., 2013.

11. Локарев В.И. Бережницкая Я.Б. (Волянская) Ресурсосбережение в электротехнических комплексах и системах. – Херсон: Автоматика.

Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 1998. – № 2(3). – С. 135-143.

12. Марченко А. С. Справочник по механизации и автоматизации в животноводстве и птицеводстве. – К., Урожай, 1990.

13. Мартиненко І. І. Автоматизація технологічних процесів сільськогосподарського виробництва. – К., Урожай, 1995.

14. Марченко О.С. Механізація та автоматизація у тваринництві і птахівництві.- К.,Урожай,1995.

15. Олійник В. С. Практикум з електроприводу. – К., Урожай, 1995.

16. ПК"Промавтоматика" Каталог продукции. 2009. г Запороржье. Украина.

17. Прядко В. А. Яремчук Л. М. Автоматизація електроприводу с. – г. машин. Ж. 2011 р.

18. П. С. Афанасьев. Деревообрабатывающие станки. – М., Профиздат, 1961. - 408 с.