

Министерство образования и науки 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/

“ _____ ” _____ 2017 г.

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД
ТОЛКАТЕЛЯ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА К ВЫПУСКНОМУ
КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ (РАБОТЕ)**

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01 ВКП (ВКР)

Руководитель проекта:
Доцент, к.т.н.

_____/Т.А. Функ/

“ _____ ” _____ 2017 г.

Автор проекта
студент группы П-477

_____/В.П. Дронов/

“ _____ ” _____ 2017 г.

Нормоконтролер:
Доцент, к.т.н.

_____/Т.А. Функ/

“ _____ ” _____ 2017 г.

Челябинск 2017 г.

АННОТАЦИЯ

Дронов В.П. Автоматизированный электропривод толкателя методической печи. Челябинск: ЮУрГУ, Э; 2017, 75 с, 18 рисунков, 11 таблиц, библиогр. список 7 наим., 1 прил., 1 листа чертежей ф. А3

В ходе дипломного проектирования был разработан автоматизированный электропривод толкателя методической печи, предназначенный для сталкивания блюмсов и слябов с рольгангов в печь.

Выбрано электрооборудование для системы управления электроприводом, включающее в себя асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором, преобразователь частоты, программируемый логический контроллер, силовое и вспомогательное оборудование. Разработана электрическая принципиальная схема и блок-схема алгоритма автоматизации электропривода толкателя печи

					ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дронов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя печи Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					3	
Реценз						ЮУрГУ		
Н. Контр.		Функ Т.А.				Кафедра «АЭП»		
Утверд.		Шишков А.Н.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение.....	5
1 Описание технологического процесса.....	6
2 Выбор рода тока и типа электропривода.....	11
3 Качественный выбор системы электропривода.....	12
4 Расчет моментов статических сопротивлений и предварительный расчет мощности двигателя.....	14
5 Предварительный выбор электродвигателя	20
6 Выбор редуктора.....	21
7 Приведение статических моментов к валу двигателя.....	22
8 Приведение моментов инерции к валу двигателя.....	24
9 Предварительная проверка двигателя.....	26
10 Выбор основных элементов силовой цепи.....	31
11 Расчет статических характеристик электропривода.....	38
12 Расчет схем пуска и торможения.....	42
13 Расчет переходных характеристик.....	45
14 Интегральные показатели переходных процессов.....	48
15 Описание технологического процесса.....	52
16 Разработка алгоритма автоматизации управления толкателем печи.....	60
17 Выбор элементной базы автоматизации и преобразователей технологической информации.....	62
18 Разработка функциональной схемы автоматизации.....	64
19 Разработка принципиальной электрической схемы автоматизации.....	69
20 Список литературы.....	73
Приложение А. Список сокращений	75

ВВЕДЕНИЕ

Технический прогресс в области электротехники и электроники, наблюдающийся в последние годы, привел к существенным изменениям в теории и практике электропривода. Эти изменения, прежде всего, касаются создания новой элементной базы и технических средств автоматизации, быстрого расширения областей и объемов применения электропривода.

Большая доля электроприводов в промышленном производстве приходится на электроприводы с асинхронными электродвигателями с короткозамкнутым ротором. Ограничение пусковых и тормозных токов в них обеспечивается использование в схемах преобразователей частоты. Управление преобразователями осуществляется за счёт использования релейно-контакторной аппаратуры. Поддержание этой аппаратуры в работоспособном состоянии требует больших затрат при выполнении ремонтных работ.

Цель данной выпускной квалификационной работы – проектирование автоматизированного электропривода толкателя печи, на базе асинхронного электродвигателя с частотным регулированием скорости от преобразователя частоты. Так же планируется изучение преобразователя частоты фирмы АВВ марки АВВ ACS 310-03х-17А2-023 и программируемого контроллера Omron CP1L-M40DR.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		5

1 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

1.1 Назначение и описание работы толкателя печи

Толкатели широко применяются для передвижения нагреваемых деталей в печах и поточных линиях. По способу передачи толкающего усилия различают следующие конструкции толкателей и выталкивателей: реечные, винтовые, рычажные кулачковые, цепные, фрикционные. Для привода толкателей и выталкивателей преимущественно используют электрический привод, но иногда применяют на этих установках гидравлический и пневматический приводы.

Толкатель служит для подачи очередной заготовки с рольганга в печь и для продвижения по поду печи всех лежащих в ней заготовок. Рабочий ход толкателя условно делится на три участка: a , b и c . На участке a толкатель совершает холостой ход, при котором башмак непосредственно еще не доходит до слитка. На участке b толкатель продвигает один слиток с усилием P_1 до соприкосновения со всей садкой. И на участке c происходит продвижение всего ряда слитков с усилием P_{Σ} . Участок c мал по отношению к b и a , следовательно, максимальное усилие $P_{\Sigma сл}$ приходится на довольно кратковременный отрезок времени.

1.2 Описание технологических условий работы и кинематическая схема

После подачи рольгангом 3 заготовки 5 толкатель 7 находится на расстоянии b от заготовки. Включается двигатель 10, толкатель 7 подходит к заготовке 5 и под нагрузкой на рабочей скорости V_p перемещает заготовку 5 на расстояние L до соприкосновения её с заготовками 2, лежащими в печи 1, а затем перемещает все заготовки вместе на ширину b одной заготовки. Последняя заготовка выталкивается из печи.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

После этого толкатель реверсируется и на скорости $V_B > V_P$ возвращается в исходное положение.

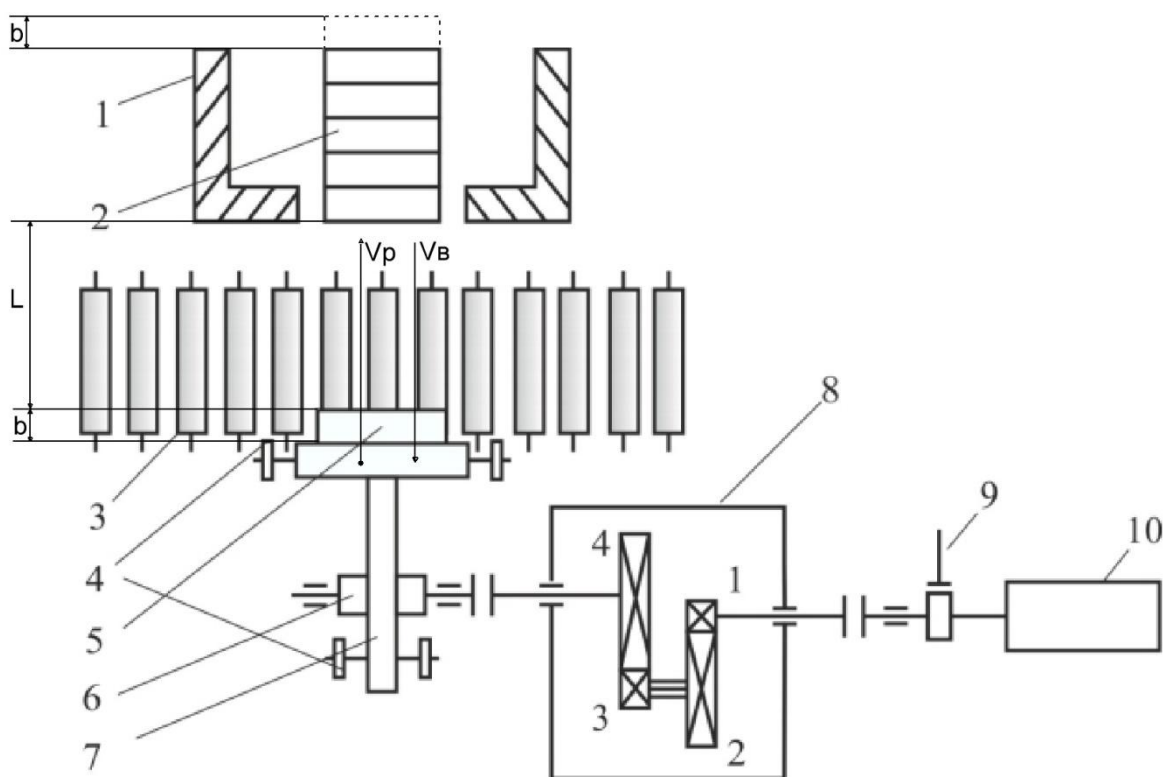


Рисунок 1 – Кинематическая схема передвижения: 1 –печь; 2 – заготовки в печи; 3– подающий рольганг; 4 – опорный ролик; 5– заготовка; 6 – реечная шестерня; 7 – толкатель; 8 – редуктор; 9 – тормозной шкив; 10– электродвигатель

1.3 Требования, предъявляемые к электроприводу и технические данные проектируемой машины

Требования к электроприводу толкателя печи: электропривод должен обеспечивать работу в повторно-кратковременном режиме работы, целесообразно обеспечить постоянство ускорения, замедления, электропривод реверсивный, регулирования скорости, как правило, не требуется.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Конструкция толкателя печи должна выдерживать большие ударные нагрузки, необходимы повышенные требования к стабильности и точности положения валов.

В таблице 1 представлены технические данные механизма передвижения тележки мостового крана, необходимые для расчетов.

Таблица 1 – Исходные данные толкателя печи

Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
$m_{ш}$	Масса штанги с рейкой	т	6
D	Диаметр реечной шестерни	м	0,5
J_p	Момент инерции вала со звездочками	кг·м ²	90
m_3	Масса одной заготовки	т	0,9
b	Ширина одной заготовки	мм	250
L	Длина перемещения	м	7
V_p	Скорость рабочего хода	м/с	0,25
t_p	Время работы	с	20
z	Число циклов	1/ч	65
$a_{доп}$	Допустимое ускорение	м/с ²	1
$d_{ст}$	Диаметр шейки ролика	м	0,25*D
$\mu_п$	Коэффициент трения скольжения	-	0,015...0,02
f	Коэффициент трения качения	мм	2
$\mu_с$	Коэффициент трения скольжения заготовок	-	0,15..0,2
$J_{ш}$	Момент инерции тормозного шкива	кгм ²	0,4
V_b	Скорость возвратного движения	м/с	1,5* V_p
C_k	Крутильная жесткость	МН·м/рад	50
N	Количество заготовок	Шт.	5

2 ВЫБОР РОДА ТОКА И ТИПА ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Как правило, при выборе электродвигателя и компонентов силовой схемы необходимо определиться с выбором тока, возможны 2 вида тока.

- 1) Постоянный;
- 2) Переменный.

Выбор рода тока и типа электропривода целесообразно производить на основе рассмотрения и сравнения технико-экономических показателей ряда вариантов, удовлетворяющих техническим требованиям данной рабочей машины.

Виды электроприводов:

- 1) Привод постоянного тока;
- 2) Асинхронный электропривод;
- 3) Синхронный электропривод.

Для привода механизмов, не требующих регулирования частоты вращения, независимо от их мощности, рекомендуется применять электродвигатели синхронные или асинхронные с короткозамкнутым ротором.

Для привода механизмов, имеющих тяжелые условия пуска или работы либо требующих изменения частоты вращения, следует применять электродвигатели с наиболее простыми и экономичными методами пуска или регулирования частоты вращения, возможными в данной установке

Электродвигатели постоянного тока допускается применять только в тех случаях, когда электродвигатели переменного тока не обеспечивают требуемых характеристик механизма либо не экономичны...

Для нерегулируемого привода выбор типа двигателя прост. Двигатели переменного тока проще по конструкции, стоимость их ниже, обслуживание тоже требует меньших затрат. При повторно-кратковременном режиме работы с частыми пусками и торможениями рационально использовать двигатели повышенного скольжения.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

Для регулируемого привода задача выбора типа привода решается сложнее. В зависимости от диапазона и плавности регулирования скорости, требований к качеству переходных процессов могут быть применены как системы реостатного регулирования скорости, так и системы с индивидуальными преобразователями.

При глубоком регулировании скорости в большинстве случаев вопрос решается в пользу приводов постоянного тока. Однако конкурентными по своим свойствам являются приводы с частотным и частотно-токовым управлением. Преимущества приводов с асинхронными двигателями – простота конструкции и повышенная надежность двигателей, возможность их изготовления в поточном производстве.

Препятствием к быстрому внедрению частотно-регулируемых приводов является сложность систем управления, что приводит к недостаточной надежности их работы и повышенной стоимости. Появление на мировом рынке частотно-регулируемых электроприводов с микропроцессорным управлением повышает их надежность, но стоимость их не снижается.

На основании требований, предъявляемых к электроприводу, для механизма толкателя печи выберем асинхронный двигатель, так как он обеспечивает постоянство скорости при различных нагрузках, а также довольно прост в эксплуатации. Для механизма толкателя печи выберем асинхронный двигатель, так как он обеспечивает постоянство скорости при различных нагрузках, а также довольно прост в эксплуатации.

3 КАЧЕСТВЕННЫЙ ВЫБОР СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

3.1 Обзор электроприводов толкателя печи

Качество и надежность электрических приводов электромеханических машин, станков и агрегатов всецело зависит от типа привода, его технических характеристик, возможностей обеспечивать продолжительную работу с максимальной эффективностью. Правильный выбор электрического двигателя – это не только безопасность, надежность, длительный срок его эксплуатации, но и технический показатель всего электропривода в целом. Произведем анализ электроприводов и выбор лучшего для толкателя печи.

Электроприводы постоянного тока имеют как ряд достоинств, так и недостатков,

Достоинства:

- 1) Широкий диапазон регулирования.
- 2) Простота устройства и управления.
- 3) Линейные механическая и регулировочная характеристики.
- 4) Легко регулировать частоту вращения.
- 5) Как двигательный, так и генераторный режим.

Недостатки:

- 1) Дороговизна изделия.
- 2) Обслуживание коллекторно-щеточных узлов. Он искрит, создает помехи, забивается проводящей пылью от щеток. А при большой нагрузке может образоваться дуга, создав круговой огонь.
- 3) Ограниченный срок службы из-за износа коллектора.

Достоинства:

1) Основным достоинством синхронного двигателя является работа с $\cos\varphi=1$, синхронный двигатель может работать, не отдавая и не потребляя реактивную мощность, при таком виде работы синхронный двигатель нагружает сеть только активным током. Возможность работы при $\cos\varphi=1$ приводит к уменьшению габаритов двигателя и улучшению $\cos\varphi$ сети.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

2) Жесткая механическая характеристика, что дает постоянство скорости при любой нагрузке на валу, в пределах его перегрузочной способности.

3) Синхронные двигатели менее чувствительны к колебаниям напряжения сети, так как их максимальный момент пропорционален напряжению сети, в то время как у асинхронных двигателей критический момент пропорционален квадрату напряжения.

4) Перегрузочная способность. Синхронные двигатели имеют высокую перегрузочную способность, кроме того, при резком повышении нагрузки, перегрузочная способность синхронного двигателя может быть автоматически увеличена за счет повышения тока возбуждения двигателя.

Недостатки:

1) Сложность конструкции.

2) Главный недостаток - относительная сложность пуска синхронного двигателя.

3) Трудности с регулированием частоты вращения, которое возможно путем изменения частоты питающего напряжения.

При данных недостатках на невысоких мощностях синхронный двигатель является менее выгодным, чем асинхронный.

Асинхронные двигатели подразделяются на два вида: с короткозамкнутым ротором и с фазным ротором. В настоящее время большее распространение у двигателей с короткозамкнутым ротором. Это обусловлено простотой конструкции, удобством в эксплуатации, низкой стоимостью и высокой надежностью.

Достоинства асинхронных двигателей:

1) Приблизительно одинаковая скорость при разных нагрузках.

2) Возможность кратковременных механических перегрузок.

3) Относительно высокий КПД и $\cos\phi$.

Недостатки асинхронных двигателей:

1) Затруднения в регулировании скорости вращения.

2) Большой пусковой ток.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

3) Низкий $\cos\phi$ при недогрузках.

Для механизма толкателя печи выберем асинхронный двигатель, так как он обеспечивает постоянство скорости при различных нагрузках, а также довольно прост в эксплуатации.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

4 РАСЧЕТ МОМЕНТОВ СТАТИЧЕСКИХ СОПРОТИВЛЕНИЙ И ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ МОЩНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

На базе исходных данных рассчитаем и построим зависимость скорости рабочей машины от времени $v(t)$. Участки различаются значениями статических нагрузок и моментов инерции. На основе заданных путей перемещения L , установившейся скорости v_y и допустимого ускорения a рассчитаем:

- время пуска $t_{\text{п}}$ до установившейся скорости с допустимым ускорением, торможения $t_{\text{т}}$ от установившейся скорости до остановки:

$$t_{\text{п}} = t_{\text{т}} = \frac{v_y}{a_{\text{доп}}}; \quad (1)$$

- путь, проходимый за время пуска (торможения) рабочей машиной:

$$L_{\text{п}} = L_{\text{т}} = \frac{v_y^2}{2 \cdot a_{\text{доп}}}; \quad (2)$$

- время установившегося режима движения со скоростью v_y :

$$t_y = \frac{L - (L_{\text{п}} + L_{\text{т}})}{v_y}; \quad (3)$$

Подставив числовые значения, получим:

При движении вперед (с грузом):

$$t_{\text{п}}^{\text{п}} = t_{\text{т}}^{\text{п}} = \frac{0,25}{1} = 0,25 \text{ с};$$

$$L_{\text{п}}^{\text{п}} = L_{\text{т}}^{\text{п}} = \frac{0,25^2}{2 \cdot 1} = 0,03125 \text{ м};$$

$$t_y^{\text{п}} = \frac{(7 + 0,25 \cdot 2) - (0,03125 + 0,03125)}{0,25} = 29,75 \text{ с}.$$

При движении назад (без груза) :

$$t_{\text{п}}^{\text{б}} = t_{\text{т}}^{\text{б}} = \frac{0,375}{1} = 0,375 \text{ с};$$

$$L_{\text{п}}^{\text{б}} = L_{\text{т}}^{\text{б}} = \frac{0,375^2}{2 \cdot 1} = 0,0703 \text{ м};$$

$$t_y^{\text{б}} = \frac{(7 + 0,25 \cdot 2) - (0,0703 + 0,0703)}{0,375} = 19,625 \text{ с}.$$

Общее время работы:

$$t_p = t_{\Pi}^P + t_y^P + t_T^P + t_{\Pi}^B + t_y^B + t_T^B = \\ = 0,25 + 29,75 + 0,25 + 0,375 + 19,625 + 0,375 = 50,625 \text{ с.}$$

Статические сопротивления движению создаются силами трения скольжения заготовок, трения качения.

Момент сил трения качения:

$$M_{\text{ТК}} = m \cdot f \cdot g, \quad (4)$$

где m – масса движущегося тела, масса деталей, опирающихся на узел качения, масса поднимаемого или опускаемого груза, кг;

f – коэффициент трения качения.

