

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт _____ ИнЭО _____
Специальность _____ Электромеханика _____
Кафедра _____ Электротехнических комплексов и материалов _____

ДИПЛОМНЫЙ ПРОЕКТ/РАБОТА

Тема работы
Проектирование асинхронный двигатель для привода мостового крана <u>УДК_621.313.333.1:621.874.8</u>

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Кушбаев Зухриддин Хусниддинович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Бейерлейн Е.В.	кан.тех.наук		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Электромагнитный расчет, специальная часть»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Бейерлейн Е.В.	кан.тех.наук		

По разделу «Технология производства»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭКМ	Баранов П.Р.	канд.тех.наук		

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н.Г.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Сечин А.А.	кан.эко.наук		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
ЭКМ	Гарганеев А.Г.	д.т.н, профессор		

Запланированные результаты обучения 140601 Электромеханика

P1 Способность понимать и анализировать социальные и экономические проблемы и процессы; готовность применять базовые методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности.

P2 Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование современных технических средств и информационных технологий в профессиональной области для решения коммуникативных задач.

P3 Способность самостоятельно применять методы и средства познания, обучения и самоконтроля; осознавать перспективность интеллектуального, культурного, нравственного, физического и профессионального саморазвития и самосовершенствования; уметь критически оценивать свои достоинства и недостатки.

P4 Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства коллективом исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами; уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.

P5 Демонстрировать знание социальных, правовых, культурных и экологических аспектов профессиональной деятельности, знание вопросов охраны здоровья, безопасности жизнедеятельности и труда на электроэнергетических и электротехнических производствах.

P6 Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, в том числе на иностранном языке; анализировать существующую и разрабатывать самостоятельно техническую документацию; четко излагать и защищать результаты профессиональной деятельности.

Общепрофессиональные компетенции

P7 Способность применять основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности с целью моделирования элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники.

P8 Способность применять стандартные методы расчета и средства автоматизации проектирования; принимать участие в выборе и проектировании элементов, систем и объектов электроэнергетики и электротехники в соответствии с техническими заданиями.

P9 Способность применять современные методы разработки энергосберегающих и экологически чистых технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий; применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов на электроэнергетическом и электротехническом производствах.

P10 Готовностью обеспечивать соблюдение производственной и трудовой дисциплины на электроэнергетическом и электротехническом производствах; осваивать новые технологические процессы производства продукции; обеспечивать соблюдение заданных параметров технологического процесса и качества продукции.

P11 Способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений; выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда; определять и обеспечивать эффективные режимы технологического процесса.

P12 Способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов; планировать экспериментальные исследования; применять методы стандартных испытаний электрооборудования, объектов и систем электроэнергетики и электротехники.

P13 Способность участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности на основе систематического изучения научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта, патентных исследований по соответствующему профилю подготовки.

P14 Способностью к монтажу, регулировке, испытаниям, сдаче в эксплуатацию, наладке и опытной проверке электроэнергетического и электротехнического оборудования.

P15 Готовность осваивать новое электроэнергетическое и электротехническое оборудование; проверять техническое состояние и остаточный ресурс оборудования и организации профилактических осмотров и текущего ремонта.

P16 Способность разрабатывать рабочую проектную и научно-техническую документацию, выполнять проектно-конструкторские работы в соответствии со стандартами, техническими условиями и другими нормативными документами; использовать нормативные документы по качеству, стандартизации и сертификации электроэнергетических и электротехнических объектов, организовывать метрологическое обеспечение; подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества; составлять оперативную документацию, предусмотренную правилами технической эксплуатации оборудования и организации работы.

Министерство образования и науки Российской Федерации
 федеральное государственное автономное образовательное учреждение
 высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
 ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт ИнЭО
 Направление подготовки (специальность) Электромеханика
 Кафедра Электромеханических комплексов и материалов

УТВЕРЖДАЮ:
 Зав. кафедрой

 (Подпись) (Дата) Гарганеев А.Г.
 (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ
 на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Дипломного проекта

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Кушбаев Зухриддин Хусниддинович

Тема работы:

Проектирование асинхронный двигатель для привода мостового крана	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	25.03.2016 №2368/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:	1.06.2016
--	-----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<p>Исходные данные к работе (наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</p>	<p>Номинальная мощность $P_{2н}=18$ кВт; Число фаз статора $m=3$; Номинальное напряжение $U_n=380/660$ В; Число полюсов $2p=4$; Частота сети равна $= 50$Гц; Высота оси вращения $h=160$ мм; Степень защиты IP44; Способ монтажа IP1001; Система охлаждения IC0141.</p>
--	---

<p>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов (аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</p>	<p>Анализ особенностей нагрузки для крановых асинхронных двигателей, проектирование машины в соответствии с предъявляемыми требованиями.</p>
<p>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)</p>	<p>Сборочный чертеж асинхронного двигателя. Электромагнитный расчет Двухслойная обмотка статора и ротора, лист паз статора, лист паз ротора. Специальная часть. Двигатель в сборе.</p>
<p>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)</p>	
<p>Раздел</p>	<p>Консультант</p>
<p>Электромагнитный расчет, тепловой и механический расчеты. Специальная часть.</p>	<p>Бейерлейн Е.В.</p>
<p>Технологическая часть</p>	<p>Баранов П.Р.</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Сечин А.А.</p>
<p>Экономическая часть</p>	<p>Кузьмина Н.Г.</p>
<p>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</p>	

<p>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</p>	
--	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
<p>Доцент кафедры ЭКМ</p>	<p>Бейерлейн Е.В.</p>	<p>кан.тех.наук</p>		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
<p>К-7303</p>	<p>Кушбаев Зухриддин Хусниддинович</p>		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА ПО ТЕМЕ:
«ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН»**

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Кушбаеву З.Х.

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	140601.65 Электромеханика

Исходные данные к разделу «Технологический процесс общей сборки асинхронного двигателя с фазным ротором»

1. Сборочный чертеж асинхронного двигателя с фазным ротором, спецификация, 18 кВт, 2р=4;
2. Годовая программа выпуска изделия 4500 штук

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

- | | |
|--|--|
| 1. Анализ конструкции электрической машины на технологичность | 2. Рассчитать размерные цепи методом полной взаимозаменяемости (проектный метод, два замыкающих звена) |
| 3. Составить схему сборки электрической машины | 3. Выбрать оборудование, приспособления для сборки и испытаниям электрической машины |
| 4. Разработать маршрутную технологию сборки электрической машины | 5. Определить нормы времени на операции и оборудование |
| 6. Построить график загрузки оборудования | |

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

1. Комплект маршрутных карт и карты эскизов (в приложении)
2. График загрузки оборудования
3. Схема сборки электрической машины

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
доцент	Баранов П.Р.	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Кушбаев З.Х.		

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Кушбаев Зухриддин Хусниддинович

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования	Специалист	Направление/специальность	Электромеханика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. *Стоимость ресурсов научного исследования (НИ):
материально-технических, энергетических,
финансовых, информационных и человеческих*

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. <i>Оценка коммерческого потенциала инженерных решений (ИР)</i>	<i>Смета затрат на проектирование</i>
2. <i>Обоснование необходимых инвестиций для разработки и внедрения ИР</i>	<i>Оценка технического уровня</i>
3. <i>Составление бюджета инженерного проекта (ИП)</i>	<i>Оценка конкурентоспособности</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Кузьмина Н. Г.			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Кушбаев З.Х		

«СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
К-7303	Кушбаев Зухриддин Хусниддинович

Институт	ИнЭО	Кафедра	ЭКМ
Уровень образования		Направление/специальность	Электромеханика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Описание рабочего места (Электромеханика) на предмет возникновения:
 - вредных проявлений факторов производственной среды (вредные вещества, освещение, шумы, вибрации)
 - опасных проявлений факторов производственной среды (механической природы, электрической, пожарной и взрывной природы)
 - негативного воздействия на окружающую природную среду (атмосферу, гидросферу, литосферу)
 - чрезвычайных ситуаций (техногенного, стихийного, экологического и социального характера)

2. Знакомство и отбор законодательных и нормативных документов по теме

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ выявленных вредных факторов проектируемой производственной среды в следующей последовательности:
 - Отклонение параметров микроклимата на участке обшей сборки асинхронного двигателя от установленных норм.
 - Шум при работе с ручным механизированных инструментом.
 - Образование вредных веществ
 - Не достаточная освещенность рабочей поверхности.
 - Микроклимат
 - Расчет освещения
2. Анализ выявленных опасных факторов проектируемой произведённой среды в следующей последовательности
 - механические опасности (При слесарно сборочных работах, источники, средства защиты ;
 - Поражения электрическим током (при работе испытательной станции, молниезащита-источники, средства защиты;
 - Получение ожогов при пожаре, (вследствие повреждения электропроводки и электрооборудования в целом, первичные средства пожаротушения)
3. Охрана окружающей среды:
 - анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);
 - анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы);
4. Защита в чрезвычайных ситуациях:
 - разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
цент	Сечин А.А	К.Т.Н. ДОЦЕНТ		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
К-7303	Кушбаев З.Х.		

