Санкт-Петербургский политехнический университет   
петра великого

Институт металлургии, машиностроения и транспорта

Отделение технологий машиностроения

Кафедра «Мехатроника и роботостроение» (при ЦНИИ РТК)

Работа допущена к защите

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В. Лопота

«\_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2019 г.

ВЫПУСКНАЯ РАБОТА МАГИСТРА

Тема: «Исследование системы сопряжения силового многофункционального тренажера с бортовой сетью питания РС МКС»

Направление подготовки: 15.04.06 «Робототехника»

|  |  |
| --- | --- |
| Выполнил студент группы 23345/2 | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.С. Подлесный |
|  |  |
| Руководитель, доцент | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.Н. Уланов |
|  |  |
|  |  |
| Консультант по нормоконтролю, инженер | \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Д.С. Варфоломеев |

Санкт-Петербург 2019

**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ПЕТРА ВЕЛИКОГО**

**Институт металлургии, машиностроения и транспорта**

**Кафедра «Мехатроника и роботостроение» при ЦНИИ РТК**

«УТВЕРЖДАЮ»

Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.В.Лопота

**ЗАДАНИЕ**

на выполнение выпускной работы магистра

\_\_\_\_\_Подлесному Василию Сергеевичу\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

студенту гр.\_\_23345/2\_\_

**1.Тема проекта (работы)**

\_\_\_\_\_\_Исследование системы сопряжения силового многофункционального тренажера с бортовой сетью питания РС МКС\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**2.Срок сдачи студентом законченного проекта (работы)**

\_\_\_\_\_\_\_04.06.2019\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**3. Исходные данные к проекту (работе)**

\_\_\_\_Силовой многофункциональный тренажер с двумя синхронными электродвигателями с постоянными магнитами и датчиком положения ротора, чертеж двигателя\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**4.Содержание расчетно-пояснительной записки**

\_\_\_Введение, анализ существующих решений по достижению совместимости в цепях питания, описание объекта исследования, разработка программы исследований и\_\_\_\_\_\_\_\_ технических требований, исследование электромагнитной совместимости и целостности\_\_ питания в программе компьютерного моделирования, проведение лабораторных\_\_\_\_\_\_\_\_\_ испытаний по устранению излишней энергии в приводной системе, анализ полученных\_\_\_ результатов,\_заключение\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**5.Перечень графического материала (с точным указанием чертежей)**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**6.Консультанты по проекту (с указанием относящихся к ним разделов)**

консультант по нормоконтролю – инженер Д.С. Варфоломеев

**7.Дата выдачи задания** \_\_\_\_07.02.2019\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Руководитель \_\_\_\_\_\_\_\_\_доцент Уланов В.Н.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Задание принял к исполнению\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(дата)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

(подпись студента)

РЕФЕРАТ

41 с., 24 рис., 3 табл., 4 прил.

СИСТЕМА СОПРЯЖЕНИЯ, СИЛОВОЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР, БОРТОВАЯ СЕТЬ ПИТАНИЯ, РС МКС, ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ СОВМЕСТИМОСТЬ.

Объект исследования – система сопряжения силового многофункционального тренажера с бортовой сетью РС МКС.

Предмет исследования – влияние системы питания тренажера на качество отработки режимов работы и на бортовую сеть РС МКС.

Цель работы – исследование системы сопряжения силового многофункционального тренажера с бортовой сетью питания МКС.

Работа проводится с применением следующих методов исследования:

* метод информационного поиска и систематизации данных;
* метод компьютерного моделирования;
* метод экспериментальных исследований.

Задачи, решаемые в рамках данной работы:

* проведение аналитического обзора существующих решений по достижению совместимости систем в цепях питания;
* описание объекта исследования;
* разработка программы исследований и технических требований;
* исследование электромагнитной совместимости и целостности питания в программе компьютерного моделирования;
* проведение лабораторных испытаний по устранению излишней энергии в приводной системе;
* анализ полученных результатов;

Исследование системы сопряжения является актуальной задачей, так как к системе управления тренажером предъявляются высокие требования по безопасности и качеству отработки тренировочных режимов, также на электронную часть тренажера накладываются требования по электромагнитной совместимости изделий аэрокосмического предназначения.

