

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте
Факультет техники и технологии
Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой

_____ Ю.С. Сергеев
_____ 2017 г.

Модернизация лабораторного стенда
«Исследование электродвигателя последовательного
возбуждения»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ–13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности
доцент

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2017 г.

Руководитель работы
д.т.н., профессор

_____ П.Г. Вигриянов
_____ 2017 г.

Экономическая часть

д.т.н., профессор

_____ П.Г. Вигриянов
_____ 2017 г.

Автор работы

студент группы ФТТ-403

_____ [Comments]
_____ 2017 г.

Нормоконтролер

ст. преподаватель

_____ О.В. Терентьев
_____ 2017 г.

Златоуст 2017

АННОТАЦИЯ

Муллаяров А.Ф. Модернизация лабораторного стенда «Исследование электродвигателя последовательного возбуждения» – г. Златоуст: филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра ЭАПП; 2017 г., 66 с., 21 ил., библиогр. список – 21 наим., 8 листов чертежей ф. А1.

В настоящей выпускной квалификационной работе проведена модернизация лабораторного стенда «Исследование электродвигателя последовательного возбуждения». Разработано учебное пособие к выполнению лабораторных работ.

Разработана смета затрат на модернизацию лабораторного стенда и учебного пособия к выполнению работ.

Рассмотрены вопросы охраны труда, проанализированы вредные и опасные производственные факторы, разработаны мероприятия по устранению или снижению их вредного воздействия, произведен расчет системы освещения, разработаны мероприятия по противопожарной охране и обеспечению безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций.

13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						
					Модернизация лабораторного стенда «Исследование электродвигателя последовательного возбуждения» Пояснительная записка					
Разраб.	Муллаяров А.Ф.							Лит.	Лист	Листов
Провер.	Вигриянов П.Г.							Д	4	66
Т. Контр.	Сандалов В.М.							Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоуст Кафедра ЭАПП		
Н. Контр.	Терентьев О.В.									
Утверд.	Сергеев Ю.С.									

ОГЛАВЛЕНИЕ

АННОТАЦИЯ	4
ОГЛАВЛЕНИЕ	5
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	8
2 ОПИСАНИЕ ИМЕЮЩЕГОСЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА	14
3 РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ»	16
3.1 Силовая часть	17
3.1.1 Электромашинный агрегат.....	17
3.1.2 Модуль добавочное сопротивление электродвигателя.....	18
3.1.3 Модуль добавочное и нагрузочное сопротивление генератора..	19
3.1.4 Переключатели и ключи.....	21
3.1.5 Модуль автотрансформатор.....	21
3.1.6 Модуль питания	28
3.2 Измерительная часть	29
3.2.1 «Модуль измерений электродвигателя».....	29
3.2.2 «Модуль измерений электродвигателя».....	31
3.3. Информационная часть	32
3.3.1 Модуль «Схема для снятия характеристик электродвигателя последовательного возбуждения».....	32
3.3.2 Модуль питания	32
3.3.3 Модуль измерений электрогенератора	33
3.4 Изготовление панелей лабораторного стенда.....	33
3.4.1 Разработка внешнего вида панелей.....	33
3.4.2 Фрезеровка.....	34
3.4.3 Нанесение изображения	34
4 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА СТЕНДА	36
5 РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ»	40
5.1. Цель работы	40
5.2. Схема двигателя и операция пуска	40
5.3. Рабочие характеристики двигателя последовательного возбуждения	41
5.4. Регулировочные характеристики двигателя	41
5.5. Оформление отчета и анализ полученных результатов.....	42
5.5.1. Расчет и построение рабочих характеристик двигателя последовательного возбуждения.....	42
5.5.2. Построение механических характеристик двигателя последовательного возбуждения.....	43
5.6. Контрольные вопросы	44

6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ	46
6.1 Стоимость основных материалов.....	46
6.2 Расчет стоимости изделий.....	47
6.4 Расчет суммы амортизационных отчислений.....	54
6.5 Исчисление суммы прочих расходов.....	55
6.6. Общая смета затрат и отпускная стоимость проекта	55
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	56
7.1 Краткое описание рабочего места.....	56
7.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов.....	56
7.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового	56
процесса	56
7.4 Охрана труда.....	57
7.5 Производственная санитария.....	58
7.6 Эргономика и производственная эстетика	61
7.7 Экологическая безопасность	61
7.8 Противопожарная и взрывобезопасность.....	62
7.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций	63
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	65
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	66

ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с Федеральным Государственным образовательным стандартом третьего поколения плюс (ФГОС 3+)[1] лаборатории высшего учебного заведения (ВУЗ) должны быть оснащены современными стендами и оборудованием, позволяющими изучать процессы и явления в соответствии с реализуемой вузами образовательной программой.

ФГОС 3+ предусматривает знание назначения элементной базы, характеристик и регулировочных свойств электроприводов с двигателями постоянного и переменного тока, умение производить выбор машин электрического привода, владеть методами расчета, проектирования и конструирования электротехнического оборудования и систем, знание методов анализа режимов работы электроэнергетического и электротехнического оборудования и систем.

Для подготовки квалифицированного специалиста, ВУЗ должен располагать материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов лабораторных работ, практических занятий, научно-исследовательской работы студентов, предусмотренных учебным планом и соответствующей действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам.

В учебном процессе ВУЗа наряду с теоретическим обучением значительное место отводится выполнению лабораторных работ. Правильное сочетание теоретических знаний с практикой лабораторных работ обеспечивает высокое качество подготовки квалифицированных специалистов.

Основным направлением, по которому должно идти совершенствование, является развитие и укрепление материально-технической базы учебного заведения. К этому направлению относятся, в первую очередь, широкое внедрение технических средств обучения, оснащение кабинетов и лабораторий новейшим оборудованием и приборами, модернизация лабораторных стендов и макетов с учетом последних достижений науки и техники на современной элементной базе.

Целью выпускной квалификационной работы является повышение качества обучения(подготовки)студентов электротехнических специальностей в соответствии с ФГОС3+.

В рамках поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработка лабораторного стенда;
- выбор оборудования;
- техническое описание конструкции;
- разработка учебного пособия к выполнению лабораторной работы;
- расчет технико-экономических показателей;
- анализ вопросов организации рабочего места, вопросов экологической безопасности и обеспечения безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций.

Объектом выпускной квалификационной работы является лабораторный стенд «Исследование электродвигателя последовательного возбуждения».

Предмет работы – процесс обучения по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника».

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Внедрение лабораторных стендов в учебный процесс – главная задача промышленности в динамичном, пропорциональном развитии общественного производства и повышения его эффективности, ускорении научно-технического прогресса, роста производительности труда, улучшения качества продукции. Развивающиеся научно-техническая революция, быстрый рост существующих и появление новых отраслей промышленности вызывает, в свою очередь, необходимость дальнейшего развития системы высшего и среднего специального образования, повышения качества подготовки молодых специалистов для всех отраслей промышленного производства.

При этом на первый план выступает необходимость в подготовке не просто хороших специалистов, обладающих тем или иным определенным объёмом знаний, но прежде всего людей умеющих творчески мыслить, способных быстро адаптироваться к непрерывно изменяющимся требованиям научно технического прогресса.. Таким образом, задача подготовки высококвалифицированных кадров, вооруженных современными знаниями, практическими навыками, является одной из важнейших задач на данном этапе.

Поэтому необходимо приложить максимальных усилий для совершенствования содержания обучения, средств и методов подготовки специалистов. Одним из направлений, по которому должно идти это совершенствование, является развитие и укрепление материально-технической базы учебного заведения. Сюда относятся, в первую очередь, широкое внедрение технических средств обучения, оснащение лабораторий и кабинетов новейшим оборудованием и приборами, модернизация лабораторных стендов и макетов, с учетом последних достижений науки и техники на современной компонентной базе. Выполнение учащимися лабораторных работ является важным средством более глубокого усвоения и изучения учебного материала, а также приобретения практических.

Необходимость рассмотрения для сравнительного анализа различных лабораторных стендов объясняется тем, что они изготавливаются на промышленном уровне, как мелкосерийное производство в нескольких экземплярах.

На основе анализа конструкции, электрической принципиальной схемы, методических возможностей, можно сделать определенные выводы и выявить недостатки, присущие стендам аналогичного назначения.

Для проведения лабораторных работ по дисциплине «Электрические машины» существует большой выбор учебно-лабораторных стендов. На основе анализа конструкции, электрической принципиальной схемы, методических возможностей, можно сделать определенные выводы и выявить недостатки, присущие стендам аналогичного назначения.

ООО Научно-производственное предприятие «Учтех-Профи»[2] производит учебный лабораторный стенд «Электрические машины с универсальной машиной переменного тока». Объектом исследования данного стенда являются изучение генераторов постоянного тока независимого и последовательного возбуждения, асинхронных машин и т. д. Стенд предназначен для обучения студентов различ-

ных специальностей средних специальных и высших учебных заведений, изучающих дисциплины «Электрические машины», «Электрические машины и основы электропривода», «Основы электропривода», «Теория электропривода». Внешний вид стенда приведен на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Внешний вид учебно-лабораторного стенда «Электрические машины с универсальной машиной переменного тока»

Далее представлены технические характеристики стенда:

- Габариты 1450x1550x650 мм;
- масса, не более 150 кг;
- напряжение электропитания 3x380 В;
- частота питающего напряжения 50 Гц;
- потребляемая мощность, не более 750 ВА.

В состав стенда входят комплект соединительных проводов и силовых кабелей, техническое описание лабораторного стенда, методические указания к проведению лабораторных работ. Основу стенда составляет целый ряд модулей:

- питание стенда;
- измеритель мощности;
- добавочные сопротивления;
- автотрансформатор;
- однофазный трансформатор;
- преобразователь частоты;
- измерительный;
- силовой;
- электромашинный агрегат.

Стенд позволяет проводить следующие лабораторные работы.

1. Исследование однофазного трансформатора.
2. Исследование генератора постоянного тока.
3. Исследование двигателя постоянного тока параллельного возбуждения.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

Далее представлены технические характеристики стенда:

- количество выполняемых работ 17
- напряжение электропитания 220В/3х220В (3Р+РЕ+N)
- частота питающего напряжения 3~50 Гц;
- потребляемая мощность 0,3 / 1 кВт.

Стенд может комплектоваться электромашинным агрегатом на основе электродвигателей малой (90 Вт) или большой (0,55кВт) мощности.

Стенд позволяет проводить следующие лабораторные работы.

1. Изучение работы учебного стенда.
2. Исследование двигателя постоянного тока (ДПТ-НВ) с независимым возбуждением методом холостого хода.
3. Исследование ДПТ-НВ методом короткого замыкания.
4. Исследование естественных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ.
5. Исследование регулировочной характеристики ДПТ-НВ.
6. Исследование рабочих характеристик ДПТ-НВ.
7. Исследование искусственных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ при введении добавочного сопротивления в цепь якоря.
8. Исследование искусственных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ при изменении напряжения на якоре.
9. Исследование искусственных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ при ослаблении потока возбуждения.
10. Исследование генератора постоянного тока с независимым возбуждением (ГПТ-НВ) методом холостого хода.
11. Исследование внешней характеристики ГПТ-НВ.
12. Исследование нагрузочной характеристики ГПТ-НВ.
13. Исследование двигателя постоянного тока с параллельным возбуждением (ДПТ-ПВ) методом холостого хода.
14. Исследование ДПТ-ПВ методом короткого замыкания.
15. Исследование естественных механической и электромеханической характеристик ДПТ-ПВ.
16. Исследование искусственных механической и электромеханической характеристик ДПТ-НВ при изменении напряжения на якоре.
17. Исследование характеристики самовозбуждения генератора постоянного тока с параллельным возбуждением (ГПТ-ПВ).

Данное лабораторное оборудование можно охарактеризовать как качественное и недорогое. Стоимость стенда 16864,48 BYN (526 тыс. рублей)

Итальянское предприятие ELETTRONICA VENETA S.p.A производит широкий спектр учебных лабораторных стендов для изучения двигателей постоянного и переменного тока. Стенды изготавливаются в виде набора модулей устанавливаемых на направляющую станину, благодаря чему можно собирать различные комбинации систем двигатель-генератор. На рисунке 1.3 представлен стенд «Power electric machines». Объектом исследования данного стенда является изучение конструкции, принципа работы, рабочих характеристик двигателя и генератора

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

электроники, измерительной аппаратуры, приборы должны своевременно обновляться и совершенствоваться. Дело это трудоемкое и достаточно дорогое.

Вывод по разделу один.

Рассмотренные учебно-лабораторные стенды позволяют изучить учебный материал, а также приобрести практические навыки необходимые студентам. Но ввиду отсутствия возможности приобретения подобных комплексов, было принято решение о модернизации учебно-лабораторного стенда, который позволит студентам на практике изучить часть вопросов, рассматриваемые в рамках дисциплины «Электрические машины».

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

2 ОПИСАНИЕ ИМЕЮЩЕГОСЯ ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА

В данной работе производится модернизация лабораторного стенда позволяющего производить исследование двигателя постоянного тока последовательного возбуждения. Данное исследование может проводится в рамках дисциплины электрические машины в высших и среднеспециальных учебных заведениях. Лабораторный стенд представлен на рисунке 2.1.

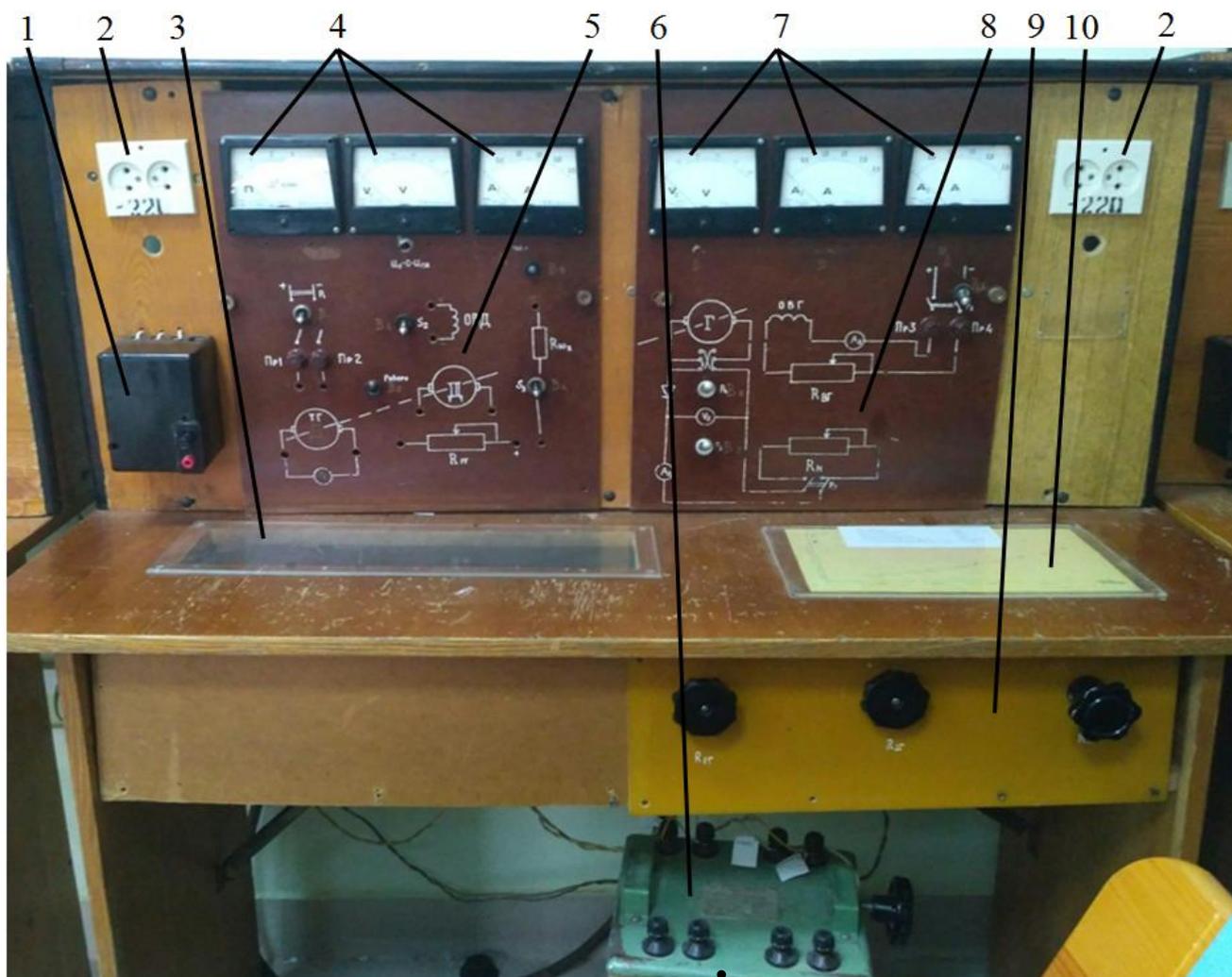


Рисунок 2.1 – Внешний вид лабораторного стенда

Элементы лабораторного стенда видимые с лицевой стороны:

- 1 – автоматический трехполюсный выключатель предназначенный для защиты стенда от больших токов в аварийном режиме работы;
- 2 – розетки для подключения калькуляторов;
- 3 – окошко электромашинного агрегата;
- 4 – приборы измерения электродвигателя;
- 5 – панель управления электродвигателем;
- 6 – автотрансформатор;
- 7 – измерительные приборы электрогенератора;
- 8 – панель управления электрогенератором;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ

Лист

14

9 –панель реостатов большой мощности, служащих для управления и нагрузки электромашинного агрегата;

10–график зависимости механических потерь, и потерей стали в зависимости от частоты вращения при номинальном токе возбуждения электрогенератора.