Реферат

Выпускная квалификационная работа (ВКР): листов 144, таблиц 16, рисунков 18, источников литературы 28, 7 листов графического материала.

Ключевые слова: двигатель асинхронный с фазным ротором, статор, ротор, двухслойная обмотка, пусковые реостаты, рабочие и пусковые характеристики.

Объектом исследования является асинхронный двигатель с фазным ротором, запускающийся с помощью пусковых реостатов.

Целью работы является проектирование асинхронного двигателя с фазным ротором для привода мостового крана. Проведен электромагнитный, тепловой и механический расчёты, разработана технология производства общая сборка двигателя на программу выпуска 4500 шт./год, проведен экономический расчёт производства двигателя 4500 шт./год, проверена безопасность и экологичность проекта, разработаны чертежи по данным разделам.

ВКР рассчитана с помощью программы Mathcad 14, текст выполнен в текстовом редакторе Microsoft Word 2010 на белой бумаге формата А4. Чертежи выполнены в графическом редакторе КОМПАС 3D V15 на белой бумаге формата А3.

В процессе разработки определены главные размеры двигателя, энергетические, рабочие и пусковые характеристики. Составлена тепловая схема, и проведен тепловой расчет. Рассчитаны механические характеристики вала на жесткость и прочность. В специальной части проведен расчёт и выбор пусковых сопротивлений. Разработана технология производства общей сборки двигателя по заданной программе выпуска 4500 шт./год. Рассмотрена производственная и экологическая безопасность проекта.

Основные конструктивные, технические и технико-экономические характеристики: способ монтажа IM1001 – двигатель на лапах с двумя подшипниковыми щитами; степен защиты IP54 – от попадания влаги внутрь

корпуса; система охлаждения IC0141 – с наружным вентилятором, расположенный на валу двигателя; режим работы S1 – продолжительный.

Область применения: асинхронный двигатель с фазным ротором применяется для привода мостового крана, установлена в Медеплавильном заводе (МПЗ) АО «Алмалыкского горно-металлургического комбината» (АО «АГМК»).

Оглавление

Введение	11
1. Электромагнитный расчет	13
1.1. Выбор главных размеров	13
1.2. Расчет обмоток статора	15
1.3. Расчет размеров зубцовой зоны статора	18
1.4. Расчет фазного ротора	22
1.5. Расчет размеров зубцовой зоны ротора	26
1.6. Расчет магнитной цепи	29
1.7. Параметры рабочего режима	33
1.8. Расчет потерь	40
1.9. Холостой ход	44
1.10. Расчет рабочих характеристик	45
1.11. Расчет пусковых характеристик	51
2. Тепловой расчет	60
2.1. Тепловой расчет для фазного ротора	64
2.2. Расчет вентиляции	65
3. Механический расчет	67
4. Специальная часть	71
4.1. Построение пусковой диаграммы и расчет сопротивлений ступеней	72
4.2. Выбор типового ящика резисторов	75
4.3. Обособленность конструкции блока БР6ФУ2	78
4.4. Условия эксплуатации и Технические данные	79
5. Технологический процесс сборки статора асинхронного двигателя с фазным ротором	81
5.1. Оценка технологичности конструкции.	82
5.2. Размерный анализ конструкции двигателя методом полной взаимозаменяемости.	85

5.3.	Составление схемы сборки и маршрутной технологии общей сборки электрической машины.	91
5.4.	Выбор сборочного оборудования, оснастки и подъемно транспортных средств.	93
5.5.	Нормирование сборочных работ и расчет количества технологического оборудования для обеспечения заданной программы.	93
6.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	102
6.1.	Технические характеристики двигателя:	102
6.2.	Смета затрат на проектирование	103
6.3.	Смета затрат на подготовку проекта	104
6.4.	Отчисления на социальные нужды.	106
6.5.	Материальные затраты на канцелярские товары.	106
6.6.	Амортизация вычислительной техники.	106
6.7.	Прочие неучтенные затраты.	107
6.8.	Накладные расходы.	107
6.9.	Себестоимость проекта	108
6.10.	Оценка технического уровня	108
7.	Социальная ответственность	113
7.1.	Анализ опасных и вредных факторов	113
7.2.	Техника безопасности	114
7.2.1.	Общие правила	114
7.3.	Электробезопасность	115
7.4.	Производственная санитария	116
7.4.1.	Шум и вибрация	116
7.4.2.	Психологические факторы	121
7.4.3.	Микроклимат	121
7.4.4.	Образование вредных веществ	122
7.4.5.	Освещение	123
7.5.	Пожарная безопасность	124

7.6. Охрана окружающей среды	127
7.7. Расчет искусственного освещения	129
7.8. Выбор источников света	129
7.9. Выбор системы освещения	130
7.10. Выбор коэффициента запаса	130
7.11. Выбор светильника	131
7.12. Размещение осветительных приборов	131
7.13. Расчет осветительной установки	132
7.14. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	134
Заключение	139
Список использованных источников	141

Графические материалы

ФЮРА 525.000.034 СБ	Асинхронная двигатель с фазным ротором
ФЮРА 525.000.034	Лист статора и ротора. Эскиз паза ротора и статора
ФЮРА 525.000.034	Двухслойная обмотка ротора
ФЮРА 525.000.034	Двухслойная обмотка статора
ФЮРА 525.000.034	Пусковая диаграмма. Специальная часть
ФЮРА 525.000.034	Характеристики Электра электромагнитного Расчета
ФЮРА 525.000.034	Схема общей сборки и График загрузки оборудования

Введение

Проектируемый асинхронный двигатель с фазным ротором предназначен для комплектации Электроприводов с широким диапазоном регулирования частоты вращения для работы на подъемно-транспортных механизмах и ином оборудовании в металлургической промышленности например, в прокатных и других цехах в условиях повышенной влажности, запыленность и вибрации.

Двигатель изготавливаются на номинальное напряжение 380В, 220/380В номинальной частота 50Гц. По заказу потребителей двигатели могут быть изготовлены на другое стандартное напряжение от 220 до 660В номинальной частоты от 10 до 100Гц.

Проектируемый асинхронный двигатель с фазным ротором предназначен для привода мостового крана установлена в Медеплавильном заводе (МПЗ) АО «Алмалыкского горно-металлургического комбината» (АО «АГМК»).

АО «АГМК» является одним из крупнейших горно-металлургических предприятий в Республике Узбекистан [2].

Четыре горнодобывающих предприятия, две обогатительные фабрики, два металлургических завода, три сернокислотных производства, ремонтно-механический и известковый заводы, два автотранспортных управления с пятью автобазами, управление железнодорожного транспорта, а также 22 вспомогательных цеха и предприятия входят в состав комбината.

На комбинате ежегодно добывается 37 млн.м.куб. горной массы, извлекается 12 химических элементов, выпускается 18 видов промышленной продукции, в том числе медные, свинцовые, цинковые, молибденовые концентраты, цинк металлический, рафинированная медь, селен, теллур, серная кислота, металлический кадмий и аффинированные драгоценные металлы. В стадии проработки находится технология производства перрената аммония из молибденового промпродукта и промывной кислоты.

Металлургический цех оснащен отражательной печью мощностью до 50 тыс. тонн черновой меди в год, печью кислородно-факельной плавки мощностью 65 тыс. тонн в год, четырьмя горизонтальными поворотными конвертерами емкостью 200 тонн каждая.

Данный тип двигателей обладает хорошими пусковыми характеристиками. Пуск двигателя осуществляется с помощью пусковых реостатов. Для уменьшения пускового тока обмотка ротора замыкается на пусковой реостат через контактные кольца и щетки. Перед пуском двигателя нужно убедиться в том, что сопротивление пускового реостата полностью введено.

