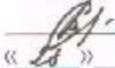


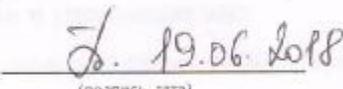
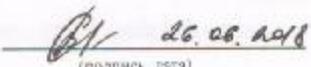
Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический
Кафедра автоматизации производственных процессов и электротехники
Направление подготовки 15.03.04 – Автоматизация технологических процессов
и производств
Профиль Автоматизация технологических процессов и производств в
энергетике

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
И.о. зав. кафедрой
 О.В. Скрипко
« 26 » июня 2018 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: Разработка методического обеспечения и внедрения учебно-
исследовательских комплексов по электроприводу (комплексная выпускная
квалификационная работа)

Исполнитель студент группы 441об	 28.06.18 (подпись, дата)	И.С. Соловьева
Руководитель доцент, канд. техн. наук	 28.06.18 (подпись, дата)	А.Н. Рыбалев
Консультант по бжд доцент, канд. техн. наук	 19.06.2018 (подпись, дата)	А.Б. Булгаков
Нормоконтроль профессор, д-р техн. наук	 26.06.2018 (подпись, дата)	О.В. Скрипко

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
АМУРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(ФГОУ ВО «АмГУ»)

Факультет Энергетический
Кафедра Автоматизации производственных процессов и электротехники

УТВЕРЖДАЮ

И.о. зав. кафедрой

 О.В. Скрипко
(подпись)

« 28 » июня 2018 г.

ЗАДАНИЕ

К выпускной квалификационной работе студента Соловьевой Ирины Сергеевны

1. Тема выпускной квалификационной работы: Разработка методического обеспечения и внедрения учебно-исследовательских комплексов по электроприводу (комплексная выпускная квалификационная работа)

(утверждено приказом от 09.04.18 № 77/уч)

2. Срок сдачи студентом законченной работы: 15 июня 2018 года

3. Исходные данные к выпускной квалификационной работе: 1) ФГОС направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств; 2) Учебный план направления подготовки бакалавров 15.03.04 Автоматизации технологических процессов и производств.

4. Содержание выпускной квалификационной работы:

- 1) Лабораторный комплекс «Линейный двигатель»
- 2) Линейные двигатели и управление ими
- 3) Разработка принципиальной схемы лабораторного комплекса
- 4) Разработка методического обеспечения лабораторного комплекса
- 5) Расширение возможностей лабораторного комплекса
- 6) Экологичность и безопасность лабораторного комплекса

5. Перечень материалов приложения:

Лист 1: Общий вид лабораторного комплекса

Лист 2: Схемы учебно-исследовательского комплекса «Линейный двигатель»

Лист 3: Общая информация л сервоусилителе SERVOSTAR 30361-NA

Лист 4: Настройка параметров линейного двигателя в программе «DRIVEGUI.EXE»

Лист 5: Принципиальная электрическая схема лабораторного комплекса

Лист 6: Расширение принципиальной электрической схемы с использованием ПЛК

6. Консультанты по выпускной квалификационной работе:

Булгаков Андрей Борисович, доцент, канд. техн. наук - БЖД

7. Дата выдачи задания: 1.03.2018

Руководитель выпускной квалификационной работы: Рыбалев Андрей Николаевич, доцент, канд. техн. наук.

(фамилия, имя, отчество, должность, ученая степень, ученое звание)

Задание принял к исполнению (дата):

1.03.18


(подпись студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работасодержит 54 с., 29 рисунков, 1 таблицу, 13 источников, 2 приложения.

ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС, ЛИНЕЙНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ, КОНТРОЛЛЕР УПРАВЛЕНИЯ, ПЛАТА «СОСТОЯНИЕ», ПРОГРАММНАЯ НАСТРОЙКА, ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ СХЕМА, СТРУКТУРНАЯ СХЕМА, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ.

В данной выпускной квалификационной работе на примере лабораторного стенда «Линейный двигатель», рассматривается работа линейного электродвигателя, система его управления и работа электромеханических процессов, а также приведены соответствующие схемы.

Целью работы была разработка методического обеспечения для учебно-исследовательского комплекса «Линейный двигатель».

Основные задачи, поставленные в ходе выполнения выпускной квалификационной работы, были выполнены, а именно: разработаны структурная схема, лабораторные работы, часть оборудования заменена на новое, разработана принципиальная электрическая схема стенда.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1. Лабораторный комплекс «Линейный двигатель»	8
1.1 Описание лабораторного комплекса	8
1.2 Структурная схема лабораторного стенда «Линейный двигатель»	10
1.2 Техническое задание на разработку	17
2 Линейные двигатели и управление ими	11
2.1 Теория линейных двигателей	11
3 Разработка принципиальной схемы лабораторного комплекса	24
3.1 Замена платы «Состояние»	24
3.2 Полная электрическая схема комплекса	25
4 Разработка методического обеспечения лабораторного комплекса	29
5 Расширение возможностей лабораторного комплекса	38
5.1 Описание протоколов CAN, RS232, режима STEP-DIR	38
5.1.1 Режим STEP-DIR	38
5.1.2 Протокол CAN	38
5.1.3 Протокол RS232	39
5.2 Выбор ПЛК	39
5.3 Выбор коммуникационного модуля для протокола RS232	40
5.4 Выбор коммуникационного модуля для протокола CAN	41
6 Экологичность и безопасность лабораторного комплекса «Линейный двигатель»	45
6.1 Безопасность лабораторного комплекса	45
6.2 Экологичность лабораторного комплекса	47
6.3 Чрезвычайные ситуации при работе на лабораторном комплексе	47
Заключение	47
Библиографический список	48
Приложение А	50
Приложение Б	54

ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ОБОЗНАЧЕНИЯ, СОКРАЩЕНИЯ

А – амперметр;

В – вольтметр;

КПД – коэффициент полезного действия;

КУ ЛД – контроллер управления линейным двигателем;

ЛД – линейный двигатель;

ПВХ – поливинилхлорид;

ПК – персональный компьютер;

ПЛК – программируемый логический контроллер;

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина.

ВВЕДЕНИЕ

Линейный двигатель - электродвигатель, у которого один из элементов магнитной системы разомкнут и имеет развёрнутую обмотку, создающую магнитное поле, а другой взаимодействует с ним и выполнен в виде направляющей, обеспечивающей линейное перемещение подвижной части двигателя[1].

Широкое применение линейные двигатели нашли в электрическом транспорте, чему способствовал целый ряд преимуществ этих двигателей.

1. ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС «ЛИНЕЙНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»

1.1 Описание лабораторного комплекса

Комплекс предназначен для разработки и исследования новых электрических приводов вспомогательного и дополнительного оборудования летательных аппаратов, основанных на использовании линейного двигателя переменного тока, систем управления такими приводами, с использованием датчиков конечных положений, а также особенностей их конструкции и электромеханических узлов и агрегатов, рабочих электромеханических процессов. Внешний вид комплекса представлен на рисунке 1.1.

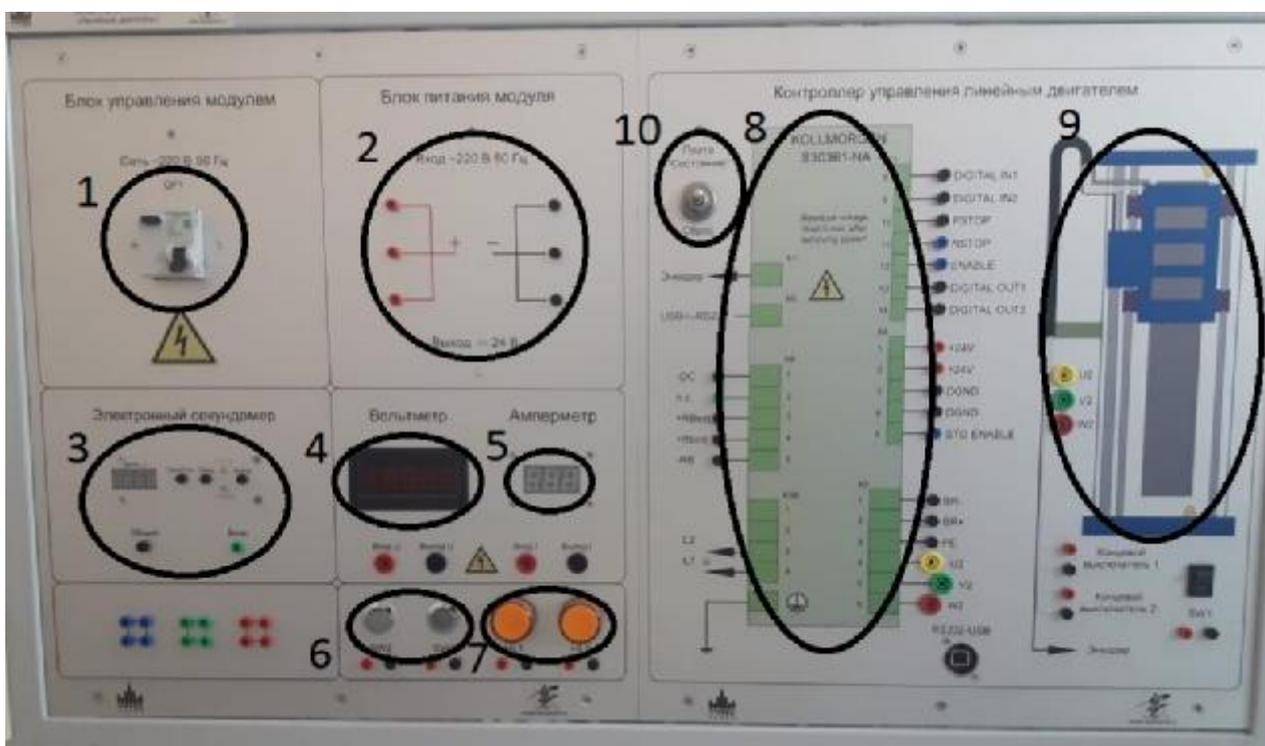


Рисунок 1.1 – Внешний вид комплекса

1. Автомат QF1, при его включении загорается красный светодиод над ним и красный светодиод входа блока питания модуля
2. Клеммы входа блока питания, при наличии на них напряжения 24 вольта постоянного тока, загорается зеленый светодиод
3. Электронный секундомер
4. Вольтметр

5. Амперметр

6. Нормально-разомкнутые кнопки SW2 и SW3

7. Лампы HL1 и HL2

8. Контроллеруправления линейным двигателем

9. Линейный двигатель

10. Кнопка сброс, служит для перезагрузки платы «Состояние».

Светодиод над ней горит красным при отсутствии питания 220 вольт, зеленым – при наличии

Описание элементов комплекса

- Амперметр

Цифровой амперметр служит для измерения потребляемого двигателем тока. В силу того, что питание двигателя осуществляется током высокой частоты, показания необходимо калибровать по показаниям, взятым из программы DriveGui.exe. Кроме этого, амперметр может показывать неверные значения при движении на низких скоростях. Для измерения необходимо подключить амперметр последовательно с питанием фазы двигателя через клеммы «Вход I», «Выход I».

- Вольтметр

Цифровой вольтметр служит для измерения питающего напряжения одной фазы линейного двигателя. Вольтметр следует подключить параллельно двум фазам двигателя через клеммы «Вход U», «Выход U».

- Электронный секундомер

Электронный секундомер может работать в двух режимах – автоматическом и ручном, выбор режима осуществляется кнопкой «Выбор». В ручном режиме за запуск и остановку отсчета отвечает кнопка «Пуск/Стоп», а за обнуление значения – кнопка «Сброс». Для работы в автоматическом режиме необходимо к клемме «Общий» подключить минус питания, а на клемму «Вход» подать 24 вольта. Запуск отсчета начинается по заднему

фронту (при отключении 24 вольт), а остановка отсчета – по переднему фронту (при подключении 24 вольт).

- Плата «Состояние»

Плата «Состояние» служит для задержки подачи 220 вольт на контроллер управления линейным двигателем

- Кнопки, лампы

Кнопки SW2, SW3 и лампы HL1, HL2 служат для составления схем и индикации.

1.2 Структурная схема лабораторного стенда «Линейный двигатель»



Рисунок 1.2 – Структурная схема

ПС – плата «Состояние»;

КУ ЛД – контроллер управления линейным двигателем;

ЛД – линейный двигатель;

ЭС – электронный секундомер;

А – амперметр;

В – вольтметр.

Линейный двигатель Д управляется контроллером управления линейным двигателем КУ ЛД (также сигналы с двигателя приходят на контроллер). Помимо этого, на контроллер приходит информация с электронного секундомера ЭС, амперметра А и вольтметра В. Плата «Состояние» задерживает подачу напряжения на КУ ЛД.

1.3 Техническое задание на разработку

Техническое задание на лабораторный комплекс «Линейный двигатель» приведено в приложении А.

2 ЛИНЕЙНЫЕ ДВИГАТЕЛИ И УПРАВЛЕНИЕ ИМИ

2.1 Теория линейных двигателей

Линейный двигатель – это электродвигатель, у которого один из элементов магнитной системы разомкнут и имеет развернутую обмотку, создающую магнитное поле, а другой взаимодействует с ним и выполнен в виде направляющей, обеспечивающей линейное перемещение подвижной части двигателя [1]. Сейчас существует множество типов линейных электродвигателей, например:

- Линейные асинхронные электродвигатели
- Линейные синхронные электродвигатели
- Линейные электромагнитные двигатели
- Линейные магнитоэлектрические двигатели
- Линейные магнитоэлектрические двигатели
- Линейные пьезоэлектрические (электрострикционные) двигатели и др.

Электрический линейный двигатель является механизмом, в котором подвижная часть не находится во вращении, а линейно перемещается вдоль неподвижной части агрегата, представленной в виде незамкнутого магнитопровода, длина которого имеет произвольное значение. Внутри магнитопровода создается бегущее магнитное поле. В линейном двигателе статор и ротор растянуты в полосы, в отличие от стандартных электрических двигателей. Благодаря тому, что обмотка статора включается поочередно, создается бегущее магнитное поле. В состав линейного электрического двигателя постоянного тока входит якорь с расположенной на его поверхности обмоткой, являющейся коллектором (направляющим элементом) и разомкнутый магнитопровод с обмотками возбуждения (подвижной частью), расположенными в таком порядке, что векторы сил, появляющихся в полюсах магнитопровода, имеют одно направление[2].

Простота регуляции скорости перемещения подвижной части – отличительная черта линейного электродвигателя. Агрегаты переменного тока могут быть синхронного и асинхронного типа. Якорь в асинхронном линейном электродвигателе выполняется в виде бруска, чаще всего прямоугольного сечения, на котором отсутствует обмотка. Монтаж якоря выполняется вдоль пути перемещения подвижной части агрегата, оснащенной магнитопроводом с развернутыми многофазными обмотками, которые питаются от источника переменного тока. В результате взаимодействия магнитного поля магнитопровода подвижной части и поля якоря появляются силы, заставляющие подвижную часть перемещаться быстрее, относительно неподвижного якоря. Процесс происходит до момента уравнивания скорости перемещения подвижной части и бегущего магнитного поля[2].

Наибольшее распространение в транспорте и для больших линейных перемещений получили асинхронные и синхронные линейные двигатели, но применяются также линейные двигатели постоянного тока и линейные электромагнитные двигатели. Последние чаще всего используются для получения небольших перемещений рабочих органов и обеспечения при этом высокой точности и значительных тяговых усилий[1].

2.1.1 Линейный асинхронный двигатель

Представление об устройстве линейного асинхронного двигателя можно получить, если мысленно разрезать статор и ротор с обмотками обычного асинхронного двигателя вдоль оси по образующей и развернуть в плоскость. Образовавшаяся плоская конструкция представляет собой принципиальную схему линейного двигателя. Если теперь обмотки статора такого двигателя подключить к сети трехфазного переменного тока, то образуется магнитное поле, ось которого будет перемещаться вдоль воздушного зазора со скоростью, пропорциональной частоте питающего напряжения и длине полюсного деления. Это перемещающееся вдоль зазора магнитное поле пересекает проводники обмотки ротора и индуцирует в них ЭДС, под действием которой по обмотке начнут протекать токи. Взаимодействие токов с

магнитным полем приведет к появлению силы, действующей, по правилу Ленца, в направлении перемещения магнитного поля. Ротор — в дальнейшем будем называть его уже вторичным элементом — под действием этой силы начнет двигаться. Вторичный элемент линейного двигателя не всегда снабжается обмоткой. Одно из достоинств линейного асинхронного двигателя заключается в том, что в качестве вторичного элемента может использоваться обычный металлический лист. Вторичный элемент при этом может располагаться также между двумя статорами, или между статором и ферромагнитным сердечником. Вторичный элемент выполняется из меди, алюминия или стали, причем использование немагнитного вторичного элемента предполагает применение конструктивных схем с замыканием магнитного потока через ферромагнитные элементы. Принцип действия линейных двигателей со вторичным элементом в виде полосы повторяет работу обычного асинхронного двигателя с массивным ферромагнитным или полым немагнитным ротором. Обмотки статора линейных двигателей имеют те же схемы соединения, что и обычные асинхронные двигатели, и подключаются обычно к сети трехфазного переменного тока. Линейные двигатели очень часто работают в так называемом обратном режиме движения, когда вторичный элемент неподвижен, а передвигается статор[1].