В соответствии с формулой (2.4):

$$M_{\text{ТК}}^B = m \cdot f \cdot g = 6000 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \cdot 9,81 = 117,72 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Момент сил трения в подшипниках:

$$M_{\text{ТП}} = \frac{m_1 \cdot d_{\text{ш}} \cdot \mu_{\text{п}} \cdot g}{2}, \quad (5)$$

где m_1 – масса деталей и узлов, опирающихся на ролики, кг;

$d_{\text{ш}}$ – диаметр шейки ролика, м;

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

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

В соответствии с формулой (5) :

$$M_{\text{ТП}}^B = \frac{m \cdot d_{\text{ш}} \cdot \mu_{\text{п}} \cdot g}{2} = \frac{6000 \cdot 0,017 \cdot 9,81 \cdot 0,125}{2} = 62,54 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Момент сил трения скольжения тела по горизонтальной плоскости:

$$M_{\text{ТС}} = \frac{m \cdot \mu_{\text{с}} \cdot g \cdot D}{2}, \quad (6)$$

где $\mu_{\text{с}}$ – коэффициент трения скольжения заготовок;

D – диаметр реечной шестерни.

В соответствии с формулой (6):

При движении с одной заготовкой:

$$M_{\text{ТС}}^P = \frac{(900+6000) \cdot 0,17 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{2} = 2876,8 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

При движении с заготовками внутри печи:

$$M_{TC}^B = \frac{(900 \cdot 6 + 6000) \cdot 0,17 \cdot 9,81 \cdot 0,5}{2} = 4753 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Суммарный статический момент при движении толкателя к заготовке (при реверсировании толкателя):

$$M_{\text{рост1}} = M_{\text{ТК}} + M_{\text{ТП}} = 117,72 + 62,54 = 180,26 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Суммарный статический момент при движении с одной заготовкой:

$$M_{\text{рост2}} = M_{\text{ТК}} + M_{\text{ТП}} + M_{\text{ТС}}^P = 180,26 + 2876,8 = 3057,06 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Суммарный статический момент при движении с заготовками в печи:

$$M_{\text{рост3}} = M_{\text{ТК}} + M_{\text{ТП}} + M_{\text{ТС}}^B = 180,26 + 4753 = 4933,26 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Для определения динамических моментов рабочей машины рассчитываются моменты инерции рабочей машины (рабочего органа):

$$J_{\text{ро}} = J + (m) \cdot \frac{D^2}{4}, \quad (7)$$

где J – моменты инерции вращающихся элементов рабочей машины;

m – масса поступательно движущихся частей;

D – диаметр реечной шестерни.

В соответствии с формулой (7):

При движении с одной заготовкой:

$$\begin{aligned} J_{\text{ро}}^P &= J + (m) \cdot \frac{D^2}{4} = (J_p + J_{\text{ш}}) + (m + m_3) \cdot \frac{D^2}{4} = \\ &= (90 + 0,4) + (6000 + 900) \cdot \frac{0,5^2}{4} = 521,65 \text{ кг} \cdot \text{м}^2. \end{aligned}$$

При движении без заготовки:

$$J_{\text{ро}}^B = (J_p + J_{\text{ш}}) + m \cdot \frac{D^2}{4} = m \cdot \frac{D^2}{4} = 90 \cdot 4 + 6000 \cdot \frac{0,5^2}{4} = 465,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

При движении с заготовками внутри печи:

$$J_{\text{ро}}^B = (J_p + J_{\text{ш}}) + m \cdot \frac{D^2}{4} = 90,4 + (6000 + 6 \cdot 900) \cdot \frac{0,5^2}{4} = 802,9 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

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

$$M_{\text{родин}} = J_{\text{ро}} \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{доп}}}{D}. \quad (8)$$

При движении с одной заготовкой:

$$M_{\text{родин}}^{\text{P}} = J_{\text{ро}}^{\text{P}} \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{доп}}}{D} = 521,65 \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,5} = 2086,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При разгоне и торможении без груза:

$$M_{\text{родин}}^{\text{B}} = J_{\text{ро}}^{\text{B}} \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{доп}}}{D} = 465,4 \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,5} = 1861,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При торможении с заготовками внутри печи:

$$M_{\text{родин}}^{\text{B}} = J_{\text{ро}}^{\text{B}} \cdot \frac{2 \cdot a_{\text{доп}}}{D} = 802,9 \cdot \frac{2 \cdot 1}{0,5} = 3211,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Полный момент рабочей машины находится по формуле:

$$M_{\text{ро}} = M_{\text{рост}} + M_{\text{родин}}. \quad (9)$$

Первый участок – старт толкателя:

$$M_{\text{ро}}^1 = M_{\text{рост1}} + M_{\text{родин}}^{\text{B}} = 142,3063 + 1494,333 = 1636,6393 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Второй участок: толкатель подходит к заготовке:

$$M_{\text{ро}}^2 = M_{\text{рост1}} = 180,26 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Третий участок – равномерное движение толкателя с одной заготовкой:

$$M_{\text{ро}}^3 = M_{\text{рост2}} = 3057,06 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Четвертый участок – движение толкателя с заготовками в печи:

$$M_{\text{ро}}^4 = M_{\text{рост3}} = 4933,26 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пятый участок- торможение с заготовками в печи:

$$M_{\text{ро}}^5 = M_{\text{рост3}} - M_{\text{родин}}^{\text{P}} = 4933,26 - 3211,6 = 1721,66 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Шестой участок – начало обратного движения:

$$M_{\text{ро}}^6 = -M_{\text{рост1}} - M_{\text{родин}}^{\text{B}} = -180,26 - 1861,6 = -2041,86 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Седьмой участок – равномерное обратное движение:

$$M_{\text{ро}}^7 = -M_{\text{рост1}} = -180,26 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Восьмой участок – торможение толкателя:

$$M_{\text{ро}}^8 = -M_{\text{рост1}} + M_{\text{родин}}^{\text{B}} = -180,26 + 1861,6 = 1681,34 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Рассчитаем среднеквадратическое значение момента:

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{\sum_{K=1}^m M_K^2 \cdot t_K}{\sum_{K=1}^m t_K}}, \quad (10)$$

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

t_K – длительность k -го участка, с.

Подставив числовые значения, получим:

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{1636,6393^2 \cdot 0,25 + 180,26^2 \cdot 0,875 + 3057,06^2 \cdot 28 + 4933,26^2 \cdot 0,875 + 1721,66^2 \cdot 0,25 + (-2041,86)^2 \cdot 0,375 + (-180,26)^2 \cdot 0,375}{50,625}} = 2383,783 \text{ Нм.}$$

Мощность двигателя может быть определена по формуле:

$$P_{\text{ДВ}} = k_1 \cdot M_{\text{сркв}} \cdot \frac{2 \cdot v_0}{D} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{факт}}}{\text{ПВ}_{\text{кат}}}}, \quad (11)$$

где k_1 – коэффициент, учитывающий динамические нагрузки, обусловленные вращающимися элементами электродвигателя (двигатель, редуктор), а также потери мощности в редукторе. $k_1 = 1,4$;

v_0 – основная скорость движения РО, м/с;

D – Диаметр шестерни выходного вала редуктора, м;

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

$\text{ПВ}_{\text{кат}}$ – ближайшее к $\text{ПВ}_{\text{ф}}$ 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 участках движения и заданное время цикла:

$$t_{\text{ц}} = \frac{3600}{z}; \quad (12)$$

где z – число циклов работы машины в час.

$$t_{ц} = \frac{3600}{z} = \frac{3600}{65} = 55,39 \text{ с};$$

$$ПВ_{\text{факт}} = \frac{1}{t_{ц}} \cdot \sum_{k=1}^m t_k = \frac{1}{55,39} \cdot (50,625) = 91,4\%.$$

Для повторно-кратковременного режима работы следует выбирать двигатели специальных серий, предназначенных для этого режима. Выберем электродвигатель с номинальными данными при $ПВ_{\text{кат}}=100\%$. Тогда мощность двигателя:

$$P_{\text{ДВ}} = 1,4 \cdot 2383,783 \cdot \frac{2 \cdot 0,25}{0,5} \cdot \sqrt{\frac{0,914}{1}} = 3190,6 \text{ Вт.}$$

5 ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Из асинхронных двигателей выберем двигатель

МТКН1Ф2П132-6 [1, с. 21]. Выбор произведен по номинальной мощности и рассчитанной продолжительности включения ПВ=100%.

Таблица 2 – Номинальные данные асинхронного электродвигателя МТКН1Ф2П132-6 при ПВ=100%

Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
P_n	Номинальная мощность на валу	кВт	4,5
$\cos\varphi$	$\cos\varphi$	-	0,53
$\eta(\%)$	КПД	%	83,0
n_n	Номинальная частота вращения	об/мин	995
I_n	Номинальный ток при $U = 380В$	А	15,5
$r_{\text{я}}$	Сопротивление якоря и добавочных полюсов	Ом	0,42
$J_{\text{дв}}$	Момент инерции ротора двигателя	Кг·м ²	0,076
M_{max}	Максимально допустимый момент	Н·м	160

6 ВЫБОР РЕДУКТОРА

Передаточное число редуктора определяется по номинальной скорости вращения выбранного двигателя и основной скорости движения исполнительного органа по формуле (6.1):

$$i_p = \frac{\omega_n \cdot D}{2 \cdot v_o}, \quad (13)$$

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

v_o – основная скорость движения исполнительного органа.

В соответствии с формулой (6.1):

$$i_p = \frac{2 \cdot \pi \cdot 995 \cdot 0,5}{60 \cdot 2 \cdot 0,25} = 104,14.$$

Выберем редуктор, исходя из того, что передаточное число должно быть равным или несколько меньшим рассчитанного, при этом должны быть учтены условия работы механизма, номинальная мощность и скорость двигателя.

Выберем редуктор ЦЗУ-315Н с характеристиками, представленными в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристики редуктора ЦЗУ-315Н

Тип редуктора	Передаточное число	Габаритные размеры	КПД	Масса, кг	Номинальный крутящий момент, Нм
ЦЗУ-315Н	80	557*206*345	0,96	580	7000

7 ПРИВЕДЕНИЕ СТАТИЧЕСКИХ МОМЕНТОВ К ВАЛУ ДВИГАТЕЛЯ

После выбора двигателя и редуктора рассчитаем статические моменты рабочей машины, приведенные к валу двигателя, по формуле (7.1):

$$M_{pc} = \frac{M_{\text{рост}}}{j_p}, \quad (14)$$

где $M_{\text{рост}}$ – статический момент рабочего органа;

j_p – передаточное число редуктора.

При движении толкателя к заготовке (при реверсировании толкателя):

$$M_{pc}^p = \frac{M_{\text{рост}}^p}{j_p} = \frac{180,26}{80} = 2,25 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении с одной заготовкой:

$$M_{pc}^B = \frac{M_{\text{рост}}^B}{j_p} = \frac{3057,06}{80} = 38,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении с заготовками в печи:

$$M_{pc}^p = \frac{M_{\text{рост}}^p}{j_p} = \frac{4933,26}{80} = 61,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

С учетом потерь в редукторе статический момент на валу в двигательном режиме рассчитывается по формуле (15):

$$M_{вс} = \frac{M_{pc}}{\eta_p}. \quad (15)$$

При движении толкателя к заготовке в двигательном режиме (реверс):

$$M_{всд}^p = \frac{M_{pc}^p}{\eta_p} = \frac{2,25}{0,96} = 2,34 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении с одной заготовкой в двигательном режиме:

$$M_{всд}^B = \frac{M_{pc}^B}{\eta_p} = \frac{38,2}{0,96} = 39,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении с заготовками в печи в двигательном режиме:

$$M_{всд}^B = \frac{M_{pc}^B}{\eta_p} = \frac{61,7}{0,96} = 64,27 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При работе электропривода в тормозных режимах моменты на валу двигателя определяют по формуле (16):

$$M_{вст} = M_{рс} \cdot \eta_p \quad (16)$$

При движении с заготовками в печи в тормозном режиме:

$$M_{вст}^P = M_{рс}^P \cdot \eta_p = 61,7 \cdot 0,96 = 59,2 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При реверсировании толкателя в тормозном режиме:

$$M_{вст}^B = M_{рс}^B \cdot \eta_p = 2,25 \cdot 0,96 = 2,16 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

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

$$M_c = M_{вс} + \Delta M_x, \quad (17)$$

где ΔM_x – момент потерь холостого хода двигателя.

$$M_x = 0,05 \cdot M_H,$$

где M_H – номинальный момент двигателя рассчитываем по формуле:

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{4500}{104,14} = 43,07 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_x = 43,07 \cdot 0,05 = 2,15 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении толкателя к заготовке в двигательном режиме (реверс):

$$M_{сд}^P = M_{всд}^P + \Delta M_x = 2,34 + 2,15 = 4,49 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении с одной заготовкой в двигательном режиме:

$$M_{сд}^B = M_{всд}^B + \Delta M_x = 39,8 + 2,15 = 41,95 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении с заготовками в печи в двигательном режиме:

$$M_{сд}^P = M_{всд}^B + \Delta M_x = 64,27 + 2,15 = 66,42 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении с заготовками в печи в тормозном режиме:

$$M_{ст}^P = M_{вст}^P - \Delta M_x = 59,2 - 2,15 = 57,05 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При реверсировании толкателя в тормозном режиме:

$$M_{ст}^B = M_{вст}^B - \Delta M_x = 2,16 - 2,15 = 0,01 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

8 ПРИВЕДЕНИЕ МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ К ВАЛУ ДВИГАТЕЛЯ

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

Суммарный приведенный момент инерции:

$$J = \delta \cdot J_d + J_{пр}, \quad (18)$$

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

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

δ – коэффициент, учитывающий момент инерции остальных моментов электропривода: тормозного шкива, муфты, редуктора, и т.д. ($\delta = 1.3 \dots 1.5$).

Приведенный момент инерции рабочей машины к валу двигателя:

$$J_{пр} = \frac{J_{PO}}{j_p^2}. \quad (19)$$

Установившуюся скорость двигателя находим по формуле:

$$\omega_c = \frac{2 \cdot v_0}{D} \cdot j_p. \quad (20)$$

При движении с грузом:

$$\omega_c^p = \frac{2 \cdot 0,25}{0,5} \cdot 80 = 80 \text{ с}^{-1}.$$

При движении без груза:

$$\omega_c^e = \frac{2 \cdot 0,375}{0,5} \cdot 80 = 120 \text{ с}^{-1}.$$

Приведенный момент инерции при подходе к заготовке (реверс):

$$J_{пр} = \frac{465,4}{80^2} = 0,0727 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Приведенный момент инерции при движении с одной заготовкой:

$$J_{пр} = \frac{521,65}{80^2} = 0,0815 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Приведенный момент инерции при движении в печи:

$$J_{\text{пр}} = \frac{802,9}{80^2} = 0,126 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент инерции при подходе к заготовке (реверс):

$$J^{\text{р}} = 1,4 \cdot 0,076 + 0,0727 = 0,179 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Момент инерции при движении с одной заготовкой:

$$J^{\text{р}} = 1,4 \cdot 0,076 + 0,0815 = 0,188 \cdot \text{м}^2.$$

Момент инерции при движении в печи:

$$J^{\text{в}} = 1,4 \cdot 0,076 + 0,126 = 0,232 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Для каждого участка проведены расчеты, и все значения занесены в таблицу 4.

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

Пусковой момент:

$$M_{\text{п}} = M_{\text{с}} + M_{\text{дин}}, \quad (21)$$

где $M_{\text{с}}$ – статический момент сопротивления движению, Н·м;

$M_{\text{дин}}$ – динамический момент, Н·м.

Динамический момент рассчитываем по формуле (4.4.5):

$$M_{\text{дин}} = J \cdot \frac{2 \cdot a \cdot j_{\text{р}}}{D}, \quad (22)$$

где a – допустимое ускорение при пуске и торможении, $\frac{\text{м}}{\text{с}^2}$;

D – Диаметр шестерни, преобразующей вращение в поступательное движение, м;

J – Приведенный момент инерции привода, $\text{кг} \cdot \text{м}^2$.

Динамический момент:

При подходе к заготовке:

$$M_{\text{дин}}^{\text{р}} = J^{\text{р}} \cdot \frac{2 \cdot a \cdot j_{\text{р}}}{D} = 0,179 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot 80}{0,5} = 57,28 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении с одной заготовкой:

$$M_{\text{дин}}^B = J^P \cdot \frac{2 \cdot a \cdot j_p}{D} = 0,188 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot 80}{0,5} = 60,16 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При движении в печи:

$$M_{\text{дин}}^B = J^B \cdot \frac{2 \cdot a \cdot j_p}{D} = 0,232 \cdot \frac{2 \cdot 1 \cdot 80}{0,5} = 74,24 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Пусковой момент:

При начале движения вперед:

$$M_n^P = M_{\text{сд}}^P + M_{\text{дин}}^P = 4,49 + 57,28 = 61,77 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При начале движения назад:

$$M_n^P = -M_{\text{сд}}^P - M_{\text{дин}}^P = -4,49 - 57,28 = -61,77 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Тормозной момент:

$$|M_T| = |M_{\text{дин}}| - M_C. \quad (23)$$

Торможение с грузом в печи:

$$|M_T^P| = |M_{\text{дин}}^P| - M_{\text{ст}}^P = 74,24 - 57,05 = 17,19 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Торможение без груза при реверсе:

$$|M_T^B| = |M_{\text{дин}}^B| - M_{\text{ст}}^B = 57,28 - 0,01 = 57,27 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Приведем крутильную жесткость рабочего вала к валу двигателя:

$$C_{\text{пр}} = \frac{C_K}{j_p^2} = \frac{50000000}{80^2} = 7813 \text{ Н} \cdot \frac{\text{м}}{\text{рад}}. \quad (24)$$

9 ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ДВИГАТЕЛЯ

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

Рассчитаем время переходных процессов по формуле (25):

$$t_i = J^p \cdot \frac{\omega_c}{M_{cp} - M_c}, \quad (25)$$

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

ω_c – установившаяся скорость двигателя, с⁻¹;

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

M_c – приведенный статический момент, Н·м.

