

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

Институт «Политехнический», факультет «Энергетический»

Кафедра «Автоматизированный электропривод»

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой, к.т.н., доцент

_____ /А.Н. Шишков/

“ _____ ” _____ 2019 г.

Электропривод вальцов на участке формовки кирпича

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ

ЮУрГУ-13.03.02.2019.139 ВКП

Руководитель проекта:

Доцент, к.т.н.

_____ /Д.А. Сычёв/

“ _____ ” _____ 2019 г.

Автор проекта

студент группы _____

_____ /М.Г. Сидорченко/

“ _____ ” _____ 2019 г.

Нормоконтролер

Доцент, к.т.н.

_____ /А.Е. Бычков/

“ _____ ” _____ 2019 г.

Челябинск
2019 г.

АННОТАЦИЯ

Сидорченко М.Г. Электропривод вальцов на участке формовки кирпича. – Челябинск: ЮУрГУ, П-476; 2019, 52 с., 13 ил., 11 табл., библиографический список – 9 наим., 1 лист чертежа ф. А3

Целью данного выпускного квалификационного проекта является проектирование автоматизированного электропривода вальцов тонкого помола. Проект состоит из описания рассматриваемого технологического процесса, расчета и выбора основных элементов электропривода, построения переходных и статических характеристик выбранного привода для разных режимов, проверки по производительности и нагреву выбранного двигателя и преобразователя, составления списка используемых в системе автоматизации сигналов и разработки логических уравнений, связывающих входные и выходные сигналы. По данному алгоритму работы системы составляется функциональная схема автоматизации, отображающая все кинематические и электрические связи между элементами.

Дополнительно в ходе проекта разрабатывается пульт оператора, с которого управляется система. Кроме того, производится выбор составных частей системы автоматизации, разрабатывается принципиальная схема системы автоматизации.

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ ВКП				
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>					
Разраб.		Сидорченко М.Г.			Электропривод вальцов на участке формовки кирпича		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
Провер.		Сычев Д.А.						4	52
Реценз							ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Бычков А.Е.							
Утверд.		Шишков А.Н.							

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
1 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВАЛЬЦОВ ТОНКОГО ПОМОЛА	
1.1 Исходные данные	8
1.2 Расчет мощности двигателя	11
1.3 Выбор типа двигателя	16
1.4 Выбор редуктора	17
1.5 Приведение статических моментов и моментов инерции к валу двигателя	17
1.6 Предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности	22
1.7 Выбор преобразователя частоты	25
1.8 Расчет статических характеристик электропривода.....	26
1.9 Расчет параметров схем пуска и торможения в системе ПЧ- АД и переходных процессов.....	29
1.9.1 Расчет схем пуска и торможения	29
1.9.2 Расчет переходных процессов.....	30
1.10 Интегральные показатели переходных процессов	30
1.10.1 Проверка на заданную производительность	3
1.10.2 Проверка по нагреву двигателя.....	31
1.10.3 Проверка по нагреву преобразователя	32
1.11 Энергетические показатели.....	32
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1	29
2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ КОНВЕЕРНОЙ ЛИНИИ	34
2.1 Составление списка сигналов системы автоматизации	35
2.2 Разработка алгоритма автоматизации управления механизмами объекта	41
2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации.....	43
2.4 Выбор элементной базы автоматизации	45

2.5 Разработка схемы электрической принципиальной	47
ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2	49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	50
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	51
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	52

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ	<i>Лист</i>
						6
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

ВВЕДЕНИЕ

Целью данного выпускного квалификационного проекта является разработка автоматизированного электропривода вальцов тонкого помола. Для достижения данной цели был описан полный технологический процесс, был выбран двигатель, который удовлетворяет требуемому режиму работы и подходит по расчетной мощности, а также проходит проверки по нагреву и производительности. Преобразователь частоты выбирается на основании технических характеристик и каталожных данных выбранного ранее двигателя. Затем проведен расчет естественных и искусственных механических, а также переходных и динамических характеристик в режимах разгона и торможения.

В дополнение к расчету электропривода, была разработана система автоматизации, выбрана необходимая для функционирования элементная база. На основе описания технологического процесса разработаны уравнения работы схемы. На заключительном этапе проектирования была составлена принципиальная электрическая схема механизма.

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ВАЛЬЦОВ ТОНКОГО ПОМОЛА

1.1 Исходные данные

Вальцы тонкого помола предназначаются для помола глины и других материалов для их дальнейшей обработки. Вальцы устанавливаются в поточно-технологических линиях массозаготовительных отделений по переработке глиняных масс, которые предварительно обработаны на массоперерабатывающем оборудовании и прошли магнитную сепарацию по выделению металлических включений.

Сам механизм состоит из рамы 1, на которой закреплено два вала: 2 – валок неподвижной и 3 – валок подвижной. Валок 3 приводится в работу от привода, состоящего из электродвигателя 5 и двухступенчатого редуктора, скрытого за ограждением 8. Двигатели приводов валков закрепляются на фундаментных салазках, имеющих болты 7 для регулировки положения при центровке шкивов и натяжении ремней клиноременной передачи.

Глина поступает с конвейера в загрузочную воронку 6, после чего попадает в пространство между валками, где измельчается и попадает на скребок 4, а затем в тележку/бункер.

На рисунке 1 показана кинематическая схема механизма вальцов тонкого помола.

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

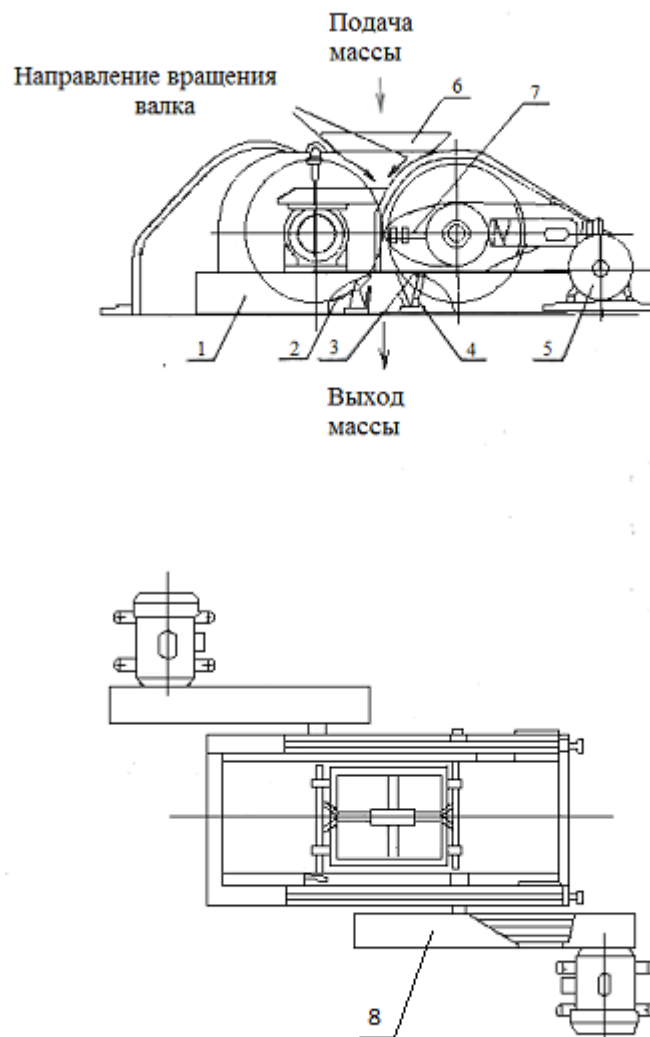


Рисунок 1 – Кинематическая схема механизма валцов тонкого помола

В Таблице 1 представлены технические данные механизма вальцов тонкого помола, необходимые для расчетов.

Таблица 1 – Исходные данные

Наименование показателя	Обозначение	Размерность	Величина
Масса валка	m	т	5
Масса глины	m_{Γ}	т	1
Диаметр валка	$D_{\text{В}}$	м	1
Путь, проходимый валком	φ	рад	400
Рабочая скорость	$\omega_{\text{р}}$	рад/с	3
Допустимое ускорение	$\epsilon_{\text{доп}}$	рад/с ²	0,5
Диаметр ступицы валка	$d_{\text{СТ}}$	м	$0,25 \cdot D_{\text{В}}$
Коэффициент трения скольжения	μ	–	0,02
Коэффициент трения качения	f	мм	0,5

1.2 Расчет мощности двигателя

На основании исходных данных проводим расчет и построение зависимости скорости рабочей машины от времени $v(t)$. Различия на участках в значениях статических нагрузок и моментов инерции. На основе заданных путей перемещения

φ , установившейся скорости ω_p и допустимого ускорения $\varepsilon_{доп}$ рассчитаем:

Время пуска $t_{п}$ до установившейся скорости с допустимым ускорением, торможения $t_{т}$ от установившейся скорости до остановки:

$$t_{п} = t_{т} = \frac{\omega_y}{\varepsilon_{доп}}. \quad (1.2.1)$$

Путь, проходимый за время пуска (торможения) рабочей машиной:

$$\varphi_{п} = \varphi_{т} = \frac{\omega_y^2}{2 \cdot \varepsilon_{доп}}. \quad (1.2.2)$$

Время установившегося режима движения со скоростью v_y

$$t_y = \frac{\varphi - (\varphi_{п} + \varphi_{т})}{\omega_y}. \quad (1.2.3)$$

Подставив числовые значения, получим:

$$t_{п} = t_{т} = \frac{3}{0,5} = 6 \text{ с};$$

$$\varphi_{п} = \varphi_{т} = \frac{3^2}{2 \cdot 0,5} = 9 \text{ рад}.$$

Время установившегося режима:

$$t_y = \frac{400 - (9 + 9)}{3} = 127 \text{ с}.$$

Общее время работы:

$$t_{рО} = t_{п} + t_y + t_{т}; \quad (1.2.4)$$

$$t_{рО} = 6 + 127 + 6 = 139 \text{ с}.$$

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

Силы трения скольжения в подшипниках и силы трения качения глины по валку создают статические моменты сопротивления движению в рабочих машинах.