Такой линейный двигатель, получивший название двигателя с подвижным статором, находит, в частности, широкое применение на электрическом транспорте. Например, статор неподвижно закреплен под полом вагона, а вторичный элемент представляет собой металлическую полосу междурельс, а иногда вторичным элементом служат сами рельсы. Одной из разновидностей линейных асинхронных двигателей являются трубчатый двигатель. Статор такого двигателя имеет вид трубы, внутри которой располагаются перемежающиеся между собой плоские дисковые катушки (обмотки статора) и металлические шайбы, являющиеся частью магнитопровода. Катушки двигателя соединяются группами и образуют

обмотки отдельных фаз двигателя. Внутри статора помещается вторичный элемент также трубчатой формы, выполненный из ферромагнитного материала. При подключении к сети обмоток статора вдоль его внутренней поверхности образуется бегущее магнитное поле, которое индуцирует в теле вторичного элемента токи, направленные по его окружности. Взаимодействие этих токов с магнитным полем двигателя создает на вторичном элементе силу, действующую вдоль трубы, которая и вызывает (при закрепленном статоре) движение вторичного элемента в этом направлении. Трубчатая конструкция линейных двигателей характеризуется аксиальным направлением магнитного потока во вторичном элементе в отличие от плоского линейного двигателя, в котором магнитный поток имеет радиальное направление[1].

2.1.2 Линейный синхронный двигатель

Основной областью применения синхронных двигателей, где их преимущества проявляются особенно сильно, является высокоскоростной электрический транспорт. Дело в том, что по условиям нормальной эксплуатации такого транспорта необходимо иметь сравнительно большой воздушный зазор между подвижной частью и вторичным элементом. Асинхронный линейный двигатель имеет при этом очень низкий коэффициент мощности($\cos\varphi$), и его применение оказывается экономически невыгодным. Синхронный линейный двигатель, напротив, допускает наличие относительно большого воздушного зазора между статором и вторичным элементом и работает при этом с $\cos\varphi$, близким к единице, и высоким КПД, достигающим 96%. Применение синхронных линейных двигателей в высокоскоростном транспорте сочетается, как правило, с магнитной подвеской вагонов и применением сверхпроводящих магнитов обмоток возбуждения, что позволяет повысить комфортабельность движения и экономические показатели работы подвижного состава[1].

2.1.3 Применение линейных двигателей

Широкое применение линейные двигатели(рисунок 2.1) нашли в электрическом транспорте, чему способствовал целый ряд преимуществ этих

двигателей: прямолинейность движения вторичного элемента (или статора), что естественно сочетается с характером движения различных транспортных средств, простота конструкции, отсутствие трущихся частей (энергия магнитного поля непосредственно преобразуется в механическую), что позволяет добиться высокой надежности и КПД. Еще одно преимущество связано с независимостью силы тяги от силы сцепления колес с рельсовым путём, что недостижимо для обычных систем электрической тяги. При использовании линейных двигателей исключается буксование колес электрического транспорта, а ускорения и скорости движения средств транспорта могут быть сколь угодно высокими и ограничиваться только комфортабельностью движения, допустимой скоростью качения колес по рельсовому пути и дороге, и динамической устойчивостью ходовой части транспорта и пути[1].

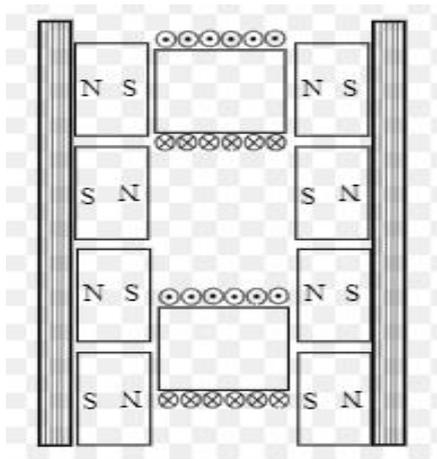


Рисунок 2.1 – Схема синхронного линейного двигателя

2.2 Линейный двигатель переменного тока LSMM-T-24-110

Линейный стол на базе синхронных двигателей (рисунок 2.2) предназначен для создания координатных систем с высокими динамическими характеристиками. Конструктивно линейная ось состоит из металлического профиля со встроенными линейными направляющими, линейного двигателя и измерительной системы. Линейный двигатель включает якорь с электромагнитными модулями и магнитную дорожку, которые являются основанием стола. Якорь одновременно является элементом привода и

контактной площадкой для монтажа нагрузки пользователя или соединения в более сложную координатную систему [3].

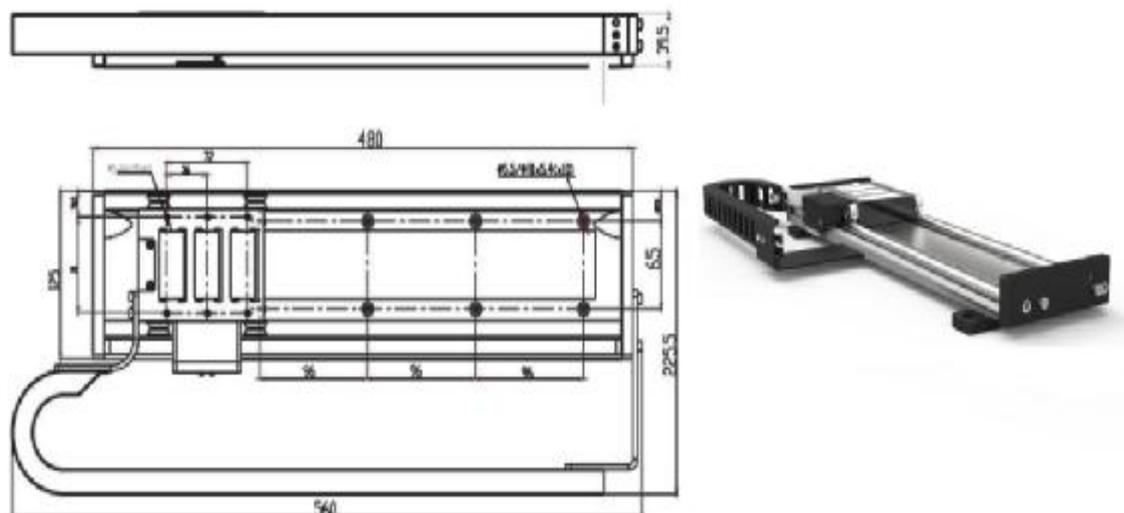


Рисунок 2.2 - Чертеж оси LSMM-T24-110-50-HS

Достоинства:

1. Высокие динамические характеристики, максимальное ускорение до 5g.
2. Прямой безредукторный привод - отсутствие люфта и вибрации на больших перемещениях.
3. Горизонтальное или вертикальное расположение.
4. Максимальное перемещение до 2,5 м.
5. Встроенный датчик обратной связи. (вых. сигнал 1Vpp).
6. Модульная конструкция, легко собирается в портальные системы.

Основные характеристики стола приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Основные характеристики LSMM-T24-110-50-HS

Наименование	Буквенное обозначение	Единица измерения	LSMM-T-24-110x50-HS
Длина пары полюсов 2P		мм	24
Пиковое усилие	Fp	Н	323
Длительное усилие	Fa	Н	113
Пиковый ток при Fp	Ip	Аэфф.	6,0
Длительный ток при 120 С с воздушным охлаждением при Fa и V=0	Ia	Аэфф.	2,0
Максимальная скорость при усилении Fp и Us	Vp	м/с	2,6

Продолжение таблицы 2.1

Максимальная скорость при усилии F_a и напряжении U_s	V_a	м/с	4,6
Константа усилия (обмотки 20°C)	K_0	N/ifW	18
Константа противо-Э.Д.С. (фаза-фаза)	K_u		45,5
Реактивное зубцовое усилие	F_d	Н	1,6
Сопротивление (фаза-фаза)	R	Ом	6,3
Индуктивность (фаза-фаза)	L	мГн	40,7
Рекомендуемое напряжение питания	U_s	В	220
Точность перемещения с магнитной измерительной системой		мкм/м	50*
Повторяемость перемещения		мкм	5*
Разрешение		мкм	1*
Масса подвижной каретки	m_y	кг	1,8
Максимальная масса нагрузки на каретку		кг	20

2.3 Цифровой сервоусилитель SERVOSTARS30361-NA

В состав комплекса входит контроллер управления линейным двигателем, роль которого исполняет цифровой сервоусилитель SERVOSTARS30361-NA, который обеспечивает изменение и регулирование скорости в заданных диапазонах, поддержание момента при постоянной скорости, обмен данными и управление по цифровым интерфейсам.

Техническое описание

2.3.1 Стандартное исполнение

- Большой диапазон номинальных напряжений: 1 x 110 В-10% ... 3 x 230 В+10%
- Соединение для непосредственного подключения экрана к сервоусилителю
- Два аналоговых входа уставок
- Встроенный интерфейс RS232 и интерфейс регулирования направления и импульсов

- Встроенный интерфейс CANopen, для установки в системы шины CAN и для настройки параметров нескольких приводов через интерфейс ПК усилителя

- Встроенная система надёжного останова STO (безопасная для персонала блокировка запуска)

- Встроенный регулятор положения

- Обработка сигналов всех распространенных типов датчиков

- Работа с синхронными серводвигателями, линейными двигателями, асинхронными двигателями, высокочастотными шпинделями, двигателями постоянного тока

2.3.2 Питание

- Непосредственно от заземленной трехфазной сети, 110 В-10% или от 230 В-10% до 480 В+10% Сеть TN и сеть TT с заземленной нулевой точкой, симметричный номинальный ток макс. 42 кА. Подключение к другим сетям только с помощью разделительного трансформатора

- Мостовой выпрямитель, подключенный к трехфазной заземленной сети, встроенный сетевой фильтр и схема плавного пуска

- Возможность однофазного питания (например, для ввода в эксплуатацию или режима наладки)

- Экранирование: все соединения для подключения экрана находятся непосредственно на усилителе

- Выходной каскад: модуль на биполярных транзисторах с изолированным затвором (IGBT) с гальванически развязанным измерением тока

- Тормозная схема: с распределением тормозной мощности на несколько усилителей, подключенных к одному звену постоянного тока. Внутренний тормозной резистор – в стандартном исполнении, внешний тормозной резистор – при необходимости

- Напряжение звена постоянного тока 135...450 В постоянного тока или 260...900 В постоянного тока, возможность параллельного включения

- Встроенный фильтр подавления помех для подачи питания от сети и вспомогательного питания 24 В

2.3.3 Встроенная система безопасности

- Надежная изоляция цепей силовых и электронных компонентов благодаря соответствующим путям утечки и развязке потенциалов

- Плавное включение, выявление повышенного напряжения, защита от короткого замыкания, контроль обрыва фаз

- Контроль температуры сервоусилителя и двигателя

2.3.4 Снабжение вспомогательным напряжением 24 В постоянного тока

- С развязкой потенциалов и внутренней защитой. Питание от внешнего блока питания 24 В постоянного тока, например, с помощью разделительного трансформатора или источника бесперебойного питания

2.3.5 Управление и настройка параметров

- С помощью программного обеспечения DRIVEGUI.EXE для ввода в эксплуатацию через последовательный интерфейс ПК

- Аварийное управление с помощью двух кнопок непосредственно на сервоусилителе и трехзначного светодиодного индикатора для отображения состояния в случае отсутствия ПК

- Полностью программируется через интерфейс RS232

2.3.6 Полностью цифровое регулирование

- Цифровой регулятор тока (векторное управление с использованием широтно- импульсной модуляции, 62,5 мкс)

- Настраиваемый цифровой регулятор частоты вращения (62,5 мкс)

- Встроенный регулятор положения с возможностью настройки под любую задачу (250 мкс)

- Встроенный интерфейс для регулирования направления и импульсов, для подключения серводвигателя к блоку управления шаговым двигателем

2.3.7 Входы/выходы

- 2 программируемых аналоговых входа
- 4 программируемых цифровых входа
- 2 программируемых цифровых выхода
- Свободно программируемые логические сочетания любых цифровых сигналов [4].

Внешний вид сервоусилителя представлен на рисунке 2.3, а габаритные размеры приведены на рисунке 2.4. Пример приводной схемы с использованием SERVOSTAR 300 – рисунок 2.5. Разводку контактов сервоусилителя можно увидеть на рисунке 2.6.



