

## Дипломная работа

### Лесопильная вертикальная одноэтапная рама модели Р63-46

#### Введение

Основным электрическим двигателем, применявшимся в промышленности в восьмидесятых годах, был двигатель постоянного тока, сфера применения которого базировалась на крупных машинных агрегатах, таких как прокатный стан, шахтные подъемные машины и некоторые другие виды оборудования.

По мере дальнейшего развития электротехники, позволившего создать экономически выгодную и технически несложную систему трехфазного тока, открывались широкие возможности применения в промышленном производстве асинхронных двигателей переменного тока. Трехфазные двигатели могли широко использоваться в металлорежущих станках, в горных, строительных и текстильных машинах, в конвейерах, насосах, вентиляторах и т.д.

Простота конструкции асинхронного двигателя, особенно с короткозамкнутым ротором, позволила устанавливать в цехе или на заводе сотни и тысячи таких двигателей. Асинхронные двигатели, надежные в эксплуатации, могли изготавливаться герметически закрытыми, и, следовательно, их можно было использовать в самых тяжелых условиях: при повышенной влажности, в атмосфере бензиновых паров, различных газов и т.п. Асинхронные двигатели без повреждений выдерживают значительные кратковременные перегрузки. К концу 90-х годов электромашиностроительные заводы различных стран уже выпускали асинхронные двигатели в большом количестве и в широком диапазоне мощностей. Внедрение электрического привода играло революционизирующую роль в промышленном производстве. Сначала электродвигатели устанавливали для привода отдельных машин и станков большой мощности. Затем в цехах предприятий стали заменять паровую машину, выполнявшую функции центрального привода, электродвигателем. Так создавался групповой электропривод с многочисленными трансмиссиями в цеху. Это неизбежно создавало повышенную опасность при работе и обуславливало тяжелые производственные условия. Трансмиссионные передачи представляли собой систему основных и распределительных валов с насаженными на них шкивами, от которых движение с помощью ремней передавалось на шкивы станков. Вся система получала вращение от мощного центрального двигателя, расположенного в цеху или вне цеха.

В дальнейшем в связи с непрерывным ростом числа приводимых от одного двигателя рабочих машин энергию центральной двигательной установки начали рассредоточивать на несколько двигателей, размещенных в здании цеха. Единую трансмиссию делили на участки, обслуживавшие отдельные группы; такая групповая трансмиссия позволяла с большей гибкостью и надежностью управлять станками.

## 1. Общая часть

### 1.1 Тип механизма, назначение, его основные технические данные

Лесопильная вертикальная одноэтапная рама модели Р63-46 предназначена для продольной распиловки бревен и брусьев. Рама лесопильная применяется во временных и стационарных лесопильных цехах сельскохозяйственных, промышленных и строительных организаций.

Основные технические данные и характеристики:

Ширина просвета пильной рамки.....	630 мм
Ход пильной рамки.....	400 мм
Наибольший диаметр распиливаемых бревен.....	530 мм
Длина распиливаемых бревен и брусьев:	
наименьшая.....	3000 мм
наибольшая.....	7500 мм
Число двойных ходов пильной рамки в минуту.....	285
Подача бревен или бруса на один двойной ход пильной рамки.....	3-22 мм
Число пил в поставе:	
наибольшее.....	12 шт.
наименьшее.....	3 шт.
Габариты лесопильной рамы:	
длина.....	4232 мм
ширина.....	2615 мм
высота.....	3000 мм
Масса лесопильной рамы.....	5850 кг

## 1.2 Назначение электроприводов, кинематическая схема и ее описание

Главное движение в лесопильной раме - возвратно-поступательное перемещение пильной рамки с пилами, которое она получает через шатуны от кривошипных пальцев маховиков коренного вала. Один из маховиков коренного вала является приводным шкивом, который приводит коренной вал во вращение посредством ременной передачи от электродвигателя М1 (1).

Для уменьшения смещения пил в подвесках (при установке уклона пил) в конструкции лесопильной рамы предусмотрен уклон пильной рамки, который обеспечивается конструкцией станины. Непрерывная подача бревна или бруса осуществляется двумя парами вальцов. Вращательное движение нижние вальцы получают от мотор - редуктора, коробки скоростей и цепной передачи. При помощи цепной передачи вращение с нижних вальцов передается на верхние. Верхние вальцы смонтированы в воротах и вместе с ними могут подниматься и опускаться. Привод перемещения ворот находится в их верхней траверсе. Он состоит из фланцевого электродвигателя М2 (33), шестеренчатой пары 35-36 и передачи винт-гайка 37.

Краткое описание основных узлов лесопильной рамы:

Станина - цельносварная конструкция, состоящая из швеллеров и листовой стали. На станине монтируются механизмы лесопильной рамы.

Коренной вал предназначен для преобразования вращательного движения в

возвратно-поступательное движение пильной рамки с поставом пил. Коренной вал установлен на подшипниках качения в станине рамы. Он состоит из вала и маховиков. Маховики посажены на конусные поверхности вала. Один из маховиков одновременно является приводным шкивом под клиноременную передачу, а второй - тормозным.

Шатуны предназначены для соединения коренного вала с верхней траверсой пильной рамки. Они монтируются на подшипниках качения на кривошипных пальцах коренного вала и цапфах верхней траверсы пильной рамки. Пильная рамка состоит из верхней и нижней траверс, вертикальных стоек, ползунов и струбцин. В пильной рамке устанавливается при помощи захватов комплект (постав) рамных пил.