Поэтому в ВКР была выполнена разработка асинхронного двигателя с фазным ротором для подъемного механизма мостового крана. Основной технологической особенностью двигателя является регулирование частоты вращения в необходимых пределах с помощью пусковых реостатов и большой пусковой момент, обеспечивающий пуск механизма (мостового крана).

Для решения этой задачи необходимо провести электромагнитный, тепловой, механический расчёты, разработать технологию производства обшей сборка двигателя на программу выпуска 4500 шт./год, произвести экономический расчёт производства двигателя 4500 шт./год, создать безопасность и экологичность проекта, разработать чертежи по данным разделам. Расчет, выбор пусковых реостатов и построение пусковой диаграммы приведен в специальной части.

Электромагнитный расчет проведен в соответствии с методикой проектирования литературы «Проектирование электрических машин: Учеб.пособие для вузов/И. П. Копылов, Ф. А. Горяинов, Б. К. Клоков и др.; Под ред. И. П. Копылова. М.: Энергия, 1980. – 496 с.».

Асинхронные двигатели с фазным ротором более экономичные с точки зрения потребления электроэнергии по сравнению с частотно регулируемые и другими системами, где необходимо регулирование частоты вращения в необходимых пределах.

4. Специальная часть

Пуско–тормозные и регулировочные резисторы в металлургических электроприводах используются при параметрических методах регулирования. Получение механических характеристик, обеспечивающих заданные показатели регулирования и требуемые пуско–тормозные диаграммы переходных режимов, достигается введением активных сопротивлений в цепи обмоток ротора двигателей. Реактивные сопротивления в крановых электроприводах не нашли практического применения.

При расчете и выборе резисторов для главных цепей электроприводов одновременно должны решаться две задачи:

1. обеспечение необходимых механических характеристик, реализующих требуемый уровень ускорения;
2. обеспечение соответствия теплового режима резисторов режиму работы двигателя.

Для выполнения первого условия определяются значения ступеней сопротивления, соответствующие получению необходимых абсолютных значений пусковых моментов электродвигателя. Для выполнения второго условия необходимо определить соответствующую рассеиваемую мощность резистора в целом (выбрать режим продолжительности включения при этой мощности и установить необходимую нагрузку отдельных ступеней резисторов).

Среднее значение нагрузки резисторов крановых электроприводов не может быть однозначно установлено в связи с тем, что режим работы, как электропривода, так и резисторов весьма неопределенный, зависящий от многих факторов.

Целью специальной части является – выбор типового комплекта – ящика резисторов для пуска асинхронного металлургического двигателя с фазным ротором. Этот же ящик, при необходимости, может быть использован и для параметрического регулирования скорости двигателя. При этом расчет ступеней резисторов значительно упрощается и выполняется по таблицам

разбивки сопротивлений, рекомендуемым заводами – изготовителями серийного электрооборудования применительно к типовым схемам.

Сопротивления в цепи ротора асинхронных двигателей включаются по симметричным и несимметричным схемам. Симметричное включение сопротивлений применяется в системах с панелями управления, а несимметричное – с кулачковыми контроллерами для уменьшения числа используемых при переключениях контактов. Несимметричное включение подразумевает неравные сопротивления в каждой фазе, которые порождают в них несимметричные токи и провалы моментов, и как следствие этого неустойчивое регулирование частоты вращения. Это делается для уменьшения стоимости ящика резисторов и системы управления. Для крановых двигателей средней и большой мощности наиболее целесообразно использовать симметричное включение сопротивлений в цепи обмоток ротора, так как это обеспечит наиболее плавный пуск, а цена типового комплекта электропривода по сравнению с ценой двигателя не играет роли. При расчете пусковых сопротивлений, включенных по симметричной схеме, предварительно для заданного режима работы строят диаграмму пускового режима. Условиями пуска являются колебание пускового момента между максимальным M_2 и минимальным M_1 значениями.

4.1. Построение пусковой диаграммы и расчет сопротивлений ступеней

Исходные данные к расчету пускового реостата

$$n_n=1427.25 \text{ об/мин}$$

$$s_n=0.0485$$

$$n_c=1500 \text{ об/мин}$$

$$P_n=18\ 000 \text{ Вт}$$

$$M_{кр}/M_{ном}=2.0874 \text{ о.е.}$$

$$r_{2нагр}=0.8912 \text{ Ом}$$

$$I_{2н}=43.7978 \text{ А}$$

Расчет и построение механических характеристик проводим для пяти пусковых ступеней. Количество пусковых ступеней выбираем исходя из

техничко–экономических соображений: чем больше число ступеней, тем плавнее пуск, но вместе с этим дороже ящик пусковых резисторов.

Для двигателя мощностью 18 кВт наиболее оптимальным числом пусковых ступеней является $m=5$.

Определяем номинальный момент двигателя:

$$M_H = 9500 \cdot P_H / n_H = 9500 \cdot 18000 / 1427.25 = 1.2044 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определяем критический момент двигателя:

$$M_{кр} = \frac{M_{кр}}{M_{НОМ}} \cdot M_H = 2.0874 \cdot 1.2044 \cdot 10^5 = 2.5141 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Принимаем наибольший пусковой момент двигателя

$$M_1 = 0.95 \cdot M_{кр} = 0.95 \cdot 2.5141 \cdot 10^5 = 2.3884 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Определяем момент переключения:

$$M_2 = \frac{M_1}{M_H} \cdot \sqrt[5]{\frac{M_1}{M_H} \cdot S_H} = \frac{2.3884 \cdot 10^5}{1.2044 \cdot 10^5} \cdot \sqrt[5]{\frac{2.3884 \cdot 10^5}{1.2044 \cdot 10^5} \cdot 0.0485} = 1.2415 \text{ о. е.}$$

$$M_2 = M_2 \cdot M_H = 1.2415 \cdot 1.2044 \cdot 10^5 = 1.4953 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Расчет сопротивлений ступеней пускового резистора для асинхронного двигателя с фазным ротором по приближенному способу основан на прямолинейности механических характеристик.

Естественная механическая характеристика – зависимость $n=f(M)$ при отсутствии добавочных сопротивлений в цепи ротора. Она проходит через две характерные точки:

- $M=0$; $n=n_c$ – точка синхронной частоты вращения;
- $M=M_H$; $n=n_H$ – точка номинального момента и частоты вращения.

Формула для такой характеристики имеет вид:

$$M = M_H \cdot \frac{s}{s_H}$$

Искусственные характеристики получаются при введении добавочных активных резисторов в цепь обмотки ротора. Искусственные характеристики

также являются прямолинейными и проходят тем круче, чем больше сопротивление добавочного резистора.

Механические характеристики пуска двигателя приведены на рисунке 4.1.

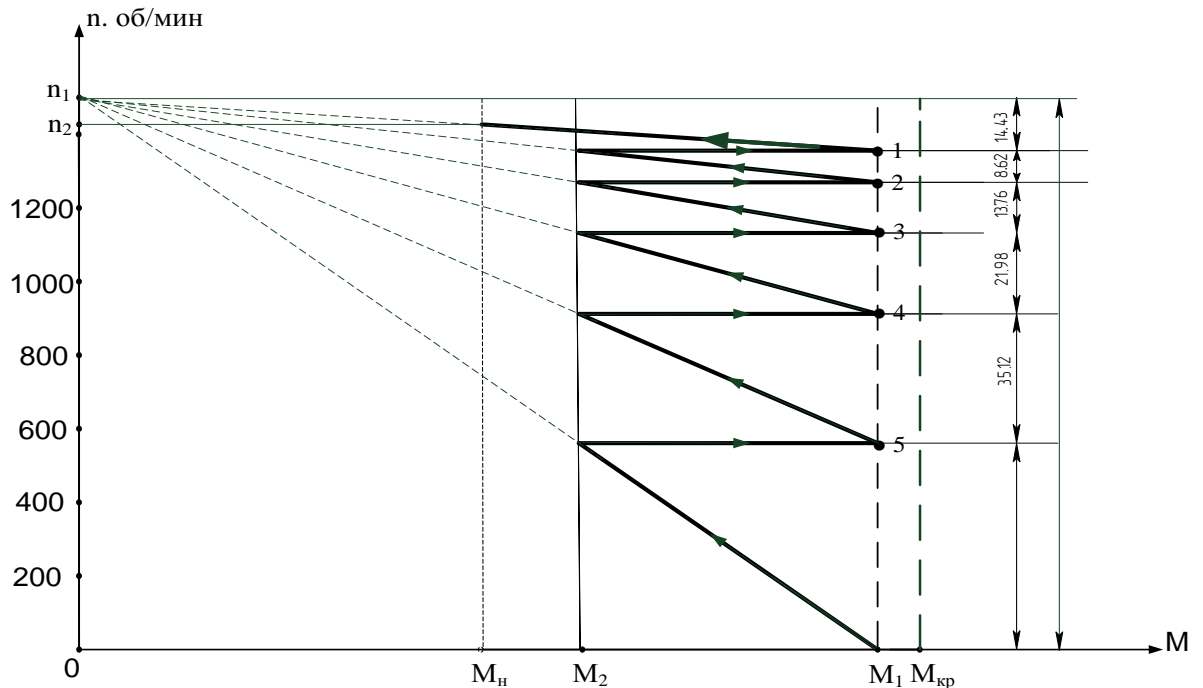


Рисунок. 4.1. Пусковая диаграмма асинхронного двигателя с фазным ротором.