Рисунок 2.3 – Сервоусилитель SERVOSTAR S30361-NA

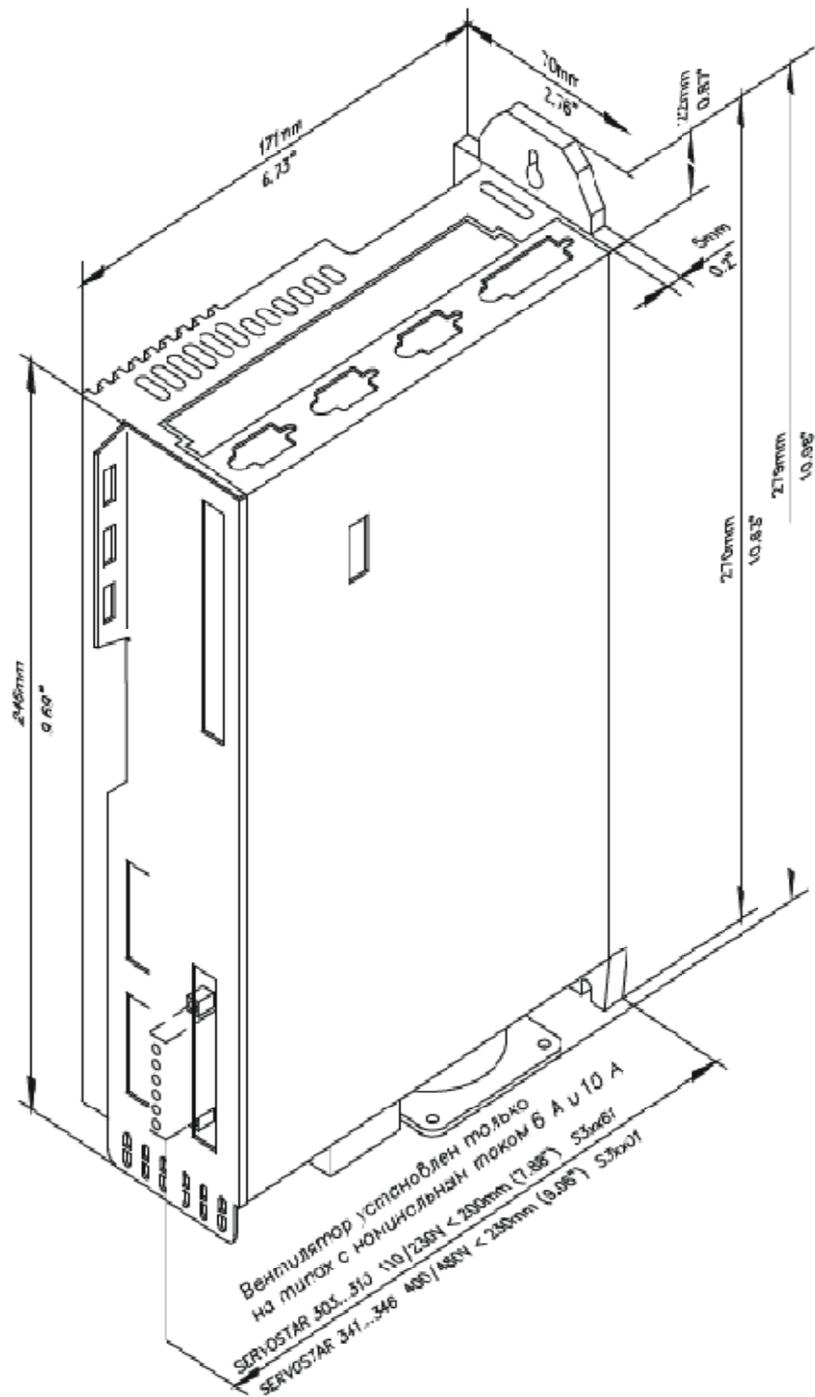


Рисунок 2.4 – Габаритные размеры сервоусилителя S30361-NA

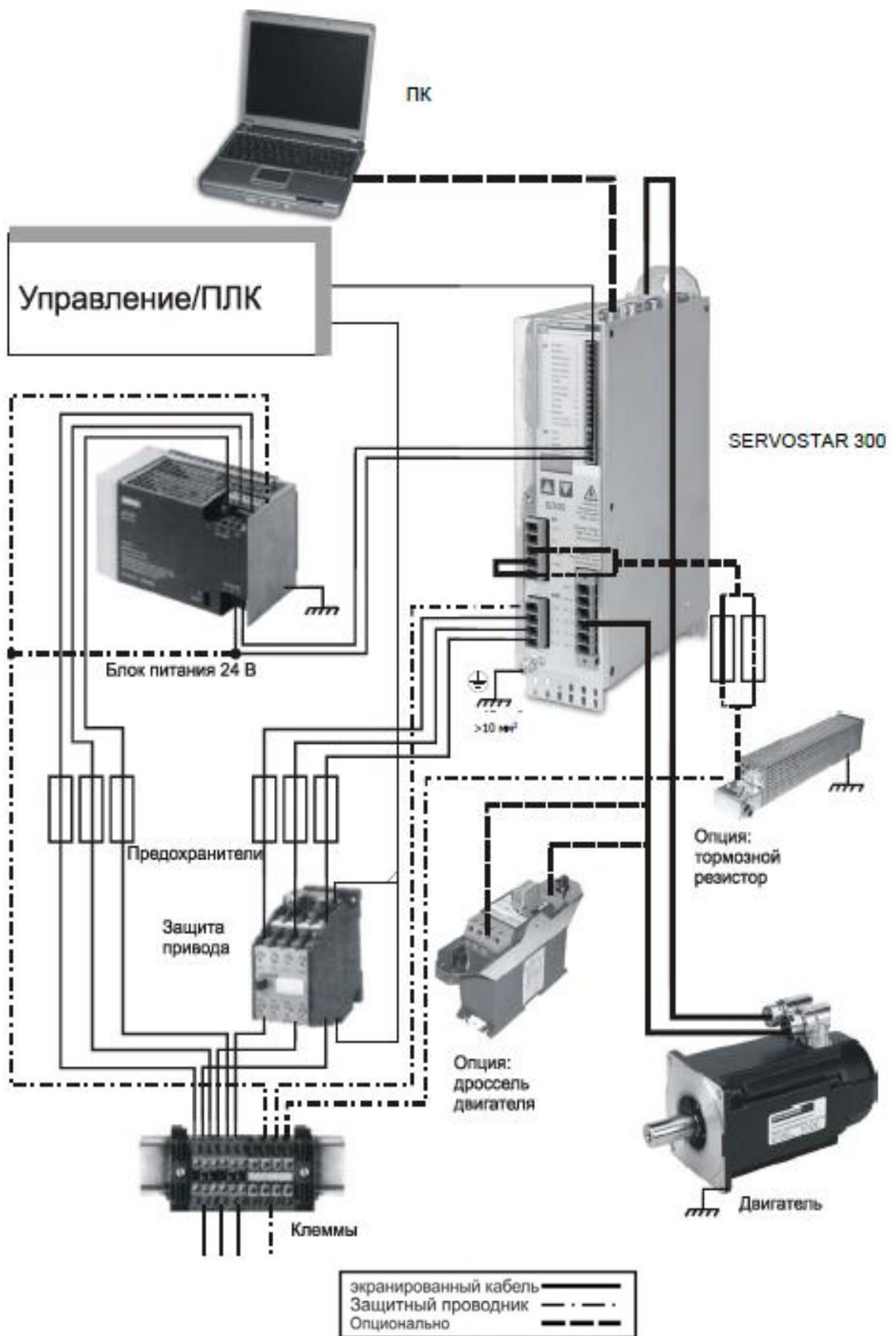


Рисунок 2.5 – Пример приводной схемы с использованием SERVOSTAR 300

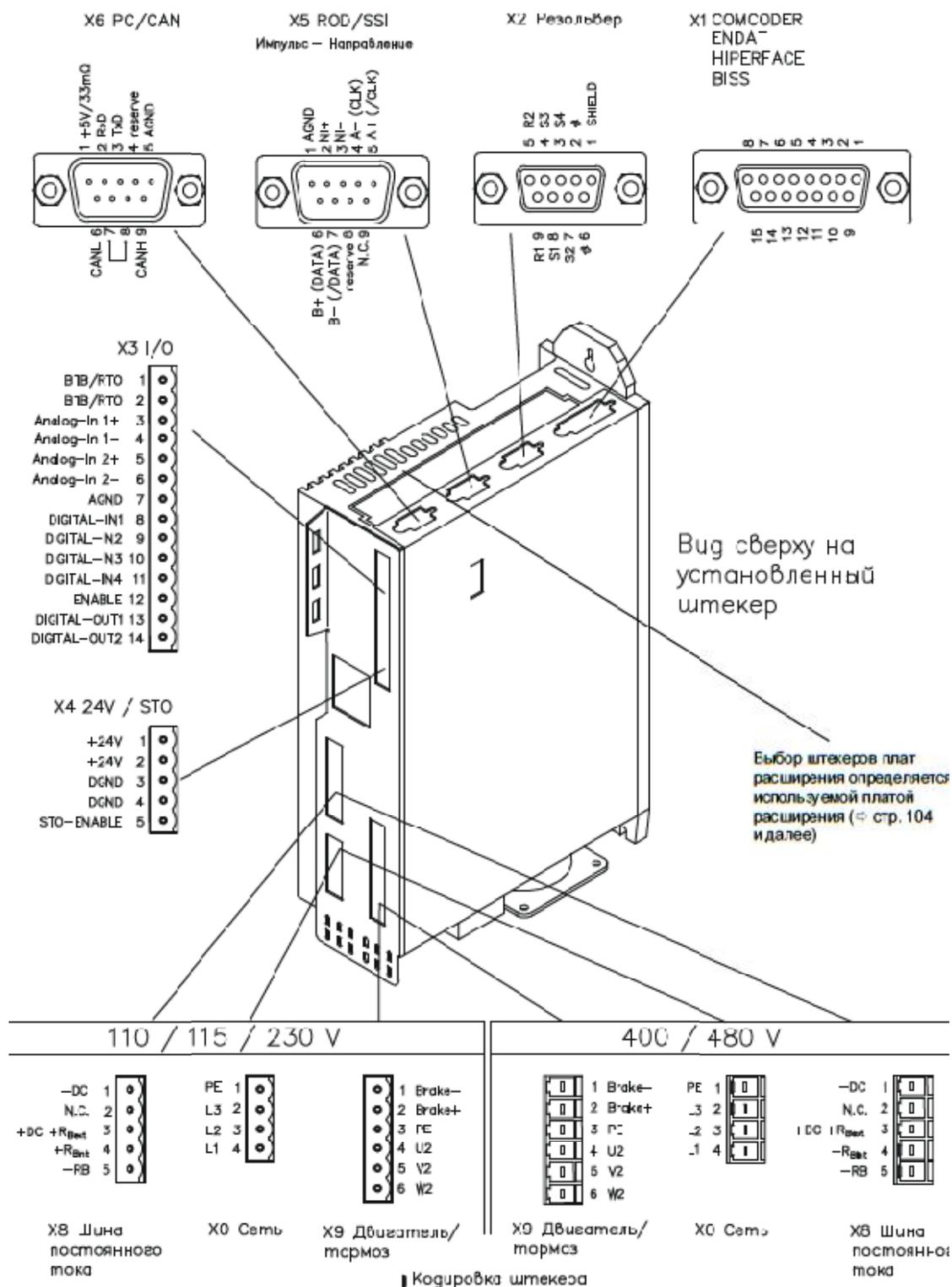


Рисунок 2.6 –Разводка контактов сервоусилителя

3 РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПАЛЬНОЙ СХЕМЫ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА

3.1 Замена платы «Состояние»

Изначально, в заводской сборке, присутствовала плата «Состояние», предназначенная для обеспечения безопасности контроллера управления линейным двигателем от неправильной последовательности включения питания. 8-разрядный микроконтроллер STM8, входящий в состав платы, обеспечивал инициализацию оборудования комплекса, управление питанием силового контроллера линейного двигателя, подключение к контроллеру линейного двигателя дополнительного внутреннего источника питания 24 В, а также индикацию нормально включения контроллера управления линейным двигателем светодиодом.

Впоследствии, при настройке комплекса, плата вышла из строя. Произвести ремонт своими силами было невозможно, поэтому было принято решение о замене платы на блок из двух реле. Монтажная схема блока приведена на рисунке 3.1.

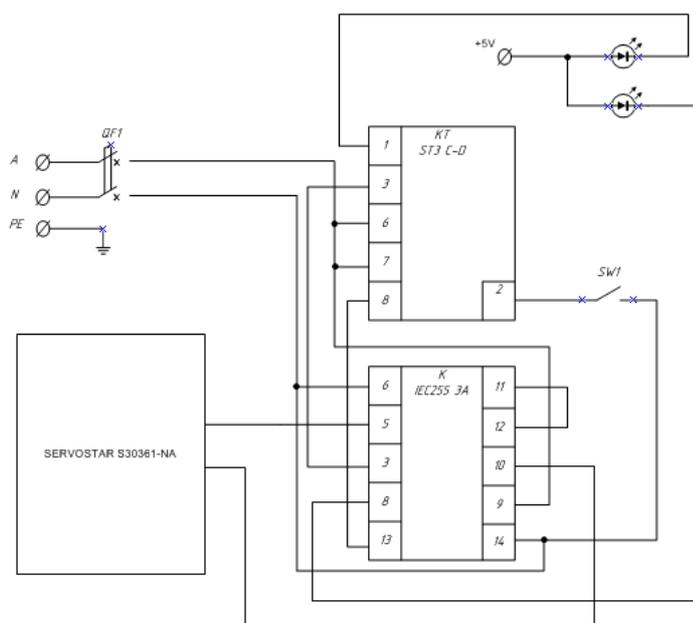


Рисунок 3.1 – Монтажная схема блока

Были использованы реле IEC255 3A 150 VAC (рисунок 3.2) и реле времени ST3 C-D, выставленное на 2.5 секунды (рисунок 3.3).



Рисунок 3.2 – Реле IEC255 3A 150 VAC

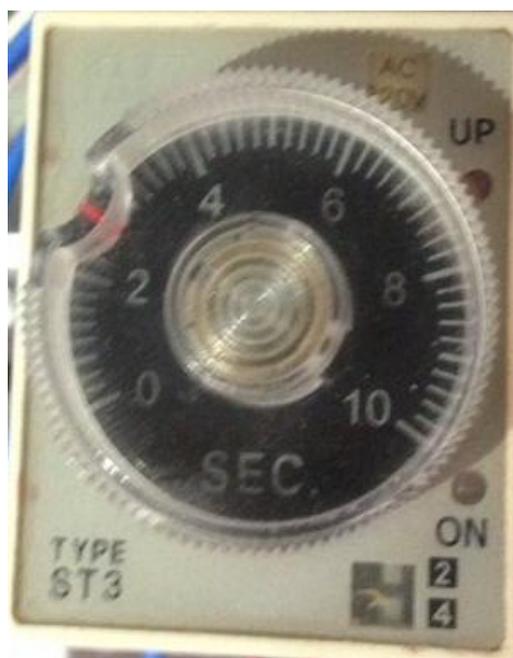


Рисунок 3.3 – Реле времени ST3 C-D

3.2 Полная электрическая схема комплекса

Полная электрическая схема соединений приведена на рисунке 3.4, а спецификация к схеме находится в приложении Б.

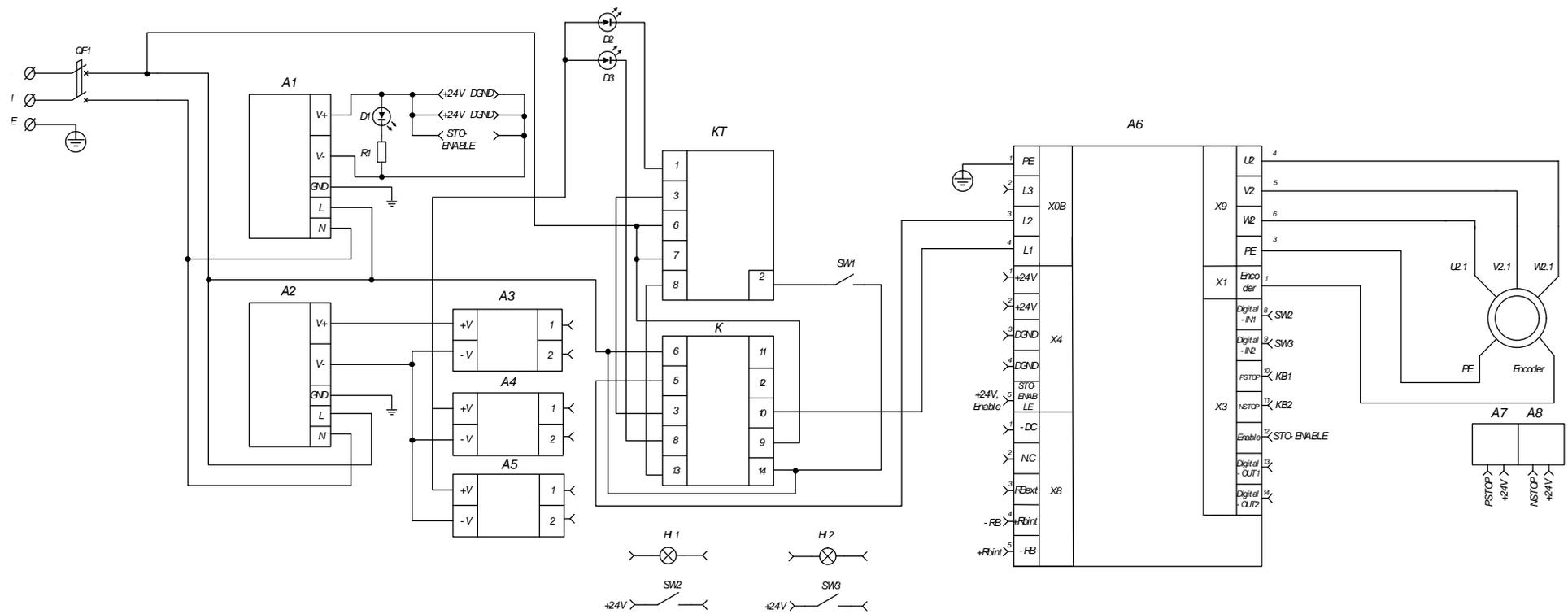


Рисунок 3.4 – Принципиальная электрическая схема лабораторного комплекса

4 РАЗРАБОТКА МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА

4.1 Лабораторная работа №1 «Первоначальная настройка».

Цель: настроить первоначальные параметры линейного двигателя в программе GRIVEGUI.exe.

Порядок выполнения работы

Корпус контроллера заземлить!

Однофазное напряжение 220В не включать!

Перед подключением кабеля RS232 физически отсоединить компьютер от сети для защиты COM порта компьютера от бросков напряжения!

Подсоединить контроллер (X6) к компьютеру (COMпорт) кабелем RS232

1. Запустить DRIVEGUI.exe(в режиме offlineвыбрать модель контроллера и напряжение питания - S303(230V))

В появившемся окне выбрать: пункт меню «Communication»- «SelectDevice...»- RS-232,- и в окне “RS-232 Setting” задать параметры последовательного интерфейса Вашего компьютера.

Подключиться к контроллеру SERVOSTAR, используя общее меню (Connect)или строку пиктограмм DRiveGUI.

После вхождения в интерактивный режим выберите окно «SetupWizard»в навигационном окне слева. Выберите CompleteSetup, войдите в режим (рисунок 4.1).

В появившемся окне основных настроек задайте тип тормозного резистора RegenResistor (Internal), величину питающего напряжения MainsVoltage(230 V) и реакцию контроллера на пропадание фазы Response to Loss of Input Phase (Single Phase (Currentlimit), no Message). Также можно присвоить контроллеру название и просмотреть его характеристики (рисунок 4.2)



Рисунок 4.1 – Пункт меню SetupWizard

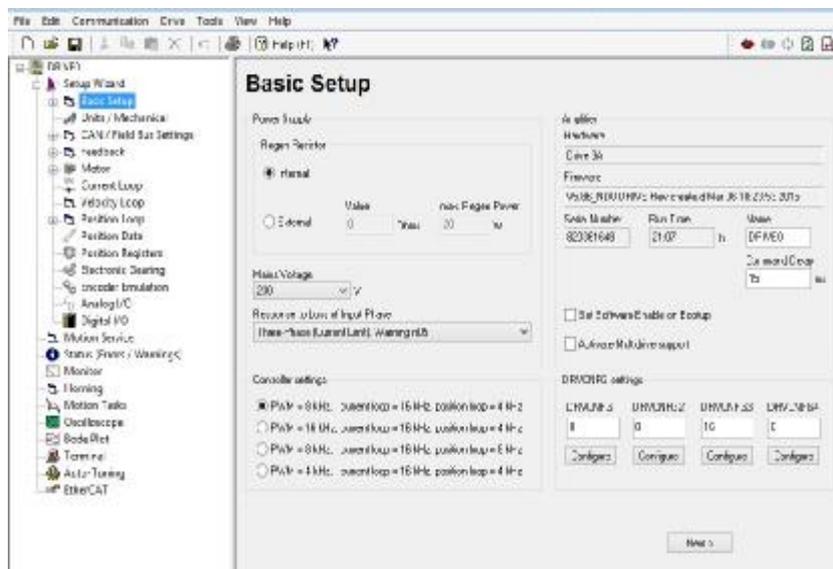


Рисунок 4.2 – Пункт меню BasicSetup

Для перехода к следующим настройкам нажмите Next или щелкните по названию окна в навигационном окне.