Главный привод, предназначенный для приведения во вращение коренного вала, состоит из электродвигателя М1 (1) со шкивом, эластичной муфты, салазок и клиноременной передачи. Тормоз служит для быстрого останова коренного вала лесопильной рамы; ручной, ленточного типа. Он состоит из рукоятки, системы рычагов и стальной ленты с наклепанной на нее фрикционной лентой, которая охватывает маховик коренного вала.

Буксовка, предназначенная для ручного прокручивания коренного вала, состоит из рычага и собачек, сцепляющихся с зубьями тормозного шкива (маховика) коренного вала.

Нижние вальцы предназначены для подачи распиливаемого бревна в лесораму. Они состоят из переднего и заднего вальцов и цепных передач между ними с натяжным роликом. Каждый из вальцов состоит из вала и насаженных на него секций и монтируется в станине лесорамы на подшипниках качения.

Ограждения служат для закрытия всех движущихся частей лесопильной рамы и обеспечивают безопасность работы на ней. Привод верхних вальцов предназначен для передачи вращения с нижних вальцов на верхние. Он состоит из цепной передачи, звездочек, регулируемых направляющих и натяжных роликов. Ворота (передние и задние) предназначены для прижима распиливаемого бревна к нижним вальцам и подачи его на лесопильную раму. Для удобства установки поставы пил в пильную рамку ворота открываются. Они состоят из воротницы с вальцом, направляющих штанг и верхней траверсы, в которой смонтирован привод подъема ворот. Воротница с вальцом подпружинена относительно винта привода подъема ворот. Привод перемещения М2 (33), М3 (41) ворот служит для подъема и опускания воротницы с вальцом по направляющим штангам, закрепленным на станине лесопильной рамы. Он состоит из фланцевого электродвигателя, шестеренчатой пары и передачи винт-гайка. Гайка находится внутри траверсы, а винт нижним концом закреплен на воротнице. Привод подачи М4 (47) служит для приведения во вращение вальцов. Он состоит из электродвигателя, редуктора, двух муфт, коробки скоростей (48-55) и цепной передачи. Привод подачи совмещен с пультом управления лесопильной рамой. Переключение подач производится рукоятками. Принадлежности: ключ для натяжения рамных пил, уклономер, установочная линейка предназначены для обслуживания лесопильной рамы в процессе

эксплуатации. Уклономер служит для проверки величины уклона рамных пил, установленных в пильной рамке, и представляет собой отвес, заключенный в деревянный корпус. Установочная линейка предназначена для проверки правильности установки пил в пильной рамке и состоит из угольника, линейки и зажимных винтов. Кинематическая схема лесопильной вертикальной одноэтажной рамы представлена на рисунке 1.

электропривод подвеска технологический рама

1.3 Последовательность включения приводов, режимы работы электроприводов  
Циклограмма работы лесопильной рамы:

1. Включение главного привода М1.
2. Включение привода М2.
3. Включение привода М3.
4. Регулировка величины подъема передних и задних ворот по диаметру бревна.
5. Выключение привода М2.
6. Выключение привода М3.
7. Включение электродвигателя М4.
8. Подача бревна вперед.
9. Отключение электродвигателя М4.
10. Выключение главного привода М1.

Кинематическая схема

Исходя из циклограммы следует, что двигатель главного привода М1 работает в продолжительном режиме; привод перемещения передних ворот М2, привод перемещения задних ворот М3, привод подачи М4 работают в повторно-кратковременном режиме.

2. Специальная часть

2.1 Расчет мощности электродвигателей приводов механизма

Расчет мощности электродвигателя главного привода М1:

Скорость резания, м/с

;

D - диаметр инструмента, мм; n - частота вращения шпинделя, об/мин.

Выбрана пила с числом зубьев Z=24, диаметром пилы D=200 мм.

Касательная сила, приходящаяся на один зуб, Н:

$$F_z = K \cdot B \cdot e;$$

$K=525 \text{ Н/мм}^2$  ? удельная сила резания; B ? ширина снимаемой стружки, мм; e - толщина снимаемой стружки, мм

$$F_z = 525 \cdot 2,4 \cdot 0,105 = 132,3 \text{ (Н)};$$

$$B = V_n + 2S_0;$$

$B_n = 1,4$  мм ? толщина пилы;  $S_0$  ? величина уширения на сторону,  $S_0 = 0,5 \dots 0,6$  мм.

$$B = 1,4 + 2 \cdot 0,5 = 2,4 \text{ (мм);}$$

$$e = 0,5 \cdot U_z;$$

$$e = 0,5 \cdot 0,21 = 0,105 \text{ (мм).}$$

Подача на один зуб, мм:

$$U_z = (U_{\max} \cdot 1000) / (Z \cdot n);$$

$U_{\max} = 5$  м/мин ? скорость подачи максимальная;  $Z$  ? число зубьев инструмента;  $n$  ? число оборотов, мин<sup>-1</sup>;

$$U_z = (5 \cdot 1000) / (24 \cdot 980) = 0,21 \text{ (мм).}$$

Усилие резания, Н:

$$F_{\text{рез}} = F_z \cdot Z;$$

$$F_{\text{рез}} = 132,3 \cdot 24 = 3175 \text{ (Н).}$$

Мощность резания, кВт:

$$P_z = F_{\text{рез}} \cdot V_{\text{рез}};$$

$$P_z = 3175 \cdot 10,3 \cdot 1000^{-3} = 32,7 \text{ (кВт)}$$

Мощность двигателя, кВт

$$P =$$

где  $\eta$  - КПД станка, принимается равным 0,96 - 0,97.

$$P = 34 \text{ (кВт)}$$

Расчет мощности электродвигателя перемещения передних ворот М2:

Рассчитывается мощность электродвигателя перемещения передних ворот [1, с. 17], кВт:

$P$

$G = 29000$  Н - вес перемещаемой части;  $\mu = 0,9$  - коэффициент трения в направляющих стола;  $V = 0,67$  м/мин;  $\eta = 0,1$  - КПД передачи.