Корпус на который смонтированы вышеперечисленные элементы собран из листового ДСП толщиной 16 мм, оклеенного шпоном. Под столешницей расположена специальная полка, на которой расположен электромашинный агрегат, проволочные реостаты большой мощности. Для того что бы был виден электромашинный агрегат в столешнице предусмотрено окно, представляющее из себя прямоугольное отверстие закрытое оргстеклом толщиной 4 мм. Под полкой электромашинного агрегата на полу располагается автотрансформатор.

Электромашинный агрегат состоит из двух двигателей постоянного тока серии ДВ75-У3, один из которых выступает в роли двигателя последовательного возбуждения, второй в виде нагрузочного генератора независимого возбуждения, для определения скорости вращения вала установлен тахогенератор типа ТГПЗ. Электрические машины установлены на подставку через резиновые прокладки и притянуты стальными лентами, механическая передача осуществляется посредством резиновых муфт.

Пред тем как начать разработку нового лабораторного стенда, были сняты характеристики со старого стенда, в результате снятия последних выяснилось, что исследуемая машина, а именно двигатель последовательного возбуждения не выходит на номинальный режим, и развивает скорость 2500 об/мин, вместо 3000 об/мин. В ходе дальнейшей проверки выяснилось, что обмотка якоря имеет обрывы в нескольких местах. Якорь был перемотан, и двигатель вышел на номинальный режим.

Вывод по разделу два.

В данном разделе приводится краткое описание внешнего вида лабораторного стенда, а так же описание электромашинного агрегата. Вследствие того что стенд собран из легко воспламеняющихся материалов, возникает необходимость в разработке нового каркаса отвечающего противопожарным требованиям

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

3 РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО СТЕНДА «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ»

Лабораторный стенд «Исследование электродвигателя последовательного возбуждения» (в дальнейшем стенд) предназначен для обучения студентов различных специальностей средних специальных и высших учебных заведений, изучающих дисциплину «Электрические машины». Комплекс может быть использован также для обучения учащихся профессионально-технических училищ и слушателей отраслевых учебных центров повышения квалификации инженерно-технических работников. Внешний вид лабораторного стенда представлен на рисунке 3.1.

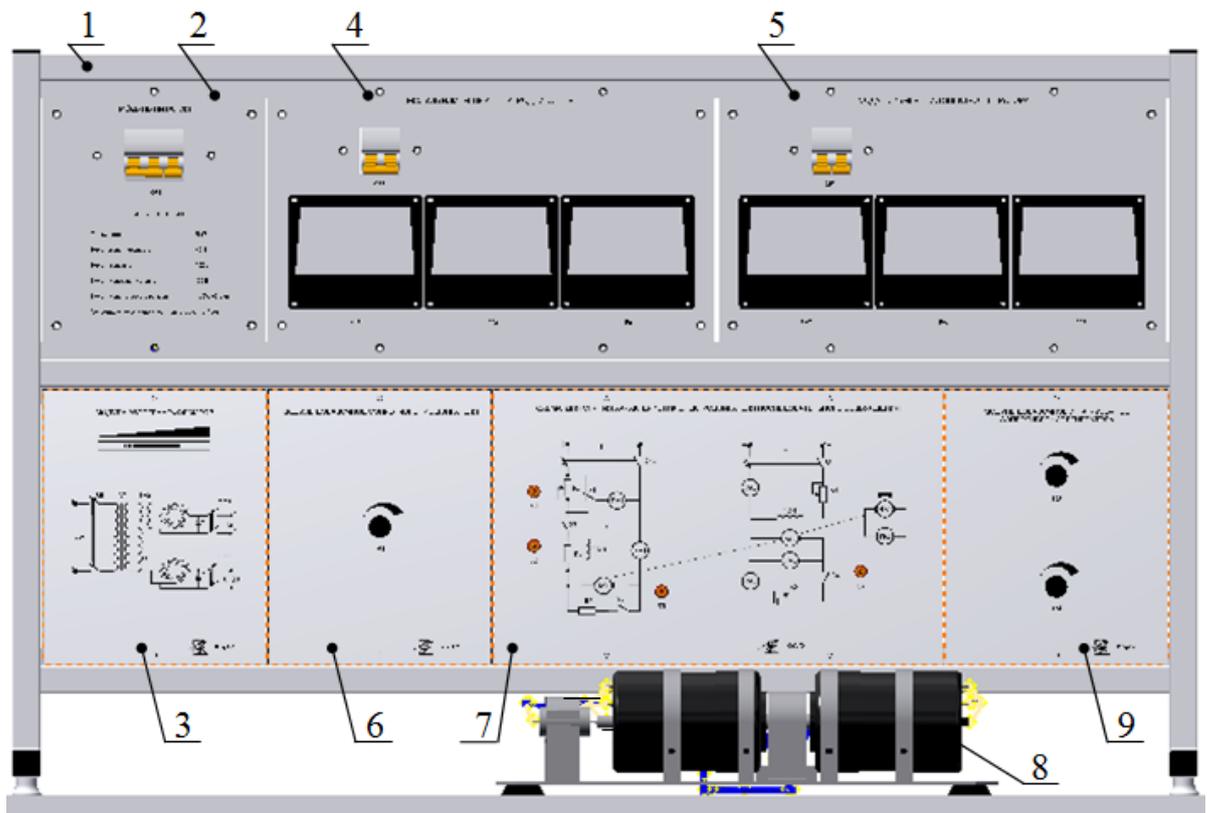


Рисунок 3.1 – Внешний вид лабораторного стенда

В состав стенда входят:

- 1 – каркас стенда;
- 2 – модуль питания;
- 3 – модуль автотрансформатор;
- 4 – модуль измерений электродвигателя;
- 5 – модуль измерений электрогенератора;
- 6 – модуль добавочное сопротивление электродвигателя;
- 7 – модуль схема для снятия характеристик электродвигателя последовательного возбуждения;
- 8 – электромашинный агрегат;

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

9 – модуль добавочное и нагрузочное сопротивление генератора.

По габаритным размерам модули условно разделены на два типоразмера:

- малые модули (размер 200x248);
- большие модули (размер 400x248).

В каркас лабораторного стенда размещаются отдельные модули в два ряда – по 5 модулей малого типоразмера.

Электромашинный агрегат располагается на столешнице перед каркасом стенда.

Условно лабораторный стенд можно разделить на три части:

- силовая;
- измерительная;
- информационная.

3.1 Силовая часть

Силовая часть лабораторного стенда состоит из отдельных модулей и частей, разработку силовой части целесообразно производить от потребителя к источнику, для того чтобы сразу выбрать силовое оборудование.

Силовая часть лабораторного стенда включает в себя:

- электромашинный агрегат;
- модуль добавочное сопротивление электродвигателя;
- модуль добавочное и нагрузочное сопротивление электрогенератора;
- переключатели и выключатели;
- модуль автотрансформатор;
- модуль питания.

3.1.1 Электромашинный агрегат

Внешний вид электромашинного агрегата представлен на рисунке 3.2.

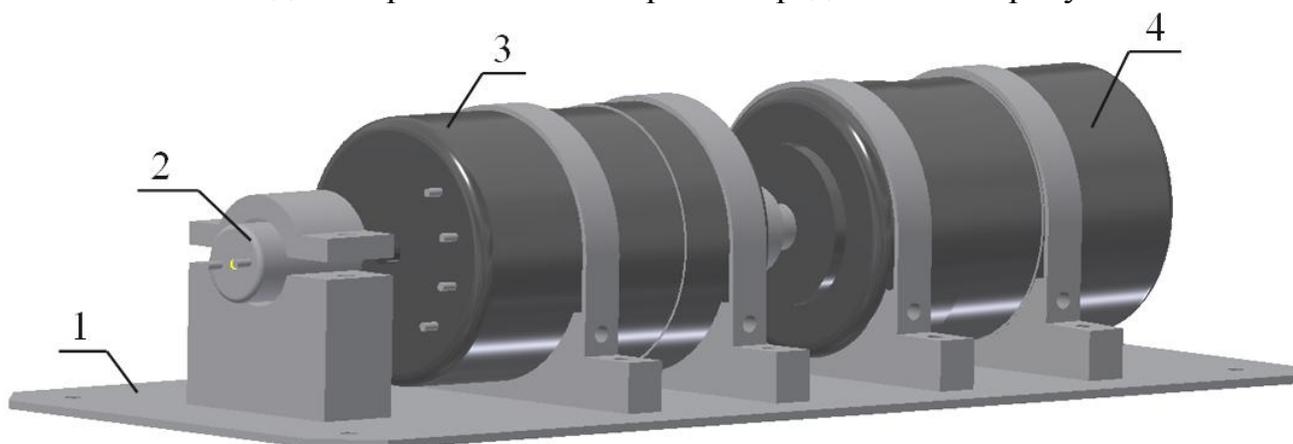


Рисунок 3.2 – Внешний вид разработанного электромашинного агрегата
1– листовая полставка; 2 – тахогенератор; 3 – двигатель ДВ-75У3
(исследуемая машина); 4 – двигатель ДВ-75У3 (нагрузочная машина)

Реостат выбирается по двум критериям:

- номинальное сопротивление;
- номинальная мощность рассеяния.

Номинальное сопротивление выбирается из стандартного ряда Е6 [4] и берется равным 68 Ом.

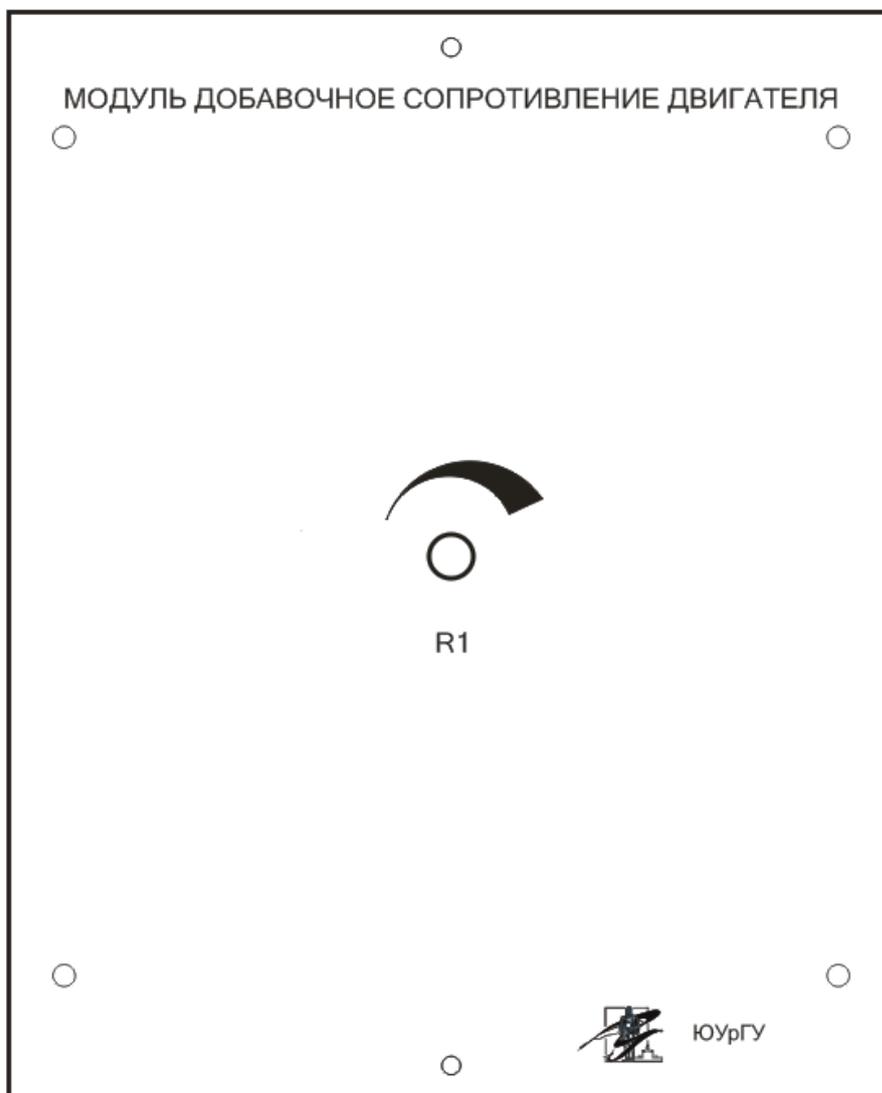


Рисунок 3.3 – Внешний вид панели модуля добавочное сопротивление электродвигателя

Номинальная мощность рассеяния реостата считается равной произведению силы тока протекающей через реостат на падение напряжения на данном реостате. Выбирается из ряда номинальных мощностей рассеяния[5]. Выбранное значение получилось 25 Вт поэтому выбирается реостат типа ППБ25-Г 68 Ом.

3.1.3 Модуль добавочное и нагрузочное сопротивление генератора

Внешний вид панели модуля добавочное и нагрузочное сопротивление генератора представлен на рисунке 3.4.