Рассмотрены существующие решения по достижению совместимости систем в цепях питания. Рассмотрен и изучен объект исследования. Разработана программа проведения лабораторных испытаний. Сформированы технические требования. Проведено исследование электромагнитной совместимости и целостности питания в программе компьютерного моделирования. Проведена серия лабораторных испытаний по устранению излишней энергии в приводной системе. Проведен анализ результатов. По итогам исследований проведена оценка качества разработанной системы сопряжения и сформированы рекомендации по улучшению как аппаратной части электроники, так и по алгоритму системы управления.

СОДЕРЖАНИЕ

[Введение 7](#_Toc7021426)

[1 Анализ существующих решений по достижению совместимости в цепях питания 9](#_Toc7021427)

[1.1 Возникновение излишней энергии 9](#_Toc7021428)

[1.2 Электромагнитная совместимость 10](#_Toc7021429)

[1.3 Целостность питания 11](#_Toc7021430)

[1.4 Выводы по разделу 11](#_Toc7021431)

[2 Описание объекта исследования 12](#_Toc7021432)

[2.1 Блок моторов с силовыми приводами 12](#_Toc7021433)

[2.2 Датчик положения ротора 13](#_Toc7021434)

[2.3 Блок электроники 13](#_Toc7021435)

[2.4.1 Плата драйвера управления синхронными двигателями 14](#_Toc7021436)

[2.4.2 Плата интерфейсная 15](#_Toc7021437)

[2.5 Выводы по разделу 15](#_Toc7021438)

[3 Разработка программы исследований и технических требований 16](#_Toc7021439)

[3.4 Выводы по разделу 16](#_Toc7021440)

[4 Исследование электромагнитной совместимости и целостности в программе компьютерного моделирования 17](#_Toc7021441)

[4.1 Выводы по разделу 17](#_Toc7021442)

[5 Лабораторные испытания по устранению излишней энергии в приводной системе 18](#_Toc7021443)

[5.1 Выводы по разделу 20](#_Toc7021444)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 21](#_Toc7021445)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 22](#_Toc7021446)

# ВВЕДЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа магистра посвящена исследованию системы сопряжения силового многофункционального тренажера с бортовой сетью питания РС МКС. Исследования напрямую связаны с действующими научно-исследовательскими и опытно-конструкторскими работами Центрального научного исследовательского института робототехники и технической кибернетики.

Разрабатываемый силовой многофункциональный тренажер предназначен для проведения силовых физических тренировок основных групп мышц экипажа МКС с целью профилактики неблагоприятных последствий воздействия невесомости. Необходимая активная и реактивная нагрузка для выполнения спортивных упражнений создается электромеханической системой многофункционального тренажера, состоящей из двух синхронных электродвигателей с постоянными магнитами. В процессе выполнения упражнений на тренажере выделяется значительная энергия. Часть энергии выделяется в виде тепла, а часть возвращается обратно в систему питания РС МКС. Энергия, возвращаемая обратно в сеть, оказывает негативное влияние на бортовую сеть питания РС МКС со стороны потребителя и может вызывать ошибки в системе управления тренажером. Для решения обозначенных проблем разработана система сопряжения.

Целью работы является исследование системы сопряжения силового многофункционального тренажера с бортовой сетью питания МКС. В ходе её выполнения подлежат решению следующие задачи:

* проведение аналитического обзора существующих решений по достижению совместимости систем в цепях питания;
* описание объекта исследования;
* разработка программы исследований и технических требований;
* исследование электромагнитной совместимости и целостности питания в программе компьютерного моделирования;
* проведение лабораторных испытаний по устранению излишней энергии в приводной системе;
* анализ полученных результатов.

Исходными данными для работы является силовой многофункциональный тренажер с двумя синхронными электродвигателями с постоянными магнитами и датчиком положения ротора, чертеж двигателя.

# Анализ существующих решений по достижению совместимости в цепях питания

Задача достижения совместимости в цепях питания технических систем возникает ввиду следующих проблем:

* возникновение излишней энергии;
* электромагнитная совместимость;
* целостность питания.

## Возникновение излишней энергии

Проблему возникновения излишней энергии решают с помощью рассеивания энергии в форме тепла на резисторах.



Рисунок – Беговая дорожка «БД-2»



Рисунок – Беговая дорожка «COLBERT»

## Электромагнитная совместимость

Проблема электромагнитной совместимости заключается в влиянии электромагнитных излучений, создаваемых токами и напряжениями высокоскоростных импульсов, генерируемых системой питания СМТ на ботовую систему питания РС МКС [1 журнал].