$P$  (кВт)

Расчет мощности электродвигателя перемещения задних ворот М3:

Рассчитывается мощность электродвигателя перемещения задних ворот [1, с. 17], кВт:

$P$

$G = 29000$  Н - вес перемещаемой части;  $\mu = 0,9$  - коэффициент трения в направляющих стола;  $V = 0,67$  м/мин;  $\eta = 0,1$  - КПД передачи.

$P$  (кВт)

## 2.2 Выбор питающего напряжения и рода тока

На лесопильной раме применяются следующие напряжения переменного тока с

частотой 50 Гц;  
силовая цепь ? 380В;  
цепь управления ? 110В;  
цепь местного освещения ? 24В;  
цепь сигнализации ? 380В.

### 2.3 Выбор типа электродвигателей и их проверка

Электродвигатель главного привода М1

Выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А.

Тип двигателя: 4А225М6УЗ.

Для выбранного двигателя из справочника [2, с. 119] выписываем паспортные данные:

$P_n$  - номинальная мощность, кВт;  $P_n = 37$  кВт;

$n_0$  - синхронная частота вращения, об/мин;  $n_0 = 1000$  об/мин;

$S_n$  - номинальное скольжение;  $S_n = 2\%$ ;

$\eta_n$  - номинальный КПД;  $\eta_n = 91\%$ ;

$\cos\phi$  - номинальный коэффициент мощности;  $\cos\phi = 0,89$ ;

$K_1 = M_{\max}/M_n$  - кратность максимального момента;  $K_1 = 2$ ;

$K_2 = M_p / M_n$  - кратность пускового момента;  $K_2 = 1,2$ ;

$K_3 = M_{\min}/M_n$  - кратность минимального момента;  $K_3 = 1$ ;

$K_4 = I_p/I_n$  - кратность пускового тока;  $K_4 = 6,5$ .

Для проверки выбранного двигателя [1, с. 17]:

Номинальная частота вращения, об/мин

Номинальная скорость, рад/с

$$\omega_n = \pi \cdot n_n / 30$$

$$\omega_n = 3,14 \cdot 980 / 30 = 103 \text{ (рад/с)}.$$

Номинальный и максимальный моменты двигателя, Н•м

$$= 359 \text{ (Н•м)}$$

$$= 718 \text{ (Н•м)}$$

Значение пускового момента, Н•м

$$= 431 \text{ (Н•м)}$$

Величина статического момента, Н•м

$$\cdot 103 = 317 \text{ (Н•м)}$$

Для проверки двигателя на перегрузочную способность необходимо выполнить условие

$$M \leq 0,8 \cdot M_s$$

где  $M$  - максимальный статический момент.

$317 \text{ Нм} \cdot 0,8 \cdot 718 = 574 \text{ (Нм)}$

Для проверки двигателя по условиям пуска необходимо выполнить условие  
 $M_p \cdot M_c$

$431 \text{ Нм} \cdot 317 \text{ Нм}$

Электродвигатель привода перемещения передних ворот М2

Выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А.

Тип двигателя: 4А112МА6УЗ.

Для выбранного двигателя из справочника [2, с. 119] выписываем паспортные данные:

$P_n$  - номинальная мощность, кВт;  $P_n = 3 \text{ кВт}$ ;

$n_0$  - синхронная частота вращения, об/мин;  $n_0 = 1000 \text{ об/мин}$ ;

$S_n$  - номинальное скольжение;  $S_n = 5,5\%$ ;

$\eta_n$  - номинальный КПД;  $\eta_n = 81\%$ ;

$\cos \varphi_c$  - номинальный коэффициент мощности;  $\cos \varphi_c = 0,76$ ;

$K_1 = M_{\max} / M_n$  - кратность максимального момента;  $K_1 = 2,2$ ;

$K_2 = M_p / M_n$  - кратность пускового момента;  $K_2 = 2$ ;

$K_3 = M_{\min} / M_n$  - кратность минимального момента;  $K_3 = 1,6$ ;

$K_4 = I_p / I_n$  - кратность пускового тока;  $K_4 = 6$ .

Для проверки выбранного двигателя [1, с. 17]:

Номинальная частота вращения, об/мин

Номинальная скорость, рад/с

$\omega_n = 3,14 \cdot 945 / 30 = 98,9 \text{ (рад/с)}$ .

Номинальный и максимальный моменты двигателя, Н•м

$= 30,3 \text{ (Н•м)}$

$= 66,7 \text{ (Н•м)}$

Значение пускового момента, Н•м

$= 60,6 \text{ (Н•м)}$

Величина статического момента, Н•м

$\cdot 10^3 = 30,3 \text{ (Н•м)}$

Для проверки двигателя на перегрузочную способность необходимо выполнить условие

$M \cdot 0,8 \cdot M$ ,  $M$  - максимальный статический момент.

$30,3 \text{ Нм} \cdot 0,8 \cdot 66,7 = 53,4 \text{ (Нм)}$

Для проверки двигателя по условиям пуска необходимо выполнить условие

$M_p \cdot M_c$

$60,6 \text{ Нм} \cdot 30,3 \text{ Нм}$

Электродвигатель привода перемещения задних ворот М3

Выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А.

Тип двигателя: 4А112МА6УЗ.