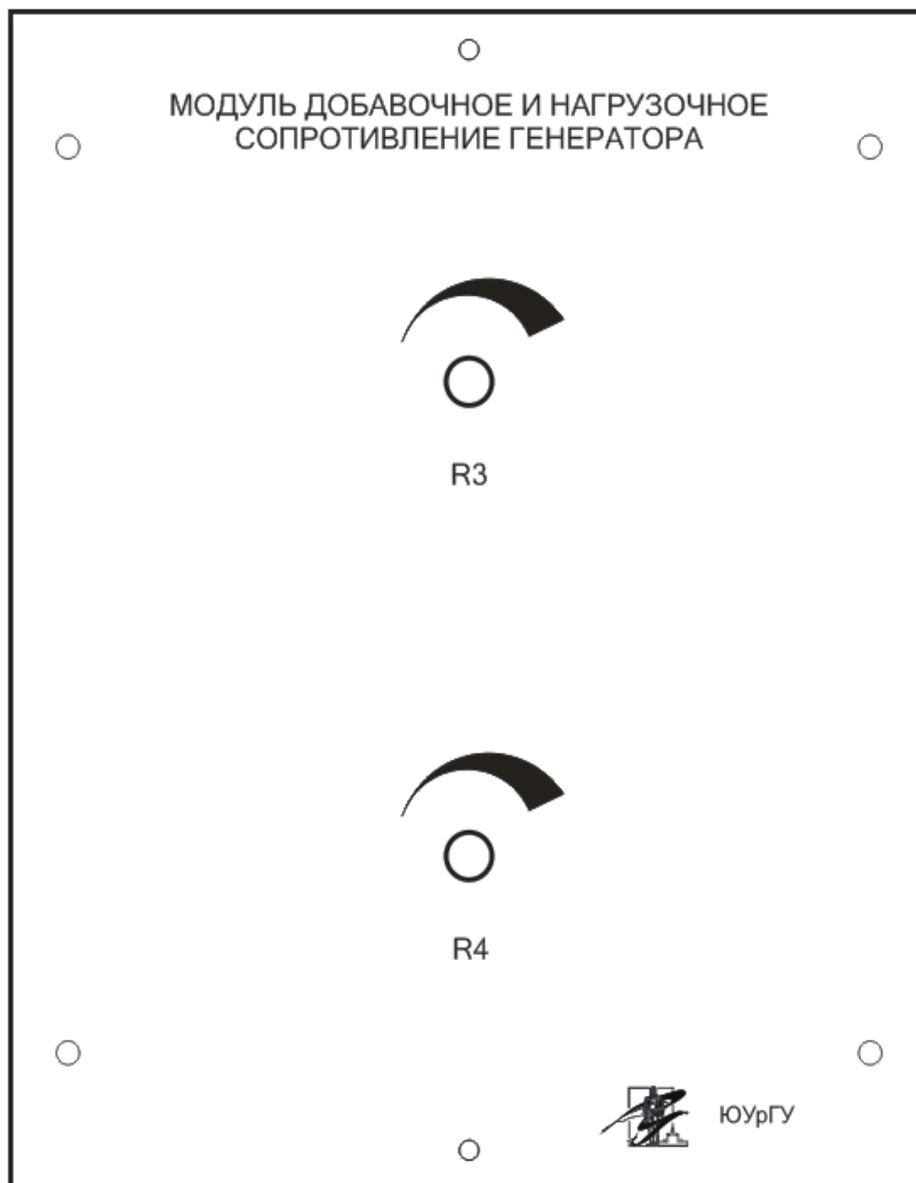


Рисунок 3.4 – Внешний вид панели модуля добавочное и нагрузочное сопротивление генератора

Модуль добавочное и нагрузочное сопротивление генератора предназначен для регулирования тока в обмотке возбуждения генератора и регулирования тока в обмотке якоря генератора. Это необходимо для снятия характеристик в ходе выполнения лабораторной работы.

Модуль содержит два реостата, для их крепления в панели профрезерованы отверстия диаметром 10 мм, с тыльной стороны модуль закрыт защитным кожухом, который препятствует попаданию случайных предметов и пыли на внутренние части модуля, а также закрывает токоведущие части.

Номинальное сопротивление для добавочного реостата генератора выбирается из стандартного ряда Е6 [4] и берется равным 10 Ом.

Номинальная мощность рассеяния выбирается из ряда номинальных мощностей рассеяния[5]. Выбранное значение получилось 25 Вт поэтому выбирается реостат типа ППБ25-Г 10 Ом.

Номинальное сопротивление для нагрузочного реостата генератора выбирается из стандартного ряда Е6 [5] и берется равным 330 Ом.

Номинальная мощность рассеяния выбирается из ряда номинальных мощностей рассеяния[5]. Выбранное значение получилось 50 Вт поэтому выбирается реостат типа ППБ50-Г 330 Ом. Выбранные реостаты имеют запас по мощности, в результате чего модуль добавочного и нагрузочного сопротивления генератора имеет повышенную надежность, ограничивающуюся лишь временем наработки самих реостатов.

3.1.4 Переключатели и ключи

Переключатель S1 имеет два положения, и переключает вольтметр с одного участка цепи на другой, таким образом достигается измерение напряжения в двух точках одним измерительным прибором.

Ключи S2 и S3 служат для включения в цепь шунтирующих резисторов обмотки возбуждения и обмотки якоря электродвигателя соответственно, это необходимо для снятия регулировочных характеристик в ходе выполнения лабораторной работы. Ключ S4 служит для отключения нагрузочного реостата от обмотки якоря генератора.

Все ключи и переключатели находятся на модуле схема для снятия характеристик электродвигателя последовательного возбуждения (этот модуль будет описан далее), такое расположение ключей и переключателя обусловлено тем, что таким образом будет более наглядно.

Переключатели и ключи выбираются по трем критериям:

- алгоритм работы;
- номинальный ток;
- номинальное напряжение.

Переключатель и ключи были выбраны типа ТВ1-2 одного вида исполнения, из каталога интернет магазина[6]. ТВ1-2 рассчитан на переключение напряжения до 250 В, тока 5А и имеет алгоритм работы ON-ON.

3.1.5 Модуль автотрансформатор

Внешний вид панели модуля автотрансформатор представлен на рисунке 3.5.

Модуль автотрансформатор предназначен для:

- регулирования напряжения в цепи электродвигателя;
- питания обмотки возбуждения генератора;

В состав модуля автотрансформатор входит:

- многообмоточный автотрансформатор;
- выпрямитель напряжения с емкостным фильтром для питания обмотки возбуждения генератора;
- выпрямитель напряжения с емкостным фильтром для питания цепи электродвигателя.

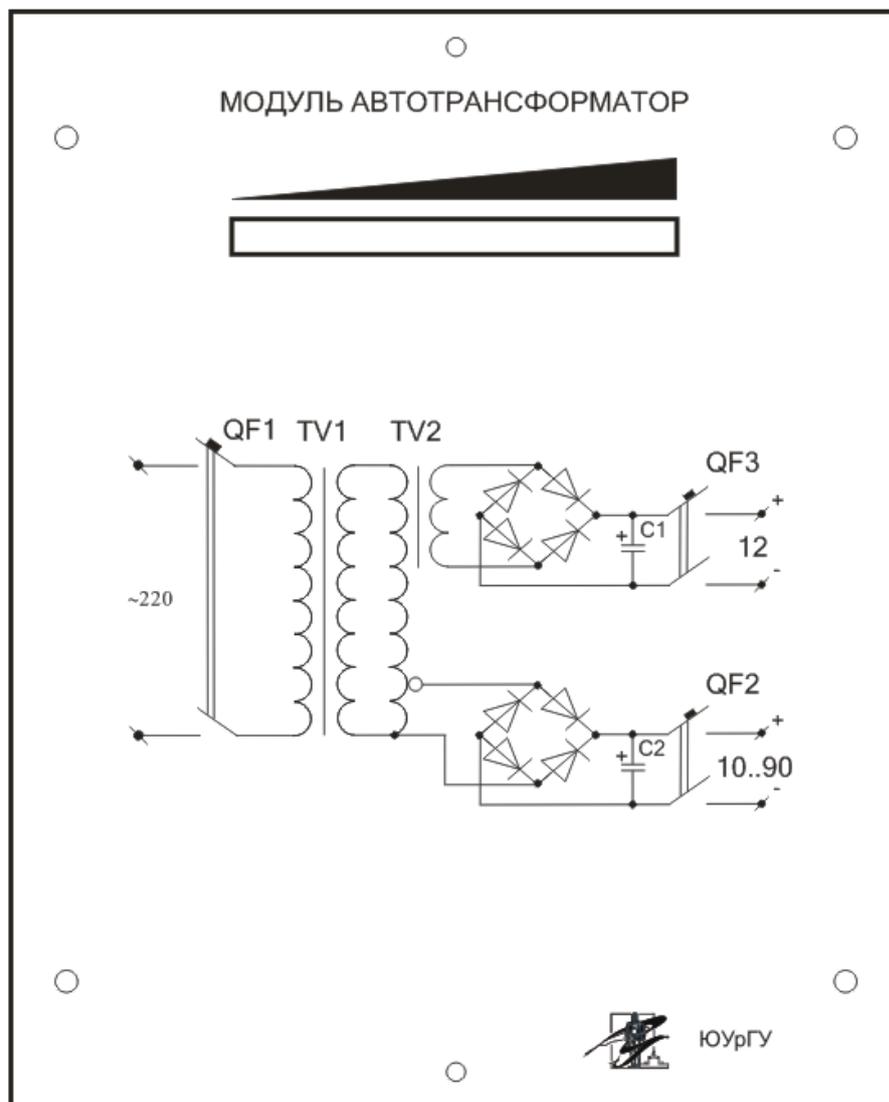


Рисунок 3.5 – Внешний вид панели
модуля автотрансформатор

С тыльной стороны модуль закрыт защитным кожухом, который препятствует попаданию случайных предметов и пыли на внутренние части модуля, а также закрывает токоведущие части.

На лицевой стороне панели нанесена схема соединения обмоток автотрансформатора с выпрямителями, а также указано дальнейшее следование электрического тока по стенду.

Наряду с автотрансформатором на схеме изображен трансформатор гальванической развязки, это сделано с целью информирования, что автотрансформатор подключен к питающей сети через гальваническую развязку и имеет только информационный характер.

В верхней части профрезеровано прямоугольное отверстие шириной 100 мм и высотой 8 мм для регулировочной рукоятки автотрансформатора.

Для питания электродвигателя с номинальным напряжением питания 75 В от сети 220 В необходим трансформатор. Из-за того, что часть измерений должны

проходить при строго номинальном режиме работы то есть напряжение питания должно быть 75В, что получается не всегда из-за скачков напряжения в питающей сети лаборатории, появляется необходимость подстройки напряжения.

Для регулирования напряжения в цепи электродвигателя применяется ЛАТР в наличии имеется регулировочный автотрансформатор типа АРБ-250, внешний вид которого представлен на рисунке 3.6.

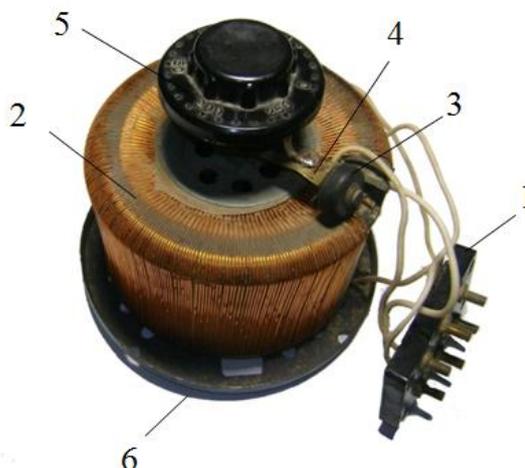


Рисунок 3.6 – Внешний вид регулировочного автотрансформатора

- 1 – клеммная колодка;
- 2 – сердечник с обмоткой;
- 3 – контактный ролик;
- 4 – пружинистая пластина;
- 5 – рукоятка регулировки;
- 6 – подставка.

Паспортные данные автотрансформатора типа АРБ-250 представлены в таблице 3.3[7].

Таблица 3.3 – Паспортные данные автотрансформатора типа АРБ-250

Параметр	Значение
Входное напряжение, В	От 90 до 160
Выходное напряжение, В	127
КПД, %	93
Мощность, Ва	250

Из технических характеристик видно, что имеющийся регулировочный автотрансформатор рассчитан на напряжение 127 В, поэтому появляется необходимость перемотки данного автотрансформатора, для этого необходимо произвести расчет.

Для расчета необходимо снять основные размеры сердечника, после того как автотрансформатор был разобран, смотана обмотка, был измерен сердечник основные размеры сердечника представлены на рисунке 3.7.

Сердечник изготовлен из ленты высоколегированной электротехнической стали $\Delta_{СТ} = 0,35$ мм марки Э320.

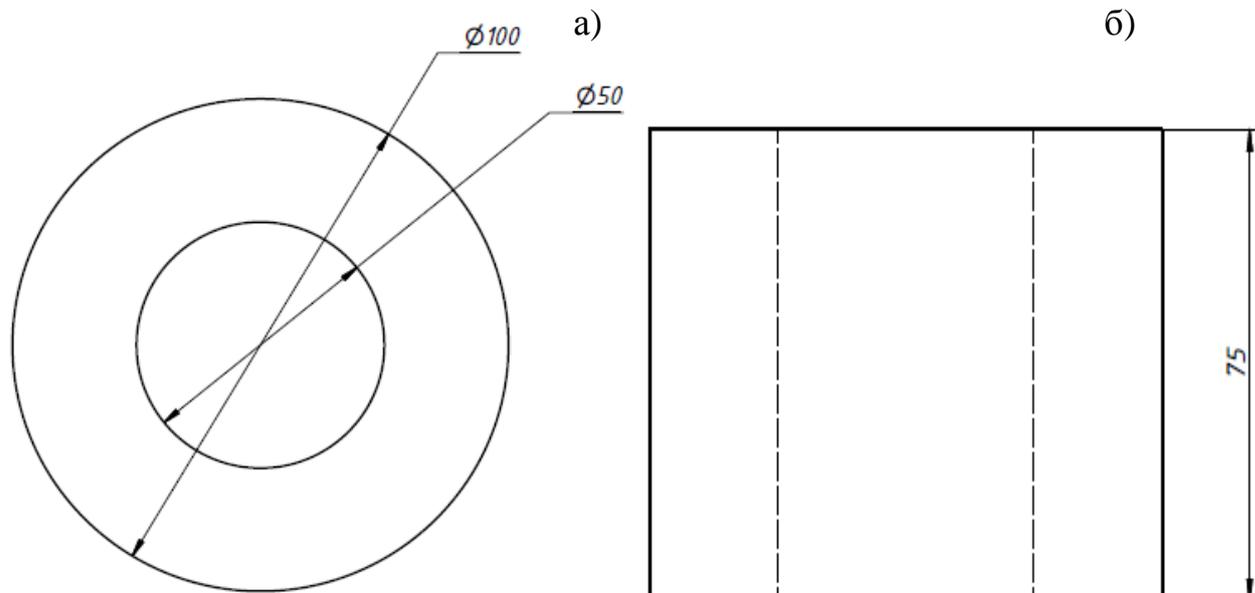


Рисунок 3.7 – Эскиз сердечника автотрансформатора: вид сверху (а), вид с боку (б)

Так как электродвигатель постоянного тока, то появляется необходимость в выпрямителе. Выпрямитель будет собран по мостовой однофазной схеме выпрямления представленной на рисунке 3.8.

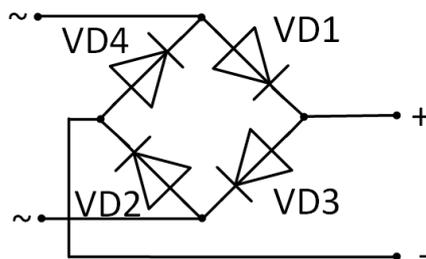


Рисунок 3.8 – Схема однофазного мостового выпрямителя

Так как существует падение напряжения на диодах, то среднее значение выпрямленного напряжения будет ниже чем напряжение на выходе трансформатора согласно (3.1) [8].

$$U_{d0} = 0,9 \cdot U_{Tr}. \quad (3.1)$$

где U_{d0} – среднее значение выпрямленного напряжения, В;
 U_{Tr} – напряжение на выходе трансформатора, В.

Из (3.1) видно, что верхний диапазон выходного напряжения автотрансформатора нужно сделать больше с запасом, примем это напряжение в 100 В. Номинальный ток двигателя 1,25 А. С целью уменьшения веса и количества отдельных деталей имеет смысл намотать на автотрансформатор еще и вторичную обмотку для питания обмотки возбуждения нагрузочного генератора, напряжение

вторичной обмотки выбирается 14 В с учетом запаса на падение напряжения на диодах ток 1,5 А. Исходя из этого можно вычислить мощность нагрузки согласно (3.2).

$$P_H = I_H \cdot U_H = 1,25 \cdot 75 + 1,5 \cdot 14 = 114,75 \quad (3.2)$$

где P_H – номинальная мощность нагрузки, Вт;

I_H – номинальный ток нагрузки, А;

U_H – номинальное напряжение нагрузки, В.

Далее необходимо посчитать какую мощность можно снять с имеющегося сердечника согласно (3.3) производим расчет габаритной мощности автотрансформатора[9].

$$P_{Tr} = \frac{B_{MAX} \cdot J \cdot K_{OK} \cdot K_{CT} \cdot S_{CT} \cdot S_{OK}}{0,901} \quad (3.3)$$

где P_{Tr} – габаритная мощность трансформатора, Вт;

B_{MAX} – максимальная магнитная индукция, Тл;

J – плотность тока в обмотке, А/мм²;

K_{OK} – коэффициент заполнения окна сердечника;

K_{CT} – коэффициент заполнения сердечника сталью;

S_{CT} – площадь сечение сердечника, см²;

S_{OK} – площадь окна сердечника, см².