Рисунок – Велотренажер «CEVIS»

## Целостность питания

## Выводы по разделу

Изначально разрабатываемые тренажеры большее походили своим исполнением на земные тренажеры в тренажерных залах. С течением времени исполнение тренажеров для космонавтов приобретало свою индивидуальную форму. Разрабатываемый многофункциональный тренажер можно назвать символом космического тренажера. Силовой многофункциональный тренажер способен заменить собой сразу несколько тренажеров, освободив тем самым место на МКС и позволив космонавтам полноценно нагружать все группы мышц без остановок, очередей и лишних перемещений по территории МКС.

Разработка отечественного силового многофункционального тренажера является актуальной задачей, так как на нем будет возможно выполнение перечня упражнений, в два раза превышающего возможности австрийского «MDS». А исследование приводной системы и разработка системы управления позволит этот комплекс упражнений реализовать. Перейдем к исследованию электромеханической части силового многофункционального тренажера.

# Описание объекта исследования

Объектом исследования является система сопряжения силового многофункционального тренажера, представленного на рисунке 4, с бортовой сетью РС МКС. Система сопряжения представляет собой сочетание аппаратных и программных решений, направленных на достижение совместимости в цепях питания силового многофункционального тренажера и бортовой сети питания РС МКС и решение проблем, связанных с целостностью питания, электромагнитной совместимостью и устранению вырабатываемой излишней энергии, а также на предостережение от возникновения ошибок в системе управления тренажером.

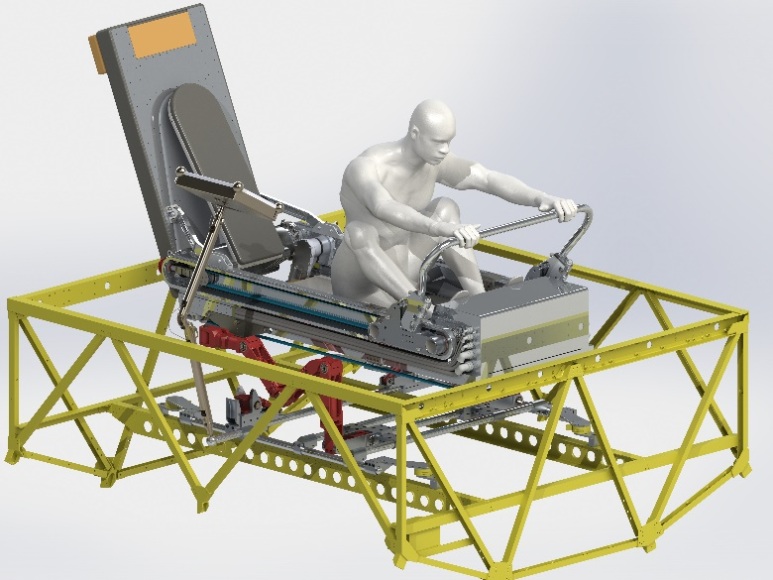


Рисунок – Силовой многофункциональный тренажер

## Решение проблем электромагнитной совместимости

Основным источником электромагнитных помех силового многофункционального тренажера является электромеханическая система многофункционального тренажера. В электромеханическую систему входит:

* два синхронных электродвигателя с постоянными магнитами;
* плата управления

## Датчик положения ротора

В качестве датчика положения ротора используется оптический энкодер фирмы Renishaw, представленный на рисунке 12. Датчик реализует высокоточную оптическую энкодерную систему для измерения истинных абсолютных значений перемещений, которая отличается исключительно высокой степенью невосприимчивости к загрязнениям и впечатляющими характеристиками, что делает её принципиальным шагом вперёд в области систем позиционирования с обратной связью [5].



Рисунок – Оптический энкодер Renishaw

## Блок электроники

Наиболее интересующей составляющей является блок электроники, представленный на рисунке 12, включающий в себя две платы драйверов управления электродвигателями и плату интерфейсную. В блоке электроники последовательно друг за другом слева направо установлены плата интерфейсная, две платы драйверов и плата вентилятора.