Первый участок – разгон толкателя и подход к заготовке:

$$t_1 = J^p \cdot \frac{\omega_c^p}{M_{cp}^p - M_{cd}^p} = 0,179 \cdot \frac{80}{61,77 - 4,49} = 0,25 \text{ с.}$$

Третий участок – торможение в печи:

$$t_3 = J^p \cdot \frac{\omega_c^p}{M_{cрт}^p - M_{ст}^p} = 0,232 \cdot \frac{120}{57,05 + 17,19} = 0,25 \text{ с.}$$

Пятый участок – разгон в обратном направлении:

$$t_5 = J^B \cdot \frac{\omega_c^B}{M_{cp}^B - M_{cd}^B} = 0,179 \cdot \frac{80}{61,77 - 4,49} = 0,375 \text{ с.}$$

Седьмой участок – торможение:

$$t_7 = J^B \cdot \frac{\omega_c^B}{M_{cрт}^B - M_{ст}^B} = 0,179 \cdot \frac{120}{57,27 + 0,01} = 0,375 \text{ с.}$$

Рассчитаем угол поворота вала двигателя за время переходного процесса:

$$\alpha_i = \frac{\omega_c \cdot t_i}{2}. \quad (26)$$

Первый участок:

$$\alpha_1 = \frac{\omega_c^p \cdot t_1}{2} = \frac{80 \cdot 0,25}{2} = 10 \text{ рад.}$$

Третий участок:

$$\alpha_3 = \frac{\omega_c^p \cdot t_3}{2} = \frac{80 \cdot 0,25}{2} = 10 \text{ рад.}$$

Пятый участок:

$$\alpha_5 = \frac{\omega_c^b \cdot t_5}{2} = \frac{120 \cdot 0,375}{2} = 22,5 \text{ рад.}$$

Седьмой участок:

$$\alpha_7 = \frac{\omega_c^b \cdot t_7}{2} = \frac{120 \cdot 0,375}{2} = 22,5 \text{ рад.}$$

Время работы с установившейся скоростью рассчитаем по формуле (27):

$$t_y = \frac{\alpha - (\alpha_{п} + \alpha_{т})}{\omega_c}, \quad (27)$$

где α – угол поворота вала двигателя, соответствующий величине перемещения в данном режиме, рад;

$\alpha_{п}, \alpha_{т}$ – угол поворота вала за время пуска и торможения соответственно, рад.

Рассчитаем угол поворота вала двигателя, соответствующий величине перемещения в данном режиме:

$$\alpha = \frac{2 \cdot L \cdot j_p}{D} = \frac{2 \cdot (7 + 0,25 + 0,25) \cdot 80}{0,5} = 2400 \text{ рад.}$$

Тогда время работы с установившейся скоростью:

при движении с грузом:

$$t_2 = \frac{\alpha - (\alpha_{п} + \alpha_{т})}{\omega_c^p} = \frac{2400 - (10 + 10)}{80} = 29,75 \text{ с.}$$

при движении без груза:

$$t_6 = \frac{\alpha - (\alpha_{п} + \alpha_{т})}{\omega_c^b} = \frac{2400 - (22,5 + 22,5)}{120} = 19,625 \text{ с.}$$

Рассчитаем общее время работы:

$$\begin{aligned} t_{\phi} &= t_1 + t_2 + t_3 + t_5 + t_6 + t_7 = \\ &= 0,25 + 29,75 + 0,25 + 0,375 + 19,625 + 0,375 = 50,625 \text{ с;} \end{aligned}$$

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:

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n M_i^2 \cdot t_i}{\sum_{i=1}^n t_i}} \leq M_{\text{доп}}, \quad (28)$$

где $M_{\text{доп}} = M_{\text{кат}} \cdot \sqrt{\frac{ПВ_{\text{кат}}}{ПВ_{\phi}}}$;

$$M_{\text{сркв}} = \sqrt{\frac{61,77^2 \cdot 0,25 + 4,49^2 \cdot 0,875 + 41,95^2 \cdot 28 + 66,42^2 \cdot 0,875 + 17,19^2 \cdot 0,25 + 61,77^2 \cdot 0,375 + 4,49^2 \cdot 22,3 + 57,27^2 \cdot 0,375}{50,625}}$$

$$= 35,04 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Фактическое значение ПВ:

$$ПВ_{\phi} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{t_{ц}} \cdot 100\% = \frac{50,625}{55,39} \cdot 100\% = 91,4 \%$$

Определим момент двигателя при $ПВ_{\text{кат}}$, ближайшем к $ПВ_{\phi}$:

$$M_{\text{кат}} = \frac{P_{\text{кат}}}{\omega_{\text{кат}}} = \frac{4500}{\frac{2 \cdot \pi \cdot 995}{60}} = 43,07 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Допустимый момент:

$$M_{\text{доп}} = 35,04 \cdot \sqrt{\frac{100}{91,4}} = 36,65 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$36,65 < 43,07.$$

Выбранный двигатель проходит по нагреву.

Таблица 4 – Результаты предварительного расчета нагрузочных диаграмм

	С грузом					Без груза		
	Пуск	Уст. 1	Уст.2	Уст. 3	Торм.	Пуск	Уст.	Торм.
t,с	0,25	0,875	28	0,875	0,25	0,375	19,63	0,375
L,м	0,0313	0,219	7	0,219	0,0313	0,07	7,36	0,07
v , м/с	-	0,25	0,25	0,25	-	-	0,375	-
M _{рост} , Н·м	180,26	180,26	3057,1	4933,3	4933,3	-180,26		
J _{рост} , кг·м ²	465,4	465,4	521,65	802,9	802,9	465,4		
M _{родин} , Н·м	1861,6	-	-	-	3211,6	1861,6	-	1861,6
M _{ро} , Н·м	1636,6	180,26	3057,1	4933,3	1721,7	2041,9	-180	1681,3
M _{рс} , Н·м	2,25	2,25	38,2	61,7	61,7	2,25		
M _{вс} , Н·м	2,34	2,34	39,8	64,27	59,2	2,34	2,34	2,16
M _с , Н·м	4,49	4,49	41,95	66,42	57,05	4,49	4,49	0,01
ω _с , рад/с	80					120		
J _{пр} , кг·м ²	0,073	0,073	0,0815	0,126	0,126	0,073		
J, кг·м ²	0,179	0,179	0,188	0,232	0,232	0,179		
M _{доп.уск} Н·м	61,77	4,49	41,95	66,42	17,19	61,77	4,49	57,27
t, с	0,3	28,37			0,3	0,45	18,66	0,45
α, рад	10	2400			10	22,5	2375	22,5

По данным расчетов построим нагрузочные диаграммы, на которых покажем изменения моментов и скорости от режима работы толкателя, нагрузочные диаграммы представлены на рисунке 2.

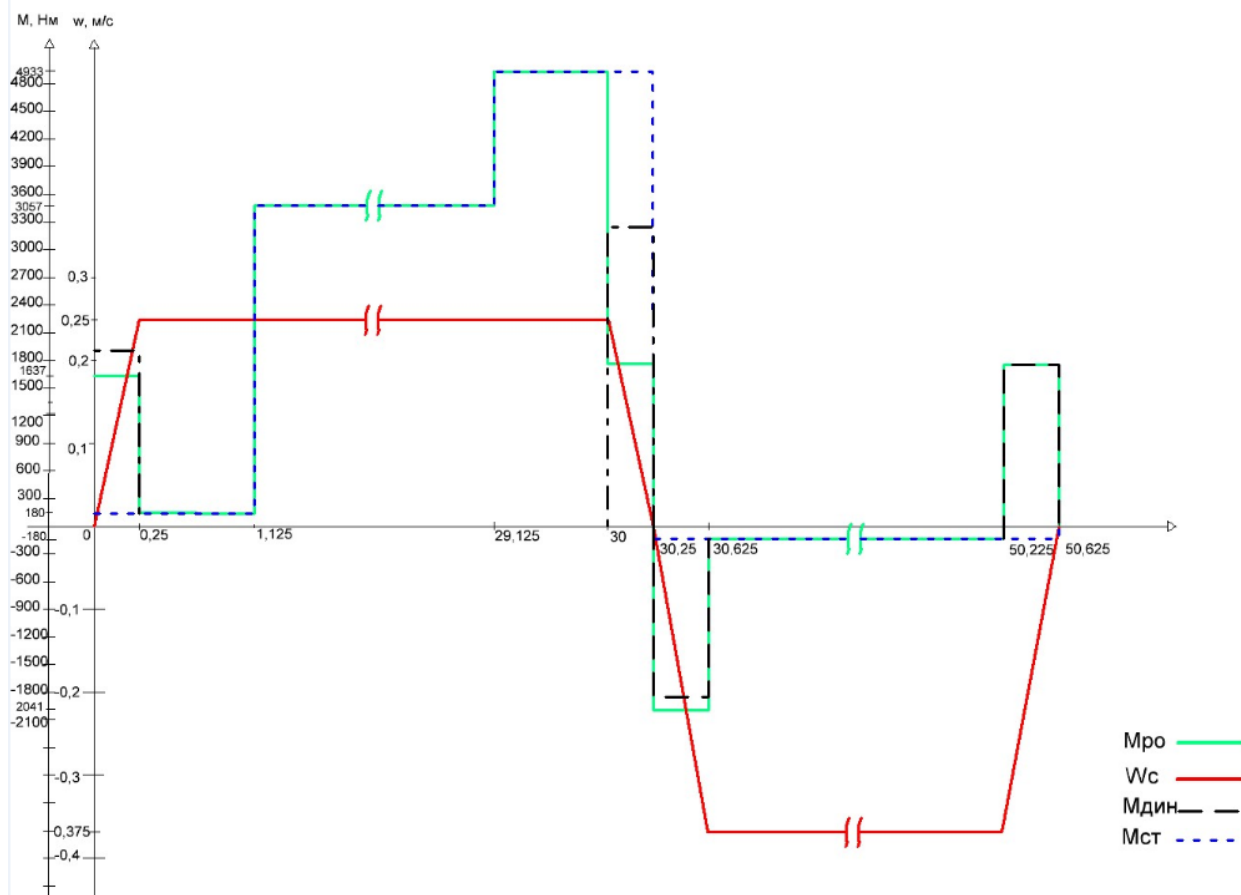


Рисунок 2 – Нагрузочные диаграммы скоростей и моментов

На рисунке:

- 1) Зеленым цветом выделен $M_{ро}$.
- 2) Красным цветом обозначена скорость движения токателя печи.
- 3) Черной пунктирной линией выделен $M_{дин}$.
- 4) Пунктирной фиолетовой линией выделен $M_{ст}$.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ

Лист

31

10 ВЫБОР ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СИЛОВОЙ ЦЕПИ

Управление двигателем будем осуществлять преобразователем частоты, то есть двигатель будет питаться не от цеховой сети, а от отдельного индивидуального преобразователя частоты (ПЧ), который допускает работу двигателя при номинальной скорости с преобразователями частоты с автономными инверторами (ПЧИ) осуществляет преобразование напряжения питающей сети в напряжение постоянного тока, а затем в трёхфазное напряжение регулируемой частоты.

Питание может осуществляться как от преобразователя с непосредственной связью (НПЧ), так и от двухзвенного преобразователя с автономными инверторами (ПЧИ).

НПЧ выгодно и целесообразно использовать в системах, у которых диапазон выходных частот находится в пределах 25...12,5 Гц.

При выходных частотах 50 Гц и ниже используют преобразователи ПЧИ. Применение автономных инверторов тока целесообразно в приводах с поддержанием момента.

По заданию нужно выбрать ПЧ с неуправляемым выпрямителем на входе.

Выбор типа преобразователя зависит от частоты питающей сети, требуемого диапазона изменения частоты на выходе преобразователя, определенного диапазоном изменения скорости вращения двигателя, от мощности двигателя, диапазона изменения нагрузки на валу двигателя, наличия или отсутствия реверса, режимов работы двигателя.

Диапазон изменения частоты преобразователя должен быть не менее требуемого диапазона изменения частоты питания двигателя.

Преобразователь двукратным током нагрузки.

Выбор преобразователя осуществляется по каталогам электротехнической промышленности на основе номинальных данных предварительно выбранного двигателя:

Выбор преобразователя частоты осуществляется, исходя из условия:

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						32
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

$$U_{пч} \geq U_{нл}$$

$$I_{пч} \geq I_{1н}$$

$$P_{пч} \geq P_{д}$$

Согласно упомянутым требованиям, выбираем преобразователь частоты фирмы АВВ марки ACS 310-03х-17А2-023.

Таблица 5– Характеристики ПЧ ACS 310-03х-17А2-023

Модель	$I_{н}$, А	$P_{н}$, кВт	$U_{н}$, В	Входная частота	Выходная частота	диапазон	Типо- размер
ACS 310- 03х-17	17,2	7,5	400	50 Гц	0-300 Гц	380В-415В ± 10 %.	R3

По рекомендациям производителя выбираем тормозной резистор: JBR-03, R = 30 Ом.

В паспорте сказано, что в ПЧ изначально встроен тормозной прерыватель.

Схема преобразователя частоты АВВ ACS310-03х-17А2-023 представлена на рисунке 5.

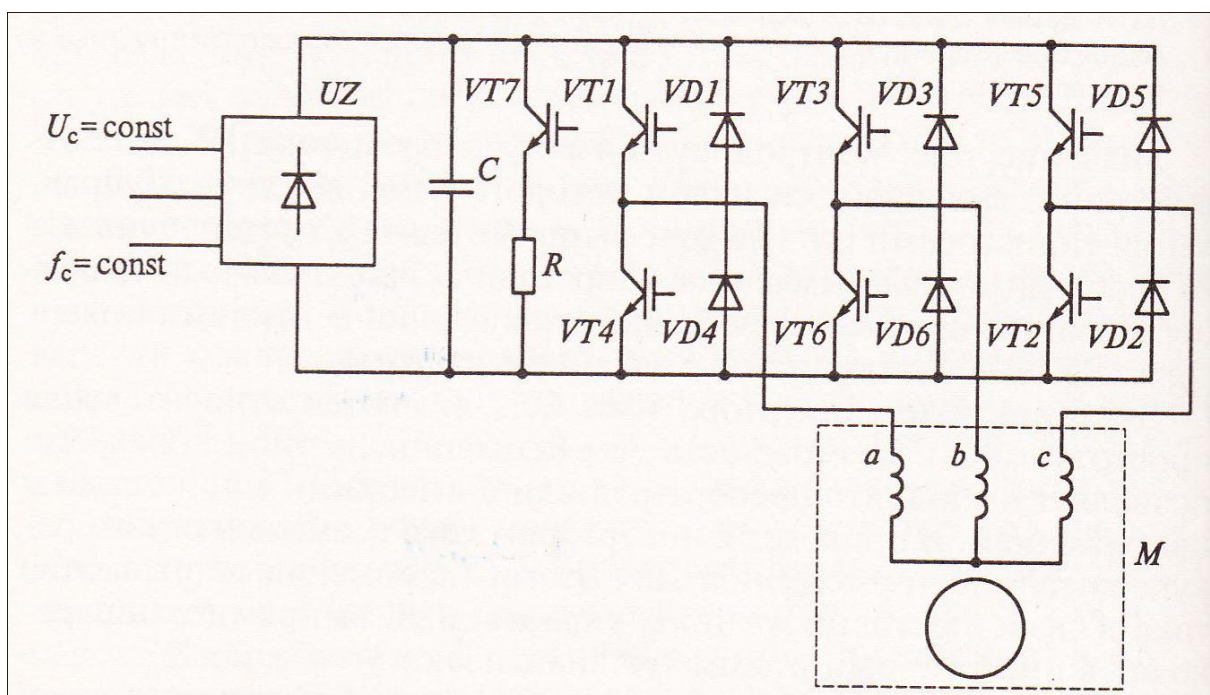


Рисунок 5- Схема преобразователя частоты ABB ACS 310-03x-17A2-023

Преобразователь частоты ABB ACS 310-03x-17A2-023 имеет скалярное управление и регулирует скорость асинхронного двигателя в соответствии с законом $U/f = \text{const}$. Скалярное управление или U/f-регулирование асинхронным двигателем – это изменение скорости двигателя путем воздействия на частоту напряжения на статоре при одновременном изменении модуля этого напряжения. При U/f-регулировании частота и напряжение регулируются совместно. Для реализации такого закона регулирования необходимо обеспечить постоянство соотношения $U/f = \text{const}$, где U-напряжение на статоре, а f-частота напряжения статора. При постоянстве перегрузочной способности номинальные коэффициент мощности и к.п.д. двигателя на всем диапазоне регулирования частоты вращения практически не изменяются.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ

Лист

34

11 РАСЧЕТ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Задачей расчёта является обеспечение технологических задач заложенных в требования к электроприводу:

– рабочие скорости рабочего и обратного хода должны быть обеспечены с заданной степенью точности;

– ускорение электропривода не должно превышать допустимых значений.

Исходными данными для расчёта статических характеристик являются каталожные данные электродвигателя и другого оборудования, установленного в его силовой цепи.

Найдем базовые величины параметров двигателя:

Номинальное фазное напряжение $U_{1H} = 220$ В.

Номинальная частота $f_{1H} = 50$ Гц.

Номинальный ток статора $I_{1H} = 15,5$ А.

Синхронная скорость вращения ω_{0H} :

$$\omega_{0H} = \frac{2 \cdot \pi \cdot f_{1H}}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{3} = 104,72 \text{ рад/с.} \quad (29)$$

Номинальный момент на валу M_H :

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{4500}{104,72} = 43,07 \text{ Н}\cdot\text{м.} \quad (30)$$

Рассчитаем частоту f_1 и напряжение на статоре U_1 , при которых механические характеристики будут проходить через точки установившегося режима.

Заданные точки в о.е.: (подход к заготовке):

$$\overline{M}_{зад} = \frac{M_{зад}}{M_H} = \frac{4,49}{43,07} = 0,1042; \quad (31)$$

$$\overline{\omega}_{зад} = \frac{\omega_{зад}}{\omega_H} = \frac{80}{104,72} = 0,764. \quad (32)$$

Приращение скорости в о.е.:

$$\overline{\omega}_{0зад} = \omega_{зад} + S_H \cdot M_{зад} = 0,764 + 0,1042 \cdot 0,01 = 0,765. \quad (33)$$

Значения частоты и напряжения в заданной точке:

$$\alpha = \frac{f_1}{f_{1H}} = \overline{\omega_{0зад}} = 0,765; \quad (34)$$

$$f_1 = \alpha \cdot f_{1H} = 0,642 \cdot 50 = 38,25 \text{ Гц}; \quad (35)$$

$$U_1 = \alpha \cdot U_{1H} = 0,62 \cdot 220 = 168,3 \text{ В}. \quad (36)$$

Таблица 6 - Расчет характеристик

Расчетные параметры		Скорость при			
		Подход к заготовке	С одной заготовкой	В печи	Реверс
Заданные точки					
$\omega_{зад}$	рад/с	80	80	80	120
	о.е.	0,764	0,764	0,764	1,15
M_c	Нм	4,49	41,95	66,42	4,49
	о.е.	0,104	0,97	1,542	0,104
$\omega_{0зад}$	о.е.	0,765	0,764	0,764	1,146
f_1	Гц	38,25	38,7	39	57,6
U_1	В	168,3	170,2	172	253,4

Для построения статических характеристик необходимо знать сопротивления статора r_1 , x_1 и ротора r_2 , x_2 , где

x_1 – индуктивное сопротивление статора.

r_1 – активное сопротивление фазной обмотки статора.

r_2 – приведенное активное сопротивление ротора.

x_2 – приведенное индуктивное сопротивление ротора.

В мануале по эксплуатации двигателя 4МТКН1Ф132LB6 эти данные не даны, поэтому воспользуемся средой “Matlab” и рассчитаем их.