Максимальная магнитная индукция B_{MAX} для стали марки Э320Δ_{СТ} = 0,35 мм выбирается $B_{MAX} = 1,65$ Тл[10]. Для обеспечения безаварийной работы автотрансформатора обмотка не должна нагреваться свыше 60°C, для этого плотность тока должна быть небольшой, плотность тока выбирается из таблицы 3.4 для мощности в 250 ВА выбирается $J = 3,5$ А/мм².

Таблица 3.4 – Плотность тока J , при суммарной мощности нагрузки P_H

Суммарная мощность нагрузки P_H , Вт	от 5 до 15	от 15 до 50	от 50 до 150	от 150 до 300	от 300 до 1000
Плотность тока J , А/мм ²	1,7	1,7	1,65	1,65	1,6

Коэффициент заполнения окна сердечника выбирается по таблице 3.5, для мощности 250 ВА выбирается $K_{OK} = 0,26$.

Таблица 3.5 – Коэффициент заполнения окна сердечника K_{OK} , при суммарной мощности нагрузки P_H

Суммарная мощность нагрузки P_H , Вт	от 5 до 15	от 15 до 50	от 50 до 150	от 150 до 300	от 300 до 1000
Коэффициент заполнения окна сердечника K_{OK}	от 0,18 до 0,20		от 0,20 до 0,26	от 0,26 до 0,27	от 0,27 до 0,28

Коэффициент заполнения сердечника сталью выбирается из таблицы 3.6, для $\Delta_{СТ} = 0,35$ мм выбирается $K_{СТ} = 0,88$.

Таблица 3.6 – Коэффициент заполнения магнитопровода сталью $K_{СТ}$, при толщине стали

Толщина стали, мм	0,08	0,1	0,15	0,2	0,35
Коэффициент заполнения окна сердечника $K_{СТ}$	0,85		0,88		

Площадь сечения сердечника и площадь сечения окна рассчитываются согласно (3.4) и (3.5) соответственно.

$$S_{СТ} = \frac{D-d}{2} \cdot h = \frac{10-5}{2} \cdot 7,5 = 18,75 \text{ (см}^2\text{)}; \quad (3.4)$$

$$S_{ОК} = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{5^2 \cdot 3,14}{4} = 19,625 \text{ (см}^2\text{)}. \quad (3.5)$$

где D – внешний диаметр сердечника, см;

d – диаметр окна сердечника, см;

h – высота сердечника, см.

Полученные значения подставим в (3):

$$P_{Tr} = \frac{1,65 \cdot 3,5 \cdot 0,26 \cdot 0,88 \cdot 18,75 \cdot 19,625}{0,901} \cong 540 \text{ (Вт)}.$$

В результате расчета видно, что мощность нагрузки меньше габаритной мощности трансформатора, это означает, что такой сердечник подходит. Далее согласно (3.6) произведем расчет номинального тока обмотки[9].

$$I_{Ноб} = \frac{P_H}{U_C \cdot \eta \cdot \cos \varphi}; \quad (3.6)$$

где $I_{Ноб}$ – номинальный ток обмотки, А;

U_C – напряжение сети, В;

η – коэффициент полезного действия автотрансформатора, %;

$\cos \varphi$ – коэффициент мощности.

Коэффициент мощности определяется по таблице 3.7, для мощности 250 ВА выбирается $\cos \varphi = 0,94$.

Таблица 3.7- Коэффициент мощности $\cos \varphi$, при суммарной мощности нагрузки P_H

Суммарная мощность нагрузки P_H , Вт	от 5 до 15	от 15 до 50	от 50 до 150	от 150 до 300	от 300 до 1000
Коэффициент мощности $\cos \varphi$	от 0,85 до 0,90	от 0,90 до 0,93	от 0,93 до 0,95	от 0,95 до 0,93	от 0,93 до 0,94

Подставим значения в (3.6):

$$I_{Ноб} = \frac{114,75}{220 \cdot 0,93 \cdot 0,94} = 0,596 \text{ (А)}.$$

Так как автотрансформатор имеет всего одну обмотку, то через нее протекает ток со стороны питающей сети и со стороны нагрузки, поэтому сечение про-

вода должно выбираться таким образом что бы плотность тока не превышала заданное значение для большего тока, номинальный ток нагрузки больше номинального тока со стороны сети, поэтому расчет сечения провода будет производиться исходя из значения номинального тока нагрузки. Площадь поперечного сечения проводника рассчитывается согласно (3.7).

$$S_{np} = \frac{I_H}{J} = \frac{1,25}{3,5} = 0,357 \text{ (мм}^2\text{)}. \quad (3.7)$$

где S_{np} – площадь поперечного сечения проводника, мм².

Далее согласно формуле 3.8 рассчитывается диаметр проводника без учета изоляции.

$$d_{np} = 1,13 \cdot \sqrt{S_{np}} = 1,13 \cdot \sqrt{0,357} = 0,675 \text{ (мм)}. \quad (3.8)$$

где d_{np} – диаметр провода без учета изоляции, мм.

Для выполнения обмотки данного трансформатора исходя из результатов расчета был выбран обмоточный эмаль провод типа ПЭЭИД 2-200 номинальным диаметром без учёта изоляции 0,67 мм, в таблице 3.8 представлены технические характеристики.

Таблица 3.8 – Характеристики эмальпровода ПЭЭИД 2-200 номинальным диаметром 0,67 мм

Температура окружающей среды, °С	от - 60 до 180
Класс нагревостойкости	Н
Термопластичный поток, °С	320
Диаметр проводника, мм	0,67
Диаметр провода по изоляции, мм	0,749
Пробивное напряжение изоляции, В	4800

Для намотки любой обмотки необходимо посчитать количество витков, для трансформатора рассчитывается согласно (3.9)[9].

$$W = 45 \cdot \frac{U_C \cdot (1 - \frac{U'}{100})}{B_{MAX} \cdot S_{CT}} \quad (3.9)$$

где W – количество витков в обмотке;

U' – относительная величина полного падения напряжения в обмотках, %.

Относительная величина полного падения напряжения в обмотке выбирается по таблице 3.9. Для мощности нагрузки 114,75 Вт выбирается $U'=5\%$.

Таблица 3.9 – Относительная величина полного падения напряжения в обмотке U' , при суммарной мощности нагрузки P_H

Суммарная мощность нагрузки P_H , Вт	от 8 до 25	от 25 до 60	от 60 до 125	от 125 до 250	от 250 до 600
Относительная величина полного падения напряжения в обмотке U' , %	7	6	5	3,5	2,5

Подставим значения в (3.9):

$$W = 45 \frac{220 \cdot (1 - \frac{5}{100})}{1,65 \cdot 18,75} = 304.$$

Для обеспечения регулирования напряжения в заданных пределах, а именно от 0 до 100 В, посчитаем согласно (3.9) количество витков, по которым необходимо обеспечить передвижение контактного ролика, для этого вместо напряжения сети подставим верхний предел регулировки:

$$W_p = 45 \frac{100 \cdot (1 - \frac{5}{100})}{1,65 \cdot 18,75} = 138,18.$$

Получившиеся значение округляем до целого числа и получаем количество витков регулировочной части обмотки 138 витков.

Для обеспечения питания обмотки возбуждения генератора необходимо намотать вторичную обмотку, расчет количества витков производим согласно (3.9).

$$W_{ОВ} = 45 \frac{14 \cdot (1 - \frac{5}{100})}{1,65 \cdot 18,75} = 19,34.$$

Получившиеся значение округляем до целого числа и получаем количество витков вторичной обмотки 19 витков. Намотка вторичной обмотки выполнена тем же проводом что и первичная. В результате расчета был произведен расчет количества витков и сечения провода для намотки трансформатора с необходимыми характеристиками, и выбран обмоточный провод.

Крепление автотрансформатора к панели осуществляется с помощью потайных винтов М4х10.

3.1.6 Модуль питания

Внешний вид панели модуля питания представлен на рисунке 3.9.

Модуль питания предназначен для:

- ввода напряжения переменного тока 220В в лабораторный стенд;
- защиты стенда от токов короткого замыкания;
- гальванической развязки питающей сети и цепи стенда;
- подачи напряжения на модуль автотрансформатор.

Модуль содержит:

- двухполюсный автоматический выключатель QF1;
- трансформатор гальванической развязки.

Автоматический выключатель QF1 отключает питание всего стенда.

С тыльной стороны модуль закрыт защитным кожухом, который препятствует попаданию случайных предметов и пыли на внутренние части модуля, а также закрывает токоведущие части.

Автоматические воздушные выключатели (автоматы) служат для автоматического отключения электрической цепи при перегрузках, коротких замыканиях (КЗ), чрезмерном понижении напряжения питания, изменении направления мощности и т.п., а также для редких включений и отключений вручную номинальных токов нагрузки. Выключатели серии ВА47-29 производства «ИЭК» на данный момент являются достаточно распространенными, расцепитель в данном аппарате является комбинированным. Так как номинальный ток равен 1 А, а максимальный (кратковременный) ток равен 2 А, то выбираем автоматический выключатель ВА47-29 2P В1 – двухполюсный с номинальным рабочим током 1 А и характеристикой срабатывания электромагнитного расцепителя В ($I_{расц.} = 3I_{ном.}$).

Под автоматический выключатель ВА47-29 профрезеровано прямоугольное отверстие размерами 37x45 мм. Сам автоматический выключатель крепится на DIN-рейку, DIN-рейка крепится с помощью двух стоек и потайных винтов М4x60 к лицевой панели.

Трансформатор гальванической развязки предназначен для разделения питающей сети и цепи лабораторного стенда, за счет применения снижается вероятность поражения электрическим током студентов.

Выбор разделительного трансформатора производится по номинальной мощности и напряжению обмоток, так как номинальное напряжение питания стенда 220 В, а мощность 200 ВА выбирается трансформатор типа ТТП-200 в каталоге товаров интернет магазина ЧИП И ДИП [6].

3.2 Измерительная часть

Измерительная часть, состоит из двух модулей:

- модуль измерений электродвигателя;
- модуль измерений электрогенератора.

3.2.1 «Модуль измерений электродвигателя»

Предназначен для измерения частоты вращения вала двигателя, напряжения сети и напряжения на зажимах двигателя, а также для измерения тока цепи электродвигателя.

Внешний вид панели модуля представлен на рисунке 3.10.

Модуль содержит автоматический выключатель QF2 типа ВА 47-29, отключающий питание цепи электродвигателя. Так как номинальный ток равен 1,25 А, а максимальный (кратковременный) ток равен 5 А, то выбираем автоматический

выключатель ВА47-29 2Р В1 – двухполюсный с номинальным рабочим током 1 А и характеристикой срабатывания электромагнитного расцепителя В ($I_{расц.} = 3I_{ном.}$).



Рисунок 3.9 – Внешний вид панели модуля питания

Так как электромашинный агрегат остался без изменения то измерительные головки вместе с платами шунтов и добавочных сопротивлений остаются без изменения. Измерительные головки постоянного тока типа М906 с линейной шкалой.

На лицевой панели под измерительные головки типа М906 профрезерованы отверстия круглой формы диаметром 80 мм. Крепление к лицевой панели осуществляется с помощью болтов М3х25 с потайной головкой.

линейной шкалой, данные головки очень хорошо подходят к расположению их на панелях модулей.

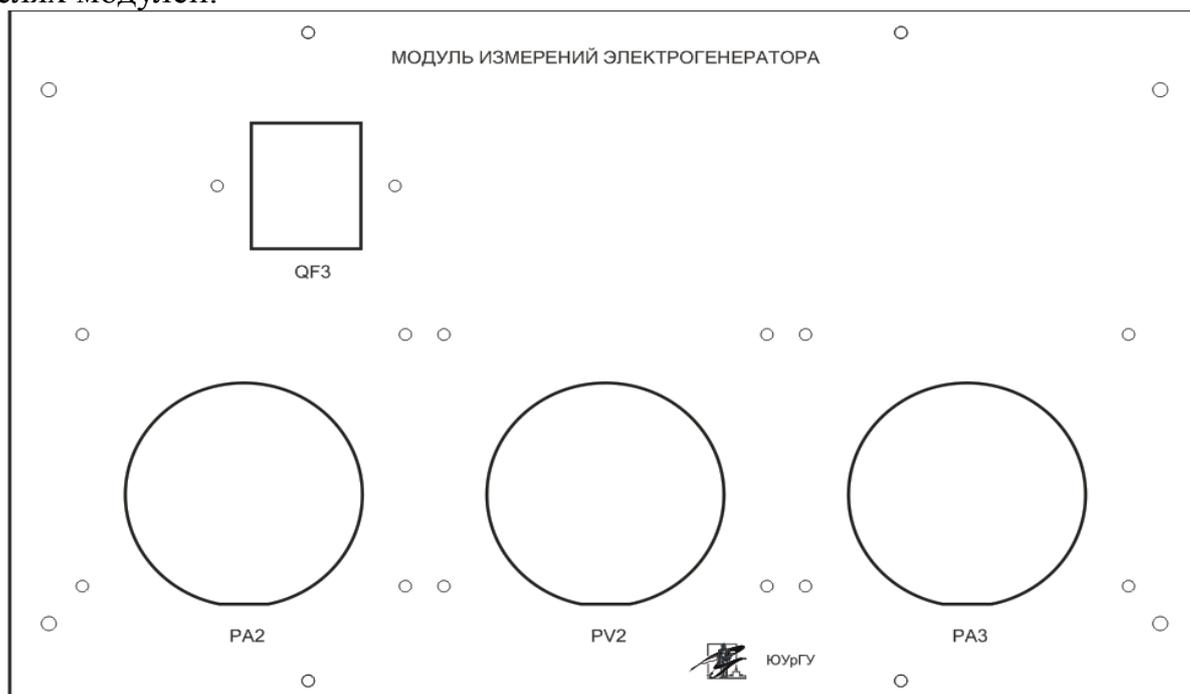


Рисунок 3.11 – Внешний вид панели модуля измерений электрогенератора

На лицевой панели под измерительные головки типа М906 профрезерованы отверстия круглой формы диаметром 80 мм. Крепление к лицевой панели осуществляется с помощью болтов М3х25 с потайной головкой.

3.3. Информационная часть

В информационную часть стенда входят:

- модуль «Схема для снятия характеристик электродвигателя последовательного возбуждения»;
- модуль питания;
- модуль измерений электрогенератора.

3.3.1 Модуль «Схема для снятия характеристик электродвигателя последовательного возбуждения»

Внешний вид панели модуля «Схема для снятия характеристик электродвигателя последовательного возбуждения» представлен на рисунке 3.12.

Модуль схемы подключений предназначен для упрощения работы студента, а именно для наглядного изображения связей между измерительными приборами, управляющими органами и электромашинным агрегатом.

3.3.2 Модуль питания

На лицевой стороне модуля питания приведены паспортные данные электрических машин электромашинного агрегата, данная информация служит для упро-

щения оформления отчета по лабораторной работе студентами. Внешний вид модуля питания представлен на рисунке 3.9.