Наклон естественной механической характеристики прямо пропорционален активному сопротивлению ротора, т.е. длина участка 1-2 пропорциональна $r_{2нагр}$ (см. рисунок 4.1.). Рассчитаем коэффициент пропорциональности:

$$m_R = r_{2нагр} / L_{1-2} = 0.8912 / 14.43 = 0.0618 \text{ Ом/мм}$$

Наклон искусственных механических характеристик также прямо пропорционален добавочным пусковым сопротивлениям. Определяем добавочные пусковые сопротивления для каждой ступени отдельно, умножая полученный ранее коэффициент пропорциональности m_R на длины соответствующих участков (доли сопротивлений ступеней):

$$R_{п1} = m_R \cdot L_{7-6} = 0.0618 \cdot 56.09 = 3.4641 \text{ Ом}$$

$$\begin{aligned}
R_{п2} &= m_R \cdot L_{6-5} = 0.0618 \cdot 35.12 = 2.169 \text{ Ом} \\
R_{п3} &= m_R \cdot L_{5-4} = 0.0618 \cdot 21.98 = 1.3575 \text{ Ом} \\
R_{п4} &= m_R \cdot L_{4-3} = 0.0618 \cdot 13.76 = 0.8498 \text{ Ом} \\
R_{п5} &= m_R \cdot L_{3-2} = 0.0618 \cdot 8.62 = 0.5324 \text{ Ом} \\
\Sigma R_{п} &= R_{п1} + R_{п2} + R_{п3} + R_{п4} + R_{п5} = \\
&= 3.4641 + 2.169 + 1.3575 + 0.8498 + 0.5324 = 8.3728 \text{ Ом}
\end{aligned}$$

4.2. Выбор типового ящика резисторов

В соответствии с рассчитанными пусковыми сопротивлениями, обеспечением соответствия теплового режима резисторов режиму работы двигателя и номинальным током ротора $I_{2н}=43.7978$ А. выбираем ящик пусковых резисторов БР6ФУ2 по конструкторскому документу

Блоки резисторов крановые (ленточного типа) применяются для запуска, торможения, а также регулирования скорости электродвигателей тока, работающих в электроприводах грузоподъемных кранов. Блоки резисторов способны функционировать в цепях переменного тока напряжением до 660 В, частотой в 50-60 Гц, а также в цепях постоянного тока напряжением до 440 В.

Условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от -45 до +40°C
- относительная влажность воздуха 80% при 15°C
- отсутствие прямой солнечной радиации .

Блоки резисторов необходимо размещать в помещениях (кожухах) или под навесами, которые способны предохранить их от прямого воздействия солнечной радиации, а также осадков. Воспрещается применение крановых блоков резисторов не по назначению.

Блоки резисторов имеют открытое исполнение, а также характеризуются естественным охлаждением.

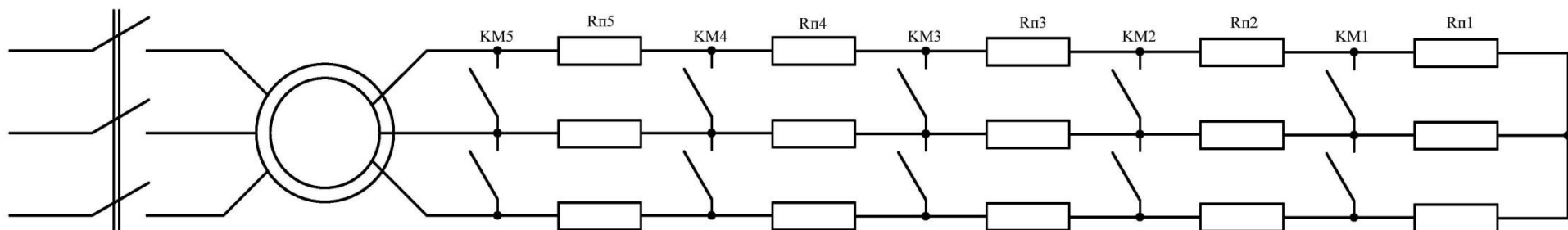


Рисунок 5.2. Принципиальная электрическая схема пуска асинхронного двигателя с помощью резисторов в цепи ротора.

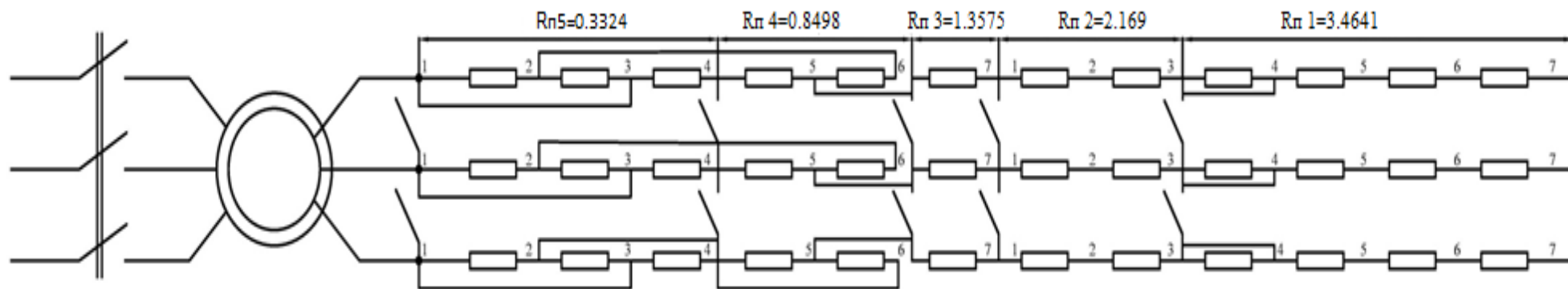


Рисунок 5.3. Монтажная схема соединений ящиков резисторов Б6МУ2

4.3. Особенности конструкции блока Б6М

Блок представляет собой конструкцию открытого исполнения и состоит из каркаса, резистора (резисторный элемент на керамическом изоляторе), внешних контактных зажимов. Резисторный элемент выполнен из фехральной проволоки. Преимуществом данного материала является то, что он допускает весьма высокие рабочие температуры (350-400⁰С для прерывисто – продолжительного, кратковременного и повторно – кратковременного режима работы). Внутренние электрические соединения выполнены из неизолированных медных проводников. Изоляция в блоке обеспечивается фарфоровыми цилиндрическими изоляторами. При работе блока резисторов ток через коммутационные выводы протекает по резисторным элементам, выделяемое тепло рассеивается потоками воздуха. К каждому выводу рекомендуется присоединять не более двух проводов (кабелей), оконцованных наконечниками. Блоки должны устанавливаться на горизонтальных поверхностях и надежно крепиться болтами

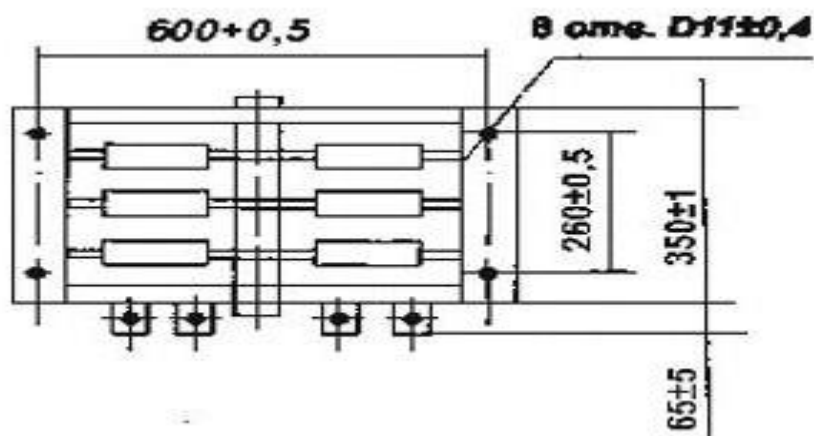


Рисунок. 5.4 Общий вид, габаритные и установочные размеры блоков и схема размещения резисторов в блоке.