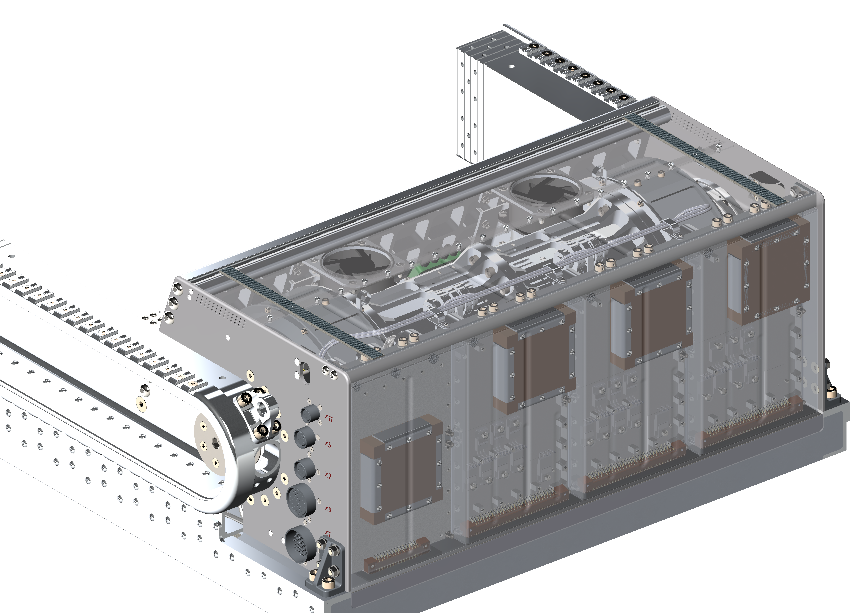


Рисунок – Блок электроники

## Плата драйвера управления синхронными двигателями

Плата драйвера предназначена для реализации управления приводами, а также отвечает за передачу данных параметров управления плате интерфейсной, осуществляет прием команд от платы интерфейсной. Внешний вид платы драйвера представлен на рисунке 13.



Рисунок – Плата управления двигателем

Сопряжение платы драйвера с интерфейсной платой осуществляется с помощью интерфейса ГОСТ 5020-070. Управляющим контроллером является отечественный микроконтроллер 1986ВЕ1Т. Предусмотрено подключение балластных резисторов.

## Плата интерфейсная

Для реализации преобразования интерфейсов разработана плата интерфейсная, представленная на рисунке 14. Плата предназначена для сбора данных с плат приводов и передаче на пульт управления, выполняет роль преобразователя интерфейсов. С платами приводов сопряжение происходит по интерфейсу ГОСТ 5020-070, с пультом управления по интерфейсу RS-232C.

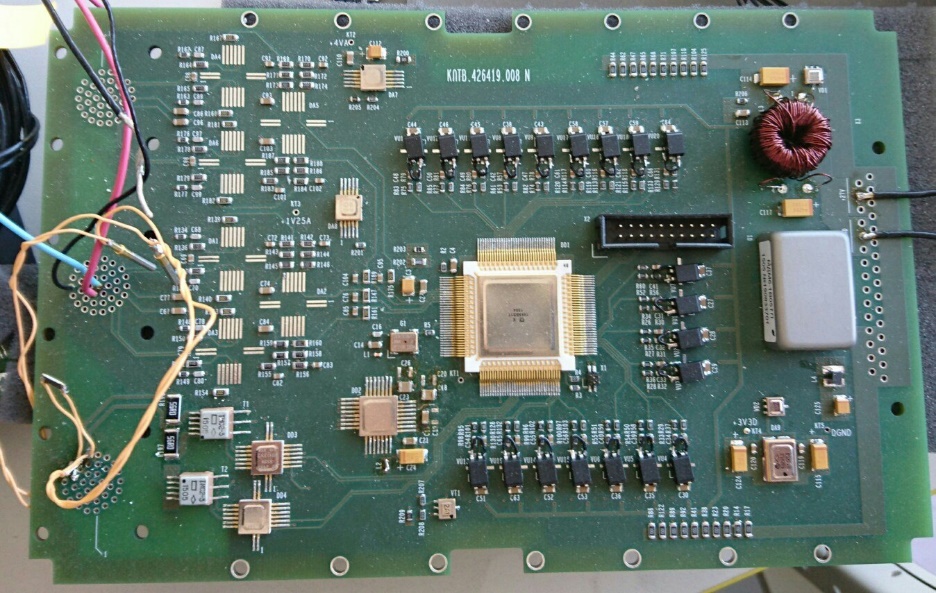


Рисунок – Плата интерфейсная

Управляющим контроллером является отечественный микроконтроллер 1986ВЕ1Т, также плата отвечает за сбор данных с датчика момента и установленных на тренажере герконов.