Для выбранного двигателя из справочника [2, с. 119] выписываем паспортные

данные:

$P_n$  - номинальная мощность, кВт;  $P_n = 3 \text{ кВт}$ ;

$n_0$  - синхронная частота вращения, об/мин;  $n_0 = 1000 \text{ об/мин}$ ;

$S_n$  - номинальное скольжение;  $S_n = 5,5\%$ ;

$\eta_n$  - номинальный КПД;  $\eta_n = 81\%$ ;

$\cos\phi$  - номинальный коэффициент мощности;  $\cos\phi = 0,76$ ;

$K_1 = M_{\max}/M_n$  - кратность максимального момента;  $K_1 = 2,2$ ;

$K_2 = M_p / M_n$  - кратность пускового момента;  $K_2 = 2$ ;

$K_3 = M_{\min}/M_n$  - кратность минимального момента;  $K_3 = 1,6$ ;

$K_4 = I_p/I_n$  - кратность пускового тока;  $K_4 = 6$ .

Для проверки выбранного двигателя [1, с. 17]:

Номинальная частота вращения, об/мин

Номинальная скорость, рад/с

$\omega_n = 3,14 \cdot 945 / 30 = 98,9 \text{ (рад/с)}$ .

Номинальный и максимальный моменты двигателя, Н•м

$= 30,3 \text{ (Н•м)}$

$= 66,7 \text{ (Н•м)}$

Значение пускового момента, Н•м

$= 60,6 \text{ (Н•м)}$

Величина статического момента, Н•м

$\cdot 10^3 = 30,3 \text{ (Н•м)}$

Для проверки двигателя на перегрузочную способность необходимо выполнить условие

$M \leq 0,8 \cdot M_s$ ,  $M$  - максимальный статический момент.

$30,3 \text{ Нм} \leq 0,8 \cdot 66,7 = 53,4 \text{ (Нм)}$

Для проверки двигателя по условиям пуска необходимо выполнить условие

$M_p \leq M_s$

$60,6 \text{ Нм} \leq 30,3 \text{ Нм}$

Электродвигатель привода подачи М4

Выбираем асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором серии 4А.

Тип двигателя: 4А100L6У3.

Для выбранного двигателя из справочника [2, с. 119] выписываем паспортные данные:

$P_n$  - номинальная мощность, кВт;  $P_n = 2,2 \text{ кВт}$ ;

$n_0$  - синхронная частота вращения, об/мин;  $n_0 = 1000 \text{ об/мин}$ ;

$S_n$  - номинальное скольжение;  $S_n = 5,1\%$ ;

$\eta_n$  - номинальный КПД;  $\eta_n = 81\%$ ;

$\cos\phi$  - номинальный коэффициент мощности;  $\cos\phi = 0,73$ ;

$K_1 = M_{\max}/M_n$  - кратность максимального момента;  $K_1 = 2,2$ ;



$K_2 = M_p / M_n$  - кратность пускового момента;  $K_2 = 2$ ;

$K_3 = M_{\min} / M_n$  - кратность минимального момента;  $K_3 = 1,6$ ;

$K_4 = I_p / I_n$  - кратность пускового тока;  $K_4 = 5,5$ .

2.4 Расчет и построение механических характеристик выбранных двигателей

Электродвигатель главного привода М1

Уравнение механической характеристики имеет вид:

Критическое скольжение определяются по формуле:

$= 0,0832$

Угловая скорость определяются по формуле, рад/с

где  $\omega_0$  - скорость идеального холостого хода, рад/с.

$= 105$  рад/с

Задаваясь значением  $s$  в пределах  $(0 \text{ ч } 1,2)$  • скр рассчитываются зависимости  $M = f(s)$ , [1, с. 18].

Результаты вычисления заносятся в таблицу 1.

Таблица 1. Параметры естественной характеристики двигателя

$s$

0

0,02

0,04

0,0832

0,0998

М, Н•М

0

326

561

718

714

щ, рад/с

105

103

101

96,3

94,5

По полученным данным строится естественная механическая характеристика представленная на рисунке 2.

Электродвигатель привода перемещения передних ворот М2

Уравнение механической характеристики имеет вид:

Критическое скольжение определяются по формуле:

$$=0,229$$

Угловая скорость определяются по формуле, рад/с

- скорость идеального холостого хода, рад/с.

$$=105 \text{ рад/с}$$

Задаваясь значением  $s$  в пределах  $(0 \text{ ч } 1,2)$  • скр рассчитываются зависимости  $M = f(s)$ , [1, с. 18].

Результаты вычисления заносятся в таблицу 2.

Таблица 2. Параметры естественной характеристики двигателя

$s$

0

0,076

0,115

0,229

0,275

М, Н•м

0

40,1

53,4

66,7

65,7

щ, рад/с

105

97

92,9

81

76,1

По полученным данным строится естественная механическая характеристика представленная на рисунке 3.

Электродвигатель привода перемещения задних ворот МЗ

Уравнение механической характеристики имеет вид:

Критическое скольжение определяются по формуле:

$$s_{кр} = 0,229$$

Угловая скорость определяются по формуле, рад/с

$\omega_0$  - скорость идеального холостого хода, рад/с.

$$\omega_0 = 105 \text{ рад/с}$$

Задаваясь значением  $s$  в пределах (0 ч1,2)• скр рассчитываются зависимости  $M = f(s)$ , [1, с. 18].

Результаты вычисления заносятся в таблицу 3.

Таблица 3. Параметры естественной характеристики двигателя

$s$

0

0,076

0,115

0,229

0,275

М, Н•м

0

40,1

53,4

66,7

65,7

щ, рад/с

105

97

92,9

81

76,1

По полученным данным строится естественная механическая характеристика представленная на рисунке 4.