В дальнейшем при изменении параметров контроллера необходимо подтверждать свои действия нажатием в строке пиктограмм: Apply page settings, Save to EEPROM, Reset, - в зависимости от значимости изменений.

2. Выбрать требуемые единицы измерения положения, скорости, ускорения (рисунок 4.3).

Mechanical Conversion: Для линейного двигателя один оборот соответствует длине пары полюсов (в нашем случае $24\text{мм} = 24000\text{ мкм}$).

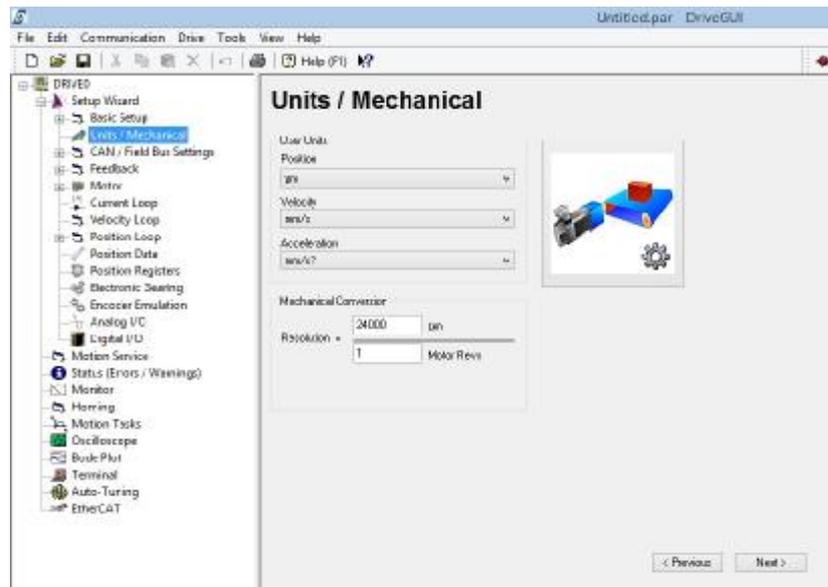


Рисунок 4.3 – Пункт меню Units/Mechanical

Окно CAN/FieldBusSetting пропускаем, переходим в окно «Feedback».

3. Выбрать тип обратной связи – Feedback Type = 7 Sine Enc 5v W&S.
Задать EncoderLines (количество периодов датчика ОС на один оборот) через встроенный калькулятор (известны длина пары полюсов двигателя 24000 мкм и период датчика 2000 мкм) или непосредственно в окне – 12 (рисунок 4.4).

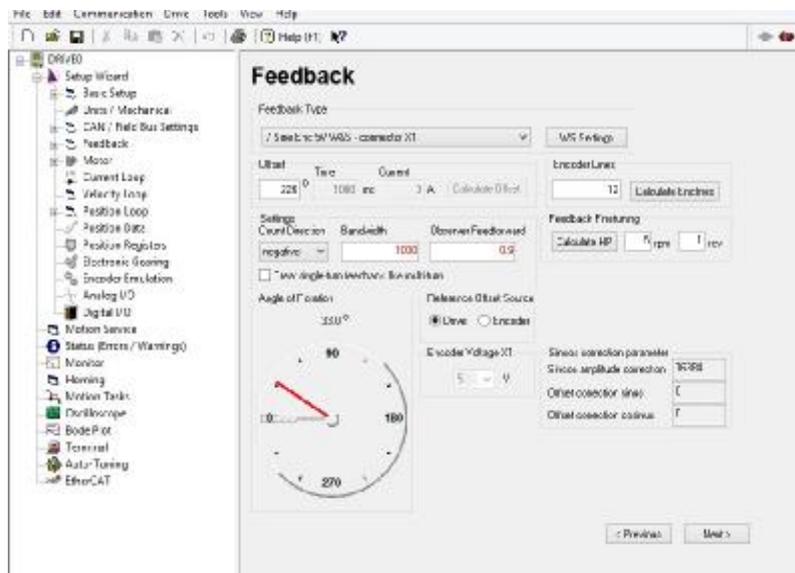


Рисунок 4.4 - Пункт меню Feedback

Проверить направление счета: для линейного двигателя один оборот вращения стрелки будет соответствовать расстоянию, равному длине пары полюсов, а положительным считается вращение по часовой стрелке. Т.е. при движении (вручную!) линейного двигателя в положительном направлении

(выбирается произвольно; в данном случае считаем положительным движение от концевого выключателя) на расстояние, равное длине пары полюсов, стрелка должна сделать один оборот по часовой стрелке. При вращении стрелки в обратном направлении необходимо поменять направление счета CountDirection (positive/negative). Если стрелка сделала не один оборот, необходимо проверить правильность введенного значения EncoderLines. Переходим в подраздел «W&SSetting».

4. Задать ток W&S (ток режима поиска полюсов двигателя REFIP, REFIP2. - в данном случае оптимальный ток - 0,5 А), все остальные параметры - по умолчанию (рисунок 4.5).

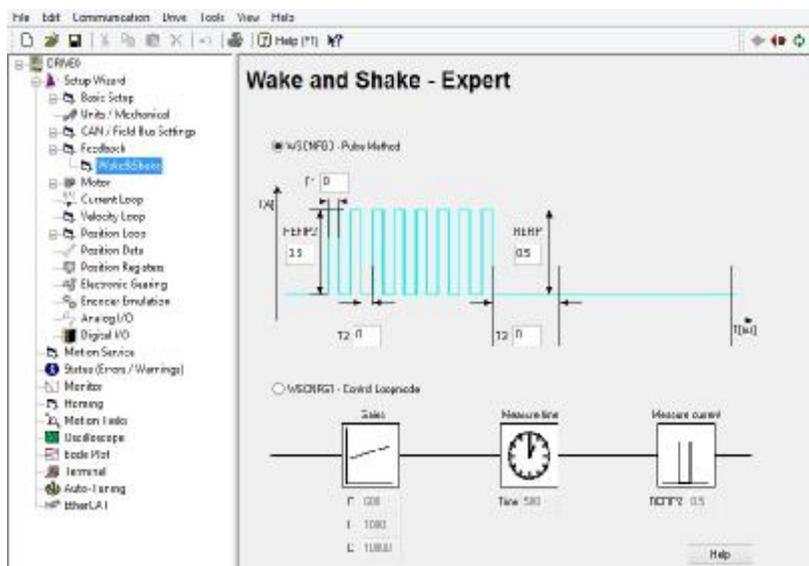


Рисунок 4.5 – Пункт меню WakeandShake

Переходим на вкладку «Motor» (рисунок 4.6).

5. Выбрать тип мотора (Linearmotor), войти в режим установки параметров мотора (CustomMotorParametrs).

Заполнить таблицу SetUpMotor, исходя из паспортных данных двигателя. Обращайте внимание на размерность вводимых значений.

- Motorpoles- количество полюсов (а не пар полюсов!)
- Motorforceconstant рассчитывается по известным длительному току и усилию;
- Motorinertia для линейного двигателя равна весу якоря в кг.

Нажимаем «Done». «Recalculate gains» - «Да»: программа автоматически пересчитает коэффициенты контуров управления. Нажимаем «Next».

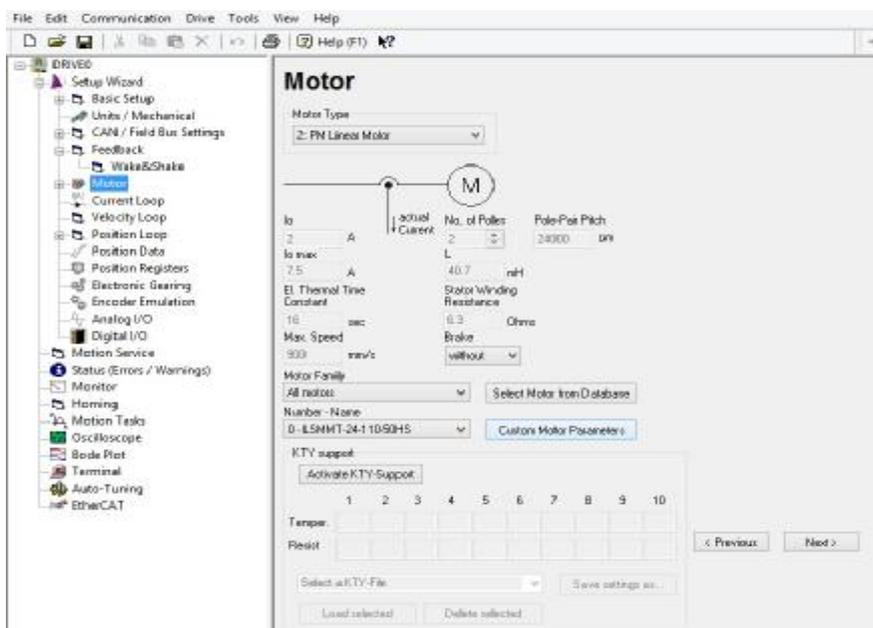


Рисунок 4.6 - Пункт меню Motor

6. Установить лимиты для скоростного контура CurrentLoop: $I_{peak}(pos)$, $I_{peak}(neg)$ - в соответствии с данными мотора (PeakCurrent). $I_{omingIpeak}$ – не более Cont. Current (рисунок 4.7). «Next».

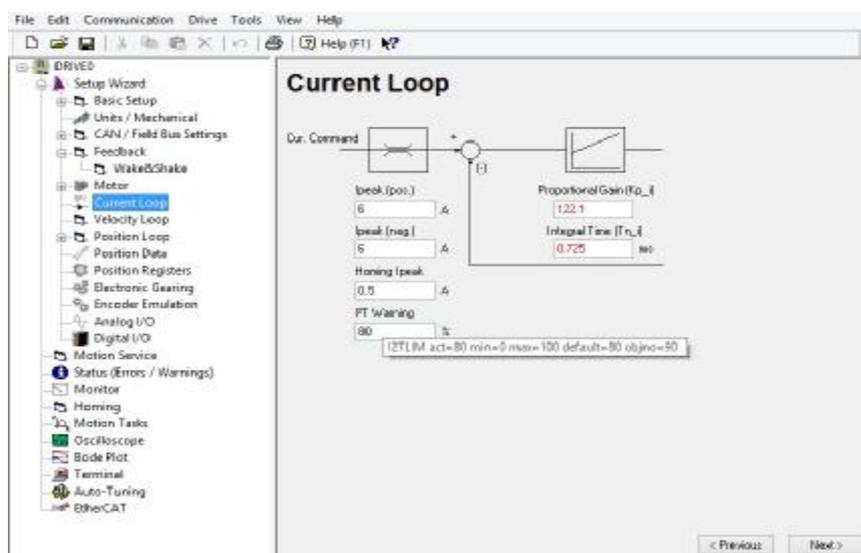


Рисунок 4.7 – Пункт меню Current Loop

7. Задать лимиты для скоростного контура VelocityLoop (На основании данных мотора):

Скорости: $SpeedLimit(pos)$, $SpeedLimit(neg)$, - не более $Maximum\ Speed$;
 $Overspeed = 1.2 * Speedlimit$;

Ускорения: Acc./Dec. Ramp, - двигатель позволяет развивать ускорение 5G, т.е. ускорение можно ставить до $m/c^2 = 50000 \text{ мм}/c^2$ (рисунок 4.8) Нажимаем «Next», «PositionLoop» пропускаем, «Next».

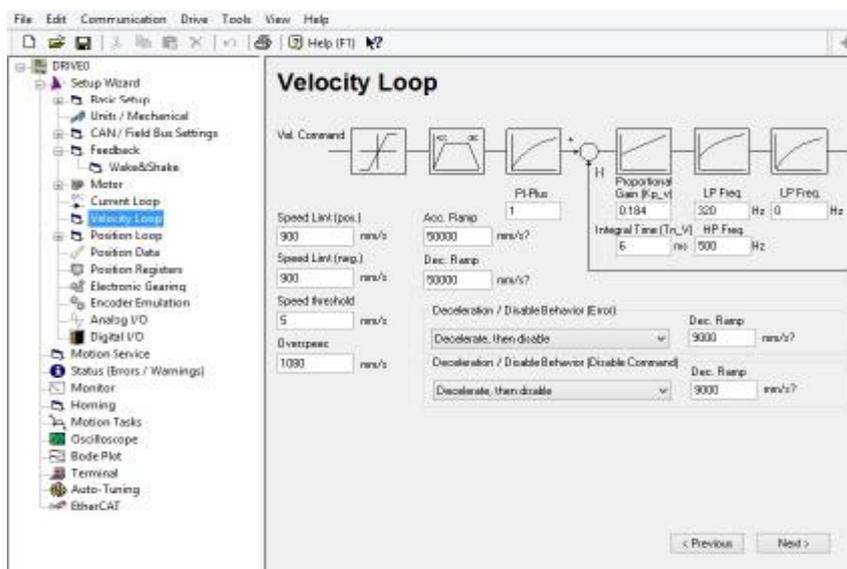


Рисунок 4.8 – Пункт меню VelocityLoop

8. Задать лимиты по скорости и ускорению в окне PositionData аналогично предыдущим. Перейти в окно цифровых входов/выходов «DigitalI/O».

9. DigitalI/O: один концевой выключатель определяем как NSTOP и задаем его на 4-м цифровом входе, а другой определяем как PSTOP и задаем его на 3-м цифровом входе (стандартное определение для KOLLMORGEN) – рисунок 4.9. Нажимаем Finish.

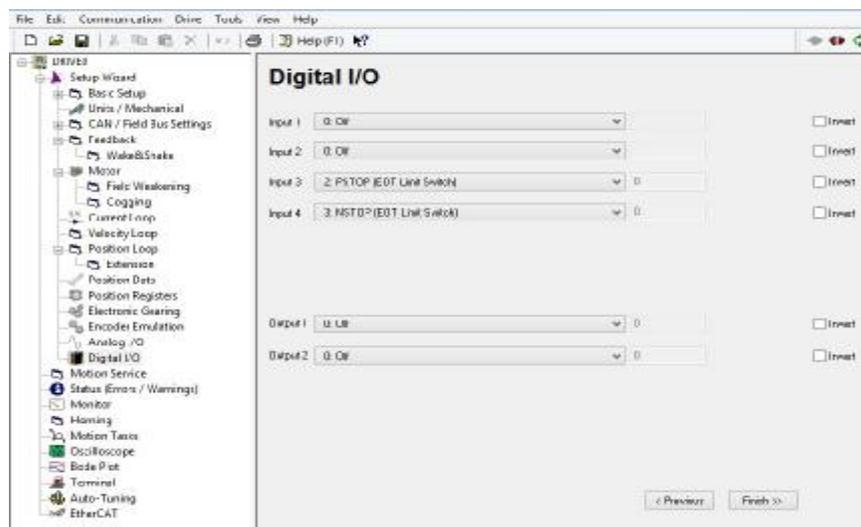


Рисунок 4.9 – Пункт меню DigitalI/O

10. Проверить направление движения мотора в режиме без обратной связи «Sensorless Setups».

Для этого в окне «Setup Wizard» выбрать режим Induction Motor Setup (U/F Control). Все индикаторы строки состояния будут зеленого цвета. Перейти в окно MotionService.

Включить напряжение питания 220 В. Задать в строке пиктограмм OPMODE: 0:Digital Velocity. Подать программное разрешение – пиктограмма Enable (чтобы снять программное разрешение – нажмите пиктограмму Disable).

В окошке Jog(DigitalVelocityMode) установить скорость движения не более 5мм/с (в «разомкнутом» режиме управления поведение двигателя может быть нестабильным). Нажимая кнопки + или - подать команду на движение в положительном или отрицательном направлении. Направление движения должно совпадать с выбранным. Если при нажатии кнопки + каретка движется в обратную сторону, необходимо поменять местами два фазных провода двигателя (предварительно обесточьте двигатель!). Если направление совпадает, значит фазы двигателя подключены верно. Переходим снова в режим Setup Wizard = Complete Setup.

Обратите внимание, что программа устанавливает тип Feed Back Type = 0:Resolver и Motor Type = 3:Induction Motor. Поэтому необходимо восстановить выбранный тип ОС Feed Back Type = 7 Sine Enc 5VW&S, и тип мотора Motor Type = 2: PMLinear Motor (при этом все занесенные данные восстановятся).

После перезагрузки (пиктограмма Reset) в строке состояния будет гореть желтый индикатор – предупреждение Warning – детальную информацию по которому можно посмотреть в окне Status (Error/Warning). Здесь же можно посмотреть подсказку для решения проблемы по коду ошибки/предупреждения – кнопка Troubleshooting.