4.4. Условия эксплуатации

- окружающая среда невзрывоопасная, не пожароопасная, не содержащая газов и паров, разрушающих металл и изоляцию, не содержащая токопроводящей пыли;
- группа механического исполнения М3 ГОСТ 17516.1-90 без многократных ударов;
- степень защиты IP00 по ГОСТ 14255-69;
- эксплуатация и обслуживание блоков должны производиться в соответствии с «Правилами технической эксплуатации электроустановок потребителей» и «Правилами техники безопасности при эксплуатации электроустановок потребителей»;
- блоки по способу защиты человека от поражения электрическим током относятся к классу 0 по ГОСТ 12.2.007.0-75;
- вероятность возникновения пожара от блока не более 10^{-6} в год.

4.5. Технические данные

Номинальное напряжение:

постоянного тока до 440 В;

переменного тока частотой до 60 Гц до 660В.

Номинальный режим работы продолжительный

Режим работы продолжительный, кратковременный, повторно – кратковременный

Масса, не более 23 кг.

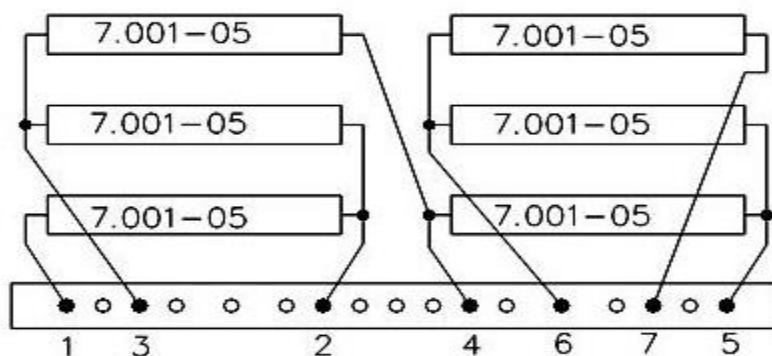


Рисунок. 5.5 Электрическая схема блока Б6МУ2 33120036.001-10

Таблица. 5.1 Технические данные блока Б6МУ2

Обозначение конструкторского документа	Обозначение ступеней	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6
33120036.001-10	Сопротивление ступеней, Ом	0,304-0,338	0,304-0,338	0,304-0,338	0,304-0,338	0,304-0,338
	Номинальный ток, А	51	51	51	51	51

Данный ящик резисторов будет использоваться только для пуска металлургического асинхронного двигателя с фазным ротором.

Для пуска кранового асинхронного двигателя понадобится шесть ящичков резисторов. Соединение внешних контактных зажимов и присоединение к обмоткам ротора производить согласно рисунку 5.3.

При подборе ящика резисторов фактические значения ступеней сопротивлений несколько отличаются от расчетных. Однако суммарное значение всего добавочного сопротивления в соответствии со схемой (рисунок 5.3) составляет 2 Ом, что на 9 % больше чем рассчитанные сопротивления по механическим характеристикам. При этом следует учитывать, что производственный допуск на суммарное сопротивление резистора составляет $\pm 10\%$ его расчетного значения, а производственный допуск на отдельные ступени составляет до $\pm 15\%$ [1].

6. Финансовый менеджмент,

ресурсоэффективность и ресурсосбережение

В настоящее время перспективность научного исследования определяется не столько масштабом открытия, оценить которое на первых этапах жизненного цикла высокотехнологического и ресурсоэффективного продукта бывает достаточно трудно, сколько коммерческой ценностью разработки. Оценка коммерческой ценности разработки является необходимым условием при поиске источников финансирования для проведения научного исследования и коммерциализации его результатов. Это важно для разработчиков, которые должны представлять состояние и перспективы проводимых научных исследований.

Необходимо понимать, что коммерческая привлекательность научного исследования определяется не только превышением технических параметров над предыдущими разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сумеет найти ответы на такие вопросы – будет ли продукт востребован рынком, какова будет его цена, каков бюджет научного проекта, какой срок потребуется для выхода на рынок и т.д.

Таким образом, целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является проектирование и создание конкурентоспособных разработок, технологий, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения.

6.1 Технические характеристики двигателя:

Мощность – 18кВт,

Номинальная частота вращения 1500 об/мин

Номинальное напряжение (линейное) 380 В

Частота питающей сети – 50 Гц,

Число пар полюсов – $2p=4$.

6.2 Смета затрат на проектирование

В проектировании данного электродвигателя принимали участие три инженерных работника: научный руководитель и два инженера.

Распределение работы между работниками, проектирующими сводим, в таблицу 6.1

Таблица 6.1 – План разработки выполнения этапов проекта.

№	Перечень выполняемых работ	Исполнители		Разряд	Продолж. (дней)
		Кол-во	Должность		
1	Получение тех. задания на разработку проекта	2	научный руководитель	15	2
			инженер	10	
2	Сбор исходных данных	1	инженер	10	4
3	Ознакомление с технической документацией	1	инженер	10	3
4	Электромагнитный расчет двигателя	1	инженер	10	8
5	Электромагнитный расчет двигателя с другими данными (Спеч. часть)	1	инженер	10	6
6	Проверка выполненных расчётов	2	научный руководитель	15	2
			инженер	10	
7	Выполнение чертежей, схем	2	инженер	10	5
			инженер	9	
8	Расчет технологической части	2	инженер	10	4

	проекта		инженер	9	
9	Технико-экономическое обоснование выбора оборудования	1	инженер	10	4
10	Разработка раздела БЖД	1	инженер	10	5
11	Оформление пояснительной записки	1	инженер	10	5
12	Проверка пояснительной записки и чертежей	1	научный руководитель	15	2
			инженер	10	
Занятости исполнителей			научный руководитель	15	6
			инженер	10	50
			инженер	9	9
Длительность работы, дней					50

6.2.1 Смета затрат на подготовку проекта

Суммарные издержки на проектирование определяем по выражению:

$$\sum I_{\text{проекта}} = I_{\text{з.пл}} + I_{\text{соц}} + I_{\text{мат}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}}, \quad (6.1)$$

где $I_{\text{з.пл}}$ - издержки на заработную плату;

$I_{\text{соц}}$ - издержки на социальные отчисления;

$I_{\text{мат}}$ - материальные издержки;

$I_{\text{ам}}$ - амортизационные издержки;

$I_{\text{пр}}$ - прочие издержки;

$I_{накл}$ - накладные расходы.

Издержки на заработную плату

Таблица 6.2 – Единая тарифная сетка с учетом занимаемой должности

Должность	Оклад	Доплата	Коэффициент за отпуск	Районный коэффициент	Итоговая зарплата за месяц	Средняя зарплата за один день, руб.	Количество дней работы над проектом	ФЗП
Научный руководитель, 15р	14500	1900	1,1	1,3	23205	1105,0	6	6 630,0
Инженер 10р	14500		1,1	1,3	20735	987,4	50	49 369,0
Инженер, 9р	14500		1,1	1,3	20735	987,4	9	8 886,4
Итого					64675	3079,8	48	64 885,5

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 + D) \cdot k_2}{21} \cdot X \quad \text{или} \quad I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X \quad (6.2)$$

где: 3 – оклад;

D – доплата за интенсивность труда

k_1 - коэффициент за отпуск (1,1);

k_2 - районный коэффициент (1,3);

21 - количество рабочих дней в месяце;

X - количество рабочих дней затраченных на проект.

Зарплата.

Расчет для научного руководителя 15 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 + D) \cdot k_2}{21} \cdot X = \frac{(14500 \cdot 1.1 + 1900) \cdot 1.3}{21} \cdot 6 = 6630 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 9 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X = \frac{(14500 \cdot 1.1 \cdot 1.3)}{21} \cdot 9 = 8886,4 \text{ (руб.)}$$

Расчет для инженера 10 разряда

$$I_{з.пл.} = \frac{(3 \cdot k_1 \cdot k_2)}{21} \cdot X = \frac{(14500) \cdot 1.1 \cdot 1.3}{21} \cdot 50 = 49369 \text{ (руб.)}$$

Тогда

$$I_{з.пл\Sigma} = \sum I_{з.пл} = 6630 + 8886,4 + 49369 = 64885,5 \text{ (руб.)}$$

6.2.2 Отчисления на социальные нужды.