Результаты расчетов приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Сопротивления ротора и статора

X1	X2	R1	R2
0,9716	0,9716	0,1643	0,1908

Исходя из расчета полученных сопротивлений и номинальных данных, построим механические характеристики для каждого режима работы толкателя печи, полученные механические характеристики приведены на рисунке 6. Полученные электромеханические характеристики приведены на рисунке 7.

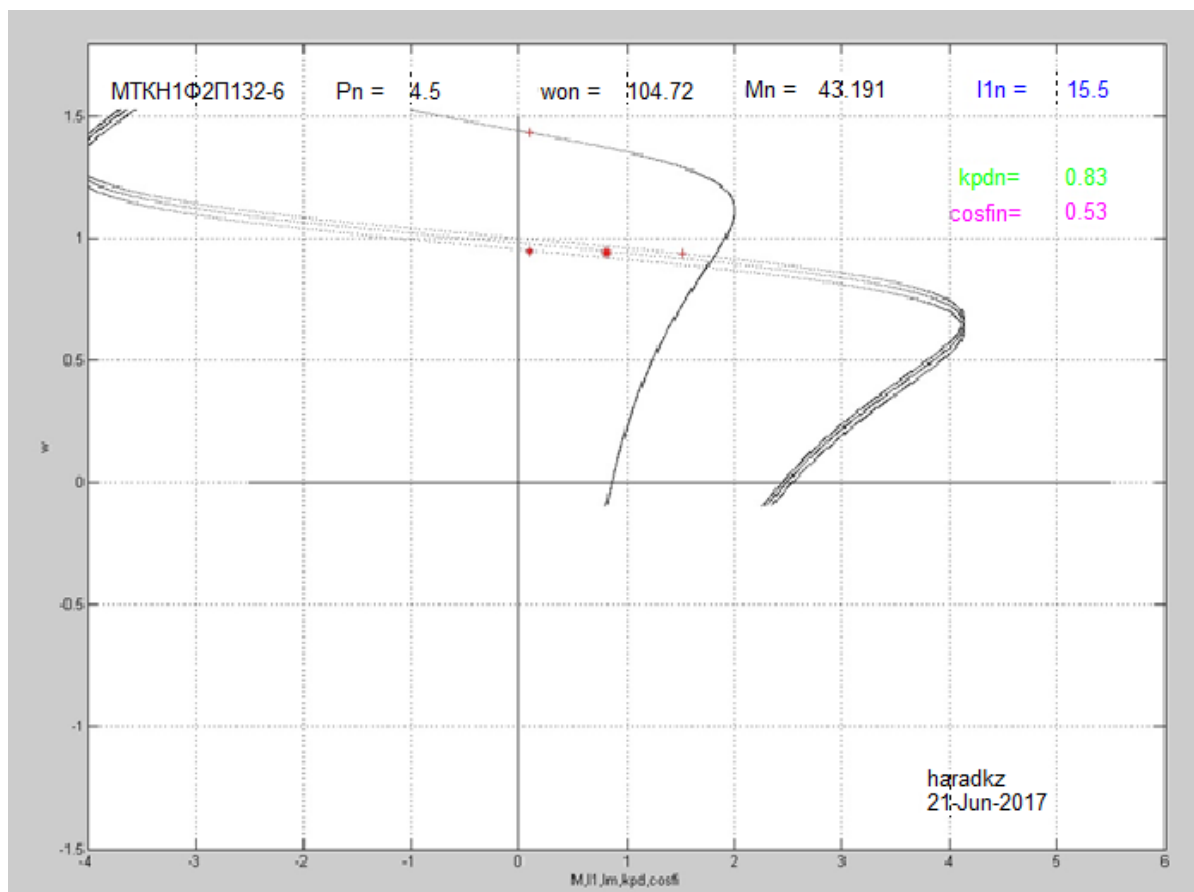


Рисунок 6 – Естественная и искусственные характеристики толкателя печи

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ

Лист

37

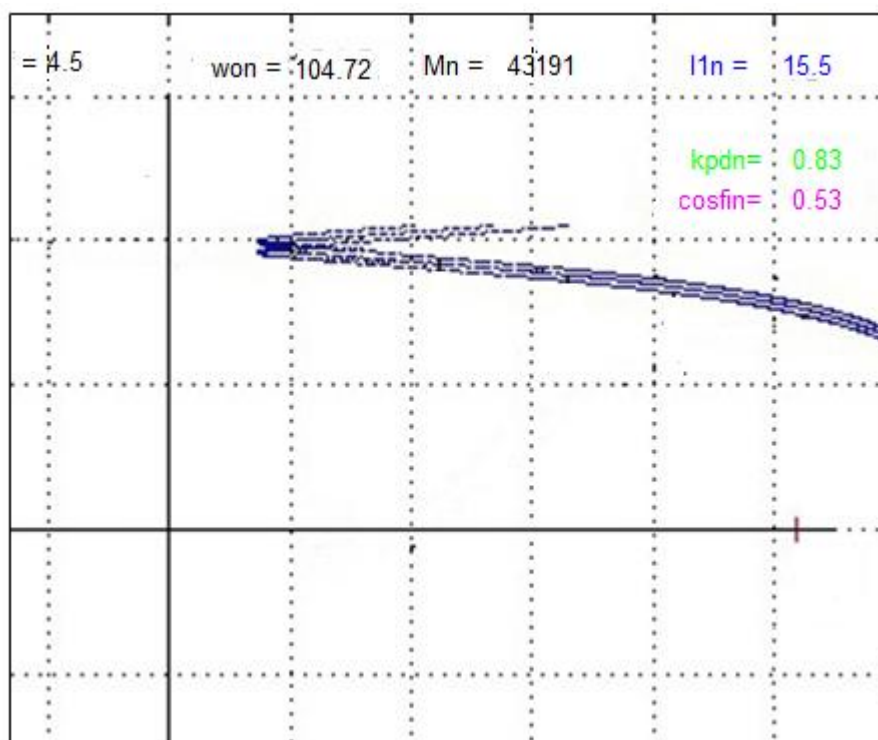


Рисунок 7 – Электромеханические характеристики толкателя печи

Торможение противовключением обладает наибольшим быстродействием, но, в отличие от рекуперативного торможения не является энергетически экономичным. Этот способ осуществляется изменением направления вращения поля в работающем двигателе путем переключения любых двух фаз. Поле при этом будет вращаться в противоположном направлении, а электромагнитный момент изменит направление на противоположное. Под влиянием сил инерции ротор будет продолжать вращаться в прежнем направлении, а электромагнитный момент будет его тормозить.

12 РАСЧЕТ СХЕМ ПУСКА И ТОРМОЖЕНИЯ

При питании двигателя от индивидуального преобразователя появляется возможность плавного регулирования напряжения, поэтому переходные процессы пуска и торможения обеспечиваются формированием напряжения управления преобразователем. В разомкнутой системе преобразователь – двигатель чаще применяют линейное нарастание напряжения управления, что определяет линейное нарастание напряжения питания двигателя. В этом случае величина динамического момента двигателя определяется темпом нарастания напряжения, и, в конечном итоге, производной скорости идеального холостого хода двигателя во времени $d\omega_0 / dt$.

В установившемся режиме нарастания скорости двигателя, когда затухают свободные составляющие переходного процесса,

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{d\omega_0}{dt} = \xi_0 = const, \quad (37)$$

а величина установившегося значения динамического момента двигателя равна:

$$M_{дин} = J \cdot \xi_0. \quad (38)$$

Для формирования линейного закона изменения напряжения управления на вход преобразователя подключаем интегральный И задатчик интенсивности ЗИ, выходное напряжение которого при подаче на его вход скачка задающего напряжения $U_{зад}$ изменяется по линейному закону. При достижении величины $U_{зад}$ нарастание напряжения на выходе ЗИ прекращается. Выходное напряжение ЗИ таким образом является управляющим напряжением преобразователя, а величина $U_{зад}$ определяет установившуюся величину скорости ω_0 двигателя. Темп нарастания скорости определяется величиной базовой постоянной времени ЗИ $T_{ЗИ}$, численно равной времени достижения выходного напряжения преобразователя от нуля до базового значения U_H (от нуля до базового значения скорости идеального холостого хода $\omega_{он}$). Таким образом, базовая постоянная задатчика интенсивности определяется по формуле:

										Лист
										39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ					

$$T_{зи} = \frac{J \cdot \omega_{0н}}{M_{дин}}, \quad (38)$$

где $M_{дин}$ – значение динамического момента двигателя.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

13 РАСЧЕТ ПЕРЕХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Расчет переходных режимов необходим:

- для определения времени и характера их протекания;
- для оценки их соответствия требованиям технологического процесса рабочего органа;
- для оценки механических и электрических перегрузок;
- для правильного выбора мощности двигателей, преобразователей и аппаратуры управления.

Переходные процессы электропривода возникают при изменении управляющих и возмущающих воздействий.

На характер переходного процесса оказывают существенное влияние механическая инерция электропривода, жесткость механической передачи, электромагнитная инерция обмоток двигателя и элементов преобразователя.

Полученные при расчете переходных процессов данные представлены в таблице 8 и 9.

Таблица 8 – Результат переходных процессов при движении вперед

Показатели	Единицы измерения	При движении вперед			
		Старт+ уст.режим			Торможение
$t_{пп}$	с	29,125			0,25
$P_{в}$	Вт·с	10730			-52,4
$P_{д}$	Вт·с	13586,74			88,9
$P_{с}$	Вт·с	21468			160,9
$Q_{с}$	Вар	7056			52,9
$I_{1кв}$	$A^2 \cdot c$	16,04			10,9
α	Рад	2409,95			10,61
$\omega_{уст}$	1/с	79,87			-
M	Нм	4,5	42,939	69	82,94
I	А	6,397	11,2	18,05	18,05
η	%	13	68	74	74
$\cos\varphi$	-	0,63	0,63	0,63	0,62

Таблица 9 – Результат переходных процессов при движении назад

Показатели	Единицы измерения	При движении назад	
		Старт+ уст. процесс	Торможение
$t_{пп}$	с	29,125	0,375
P_v	Вт·с	6416	-131
P_d	Вт·с	8106	-189,05
P_c	Вт·с	1271,13	296,4
Q_c	Вар	4177	97,42
$I_{1кв}$	$A^2 \cdot c$	12,4	12,09
α	Рад	2409,95	20,63
ω_0	1/с	120,56	
$\omega_{уст}$	1/с	120,1	
M	Нм	4,49	
I	А	12,244	
η	%	13	
$\cos\varphi$	-	0,62	

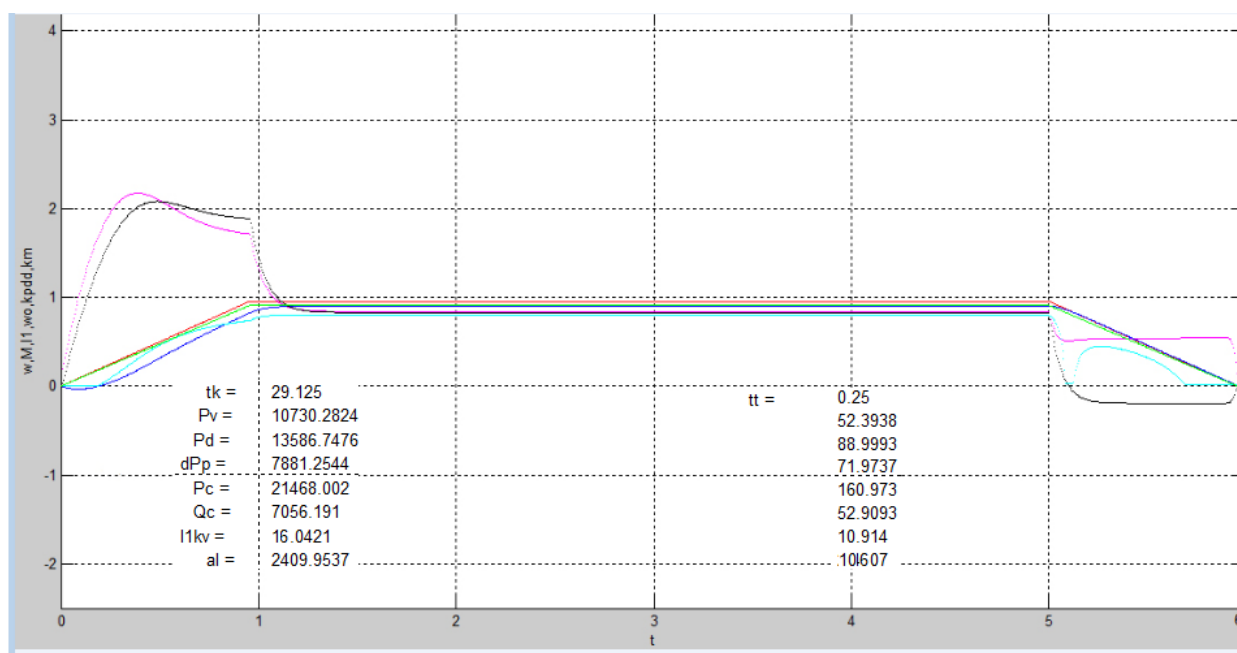


Рисунок 8 – Переходная характеристика вперед

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

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ

Лист

42

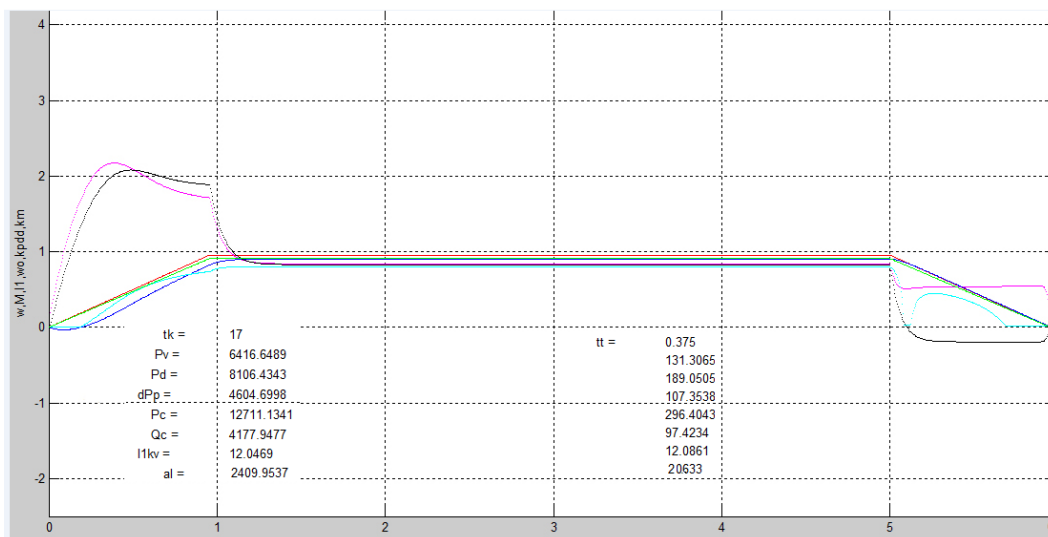


Рисунок 9 – Переходная характеристика назад

На рисунке 9 видно, что скорость за время пуска доходит до установившегося значения и при дальнейшей работе толкатель методической печи работает уже с установившейся скоростью. За время торможения происходит спад скорости до нулевого значения.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ

Лист

43

14 ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

14.1 Проверка на заданную производительность

Проверка на заданную производительность состоит в сравнении рассчитанного времени работы электропривода $t_{\text{факт}}$ в цикле с временем t_p , заданным в техническом задании на проектирование:

$$t_{\text{факт}} \leq t_p,$$

$$t_y = \frac{a_{\Sigma} - (a_n + a_m)}{\omega}, \quad (39)$$

$$\text{Реверс: } t_{y2} = \frac{2409 - (20,47 + 20,47)}{120,56} = 19,45\text{с};$$

$$\text{Вперед: } t_{y1} = \frac{22409 - (10,65 + 10,65)}{79,87} = 28,24\text{с};$$

$$t_{\text{факт}} = \Sigma(t_k + t_y + t_t) = 19,45 + 28,24 + 2 \cdot 0,25 + 2 \cdot 0,375 = 48,21,$$

$$50,625\text{с} \geq 49,94.$$

14.2 Расчет энергетических показателей электропривода

Энергетические показатели электропривода характеризуют экономичность преобразования энергии системой электропривода (коэффициент полезного действия) и экономичность потребления энергии от сети (коэффициент мощности).

Для расчета энергетических показателей в данном проекте могут быть использованы результаты расчета переходных процессов на ЭВМ в тех программах, где выводятся значения механической P_v , активной P_c и реактивной Q_c энергий.

Механическая энергия за время одного переходного процесса определяется по соотношению:

$$P_v = \int_0^t M(t) \cdot \omega(t) \cdot dt \cong \sum_{i=1}^n M_{pi} \cdot \omega_{zi} \cdot \Delta t_i. \quad (40)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ

Лист

44

Активная энергия из сети:

$$P_c = \int_0^t 3 \cdot U(t) \cdot (I \cos \varphi)(t) dt \cong \sum_{i=0}^n 3 \cdot U_i \cdot (I \cos \varphi)_i \cdot \Delta t. \quad (41)$$

Реактивная энергия из сети:

$$Q_c = \int_0^t 3 \cdot U(t) \cdot (I \sin \varphi)(t) dt \cong \sum_{i=0}^n 3 \cdot U_i \cdot (I \sin \varphi)_i \cdot \Delta t. \quad (42)$$

Значения КПД и $\cos \varphi$ за время одного процесса определяются по формулам:

$$\eta_{ц} = \frac{P_v}{P_c}; \quad (43)$$

$$\cos \varphi = \frac{P_c}{\sqrt{(P_c^2 + Q_c^2)}}. \quad (44)$$

Значения энергетических показателей электропривода получены при расчете переходных процессов и приведены в таблице 8 и 9.

14.3 Проверка по нагреву двигателя и преобразователя

Проверку выбранного двигателя по нагреву следует выполнять, как правило, методом эквивалентного тока:

$$I_{\text{э}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot \Delta t_i}{\sum_{i=1}^n \beta_i \cdot \Delta t_i}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (45)$$

где I_i – среднеквадратичное значение тока на i -м участке, А;

Δt_i – длительность i -го участка работы, с;

β_i – коэффициент ухудшения теплоотдачи двигателя;

$I_{\text{доп}}$ – допустимый по нагреву ток, А.

Коэффициент ухудшения теплоотдачи остановленного двигателя β_0 зависит от его конструктивного исполнения и условий вентиляции.