Момент сил трения, действующих на подшипники:

$$M_{\text{ТП}} = \left(\frac{m \cdot d_c \cdot \mu_{\text{п}} \cdot g}{2} + \frac{P \cdot d_c \cdot \mu_{\text{п}}}{2} \right) \cdot \cos 45, \quad (1.2.5)$$

где m – масса, опирающаяся на подшипники, кг;

d_c – диаметр шейки вала или оси, м;

$\mu_{\text{п}}$ – коэффициент трения скольжения в подшипниках;

P – давление глины на валок;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – ускорение силы тяжести.

В соответствии с формулой (1.2.5):

$$M_{\text{ТП}} = \left(\frac{5000 \cdot 0,25 \cdot 0,02 \cdot 9,81}{2} + \frac{11000 \cdot 0,25 \cdot 0,02}{2} \right) \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} = 106,154 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

На рисунке 2 показана схема давления валка на подшипник $m \cdot g$, давления глины на валок P и эквивалентная им сила F .

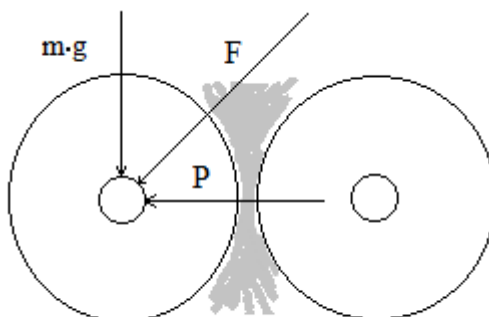


Рисунок 2 – Схема давления валка на подшипник, давления глины на валок и эквивалентная им сила

Момент сил трения качения:

$$M_{\text{ТК}} = P \cdot f, \quad (1.2.6)$$

где f – коэффициент трения качения.

В соответствии с формулой (1.2.6):

При движении валка с глиной:

$$M_{TK} = 11000 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} = 5,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Чтобы определить динамические моменты рабочей машины рассчитываются моменты инерции рабочей машины (рабочего органа):

$$J_{PO} = 2m \cdot \frac{D_K^2}{4}, \quad (1.2.7)$$

где m – масса движущихся частей;

D_K – диаметр валка.

В соответствии с формулой (1.2.7):

$$J_{PO} = 2 \cdot 5000 \cdot \frac{1^2}{4} = 2500 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

При заданной величине допустимого ускорения $\epsilon_{\text{доп}}$ для каждого режима рабочей машины определяются динамические моменты:

$$M_{\text{РОДИН}} = \pm J_{PO} \cdot \epsilon_{\text{доп}}. \quad (1.2.8)$$

При разгоне и торможении валка с глиной:

$$M_{\text{РОДИН}} = \pm 2500 \cdot 0,5 = \pm 1250 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Полный момент рабочей машины находится по формуле:

$$M_{PO} = M_{\text{РОСТ}} + M_{\text{РОДИН}}. \quad (1.2.9)$$

Первый участок – разгон валка:

$$M_{PO}^1 = M_{\text{РОСТ}} + M_{\text{РОДИН}}^1 = 106,154 + 5,5 + 1250 = 1361,654 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Второй участок – равномерное движение валка:

$$M_{PO}^2 = M_{\text{РОСТ}} = 106,154 + 5,5 = 111,654 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Третий участок – торможение валка:

$$M_{PO}^3 = M_{\text{РОСТ}} - M_{\text{РОДИН}} = 106,154 + 5,5 - 1250 = -1138,346 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Значения моментов (статических, моментов инерции, полного момента рабочей машины) для каждого участка движения сведены в таблицу 2.

Таблица 2 – Предварительный расчет нагрузочных диаграмм

Расчетные данные	Обозначение	Пуск	Уст. режим	Торможение
Скорость, рад/с	ω_{PO}	–	3	–
Время, с	t_{PO}	6	127	6
Путь, рад	φ_{PO}	9	382	9
Моменты РО, Н·м:				
Трения скольжения в подшипниках	$M_{ТП}$	106,154		
Трения качения	$M_{ТК}$	5,5		
Статический момент, Н·м	$M_{РОСТ}$	111,654		
Момент инерции, кг·м ²	J_{PO}	2500		
Динамический момент, Н·м	$M_{РОДИН}$	1250	0	-1250
Суммарный момент, Н·м	$M_{РО}$	1361,6	111,654	-1138,346

Полученные значения скорости и моментов показаны на нагрузочных диаграммах рабочего органа на рисунке 3.

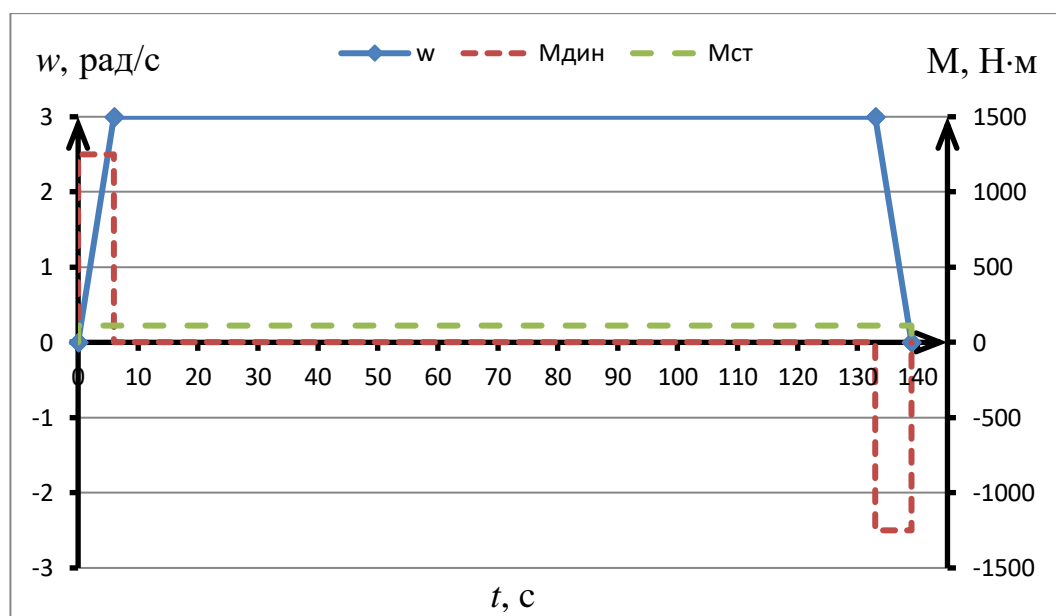


Рисунок 3 – Нагрузочная диаграмма скорости и моментов рабочего органа

Рассчитаем среднеквадратическое значение момента:

$$M_{\text{СРКВ}} = \sqrt{\frac{\sum_{K=1}^m M_K^2 \cdot t_K}{\sum_{K=1}^m t_K}}, \quad (1.2.10)$$

где M_K – момент двигателя на k -м участке, Н·м;

t_K – длительность k -го участка, с.

Подставив числовые значения, получим:

$$M_{\text{СРКВ}} = \sqrt{\frac{1361,6^2 \cdot 6 + 111,654^2 \cdot 127 + (-1138,346)^2 \cdot 6}{6 + 127 + 6}} = 383,865 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Мощность двигателя может быть определена по формуле:

$$P_{\text{ДВ}} = k_1 \cdot M_{\text{СРКВ}} \cdot \omega_0 \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{факт}}}{\text{ПВ}_{\text{кат}}}}, \quad (1.2.11)$$

где k_1 – коэффициент, который учитывает динамические нагрузки, обусловленные вращающимися элементами электродвигателя (двигатель, редуктор) и потери мощности в редукторе, $k_1 = 1,5$;

ω_0 – основная скорость движения РО, м/с;

$\text{ПВ}_{\text{ФАКТ}}$ – фактическое значение относительной продолжительности включения проектируемого электродвигателя;

$\text{ПВ}_{\text{КАТ}}$ – ближайшее к $\text{ПВ}_{\text{ФАКТ}}$ каталожное значение относительной продолжительности включения для электродвигателя выбранной серии.

Фактическое значение относительной продолжительности включения $\text{ПВ}_{\text{ФАКТ}}$ рассчитываем, зная длительность работы t_k на всех m участках движения и заданное время цикла:

$$t_{\text{ц}} = 150 \text{ с};$$

$$\text{ПВ}_{\text{ФАКТ}} = \frac{1}{t_{\text{ц}}} \cdot \sum_{K=1}^m t_k; \quad (1.2.12)$$

$$\text{ПВ}_{\text{ФАКТ}} = \frac{139}{150} = 0,93.$$

Тогда мощность двигателя:

$$P_{\text{дв}} = 1,5 \cdot 383,865 \cdot 3 \cdot \sqrt{\frac{0,93}{1}} = 1665,8 \text{ Вт.}$$

1.3 Выбор типа двигателя

Из каталога [1] асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором выбираем двигатель краново-металлургической серии 7FMTK132S4. Каталожные данные двигателя сведены в таблицу 3.

Таблица 3 – Номинальные данные двигателя 7FMTK132S4 ПВ=100%

Наименование показателя	Обозначение	Размерность	Величина
Номинальная мощность на валу	P_{H}	кВт	7,5
Номинальная частота вращения	n_{H}	об/мин	1356
Номинальный ток статора	I_{1H}	А	15,8
Номинальное напряжение	U_{H}	В	380
Коэффициент мощности в номинальном режиме	$\cos\varphi_{\text{H}}$	–	0,87
Ток холостого хода в номинальном режиме	I_0	А	5,8
Номинальный момент	M_{H}	Н·м	52,8
Критический момент	$M_{\text{МАКС}}$	Н·м	158,4
Активное сопротивление обмотки статора	r_1	Ом	0,687
Приведённое активное сопротивление ротора	r_2	Ом	0,505
Индуктивное сопротивление статора	x_1	Ом	1,585
Приведённое индуктивное сопротивление ротора	x_2	–	1,59
КПД	η	–	0,872
Номинальная частота	f_{H}	Гц	50
Количество пар полюсов	$2p$	–	4

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ

Лист

16

1.4 Выбор редуктора

Номинальная скорость вращения выбранного двигателя и основная скорость движения исполнительного органа определяют передаточное число редуктора по формуле (1.4.1):

$$i_p = \frac{\omega_H \cdot D}{2 \cdot \omega_0}, \quad (1.4.1)$$

где D – диаметр колеса на выходном валу редуктора, преобразующего вращение вала в поступательное движение исполнительного органа рабочей машины, м;

ω_0 – основная скорость движения исполнительного органа.