По полученным данным строится естественная механическая характеристика представленная на рисунке 4.

## 2.5 Выбор аппаратуры и трансформаторов управления

Номинальный ток для электроприемников имеющих в установке одиночный асинхронный двигатель [3, с. 42], А

$$I_n = P_n / (\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi)$$

Электродвигатель главного привода М1:

$$I_n = 37000 / (\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,89 \cdot 0,91) = 69,5 \text{ (А)}$$

Электродвигатель привода перемещения передних ворот М2:

$$I_n = 3000 / (\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,81 \cdot 0,76) = 7,41 \text{ (А)}$$

Электродвигатель привода перемещения задних ворот М3:

$$I_n = 3000 / (\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,81 \cdot 0,76) = 7,41 \text{ (А)}$$

Электродвигатель привода подачи М4:

$$I_n = 2200 / (\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,81 \cdot 0,73) = 5,66 \text{ (А)}$$

В качестве аппаратуры управления применяется магнитный пускатель КМ1 (для М1), КМ2.1 и КМ2.2 (для М2), КМ3.1 и КМ3.2 (для М3), КМ4.1 и КМ4.2 (для М4).

Номинальный ток пускателя КМ1 (для М1)

$I_p \approx I_{дл}$

$$100 \text{ А} \approx 69,5 \text{ А}$$

Тип пускателя выбирается из справочника [4, с. 32].

Выбран магнитный пускатель ПМЛ 4100 на  $I_n = 100 \text{ А}$ .

Номинальный ток пускателя КМ2.1 и КМ2.2 (для М2)

$$10 \text{ А} \approx 10 \text{ А}$$

Тип пускателя выбирается из справочника [4, с. 32].

Выбран магнитный пускатель ПМЛ 1100 на  $I_n = 10 \text{ А}$ .

Номинальный ток пускателя КМ3.1 и КМ3.2 (для М3)

$$10 \text{ А} \approx 10 \text{ А}$$

Тип пускателя выбирается из справочника [4, с. 32].

Выбран магнитный пускатель ПМЛ 1100 на  $I_n = 10 \text{ А}$ .

Номинальный ток пускателя КМ4.1 и КМ4.2 (для М4)

$$10 \text{ А} \approx 5,66 \text{ А}$$

Тип пускателя выбирается из справочника [4, с. 32].

Выбран магнитный пускатель ПМЛ 1100 на  $I_n = 10 \text{ А}$ .

Для питания цепей управления и освещения с целью повышения надежности работы электрических аппаратов и обеспечения безопасного обслуживания электрооборудования на станке установлены трансформаторы.

Расчет мощности трансформаторов управления, исходя из допустимого снижения  $\Delta U_T$ :

$$S_n \approx (e_k / \Delta U_T) \cdot (\cos \varphi_P \cdot S_P + \cos \varphi_B \cdot S_B),$$

$e_k$  - падение напряжения в катушке ( $e_k < 0,15 U_n$ ,  $\cos \varphi_P$  - коэффициент мощности

работающих электроприемников ( $\cos\varphi = 0,2 - 0,4$ );  $\cos\varphi$  - коэффициент мощности включаемых электроприемников ( $\cos\varphi = 0,6 - 0,8$ );  $D_{УТ}=0,15U_{н.с}$ .

TV1:  $400 \text{ ВА} ? (50/57) \cdot (0,4 \cdot (4+4+4+4) + 0,8 \cdot (4+4+4+4)) + 380 = 400 \text{ (ВА)}$

TV2:  $S_{н?} 63 \text{ (ВА)}$ .

Для TV1 выбран трансформатор ОСМ - 0,4 на номинальную мощность 0,4кВА [6, с. 103].

Для TV2 выбран трансформатор ОСМ - 0,063 на номинальную мощность 0,063кВА [6, с. 103].

## 2.6 Выбор защитной аппаратуры

В качестве защитной аппаратуры применяются автоматический воздушный выключатель QF1, QF2, QF3 - для защиты от короткого замыкания, тепловое реле - для защиты от перегрузки КК1, КК2.

Номинальный ток срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя QF1 (общий для М1, М2, М3, М4)

Иэл ?  $1,25 \cdot I_{дл}$

Иэл ?  $1,25 \cdot (69,5 + 7,41 + 7,41 + 5,66) = 112 \text{ (А)}$

Ток срабатывания комбинированного теплового расцепителя автоматического выключателя

Иср.эл.  $> 1,2 I_{п}$

Иср.эл.  $> 1,2 \cdot (6,5 \cdot 69,5 + 7,41 + 7,41 + 5,66) = 567 \text{ (А)}$

По справочнику [4, с. 15] выбирается автоматический выключатель АЕ2056 на  $I_{н} = 160 \text{ А}$ ,  $I_{расц} = 125 \text{ А}$ ,  $I_{сраб} = 1500 \text{ А}$ .

Иср.эл.  $= 12 \cdot I_{н}$

Иср.эл.  $= 12 \cdot 125 = 1500 \text{ (А)}$

Номинальный ток срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического выключателя QF2 (общий для М2, М3)

Иэл ?  $1,25 \cdot I_{дл}$

Иэл ?  $1,25 \cdot (7,41 + 7,41) = 18,5 \text{ (А)}$

Ток срабатывания комбинированного теплового расцепителя автоматического выключателя

Иср.эл.  $> 1,2 I_{п}$

Иср.эл.  $> 1,2 \cdot (6 \cdot 7,41 + 7,41) = 62,2 \text{ (А)}$

По справочнику [4, с. 15] выбирается автоматический выключатель АЕ2036 на  $I_{н} = 25 \text{ А}$ ,  $I_{расц} = 20 \text{ А}$ ,  $I_{сраб} = 240 \text{ А}$ .