Принимаем коэффициент $\beta_0=0,5$, т.к. двигатель закрытый с естественной вентиляцией.

$$\begin{aligned} \beta_i &= \beta_0 = 0,5 && \text{при} && 0 \leq \omega \leq 0,2 \cdot \omega_n; \\ \beta_i &= \frac{1 + \beta_0}{2} = \frac{1 + 0,5}{2} = 0,75 && \text{при} && 0,2 \cdot \omega_n \leq \omega \leq 0,8 \cdot \omega_n; \\ \beta_i &= 1 && \text{при} && \omega \geq 0,8 \cdot \omega_n, \end{aligned}$$

Тогда получим:

$$\begin{aligned} I_3 &= \sqrt{\frac{16,6^2 \cdot 28,645 + 10,61^2 \cdot 19,102 + 10,9^2 \cdot 0,3 + 10,96^2 \cdot 0,45}{0,55 \cdot 0,45 + 0,55 \cdot 0,45 + 0,55 \cdot 0,3 + 0,55 \cdot 0,3 + 1 \cdot (26,667 + 18,66) + 1 \cdot 0,85 + 1 \cdot 0,85}} = \\ &= 14,55 \text{ А.} \end{aligned}$$

Допустимый по нагреву ток двигателя рассчитывают через каталожный ток $I_{\text{кат}}$ при каталожной ПВ_{кат}, ближайшей к фактической:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{кат}} \cdot \sqrt{\frac{\text{ПВ}_{\text{кат}}}{\text{ПВ}_{\text{факт}}}} = 15,5 \cdot \sqrt{\frac{100}{91,4}} = 16,21 \text{ А.} \quad (46)$$

При проверке двигателя по нагреву эквивалентный ток I_3 сравнивают с допустимым током $I_{\text{доп}}$.

Так как I_3 (14,55 А) < $I_{\text{доп}}$ (16,21 А), то выбранный двигатель проходит по условиям нагрева.

Проверка по нагреву преобразователя выполняется сравнением среднеквадратичного тока двигателя за время работы с номинальным выходным током преобразователя:

$$I_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{1}{t_p} \cdot \sum_{i=1}^n I_i^2 \cdot \Delta t_i} \leq I_{\text{нпр}}. \quad (51)$$

Для расчета $I_{\text{ср кв}}$ за цикл в формулу нужно включить значения среднеквадратичных токов и времена всех участков работы.

Тогда получим:

$$I_{\text{ср кв}} = \sqrt{\frac{1}{48,21} \cdot (16,6^2 \cdot 28,645 + 10,61^2 \cdot 19,102 + 10,9^2 \cdot 0,3 + 10,96^2 \cdot 0,45)} = 14,48 \text{ А.}$$

Так как $I_{\text{ср кв}}$ (14,48 А) < $I_{\text{нпр}}$ (19 А), то выбранный преобразователь проходит по условиям нагрева.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		47

15 ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

15.1 Назначение и применение автоматизации

В современном промышленном производстве все большее значение приобретает развитие автоматизированных систем управления технологическими процессами. Внедрение автоматизированных систем управления в различные сферы деятельности человека, и в первую очередь в проектирование, управление оборудованием и технологическими процессами, способствует ускорению научно технического прогресса.

Специалист в области электропривода и автоматизации промышленных установок и технологических комплексов, занимающийся разработкой, наладкой или монтажом современных систем управления промышленным оборудованием, по характеру своей деятельности сталкивается как с теоретическими, так и с практическими задачами автоматизации.

В настоящее время вопрос об автоматизации решается многими предприятиями. Это связано с желанием увеличить эффективность труда, повысить производительность и качество продукции. За рубежом системы автоматизации производятся в большом количестве и активно внедряются в производство. В нашей же стране ни объём, ни ассортимент выпускаемых систем автоматизации, к сожалению, не могут удовлетворить возрастающие потребности. Поэтому зачастую используются зарубежные системы.

При разработке автоматизации толкателя методической печи особое внимание следует уделить изучению принципов построения и способов технической реализации систем программного управления технологическими объектами: синтезу систем автоматизации и их техническую реализацию, включая разработку электрических принципиальных схем, приобретению навыков работы с каталогами на электротехническое оборудование, приборы

и средства автоматизации, а также выбору и разработке принципа программного управления рассматриваемого технологического процесса.

Следует учесть выбор и размещение преобразователей (датчиков) технологической информации, применение специализированных вычислительных устройств, разработки схем сигнализации и контроля хода технологического процесса.

Во время проектирования системы автоматизации, тщательно изучив конкретный объект автоматизации, необходимо правильно поставить задачу и найти наиболее рациональные и экономически целесообразные пути и способы её решения.

15.2 Предварительный выбор оборудования и средств автоматизации

Для создания человеко-машинного интерфейса (HMI) и решения задач оперативного управления будет использован пульт управления, на котором оператор сможет выбирать необходимый режим работы, осуществлять запуск механизма, определять причину возникновения аварии и назначать необходимые команды для передвижения механизмов.

Контроль над состоянием системы будем осуществлять с помощью датчиков, работающих по принципу светового барьера. Для приведения механизма в движение будет использован асинхронный двигатель МТКН1Ф2П132-6 с короткозамкнутым ротором, управление которым будем осуществлять с помощью преобразователя частоты фирмы АВВ марки АВВ ACS 310-03х-17А2-023.

Внедрение данных механизмов в систему автоматизации позволит оптимизировать управление ею и уменьшить роль оператора в процессе управления.

15.2.1 Размещение датчиков, для определения положения толкателя печи и сляба

При размещении датчиков необходимо учитывать некоторые факторы:

1) Экономический. Не стоит ставить слишком много датчиков, так как это будет экономически нецелесообразно.

2) Температура окружающей среды. Температура рядом с методической печью достигает несколько сотен градусов, многие датчики не рассчитаны на такой перегрев и оплавятся.

3) Наличие помех. Не стоит располагать датчики рядом с источником помех, каким может являться персональный компьютер или преобразователь частоты.

4) Количество датчиков. Количество должно удовлетворять необходимому производству, которое осуществляет объект автоматизации.

Для автоматизации толкателя методической печи понадобятся 7 датчиков:

- 1) датчик, для отключения рольганга 11.
- 2) Датчик выхода слябов.
- 3) Датчик заготовки.
- 4) Датчик крайнего заднего положения толкателя.
- 5) Датчик толкателя.
- 6) Датчик перехода заготовки.
- 7) Датчик нужного положения заготовки.

Процесс работы толкателя методической печи описан в пункте 1.2. Покажем расположение датчиков на кинематической схеме, на рисунке 14.

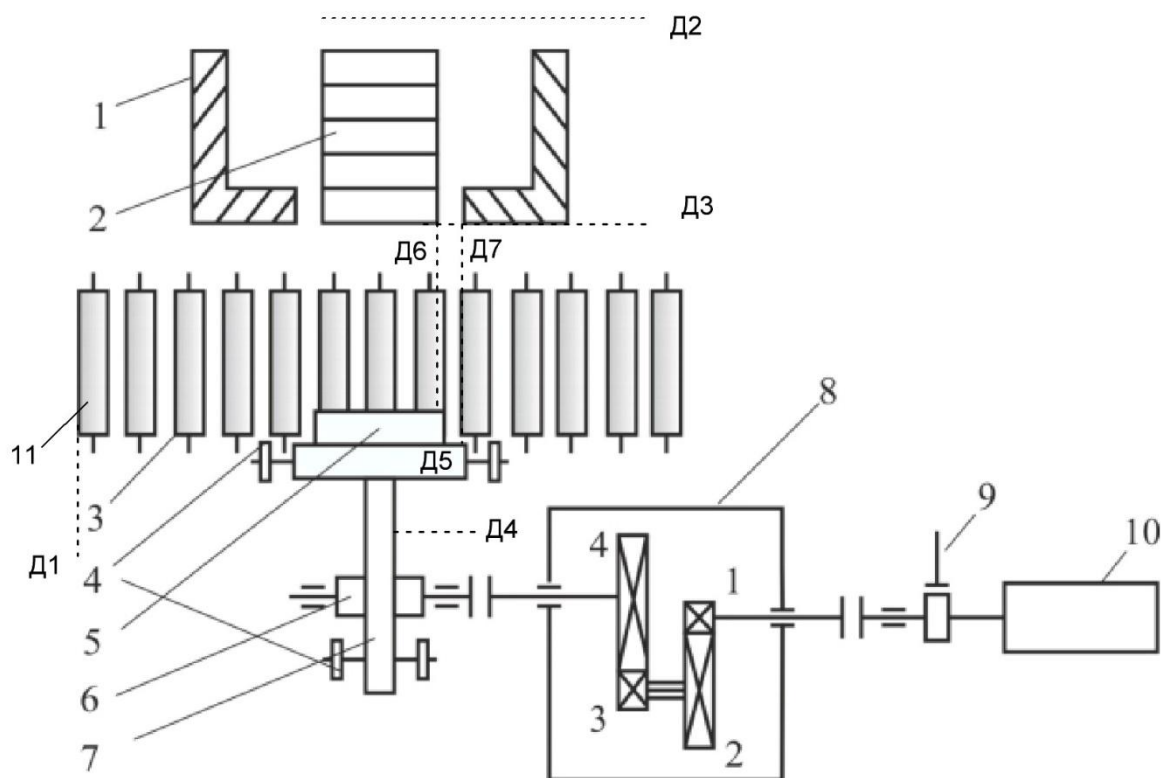


Рисунок 10 – Кинематическая схема толкателя методической печи с расположением датчиков

На рисунке: Д1 – датчик, для отключения рольганга 11 (если следующая заготовка подошла слишком быстро); Д2 – Датчик выхода слябов; Д3 – Датчик заготовки, Д4 – Датчик крайнего заднего положения толкателя (необходим, чтобы толкатель не находился на рольганге); Д5 – Датчик толкателя; Д6 – датчик перехода заготовки (включает реверс рольганга 3); Д7 – датчик нужного положения заготовки.

15.2.2 Автоматический и ручной режим работы

Система автоматизации должна обеспечивать работу устройства без участия оператора. Функции оператора должны сводиться к подаче напряжения на все элементы системы и постановке тумблера выбора режима «Авто/Руч» в положение «Авто» - автоматический режим. Далее оператор оценивает ситуацию на производственном участке и, если есть возможность

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

начать работу в автоматическом режиме, запускает систему в работу. Если же ситуация на производственном участке не позволяет начать работу в автоматическом режиме, он должен в ручном режиме привести оборудование к тому состоянию, из которого система может быть введена в автоматический режим работы. Ручной режим используется при наладке, ремонтных работах, для устранения аварийных ситуаций. В ручном режиме управление толкателем обеспечивается оператором с пульта управления. В случае аварии обеспечивается сигнализация аварии лампой и кратковременным звонком. Переход на ручной режим работы осуществляется переводом тумблера «Авто/Руч» в положение «Руч». Также система автоматизации должна обеспечивать сигнал готовности схемы

Сигнал о возможности работы в автоматическом режиме должен поступать в виде загорания лампочки «Готовность всей системы в автоматическом режиме». Также на пульт оператора поступает сигнал о готовности каждого механизма системы.

В автоматическом режиме система автоматизации должна обеспечить следующие функции:

- 1) включение/отключение работы толкателя согласно алгоритму;
- 2) включение/отключение всей системы;

В ручном режиме возможно независимое управление всеми элементами механизма.

15.3 Разработка алгоритма автоматизации управления механизмами объекта

По условию поставленной задачи на проектирование система автоматизации толкателя печи должна обеспечивать работу в двух режимах: ручном и автоматическом. При этом ручной режим необходим, лишь для наладки оборудования и управления им в аварийных ситуациях. Из представленного описания процесса и последовательности работы механизма

									Лист
									52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ				

следует, что система автоматизации должна формировать следующие выходные команды:

- 1) Включение двигателя рольганга 11 вперед;
- 2) Стоп рольганга 11;
- 3) Включение двигателя рольганга 3 вперед;
- 4) Включение двигателя рольганга 3 назад;
- 5) Стоп рольганга 3;
- 6) Включить двигатель толкателя вперед;
- 7) Включить двигатель толкателя назад с повышенной скоростью.
- 8) Стоп работы

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:

- 1) Сигнал готовности схемы;
- 2) Сигнал аварии;
- 3) Сигнал наличия питания;
- 4) Наличие заготовки;
- 5) Сигнал звонок.

Для автоматизации работы системы необходимо иметь о состоянии производственного объекта. Поэтому необходимо ввести следующие датчики:

- 1) Датчик, для отключения рольганга 11;
- 2) Датчик выхода слябов;
- 3) Датчик заготовки;
- 4) Датчик крайнего заднего положения толкателя;
- 5) Датчик толкателя;
- 6) Датчик перехода заготовки;
- 7) Датчик нужного положения заготовки;

Для управления механизмами в ручном режиме, для пуска и останова системы в автоматическом режиме, введен пульт управления. С него оператор осуществляет работу в ручном режиме и может задавать следующие входные сигналы:

- 1) Ручной режим работы;
- 2) Автоматический режим работы;
- 3) Рольганг 11 вперед;
- 4) Стоп рольганга 11;
- 5) Рольганг 3 вперед;
- 6) Стоп рольганга 3;
- 7) Реверс рольганга 3;
- 8) Толкатель вперед;
- 9) Толкатель назад с повышенной скоростью;
- 10) Стоп работы;
- 11) Сброс аварии;

В таблице 10 сведены все сигналы и команды, используемые в системе автоматизации.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		54

Таблица 10 – Сигналы и команды, используемые в системе автоматизации

	Наименование сигнала или команды	Обозначение	Принятое значение логической единицы
Входные сигналы			
1	Пуск автоматического режима работы	Пуск	Нажата
2	Сброс аварии	Сбр.ав.	Нажата
3	Ручной режим	Руч.реж.	Нажата
4	Двигателя рольганга3 вперед	ДР3.вперед	Нажата
5	Двигателя рольганга3 назад	ДР3.назад	Нажата
6	Двигателя рольганга3 стоп	ДР3.стоп	Нажата
7	Двигатель рольганга 11 вперед	ДР11.вперед	Нажата
8	Двигатель рольганга 11 стоп	ДР11.стоп	Нажата
9	Двигатель толкателя вперёд	ДТ.вперед	Нажата
10	Двигатель толкателя назад с повыш скоростью	ДТ.назад	Нажата
11	Рабочий стоп	Стоп	Не нажата
12	Сигнал отключения рольганга 11	ДОР11	Есть
13	Сигналвыхода слябов	ДВС	Есть
14	Сигнал крайнего заднего положения толкателя	КЗПТ	Есть
15	Сигнал толкателя	ДТ	Есть
16	Сигнал заготовки	ДЗ	Есть
17	Сигнал прехода заготовки	ДПЗ	Есть
17	Сигналнужного положения заготовки	НПЗ	Есть
18	Стоп работы толкателя	Стоп.раб	Нажата

Продолжение таблицы 10

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Выходные сигналы			
	1	2	3
1	Включение двигателя рольганга 11 вперед;	P11B	Включен
2	Стоп рольганга 11;	CP11	Включен
3	Включение двигателя рольганга 3 вперед;	P3B	Включен
4	Включение двигателя рольганга 3 назад;	P3H	Включен
5	Стоп рольганга 3;	P3C	Включен
6	Включить двигатель толкателя вперед;	ТВ	Включен
7	Включить двигатель толкателя назад	ТН	Включен
8	Сигнал аварии	Сиг.А	Включен
9	Сигнал готовности схемы	ГС	Включен
10	Автоматический режим	Авт.р	Включен
11	Ручной режим	Руч.р	Включен
12	Готовность схемы	Гот	Включен
13	Двигатель толкателя на повышенной скорости	БС	Включен
14	Сигнал звонка	ЗВ	Включен
15	Стоп работы толкателя	CP	Включен

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ

Лист

56

16 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТОЛКАТЕЛЕМ ПЕЧИ

Логические уравнения нужны для понимания принципа работы механизма и дальнейшей реализации управления на микроконтроллере.

Сигнал звонка возникает при кратковременном возникновении сигнала аварии, запоминается, и срабатывает задержанным на 5с сигналом звонка:

$$ЗВ = (Сиг.Ав. \cdot ЗВ) \cdot \overline{ЗВ}^{\uparrow 5c}.$$

Сигнал остановки рольганга 11 возникает при движении толкателя вперед либо назад, когда срабатывает датчик отключения рольганга 11, сигнал длится до тех пор, пока нет остановки работы:

$$СР11 = ((ТВ + ТН) \cdot ДОР11 + СР11) \cdot \overline{СТОП.РАБ.}$$

Сигнал движения рольганга 3 назад возникает, когда появляется сигнал, о том, что заготовка проехала нужное положение и длится до тех пор, пока не появляется сигнал, что заготовка находится в нужном положении:

$$РЗН = ДПЗ.$$

Стоп рольганга 3 происходит тогда, когда заготовка находится в нужном положении. Рольганг 3 стоит, до прекращения работы толкателя:

$$РЗС = (НПЗ \cdot \overline{ДПЗ} + РЗС) \cdot \overline{СТОП.РАБ.}$$

Рольганг 3 движется вперед, когда толкатель остановился и находится в крайнем заднем положении, движение происходит до тех пор, пока заготовка не приходит в нужное положение:

$$РЗВ = (СТОП.РАБ. \cdot \overline{КЗПТ} + РЗВ) \cdot \overline{НПЗ}.$$

Двигатель толкателя работает на повышенной скорости, когда толкатель едет назад, повышенная скорость сбрасывается при остановке работы:

$$БС = (ТН + БС) \cdot \overline{СТОП.РАБ.}$$

Сигнал движения рольганга 11 вперед происходит при остановке работы толкателя, когда он находится в крайнем заднем положении и длится до тех пор, пока заготовка не оказывается в нужном положении:

$$P11B = (СТОП.РАБ \cdot KЗПТ + P11B) \cdot \overline{НПЗ}.$$

Толкатель движется вперед, когда имеется сигнал готовности к работе и нажат пуск и движение происходит до тех пор, пока не сработают датчик заготовки и датчик толкателя:

$$ТВ = (Пуск \cdot Гот + ТВ) \cdot \overline{ДЗ} \cdot \overline{ДТ}.$$

Сигнал движения толкателя назад возникает при наличии сигнала с датчика заготовки и датчика толкателя, толкатель движется, пока не доходит до крайнего заднего положения:

$$ТН = (ДЗ \cdot ДТ + ТН) \cdot \overline{KЗПТ}.$$

Сигнал готовности возникает при наличии заготовки в нужном положении, когда рольганг 3 стоит, толкатель находится в крайнем заднем положении, готовность пропадает при наличии аварии или при остановке работы толкателя:

$$Гот = (НПЗ \cdot PЗС \cdot KЗПТ + Гот) \cdot \overline{СТОП.РАБ} \cdot \overline{АВАРИЯ}.$$

Команда стоп работы срабатывает, когда толкатель стоит в крайнем заднем положении:

$$стоп.раб = (KЗПТ + стоп.раб) \cdot \overline{Пуск}.$$

Сигнал аварии происходит, когда сляб слишком далеко уехал вперед, он не находится в нужном положении, а находится только в положении перехода заготовки:

$$А = (\overline{НПЗ} \cdot ДПЗ + А) \cdot \overline{Сброс.аварии}.$$

17 ВЫБОР ЭЛЕМЕНТНОЙ БАЗЫ АВТОМАТИЗАЦИИ И ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

В данном выпускном квалификационном проекте блок управления системы автоматизации реализован на программируемом контроллере Omron CP1L-M40DR. Аппаратные программные средства контроллера позволяют обеспечить выполнение всех типовых информационных и управляющих функций: сбор технологической информации, контроль и регулирование в соответствии с логическими уравнениями, изображение и передачу информации. В ходе выполнения разработки системы автоматизации установлено, что необходимо 18 входов и 13 релейных выходов. Omron CP1L-M40DR имеет 24 порта ввода и 16 порта вывода [4, с. 156], что в условиях поставленной задачи является достаточными и не требует выбора модулей ввода-вывода.