В статью расходов «отчисления на социальные нужды» закладывается обязательные отчисления по установленным законодательством нормам. Органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования, от элемента «затраты на оплату труда». Размер отчислений на социальные нужды составляет 30% от ФЗП.

$$I_{соц} = 0,3 \cdot I_{з.пл\Sigma} = 0,3 \cdot 64885,5 = 19465,6 \text{ (руб.)}$$

6.2.3 Материальные затраты на канцелярские товары.

Материальные затраты на канцелярские товары примем в размере 2000 руб. (в условиях цен на канцелярские товары в настоящее время).

$$I_{mat} = 2000 \text{ (руб.)}$$

6.2.4 Амортизация вычислительной техники.

Основной объем работ по разработке проекта был выполнен на персональном компьютере первоначальной стоимостью 35 тысячи рублей.

Произведём расчёт амортизации стоимости ПК

$$I_{ам} = \frac{T_u}{T_{кал}} \cdot \Phi_{кт} \cdot H_{\phi} = \frac{50}{365} \cdot 35000 \cdot \frac{1}{6} = 799,1 \text{ (руб)}$$

где T_u - количество отработанных дней на ПК;

$T_{кал}$ - количество календарных дней в году;

$\Phi_{кт}$ - первоначальная стоимость ПК;

$$H_{\phi} = \frac{1}{T_{сл}} \text{ - срок полной амортизации.}$$

6.2.5 Прочие неучтенные затраты.

Прочие неучтенные прямые затраты включают в себя все расходы связанные с налоговыми сборами (не предусмотренными в предыдущих статьях), отчисления внебюджетные фонды, платежи по страхованию, оплата услуг связи, представительские расходы, затраты на ремонт и прочее. Принимаем размер прочих затрат как 10% от суммы расходов на материальные затраты, услуги сторонних организаций, амортизации оборудования, затрат на оплату труда, отчисления на социальные нужды.

$$\begin{aligned} I_{пр} &= 0,1 \cdot (I_{з.пл} + I_{соц} + I_{мат} + I_{ам}) = \\ &= 0,1 \cdot (64885,5 + 19465,6 + 2000 + 799,1) = 8715 \text{ (руб)} \end{aligned}$$

6.2.6 Накладные расходы.

Накладные расходы составят 200% от ФЗП. Включают в себя затраты на хозяйственное обслуживание помещения, обеспечение нормальных условий труда, оплату за энергоносители и другие косвенные затраты.

$$I_{накл} = 2 \cdot I_{з.пл\Sigma} = 2 \cdot 64885,5 = 129771 \text{ (руб)}$$

6.2.7 Себестоимость проекта

$$\begin{aligned} \sum I_{\text{проекта}} &= I_{\text{з.пл}} + I_{\text{соц}} + I_{\text{мат}} + I_{\text{ам}} + I_{\text{пр}} + I_{\text{накл}} = \\ &= 64885,5 + 19465,6 + 2000 + 799,1 + 8715 + 129771 = 225636,2 (\text{руб}) \end{aligned}$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 6.3.

Таблица 6.3 – Смета затрат на подготовку проекта

№ п/п	Наименование	Обозначение	Сумма, руб.
1	Заработная плата	$I_{\text{з.пл}} \Sigma$	64885,5
2	Социальные отчисления	$I_{\text{соц}}$	19465,6
3	Материальные затраты	$I_{\text{мат}}$	2000
4	Амортизационные отчисления	$I_{\text{ам}}$	799,1
5	Прочие издержки	$I_{\text{пр}}$	8715
6	Накладные расходы	$I_{\text{накл}}$	129771
7	Себестоимость проекта	$\sum I_{\text{проекта}}$	225636,2

6.3 Оценка технического уровня

Общей схемой количественного анализа конкурентоспособности, которая может применяться на любом этапе существования изделий, является следующая:

1. Выбор базового образца, аналогичного по назначению и условиям эксплуатации с оцениваемой продукцией.
2. Определение перечня нормативных, технических и экономических параметров, подлежащих исследованию (показать в таблице).

3. Сравнение (по каждой из групп параметров) имеющихся параметров с соответствующими параметрами потребности, необходимыми для заказчика (потребителя). Инструментом сравнения является единичный показатель, представляющий собой отношение величины параметра рассматриваемого изделия к величине этого же параметра, необходимого покупателю.

4. Подсчет группового показателя на основе единичных показателей. Групповой показатель выражает различие между анализируемыми изделиями по всем группам параметров в целом.

Общими и методологическими принципами при соблюдении данной схемы анализа являются учет предельности отдельных элементов потребности, с тем, чтобы при нахождении образца на предельном уровне потребности не делался вывод о большей конкурентоспособности анализируемого изделия с более высокими, чем у образца аналогичными параметрами; необходимость придания количественной оценки тем параметрам, которые не имеют естественной физической меры (например, комфортность изделия), с использованием экспертных методов; необходимость построения весовой базы для технических параметров на основе всесторонних рыночных исследований.

Любое проектирование в идеале должно начинаться с выявления потребностей потенциальных покупателей. После такого анализа становится возможным вычислить единичный параметрический показатель.

$$q = \frac{p}{p_{100}} p \quad (18)$$

где q - параметрический показатель;

P - величина параметра реального изделия;

P_{100} - величина параметра гипотетического изделия, удовлетворяющего потребность на 100%;

p - вероятность достижения величины параметра; вводится для получения более точного результата с учетом элемента случайности, что позволяет снизить риск осуществления проекта.

Каждому параметрическому показателю по отношению к изделию в целом (т.е. обобщенному удовлетворению потребности) соответствует некий вес d , разный для каждого показателя. После вычисления вычисления всех единичных показателей становится реальностью вычисление обобщенного (группового показателя), характеризующего соответствие изделия потребности в нем (полезный эффект товара)

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i d_i \quad (19)$$

где Q - групповой технический показатель (по техническим параметрам); q_i - единичный параметрический показатель по i -му параметру;

d_i - вес i -го параметра; n - число параметров, подлежащих рассмотрению.

Показатель конкурентоспособности нашего изделия по отношению к изделию другой фирмы k_w будет равен

$$k_{ТП} = \frac{Q_H}{Q_K} \quad (20)$$

где $k_{ТП}$ - показатель конкурентоспособности нового изделия по отношению к конкурирующему по техническим параметрам;

$Q_H Q_K$ ~ соответствующие групповые технические показатели нового и конкурирующего изделия.

$$K_{ТП} = 0,822/0,720 = 1,14$$

Данные для оценки конкурентоспособности разрабатываемого новшества привести в таблице.

Таблица 6.4. Оценка технического уровня новшества.

№ п/п	Характеристики	Вес показателей	Новшество		Конкурент		Гипотетический образец	
			P_i	q_i	P_i	q_i	P_{100}	q_{100}
1.1	Коэффициент полезного действия, %	0,193	90	0,928	85	0,876	97	1
1.2	Коэффициент мощности $\cos\varphi$, %	0,140	90	0,928	85	0,876	97	1
1.3	Пусковой ток, А	0,158	0,189	0,945	0,143	0,714	0,2	1
1.4	Пусковой момент, Н*м	0,175	1,389	0,631	1,2	0,545	2,2	1
1.5	Номинальный ток, А	0,211	0,051	0,821	0,042	0,667	0,06	1
1.6	Степен защиты IP	0,123	44	0,647	44	0,647	68	1
	Итого			0,822		0,720		1,00

Таблица 6.5. Матрица предпочтений

№ п/п	Наименование	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	сумма	d_{ij}
1.1	Коэффициент полезного действия, %	1	1,5	1	1,5	0,5	1,5	5,5	0,193
1.2	Коэффициент мощности $\cos\varphi$, %	0,5	1	1	1	0,5	1,5	4	0,140
1.3	Пусковой ток, А	1	1	1	0,5	1	1	4,5	0,158
1.4	Пусковой момент, Н*м	0,5	1	1,5	1	1	1,5	5	0,175
1.5	Номинальный ток, А	1,5	1,5	1	1	1	1	6	0,211
1.6	Степен защиты IP	0,5	0,5	1	0,5	1	1	3,5	0,123

Вывод: В итоге по оценке конкурентоспособности новшества видно, что разработанный товар не уступает товарам заменителям и коэффициент конкурентоспособности с учетом его технического уровня, затрат удовлетворение потребности в нем и конкурентных преимуществ при движении товара на рынке равен 1,14

Заключение

В процессе выполнения данной выпускной квалификационной работы в соответствии с заданием спроектирован асинхронный двигатель с фазным ротором мощностью $P_{2H}=18$ кВт, числом полюсов $2p=4$, напряжением $U_H=380/660$ В, высотой оси вращения $h=160$ мм.