Иср.эл.  $= 12 \cdot I_{н}$

Иср.эл.  $= 12 \cdot 20 = 240 \text{ (А)}$

Номинальный ток срабатывания электромагнитного расцепителя автоматического



выключателя QF3 (для М4)

$I_{эл} ? 1,25 \cdot I_{дл}$

$I_{эл} ? 1,25 \cdot 5,66 = 7,08 \text{ (A)}$

Ток срабатывания комбинированного теплового расцепителя автоматического выключателя

$I_{ср.эл.} > 1,2 I_n$

$I_{ср.эл.} > 1,2 \cdot 5,5 \cdot 5,66 = 37,4 \text{ (A)}$

По справочнику [4, с. 15] выбирается автоматический выключатель АЕ2026 на  $I_n = 16 \text{ A}$ ,  $I_{расц} = 8 \text{ A}$ ,  $I_{сраб} = 96 \text{ A}$ .

$I_{ср.эл.} = 12 \cdot I_n$

$I_{ср.эл.} = 12 \cdot 8 = 96 \text{ (A)}$

Номинальный ток нагревательного элемента теплового реле КК1 (для М1)

$I_T > 1,15 I_{дл}$

$I_T ? 1,15 \cdot 69,5 = 79,9 \text{ A}$

По справочнику [4, с. 176] выбирается тепловое реле РТЛ с параметрами  $I_n = 90 \text{ A}$ , диапазон несрабатывания тока  $D = (0,75 \text{ ч } 1,25) I_n$ .

Номинальный ток нагревательного элемента теплового реле КК2 (для М4)

$I_T ? 1,15 \cdot 5,66 = 6,51 \text{ A}$

По справочнику [4, с. 176] выбирается тепловое реле РТЛ с параметрами  $I_n = 6,75 \text{ A}$ , диапазон несрабатывания тока  $D = (0,75 \text{ ч } 1,25) I_n$ .

## 2.7 Выбор питающих проводов и кабелей

Сечение проводов и кабелей для напряжения до 1 кВ по условию нагрева определяется по справочнику [6, с. 17], в зависимости от расчетного значения длительно допустимой токовой нагрузки из соотношения

$I_{доп} > I_{дл} = I_n$ ,  $I_{дл}$  - ток расчетной длительной нагрузки

Для питания электродвигателя М1 выбран из справочника провод марки ПВЗ 4 (1x16), с  $I_d = 75 \text{ A}$ . С учетом аппаратов защиты выбран провод марки ПВЗ 4 (1x25), с  $I_d = 90 \text{ A}$ .

Для питания электродвигателя М2 выбран из справочника провод марки ПВЗ 4 (1x1), с  $I_d = 14 \text{ A}$ . С учетом аппаратов защиты выбран провод марки ПВЗ 4 (1x1), с  $I_d = 14 \text{ A}$ .

Для питания электродвигателя М3 выбран из справочника провод марки ПВЗ 4 (1x1), с  $I_d = 14 \text{ A}$ . С учетом аппаратов защиты выбран провод марки ПВЗ 4 (1x1), с  $I_d = 14 \text{ A}$ .

Для питания электродвигателя М4 выбран из справочника провод марки ПВЗ 4 (1x1), с  $I_d = 14 \text{ A}$ . С учетом аппаратов защиты выбран провод марки ПВЗ 4 (1x1), с  $I_d = 14 \text{ A}$ .

Для питания всего станка:

$I_{общ} = I_1 + I_2 + I_3 + I_4$

$I_{\text{общ}} = 69,5 + 7,41 + 7,41 + 5,66 = 90 \text{ (A)}$

Выбран из справочника провод марки ПВЗ 4 (1x25), с  $I_d = 90 \text{ A}$ .

С учетом аппаратов защиты уточняется сечение провода: выбран провод ПВЗ 4 (1Ч35),  $I = 115 \text{ A}$ .

## 2.8 Разработка и описание схемы электрической принципиальной

Электросхема предусматривает дистанционное управление всеми механизмами лесопильной рамы при помощи кнопочных постов, установленных на панели пульта управления.

При нажатии на кнопку SB2 включается реле KA1, которое включает пост сигнальный HL2 с одновременным включением реле времени KT1. По истечении времени (10 с) включается промежуточное реле KA2, которое своими контактами отключает реле KT1 и сигнализацию, включает пускатель KM1. Он подключает к сети электродвигатель M1 привода механизма резания.

Нажатием кнопок SB4 (SB5) «ворота передние» или SB6 (SB7) «ворота задние» оператор регулирует величину подъема передних и задних ворот по диаметру бревна. В этом случае включаются соответственно пускатели KM2.1 (KM2.2) или KM3.1 (KM3.2) и подключают к сети электродвигатели M2 или M3 механизмов перемещения ворот.

Нажатием кнопки SB9 оператор включает пускатель KM4.1, который подключает электродвигатель механизма подачи M4 к сети. Осуществляется подача бревна вперед.

При необходимости возврата бревна оператор нажимает кнопку SB8 и останавливает подачу, а затем нажимает кнопку SB10, которая включает пускатель KM4.2, и механизм подачи возвращает бревно.

Отключение лесопильной рамы осуществляется нажатием кнопки SB1.

Быстрый останов лесопильной рамы осуществляется тормозом, механизм которого воздействует на выключатель SQ2, отключающий лесопильную раму.