В соответствии с формулой (1.4.1):

$$i_p = \frac{142 \cdot 1}{2 \cdot 3} = 23,7.$$

Выбираем двухступенчатый редуктор Ц2У-160, исходя из того, что передаточное число должно быть равным или несколько меньшим рассчитанного, при этом должны быть учтены условия работы механизма и скорость двигателя. Данные редуктора из каталога [2] заносим в таблицу 4.

Таблица 4 – Характеристики редуктора Ц2У-160

Наименование показателя	Обозначение	Размерность	Величина
Передаточное число редуктора	i_p	–	24,9
Номинальный крут. момент на выходном валу	M_H	Н·м	1250
КПД	η_p	%	96

1.5 Приведение статических моментов и моментов инерции к валу двигателя

Расчет статических моментов рабочей машины, приведенных к валу двигателя, происходит после выбора двигателя и редуктора по формуле:

$$M_{PC} = \frac{M_{POCT}}{i_P}, \quad (1.5.1)$$

где M_{POCT} – статический момент рабочего органа;

i_P – передаточное число редуктора.

При движении вала с глиной:

$$M_{PC} = \frac{111,654}{24,9} = 4,484 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Статический момент на валу в двигательном режиме, учитывая потери в редукторе, рассчитывается по формуле:

$$M_{BC} = \frac{M_{PC}}{\eta_P}. \quad (1.5.2)$$

При движении вала с глиной в двигательном режиме:

$$M_{BCD} = \frac{4,484}{0,96} = 4,671 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

При работе электропривода в тормозных режимах моменты на валу двигателя определяют по формуле:

$$M_{BCT} = M_{PC} \cdot \eta_P. \quad (1.5.3)$$

При движении вала с глиной в тормозном режиме:

$$M_{BCT} = 4,38 \cdot 0,96 = 4,305 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Приведенные статические моменты системы электропривод – рабочая машина рассчитывают для каждого участка с учетом режима работы электропривода по формуле:

$$M_C = M_{BC} + \Delta M_X, \quad (1.5.4)$$

где ΔM_X – момент потерь холостого хода двигателя.

$$\Delta M_X = \frac{3 \cdot U_H \cdot I_H \cdot \cos\varphi - P_{ДВ}}{3 \cdot \omega_H}; \quad (1.5.5)$$

$$\Delta M_X = \frac{3 \cdot 220 \cdot 15,8 \cdot 0,87 - 7500}{3 \cdot 142} = 3,691 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

С учетом потерь на ХХ статический момент на валу в двигательном режиме рассчитывается по формуле:

$$M_C = M_{BC} + \Delta M_X. \quad (1.5.6)$$

С учетом потерь на ХХ статический момент на валу в тормозном режиме рассчитывается по формуле:

$$M_C = M_{BC} - \Delta M_X. \quad (1.5.7)$$

При движении валка с глиной в двигательном режиме:

$$M_{CD} = 4,671 + 3,691 = 8,362 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

При движении валка с глиной в тормозном режиме:

$$M_{CT} = 4,305 - 3,691 = 0,614 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Для каждого участка проведены расчеты, и все значения занесены в таблицу 5.

Приведение моментов инерции и коэффициентов жесткости к валу двигателя.

Необходимо привести моменты инерции всей системы к валу двигателя для того, чтобы заменить систему на эквивалентную.

Суммарный приведенный момент инерции:

$$J = \delta \cdot J_{ДВ} + J_{ПР}, \quad (1.5.8)$$

где $J_{ПР}$ – приведенный к валу двигателя момент инерции поступательно и вращательно движущихся частей системы, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

$J_{ДВ}$ – момент инерции ротора выбранного двигателя, $\text{кг}\cdot\text{м}^2$;

δ – коэффициент, учитывающий момент инерции остальных моментов электропривода: тормозного шкива, муфт, редуктора, и т.д ($\delta = 1,3$).

Приведенный момент инерции рабочей машины к валу двигателя:

$$J = \delta \cdot J_{\text{РД}} + \frac{J_{\text{РО}}}{j_{\text{Р}}^2}; \quad (1.5.9)$$

$$J = 1,3 \cdot 4,43 + \frac{2500}{24,9^2} = 9,791 \text{ кг}\cdot\text{м}^2,$$

где δ – коэффициент, учитывающий момент инерции остальных элементов электропривода: муфт, тормозного шкива, редуктора и др. (принимается равным 1,3);

$J_{\text{РД}}$ – момент инерции ротора двигателя. Так как невозможно извлечь диаметр ротора, примем его равным примерно 0,9 от диаметра подшипникового щита:

$$J_{\text{РД}} = \frac{m_{\text{РД}} \cdot R_{\text{Р}}^2}{2}; \quad (1.5.10)$$

$$J_{\text{РД}} = \frac{700 \cdot (0,9 \cdot 0,125)^2}{2} = 4,43 \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

Установившуюся скорость двигателя находим по формуле:

$$\omega_{\text{С}} = i_{\text{Р}} \cdot \omega_0. \quad (1.5.11)$$

При движении валка с глиной с рабочей скоростью ω_0 :

$$\omega_{\text{С}} = 3 \cdot 24,9 = 74,7 \text{ рад/с.}$$

Рассчитаем пусковые и тормозные моменты двигателя, которые требуются для разгона и торможения привода.

Пусковой момент:

$$M_{\text{П}} = M_{\text{СД}} + M_{\text{ДИН}}. \quad (1.5.12)$$

Динамический момент рассчитываем по формуле:

$$M_{\text{ДИН}} = J \cdot \varepsilon_{\text{ДОП}} \cdot i_{\text{Р}}. \quad (1.5.13)$$

Динамический момент при движении валка с глиной:

$$M_{\text{ДИН}} = 9,791 \cdot 0,5 \cdot 24,9 = 121,898 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Пусковой момент при движении валка с глиной:

$$M_{\text{П}} = 8,362 + 121,898 = 130,26 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Тормозной момент:

$$M_T = M_{СТ} - M_{дин}. \quad (1.5.14)$$

При движении валка с глиной:

$$M_T = 0,614 - 121,898 = -121,284 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Пусковой момент меньше максимально допустимого, значит, ускорения снижать не требуется.

Ни на одном участке момент при торможении или разгоне не оказался выше максимального момента двигателя.

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		21

1.6 Предварительная проверка двигателя по нагреву и производительности

Целями предварительной проверки является уточнение нагрузочных диаграмм момента и скорости двигателя с учетом момента инерции предварительно выбранного двигателя.

Рассчитаем время переходных процессов:

$$t_i = J \cdot \frac{\omega_C}{M_{CP} - M_C}, \quad (1.6.1)$$

где J – суммарный приведенный к валу двигателя момент инерции, кг · м²;

ω_C – установившаяся скорость двигателя, рад/с;

M_{CP} – средний момент двигателя, Н·м;

M_C – приведенный статический момент, Н·м.

Первый и третий участки:

$$t_1 = t_3 = 9,791 \cdot \frac{74,7}{130,26 - 8,362} = 6 \text{ с.}$$

Рассчитаем угол поворота вала двигателя за время переходного процесса:

$$\alpha_i = \frac{\omega_C \cdot t_i}{2}. \quad (1.6.2)$$

Первый и третий участки:

$$\alpha_1 = \alpha_3 = \frac{74,7 \cdot 6}{2} = 224,1 \text{ рад.}$$

Время работы с установившейся скоростью рассчитаем по формуле:

$$t_y = \frac{\alpha - (\alpha_1 + \alpha_3)}{\omega_C}, \quad (1.6.3)$$

где α – угол поворота вала двигателя, соответствующий величине полного перемещения, рад.

Рассчитаем угол поворота вала двигателя, соответствующий величине полного перемещения:

$$\alpha = \frac{2 \cdot \varphi \cdot j_P}{D_B} = \frac{2 \cdot 400 \cdot 24,9}{2} = 9960 \text{ рад.}$$

Тогда время работы с установившейся скоростью:

При движении вала с глиной со скоростью ω_0 :

$$t_2 = \frac{9960 - (224,1 + 224,1)}{74,7} = 127,3 \text{ с.}$$

Рассчитаем общее время работы

$$t_{\Phi} = t_1 + t_2 + t_3; \quad (1.6.4)$$

$$t_{\Phi} = 6 + 127,3 + 6 = 139,3 \text{ с.}$$

Полученное время меньше заданного времени работы t_p в исходных данных, проверка двигателя по производительности выполнена.

Проведем предварительную проверку двигателя по нагреву по величине среднеквадратичного момента:

$$M_{\text{СРКВ}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \leq M_{\text{ДОП}}; \quad (1.6.5)$$

$$M_{\text{ДОП}} = M_{\text{КАТ}} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{КАТ}}}{\text{ПВ}_{\Phi}}}; \quad (1.6.6)$$

$$M_{\text{СРКВ}} = \sqrt{\frac{130,26^2 \cdot 6 + 8,362^2 \cdot 127,3 + (-121,284)^2 \cdot 6}{6 + 127,3 + 6}} = 37,793 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Фактическое значение ПВ:

$$\text{ПВ}_{\Phi} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_{\text{Ц}}} \cdot 100\% = \frac{139,3}{150} \cdot 100\% = 92,9 \text{ \%}.$$

Определим момент двигателя при $\text{ПВ}_{\text{КАТ}}$, ближайшем к ПВ_{Φ} :

$$M_{\text{КАТ}} = \frac{P_{\text{КАТ}}}{\omega_{\text{КАТ}}} = \frac{7500}{142} = 52,817 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Допускаемый момент:

$$M_{\text{ДОП}} = 52,817 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,929}} = 54,798 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$37,793 < 54,798.$$

Двигатель проходит по нагреву. Нельзя использовать двигатели с меньшей мощностью, так как они не проходят по нагреву. Для каждого участка проведены расчеты, и все значения занесены в таблицу 5.