Главные размеры двигателя, выбранные в электромагнитной расчете, составили: наружный диаметр магнитопровода статора $D_a=0.272$ м; внутренний диаметр магнитопровода статора $D=0.185$ м; длина воздушного зазора $l_\delta=0.1508$ м; длина сердечника статора $l=0.1508$ м.

Число пазов статора и ротора $Z_1=48$, $Z_2=36$. Обмотки статора и ротора выбраны двухслойными петлевыми. Номинальные токи обмоток статора и ротора составили $I_{1ном}=19.49$, $I_{2ном}=18,80$ А.

Рассчитанные пусковые и рабочие данные двигателя при номинальной нагрузке составили: КПД $\eta_{ном}=0.9$; коэффициент мощности $\cos\varphi_{ном}=0.9$, пусковой ток $I_{п}=5.29$ о.е.; пусковой момент $M_{п}=1.39$ о.е. Полученные значения удовлетворяют требованиям, предъявляемые к двигателю.

В результате проведенного теплового расчета найдено, что превышения температуры статора и ротора над температурой окружающей среды составляют $\theta_{m1}=100.88$ °С для статора. Данный расчет показал, что полученные температуры входят в допустимые пределы для выбранного класса изоляции F.

Механический расчет вала показал, что жесткость и критическая частота вращения вала удовлетворяют требуемым условиям.

В специальной части проекта определено, что плавный пуск двигателя может быть обеспечен пяти ступенчатым реостатом.

Пусковые свойства двигателя обеспечивает пяти ступенчатый регулировочный реостат. Рассчитаны сопротивления каждой ступени, построена пусковая диаграмма. По результатам расчета выбран комплект – блок резисторов Б6МУ2 и составлена монтажная схема соединений ящиков резисторов.

Разработанный технологический процесс общей сборки Асинхронного двигателя обеспечивает выпуск продукции в размере 4500 шт./год. Для выпуска продукции сделан выбор необходимого оборудования.

Составлен график загрузки оборудования, на котором видно, что наиболее загруженным оборудованием является продольно – фрезерный станок 6305. Определены нормы времени технологического процесса. Также была составлена маршрутная карта, в которой поэтапно отражены все операции по общей сборки двигателя.

В части финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережения рассматриваем вопросы технико-экономического обоснования производства асинхронного кранового двигателя с фазным ротором. Путем сравнение двух вариантов базового и предлагаемого двигателя. Результаты технико-экономического обоснования позволили оценить целесообразность проектирование кранового двигателя. Произведён расчёт затрат на его изготовления, заработной платы. В настоящей выпускной квалификационной работе произведен расчёт затрат на изготовление проекта крановых двигателей.

В разделе <<Социальная ответственность>> произведен анализ опасных и вредных производственных факторов, имеющих место на участке сборки, анализ причин травматизма, а так же определены меры по технике безопасности, противопожарной безопасности, производственной санитарии, по охране труда и окружающей среды.

ФЮРА.526600.012.СБ

Перв. примен.

Справ. №

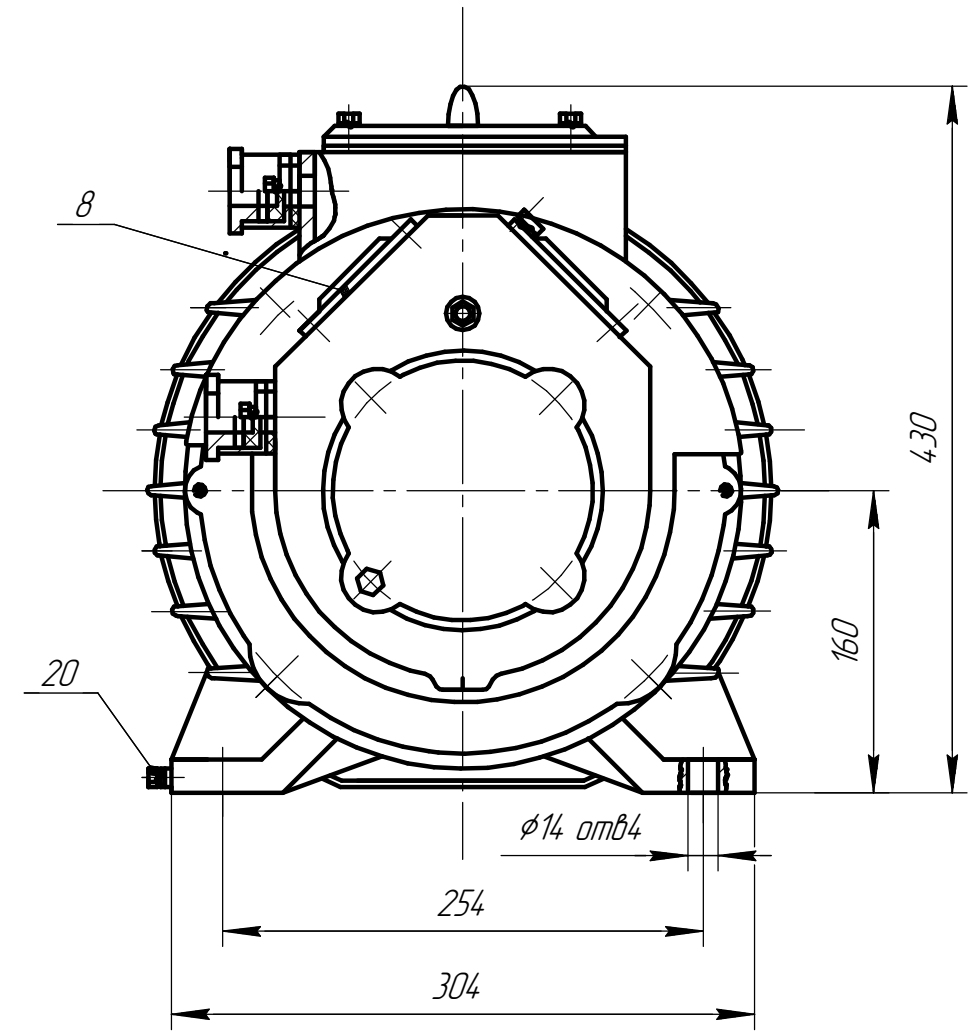
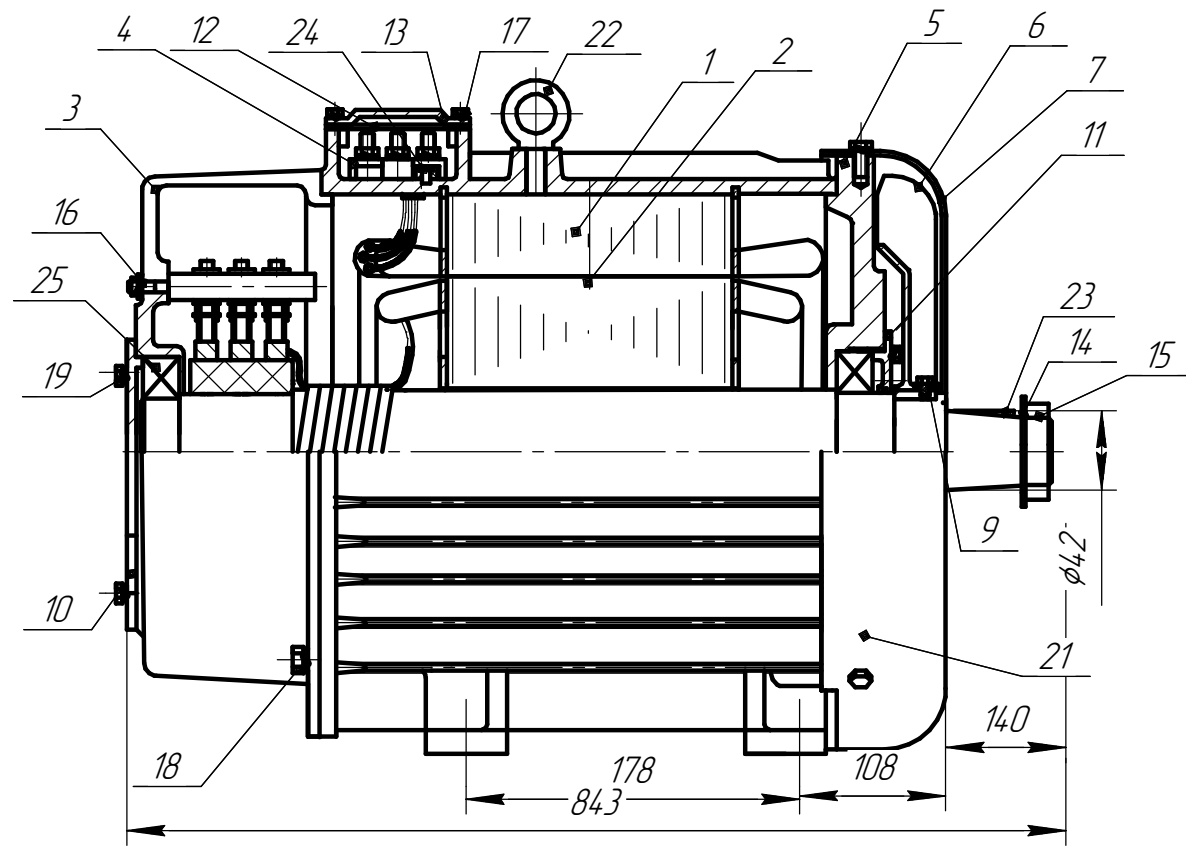
Подп. и дата