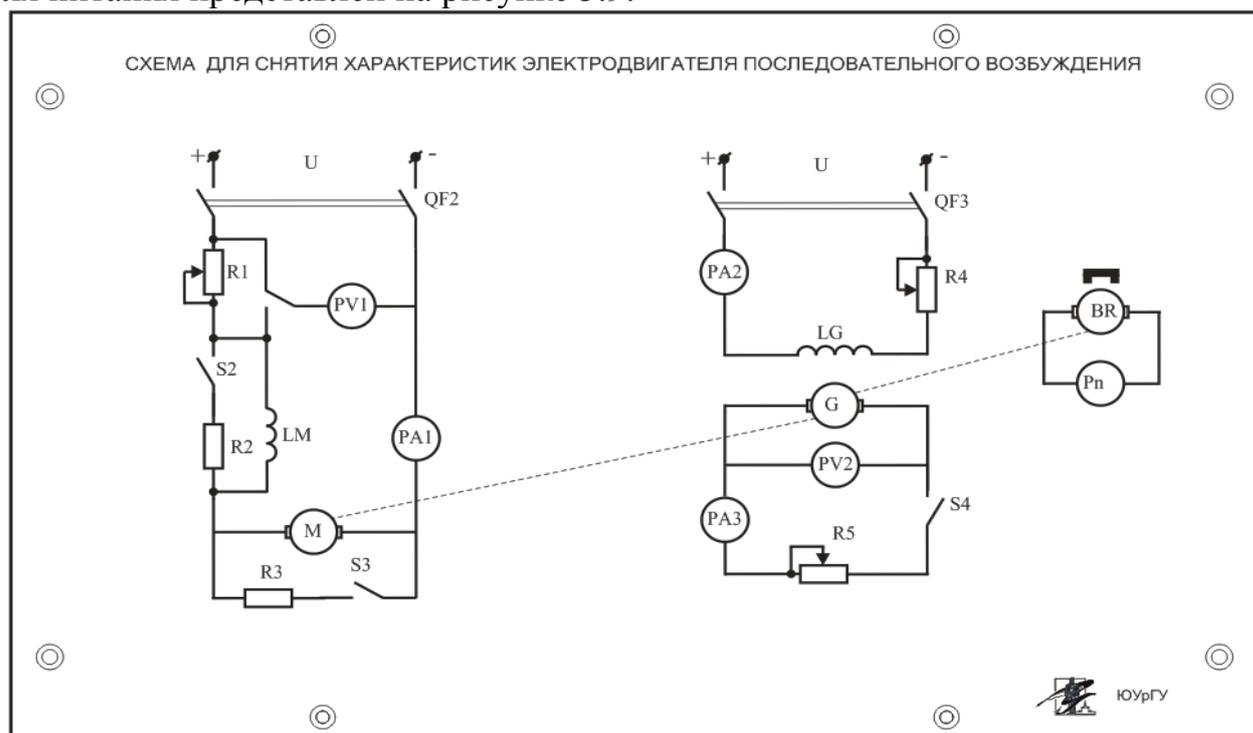


Рисунок 3.12 – Внешний вид панели модуля «Схема для снятия характеристик электродвигателя последовательного возбуждения»

3.3.3 Модуль измерений электрогенератора

На лицевой стороне модуля в верхнем правом углу, изображена зависимость суммарных потерь электрогенератора от частоты вращения вала, при постоянном токе возбуждения 1 А. Внешний вид модуля измерений электрогенератора представлен на рисунке 3.11.

3.4 Изготовление панелей лабораторного стенда

Изготовление панелей делится на 3 этапа.

3.4.1 Разработка внешнего вида панелей

За основу была взята модульная конструкция панелей взятая по примеру лаборатории 1-212, 1-306 филиала ЮУрГУ в городе Златоуст и предприятия производящее лабораторное оборудование ООО НПП Учтех-Профи филиал в г. Златоуст[2]. Модульная конструкция удобна при установке, эксплуатации и ремонте.

Для разработки панелей использовался графический редактор CorelDRAW.

CorelDRAW - это программа для создания и редактирования иллюстраций, основанная на принципах векторной графики. Это значит, что рисуете произвольный объект на печатной странице CorelDRAW[11], форма этого объекта описывается математическими формулами. При этом точность описания может достигать десятой доли микрона. Исходя из вышесказанного можно сказать что данный инструмент можно использовать для точного построения чертежей для различных механизмов обработки с числовым программным управлением (ЧПУ).

3.4.2 Фрезеровка

Изготовление панелей производилось на фрезерном станке Энкор «Корвет 412».

Фрезерный станок Энкор «Корвет-412» предназначен для выполнения фрезерных работ с различными материалами: металлами, сплавами, древесиной, пластиком. Станок может выполнять такие функции как сверление, фрезерование, проточка, зенковка, а также снятие фасок. Станок оснащен экономичным коллекторным двигателем, который потребляет 150 Вт. Ввиду малого потребления электричества станок можно использовать даже с электрогенераторами, где нет постоянного обеспечения электроснабжением, в гараже или на даче. Так же при работе на станке отсутствуют перегрузки в домашней сети электроснабжения. Двигатель оснащен плавким предохранителем, который предотвращает от перегрузки, а также сигнальной лампочкой, указывающей на необходимость отключения двигателя. Так же на станке установлен магнитный пускатель, который исключает самопроизвольный пуск двигателя, станок оснащен плавной регулировкой частоты вращения двигателя в двух диапазонах, имеет реверс работы двигателя, при необходимости имеется выбор быстрого или точного перемещения шпинделя и его наклона, контролируемого по шкале, имеется вертикальный ход шпиндельной бабки, кроме этого в станке предусмотрены ограничители и фиксаторы вертикального перемещения заготовок. Внешний вид фрезерного станка приведен на рисунке 3.13[12].



Рисунок 3.13 - Внешний вид фрезерного станка Энкор «Корвет-412»

3.4.3 Нанесение изображения

Нанесение изображения производилось путем наклеивания виниловой пленки с заранее нанесенным на неё изображением. На виниловую пленку наносится изображение путем печати на струйном принтере черно-белого изображения. После высыхания краски наклеивается еще одна, прозрачная пленка повышенной прочности, это сделано для того, чтобы изображение с пленки не выцвело и не стерлось.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Вывод по разделу три.

В данном разделе были разработаны лицевые панели модулей лабораторного стенда посредством программного обеспечения Corel DRAW X4, выбрано оборудование для модернизации. рассчитан многообмоточный трансформатор.

Описан процесс изготовления панелей, описано оборудование которое использовалось для изготовления панелей.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		35

4 РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ПРОЕКТА СТЕНДА

Трехмерное проектирование электрооборудования приобретает сегодня все большую популярность. Это обусловлено, с одной стороны, повышением требований к срокам проектирования изделий и качеству проектной документации, а с другой – доступностью специализированного программного обеспечения, способного решать широкий круг разнообразных задач. Если еще совсем недавно такие программные продукты были очень дороги, то теперь ситуация кардинально изменилась. И немаловажная роль в этом принадлежит Autodesk Inventor Professional, обладающему разнообразным инструментарием и потенциалом к интеграции с другими САПР. Например, он имеет в своем составе специальный модуль, предназначенный для проектирования проводных и кабельных соединений, позволяющий разрабатывать электромеханические изделия. С продуктом пользователь получает, в частности, базы данных электрических изделий и библиотеки проводов. Имеется возможность добавлять к деталям электрические контакты и затем размещать их в сборке. Помимо собственных богатых возможностей Inventor имеет потенциал к интеграции с другими САПР.

Важнейшим нововведением в 2016 версии продуктов AutoCAD Electrical и Autodesk Inventor появилась новая функция – Электромеханическая связь, которая связывает проект AutoCAD Electrical с проектом Autodesk Inventor и позволяет в режиме реального времени проводить обмен данными.

В электромеханическом проекте механические и электрические алгоритмы интегрируются для совместной работы при разработке продуктов. Для связывания проектов AutoCAD Electrical и Inventor создается файл электромеханической связи. Как только связь будет установлена, можно запустить обмен данными между проектами AutoCAD Electrical и Inventor посредством синхронизации[13].

Что на практике дает связывание проектов:

- связывать 2D-представление схемы с 3D-моделью;
- синхронизировать проектные данные в реальном времени;
- просматривать физические свойства (например, длину провода) в AutoCAD Electrical, что позволяет оценить его фактическую длину;
- экспортировать данные о компонентах, проводах и соединениях в формат Microsoft Excel для быстрых отчетов;
- автоматически прокладывать провода и кабели в Inventor в зависимости от соединений, определенных в AutoCAD Electrical;
- упрощение монтажных работ за счет наглядности.

Процесс разработки электромеханического проекта можно разбить на два этапа.

4.1.1 Разработка схемы проекта в AutoCAD Electrical

В AutoCAD Electrical необходимо произвести следующие операции:

- создать проект;
- создать чертеж;
- отрисовать схему с помощью меню графических образов;

- присвоить всем выводным концам элементов порядковые номера;
- присвоить всем элементам каталожные номера(необязательно);
- присвоить номера присоединительным проводам;
- указать типы проводников;
- создать файл электромеханической связи;
- экспортировать данные о присоединительных проводниках.

На рисунке 4.1 представлен результат создания проекта в AutoCAD Electrical.

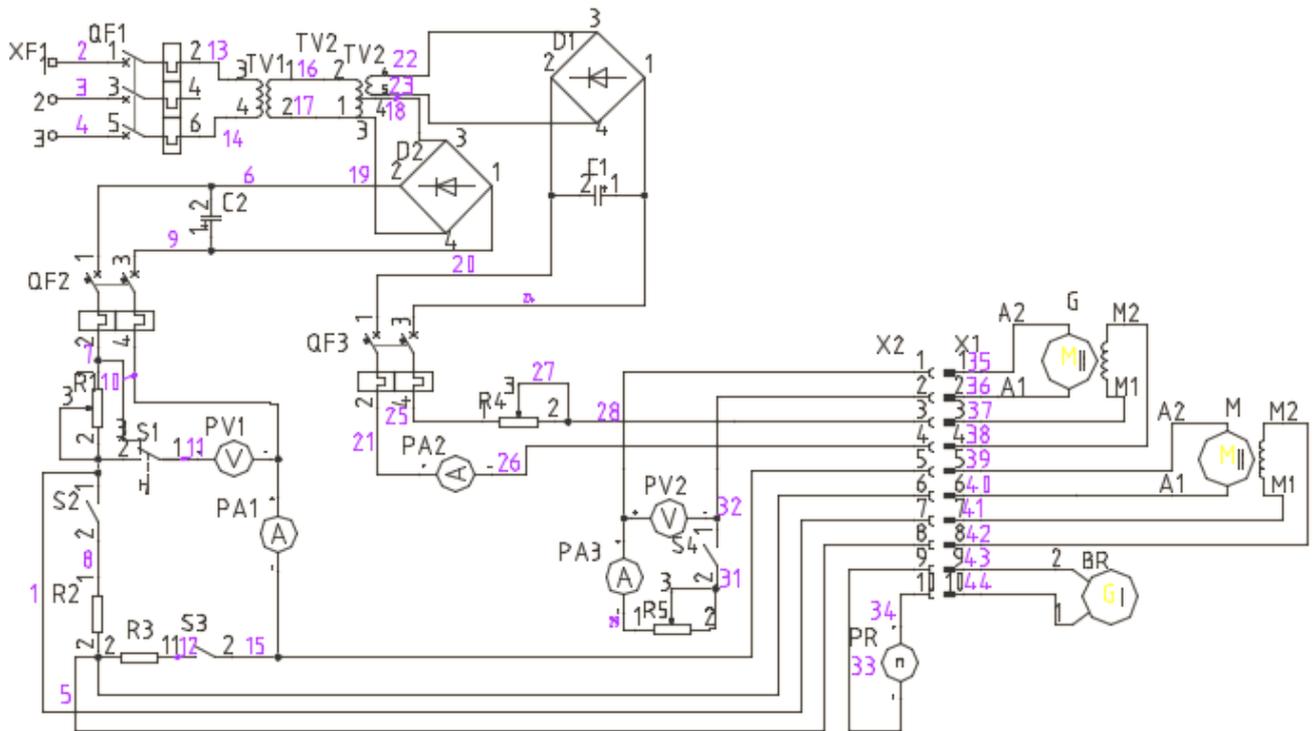


Рисунок 4.1 – Электрическая схема станка в AutoCAD Electrical

4.1.2 Разработка схемы проекта в Autodesk Inventor

В Autodesk Inventor необходимо произвести следующие операции:

- скачать бесплатные 3D модели от поставщика (перейти на сайт можно из самого Autodesk Inventor);
- объединить детали выполненные в виде сборки в неразделимое тело;
- указать на моделях контакты;
- создать новую сборку;
- вставить в новую сборку детали с контактами;
- с помощью команд «Зависимость» расставить детали;
- запустить команду «Прокладка кабелей»;
- загрузить файлы электромеханического проекта;
- импортировать данные о присоединительных проводниках;

Выводы по разделу четыре.

Несомненно визуализации прокладки проводов в САПР пакетах весьма трудоемкой, однако именно на этапе разработок принимается большая часть конструктивных решений, и благодаря 3D визуализации можно своевременно внести в проект будущего объекта существенные изменения без каких-либо технико-экономических затрат.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

5 РАЗРАБОТКА УЧЕБНОГО ПОСОБИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ВОЗБУЖДЕНИЯ»

5.1. Цель работы

Целью данной работы является ознакомление со способами пуска и регулирования частоты вращения двигателя постоянного тока последовательного возбуждения (ПРИЛОЖЕНИЕ А), а также исследование его рабочих и регулировочных свойств путем снятия соответствующих характеристик.

5.2. Схема двигателя и операция пуска

Для выполнения работы в лабораторном стенде реализована схема представленная на рисунке 5.1. Особенностью двигателя последовательного возбуждения является то, что без нагрузки двигатель развивает очень большую частоту вращения, или, как говорят, двигатель идет в разнос. Поэтому пуск двигателя в ход без нагрузки или полная разгрузка двигателя при работе недопустимы [14].

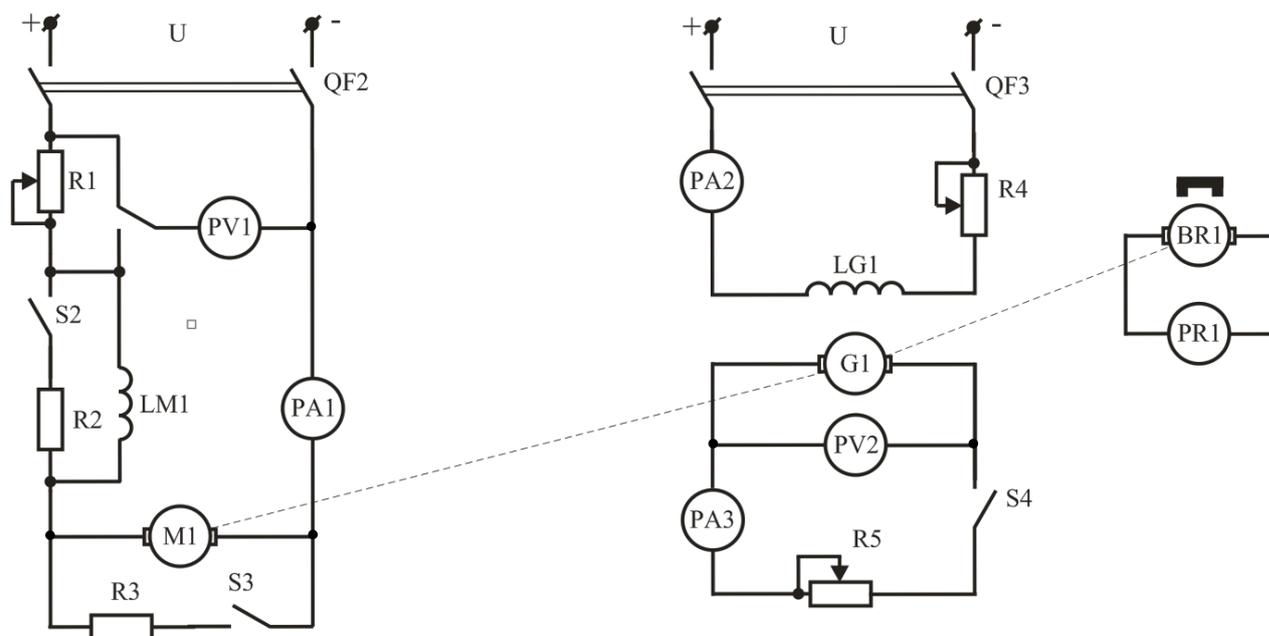


Рисунок 5.1 – Схема для снятия характеристик электродвигателя последовательного возбуждения

Перед пуском двигателя подается независимое питание на обмотку возбуждения нагрузочного генератора, а в цепь якоря последнего вводится нагрузочный реостат. Таким образом, создается нагрузочный момент на валу двигателя. После этого двигатель запускается с помощью пускового реостата или прямым включением в сеть.

Для поддержания постоянного напряжения на зажимах якоря двигателя в цепь включен автотрансформатор имеющий диапазон регулировки от 10 до 90 В.

Отключение двигателя производится отключением автоматического выключателя QF2.

При подготовке к работе следует ориентироваться на контрольные вопросы предыдущей работы учитывая особенности двигателя последовательного возбуждения.