Таблица 5 – Приведение моментов к валу двигателя

Расчётные данные	Обозначение	Пуск	Уст. режим	Торможение
Скорость, рад/с	ω_{PO}	–	3	–
Статический момент, Н·м	$M_{РОСТ}$	111,625		
Момент инерции, кг·м ²	$J_{РОСТ}$	2500		
Приведение к валу двигателя ($j_p = 24,9$, $\eta_p = 0,96$)				
Скорость двигателя, рад/с	ω_C	–	74,7	–
Момент статический, Н·м				
– с учетом потерь	$M_{ВС}$	4,671	4,305	
– с учетом потерь холостого хода двигателя	M_C	8,362	0,614	
Приведенный момент инерции, кг·м ²	$J_{ПР}$	4,032		
Момент инерции электропривода, кг·м ²	J	9,791		
Динамический момент, Н·м	$M_{ДИН}$	121,898	0,00	-121,898
Момент двигателя, допускаемый по ускорению, Н·м	$M_{ДОП}$	130,26	8,362	-121,284

1.7 Выбор преобразователя частоты

Выбор преобразователя осуществляется на основании номинальных данных предварительно выбранного двигателя:

$$U_{\text{нпч}} \geq U_{\text{нл}}; \quad (1.7.1)$$

$$I_{\text{нпч}} \geq I_{\text{н}}, \quad (1.7.2)$$

где $U_{\text{нл}}$, $I_{\text{н}}$ – номинальные линейное напряжение и фазный ток статора двигателя;

$U_{\text{нпч}}$, $I_{\text{нпч}}$ – номинальные линейное напряжение и ток нагрузки преобразователя частоты.

Выберем из [3] преобразователь фирмы «*Schneider Electric*»: Модель *ATV312HU75N4*. Его характеристики сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Характеристики преобразователя *ATV312HU75N4*

Наименование показателя	Обозначение	Размерность	Величина
Номинальная полная мощность	$S_{\text{н}}$	кВА	18
Номинальная мощность двигателя	$P_{\text{н}}$	кВт	7,5
Напряжение питания	$U_{\text{н}}$	В	380
Линейный ток	$I_{\text{л}}$	А	27,7
Ток короткого замыкания	$I_{\text{кз}}$	кА	22

Схема подключения преобразователя частоты *ATV312HU22N4* представлена на рисунке 4.

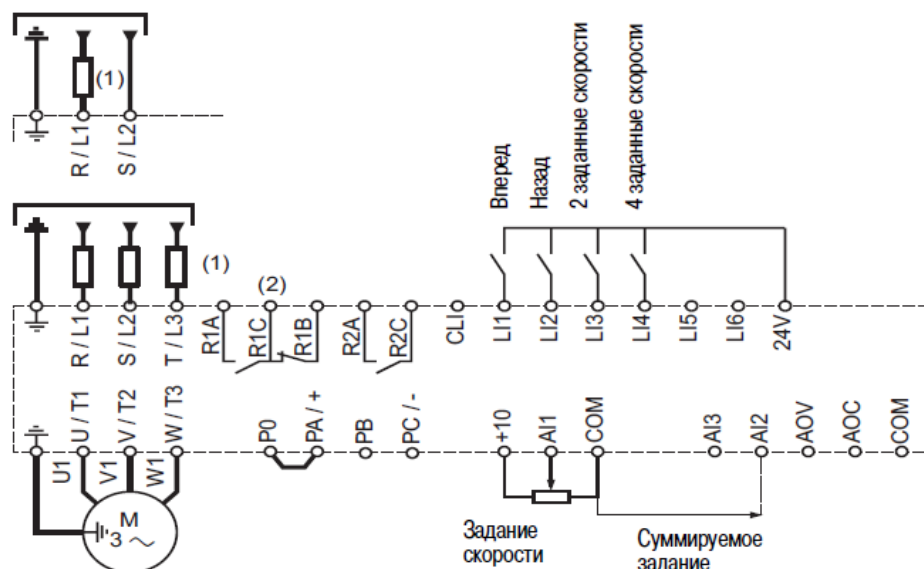


Рисунок 4 – Схема подключения ATV312HU22N4

1.8 Расчет статических характеристик электропривода

Синхронная скорость вращения ω_{0H} :

$$\omega_{0H} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}}{p} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 50}{2} = 157,08, \quad (1.8.1)$$

где p – число пар полюсов;

f_{1H} – номинальная частота напряжения статора, Гц.

Номинальный момент на валу M_H :

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H}; \quad (1.8.2)$$

$$M_H = \frac{7500}{142} = 52,817 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Номинальный электромагнитный момент:

$$M_{\text{ЭМН}} = \frac{3 \cdot U_{1H} \cdot I_{1H} \cdot \cos\varphi - 3 \cdot I_{1H}^2 \cdot r_1}{\omega_{0H}}; \quad (1.8.3)$$

$$M_{\text{ЭМН}} = \frac{3 \cdot 220 \cdot 15,8 \cdot 0,87 - 3 \cdot 15,8^2 \cdot 0,687}{157,08} = 54,481 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Номинальное относительное скольжение (1.8.4):

$$S_H = \frac{\omega_{0H} - \omega_H}{\omega_{0H}}; \quad (1.8.4)$$

$$S_H = \frac{157,08 - 142}{157,08} = 0,096.$$

В выбранной системе электропривода ПЧ-АД требуется определить частоту f_1 и напряжение на статоре U_1 , при которых механические характеристики будут проходить через точки установившихся режимов. Напряжение на статоре определяется законом $U_1/f_1 = const$.

Таблица 7 – Расчетные параметры для работы в заданных точках

Расчетные параметры		Скорость при движении
Заданные точки		
$\omega_{ЗАД}$	рад/с	74,7
	о.е.	0,476
$M_{ЗАД}$	Н·м	8,362
	о.е.	0,153
Расчетные данные		
$\omega_{0ЗАД}$	о.е.	0,491
	рад/с	77,126
f_1	о.е.	0,491
	Гц	24,55
U_1	о.е.	0,491
	В	108,02

Синхронная скорость:

– синхронная скорость:

$$\bar{\omega}_{0ЗАД} = \bar{\omega}_{ЗАД} + \bar{M}_{зад} \cdot S_H; \quad (1.8.5)$$

$$\bar{\omega}_{0ЗАД} = 0,476 + 0,153 \cdot 0,096 = 0,491.$$

– частота и напряжение на статоре при $\frac{U_1}{f_1} = const$ определяется из следующих соотношений:

$$\alpha = \frac{f_1}{f_{1H}} = \bar{\omega}_{0ЗАД}; \quad (1.8.6)$$

$$f_1 = 0,491 \cdot 50 = 24,55 \text{ Гц};$$

$$U_1 = \alpha \cdot U_{1H}; \tag{1.8.7}$$

$$U_1 = 0,491 \cdot 220 = 108,02 \text{ В.}$$

На рисунках 5 и 6 представлены естественная и искусственная характеристики соответственно.