- 1) Блок питания PS 305; 2 А,
- 2) Блок процессора . Omron CP1L-M40DR .

В качестве датчиков:

- 1) Датчик, для отключения рольганга 11,
- 2) Датчик крайнего заднего положения толкателя,
- 3) Датчик выхода слябов,
- 4) Датчик заготовки,
- 5) Датчик толкателя,
- 6) Датчик перехода заготовки,
- 7) Датчик нужного положения заготовки,

Выбраны датчики отечественной фирмы ТЕКО модель ВТИЮ.5161, работающие по принципу светового барьера. Взята отечественная фирма ТЕКО, так как она является одной из фирм, производящих качественное оборудование. Также в случае поломки датчика будет достаточно легко

заказать аналог, не ожидая доставки из другой страны. Также необходимо поддержать отечественного производителя.

Основные технические характеристики датчика фирмы ТЕКО модель ВТИЮ.5161 представлены в таблице 11[3, с. 2].

Таблица 11 – Характеристики датчика ТЕКОВТИЮ.5161

Наименование характеристики	Единицы измерения	Величина
Размер корпуса	Мм	43*7, 6*6, 5
Дальность действия	Мм	600
Регулировка чувствительности	-	отсутствует
Спектр излучения	-	инфракрасный
Максимальный рабочий ток	мА	200
Световая индикация	-	есть
Степень защиты по ГОСТ 14254-96	-	IP65

Схема подключения датчика представлена на рисунке 15.



Рисунок 15 – Схема подключения датчика ТЕКОВ ТИЮ.5161

Для толкателя печи выбираем асинхронный двигатель МТКН1Ф2П132-6 . Выбор производился по номинальной по номинальной мощности и рассчитанной продолжительности включения ПВ=100%.

Выбор преобразователя осуществлялся по каталогам электротехнической промышленности на основе номинальных данных предварительно выбранного двигателя. Согласно упомянутым требованиям, был выбран преобразователь частоты АВВ АСS 310-03х-17А2-023.

18 РАЗБОРКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

В рассматриваемой системе автоматизации можно выделить следующие функциональные элементы:

- блок питания,
- пульт управления,
- контроллер,
- системы управления рольгангом 1, рольгангом 3, толкателем методической печи,
- двигатель рольганга 1 (M1),
- двигатель рольганга 2 (M2),
- датчики технологической информации (Д1, Д2, Д3, Д4, Д5, Д6, Д7).

На функциональной схеме показана взаимосвязь отдельных элементов системы автоматизации. Основным связующим элементом является программируемый контроллер Omron CP1L-M40DR имеет 24 порта ввода и 16 порта вывода, что удовлетворяет требованиям автоматизации толкателя печи.

Описание функциональной схемы:

С пульта управления (ПУ) оператор задает сигналы управления рольгангами и толкателем печи, а также может наблюдать за протеканием технологического процесса. С пульта управления сигналы поступают на контроллер. контроллер формирует команды для преобразователей частоты рольгангов и толкателя методической печи. Сигналы готовности толкателя и рольгангов поступают на пульт управления. Также сигналы об аварии, конце цикла и сигнал включения звонка поступают на пульт управления для отслеживания процессов в системе. Сигналы с датчиков поступают на блок управления, пульт управления и блок управления получают питание от блока

питания. Преобразователи частоты получают питание от трехфазной сети 380 В с частотой 50 Гц, блок питания в свою очередь также запитывается от трехфазной сети 380 В с частотой 50 Гц.

На основе описания технологического процесса, содержательного описания автоматизируемого объекта, определенных входных и выходных команд, с учетом выбора программируемого контроллера составлена схема электрическая функциональная, представлена на рисунке 12.

Система автоматизации состоит из следующих элементов:

- 1) Пульт управления,
- 2) Программируемый контроллер Omron CP1L-M40DR,
- 3) Блок питания датчиков и выходных реле,
- 4) Датчики технологической информации,
- 5) Тиристорный преобразователь двигателя толкателя,
- 6) Тиристорный преобразователь двигателя рольганга,
- 7) Двигатель роликов рольганга,
- 8) Двигатель толкателя.

На пульте управления расположены следующие элементы:

- 1) Пуск автоматического режима работы,
- 2) Сброс аварии,
- 3) Ручной или автоматический режим,
- 4) Кнопка двигатель рольганга 3 вперед,
- 5) Кнопка двигатель рольганга 3 назад,
- 6) Кнопка двигателя рольганга 1 вперед,
- 7) Кнопка двигатель толкателя назад с повышенной скоростью,
- 8) Кнопка толкатель вперед,
- 9) Рабочий стоп,
- 10) Светодиод готовности схемы,
- 11) Светодиод аварии,
- 12) Светодиод наличия питания,
- 13) Стоп работы.

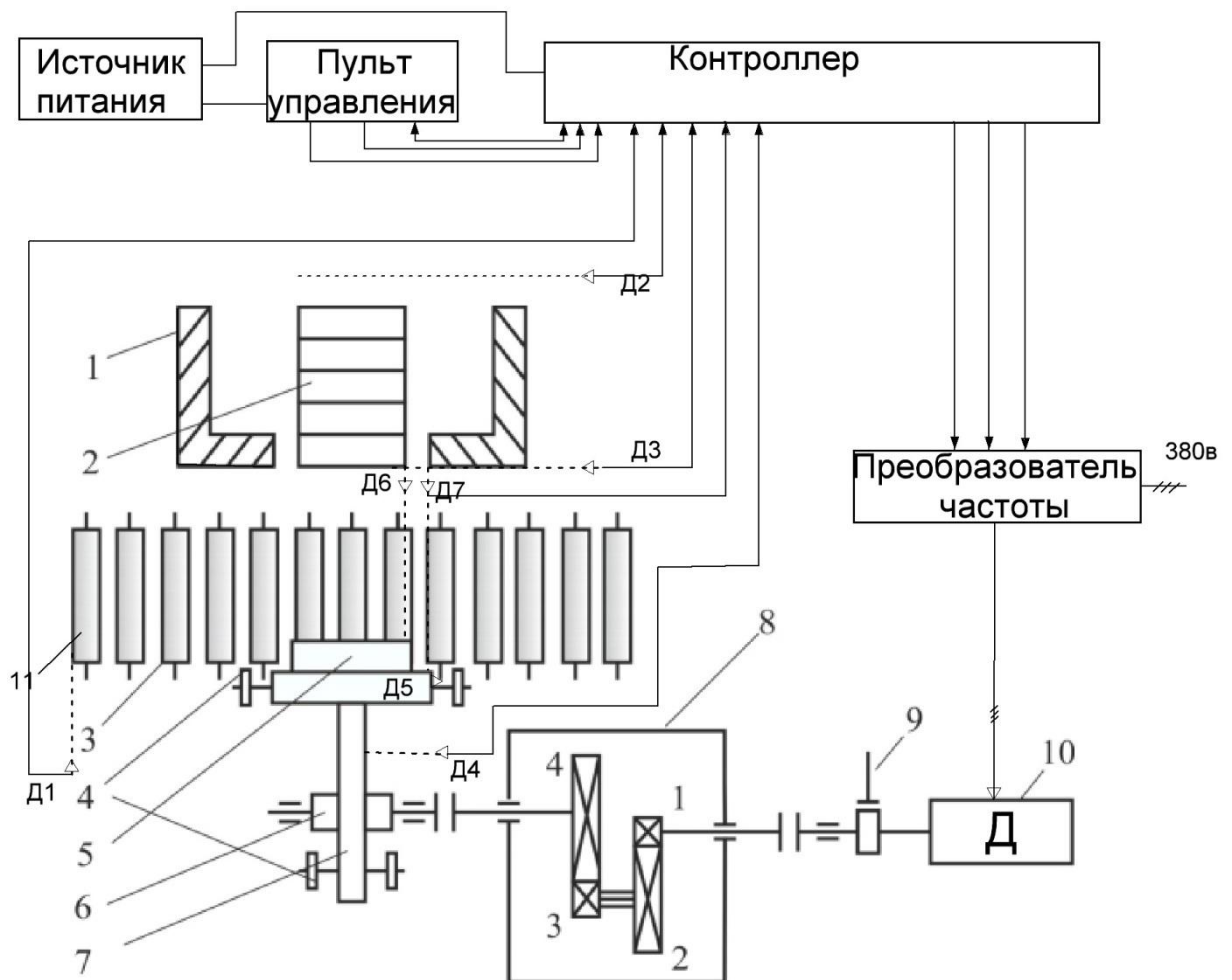


Рисунок 11– Функциональная схема

Где 1 –печь; 2 – заготовки в печи; 3– подающий рольганг; 4 – опорный ролик; 5– заготовка; 6 – реечная шестерня; 7 – толкатель; 8 – редуктор; 9 – тормозной шкив; 10– электродвигатель 11 – рольганг для следующей заготовки, Д – двигатель, БУ – блок управления, С1 - Сигналы с пульта управления, поступающие на блок управления, С2 – сигналы с датчиков, поступающие на блок управления. Как видно из функциональной схемы, сигналы с датчиков толкателя методической печи поступают на блок управления, который формирует команды для преобразователя частоты, также с помощью пульта управления оператор сам может задавать команды.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

С помощью пульта управления, оператор может следить за технологическим процессом и вручную управлять ходом работы механизмов. Внешний вид пульта управления приведен на рисунке 12.

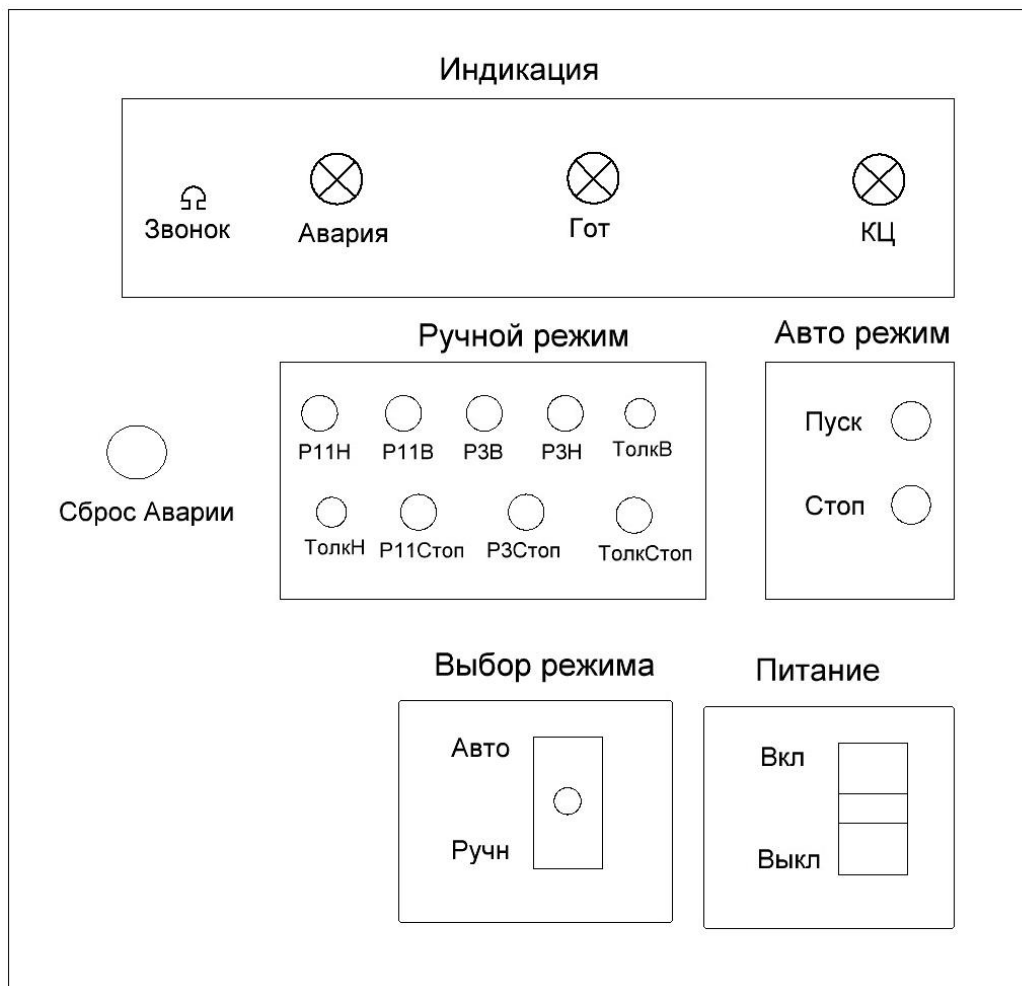


Рисунок 12 – Внешний вид пульта управления

После подачи питания, тумблером «Авто/Руч» выбирается режим работы.

Кнопки «Пуск» и «Стоп» предназначены для управления системой в автоматическом режиме. Кнопки «P11Н», «P11В», «P3В», «P3Н», «ТолкВ», «ТолкН», «ТолкСтоп», «P11Стоп», «P3Стоп», предназначены для управления рольгангами в ручном режиме.

Светодиод «Гот», оповещает о готовности системы.

Лампа «Авария» необходима для светового оповещения в случае возникновения аварии. Звонок необходим для звукового оповещения в случае возникновения аварии.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ

При нажатии на ладонную кнопку «Стоп» происходит мгновенное отключение всех механизмов.

Кнопка «Сброс Аварии» сбрасывает аварию.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		65

19 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ АВТОМАТИЗАЦИИ

19.1 Описание схемы

Автоматический выключатель QF1 выполняет функции защиты системы от коротких замыканий.

Блок питания G1 с напряжением на выходе 24В запитывает основные низковольтные элементы: датчики, входные и выходные цепи модулей ввода/вывода контроллера A1. На схеме клеммы блока питания указаны в соответствии с паспортными данными.

В системе используются индуктивные датчики SQ1-SQ3. В соответствии со схемой, представленной на рисунке 7, производится подключение информационных выходов датчика к входам модуля ввода.

Реле напряжения KV1-KV4 в выходных цепях модуля вывода осуществляют передачу выходных команд с контроллера на системы управления двигателями с гальванической развязкой. Замыкающие контакты KV1-KV4 управляют преобразователями частоты. Диоды VD5-VD8 необходимы для защиты от перенапряжений при включении и отключении катушек электромагнитного реле.

Управление двигателями переменного тока M1-M2 осуществляется с помощью преобразователей частоты UZ1-UZ2. Управляющий сигнал также подается на толкатель печи, преобразователь частоты UZ3 управляет толкателем. Выпускной квалификационный проект направлен на автоматизацию толкателя методической печи, поэтому двигатели рольгангов не выбираются. Преобразователи частоты получают питание от сети трехфазного напряжения 380В.

Элементы пульта управления (VD1- VD4,SB1-SB12) подключены непосредственно к модулям ввода/вывода.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		66

Система получает питание после включения пускателя КМ1, то есть нажатия на кнопку SB11. Аварийное отключение осуществляется нажатием на кнопку SB12 в цепи пускателя, тем самым обеспечивая защиту от самопроизвольного включения при исчезновении и последующем появлении питания. В соответствии с требованиями безопасности для обслуживающего персонала предусмотрена кнопка аварийного отключения SB13 грибкового типа.

Управление приводами всех механизмов осуществляется через программируемый контроллер А1, который, в зависимости от режима работы, включает и отключает привода в соответствии с входными сигналами и по заданной программе.

Для включения системы в автоматическом режиме работы, оператору необходимо подать питание на систему, повернув переключатель SA1 в положение «Авто». Далее используется кнопка «Пуск» (SB1) для запуска работы системы.

Для включения системы в ручном режиме работы, оператору необходимо повернуть переключатель в положение «Руч» (SA1 должен быть в положении 0). Далее используются кнопки SB3-SB8 для управления каждым рольгангом и толкателем в направлении вперед или назад, при этом контроллер выдает управляющие сигналы в систему управление приводами аналогично автоматическому режиму.

19.2 Разработка программного обеспечения системы автоматизации

Перед составлением программы необходимо определить адреса входных и выходных переменных в соответствии с их подключением к программируемому устройству, а также задать адреса промежуточных переменных и используемых таймеров и счетчиков. Указанная информация представлена в таблице 12.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		67

Таблица 12 – Адреса используемых сигналов и команд

№ п/п	Наименование сигнала или команды	Обознач. в содерж. описании	Адрес
1	Пуск автоматического режима работы	Пуск	0.10
2	Сброс аварии	Сбр.ав.	0.09
3	Ручной режим	Руч.реж.	0.11
4	Двигателя рольганга3 вперед	ДРЗ.вперед	0.02
5	Двигателя рольганга3 назад	ДРЗ.назад	0.03
6	Двигателя рольганга3 стоп	ДРЗ.стоп	0.04
7	Двигатель рольганга 11 вперед	ДР11.вперед	0.05
8	Двигатель рольганга 11 стоп	ДР11.стоп	0.08
9	Двигатель толкателя вперед	ДТ.вперед	0.00
10	Двигатель толкателя назад с повыш скоростью	ДТ.назад	0.11
11	Рабочий стоп	Стоп	0.04
12	Сигнал отключения рольганга 11	ДОР11	0.12
13	Сигналвыхода слябов	ДВС	0.13
14	Сигнал крайнего заднего положения толкателя	КЗПТ	0.14
15	Сигнал толкателя	ДТ	0.15
16	Сигнал заготовки	ДЗ	0.16
17	Сигнал перехода заготовки	ДПЗ	0.17
18	Сигнал нужного положения заготовки	НПЗ	0.18
19	Включение двигателя рольганга 11 вперед;	Р11В	100.08
21	Стоп рольганга 11;	СР11	100.09
22	Включение двигателя рольганга 3 вперед;	РЗВ	100.10
23	Включение двигателя рольганга 3 назад;	РЗН	100.11

Продолжение таблицы 12

	1	2	3
24	Стоп рольганга 3;	РЗС	100.12
25	Включить двигатель толкателя вперед;	ТВ	100.06
26	Включить двигатель толкателя назад	ТН	100.07
27	Сигнал аварии	Сиг.А	100.02
28	Сигнал готовности схемы	ГС	100.00
29	Готовность контроллера	Авт.р	100.03
30	Готовность преобразователя частоты	Руч.р	100.04
31	Конец цикла	Гот	100.01
32	Сигнал звонка	ЗВ	100.05

С учетом принятой адресации, уравнения, составленные при разработке алгоритма автоматизации, сведены в таблицу 13.