Код n14 означает, что не завершен процесс поиска полюсов W&S not completed. Включите Enable.

Двигатель «дернется» несколько раз, пропадет предупреждение (при

удачном завершении процесса поиска полюсов) и все индикаторы станут зелеными. При возникновении каких либо проблем: - смотрите Status (Error/Warning) и Troubleshooting. И так, процесс поиска полюсов W&S завершился успешно.

В окне «Feedback» есть подраздел Feedback Finetuning, - нажмите кнопку CalculateHP, - контроллер проведет точную настройку датчика ОС. В результате должны измениться цифры в окошках Sincoscorrectionparameter:

-Sincosamplitudecorrection, внутренний коэффициент усиления сигналов датчика ОС по амплитуде;

-Offsetcorrectionsinus/cosines, внутреннее смещение сигналов синуса/косинуса по напряжению.

Эти параметры должны быть сохранены в памяти для конкретных контроллера и двигателя, поэтому нажмите пиктограмму Save to EEPROM, или откройте окно Terminal и в командной строке наберите SAVE «ввод». На экране появится повторение команды, - данные сохранены в памяти контроллера. Переходим в раздел «Homing».

11. Выбрать способ установки исходной позиции мотора (в данном случае используя концевой выключатель и референтную метку) Limit Switch and Zero Pulse, в том числе: скорость движения HomingSpeed, направление Direction of Motion, смещение исходной позиции относительно точки отсчета (= концевой выключатель NSTOP) Offset, условие выхода в исходную позицию Auto-home on Enable источник сигнала референтной метки Zero-Pulse Source = Data pin of connector XI.

Режим Homing «работает» только при OPMODE= 8: Position Motion Tasks.

Если для конкретного случая заданы параметры, как на рисунке 4.10, то после перезагрузки контроллера в режиме OPMODE=8 при нажатии Enable происходит следующее: контроллер выполняет поиск полюса (W&S), затем устанавливает двигатель в исходную позицию (Homing) и дает команду на выполнение первого рабочего цикла.

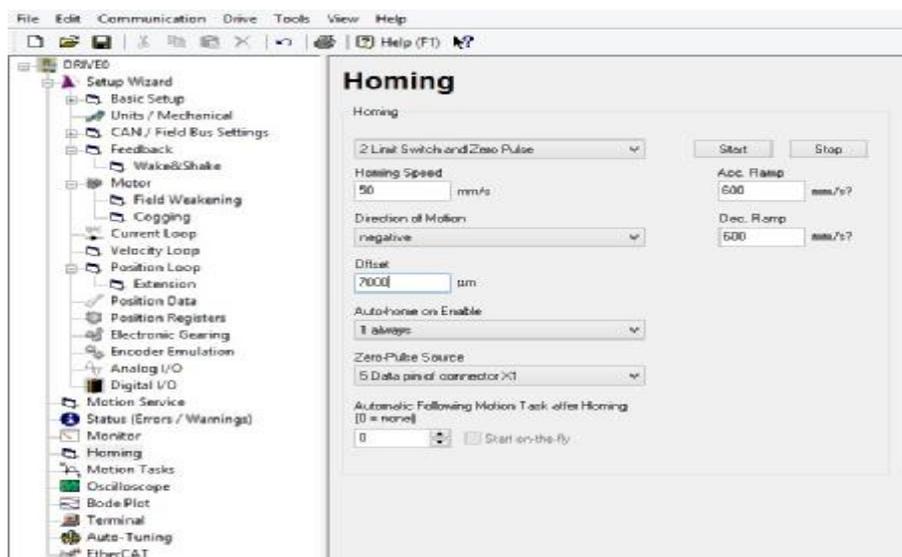


Рисунок 4.10 - Пункт меню Homing

Первоначальный процесс настройки параметров закончен.

Можете сохранить параметры настройки в файле стандартной процедурой: File- Saveas... или значок «Сохранить».

При следующих включениях контроллера (этого или другого) Вы сможете загрузить сохраненные параметры также стандартным способом.

4.2 Лабораторная работа №2 «Настройка рабочих циклов».

Цель: научиться создавать рабочие циклы движения двигателя.

Порядок выполнения работы

В контроллере предусмотрена возможность хранения в памяти определенных рабочих циклов Motion Tasks (рисунок 4.11)

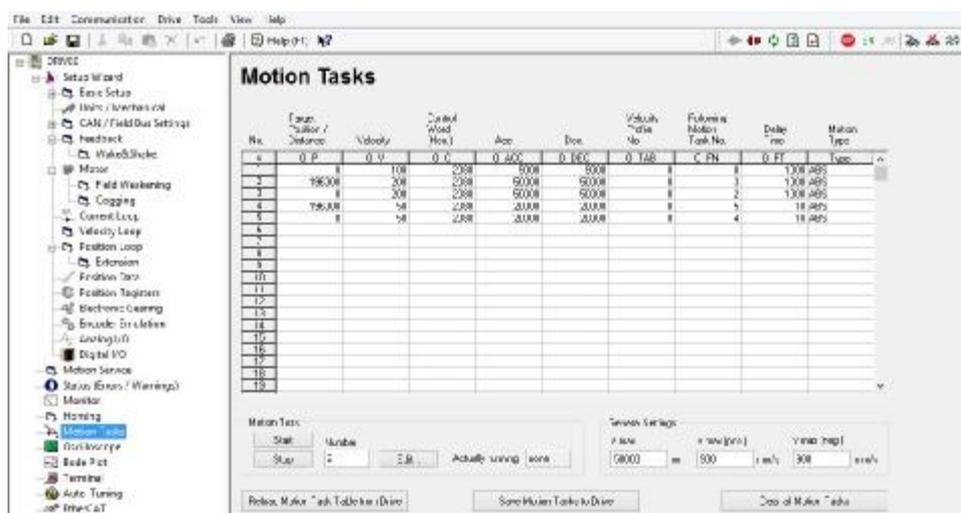


Рисунок 4.11 – Пункт меню MotionTasks

Двойной «клик» на ячейке рабочего цикла открывает окно редактирования данного цикла Motion Tasks (рисунок 4.12).

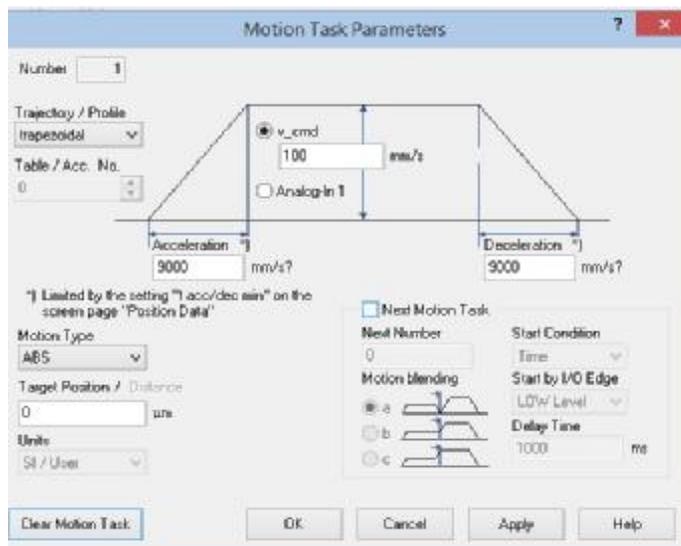


Рисунок 4.12 – Подпункт меню Motion Tasks Parametrs

В левом верхнем углу отображается номер редактируемого цикла Number. Ниже, в окне Trajectory/Profile выбирается форма сигнала управления, например: trapezoidal – трапециевидный – линейное ускорение до заданной скорости, затем линейное замедление до нулевой скорости.

Задаются:

- необходимая скорость движения v_cmd , а также значение ускорения/замедления Acceleration/Deceleration
- MotionType – определяет начальную позицию рабочего цикла – ABS: рабочий цикл начинается с нулевой позиции, установленной при выполнении режима Homing (абсолютная система отсчета); RELINPOS: рабочий цикл начинается с текущей позиции двигателя (относительная система отсчета)
- Target Position - определяет конечную позицию рабочего цикла (в выбранной системе отсчета). Длина рабочего хода будет зависеть от смещения исходной позиции относительно точки отсчета Offset, задаваемой в разделе Homing
- Next Motion Task – выбор этой функции означает, что после выполнения данного рабочего цикла двигатель автоматически перейдет на

выполнение рабочего цикла с номером, указанным в Next Number, при условиях, заданных в Start Condition.

StartCondition – выполнение следующего рабочего цикла произойдет:

- немедленно immediately
- по сигналу цифрового входа I/O, - начало движения произойдет по фронту импульса на цифровом входе, определенном в StartbyI/OEdge
- с задержкой по времени Time, заданной в Delay Time
- или при выполнении одного из предыдущих условий I/O or Time

После завершения редактирования рабочих циклов сохраните их в памяти контроллера Save Motion Taskto Drive.

Задание 1: необходимо задать сложное движение двигателя. Рабочие циклы должны идти друг за другом с задержкой по времени 1000мс. Форма сигнала управления – трапецевидная. Начальная позиция во всех рабочих циклах – абсолютный ноль.

1. На расстояние 190000 мкм на скорости 200 мм/с;
2. На расстояние 100000 мкм на скорости 50 мм/с;
3. На расстояние 0 мкм на скорости 100 мм/с;
4. На расстояние 196000 мкм на скорости 200 мм/с.

Задание 2: подключить кнопки SW2 и SW3 в общую схему соединений на дискретные входы DigitalIN1иDigitalIN2, а также программноопределить эти входы таким образом, чтобы кнопка SW2 отвечала за запуск рабочего цикла, а кнопка SW3 - за остановку.

5 РАСШИРЕНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА

Для расширения возможностей лабораторного комплекса нам понадобится дополнительное оборудование: ПЛК и, если понадобятся, дополнительные модули для различных протоколов связи.

За основу возьмем ПЛК, который будет формировать управление в режиме STEP/DIR через протоколы связи CAN и RS232.

5.1 Описание протоколов CAN, RS232, режима STEP-DIR

5.1.1 Режим STEP-DIR

К драйверу шины данных подключается источник питания, сам двигатель и сигналы управления. Стандартом по сигналам управления является управление сигналами STEP/DIR и сигнал ENABLE.

Сигнал STEP - Тактирующий сигнал, сигнал шага. Один импульс приводит к повороту ротора ШД на один шаг (не физический шаг ШД, а шаг выставленный на драйвере - 1:1, 1:8, 1:16 и т.д.). Обычно драйвер отрабатывает шаг по переднему или заднему фронту импульса.

Сигнал DIR - Потенциальный сигнал, сигнал направления. Логическая единица - шина данных вращается по часовой стрелке, ноль - шина данных вращается против часовой стрелки, или наоборот. Инvertировать сигнал DIR обычно можно либо из программы управления или поменять местами подключение фаз шины данных в разъеме подключения в драйвере [5].

5.1.2 Протокол CAN

CAN(англ. ControllerAreaNetwork - сеть контроллеров) — стандарт промышленной сети, ориентированный, прежде всего, на объединение в единую сеть различных исполнительных устройств и датчиков. Режим передачи - последовательный, широкополосный, пакетный.

CAN является синхронной шиной с типом доступа Collision Resolving, который приоритетно обеспечивает доступ на передачу сообщения, что особо ценно для промышленных сетей управления (fieldbus). Передача ведётся кадрами. Полезная информация в кадре состоит

идентификатора длиной 11 бит (стандартный формат) или 29 бит (расширенный формат) и поля данных длиной от 0 до 8 байт. Идентификатор говорит о содержимом пакета и служит для определения приоритета при попытке одновременной передачи несколькими сетевыми узлами [6].

5.1.3 Протокол RS232

RS-232 (англ. Recommended Standard 232) - стандарт физического уровня для асинхронного интерфейса (UART). Широко известен как последовательный порт персональных компьютеров.

RS-232 обеспечивает передачу данных и некоторых специальных сигналов между терминалом (англ. Data Terminal Equipment, DTE) и коммуникационным устройством (англ. Data Communications Equipment, DCE) на расстояние до 15 метров на максимальной скорости (115200 бод) [7].

5.2 Выбор ПЛК

Для реализации поставленных нами целей будем использовать программируемый логический контроллер SIMATIC S7-1200 фирмы Siemens. Выбор пал именно на этот контроллер, так как он уже имеется в наличии. Внешний вид контроллера представлен на рисунке 5.1.

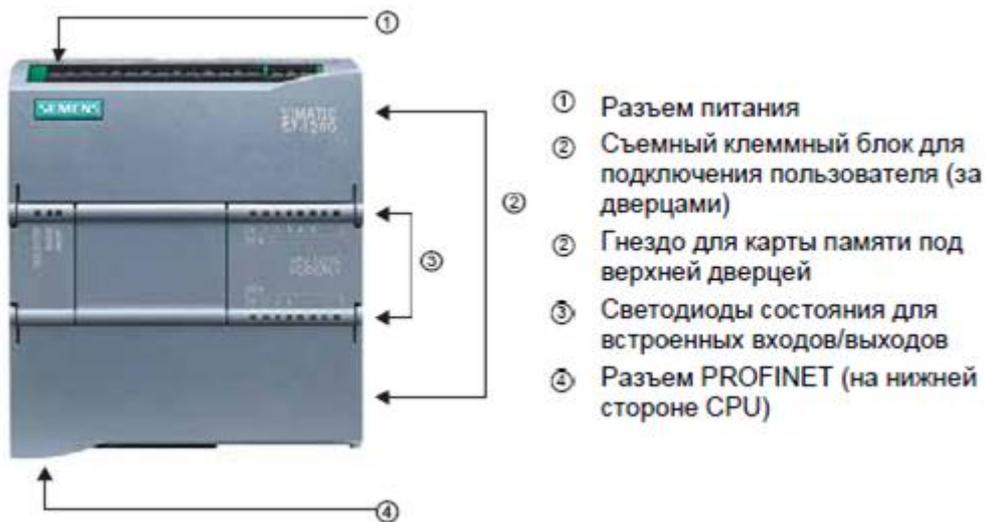


Рисунок 5.1 – Внешний вид контроллера S7-1200.

Семейство S7-1200 представляет собой серию программируемых логических контроллеров, с помощью которых можно решать широкий спектр задач автоматизации. Компактная конструкция, низкая стоимость и мощный

набор команд делают S7-1200 в высшей степени пригодным для множества приложений в области управления [8].

Программируемый логический контроллер CPU 1212C. Характеристика:

- Физический размер (мм) – 90x100x75;
- Рабочая память – 25 Кбайт;
- Загрузочная память – 1 Мбайт;
- Сохраняемая память – 2 Кбайта;
- Локальные встроенные цифровые входы/выходы – 8 входов/6 выходов;
- Локальные встроенные аналоговые входы/выходы – 2входа;
- Величина образа процесса – 1024 байта входов и 1024 байта выходов;
- Битовая память (M) – 4096 байт.

ПЛК снабжен портом PROFINET для обмена данными через сеть PROFINET. Для обмена данными через сети RS232 и CAN будем использовать коммуникационные модули.

5.3 Выбор коммуникационного модуля для протокола RS232

Коммуникационный модуль для связи по протоколу RS232 выбираем фирмы Siemens – CM 1241 RS232 [9]. Технические данные:

- Размеры 30 x 100 x 75 мм;
- Вес 150 грамм;
- Выходное напряжение передатчика мин. +/- 5 В при $RL = 3 \text{ кОм}$;
- Выходное напряжение передатчика макс. +/- 15 В пост. тока;
- Полное входное сопротивление приемника мин. 3 кОм;
- Пороговая чувствительность приемника мин. 0,8 В низкий уровень, макс. 2,4 В высокий уровень;
- Входное напряжение приемника макс. +/- 30 В пост. тока;
- Потенциальная развязка сигнала RS 232 с массой, сигнала RS 232 с общим контактом логики ПЛК - 500 В перем. тока, 1 минута.

На рисунке 5.2 приведена таблица с описанием контактов разъема. Внешний вид модуля представлен на рисунке 5.3.

Контакт	Описание	Разъем (штекер)	Контакт	Описание
1 DCD	Детектирование данных и несущей: Вход		6 DSR	Набор данных готов: Вход
2 RxD	Данные, получаемые из DCE: Вход		7 RTS	Запрос на передачу: Выход
3 TxD	Данные, передаваемые в DCE: Выход		8 CTS	Готовность к приему: Вход
4 DTR	Готовность терминала к передаче данных: Выход		9 RI	Индикатор звонка (не используется)
5 GND	Земля логики		SHELL	Подключение к массе

Рисунок 5.2 – Разъем CM 1241 RS232



Рисунок 5.3 – Внешний вид модуля CM 1241 RS232

5.4 Выбор коммуникационного модуля для протокола CAN

Фирма Siemens, ПЛК которой мы используем, не производит коммуникационные модули для протокола CAN, поэтому будем использовать модуль фирмы HMS – CM CANopen [10]. Внешний вид данного модуля представлен на рисунке 5.4.