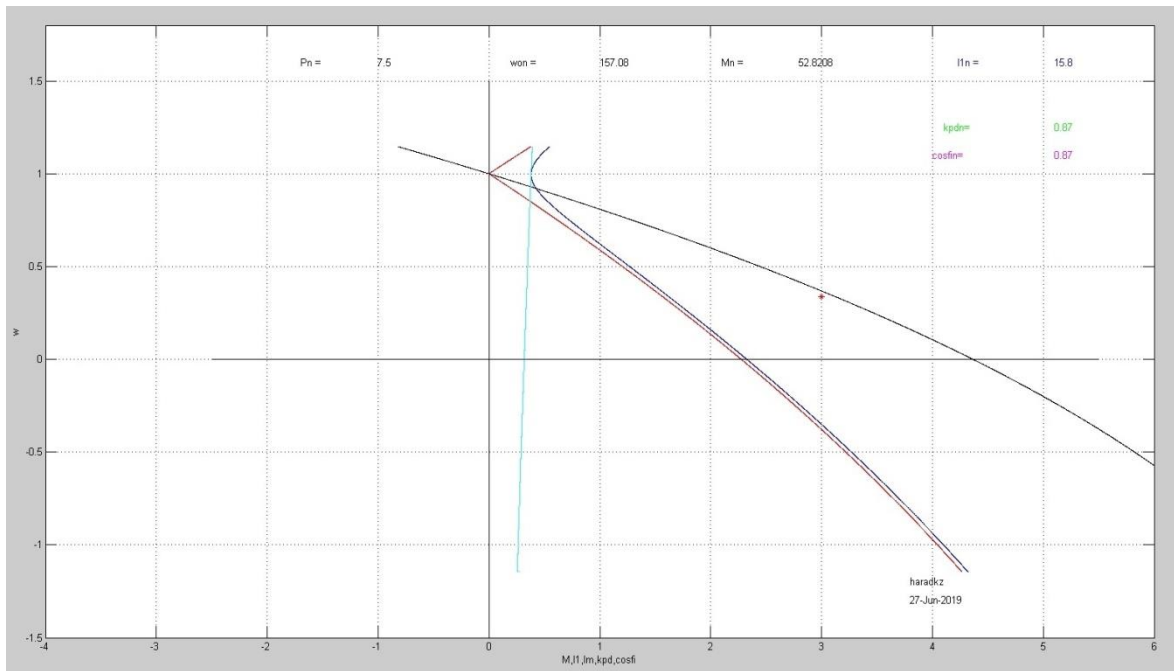


Рисунок 5 – Естественная характеристика

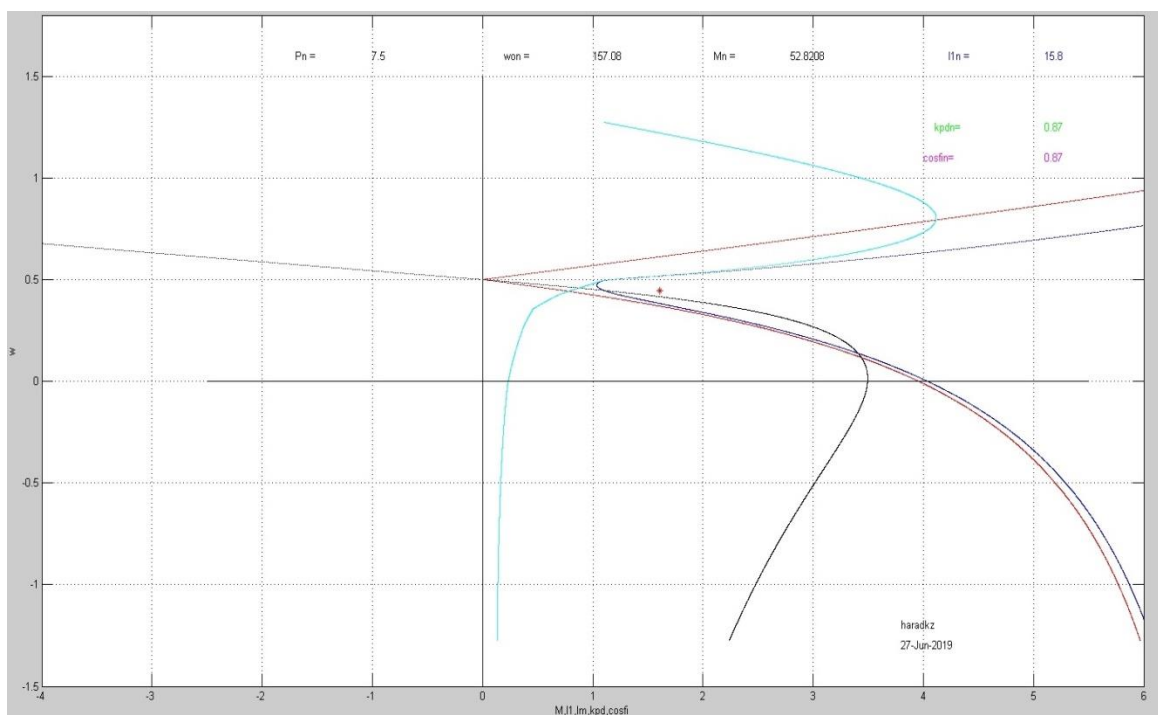


Рисунок 6 – Искусственная характеристика

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ

Лист

28

1.9 Расчет параметров схем пуска и торможения в системе ПЧ-АД и переходных процессов

1.9.1 Расчет схем пуска и торможения

В системах электропривода с питанием двигателя от преобразователя частоты пусковые режимы управляются путем формирования выходного напряжения преобразователя.

$$T_{\text{Д}} = \frac{J \cdot \omega_{0\text{H}}}{M_{\text{H}}} = \frac{9,791 \cdot 157,08}{52,817} = 29,119; \quad (1.9.1.1)$$

$$\bar{M}_{\text{ДИН}} = \frac{M_{\text{ДИН}}}{M_{\text{H}}} = \frac{121,898}{52,817} = 2,308; \quad (1.9.1.2)$$

$$T_{\text{ЗИ}} = \frac{T_{\text{Д}}}{\bar{M}_{\text{ДИН}}} = \frac{29,1195}{2,308} = 12,617. \quad (1.9.1.3)$$

Для того, чтобы изменение напряжения управления было по линейному закону на вход преобразователя подключается интегральный задатчик интенсивности ЗИ.

При достижении величины напряжения задания нарастание напряжения на выходе ЗИ прекращается. Выходное напряжение ЗИ является управляющим напряжением преобразователя, а величина напряжения задания определяет установившуюся величину скорости двигателя.

1.9.2 Расчет переходных процессов

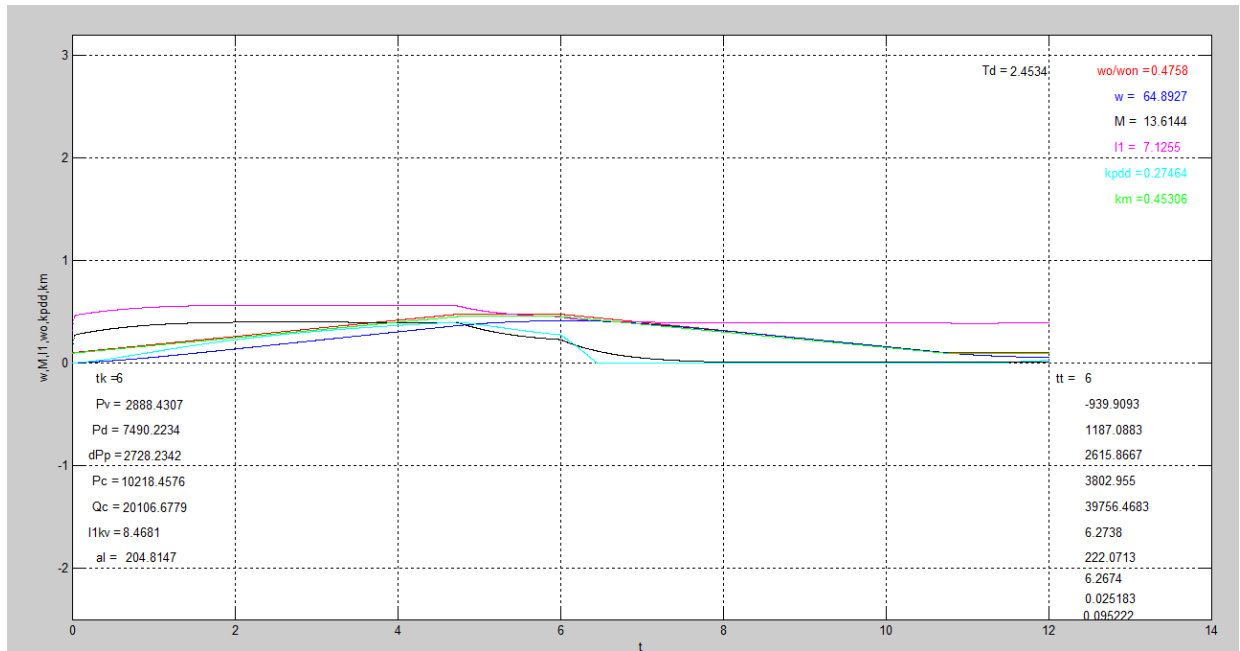


Рисунок 7 – Переходный процесс пуска и торможения

1.10 Интегральные показатели переходных процессов

1.10.1 Проверка на заданную производительность

Движение вперед:

- $t_{\Pi} = 6$ с – время пуска;
- $t_{\Gamma} = 6$ с – время торможения.

Время установившегося режима на рабочей скорости:

$$t_y = \frac{\alpha - \alpha_3 - 204,8}{64,89} = 134,924 \text{ с}; \quad (1.10.1.1)$$

$$T = t_{\Pi} + t_{\Gamma} = 12 \text{ с}. \quad (1.10.1.2)$$

По производительности двигатель подходит.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ

Лист

30

1.10.2 Проверка по нагреву двигателя

Коэффициент ухудшения теплоотдачи остановленного двигателя β_0 зависит от его конструктивного исполнения и условий вентиляции. Примем $\beta_0=0,5$ — закрытый с самовентиляцией.

Таблица 8 – Расчетные параметры для работы в заданных точках

ω	$<0,2$	$0,2\dots0,8$	$>0,8$
β_i	$\beta_0=0,5$	$0,75$	1
t_{13}	$t_{02}= 4 \text{ с}$	$t_{08} = 8 \text{ с}$	$t_{10}= 134,924 \text{ с}$

Значения токов возьмем с переходной характеристики.

Найдем эквивалентный ток:

$$I_{\text{Э}} = \sqrt{\frac{8,498^2 \cdot 6 + 7,125^2 \cdot 134,924 + 6,274^2 \cdot 6}{0,5 \cdot 6 + 0,75 \cdot 134,924 + 1 \cdot 6}} = 7,253 \text{ А};$$

$$\text{ПВ}_{\text{факт}} = \frac{t_{\text{рфакт}}}{t_{\text{ц}}} = \frac{146,613924}{150} \cdot 100\% = 98\%;$$

$$\text{ПВ}_{\text{кат}} = 100\%.$$

Допустимый ток рассчитаем аналогично допустимому моменту:

$$I_{\text{доп}} = \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{кат}}}{\text{ПВ}_{\text{факт}}}} \cdot I_{\text{н}} = \sqrt{\frac{1}{0,98}} \cdot 15,8 = 15,965 \text{ А};$$

$$I_{\text{Э}} < I_{\text{доп}};$$

$$\frac{I_{\text{Э}}}{I_{\text{доп}}} = 0,546.$$

Двигатель прошел проверку по нагреву.

1.10.3 Проверка по нагреву преобразователя

Проверка по нагреву преобразователя выполняется сравнением среднеквадратичного тока двигателя за время работы:

$$I_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2 \Delta t_i}{t_{\text{рфакт}}}} \leq I_{\text{н пр}}; \quad (1.10.3.1)$$

$$I_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{105,31^2 \cdot 6 + 113,53^2 \cdot 134,924 + 46,16^2 \cdot 6}{6 + 134,924 + 6}} = 7,154 \text{ А};$$

$$I_{\text{сркв}} < I_{\text{нпч}}. \quad (1.10.3.2)$$

Среднеквадратичный ток меньше номинального тока преобразователя, следовательно, преобразователь проходит проверку по нагреву.

1.11 Энергетические показатели

Энергетические показатели электропривода характеризуют коэффициент полезного действия и коэффициент мощности.

Для электропривода, который работает в повторно-кратковременном режиме работы, универсальной оценкой энергетических показателей будут их средневзвешенные значения за цикл работы, так как мгновенные значения КПД и $\cos\varphi$ могут характеризовать экономичность работы электропривода только в установившихся режимах работы.