Таблица 13 – Уравнения в адресах контроллера

P11B	$100.08 = (100.05 \cdot 0.14 + 100.08) \cdot \overline{0.18}$
CP11	$100.09 = ((100.06 + 100.07) \cdot 0.12 + 100.09) \cdot \overline{100.05}$
P3B	$100.10 = (100.07 \cdot 0.14 + 100.10) \cdot \overline{0.18}$
P3H	$100.11 = 0.17$
P3C	$100.06 = (0.18 \cdot 0.17 + 100.12) \cdot \overline{100.06}$
ТВ	$100.07 = (0.10 \cdot 100.01 + 100.06) \cdot \overline{0.16} \cdot \overline{0.17}$
ТН	$100.02 = (0.17 \cdot 0.16 + 100.07) \cdot \overline{0.14}$

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Каталог двигателей асинхронные серии мтк и 4мтк технические характеристики – http://www.ges.ru/book/book_benz_air/22.htm
(дата обращения 05.02.2017)
2. Г.И.Драчев. Теория электропривода. Учебное пособие, часть 1. г.Челябинск. Издательство ЮУрГУ. 2006г. 206с.
3. А.Е.Бычков; Ю.С.Усынин. Системы управления электроприводов, учебное пособие курсовому проектированию. г.Челябинск. Издательство ЮУрГУ. 2015г. 33с.
4. Журнал «Новости Электротехники» № 2 (32) 2006г.
5. Белов М.П. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для студ. высш. учеб. заведений / М. П. Белов, В. А. Новиков, Л. Н. Рассудов. 3-е изд., испр. М. : Издательский центр «Академия», 2007. — 576 с.
6. Терехов В.М. Системы управления электроприводов: учебник для студ. вузов/ В.М. Терехов, О.И. Осипов; под ред. В.М. Терехова. - 3-е изд., стер. - М.: Издательский центр "Академия", 2008. - 304с.
7. Алексеев В.В., А471. Электрические машины. Моделирование электрических машин приводов горного оборудования: Учеб. пособие / В.В. Алексеев, А.Е. Козярук, Э.А. Загривный. Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2006. 58 с.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		70

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Список сокращений

Авто. – Автоматический;
АД – Асинхронный двигатель;
БП – Блок питания;
БУ – Блок управления;
ГС – Готовность схемы;
Д – Двигатель;
ДВС – Датчик выхода слябов;
ДЗ – Датчик заготовки;
ДОР – Датчик отключения рольганга;
ДПЗ – Датчик перехода заготовки;
ДРЗ – Датчик рольганга 3;
ДР11 – Датчик рольганга 11;
ДТ – Датчик толкателя;
Зад. – Задание;
ЗВ - Звонок;
КЗПТ – Крайнее заднее положение толкателя;
КПД – Коэффициент полезного действия;
НПЗ – Необходимое положение заготовки;
НПЧ – Преобразователь частоты с непосредственной связью;
О.е. – Относительные единицы;
ПВ – Продолжительность включения;
ПУ – Пульт управления;
ПЧ – Преобразователь частоты;
ПЧИ – Преобразователь частоты с автономным инвертором;
РКУ – Релейно-контакторное управление;
Руч – Ручной;
РЗС – Стоп рольганга 3;
Сиг.а. – Сигнал аварии;

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		71

Сбр.ав. – Сброс аварии;

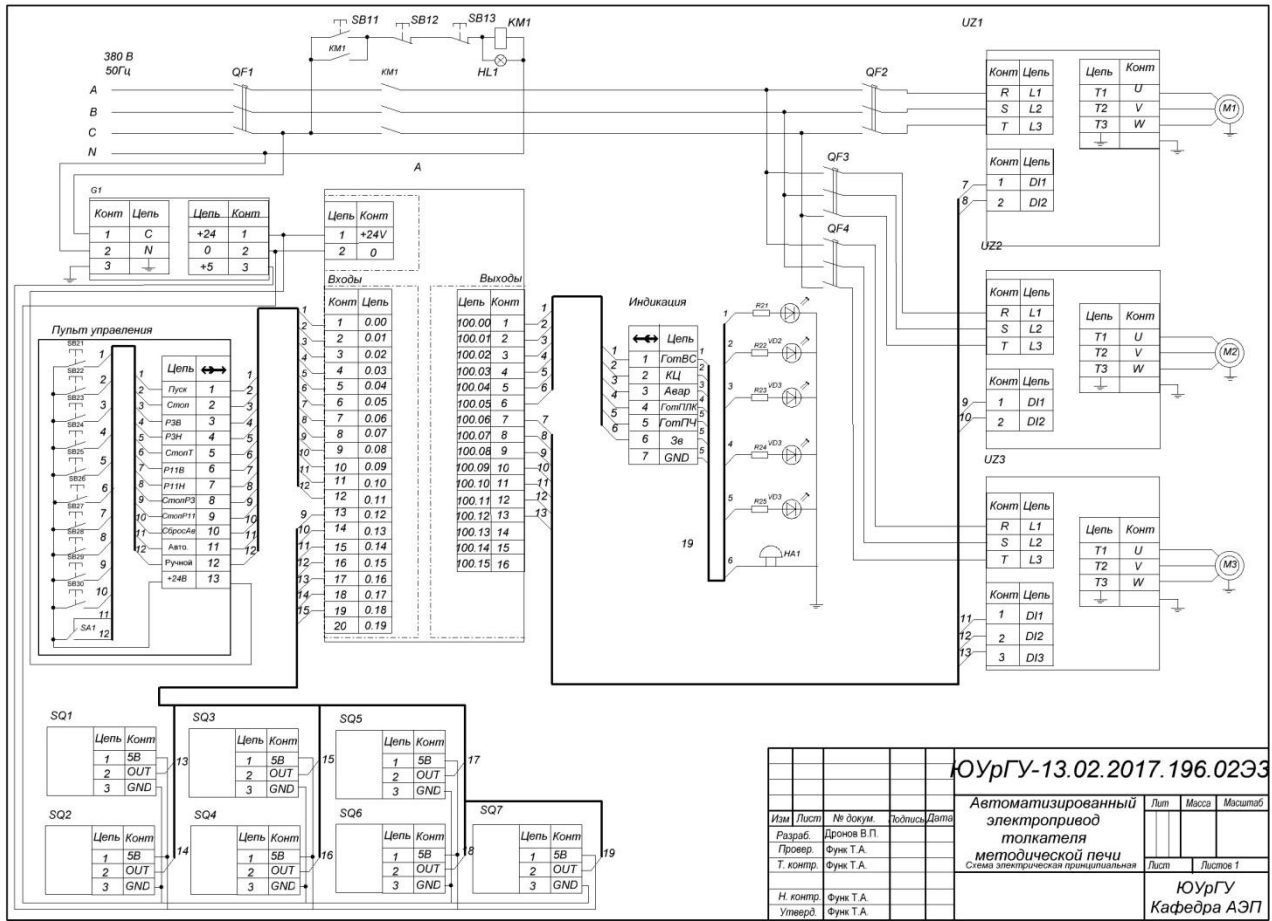
СР – Стоп работы;

ТВ – Толкатель вперед;

ТН – Толкатель назад;

НМИ – Человеко – машинный интерфейс.

					<i>ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		72



Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.01ПЗ

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**
Институт «Политехнический», факультет «Энергетический»
Кафедра «Автоматизированный электропривод»

АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

ТОЛКАТЕЛЯ МЕТОДИЧЕСКОЙ ПЕЧИ

АЛЬБОМ ИЛЛЮСТРАЦИЙ
К ВЫПУСКНОМУ КВАЛИФИКАЦИОННОМУ ПРОЕКТУ
ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03 АИ ВКП

Количество листов 10

Руководитель проекта:
Доцент, к.т.н.

_____ / Т.А. Функ /

“ _____ ” _____ 2017 г.

Автор проекта
студент группы П-477

_____ / В.П.

Дронов /

“ _____ ” _____ 2017 г.

Нормоконтролер
Доцент, к.т.н.

_____ /Т.А. Функ/

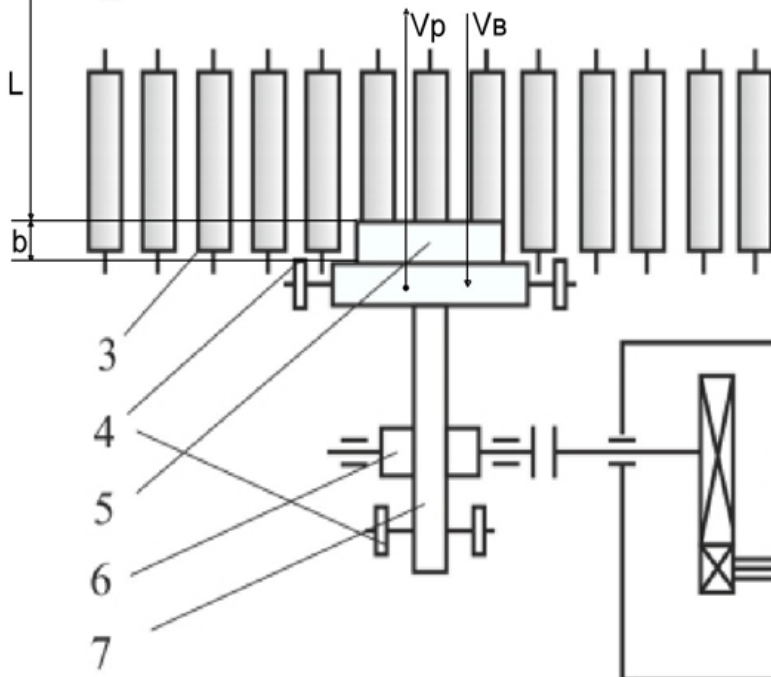
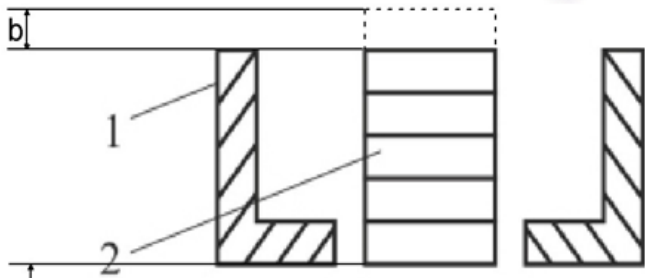
“ _____ ” _____ 2017 г.

Челябинск, 2017 г.

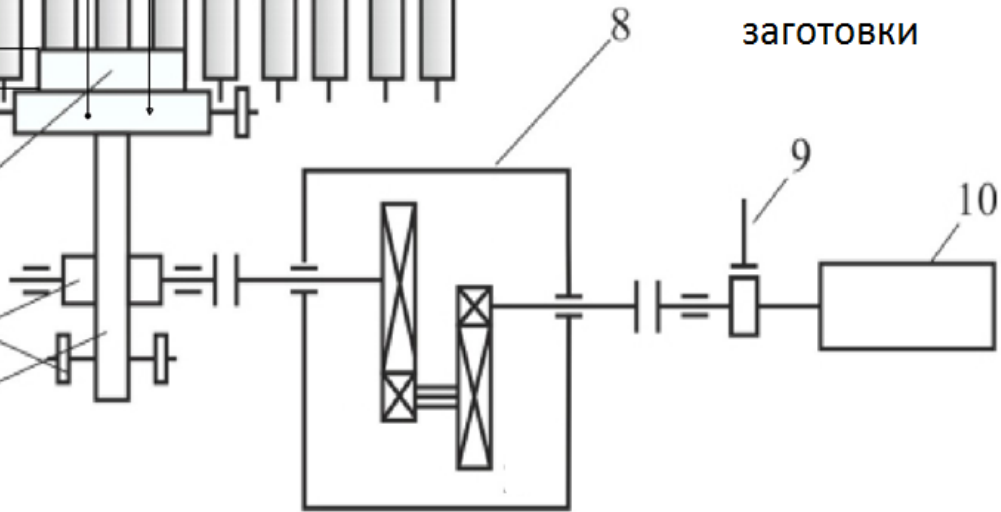
ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03АИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дронов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя методической печи	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					1	9
Реценз						ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Функ Т.А.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

Кинематическая схема механизма толкателя печи



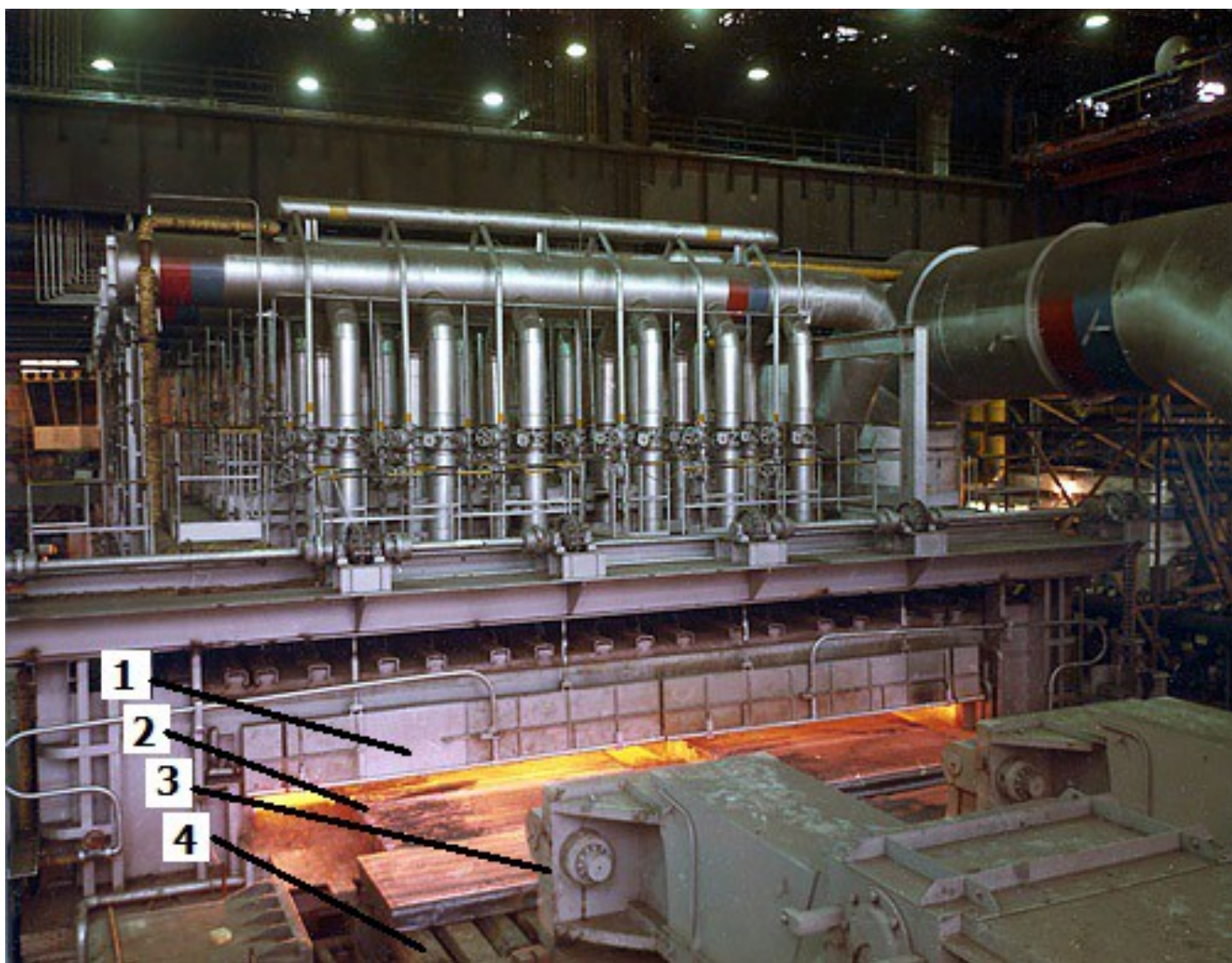
1 – печь; 2 – заготовки в печи; 3 – подающий рольганг; 4 – опорный ролик; 5 – заготовка; 6 – реечная шестерня; 7 – толкатель; 8 – редуктор; 9 – тормозной шкив; 10 – электродвигатель; V_p – рабочая скорость; V_B – скорость реверса; L – длина перемещения; V_B – скорость реверса; b – ширина заготовки



ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03АИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дровнов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя методической печи	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					2	9
Реценз						ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Функ Т.А.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

Внешний вид механизма



ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03АИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дровнов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя методической печи	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					3	9
Реценз						ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Функ Т.А.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

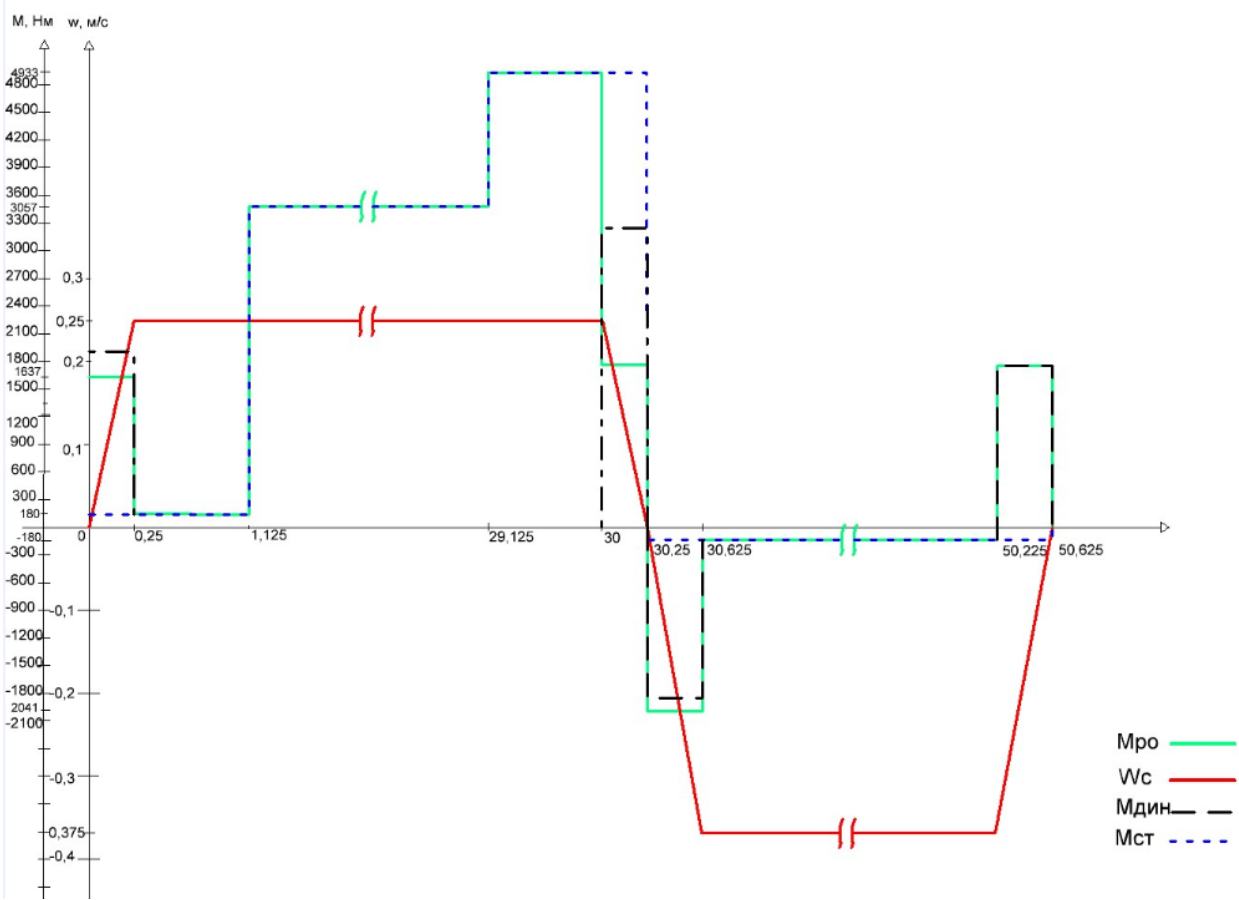
Обозначение	Наименование показателя	Размерность	Величина
$m_{ш}$	Масса штанги с рейкой	т	6
D	Диаметр реечной шестерни	м	0,5
J_p	Момент инерции вала со звездочками	кг·м ²	90
m_3	Масса одной заготовки	т	0,9
b	Ширина одной заготовки	мм	250
L	Длина перемещения	м	7
V_p	Скорость рабочего хода	м/с	0,25
t_p	Время работы	с	20
z	Число циклов	1/ч	65
$a_{доп}$	Допустимое ускорение	м/с ²	1
$d_{ст}$	Диаметр шейки ролика	м	0,25*D
$\mu_{п}$	Коэффициент трения скольжения	-	0,015
f	Коэффициент трения качения	мм	2
$\mu_{с}$	Коэффициент трения скольжения заготовок	-	0,15
$J_{ш}$	Момент инерции тормозного шкива	кгм ²	0,4
V_b	Скорость возвратного движения	м/с	1,5* V_p
C_x	Крутильная жесткость	МН·м/рад	50
N	Количество заготовок	Шт.	5