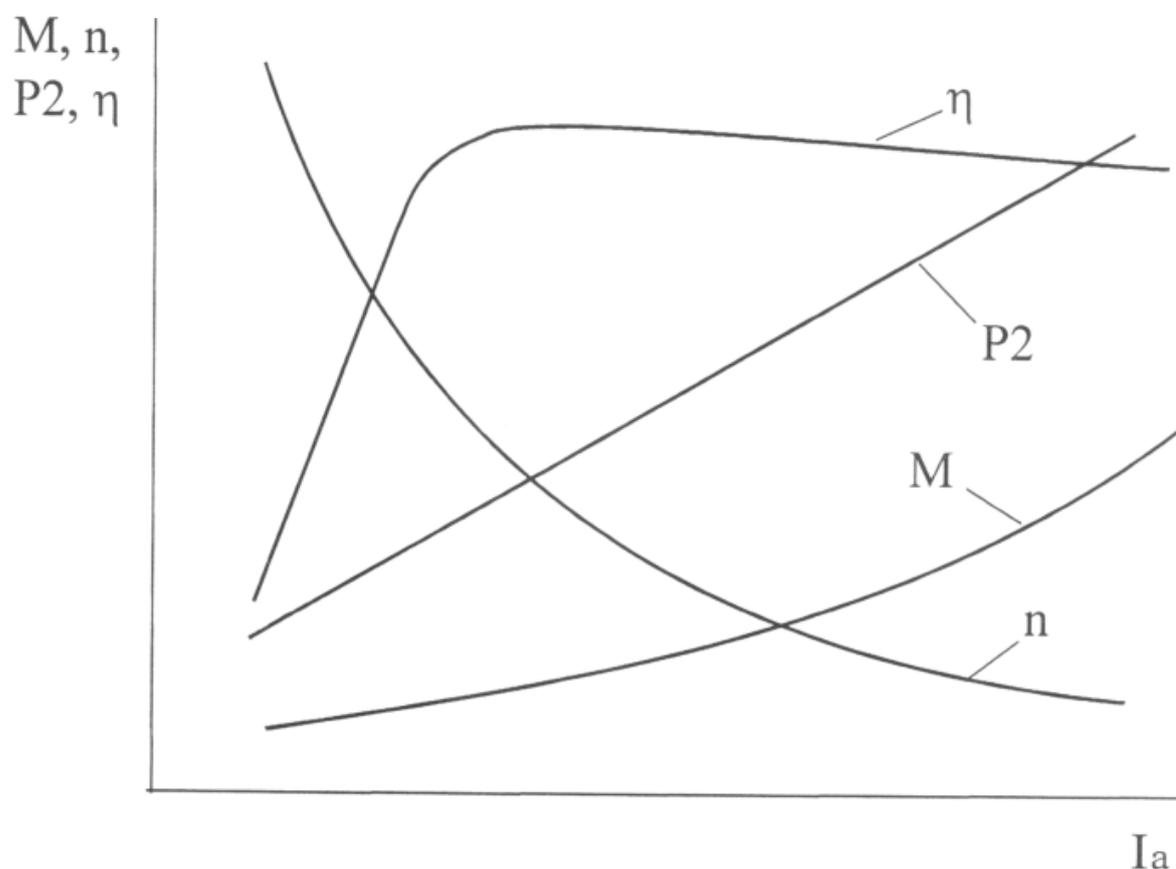


Рисунок 5.2 – Примерный вид рабочих характеристики двигателя последовательного возбуждения

5.5.2. Построение механических характеристик двигателя последовательного возбуждения

Естественная механическая характеристика представляет собой зависимость $n = f(M)$ при $U = \text{const}$ и $R1 = 0$,

причем обмотки якоря и возбуждения не шунтированы (ключи S1 и S2 разомкнуты).

Механическая характеристика, полученная при отсутствии каких-либо добавочных элементов в схеме двигателя, называется естественной. Механические характеристики, полученные при отличном от нуля сопротивлении R1, а также при шунтировании обмотки возбуждения резистором R2 или обмотки якоря резистором R3 называются искусственными механическими характеристиками [14]. Все четыре механические характеристики, полученные в лабораторной работе, следует построить на одном рисунке: естественную; при шунтировании обмотки возбуждения; при шунтировании обмотки якоря; при введении в цепь якоря регулирующего сопротивления R1. В отчете следует объяснить характер полученных зависимостей:

$$n = f(M) \text{ и } \text{КПД} = f(M).$$

По естественной механической характеристике определить процентное изменение частоты вращения вала двигателя при изменении относительного момента нагрузки в пределах от 0,25 до 1,0.

Расчетные соотношения.

Полезная мощность нагрузочного генератора:

$$P_{2г} = U_{аг} \cdot I_{аг}$$

Потери холостого хода генератора P_0 зависят от тока возбуждения, частоты вращения, определяются опытным путем и даются на стенде в виде графика.

Электрические потери в меди обмотки якоря нагрузочного генератора находят по формуле:

$$P_M = R_{а75}^0 \cdot I_{аг}^2$$

где $R_{а75}^0$ – сопротивление обмотки якоря генератора при рабочей температуре.

Электрические потери в щеточном контакте нагрузочного генератора

$$P_{эщ} = 2\Delta U_{щ} \cdot I_{аг}$$

Падение напряжения в переходном контакте щеток $2\Delta U_{щ}$ принять равным 2В на пару щеток.

Добавочные потери нагрузочного генератора (P_d). Добавочные потери в номинальном режиме принять равными 1% от номинальной мощности нагрузочного генератора. Для других нагрузок эти потери пересчитываются пропорционально квадрату тока нагрузки:

$$P_d = P_{дн} \frac{I_{аг}^2}{I_{аг\text{ ном}}^2},$$

где добавочные потери в номинальном режиме $P_{дн} = 0,01P_{2г\text{ ном}}$.

Полные потери нагрузочного генератора

$$P_{\Sigma} = P_0 + P_M + P_{эщ} + P_d.$$

5.6. Разработаны контрольные вопросы, для допуска к выполнению лабораторной работы

1. Области применения двигателей последовательного возбуждения.
 2. Устройство и принцип действия двигателя постоянного тока.
 3. Классификация двигателей постоянного тока (ДПТ) по способу возбуждения.
 4. Способы пуска ДПТ. Особенности пуска двигателя последовательного возбуждения.
 5. Каким образом можно изменить направление вращения ДПТ?
 6. Способы регулирования частоты вращения двигателя последовательного возбуждения.
 7. Рабочие характеристики двигателя последовательного возбуждения.
 8. Назначение элементов на электрической схеме лабораторного стенда.
- Назовите показания измерительных приборов при работе двигателя в номинальном режиме.

9. Вывести формулу механической характеристики двигателя последовательного возбуждения.

10. Как производится расчет полезной мощности двигателя в данной лабораторной работе?

Вывод по разделу пять.

В данном разделе было разработано учебное пособие к проведению лабораторной работы. Разработаны контрольные вопросы. Данное учебное пособие содержит методику проведения лабораторной работы и все необходимые расчетные соотношения для выполнения отчета о проделанной лабораторной работе.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

6 ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

В данном разделе на основе всех расходов связанных с модернизацией и монтажом учебного лабораторного стенда необходимо рассчитать полную себестоимость работы.

$$S = C_m + C_{зп} + C_{есн.} + C_a + C_{пр} \quad (6.1)$$

где C_m – материальные затраты;
 $C_{зп}$ – затраты на оплату труда;
 $C_{есн.}$ – расходы на социальные нужды;
 C_a – амортизация;
 $C_{пр}$ – прочие затраты.

В выпускной квалификационной работе приведены расчеты материальных затрат, а также расходы на монтаж и эксплуатацию учебного лабораторного стенда.

Составлена смета затрат на разработку и монтаж учебного лабораторного стенда по статьям:

В статье «материальные затраты» включена стоимость основных, вспомогательных материалов, покупных изделий и электроэнергии.

$$C_{см} = C_{ом} + C_{вм} + C_{пок} + C_{э}. \quad (6.2)$$

6.1 Стоимость основных материалов

Определяется по каждому модулю договорной ценой, руб. [15]:

$$C_{ом} = K \cdot \sum_{i=1}^n (M_i \cdot C_i) \quad (6.3)$$

где M_i – норма расхода данного материала на монтаж лабораторного модуля;
 C_i – договорная цена учетной единицы материала;
 K – коэффициент учитывающий транспортно-заготовительные расходы по материалу, принимается $K = 1,1$.

Результаты расчета по статье «основные материалы» представлены в таблице 6.1. Количество материалов в таблице указано с учетом расхода на весь разработанный стенд.

Таблица 6.1 – Статья основные материалы

Наименование	Количество, шт.	Цена, руб.	Сумма, руб.
Припой ПОС-61 100 гр. 3мм с канифолью	1	66,50	66,50
Флюс ЛТИ-120 (нейтральный) 25 мл	2	23,50	47,00
Керосин 500 гр.	1	68,00	68,00
Корпус лабораторного стенда	1	12000,00	12000,00
Итого ($C_{ом1}$):			12181,50

Стоимость основных материалов C_{OM} определяется по формуле

$$C_{OM} = 1,1 \cdot C_{OM1} \quad (6.4)$$

$$C_{OM} = 1,1 \cdot 12181,5 = 13399,65 \text{ руб.}$$

6.2 Расчет стоимости изделий

Для расчета стоимости изделий и полуфабрикатов составляется сводная спецификация представленная в таблицах 6.2 – 6.9.

Таблица 6.2 – Перечень используемых элементов модуля питания

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Лист алюминия (200x248x3 мм)	1	450,00	450,00
Виниловая пленка с изображением, самоклеящаяся (240x288 мм)	1	56,00	56,00
Винт М4x14 (потайной)	2	0,60	1,20
Винт М4x60 (потайной)	2	3,00	6,00
Шайба зубчатая М4	2	1,10	2,20
Гайка М4	2	0,02	0,04
Гайка самоконтрящаяся М4	4	1,40	5,60
Гайка самоконтрящаяся М3	4	1,00	4,00
Шайба увеличенная М4.2	4	0,22	0,88
Шайба увеличенная М3.2	4	0,12	0,48
Саморез с потайной головкой 4.2x16	4	1,25	5,00
Выключатель автоматический ИЭКМVA20-3-001-С	1	355,72	355,72
Трансформатор гальванической развязки ТТП-300 (220/220 В 1,36А)	1	1192,00	1192,00
DIN-рейка (80 мм)	1	9,00	9,00
Пластиковый кожух	1	300,00	300,00
Итого (C_{OM1}):			2388,12

Таблица 6.3 – Перечень используемых элементов модуль автотрансформатор

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Лист алюминия (200x248x3 мм)	1	450,00	450,00
Виниловая пленка с изображением, самоклеящаяся (240x288 мм)	1	56,00	56,00
Винт М4x14 (потайной)	2	0,60	1,20
Винт М4x10 (потайной)	4	0,50	2,00
Винт М4x60 (потайной)	2	3,00	6,00
Саморез с потайной головкой 4.2x16	4	1,25	5,00
Автотрансформатор SUNTEK 250ВА	1	2600,00	2600,00
Пластиковый кожух	1	300,00	300,00
Итого			3420,20

Таблица 6.4 – Перечень используемых элементов модуль измерений электродвигателя

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Лист алюминия (402x248x3 мм)	1	900,00	900,00
Виниловая пленка с изображением, самоклеящаяся (442x288 мм)	1	112,00	112,00
Винт М4х14 (потайной)	4	0,60	2,40
Винт М4х60 (потайной)	2	3,00	6,00
Винт М3х25 (потайной)	12	0,50	6,00
Шайба зубчатая М4	2	1,10	2,20
Гайка М4	2	0,02	0,04
Гайка самоконтрящаяся М4	4	1,40	5,60
Гайка самоконтрящаяся М3	12	1,00	12,00
Шайба увеличенная М4.2	4	0,22	0,88
Шайба увеличенная М3.2	12	0,12	1,44
Саморез с потайной головкой 4.2х16	8	1,25	10,00
Выключатель автоматический ИЭК MVA20-2-001-B	1	225,62	225,62
DIN-рейка (80 мм)	1	9,00	9,00
Пластиковый кожух	2	300,00	600,00
Итого:			1893,18

Таблица 6.5 – Перечень используемых элементов модуль измерений электрогенератора

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Лист алюминия (402x248x3 мм)	1	900,00	900,00
Виниловая пленка с изображением, самоклеящаяся (442x288 мм)	1	112,00	112,00
Винт М4х14 (потайной)	4	0,60	2,40
Винт М4х60 (потайной)	3	3,00	9,00
Винт М3х25 (потайной)	12	0,50	6,00
Шайба зубчатая М4	3	1,10	3,30
Гайка М4	3	0,02	0,06
Гайка самоконтрящаяся М4	6	1,40	8,40
Гайка самоконтрящаяся М3	12	1,00	12,00
Шайба увеличенная М4.2	6	0,22	1,32
Шайба увеличенная М3.2	12	0,12	1,44
Саморез с потайной головкой 4.2х16	8	1,25	10,00

Окончание таблицы 6.8

Виниловая пленка с изображением, самоклеящаяся (442x288 мм)	1	112,00	112,00
Тумблер KN3(B)-201A-A1	3	130,00	390,00
Переключатель KN3(C)-202AP-A2	1	120,00	120,00
Винт М4х14 (потайной)	2	0,60	1,20
Саморез с потайной головкой 4.2х16	4	1,25	5,00
Пластиковый кожух	1	300,00	300,00
Итого:			1828,20

Таблица 6.9 – Перечень используемых элементов модуля электромашинный агрегат

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Лист стальной (200х500х3 мм)	1	150,00	150,00
Лист стальной (200х500х2 мм)	1	105,00	105,00
Лист алюминия марки Д16АТ (180х180х18 мм)	1	1440,50	1440,50
Грунт аэрозольный, серый	1	170,00	170,00
Краска аэрозольная, белая	1	180,00	180,00
Винт М4-20 (потайной)	2	0,80	1,60
Шпилька М6-80	1	45,00	45,00
Винт DIN 912 М6-18	6	2,30	13,80
Винт DIN 912 М6-15	8	2,00	16,00
Винт М6 (потайной)	4	1,20	4,80
Гайка М6 (декоративная)	10	4,50	45,00
Шайба увеличенная М6	6	0,16	0,96
Гайка с прессшайбой М6	6	2,00	12,00
Гайка М6	4	0,60	2,40
Шайба для поликарбоната с EPDM прокладкой М22-10.5	4	7,00	28,00
DS1033-15F гнездо на блок	1	40,00	40,00
DS1033-15M вилка на кабель	1	42,00	42,00
DS1047-15, корпус к вилке	1	160,00	160,00
Подшипник М201	2	160,00	320,00
Провод ПУГВ 0,75	15	6,98	104,7
Итого:			2881,76

Таблица 6.10 – Сводная таблица по всем используемым модулям

Условное обозначение	Количество, шт.	Цена, руб./шт	Сумма, руб.
Модуль питания	1	2388,12	2388,12

Окончание таблицы 6.10

Модуль автотрансформатор	1	3420,20	3420,20
Модуль измерений электродвигателя	1	1893,18	1893,18
Модуль измерений электрогенератора	1	1900,54	1900,54
Модуль добавочных сопротивлений электродвигателя	1	1261,54	1261,54
Модуль добавочное и нагрузочное сопротивление электрогенератора	1	2268,47	2268,47
Модуль схема для снятия характеристик электродвигателя последовательного возбуждения	1	1828,20	1828,20
Модуль электромашинного агрегата	1	2881,76	2881,76
Основные материалы	1	12181,5	12181,5
Итого:			17842,01

Таким образом стоимость покупных элементов будет равна $C_{\text{пок}} = 17842,01$ руб.

Стоимость электроэнергии при модернизации и изготовлении лабораторного стенда $C_{\text{э}}$ руб., определяется по формуле

$$C_{\text{э}} = C_{\text{э}}^1 \cdot P, \quad (6.5)$$

где $C_{\text{э}}^1$ – тариф (стоимость) электроэнергии, $C_{\text{э}}^1 = 2,74$ руб/квт·ч;

P – количество единиц потребляемой электроэнергии, $P = 460$ квт·ч.

$$C_{\text{э}} = 2,74 \cdot 460 = 1260,4 \text{ руб.}$$

Стоимость сырья и материалов определяется $C_{\text{м}}$, руб.

$$C_{\text{м}} = 12181,5 + 17842,01 + 1260,4 = 31283,9 \text{ руб.}$$

Исходные данные о продолжительности выполнения этапов работ взяты, исходя из фактически затраченного времени, приведены в таблице 6.10.