Средневзвешенные значения за цикл работы КПД и $\cos\varphi$ определяются по формулам:

$$\eta_{\text{ц}} = \eta_{\text{срвзв13}} = \frac{0,576 \cdot 6 + 0,575 \cdot 134,924 + 0,51 \cdot 6}{6 + 134,924 + 6} = 0,572;$$

$$(\cos\varphi)_{\text{ц}} = \cos\varphi_{\text{срвзв13}} = \frac{0,763 \cdot 6 + 0,853 \cdot 134,924 + 0,71 \cdot 6}{6 + 134,924 + 6} = 0,843.$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 1

В ходе выполнения выпускного квалификационного проекта был разработан электропривод механизма вальцов тонкого помола.

Данный привод выполняется с применением асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором. По предварительно рассчитанной мощности был выбран двигатель «7FMTK132S4», его данные указаны в таблице 3.

Редуктор «Ц2У-160» выбирается по передаточному числу, его данные указаны в таблице 4.

К валу двигателя были приведены моменты динамического и статического сопротивления.

Также была проведена проверка двигателя по нагреву и производительности. Результат проверки по нагреву показал, что двигатель соответствует заданным параметрам, так как соблюдается условие:

$$M_{\text{срkv}} \leq M_{\text{доп}}.$$

Также в ходе этой проверки выяснилось, что выбранный нами двигатель проходит по производительности, так как рассчитанное суммарное время работы меньше заданного суммарного времени работы.

Исходя из условий:

$$U_{\text{нпч}} \geq U_{\text{нл}};$$

$$I_{\text{нпч}} \geq I_{\text{н}}.$$

был выбран преобразователь частоты «ATV312HU22N4»

Заключительным этапами являлись построение естественной и искусственной (по заданным точкам) механических характеристик, а также построение переходных процессов и проверки по нагреву двигателя и преобразователя.

2 СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ КОНВЕЕРНОЙ ЛИНИИ

По команде «Пуск» в автоматическом режиме оператора рудодобывающей машины (рисунок 8) при наличии бункера 5 под ленточным конвейером 4 вначале включается ленточный конвейер. Затем с выдержкой времени $\Delta t_1 = 3$ с включается скребковый конвейер 2 и рудодобывающая машина 1. Еще с выдержкой времени $\Delta t_2 = 5$ с от начала выхода руды из рудодобывающей машины (РДМ) включается система орошения 3.

По команде «Стоп» выключается РДМ и скребковый конвейер, с выдержкой времени $\Delta t_3 = 3$ с выключается орошение и с выдержкой времени $\Delta t_4 = 6$ с от момента нажатия кнопки «Стоп» выключается ленточный конвейер.

В случае поступления с РДМ негабаритных по высоте кусков руды происходит отключение всех механизмов, как и по команде «Стоп».

Если в течение 3с из РДМ руда не будет поступать, то орошение отключается, но после появления руды орошение включается через время Δt_2 .

Если в течение 25 с из РДМ руда не поступает, то в автоматическом режиме вырабатывается кратковременный звуковой сигнал и все механизмы одновременно отключаются. В ручном режиме все механизмы могут работать обособленно. При нажатии ладонной аварийной кнопки «Стоп» происходит мгновенное отключение всех механизмов.

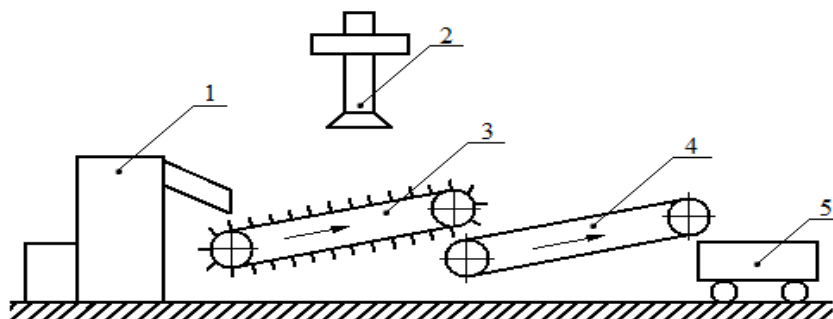


Рисунок 8 – Схема конвейерной линии РДМ

2.1 Составление списка сигналов системы автоматизации

2.1.1 Из представленного описания технологического процесса и последовательности работы механизмом следует, что система автоматизации должна обеспечить работу в двух режимах: ручном и автоматическом.

2.1.2 Система автоматизации должна формировать следующие выходные команды:

- включение привода ленточного конвейера (ЛК);
- включение привода скребкового конвейера (СК);
- включение привода рудодобывающей машины (РДМ);
- включение привода системы орошения (СО);
- кратковременный звуковой сигнал (ЗС).

2.1.3 Кроме команд на исполнительные механизмы, необходимо задействовать выходные сигналы на индикацию и сигнализацию состояния системы, для удобства эксплуатации и устранения неполадок в системе. На пульт оператора будут выводиться следующие сигналы:

- сигнал «Питания» (Пит);
- сигнал «Готовность к Автоматическому режиму» (ГотА);
- сигнал «Автоматический режим» (ИндАвт);
- сигнал «Ручной режим» (ИндРуч);
- сигнал «АВАРИЯ» (Авария);
- сигнал «Неисправность привода ленточного конвейера» (АврЛК);
- сигнал «Неисправность привода скребкового конвейера» (АврСК);

- сигнал «Неисправность привода рудодобывающей машины» (АврРДМ);
- сигнал «Неисправность привода системы орошения» (АврСО);
- сигнал «Неисправность датчиков» (АврД).

2.1.4 Для управления линией автоматизации используется пульт оператора, (изображенный на рисунке 9), представляющий собой панель с блоками кнопок, формирующих следующие выходные сигналы:

- сигнал «Питание» (кнПит);
- сигнал «Пуск» (Пуск);
- сигнал «Стоп» (Стоп);
- сигнал «Аварийный стоп» (СтопА);
- сигнал «Ручной режим» (РучР);
- сигнал «Автоматический режим» (Автр);
- сигнал «Сброс Аварии» (СбросА);
- сигнал «Привод ленточного конвейера» (кнЛК);
- сигнал «Привод скребкового конвейера» (кнСК);
- сигнал «Привод рудодобывающей машины» (кнРДМ);
- сигнал «Привод системы орошения» (кнСО).

2.1.5 Для автоматизации работы системы необходимо иметь информацию о состоянии системы, поэтому необходимо использовать следующие датчики технологической информации:

- датчик, сигнализирующий о наличии бункера под ленточным конвейером (ДНБ);

- датчик, сигнализирующий о превышении габаритов (ДПГ);
- датчик, сигнализирующий о поступлении руды (ДПР).

2.1.6 В таблицы сведены все сигналы и команды, используемые в системе. В этой же таблице выражено соответствие действий сигналов и команд дискретным значениям этих переменных.

Таблица 9 – Сигналы и команды, используемые в системе автоматизации

Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
Входные сигналы пульта управления и выходные контроллера	Пит	Лампа индикации «Питания»	Есть
	ГотА	Лампа индикации «Готовность к Автоматическому режиму»	Есть
	ИндАвт	Лампа индикации «Автоматический режим»	Есть
	ИндРуч	Лампа индикации «Ручной режим»	Есть
	АврЛК	Лампа индикации «Неисправность привода ленточного конвейера»	Есть
	АврСК	Лампа индикации «Неисправность привода скребкового конвейера»	Есть
	АврРДМ	Лампа индикации «Неисправность привода рудодобывающей машины»	Есть
	АврСО	Лампа индикации «Неисправность привода системы орошения»	Есть
	АврД	Лампа индикации «Неисправность датчиков»	Есть
	Авария	Лампа индикации «Авария»	Есть

Продолжение таблицы 9

Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
Выходные сигналы пульта управления	кнПит	Ключ-бирка «Питание»	Ключ повернут
	АвТР	Переключатель «Автоматический/ручной режим»	Повернут вправо
	РучР	Переключатель «Автоматический/ручной режим»	Повернут влево
	Пуск	Кнопка «Пуск»	Нажата один раз
	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
	Стоп	Кнопка «Стоп»	Нажата один раз
	СтопА	Кнопка «Аварийный стоп»	Нажата
	кнЛК	Кнопка «Привод ленточного конвейера»	Нажата
	кнСК	Кнопка «Привод скребкового конвейера»	Нажата
	кнРДМ	Кнопка «Привод рудодобывающей машины»	Нажата
	кнСО	Кнопка «Привод системы орошения»	Нажата
	СбросА	Кнопка «Сброс аварии»	Нажата один раз
	Входные сигналы контроллера	ДНБ	датчик, сигнализирующий о наличии бункера под ленточным конвейером
ДПГ		датчик, сигнализирующий о превышении габаритов	Есть
ДПР		датчик, сигнализирующий о поступлении руды	Есть

Окончание таблицы 9

Переменные	Обозначение	Наименование	Принятое значение (единица)
Выходные сигналы контроллера Выходные сигналы контроллера Выходные сигналы контроллера	ЛК	включение привода ленточного конвейера	Есть
	СК	включение привода скребкового конвейера	Есть
	РДМ	включение привода рудодобывающей машины	Есть
	СО	включение привода системы орошения	Есть
	ЗС	кратковременный звуковой сигнал	Есть