Модуль CM CANopen характеризуется следующими показателями:

- Поддержка функций ведущего или ведомого устройства сети CANopen;
- Подключение до 16 ведомых устройств CANopen при работе в режиме ведущего сетевого устройства;
- 256 байт на ввод и 256 байт на вывод;
- Три диагностических светодиода индикации состояний модуля и системы связи;

- Поддержка прозрачного протокола CAN 2.0A для использования специфичных протоколов пользователя;
- Поддержка в CANopen коммуникационных профилей CiA 301 Rev. 4.2 и CiA 302 Rev. 4.1 (ведущее устройство).



Рисунок 5.4 – Внешний вид модуля CMCANopen

Структурная схема подключения данной системы приведена на рисунке 5.5.

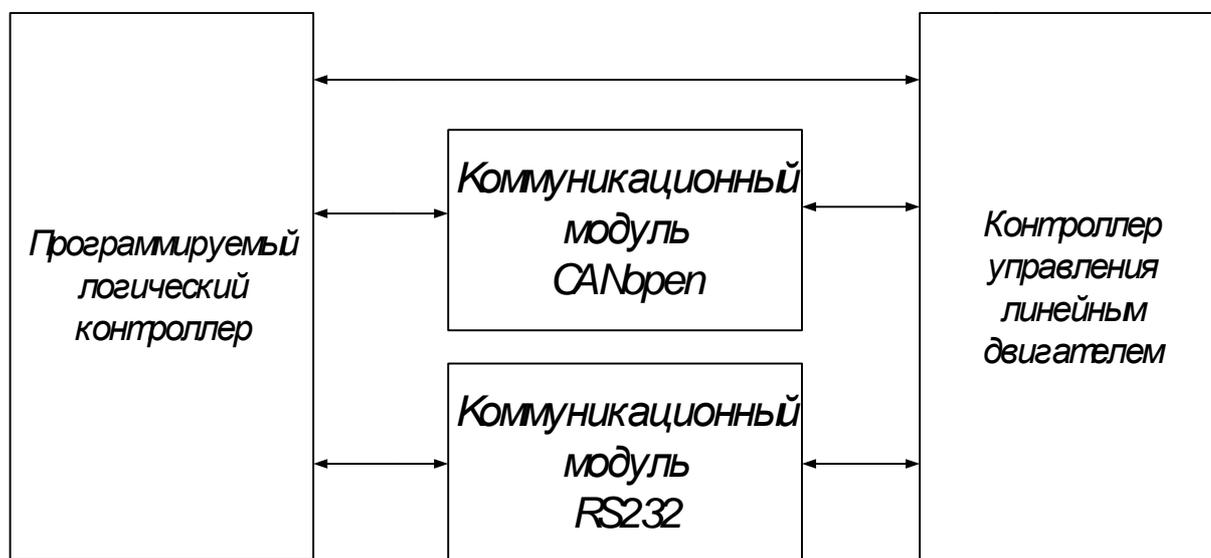


Рисунок 5.5 – Структурная схема подключения ПЛК с дополнительными модулями к контроллеру управления линейным двигателем

6 ЭКОЛОГИЧНОСТЬ И БЕЗОПАСНОСТЬ ЛАБОРАТОРНОГО КОМПЛЕКСА «ЛИНЕЙНЫЙ ДВИГАТЕЛЬ»

6.1 Безопасность лабораторного комплекса

Комплекс является объектом опасности. Выполнение любых действий с комплексом должно проводиться под руководством обученного персонала.

Проводить любые коммутации и переключения допускается только на обесточенном стенде. При подаче питания включением автомата QF1 необходимая схема должна быть уже собрана и проверена руководителем исследовательской работы. Необходимо строго соблюдать полярность подключения. При работе и движении линейного двигателя существует опасность получения серьезных травм, поэтому перед запуском необходимо убедиться в безопасности его движения и движения груза (при работе с нагрузкой). Место парковки груза (рядом со столом, на полу, под роликом опускания груза, квадрат 200*200 мм) должно быть отмечено красной лентой, заступать за которую запрещается.

Запрещается обесточивать комплекс или программно выключать двигатель под нагрузкой. Это может вызвать неконтролируемое падение груза с высоты подъема.

В лабораторном комплексе использованы составляющие, которые могут стать причинами различных травм.

Таким элементом может являться синхронный линейный двигатель LSMM-T-24-110, во вторичную часть которого встроены мощные постоянные магниты. Из-за сильных магнитных полей и связанных с этим значительных сил притяжения ферромагнитных тел возникает опасность для здоровья: прямая (например, для лиц с кардиостимулятором) или косвенная (например, из-за быстрых перемещений двигателя и больших тяговых усилий). Люди с кардиостимулятором к выполнению работ не допускаются.

Кроме этого, в конструкции присутствует контроллер управления линейным двигателем S30361-NA. По способу защиты от поражения электрическим током контроллер соответствует классу II по ГОСТ 12.2.007.0-75. При эксплуатации и техническом обслуживании необходимо соблюдать требования ГОСТ 12.3.019-80, «Правил эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правил охраны труда при эксплуатации электроустановок потребителей».

Подключение, регулировка и техническое обслуживание контроллера должны производиться только квалифицированными специалистами, изучившими руководство по эксплуатации [11].

Для программной настройки и управления контроллером используется ноутбук DEXP Aquilon. Уровни электромагнитных полей, создаваемых данным ПЭВМ на рабочем месте, соответствуют предельно допустим уровням, предусмотренным в СанПиН 2.2.4.3359-16 «Электромагнитные поля в производственных условиях».

Основными чрезвычайными ситуациями при работе на лабораторном комплексе являются: поражение электрическим током, ожоги от нагретых элементов оборудования, находящихся в лабораторном комплексе.

Основными причинами поражения электрическим током при работе с лабораторным комплексом являются: удар электрическим током при использовании неисправного электрооборудования; прикосновение к незаизолированным частям электроустановки (контакты, провода, зажимы и т.д.); появление напряжения на корпусе оборудования, которое в нормальных условиях не находится под напряжением.

Основной причиной термического воздействия на человека (ожога) при манипуляциях на лабораторном комплексе является прикосновение конечностями к нагретому во время работы линейному двигателю и в момент его остывания после выключения.

При обнаружении неисправности в работе на лабораторном комплексе немедленно прекратить работу и отключить источник питания.

6.2 Экологичность лабораторного комплекса

Данный лабораторный комплекс не наносит вред окружающей среде, так как при работе с ним не используются агрессивные жидкости, такие как химические соединения, растворы и смеси (масла, кислоты, щелочи и тд.), способные разрушать различные материалы, а также вызывать химическое повреждение кожных покровов и слизистых оболочек у людей.

Несущий каркас состоит из легкой металлической рамы, окрашенной порошковой краской, и лицевых панелей из анодированного алюминия со специализированным долговременным нанесением цветного изображения, со столешницей из ЛДСП, обработанной кромкой из ПВХ [11].

6.3 Чрезвычайные ситуации при работе на лабораторном комплексе

Пожар – неконтролируемый процесс горения, причиняющий материальный ущерб, опасность жизни и здоровью людей и животных [12].

Если пожар случился в учебном заведении, важно, как можно раньше поднять тревогу, чтобы у всех было достаточно времени эвакуироваться из здания.

Чтобы предотвратить панику и обеспечить безопасную, организованную и эффективную эвакуацию всех присутствующих в учебном заведении через все имеющиеся выходы, и чтобы настроить сознание на рациональное реагирование при столкновении с пожаром или иной аварийной ситуацией как в техникуме, так и в других местах. Любой человек – студент, ученик или член персонала - при обнаружении пожара должен без колебаний поднять тревогу о пожаре. Оповещение о пожарной тревоге в любой части здания должно служить сигналом для полной эвакуации из всего здания, а не только из его части.

Услышав тревогу, студенты, ученики должны встать у своих парт и по указанию преподавателя, ответственного за аудиторию, покинуть ее по одному и идти к сборному пункту. Сумки, портфели, одежду оставить на местах. Если есть, воспользоваться марлевыми повязками для защиты органов

дыхания. Учащиеся должны выходить из здания учебного заведения по наиболее безопасному и кратчайшему пути.

Следует предусмотреть помощь для студентов-инвалидов и студентов с неуравновешенным характером. Может получиться так, что журналы групп в момент тревоги не находятся у преподавателей, поэтому их необходимо принести к месту сбора как можно быстрее, чтобы произвести полную перекличку. Все, кто не присутствует в аудитории во время сигнала тревоги (например, находится в туалетах, коридорах и т. п.), должны немедленно идти к месту сбора и присоединиться к своей группе. Никому из студентов, учеников не разрешается возвращаться в здание, например, за одеждой, книгами и пр., до тех пор, пока не будет дано разрешение пожарной охраны.

Место сбора должно быть заранее согласовано. Придя на место сбора, каждая группа должна занять определенное место и находиться там, не расходясь до специального указания. Немедленно по прибытии групп на место сбора должна быть проведена перекличка, если возможно - по журналам, и каждое ответственное лицо должно немедленно сообщить директору о присутствии своей группы в полном составе. Если кого-то не хватает, персонал должен немедленно начать поиски[13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе эксплуатации лабораторного комплекса «Линейный двигатель» часть оборудования оказалась неработоспособной. В связи, с чем было принято решение заменить ее с использованием дополнительного оборудования, при условии сохранения возможностей самого лабораторного комплекса. Также, чтобы расширить возможности стенда, была разработана добавочная система и подобраны элементы для нее.

Основные задачи, поставленные в ходе выполнения выпускной квалификационной работы, были выполнены, а именно: разработаны структурная схема, лабораторные работы, часть оборудования заменена на новое, разработана электрическая принципиальная схема.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Общая теория по линейным двигателям. Сайт «Wikipedia» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://ru.wikipedia.org/wiki/Линейный_двигатель. – 15.04.2018.
2. Принцип работы электрического линейного двигателя. Сайт «Nauka-rastudent» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://nauka-rastudent.ru/16/2541/>18.05.2018.
3. Описание линейного стола LSM-M-T-24-110 из технической документации. Сайт «Ruchservomotor» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://ruchservomotor.com/Pdf_ru/LSMM_T_24.pdf– 20.03.2018.
4. Информация о контроллере с официального сайта производителя. Сайт «Kollmorgen» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:www.kollmorgen.com 21.05.2018.
5. Описание сигналов STEP-DIR. Сайт «Wiki.purelogic» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://wiki.purelogic.ru/index.php?title=STEP/DIR/ENABLE>–25.06.2018
6. Описание протокола CAN. Сайт «Wikipedia» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://ru.wikipedia.org/wiki/Controller_Area_Network – 25.06.2018.
7. Описание протокола RS232. Сайт «Wikipedia» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://ru.wikipedia.org/wiki/RS-232>–20.06.2018.
8. Информация о ПЛК из технической документации. Сайт «Cache.industry.siemens» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106131/v1/s7_1200_system_manual_ru-RU.pdf – 20.06.2018.
9. Информация о коммуникационном модуле RS232 из технической документации. Сайт «Cache.industry.siemens» [Электронный ресурс]. – Режим доступа:https://cache.industry.siemens.com/dl/files/465/36932465/att_106131/v1/s7_1200_system_manual_ru-RU.pdf – 20.06.2018.

10. Информация о коммуникационном модуле CANopen. Сайт «Industrialnets»[Электронный ресурс]. – Режим доступа:<http://www.industrialnets.ru/catalogue/moduli-dlja-simatic/modul-cm-canopen-masterslave-dlja-simatic-s7-1200/> 22.06.2018.

11. Техническая документация на лабораторный комплекс «Линейный двигатель». Сайт«Labstand»[Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://labstand.ru/catalog/spets-el-mashiny/laboratornyy_stend_lineynyy_dvigatel_id_5935?sphrase_id=138757 31.05.2018.

12. Определение пожара. Сайт «Wikipedia»[Электронный ресурс]. – Режим доступа:<https://ru.wikipedia.org/wiki/Пожар>7.06.2018.

13. Инструкция по поведению при пожаре в высших учебных заведениях. Сайт «51.mchs.gov»[Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://51.mchs.gov.ru/pressroom/news/item/1224708> 4.06.2018.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Техническое задание на разработку

Техническое задание разработано в соответствии с ГОСТ 19.201-78.

1.3.1 Общие сведения

Разрабатываемое ТЗ распространяется на лабораторный комплекс «Линейный двигатель»

Плановые сроки начала работы по развитию и внедрению лабораторного комплекса: _____

Плановые сроки окончания работы по развитию и внедрению лабораторного комплекса: _____

1.3.2 Назначение и цели развития системы

1.3.2.1 Лабораторный комплекс «Линейный двигатель» предназначен для:

Комплекс предназначен для разработки и исследования новых электрических приводов вспомогательного и дополнительного оборудования летательных аппаратов, основанных на использовании линейного двигателя переменного тока, систем управления такими приводами, с использованием датчиков конечных положений, а также особенностей их конструкции и электромеханических узлов и агрегатов, рабочих электромеханических процессов.

1.3.2.2 Цели развития системы

Разработка методического обеспечения и внедрение учебно-исследовательского комплекса по электроприводу;

Разработка модернизированной системы на базе ПЛК.

1.3.3 Характеристики объекта

Исследуемым объектом является электросиловая двигательная установка, представленная в виде стенда, каркас которого состоит из легкой металлической рамы, окрашенной порошковой краской, и лицевых панелей из анодированного алюминия со специализированным долговременным нанесением цветного изображения, со столешницей из ЛДСП, обработанной кромкой из ПВХ.

Продолжение приложения А

Габаритные характеристики (Ш×В×Д) 1300×1200×600 мм; максимальная потребляемая мощность 1000 Вт; температура эксплуатации в диапазоне 5-50 °С.

1.3.4 Требования к системе

1.3.4.1 Требования к численности и квалификации персонала системы

Выполнение любых действий с комплексом должны быть под руководством обученного персонала. Количество одновременно работающих человек с комплексом составляет не более 3.

1.3.4.2 Требования к надежности

Лабораторный комплекс должен сохранять хорошую работоспособность и не терять своих возможностей при воздействии внешних факторов: ошибки в работе элементов комплекса, сбои в электроснабжении.

1.3.4.3 Требования к безопасности

Подробная информация представлена в п.6 «Безопасность и экологичность лабораторного комплекса «Электросиловые двигательные установки»».

1.3.4.4 Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы

Лабораторный комплекс предназначен для работы в помещении с влажностью не более 60% и температурой не ниже 5°С.

Лабораторный комплекс является разработкой компании «УчтехПрофи». При соблюдении правил эксплуатации в течении гарантийного срока компания обязуется безвозмездно заменять или ремонтировать преждевременно вышедшие из строя детали и сборочные единицы при условии предоставления акта рекламации с полным обоснованием причин поломки.

1.3.5 Состав и содержание работ по развитию системы

В соответствии с ГОСТ 24.601 в таблице приведены стадии и этапы работы.

Стадии	Этап работы
Изучение лабораторного комплекса.	Разработка структурной схемы и полное описание ее блоков.
Изучение составляющих лабораторного комплекса и его возможностей.	Разработка методического обеспечения.
Проектирование новой, усовершенствованной системы	Разработка структурной и полной принципиальной электрической схемы, работа каждого из блоков.

1.3.6 Требования к документации

Структурная схема лабораторного комплекса;

Электрическая схема лабораторного комплекса;

Структурная схема модернизированной системы лабораторного комплекса;

Электрическая схема модернизированной системы лабораторного комплекса.

1.3.7 Источники разработки

Полный перечень используемых источников при работе с лабораторным комплексом представлен в разделе «Библиографический список».

1.3 Техническое задание на разработку

Техническое задание является одной из самых важной стадий проектирования.

Текст технического задания представлен в Приложении А.

Содержание разделов технического задания включает:

1. «Общие сведения». Здесь представлена общая информация о наименовании разработки и сроки выполнения работы.
2. «Назначение и цели развития системы» включает в себя:
 - 2.1 «Назначение системы». Информация о предназначении системы;
 - 2.2 «Цели развития системы». Цели, которые должны быть достигнуты в ходе выполнения работы.
- 3.«Характеристики объекта». Приведены краткие сведения об объекте или ссылки на документы, содержащие эту информацию.
4. «Требования к системе» содержит подразделы:
 - 4.1 «Требования к численности и квалификации персонала системы». Информацию о квалификации и численности персонала.
 - 4.2 «Требования к надежности». Указываются требования к обеспечению надежного функционирования системы.

4.3«Требования к безопасности». Представлены требования по обеспечению безопасности при работе с объектом.

4.4«Требования к эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и хранению компонентов системы». Информация об условия эксплуатации и обслуживании объекта.

5. «Состав и содержание работ по развитию системы». В соответствии с ГОСТ 24.601 приводится информация о стадиях и этапах работы.