Опускание ворот и прижим ими бревна производится нажатием кнопок SB5, SB7 в толчковом режиме. При достижении предельного усилия прижима выключатели SQ5, SQ6 отключают опускание ворот при нажатых кнопках SB5 и SB7. При освобождении кнопок ворота поднимаются до момента освобождения выключателей SQ5, SQ6, а при подъеме верхнего вальца бревном, т.е. при подаче бревна большего диаметра, эти выключатели включают механизм подъема ворот, и они поднимаются. Таким образом поддерживается постоянное усилие прижима бревна.

Блокировки:

Включение вводного выключателя возможно только при закрытой дверце электрошкафа (при условии, что переключатель SA1 находится в положении «1» (работа)). Контролируется конечным выключателем SQ1.

При открывании дверцы включенного электрошкафа выключатель SQ1 посредством независимого расцепителя отключает QF1 и тем самым обесточивает электрошкаф.

Включение вводного выключателя в режиме наладки возможно при открытом электрошкафе. Переключатель SA1 в этом случае должен находиться в положении «0»

(наладка).

Пуск лесопильной рамы невозможен:

- при открытых воротах (обеспечивается конечными выключателями SQ3, SQ4);
- при заторможенном коренном вале лесопильной рамы (контролируется выключателем SQ2);
- при снятом ограждении переднего вальца (контролируется выключателем SQ9).

Подача вперед невозможна:

- при максимально поднятых воротах передних и задних (обеспечивается конечными выключателями SQ7, SQ8);
- при неработающем приводе механизма резания (обеспечивается контактом 57-58 пускателя KM1).

Светозвуковая сигнализация пуска лесопильной рамы осуществляется постом сигнальным HAI.

Сигнализация наличия напряжения на электрооборудовании лесопильной рамы обеспечивается лампой HL1 и устройством светосигнальным HL2.

Защита силовых цепей и цепей управления от токов короткого замыкания обеспечивается автоматическими выключателями QF1, QF2, QF3, SF1.

Защита электродвигателей M1 и M4 от длительных перегрузок обеспечивается тепловым реле KK1 и KK2, а защита цепей сигнализации о пуске лесопильной рамы - предохранителем FU1.

Ремонтное освещение электрошкафа осуществляется от разделительного трансформатора TV1 лампой EL1.

## 2.9 Циклограмма работы электроприводов и цепи управления

Циклограмма работы станка следующая:

- включаем вводные автоматы QF1, QF2, QF3, автомат цепи управления SF1;
- при замкнутых конечных выключателях SQ3, SQ4 нажимаем кнопку SB2 включаются реле KA1, KT1;
- реле KT1 включает реле KA2;
- реле KA2 подает питание на магнитный пускатель KM1;
- магнитный пускатель KM1 замыкает свои контакты в силовой цепи, при этом включается электродвигатель главного привода M1;
- нажимаем кнопку SB4 (SB5) получает питание магнитный пускатель KM2.1 (KM2.2);
- магнитный пускатель KM2.1 (KM2.2) замыкает свои контакты в силовой цепи, при этом включается электродвигатель привода перемещения передних ворот M2;
- нажимаем кнопку SB6 (SB7) получает питание магнитный пускатель KM3.1 (KM3.2);
- магнитный пускатель KM3.1 (KM3.2) замыкает свои контакты в силовой цепи, при этом включается электродвигатель привода перемещения задних ворот M3;
- нажимаем кнопку SB9 (SB10) получает питание магнитный пускатель KM4.1 (KM4.2);
- магнитный пускатель KM4.1 (KM4.2) замыкает свои контакты в силовой цепи, при этом включается электродвигатель привода подачи M4;

Остановка двигателя главного привода М1, привода перемещения передних ворот М2, привода перемещения задних ворот М3, привода подачи М4 происходит при нажатии кнопки SB1.

Циклограмма работы главного привода приведена на рисунке 5.

## 2.10 Разработка и описание схемы электрической соединений

Электрошкаф с аппаратурой устанавливается по возможности ближе к лесопильной раме в удобном для эксплуатации и безопасного обслуживания месте.

В электрошкафу также расположены автоматические выключатели QF1, QF2, QF3.

Пост сигнальный (HL1, HL2) устанавливается в удобном для эксплуатации месте.

Электродвигатель М1 расположен в верхней части лесопильной рамы сзади.

Электродвигатель М2 перемещения передних ворот установлен в левой части лесопильной рамы.

Электродвигатель М3 перемещения задних ворот установлен в правой части лесопильной рамы.

Электродвигатель М4 подачи расположен сзади в нижней части лесопильной рамы.

Пульт управления (кнопки SB1-SB10) расположен в центре лесопильной рамы.

## 3. Индивидуальная часть

### 3.1 Анализ существующей системы управления механизмом

Электроприводом называют электромеханическую систему, состоящую из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств, предназначенную для приведения в движение исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением.

На лесопильной раме применяются, электроприводы с асинхронным двигателем с короткозамкнутым ротором. Электроприводы с асинхронными двигателями надежны, просты в эксплуатации, дешевы. Обладают высокими энергетическими показателями. Недостатком таких двигателей является сложность регулирования частоты вращения.

### 3.2 Модернизация электрооборудования

В качестве модернизации предлагается установка на привода перемещений передних и задних ворот частотного преобразователя SINAMICS G120C.