Пульт управления автоматизированной конвейерной линией

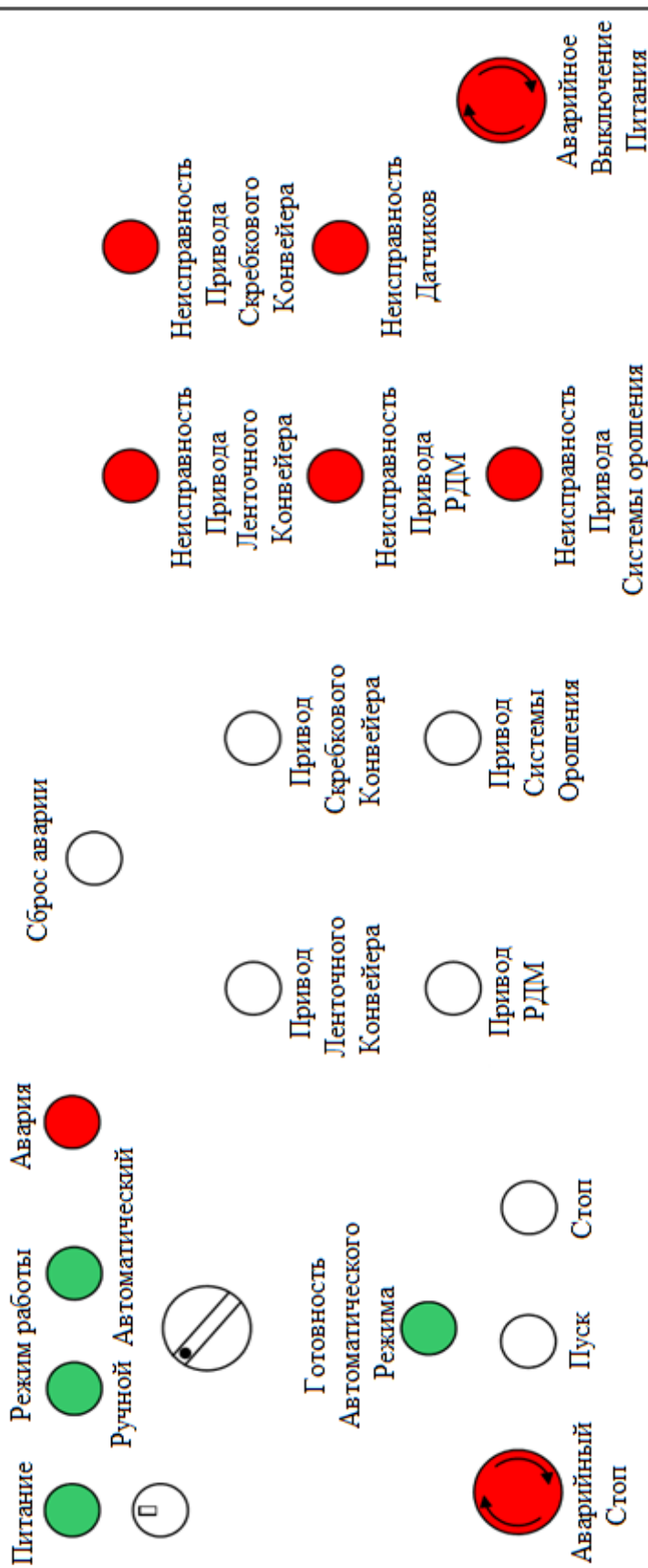


Рисунок 9 – Пульт управления

2.2 Разработка алгоритма автоматизации управления механизмами объекта

Программу для контроллера разделим условно-функционально на шесть блоков: «блок автоматического цикла», «блок управления конвейерами», «блок управления рудодобывающей машиной», «блок управления системой орошения», «блок управления системой оповещения» и «блок аварийных сигналов».

2.2.1 Блок автоматического цикла

Сигнал готовности к автоматическому режиму возникает при включенном питании и наличии бункера под ленточным конвейером, и сохраняется пока не будет нажата кнопка «Аварийный стоп», пока не переключен переключатель положение ручного управления и пока отсутствует сигнала об аварии:

$$ГотА = кнПит \cdot ДНБ \cdot \overline{СтопА} \cdot \overline{РучР} \cdot \overline{Авария}. \quad (2.2.1.1)$$

2.2.2 Блок управления конвейерами

2.2.2.1 Сигнал на включение привода ленточного конвейера возникает в автоматическом режиме при нажатии кнопки «Пуск» и сохраняется до нажатия кнопки «Стоп» с выдержкой в 6 с, при отсутствии звукового сигнала, негабаритных кусков руды и отсутствии сигнала «Авария». В ручном режиме сигнал на включение привода ленточного конвейера возникает при нажатой кнопке «Привод ленточного конвейера» и отсутствии звукового сигнала, негабаритных кусков руды и сигнала «Авария»:

$$ЛК = ((Пуск \cdot ГотА + ЛК) \cdot \overline{Стоп}^{\uparrow 6с} + кнЛК \cdot РучР) \cdot \overline{ЗС} \cdot \overline{ДПГ} \cdot \overline{Авария}. \quad (2.2.2.1)$$

2.2.2.2 Сигнал на включение привода скребкового конвейера возникает в автоматическом режиме при нажатии кнопки «Пуск» с выдержкой в 3с и сохраняется до нажатия кнопки «Стоп», при отсутствии звукового сигнала, негабаритных кусков руды и отсутствии сигнала «Авария». В ручном режиме сигнал на включение привода скребкового конвейера возникает при нажатой кнопке «Привод скребкового конвейера», и отсутствии звукового сигнала, негабаритных кусков руды и сигнала «Авария»:

$$СК = ((\text{Пуск}^{\uparrow 3с} \cdot \text{ГотА} + СК) \cdot \overline{\text{Стоп}} + \text{кнСК} \cdot \text{РучР}) \cdot \overline{\text{ЗС}} \cdot \overline{\text{ДПГ}} \cdot \overline{\text{Авария}} \quad (2.2.2.2)$$

2.2.3 Блок управления рудодобывающей машиной

Сигнал на включение привода рудодобывающей машины возникает в автоматическом режиме при нажатии кнопки «Пуск» с выдержкой в 3с и сохраняется до нажатия кнопки «Стоп», при отсутствии звукового сигнала, негабаритных кусков руды и отсутствии сигнала «Авария». В ручном режиме сигнал на включение привода рудодобывающей машины возникает при нажатой кнопке «Привод рудодобывающей машины», и отсутствии звукового сигнала, негабаритных кусков руды и сигнала «Авария»:

$$\text{РДМ} = \left((\text{Пуск}^{\uparrow 3с} \cdot \text{ГотА} + \text{РДМ}) \cdot \overline{\text{Стоп}} + \text{кнРДМ} \cdot \text{РучР} \right) \cdot \overline{\text{ЗС}} \cdot \overline{\text{ДПГ}} \cdot \overline{\text{Авария}} \quad (2.2.3.1)$$

2.2.4 Блок управления системой орошения

Сигнал на включение привода системы орошения возникает в автоматическом режиме при поступлении руды с выдержкой в 5с, и сохраняется до нажатия кнопки «Стоп» с выдержкой в 3с и при отсутствии поступающей руды с выдержкой в 3с, при отсутствии звукового сигнала, негабаритных кусков руды и отсутствии сигнала «Авария».

В ручном режиме сигнал на включение привода системы орошения при нажатой кнопке «Привод системы орошения», и отсутствии звукового сигнала, негабаритных кусков руды и сигнала «Авария»:

$$CO = \left(\overline{ДПР}^{\uparrow 5c} \cdot ГотА + CO \right) \cdot \overline{ДПР}^{\uparrow 3c} \cdot \overline{Стоп}^{\uparrow 3c} + кнСО \cdot РучР \cdot \overline{ЗС} \cdot \overline{ДПГ} \cdot \overline{Авария} \quad (2.2.4.1)$$

2.2.5 Блок управления системой оповещения

Сигнал на включение звукового сигнала возникает в автоматическом режиме, если в течение 25с руда не поступает:

$$ЗС = ГотА \cdot \overline{ДПР}^{\uparrow 25c} \quad (2.2.5.1)$$

2.2.6 Блок аварийных сигналов

Сигнал аварии возникает при отсутствии нажатой кнопки «Сброс Аварии» и неисправности механизмов и датчиков:

$$Авария = (АврЛК + АврСК + АврРДМ + АврСО + АврД + Авария) \cdot \overline{СбросА} \quad (2.2.6.1)$$

2.3 Разработка функциональной схемы автоматизации

2.3.1 На основе описания технологического процесса, автоматизируемого объекта, определенных входных и выходных команд составлена схема электрическая функциональная, представленная в приложении А.

2.3.2 В рассматриваемой системе автоматизации можно выделить следующие функциональные элементы:

- пульт управления (ПУ);
- блок управления (БУ);
- системы управления двигателями (СУД);
- приводной двигатель (M1) ленточного конвейера;
- приводной двигатель (M2) скребкового конвейера;
- приводной двигатель (M3) рудодобывающей машины;
- приводной двигатель (M4) системы орошения;
- датчики технологической информации (ДНБ, ДПГ, ДПР и т.д.);
- блок питания (БП).

2.3.3 На функциональной схеме показана взаимосвязь отдельных элементов системы автоматизации.

2.3.4 На пульте управления предусмотрены:

- индикационные светодиодные лампы с целью индикации состояния системы (режима работы): «Автоматический», «Ручной», «Питание», «Авария», «Готовность Автоматического Режим», «Неисправность привода ленточного конвейера», «Неисправность привода скребкового конвейера», «Неисправность привода рудодобывающей машины», «Неисправность привода системы орошения», «Неисправность датчиков»;
- кнопки управления работы приводов «Пуск», «Стоп», «Аварийный стоп» и кнопки управления приводами в ручном режиме «Привод ленточного конвейера», «Привод скребкового конвейера», «Привод рудодобывающей машины», «Привод системы орошения», а также кнопка «Сброс аварии» и «Аварийное выключение питания»;
- переключатель положений автоматического и ручного режима работы;

2.3.5 Питание контроллера, пульта управления и датчиков осуществляется от блока питания, преобразующего переменный трехфазный ток напряжением 380В в постоянный ток напряжением 24В.

2.4 Выбор элементной базы автоматизации

2.4.1 Выбор блока управления

В качестве блока управления выберем контроллер *Direct LOGIC 06*

Контроллер включает в себя фиксированное количество точек ввода/вывода (20 входных и 16 выходных сигналов) с 4 дополнительными слотами расширения.



Рисунок 10 – Внешний вид контроллера DL06

2.4.2 Выбор датчиков технологической информации

Из задания на курсовое проектирование для определения наличия бункера, превышения габаритов и поступления руды выберем универсальный оптический датчик *XUBOAPSNM12*.

Датчик состоит из излучателя и приемника, встроенных в корпус.

Оптическое излучение инфракрасного спектра от излучателя попадает на световозвращатель (катафот) и, отражаясь от него, попадает в приемник

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ

Лист

45

датчика. Контролируемый объект, попадая в зону действия датчика, прерывает оптическое излучение и вызывает изменение выходного сигнала датчика.