6.«Требования к документации». Представлен список чертежей и схем, разработанных в ходе выполнения работы.

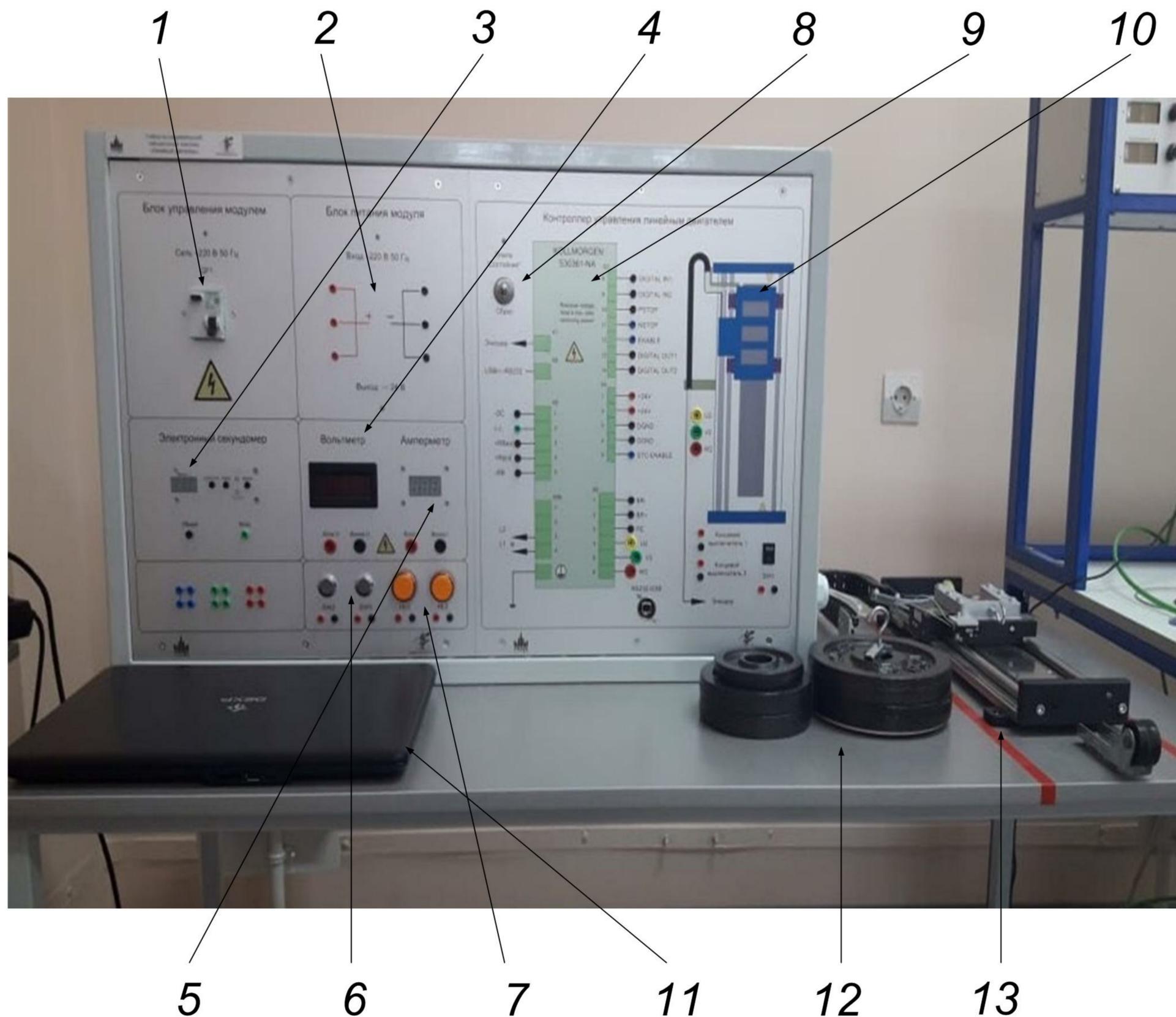
7. «Источники разработки». Перечислены документы и информационные материалы на основании которых разрабатывалось ТЗ и которые должны быть использованы при создании системы.

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Спецификация используемых элементов

Форм.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Прим.		
			QF1	Автоматический выключатель	1			
			A1	Блок питания 24В 24VRS-75-24	1			
			A2	Блок питания 5В24VRS-75-5	1			
			A3	Электронный секундомер	1			
			A4	Амперметр SM5D-AV500	1			
			A5	Вольтметр SM5D-AV500	1			
			KT ST3 C-D	Реле времени ST3 C-D	1			
			K IEC255 3A	Реле IEC255 3A	1			
			A6	Контроллер управления линейным двигателем SERVOSTAR S30361-NA	1			
			SW1	Кнопка «Сброс»	1			
			SW2, SW3	Нормально-разомкнутая кнопка	2			
			HL1, HL2	Лампа желтая	2			
			D1, D3	Светодиод зеленый	2			
			D2	Светодиод красный	1			
			R1	Резистор 100кОм	1			
			A7, A8	Концевой выключатель	2			
			M	Линейный двигатель LSMM-T-24-110	1			
ВКР.144014.150304.ПЗ								
Изм	Лист т	№ докум.	Подп	Дата				
Разраб.	Соловьева И.С.				Спецификация	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Рыбалев А.Н							
Т.контр.	Рыбалев А.Н					АмГУ гр.441-об		
Н.контр.	Скрипко О.В.							

Общий вид лабораторного комплекса «Линейный двигатель»



1. Автомат QF1
2. Клеммы выхода блока питания 24 В
3. Электронный секундомер
4. Вольтметр
5. Амперметр
6. Нормально-разомкнутые кнопки SW2 и SW3
7. Лампы HL1 и HL2
8. Кнопка «Сброс»
9. Клеммы контроллера управления линейным двигателем, выведенные на стенд
10. Изображение линейного двигателя с выводом клемм концевых выключателей
11. Ноутбук DEXP Aquilon
12. Набор грузов
13. Линейный двигатель переменного тока

				ВКР.144014.150304.ВО		
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Общий вид лабораторного комплекса	
Разраб.	Соловьева И.С.				Литера	Масса
Провер.	Рыбалева А.Н.				у	
Г.Контр.	Рыбалева А.Н.				Лист 1	Листов 6
И.Контр.	Скрипко О.В.				АМГУ	
Утвержд.	Скрипко О.В.				Кафедра АППиЭ	

Схема учебно-исследовательского комплекса «Линейный двигатель»

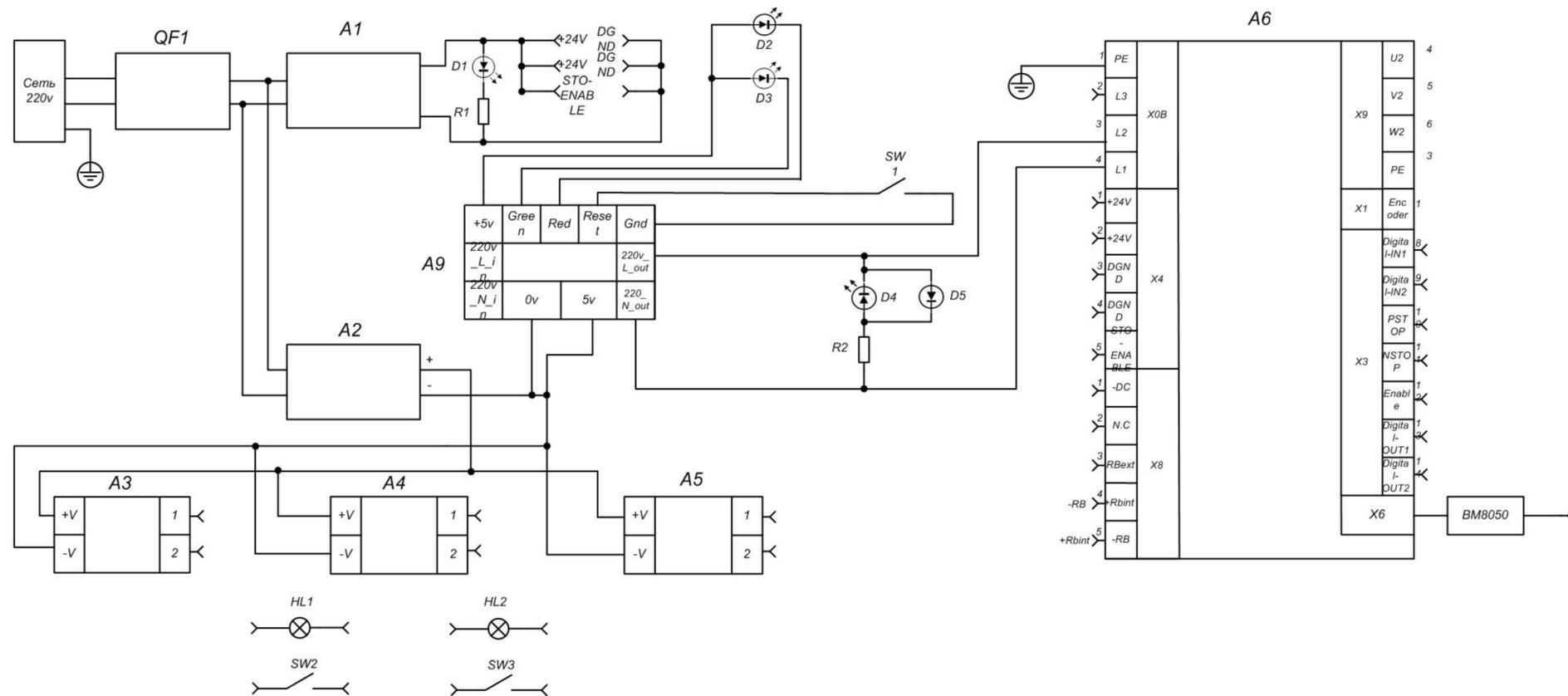
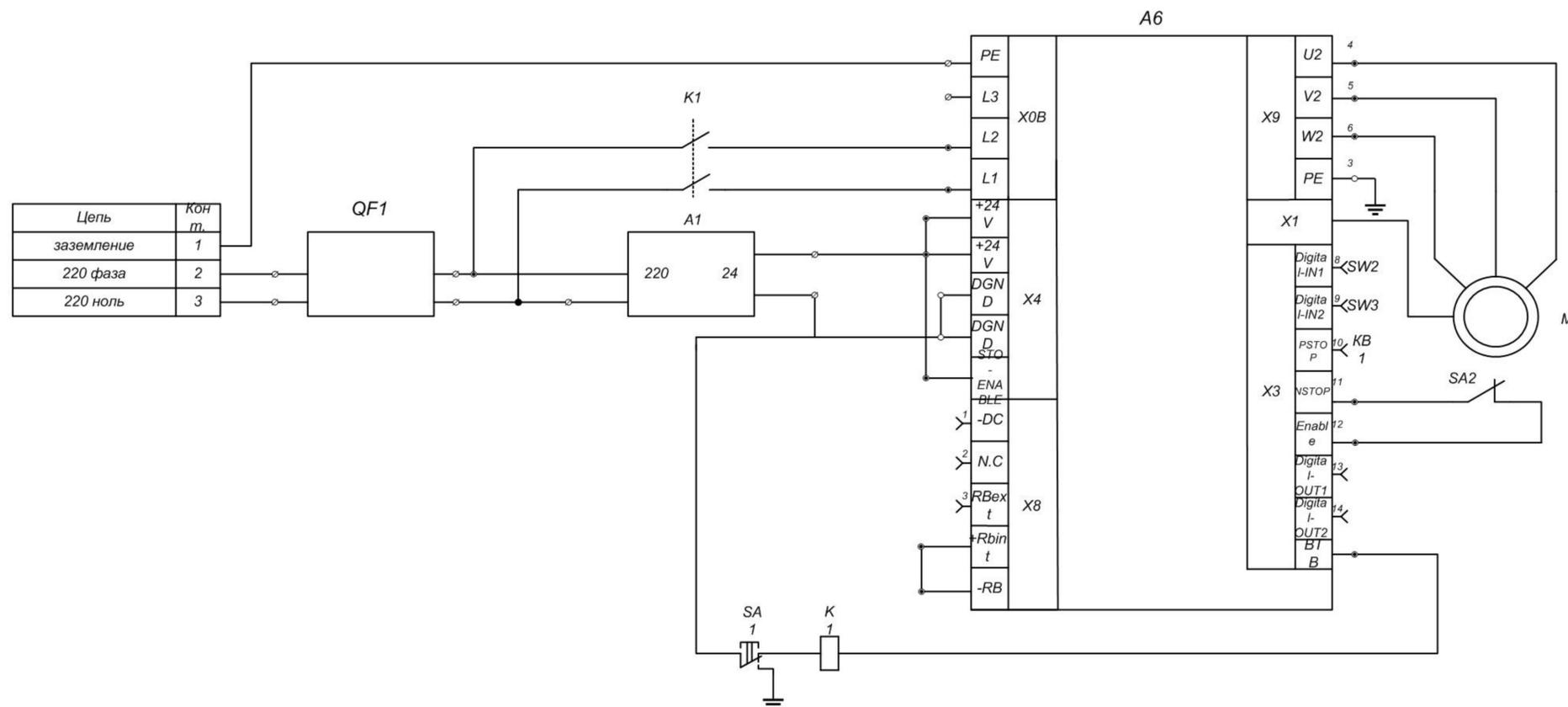


Схема подключения линейного двигателя



№ док.	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Прим.
			QF1	Автоматический выключатель	1
			A1	Блок питания 24 В RS-75-24	1
			A2	Блок питания 5 В RS-75-24	1
			A3	Электронный секундомер	1
			A4	Амперметр SM5D-AV500	1
			A5	Вольтметр SM5D-AV500	1
			KT	Реле времени ST3 C-D	1
			K	Реле IEC255 3A	1
			A6	Контроллер управления линейным двигателем SERVOSTAR S30361-NA	1
			SW1	Кнопка «Сброс»	1
			SW2, SW3	Нормально-разомкнутая кнопка	2
			HL1, HL2	Лампа желтая	2
			D1, D3	Зеленый светодиод	2
			D2	Красный светодиод	1
			R1, R2	Резистор 100 кОм	2
			A7, A8	Концевой выключатель 1, Концевой выключатель 2	2
			M	Линейный двигатель LSMM-T-24-110	1

BKP.144014.150304.CX

Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Провер.	Рыбалева А.Н.				у		
Контр.	Рыбалева А.Н.				Лист 2	Листов 6	
И.Контр.	Скрипко О.В.				АМГУ		
Утвержд.	Скрипко О.В.				Кафедра АППиЭ		

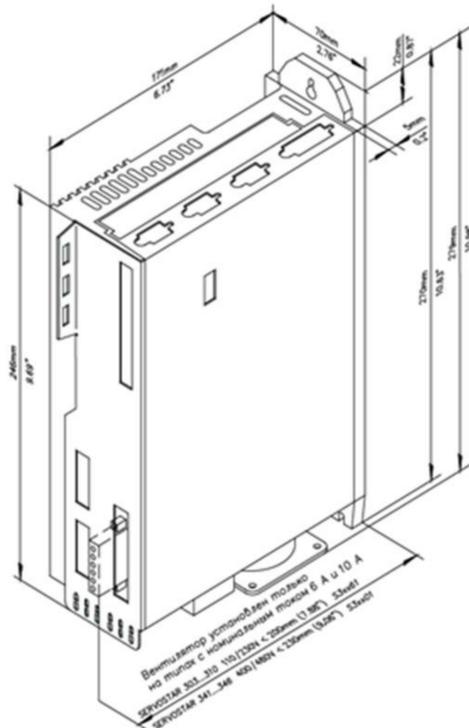
Принципиальная электрическая схема лабораторного комплекса

Разработка методического обеспечения и введения учебно-исследовательских комплексов по электротехнике (комплексная выпускная квалификационная работа)