## Выводы по разделу

Составляющие компоненты объекта исследования позволяют построить полноценную систему управления приводами и обеспечивают трансляцию данных в пульт управления, за исключением электропривода, свойства которого пока не известны.

Проведем исследование спроектированной и разработанной системы сопряжения.

# Разработка программы исследований и технических требований

Приводная система тренажера состоит из электродвигателей – синхронных машин на постоянных магнитах. Особый интерес представляет исследование магнитостатических свойств электродвигателя и получения его электромеханических характеристик. Знание характеристик позволит оценить соответствие характеристик разработанного электропривода требованиям к создаваемой тренажером нагрузки, позволит предусмотреть явления магнитных процессов и разработать алгоритмы для системы управления, а также способствует проведению лабораторных испытаний по исследованию распределения мощности в приводной системе.

Цель исследований – исследовать магнитную систему синхронной машины на постоянных магнитах для электропривода.

Исходные данные – чертеж ротора и статора синхронной машины постоянного тока с постоянными магнитами.

Задачи исследований:

* получение распределения силовых линий магнитного поля машины;
* построение графика зависимости синхронизирующего момента от угла поворота;
* построение графика зависимости синхронизирующего момента от плотности тока в обмотках;

## Выводы по разделу

Полученные результаты соответствуют предъявляемым требованиям. Обладая недостающей информацией о свойствах электродвигателей и объединив оба электропривода в единую приводную систему, появляется возможность перейти к созданию системы управления, установке требований к её работе и функционированию.

# Исследование электромагнитной совместимости и целостности в программе компьютерного моделирования

## Выводы по разделу

Разработанная система управления позволит управлять скоростью и направлением вращения приводов по двум параметрам: току и скорости, чем обеспечивается большая точность. Перед тем, как приступать к программированию режимов работы тренажера, получив возможность управления приводной системой, необходимо обратить внимание на факторы, которые могут повлиять на нашу систему управления и вывести её из строя.

Одним из самых важных физических параметров, вносящим нелинейность в систему управления, а также способным нарушить работу регулятора тока, является выделяемая в процессе рекуперации мощность. Необходимо научиться управлять состоянием теплового равновесия и баланса мощностей в системе, чтобы не нарушить работу регуляторов управления приводами.

Перейдем к задаче исследования распределения мощности, вырабатываемой в приводной системе, с целью совершенствования системы управления, регулирования термодинамического нагрева приводов во избежание искажений магнитных характеристик, вызванных перегревом, а также во избежание проблем, возникающих в контуре управления по току.

# Лабораторные испытания по устранению излишней энергии в приводной системе

Ввиду создания тренажером реактивной и активной нагрузки становится актуальным вопрос рекуперации энергии, вырабатываемой приводами в генераторном режиме работы. Проявляется эффект рекуперации, когда спортсмен мешает вращению тренажера, вращая его самостоятельно, тем самым вводя его в генераторный режим работы.

Схема распределения прикладываемой мощности представлена на рисунке 20. Система запитана напряжением 27 В. Прикладывая усилие, спортсмен заставляет вращаться двигатель в генераторном режиме. Вся приложенная спортсменом механическая мощность преобразуется электроприводом в электрическую энергию, которая выделяется и копится в трех элементах системы: в обмотках электродвигателя в виде тепловой мощности, в конденсаторах в виде запасаемой электрической энергии, оставшаяся часть выделяется в виде тепловой энергии на балластных резисторах малого сопротивления. Так как в конденсаторах больше определенного количества накопить энергию нельзя, а температуру и ток обмотки следует внимательно контролировать во избежание выхода обмотки статора двигателя из строя, то всю основную лишнюю энергию следует удалять из системы путем пропускания избыточного тока через балластные резисторы.

На входе питания установлен выпрямительный диод, включенный в обратном направлении. Его установка обусловлена двумя причинами:

* энергия не возвращается в источник питания, тем самым образуется замкнутая система распределения мощности, что позволяет получить достоверные результаты исследований;
* при попытках устранения избыточного тока через балластные резисторы, часть избыточного тока попадала в контур управления по току, нарушая тем самым работу регулятора.

Wмех

Uпитание

Wбалласт

Wконд

Wобм

обмотки

конденсаторы

Балластные резисторы

Рисунок – Схема распределения мощности в приводной системе

Необходимо провести испытания по исследованию распределения мощности в приводной системе в трех режимах работы: изометрическом, изокинетическом и изотоническом. В изокинетическом режиме исследования проводились как для концентрической фазы выполнения упражнения, так и для эксцентрической. В изотоническом режиме исследована только концентрическая фаза. Исследования проводились для правого и левого двигателя по отдельности.