Таблица 6.11 – Данные для расчета основной заработной платы

Этап работы	Выполняемая работа	Продолжительность выполняемой работы, дни
1	Постановка задачи	1
2	Разработка лицевых панелей модулей	10
3	Выбор и согласование оборудования	5
4	Фрезерование панелей модулей	6
5	Фрезерование подставки электромашинного агрегата	4
6	Наклейка наклеек	2
7	Сборка модулей (с учетом времени на закупку необходимых для сборки метизов и т.д.)	18
Итого:		46

В ходе проведенных расчетов, получили количество рабочих дней 46.

В модернизации участвует инженер и фрезеровщик, оклад инженера составляет $O_u = 25000$ руб., оклад фрезеровщика $O_\Phi = 20000$ руб. Инженер отработал 36 дней, а фрезеровщик 10 дней.

Время разработки комплекса $T'_{рк}$, мес.

$$T'_{рк} = \frac{T_{рк}}{D},$$

где $T_{рк}$ — время, затраченное на разработку всего комплекса, дни;

D — количество рабочих дней в месяце, $D = 20$ дней.

$$T'_{рк} = \frac{36}{20} = 1,8 \text{ мес.}$$

Основная заработная плата инженера $C_{ози}$, руб.

$$C_{оз} = O_u \cdot T'_{рк} \cdot (1 + k_{\text{пояс}})$$

где $k_{\text{пояс}}$ — региональный коэффициент.

$$C_{ози} = 25000 \cdot 1,8 \cdot 1,15 = 51750 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата инженера $C_{дзи}$, руб.

$$C_{дзи} = 0,1 \cdot C_{ози},$$

$$C_{дзи} = 0,1 \cdot 51750 = 5175 \text{ руб.}$$

Заработная плата состоит из основной заработной платы и дополнительной

$$ЗИ = 51750 + 5175 = 56925 \text{ руб.}$$

Время фрезеровки панелей и подставки электромашинного агрегата T_Φ , мес.

$$T'_\Phi = \frac{T_\Phi}{D},$$

где T_Φ — время, затраченное на фрезеровку панелей и подставки, дни.

$$T'_\Phi = \frac{10}{20} = 0,5,$$

Основная заработная плата инженера $C_{озф}$, руб.

$$C_{озф} = 20000 \cdot 0,5 \cdot 1,15 = 11500 \text{ руб.}$$

Дополнительная заработная плата инженера $C_{дзф}$, руб.

$$C_{дзф} = 0,1 \cdot C_{озф},$$

$$C_{дзф} = 0,1 \cdot 11500 = 1150 \text{ руб.}$$

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

Заработная плата состоит из основной заработной платы и дополнительной

$$ЗФ = 11500 + 1150 = 12650 \text{ руб.}$$

Сумма зарплат: $З = ЗИ + ЗФ = 56925 + 12650 = 69575$

6.3 Расходы на социальные нужды

Отчисления в пенсионный фонд, рассчитываются по формуле

$$O_{пф} = \frac{З \cdot P_{пс}}{100},$$

где $O_{пф}$ – размер отчислений в пенсионный фонд, руб;

$З$ – начисленная заработная плата, руб;

$P_{пс}$ – процент отчислений в пенсионный фонд, $P_{пс} = 22\%$.

$$O_{пф} = \frac{(56925 + 12650) \cdot 22}{100} = 15306,5 \text{ руб.}$$

Отчисления в фонд социального страхования РФ рассчитываются по формуле

$$O_{сс} = \frac{З \cdot P_{сс}}{100},$$

где $O_{сс}$ – размер отчислений в фонд социального страхования, руб;

$З$ – начисленная заработная плата, руб;

$P_{сс}$ – процент отчислений на социальное страхование, $P_{сс} = 2,9\%$.

$$O_{сс} = \frac{(56925 + 12650) \cdot 2,9}{100} = 2017,7 \text{ руб.}$$

Отчисления в фонд обязательного медицинского страхования производятся за счет издержек производства и обращения, рассчитываются по формуле

$$O_{мс} = \frac{З \cdot P_{мс}}{100},$$

где $O_{мс}$ – отчисления в фонд обязательного медицинского страхования;

$З$ – начисленная заработная плата и другие приравненные к ней выплаты;

$P_{мс}$ – установленный процент отчислений на обязательное медицинское страхование, $P_{мс} = 5,1\%$.

$$O_{мс} = \frac{(56925 + 12650) \cdot 5,1}{100} = 3548,3 \text{ руб.}$$

Общая сумма отчислений на социальные нужды определяется по формуле:

$$O_{сн} = O_{пф} + O_{сс} + O_{мс},$$

$$O_{сн} = 15306,5 + 2017,7 + 3548,3 = 20872,5 \text{ руб.}$$

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

Таким образом, общая сумма страховых платежей составляет 20875,5рублей.

6.4 Расчет суммы амортизационных отчислений

Виды основных средств и нормы амортизационных отчислений представлены в таблице 6.14.

Таблица 6.12 — Виды основных средств и нормы амортизационных отчислений

Виды основных средств	Годовая норма амортизационных отчислений H_{ai} , %	Балансовая стоимость i -той единицы основных средств $C_{офи}$, руб.	Годовая сумма амортизационных отчислений, руб.
Фрезерный станок	14	48950	6853
Принтер	14	3500	490
Персональный компьютер	14	28000	3920
Итого:			11263

Амортизационные отчисления по отдельным видам основных средств

$$A = \sum_{i=1}^n \frac{C_{офи} \cdot H_{ai}}{100},$$

где $C_{офи}$ — балансовая стоимость i -ой единицы основных средств, руб;
 H_{ai} — годовая норма амортизационных отчислений, %;
 n — число видов основных средств, $n = 3$.

$$A_{12} = \frac{3500 \cdot 14}{100} + \frac{28000 \cdot 14}{100} = 4410 \text{ руб.}$$

Принтер и персональный компьютер эксплуатируется 1,8 мес., значит

$$A = \frac{4410 \cdot 1,8}{12} = 661,5 \text{ руб.}$$

Фрезерный станок эксплуатируется 0,5 мес., значит

$$A = \frac{6853 \cdot 0,5}{12} = 285,5 \text{ руб.}$$

Сумма всех амортизационных отчислений

$$A = 661,5 + 285,5 = 947 \text{ руб.}$$

6.5 Исчисление суммы прочих расходов

Расчёт административно - управленческих затрат C_{ay} на разработку методического пособия лабораторного комплекса приведен в таблице 6.13.

Таблица 6.13 — Результаты расчета административно - управленческих затрат

Наименование статьи расходов	Время аренды/ работы/ энергопотребления, мес.	Стоимость использования, руб./мес.	Административно-управленческие затраты, руб.
Аренда помещения	1,8	2000	3600,00
Уборка помещения	1,8	500	900,00
Электроэнергия	1,8	300	540,00
Итого, C_{ay} :			5040,00

Из вышеперечисленных расчетов прочие затраты

$$П = C_{ay},$$

$$П = 5040 \text{руб.}$$

6.6. Общая смета затрат и отпускная стоимость проекта

Общая смета затрат на разработку и изготовление учебно-лабораторного стенда отражена в таблице 6.14.

Таблица 6.14 — Смета затрат на разработку и изготовление учебно-лабораторного стенда.

Статьи затрат	Сумма, руб.	Затраты в процентах от общей суммы, %
Материальные затраты	31283,90	24,5
Затраты на оплату труда	69575,00	54,5
Расходы на социальные нужды	20875,50	16,4
Амортизация	947,00	0,74
Прочие затраты	5040,00	3,86
Полная себестоимость (S)	127721,4	100

Вывод по разделу шесть.

В данном разделе на основе всех расходов связанных с модернизацией и монтажом лабораторного стенда произведен подсчет годовых эксплуатационных расходов, составлена смета затрат и рассчитана полная себестоимость проекта которая составила 127721 рублей 40 копеек.

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1 Краткое описание рабочего места

Лаборатория «Электрические машины» расположена в помещении на первом этаже трехэтажного кирпичного здания филиала ЮУрГУ в г.Златоусте.

Помещение лаборатории прямоугольной формы площадью 46,6 кв. м. с одним входом. Столы для проведения лабораторных работ располагаются в два ряда, в одном ряду шесть столов во втором четыре. Лабораторные столы оборудованы специальными рамами, на которых установлены модули, необходимые для проведения лабораторных работ.

7.2 Анализ опасных и вредных производственных факторов

Электромашинные агрегаты входящие в состав лабораторных комплексов имеют движущиеся части, при несоблюдении правил техники безопасности это способствует получению травм студентами при проведении лабораторных работ. Также имеет место вредное воздействие на людей электромагнитное излучение.

К вредным и опасным производственным факторам относятся:

а) физические факторы:

– пониженная влажность воздуха и повышенная температура в помещении; это приводит к быстрому утомлению человека, снижается его внимание, память, скорость реакции;

– недостаточная освещенность рабочего места студента затрудняет длительную работу, вызывает усталость глаз и способствует нервному напряжению;

– цветовое оформление помещения и спектральные характеристики используемого света; от этого зависит надежность приема информации студентом, психологическое и физическое состояние студента;

– электромагнитные факторы (электрический ток, повышенный уровень поля радиочастот, компьютер, являющийся источником электромагнитного излучения) влияют на нервную и сердечно-сосудистую систему человека;

б) психофизиологические факторы:

– физические перегрузки (гиподинамия);

– нервно-эмоциональные нагрузки (умственное перенапряжение, переутомление, перенапряжение зрительных, слуховых анализаторов, монотонность труда, эмоциональные перегрузки) [16].

7.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

Рабочее место студента укомплектовано необходимой технологической и организационной оснасткой; работа на лабораторном стенде осуществляется в режимах и условиях, предусмотренных действующей нормативно-технической документацией, в том числе в отношении освещения, микроклимата, шума, и т.д.

Параметр считается соответствующим требованиям, если его значение отклоняется от нормативного не более чем на ± 10 мм (по линейному параметру) и на 1° (по угловому параметру).

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

Для нормальной и высокопроизводительной работы в помещении лаборатории необходимо, чтобы метеорологические условия (температура, влажность и скорость движения воздуха), т.е. микроклимат, находились в определенных условиях.

Оптимальная температура воздуха, влажность, скорость движения воздушных масс на рабочих местах для легких работ должна соответствовать нормам согласно ГОСТ12.1.005-88. На рабочих местах для легких работ температура должна составлять от 20 до 25оС. Относительная влажность воздуха в теплый период года должна составлять от 30 до 60%, в холодный период – 70%, скорость движения воздуха в помещении в холодный период не должна превышать – 0,1 м/с.

Освещение в помещении является смешанным (естественным и искусственным). Освещенность поверхности рабочего стола должна находиться в пределах от 300 до 500 лк, а общая освещенность – не менее 400 лк.

Значительное влияние на работоспособность студентов оказывает уровень шума. В лабораторном комплексе источником звуковых колебаний являются электрические машины согласно ГОСТ 12.1.003-83 Допустимые уровни шумов в производственных помещениях максимально разрешенный уровень звукового давления на частоте 250Гц составляет 77дБА[17].

7.4 Охрана труда

Выполнение лабораторных работ возможно только не менее чем двумя студентами на одном лабораторном стенде. В лаборатории обязательно должен присутствовать преподаватель или лаборант, студенты должны быть ознакомлены с техникой безопасности, о чем должны подтвердить подписью в соответствующем журнале. Для получения допуска на выполнения лабораторных работ, студентам необходимо ответить на теоретические вопросы преподавателю.

Для защиты студентов от получения травм вращающимися механическими частями электропривода обязательно использование защитных кожухов, закрывающих валы электрических машин и соединяющую их упругую муфту.

Для защиты от поражения электрическим током при проектировании учебного оборудования стоит уделить особое внимание на:

- обеспечение недоступности токоведущих частей, находящихся под напряжением, для случайного прикосновения;
- гальваническое разделение сети;
- устранение опасности поражения при появлении напряжения на корпусах, кожухах и других частях электрооборудования, что достигается применением малых напряжений, использованием двойной изоляции, выравниванием потенциала защитным заземлением, защитным отключением, применением специальных электрозащитных средств — переносных приборов и приспособлений;
- организация безопасной эксплуатации электроустановок.

К учебному лабораторному стенду от распределительного щита подведено напряжение переменного тока 220 В. Для обеспечения безопасного проведения лабораторных работ все стенды заземляются. Стенды состоят из корпуса и при-

крепленных к нему модулей. Стенд снабжен принципиальной схемой и имеет инструкцию по технике безопасности. В схеме стенда предусмотрен сетевой вольтметр, свидетельствующий о наличии напряжения. Все электрооборудование находится в зоне прямой видимости.

Предусмотрена защита электрооборудования от токов короткого замыкания и других ненормальных режимов работы, аварийное отключение производится автоматическими выключателями, встроенными в модули «МП», «МИЭД» и «МИЭГ».

В лаборатории запрещается находиться в верхней одежде, нельзя шуметь, курить. Перед началом работ необходимо ознакомиться с расположением выключателя со стороны, питающей сети. Все действия с электрооборудованием можно производить с разрешения старшего лаборанта. Запрещается работать с незаземленным оборудованием, загромождать рабочее место оборудованием, не относящимся к выполняемой работе. Не переходить без разрешения лаборанта с одного рабочего места на другое, выполнять какие-либо работы, не относящиеся к порученной работе. После выполнения работ привести в порядок рабочее место. При несчастном случае пострадавшему необходимо оказать первую помощь и сообщить немедленно лаборанту.

7.5 Производственная санитария

Вид трудовой деятельности, тяжесть и напряженность работ устанавливаются на основе аттестации рабочих мест по условиям труда. Выполнение лабораторных работ можно отнести к первой категории тяжести, при этом физические усилия составляют до 174 Вт. Такие работы выполняются сидя или стоя, не требуют систематического мышечного напряжения[18].

Для обеспечения поддержания параметров микроклимата в соответствии с «Санитарными нормами микроклимата производственных помещений» СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» для категорий работ 1а – 1б рекомендуется применять системы вентиляции и отопления.

Мероприятия по оздоровлению воздушной среды разрабатываются для конкретного лабораторного помещения с учетом реально сложившихся причин загрязнения воздуха и климатического дискомфорта (например, скопление пыли в результате присутствия статических полей, пониженная влажность из-за действия систем отопления и нагреваемых частей аппаратуры).

Для поддержания заданных значений температуры и влажности в лабораторных помещениях рекомендуется применять кондиционирование и вентиляцию. Вентиляция воздуха в лаборатории обеспечивается путем воздухообмена в помещении в результате действия ветрового и теплового напором, получаемых из-за разной плотности воздуха снаружи и внутри лаборатории. Организованная естественная вентиляция осуществляется аэрацией. Аэрация предусматривает бесканальный обмен воздуха через окна, форточки, двери и т.п.

Естественное освещение в помещении осуществляется в виде бокового освещения через оконные проемы.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

По конструктивному исполнению различают следующие системы искусственного освещения:

– общее – освещение, при котором светильники размещаются в верхней зоне помещения равномерно (общее равномерное освещение) или применительно к расположению оборудования;

– комбинированное – освещение, при котором к общему освещению добавляется местное, концентрирующее световой поток непосредственно на рабочем месте.

Расчет искусственного освещения.

Оценка существующей системы искусственного освещения производится путем сравнения фактической освещенности (E_{ϕ}) производственного помещения с нормативной освещенностью ($E_{н}$), необходимой для выполнения зрительной работы в данном помещении.

Расчет E_{ϕ} производится по формуле:

$$E_{\phi} = \frac{\Phi \cdot N \cdot n \cdot \eta}{100 \cdot S \cdot z \cdot k_3},$$

где Φ – световой поток одной лампы, лм;

N – количество светильников в помещении;

n – количество ламп в одном светильнике,

η – коэффициент использования светового потока, %;

S – площадь помещения, м²;

z – коэффициент минимальной освещенности;

k_3 – коэффициент запаса.

Для данной лаборатории: $N = 9$; $n = 4$; $z = 1,1$ (люминесцентные лампы).