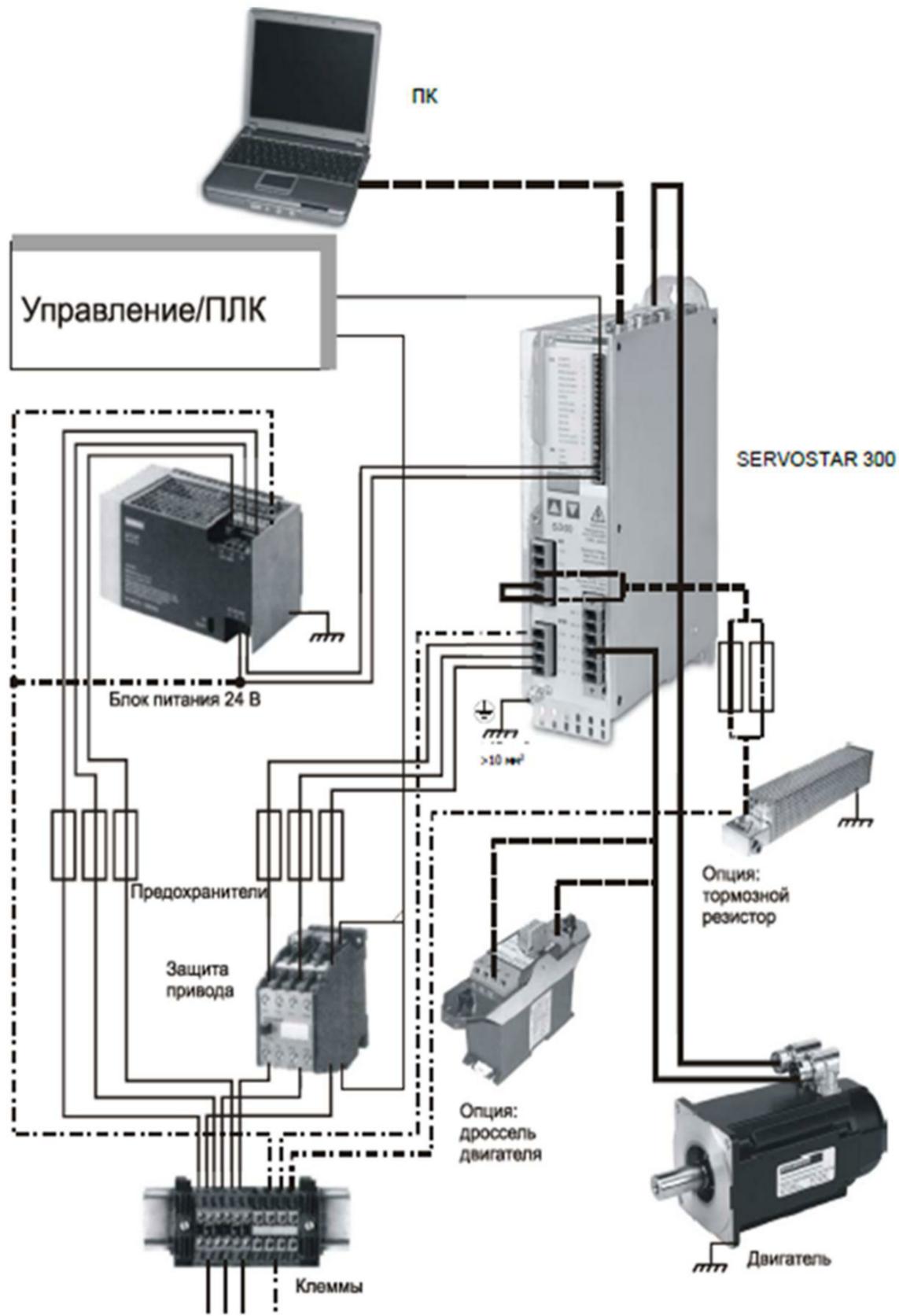
Внешний вид



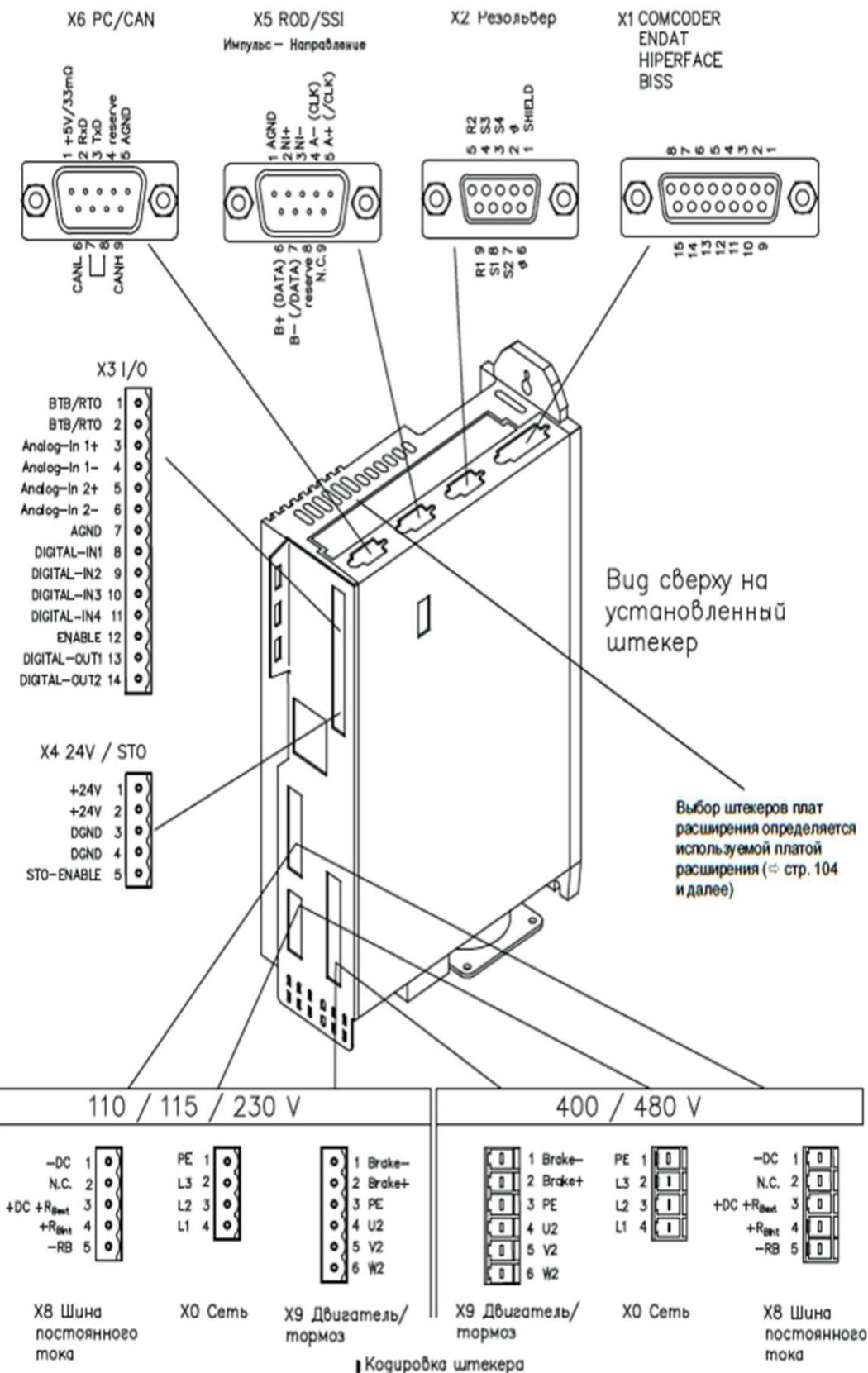
Габаритные размеры



Компоненты сервосистемы



Разводка контактов



				ВКР.144014.150304.СХ			
				Общая информация			
				о сервоусилителе			
				SERVOSTAR S30361-			
				НА			
				Разработка методического обеспечения и			
				выполнения учебно-исследовательских комплексов			
				по электронному (комплексная выпускная			
				квалификационная работа)			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
		Соловьева И.С.			у		
Разраб.		Рыбалов А.Н.					
Провер.		Рыбалов А.Н.					
Т.Контр.		Рыбалов А.Н.					
Н.Контр.		Скрипко О.В.			Лист 3		Листов 6
Утвержд.		Скрипко О.В.					АМГУ Кафедра АППиЭ

Характеристики контроллера

Basic Setup

Power Supply: Regen Resistor (Internal), Mains Voltage (230 V), Response to Loss of Input Phase (Three Phase Current Limit, Warning r05).

Amplifier: Drive 3A, Firmware (V5_06_ND6 DRIVE Rev create d Mar 05 10:23:53 2015), Serial Number (800361648), Run Time (21:07 h), Name (DRIVE0), Command Delay (15 ms).

Controller settings: PwM = 8 kHz, current loop = 16 kHz, position loop = 4 kHz.

DRVCFG settings: DRVCFG0 (0), DRVCFG1 (0), DRVCFG2 (16), DRVCFG3 (0), DRVCFG4 (0).

Единицы измерения положения, скорости, ускорения двигателя

Units / Mechanical

User Units: Position (mm), Velocity (mm/s), Acceleration (mm/s²).

Mechanical Conversion: Resolution (24000), Motor Revs (1).

Настройка обратной связи

Feedback

Feedback Type: 7 Sine Enc RV/WVS - connector X1.

Settings: Count Direction (negative), Bandwidth (1000), Observe Feedforward (0.5).

Angle of Rotation: 33.0°, 90°, 180°, 270°.

Ввод паспортных данных двигателя

Motor

Motor Type: 2 PM Linear Motor.

Motor Parameters: I_o (2 A), I_{o max} (7.5 A), E1 Thermal Time Constant (16 sec), Max. Speed (300 mm/s).

KTY support: Activate KTY Support (1-10).

Задание лимитов скорости и ускорения

Velocity Loop

Speed Limit (pos): 900 mm/s, Acc. Ramp (50000 mm/s²), Dec. Ramp (50000 mm/s²).

Speed Limit (neg): 900 mm/s, Dec. Ramp (50000 mm/s²).

Speed threshold: 5 mm/s, Overspeed (1980 mm/s).

Определение цифровых входов

Digital I/O

Input 1: 23 Start Motion Task No. x (Edge triggered) = 2.

Input 2: 23 Start Motion Task No. x (Edge triggered) = 1.

Input 3: 2 PSTOP (EOT Limit Switch) = 0.

Input 4: 3 NSTOP (EOT Limit Switch) = 0.

Установка исходной позиции двигателя

Homing

Homing Speed: 50 mm/s, Acc. Ramp (600 mm/s²), Dec. Ramp (600 mm/s²).

Offset: 7000 mm.

Zero Pulse Source: 5 Data pin of connector X1.

Настройка рабочих циклов

Motion Tasks

No.	Target Position / Distance	Velocity	Control Word (Pulse)	Acc.	Dec.	Velocity Profile No.	Following Motion Task No.	Delay Time	Motion Type
1	0	100	0	2000	9000	0	0	0	1000 ABS
2	196000	200	2088	50000	50000	0	3	0	1000 ABS
3	0	200	2088	50000	50000	0	2	0	1000 ABS
4	196000	50	2088	20000	20000	0	5	0	10 ABS
5	0	50	2088	20000	20000	0	4	0	10 ABS
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									

Настройка рабочих циклов

Motion Task Parameters

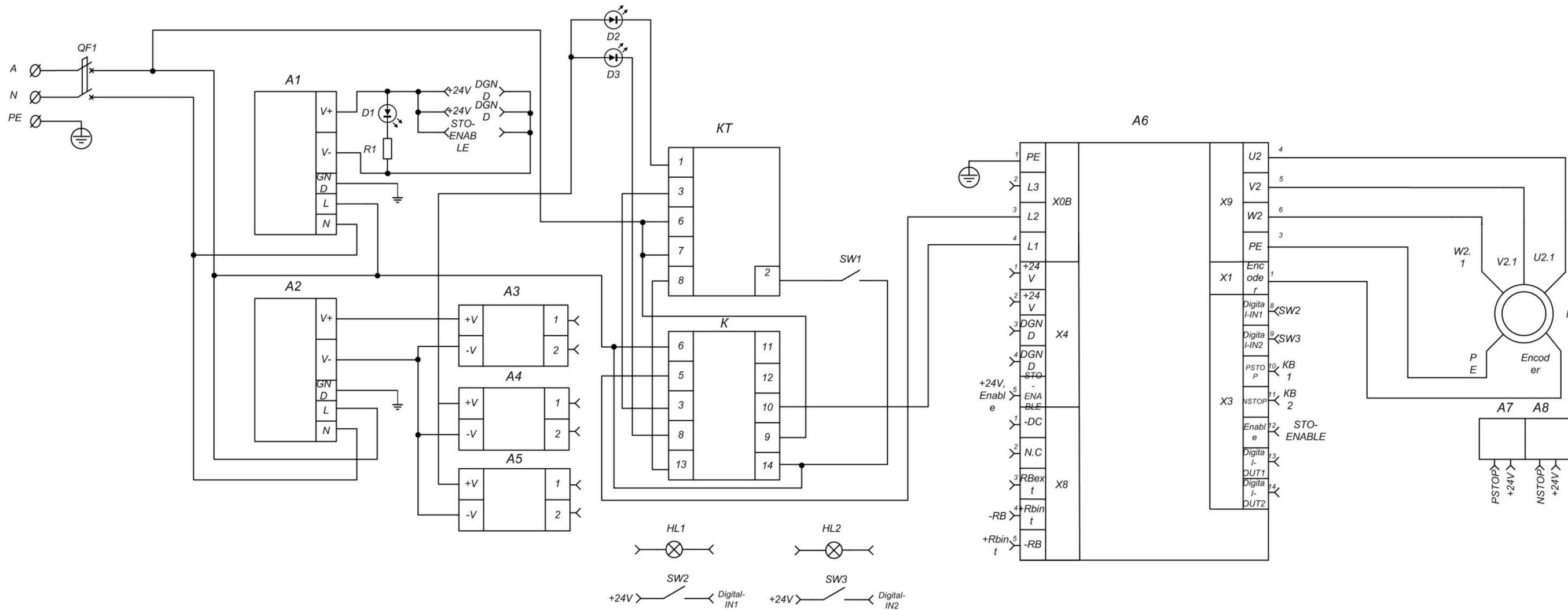
Trajectory / Profile: trapezoidal.

Table / Acc. No.: 0.

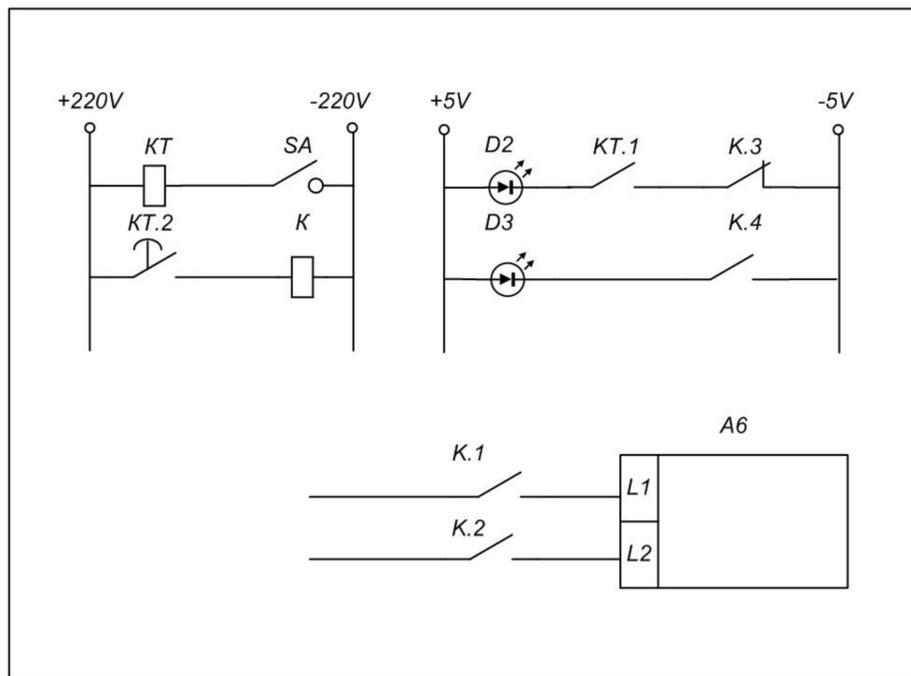
Motion Type: ABS.

Target Position / Distance: 0 mm.

Units: SI / User.



Электрическая схема подключения реле времени и реле к основной системе



№	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Обозначение	Наименование	Прим.
						QF1	Автоматически выключатель	1
						A1	Блок питания 24 В RS-75-24	1
						A2	Блок питания 5 В RS-75-24	1
						A3	Электронный секундомер	1
						A4	Амперметр SM5D-AV500	1
						A5	Вольтметр SM5D-AV500	1
						KT	Реле времени ST3 C-D	1
						K	Реле IEC255 3A	1
						A6	Контроллер управления линейным двигателем SERVOSTAR S30361-NA	1
						SW1	Кнопка «Сброс»	1
						SW2, SW3	Нормально-разомкнутая кнопка	2
						HL1, HL2	Лампа желтая	2
						D1, D3	Зеленый светодиод	2
						D2	Красный светодиод	1
						R1	Резистор 100 кОм	1
						A7, A8	Концевой выключатель 1, Концевой выключатель 2	2
						M	Линейный двигатель LSMM-T-24-110	1

BKP.144014.150304.CX

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Литера	Масса	Масштаб
Изд.	1	4.С.			у		
Провер.		Рыбалева А.Н.					
Контр.		Рыбалева А.Н.			Лист 5	Листов 6	
И.Контр.		Скрипко О.В.			АМГУ		
Утвержд.		Скрипко О.В.			Кафедра АППиЭ		

Принципиальная электрическая схема лабораторного комплекса

Разработка методического обеспечения и внедрения учебно-исследовательских комплексов по электротехнике (комплексная выпускная квалификационная работа)