В каждом из режимов спортсмен оказывает сопротивление моменту нагрузки, создаваемому приводной системой. Прикладываемое механическое усилие преобразуется в механическую энергию, которая характеризуется параметром механической мощности Wмех, вычисление которой осуществляется по формуле 1. Механическая мощность перераспределяется в приводной системе в следующих её компонентах:

* в виде тепловой энергии в обмотках двигателя Wобм, вычисление которой осуществляется по формуле 2;
* в виде тепловой энергии выделяемой на балластных резисторах Wбалласт, вычисление которой осуществляется по формуле 4;

(1)

(2)

(3)

Величина прикладываемого механического усилия Fмех измеряется с помощью динамометра, перемещение s штанги тренажера измеряется с помощью линейки, время t с помощью секундомера. Величина силы тока в обмотках Iобм и протекающего через балластный резистор Iбалласт определяется с помощью токовых клещей. Емкость конденсаторов С, сопротивление балластного резистора Rбалласт и сопротивление обмоток Rобм известны и равны соответственно.

## Выводы по разделу

Разработанная программа лабораторных испытаний позволит количественно и качественно оценить распределение мощности в приводной системе тренажера.

Научившись полноценно управлять приводной системой с учетом фактора влияние накапливаемой мощности необходимо рассмотреть вопрос передачи информации о параметрах управления системы пульту управления. Для этого следует задаться созданием протокола информационно-логического сопряжения.

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В выпускной квалификационной работе магистра проведен аналитический обзор существующих решений по достижению совместимости систем в цепях питания. Обозначен перечень проблем, решаемых построением эффективной системы сопряжения. Приведено описание объекта исследования – системы сопряжения силового многофункционального тренажера. Разработана программа исследований и сформированы технические требования. Выполнено исследование электромагнитной совместимости и целостности питания плат привода в программе компьютерного моделирования. Проведена серия опытов по устранению излишней энергии в приводной системе. В конце подведен итоговый анализ исследований системы сопряжения. По итогам исследований проведена оценка качества разработанной системы сопряжения и сформированы рекомендации по улучшению как аппаратной части электроники, так и по

алгоритму системы управления.

В ходе подготовки к исследованиям расширена область знаний и получена дополнительная информация по теории электромагнитной совместимости. Изучены принципы моделирования печатных плат в среде инженерного компьютерного моделирования Cadence Sigrity, приобретены навыки программирования на языке Си.

Задачи выпускной квалификационной работы магистра решены полностью.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сборник «Электромагнитная cовмеcтимоcть в электронике» [Электронный ресурс] URL: https://www.nasa.gov/mission\_pages/station/research/experiments/976.html (дата посещения 06.06.2018).
2. Презентация Johnson Space Center [Электронный ресурс] URL: http://www.hunchdesign.com/uploads/2/2/0/9/22093000/cevis\_handles\_presentation.pdf (дата посещения 06.06.2018).
3. Официальный сайт NASA [Электронный ресурс] URL: https://www.nasa.gov/mission\_pages/station/research/experiments/1001.html (дата посещения 06.06.2018).
4. Журнал предполетной подготовки. Саманта Кристофоретти [Электронный ресурс] URL: https://samlogbook-ru.livejournal.com/tag/cevis (дата посещения 06.06.2018).
5. Technische Universität Wien [Электронный ресурс] URL: https://www.tuwien.ac.at/aktuelles/news\_detail/article/7244/ (дата посещения 01.06.2018).
6. Официальный сайт Renishaw [Электронный ресурс] URL: http://www.renishaw.ru/ru/resolute-encoder-series--37823 (дата посещения 06.06.2018).
7. СИЛОВОЙ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР «СМТ». Пояснительная записка СМЕ01.00.000 ПЗ – 2015 г.
8. Мак-Дугалл Дж. Дункан, Уэнгер Говард Э., Грин Говард Дж. Физиологическое тестирование спортсмена высокого класса Киев: Олимпийская литература, 1998. — 432 с.
9. Нетреба А.И. Специфические изменения скоростно-силовых возможностей скелетных мышц под влиянием тренировки в изотоническом и изокинетическом режимах мышечного сокращения и при гипокинезии, 2017. – 120 с.