Рисунок 11 – Внешний вид универсального оптического датчика XUB0APSNM12

Таблица 10 – Технические параметры оптического датчика XUB0APSNM12

Наименование параметра	Размерность	Значение
Напряжение питания	В	12...24
Подключение	—	4pin, трехпроводной кабель
Выход		PNP
Тип выходного сигнала		Дискретный
Тип выхода		Реле состояния

2.4.3 Выбор блока питания

Выбор блока питания необходимо производить с учетом мощности всех потребителей, питающихся от него (контроллер, датчики и пульт управления).

Рассчитаем эту мощность:

$$P_{\text{Потр}} = U_{\text{контр.}} \cdot I_{\text{контр.}} + 3 \cdot U_{\text{Датч1}} \cdot I_{\text{Датч1}}; \quad (2.4.3.1)$$

$$P_{\text{Потр}} = 24 \cdot 1 + 3 \cdot 24 \cdot 0,1 = 31,2 \text{ Вт.}$$

По полученной мощности выберем блок питания RS-35-24 — AC/DC преобразователь мощностью 36 Вт, производства компании «Mean Well» серии RS-35. Его технические характеристики представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Технические параметры источника питания RS-35-24

Наименование параметра	Размерность	Значение
Входное напряжение	В	88...264
Выходное напряжение		24
Выходная мощность	Вт	36
Выходной ток	А	1,5
КПД	%	88
Рабочая температура	°С	-25...70



Рисунок 12 – Внешний вид блока питания RS-35-24

2.5 Разработка схемы электрической принципиальной

2.5.1 В соответствии с выбранной элементной базой и разработанной функциональной схемой системы автоматизации (приложение А) была составлена принципиальная схема (чертеж ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.02Э3 ВКП).

2.5.2 Автоматический выключатель *QF1* обеспечивает питание всей системы, а также осуществляет защиту от токов короткого замыкания.

С помощью контактора *KM1* реализована нулевая защита двигателей, которая исключает самозапуск электродвигателей при исчезновении или резком снижении напряжения питающей сети. При повороте ключ-бирки *SA1*

подается питание на силовые цепи и на пульт управления, после ее отпущения происходит самоподхват. А после нажатия кнопки *SB1* силовые цепи разрываются.

Автоматические выключатели *QF2-QF4* обеспечивают питание систем управления двигателями и защищают их от токов короткого замыкания.

2.5.3 Блок питания *G1* с выходным напряжением 24 В подает питание на основные низковольтные элементы пульта управления *A1*, контроллер *A2* и датчики *SQ1-SQ3*.

2.5.4 Пульт *A1* обеспечивает управление всем технологическим процессом в ручном и автоматическом режиме, а также индикацию сигналов готовности и аварийных режимов.

2.5.5 Автоматизация технологического процесса реализуется программируемым контроллером *A2*. Входные сигналы поступают с пульта управления *A1*, датчиков технологической информации *SQ1-SQ3*, а также выходные сигналы подаются на преобразователи частоты двигателей.

2.5.6 В данной системе автоматизации для фиксации положений механизмов используются датчики *SQ1-SQ3*. Выходы датчиков подключены ко входу контроллера *A2*.

2.5.7 Управление двигателями осуществляется преобразователями частоты *UZ1, UZ2, UZ3* и *UZ4* соответственно, сигналы на них подаются с контроллера *A2*.

ВЫВОДЫ ПО ГЛАВЕ 2

В данном курсовом проекте была разработана система автоматизации конвейерной линии рудодобывающей машины. Было составлено описание технологического процесса, приведена упрощенная схема объекта автоматизации (рисунок 8). Дано описание конструкции и кинематики механизмов. Также была описана последовательность работы механизмов объекта и связь между ними.

На основе описания технологического процесса, последовательности работы механизма и требований к данной системе был разработан алгоритм работы системы автоматизации в виде логических уравнений. Также был разработан пульт управления системой автоматизации конвейерной линии рудодобывающей машины (рисунок 9).

На основе требований к системе автоматизации, алгоритма работы автоматики отдельных механизмов и выбранной элементной базы была составлена функциональная схема (приложение А). Также была составлена принципиальная электрическая схема.

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		49

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данном проекте был разработан электропривод вальцов на участке формовки кирпича. Было составлено описание технологического процесса, приведена упрощенная схема объекта автоматизации. Проведен расчет электропривода вальцов. Дано описание конструкции и кинематики механизмов. Также была описана последовательность работы механизмов объекта и связь между ними.

На основе описания технологического процесса, последовательности работы механизма и требований к данной системе был разработан алгоритм работы системы автоматизации в виде логических уравнений. Также был разработан пульт управления оператора (рисунок 9).

После разработки функциональной схемы системы автоматизации был произведен выбор оборудования. Был выбран программируемый логический контроллер *Direct LOGIC 06*, оптические датчики положений и блок питания к ним мощностью 36 Вт.

На заключительном этапе проектирования была разработана принципиальная электрическая схема механизма.

					ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Технический каталог кранов. – <http://www.ниптиэм.рф/assets/files/qreport/tehnicheskij-katalog-kran.pdf> .
- 2 Анфимов, М.И. Редукторы: конструкция и расчет: альбом / М.И. Анфимов.– М.: Машиностроение, 1993. – 432 с.
- 3 Каталог продукции Shnider Electric – <https://www.schneiderelectric.ru/ru/>.
- 4 Драчев Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие к курсовому и дипломному проектированию. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2012. – 168 с.
- 5 Драчев Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2005. Часть 1. – 209 с.
- 6 Вешеневский, С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе. – С.Н. Вешеневский. – М.: Энергия, 1977. – 432 с.
- 7 Борисов, А.М. Автоматизация технологических процессов (технологические средства, проектирование, лабораторный практикум): учебное пособие в 2 ч. / А.М. Борисов, Н.Е. Лях. – Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2001. – Ч.1. – 404 с.
- 8 Борисов, А.М. Программируемые устройства автоматизации: учебное пособие / А.М. Борисов, А.С. Нестеров, Н.А. Логинова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2010. – 186 с.
- 9 Стандарт предприятия: курсовые и дипломные проекты. Общие требования к содержанию и оформлению. СТО ЮУрГУ 04 – 2008. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2008. – 56 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Функциональная схема

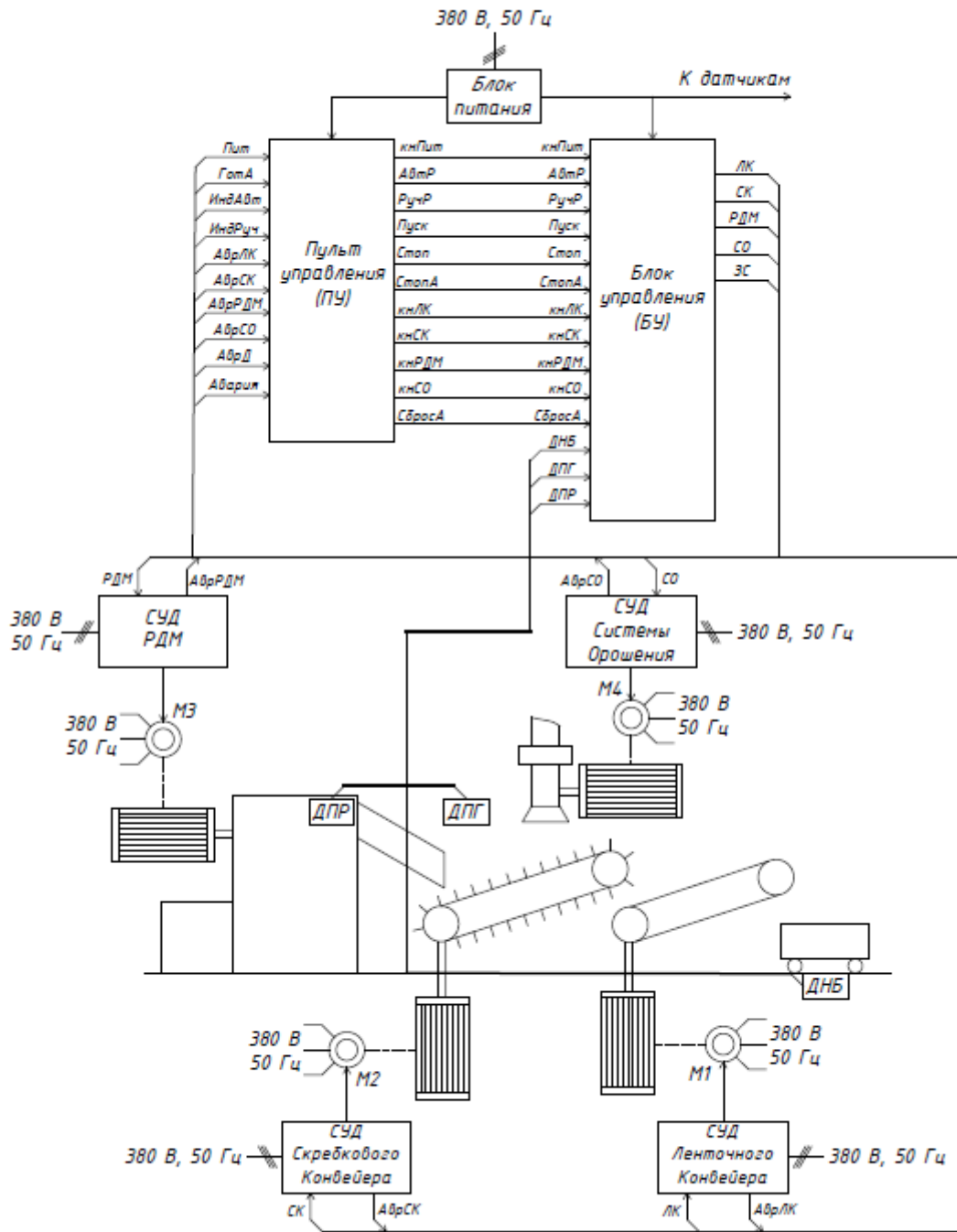


Рисунок А1 – Функциональная схема

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2019.139.01ПЗ

Лист

52