Для нахождения η рассчитаем индекс помещения i :

$$i = \frac{A \cdot B}{H_{\Pi} \cdot (A + B)},$$

где A и B – длина и ширина помещений;

H_{Π} – высота от светильника до рабочей поверхности.

Для данной лаборатории: $A = 8$ м; $B = 5,7$ м.

$$S = A \cdot B = 8 \cdot 5,7 = 45,6 \text{ м}^2.$$

$$H_{\Pi} = H - h_p - h_c,$$

где $H = 3$ м – высота потолка

$h_p = 0,8$ м – высота рабочей поверхности;

$h_c = 0,06$ м – высота светильника,

$$H_{\Pi} = 3 - 0,8 - 0,06 = 2,1 \text{ м.}$$

$$i = \frac{8 \cdot 5,7}{2,66 \cdot (8 + 5,7)} = 1,25.$$

По приблизительным значениям коэффициентов отражения стен и потолка находим коэффициент отражения (Р, %) в зависимости от характера отражающей поверхности, а именно, побеленный потолок, побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами (Р = 70%) [19].

Находим коэффициент использования светового потока для светильников типа ЛД20 с люминесцентными лампами накаливания в зависимости от индекса помещения и коэффициента отражения ($\eta = 24\%$) [19].

Находим $k_3 = 1,5$ (с малым выделение дыма, пыли и копоти) [19].

Находим световой поток одной лампы типа ЛД20 мощностью 40 Вт: $\Phi = 2300$ лм [19].

Рассчитываем E_Φ :

$$E_\Phi = \frac{2300 \cdot 9 \cdot 4 \cdot 24}{100 \cdot 45,6 \cdot 1,1 \cdot 1,5} = 264 \text{ лк.}$$

Полученное значение рабочего освещения E_Φ удовлетворяет нормативному значению искусственного освещения в помещении E_H .

Расчет естественного освещения.

Расчет осуществляется для установления соответствия условий освещенности на рабочем месте. Для этого определяем минимальную величину коэффициента естественного освещения e_{\min} по формуле:

$$e_{\min} = \frac{100 \cdot S_o \cdot \tau \cdot r}{S_n \cdot \eta \cdot k_{зд} \cdot k_3},$$

где S_o, S_n – площади окна и пола помещения соответственно, m^2 ;

τ – общий коэффициент светопропускания, определяется по формуле:

$$\tau = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4,$$

где τ_1 – коэффициент светопропускания материала (для двойного стекла $\tau_1 = 0,9$);

τ_2 – коэффициент, учитывающий потери света в переплетах светопроема (для деревянных и стальных спаренных рам $\tau_2 = 0,7$);

τ_3 – коэффициент, учитывающий потери света в несущих конструкциях (при боковом освещении $\tau_3 = 1$);

τ_4 – коэффициент, учитывающий потери света в солнцезащитных устройствах (для вертикальных $\tau_4 = 0,75$);

$$\tau = 0,9 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 0,75 = 0,5.$$

где r – коэффициент, учитывающий повышение естественной освещенности от отраженного света ($r = 3,0$ для бокового одностороннего освещения);

η – световая характеристика окна (определяется в зависимости от отношения А и В и отношения В к его высоте от уровня рабочей поверхности до верха окна $h = 2,17$ м);

$k_{зд}$ – коэффициент, учитывающий затенение окон противостоящим зданием ($k_{зд} = 1,2$);

k_3 – коэффициент запаса (для помещений с количеством пыли менее 1 мг/м³ равен 1,5) [20].

Для данной аудитории $S_0 = 3,67 \text{ м}^2$; $S_n = 45,6 \text{ м}^2$; $\eta = 10,5$, тогда:

$$e_{\min} = \frac{100 \cdot 3,7 \cdot 0,5 \cdot 3}{45,6 \cdot 10,5 \cdot 1,2 \cdot 1,5} = 0,64\% .$$

Полученное значение естественной освещенности вполне достаточно для работы.

Рациональный режим труда и отдыха работников, установленный с учетом психофизиологической напряженности труда, динамики функционального состояния систем организма и работоспособности, предусматривает строгое соблюдение регламентированных перерывов. Для студентов это перерыв между учебными занятиями, который составляет 10 минут. Для обслуживающего персонала — лаборантов, рабочий день которых составляет 8 часов, основным перерывом является перерыв на обед. В соответствии с особенностями трудовой деятельности и характером функциональных изменений со стороны различных систем организма в режиме труда должны быть введены два или три регламентированных перерыва длительностью 10 минут каждый.

7.6 Эргономика и производственная эстетика

Кроме освещенности большое влияние на деятельность оказывает цветовое оформление помещения и спектральные характеристики используемого света. Рекомендуется применение тонов теплой гаммы, что создает впечатление бодрости, возбуждения и замедленного течения времени, а также вызывает у человека ощущение тепла.

Рациональный режим труда и отдыха работников, установленный с учетом психофизиологической напряженности труда, динамики функционального состояния систем организма и работоспособности, предусматривает строгое соблюдение регламентированных перерывов. Для студентов это перерыв между учебными занятиями, который составляет 10 минут. Для обслуживающего персонала — лаборантов, рабочий день которых составляет 8 часов, основным перерывом является перерыв на обед. В соответствии с особенностями трудовой деятельности и характером функциональных изменений со стороны различных систем организма в режиме труда должны быть введены два или три регламентированных перерыва длительностью 10 минут каждый.

7.7 Экологическая безопасность

К основным физическим факторам окружающей среды, оказывающим негативное воздействие на здоровье человека, относятся шум, вибрация, электромагнитные излучения, электрический ток.

Шум представляет собой комплекс звуков, вызывающих неприятные ощущения, в крайнем случае – разрушение органов слуха.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Вибрация представляет собой сложный колебательный процесс с широким диапазоном частот, возникающий в результате передачи колебательной энергии от какого-то механического источника.

Источниками электромагнитного излучения служат радиолокационные, радио- и телевизионные станции, различные промышленные установки, приборы, в том числе бытового назначения.

Электрическое поле в значительной степени оказывает вредное воздействие на человека. По характеру воздействия различают три уровня:

– непосредственное воздействие, проявляющееся при пребывании в электрическом поле; эффект этого воздействия усиливается с увеличением напряженности поля и времени пребывания в нем;

– воздействие импульсных разрядов (импульсного тока), возникающих при прикосновении человека к изолированным от земли конструкциям, корпусам машин и механизмов на пневматическом ходу и протяженным проводникам или при прикосновении человека, изолированного от земли, к растениям, заземленным конструкциям и другим заземленным объектам;

– воздействие тока, проходящего через человека, находящегося в контакте с изолированными от земли объектами – крупногабаритными предметами, машинами и механизмами, протяженными проводниками – тока стекания.

Учебные лабораторные стенды с экологической точки зрения не представляют опасности.

Элементы, входящие в состав схем, не опасны для здоровья людей и не являются загрязнителями окружающей среды. Электромашинный агрегат лабораторного стенда является источниками вибрации, но прикреплен к общему основанию посредством виброгасящих прокладок, в результате чего вибрация сводится к минимуму. Единственным источником шума также является электромашинный агрегат, но уровень шума, создаваемый ими не превышает допустимых норм. Измерительное оборудование является источником электромагнитного излучения и потребляет электрический ток (как и сам лабораторный стенд), но так как студенты выполняют лабораторные работы в течение короткого времени и измерительное оборудование располагается на расстоянии от них, вредного влияния на организм и на окружающую среду не оказывается.

В процессе работы студентов в лаборатории образуются отходы, к которым относятся бумага, гибкие проводники, электронные элементы модулей, лампы накаливания. Эти отходы утилизируются в контейнерах для мусора. За утилизацию твердых отходов филиал производит налоговые отчисления.

7.8 Противопожарная и взрывобезопасность

Пожары представляют собой особую опасность, так как вызывают большие материальные потери. Пожар может возникнуть при взаимодействии горючих веществ и окислителя при наличии источника зажигания. Горючими компонентами являются строительные материалы отделки помещения, двери, полы, обмотки радиотехнических деталей и прочее. Источниками зажигания могут стать электронные схемы, устройства питания, где в результате различных нарушений могут об-

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		62

разоваться перегретые элементы, электрические искры и дуги, способные вызвать возгорание горючих элементов. Опасность взрыва отсутствует.

Успех ликвидации пожара зависит, прежде всего, от быстроты оповещения о его начале. Поэтому помещение необходимо оборудовать пожарной сигнализацией.

Первичные средства пожаротушения для помещения определяются согласно ГОСТ 12.1.004 - 91[21].

Для ликвидации пожаров в начальной стадии применяются первичные средства пожаротушения: огнетушители ручные и передвижные; сухой песок; асбестовые одеяла и другие. Типы применяемых огнетушителей: ОХП-10, ОХВП-10, ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, ОП-5-07. Для ликвидации пожаров в лаборатории огнетушитель установлен в доступных и заметных местах: в коридорах, на площадках, лестничных клетках.

В лаборатории «Электрические машины» применяется огнетушитель порошковый ОП-5-02 СП9.13130.2009, для тушения классов пожаров В, С, Е до 1000 В.

Снижение пожарной опасности может быть достигнуто проведением ряда технических и организационных мероприятий для предупреждения пожаров.

Организационно-технические мероприятия по пожарной безопасности включают в себя следующее:

- а) включение вопросов пожарной профилактики во все инструктажи по технике безопасности;
- б) запрет курения в неполюженном месте;
- в) назначение ответственного за пожарную безопасность;
- г) контроль изоляции и состояние электропроводки с периодичностью 1 раз в год;
- д) применение плакатов наглядной агитации по пожарной безопасности.

Также необходимо раз в квартал производить очистку от пыли всех узлов и частей лабораторных стендов. Запрещается в лаборатории курить, применять электронагревательные приборы, включать и выключать электросеть во время работы с легковоспламеняющимися жидкостями. Запрещается оставлять без наблюдения включенную в сеть аппаратуру.

7.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

При возникновении чрезвычайных ситуаций (ЧС) решается комплекс специальных задач по ликвидации последствий, важнейшим из которых является проведение спасательных и других неотложных работ, направленных на спасение жизни и сохранение здоровья людей, на локализацию зон чрезвычайных ситуаций, прекращение действия характерных для нее опасных факторов. Мероприятия по подготовке и проведению спасательных и других неотложных работ в зоне ЧС тесно связаны с мероприятиями по обеспечению устойчивости работы объекта. Мероприятия по повышению устойчивости работы объектов будут экономически обоснованы, если они максимально увязаны с задачами, решаемыми в период без-

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

аварийной работы объекта, улучшения условий труда, совершенствования производственного процесса.

Лаборатория расположена в здании филиала. Наиболее вероятными стихийными бедствиями, которые могут возникнуть в районе расположения филиала, являются подтопление и выброс ядовитых веществ в атмосферу.

В районе расположения филиала находятся несколько предприятий, которые в своем технологическом процессе используют ядовитые вещества, такие как мышьяк и аммиак. При возникновении аварийной ситуации на предприятии возможна разгерметизация емкости для хранения ядовитых веществ; нарушение технологического процесса; террористический акт и другие, появляется опасность выброса вредных веществ в атмосферу. Облако ядовитых веществ может быстро распространиться по району, в котором расположен филиал ЮУрГУ, в результате чего может произойти массовое отравление людей.

Противопожарная профилактика – комплекс организационных и технических мероприятий по предупреждению, локализации и ликвидации пожаров, а также по обеспечению безопасной эвакуации людей и материальных ценностей в случае пожара.

Противопожарная профилактика в зданиях обеспечивается: правильным выбором огнестойкости лаборатории и пределов огнестойкости отделочных элементов и конструкций; ограничением распространения огня в случае возникновения очага пожара; применением систем противодымовой защиты; безопасной эвакуацией людей; применением средств пожарной сигнализации, извещения и пожаротушения; организацией пожарной охраны.

Вывод по разделу семь.

В данном разделе рассмотрены основные вопросы охраны труда, противопожарной охраны и взрывобезопасности, произведен анализ производственных и экологических опасностей, организации рабочих мест, установлены параметры микроклимата. Лабораторные комплексы с экологической точки зрения не представляют опасности. Элементы, входящие в состав схем, не опасны для здоровья людей и не являются загрязнителями окружающей среды. Шум и вибрация сведены к минимуму.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения выпускной квалификационной работы была произведена модернизация лабораторного стенда «Исследование электродвигателя последовательного возбуждения».

Произведен анализ имеющегося лабораторного стенда, в результате чего было выявлено, что электромашинный агрегат не выходит на номинальный режим. Установлено что имеющийся стенд собран из материалов не отвечающим современным требованиям пожарной безопасности. В результате принято решение о модернизации лабораторного стенда, разработка внешнего вида панелей лабораторного стенда происходила с использованием современного программного обеспечения.

Проведен анализ универсальных программных пакетов и специализированных средств 3D моделирования и проектирования принципиальных электрических схем. После чего в качестве среды для для 3D моделирования была выбрана программа Autodesk Inventor. Выбранная программа позволяет разрабатывать, производить измерения электрических величин, самостоятельно усложнять и совершенствовать модели с помощью имеющейся обширной элементной базы.

В экономической части разработана смета затрат на проект. Суммарная стоимость затрат на разработку модернизацию лабораторного стенда составила 127721 руб., но благодаря использованию и ремонту имеющихся устройств, а также самостоятельного изготовления панелей, удалось уложиться в 17842,01 руб.

В результате рассмотрения вопросов охраны труда проанализированы вредные и опасные производственные факторы, предложены и внедрены мероприятия по устранению или снижению их вредного воздействия, а также мероприятия по противопожарной охране, обеспечению безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций.

Полученный качественный эффект:

- применение современного лабораторного стенда учебном процессе по дисциплине «Электрические машины»;
- возможность подготовки квалифицированных инженеров, обладающих навыками анализа работы электрических машин.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Федеральный Государственный Образовательный Стандарт третьего поколения плюс.- М.: Изд-во Министерства образования РФ, 2015. – 21 с.
2. ООО НПП «Утех-Профи»- научно-производственное предприятие.- <http://labstand.ru/>
- 3.НТП «Центр» - научно-техническое предприятие. - <http://ntpcentr.com/ru/>
4. ГОСТ 28884-90 Ряды предпочтительных значений для резисторов и конденсаторов. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 12 с.
5. ГОСТ 9663-75 Резисторы. Ряд номинальных мощностей рассеяния. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 3 с.
6. ЧИП И ДИП - интернет магазин радиоэлектроники - <https://www.chipdip.ru/>
7. Паспорт: Автотрансформатор регулировочный типа-АРБ-250. – Воронеж: Библиотека Ладовед ОСР Войкин Ю. В. ,2008. –4с.
8. Гельман, М.В. Преобразовательная техника: учебное пособие / М.В. Гельман, М.М. Дудкин, К.А. Преображенский. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2009. – 425 с.
9. Расчет трансформатора с тороидальным сердечником. – http://automotogarage.ru/equipment/electrical/calculation_of_toroidal_transformer/
10. ГОСТ 802-58 Сортамент черных металлов. – М.: Изд-во комитета стандартов, 1969. – 20 с.
11. CorelDRAW - графический редактор.- <http://corel.ru/>
12. 220-Вольт - интернет магазин электроинструмента - <http://www.220-volt.ru/catalog-58704/>
13. AutoDesk - программный комплекс для автоматического проектирования.- <https://www.autodesk.ru/>
14. Вигриянов, П.Г. Электрические машины., Учебное пособие к лабораторным работам, П.Г. Вигриянов. - Ч.: Изд-во ЮУрГУ, 2005. – 38 с.
15. Великанов К.М., и др. Экономика и организация производства в дипломных работах: учебное пособие для машиностроительной специальности вузов/ изд. 2-е перераб. и доп. под ред. К.М. Великанова. - М.: Изд-во Машиностроение, 1973.
16. Трофимова, С.Н. Методические рекомендации для студентов электротехнических специальностей. Выполнение раздела «Безопасность жизнедеятельности» в дипломном проекте, С.Н. Трофимова. – Ч.: Изд-во ЮУрГУ, 2012. – 30 с.
17. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 31 с.
18. СНиП 23-03-2003 Защита от шума. – М.: Изд-во стандартов, 2003. – 25 с.
19. СНиП 23-05-95 Естественное и искусственное освещение. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 21 с.
21. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 67 с.

					13.03.02.2017.332.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66