**Исходные
данные
для
проектирования**

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03АИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дровнов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя методической печи	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					4	9
Реценз						ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Функ Т.А.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

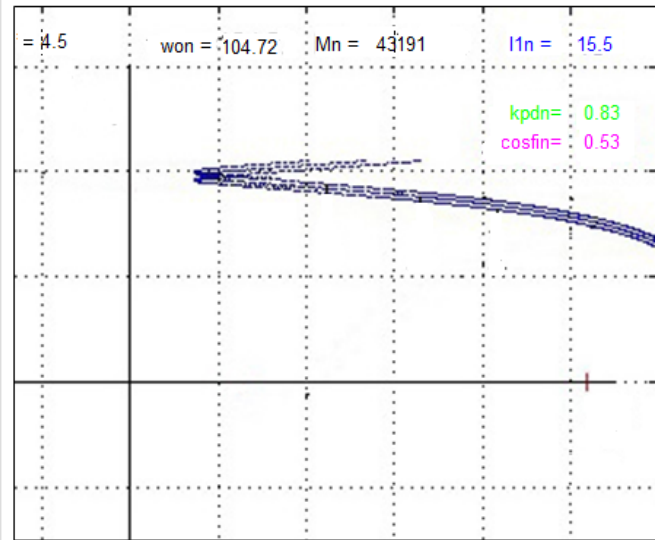
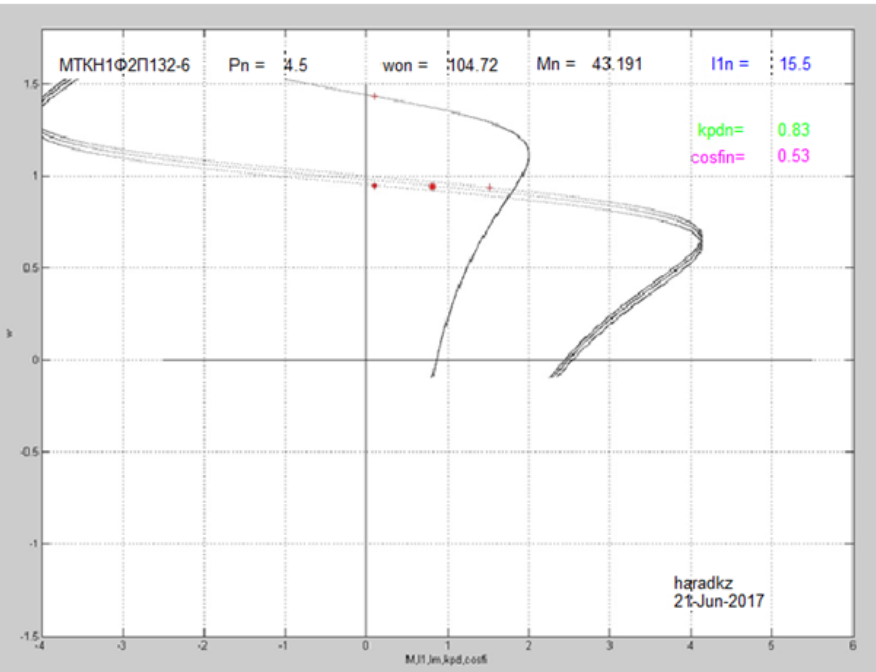
Нагрузочные диаграммы



ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03АИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дровнов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя методической печи	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					5	9
Реценз						ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Функ Т.А.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

Механические и электрохимические характеристики



ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03АИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дровнов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя методической печи	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					6	9
Реценз						ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Функ Т.А.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

Переходные характеристики

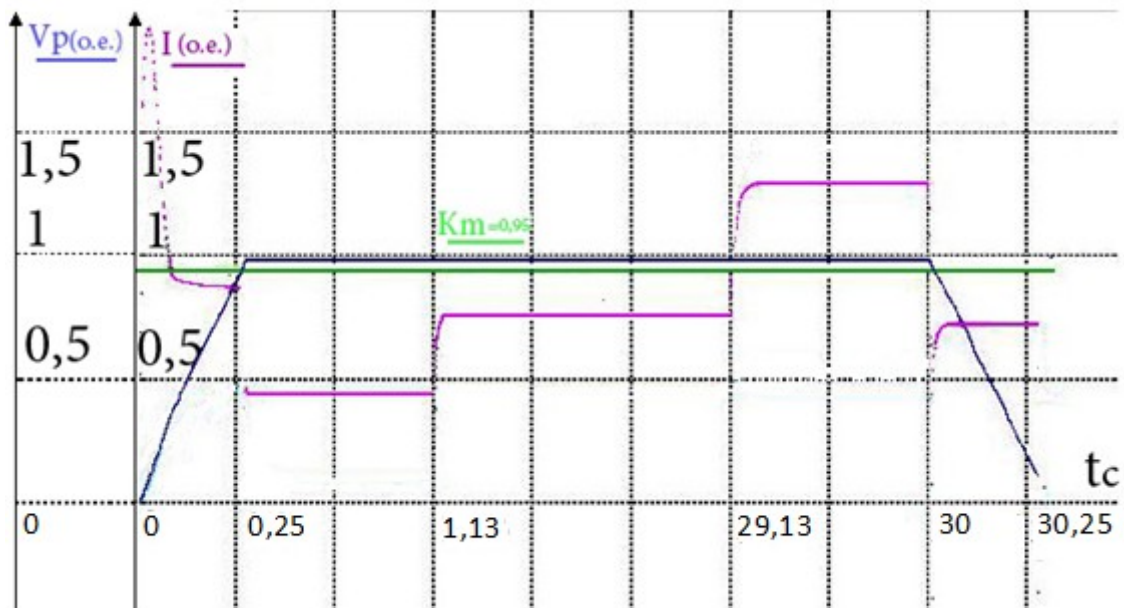


Рис. 7.1 Переходная характеристика движение вперед, I , V_p K_m .

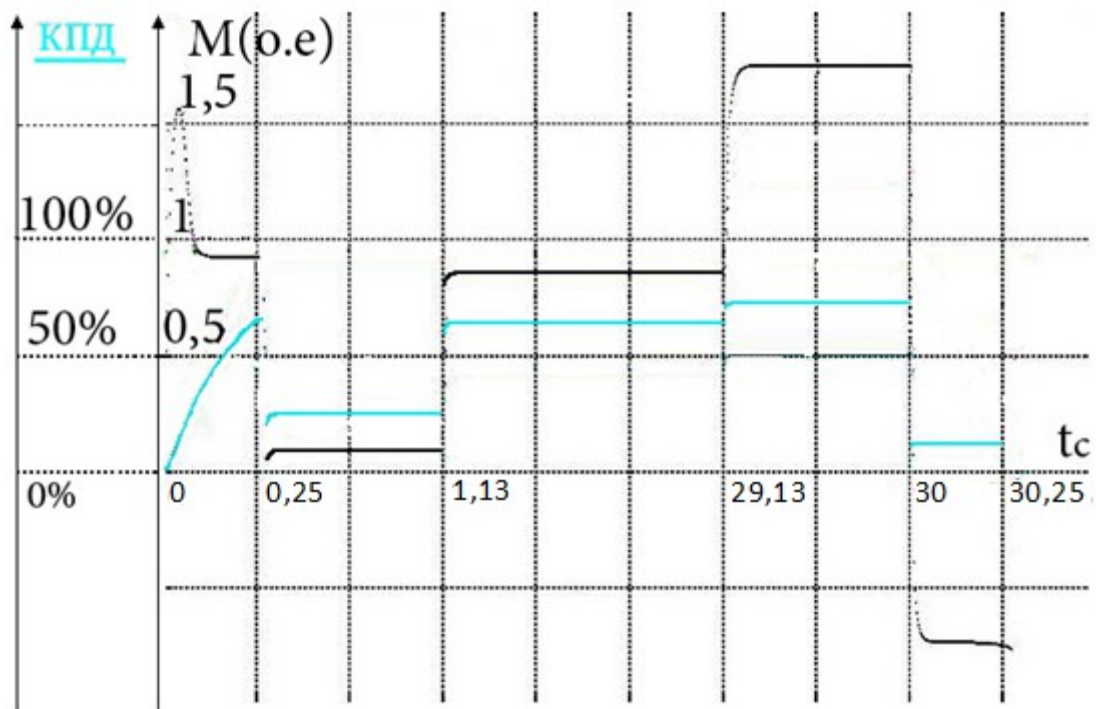


Рис. 7.2 Переходная характеристика движение вперед, КПД, M .

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03АИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дровнов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя методической печи	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					7	9
Реценз						ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Функ Т.А.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

Функциональная схема системы автоматизации

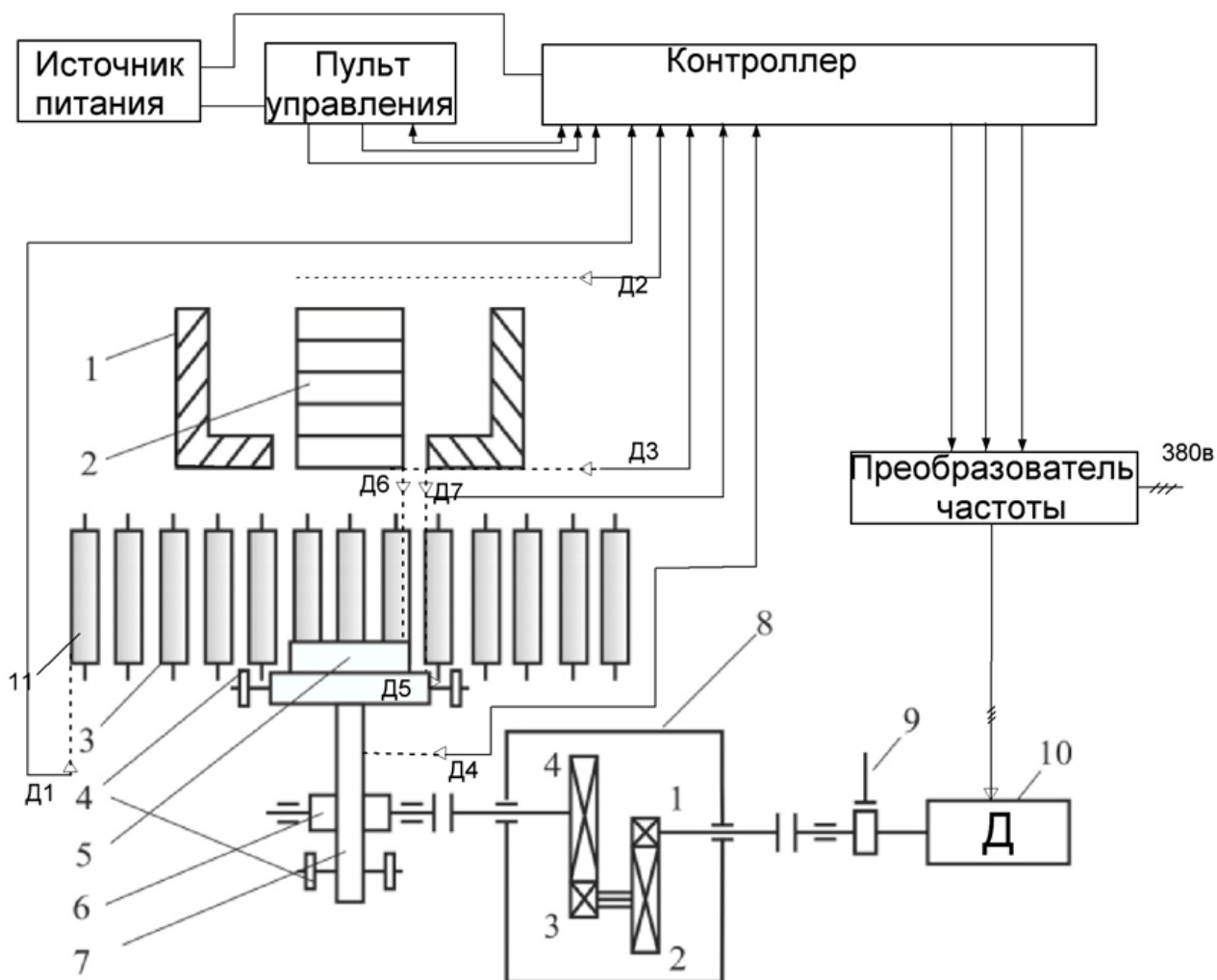


Рис. 8 Функциональная схема.

1 –печь; 2 – заготовки в печи; 3– подающий рольганг; 4 – опорный ролик; 5– заготовка; 6 – речная шестерня; 7 – толкатель; 8 – редуктор; 9 – тормозной шкив; 10– электродвигатель 11 – рольганг для следующей заготовки, Д – двигатель, С1 - Сигналы с пульта управления, поступающие на блок управления, С2 – сигналы с датчиков, поступающие на блок управления. Д1 – датчик, для отключения рольганга 11; Д2 – Датчик выхода слябов; Д3 – Датчик заготовки, Д4 – Датчик крайнего заднего положения толкателя Д5 – Датчик толкателя; Д6 – датчик перехода заготовки; Д7 – датчик нужного положения заготовки. С1 - Сигналы с пульта управления, поступающие на блок управления, С2 – сигналы с датчиков, поступающие на блок управления

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03АИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дровнов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя методической печи	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					8	9
Реценз						ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Функ Т.А.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

Пульт управления, датчики

Рис. 9.1 Пульт управления технологическим процессом

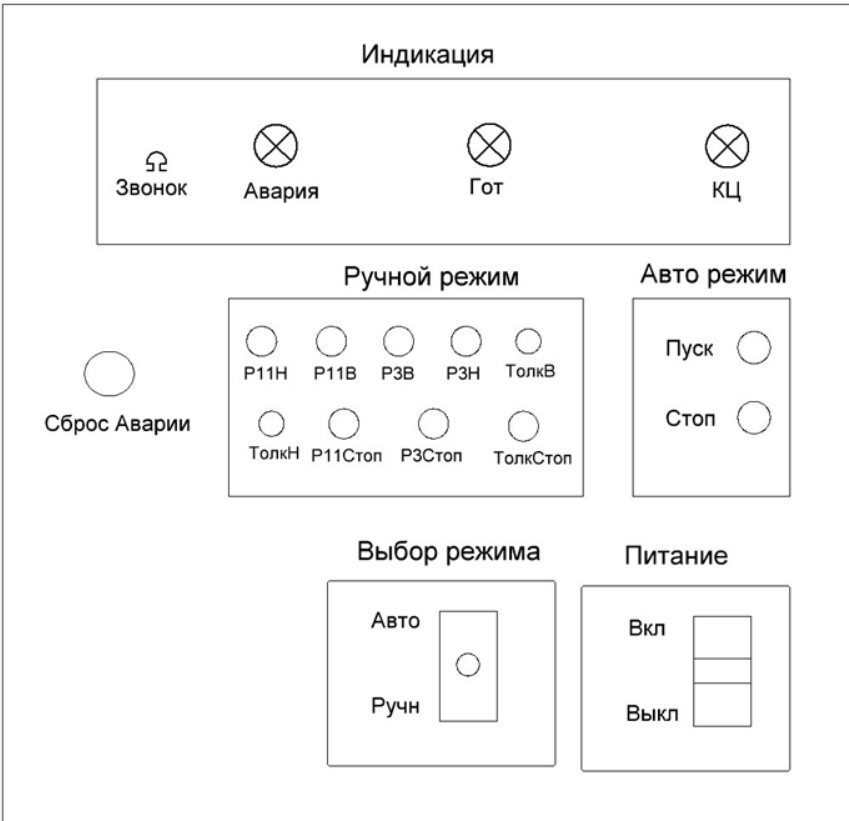


Рис. 9.2 Схема подключения датчика ТЕКО ВТИЮ.5161

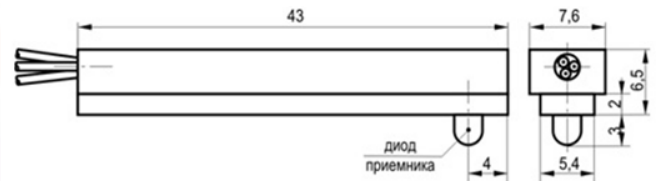


Рис. 9.3 Чертёж датчика ТЕКО ВТИЮ.5161

Гот – готовность толкателя, КЦ – конец цикла, Р11Н – рольганг 11 назад, Р11В – рольганг 11 вперед, Р3Н – рольганг 3 назад, Р3В – рольганг 3 вперед

ЮУрГУ-13.03.02.2017.196.03АИ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Дровнов В.П.			Автоматизированный электропривод толкателя методической печи	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Функ Т.А.					9	9
Реценз						ЮУрГУ Кафедра «АЭП»		
Н. Контр.		Функ Т.А.						
Утверд.		Шишков А.Н.						

Принципиальная электрическая схема автоматизации