Частотный преобразователь SINAMICS обеспечивает точные функции позиционирования, высокую гибкость, энергоэффективность благодаря рекуперации. Имеет компактную конструкцию, высокую удельную мощность, небольшой объем, простой монтаж в ограниченном пространстве, занимает небольшую площадь, содержит оптимальный набор параметров, оптимизированный процесс ввода в эксплуатацию, дает возможность использования панелей BOP-2 или IOP, имеет встроенный USB-разъем, простое и быстрое программное параметрирование, простое удобное управление при вводе в эксплуатацию и текущей работе, высокая надежность, простое ТО, вставные клеммы, функцию «клонирования» через BOP-2 или карту SD, счетчик часов работы на «Привод вкл.» и «Двигатель вкл.», быстро монтируется, имеет энергоэффективное векторное

управление без датчика, автоматическое уменьшение потока с U/f ECO, встроенный калькулятор энергосбережения. SINAMICS G120C это компактный преобразователь со степенью защиты IP20 для установки в электрошкаф, объединяющий в одном устройстве такие функциональные блоки, как управляющий модуль (CU) и силовой модуль (PM).

Интеграция SINAMICS G120C в самые разные приложения возможна по выбору через встроенные цифровые и аналоговые входы. Надежная и эффективная работа двигателя достигается за счет применения самой современной технологии IGBT в комбинации с модернизированным векторным управлением. Кроме этого, интегрированные в SINAMICS G120C обширные защитные функции обеспечивают надежную защиту для преобразователя и двигателя.

Компоненты промежуточного контура

Тормозные резисторы:

Через тормозной резистор отводится избыточная энергия промежуточного контура.

Тормозные резисторы предназначены для использования с SINAMICS G120C. Он оборудован встроенным тормозным прерывателем (электронный выключатель).

Дополнительные системные компоненты

Интеллектуальная панель оператора IOP:

Графическая, удобная для пользователя и мощная панель оператора для ввода в эксплуатацию и диагностики, а также для локального управления и наблюдением SINAMICS G120C.

Базовая панель оператора BOP-2:

2-рядный дисплей для поддержки ввода в эксплуатацию и диагностики привода.

Возможно локальное управление приводом.

С помощью базовой панели оператора BOP-2 можно вводить привод в эксплуатацию, наблюдать за текущей работой и выполнять индивидуальные настройки параметров.

Карты памяти:

На карты памяти SINAMICS Micro Memory Card (MMC) или SIMATIC SD Card можно сохранить параметрирование преобразователя. При сервисном обслуживании установка, к примеру, после замены преобразователя и передачи данных с карты памяти, снова сразу же готова к работе. Соответствующий держатель карт встроен в преобразователь.

Цифровые входы - Стандарт: 6 входов с потенциальной развязкой. Оптическая изоляция. Свободный опорный потенциал (собственная группа потенциалов). Выбор логики NPN/PNP возможен через разводку.

- уровень переключения: с 0 на 1 выход 11 В;

- уровень переключения: с 1 на 0 выход 5 В.

На рисунке 6 представлен частотный преобразователь SINAMICS G120C.

Внешний вид частотного преобразователя

На рисунке 7 представлена компоновка преобразователя частоты

Компоновка преобразователя частоты

### 3.3 Эффективность модернизации

Преимущества частотного преобразователя:

- экономичный;
- компактный;
- простой в использовании;
- обладает широкими функциональными возможностями.

Преобразователь сочетает в себе компактные размеры при высокой удельной мощности и характеризуется возможностью быстрой установки и ввода в эксплуатацию, с помощью доступного и простого программного обеспечения. Для обеспечения высокой энергоэффективности преобразователь имеет оптимизированное по расходу энергии векторное управление и автоматическое снижение потока.

Достоинства:

Обслуживание преобразователя требует минимальных навыков и обучения.

Преобразователь занимает малую площадь.

Имеет небольшие габариты.

Легкий ввод в эксплуатацию.

Энергоэффективное управление двигателем.

Работает со всеми интерфейсами.

Удобный в обслуживании.

Имеет продолжительный срок службы.

## 4. Организация технической эксплуатации и обслуживания электрооборудования механизма

### 4.1 Пусконаладочные работы

Первоначальный пуск:

При транспортировке лесопильной рамы и при установке ее у потребителя возможны нарушения контактных соединений проводов и заводской регулировки аппаратуры. Поэтому подготовка к первоначальному пуску имеет большое значение для обеспечения нормальной работы лесопильной рамы. Перед первоначальным пуском необходимо проверить надежность всех контактных соединений и работу контактов аппаратуры, надежность заземления, качество монтажа и соответствие его электрическим схемам. Работы по наладке электроаппаратуры под напряжением должны производиться только персоналом, имеющим допуск к производству этих работ.

Рукоятку переключателя SA1 в электрошкафе поставить в положение «0» (наладка), что означает возможность включения вводного выключателя QF1 при открытой дверке шкафа.

Включить автоматические выключатели QF1, QF2, QF3, не подключая провода питания электродвигателей к клеммным зажимам в электрошкафе.

Закрывать ворота и освободить тормоз.

Включением вводного выключателя QF1 подключить электрооборудование лесопильной рамы к цеховой сети. При этом загорается лампа HL1, сигнализирующая о наличии напряжения.

При помощи кнопок с пульта проверить четкость срабатывания магнитных пускателей и реле.

Соблюдая меры безопасности, проверить выдержку времени реле КТ1, которая должна быть 10 с. При необходимости произвести регулировку.

Отключить вводный выключатель QF1, подсоединить провода питания электродвигателей.

Включить вводный выключатель QF1 и проверить направление вращения электродвигателей М1, М2, М3, М4.

Закрывать электрошкаф, предварительно поставив рукоятку переключателя SA1 в положение «1» (работа).