Инв. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



Технические требования

1. Установочно-присоединительные размеры по ГОСТ 183-74
2. Площадку под болты заземления предохранить от покраски
3. Перед сборкой подшипники нагреть в масле до 80 С
4. Уровень шума и вибраций по ГОСТ 16372-77
5. Допуски на габаритные и установочно-присоединительные размеры по ГОСТ 8592-74

				ФЮРА.526600.012.СБ			
				Двигатель асинхронный с фазным ротором			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кушдаев З.Х				175	1:4
Проб.		Бейерлейн Е.В					
Т.контр.		Баранов П.Р.			Лист	Листов	1
Н.контр.					ТПУ ИИЭО		
Утв.		Бейерлейн Е.В			гр. К-7303		
				Копировал			
				Формат А3			

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дораб.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

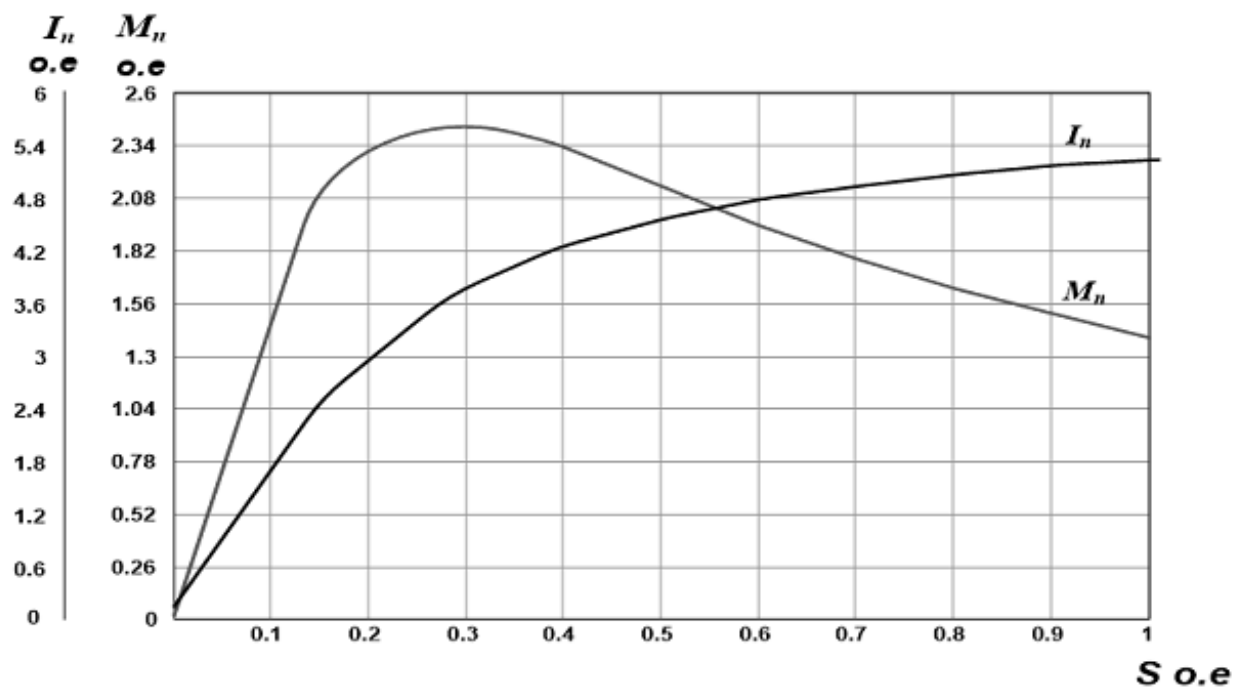


Рис.1. Пусковая характеристика

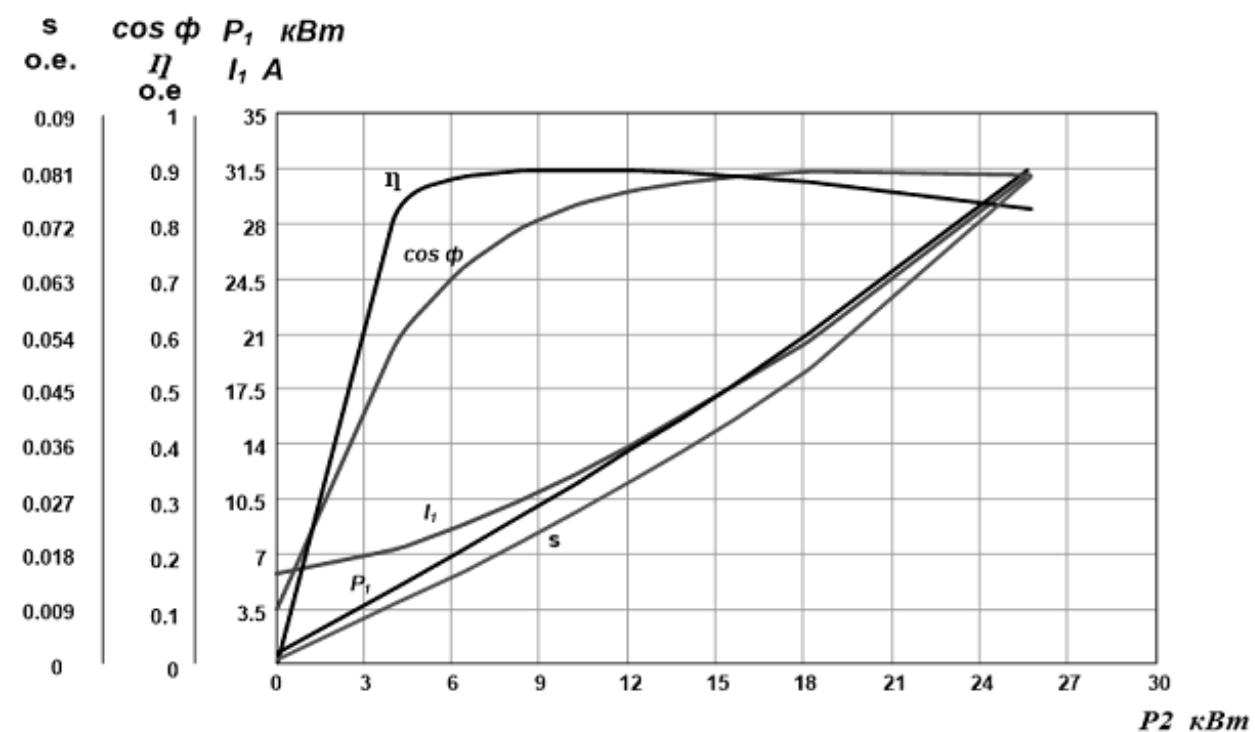
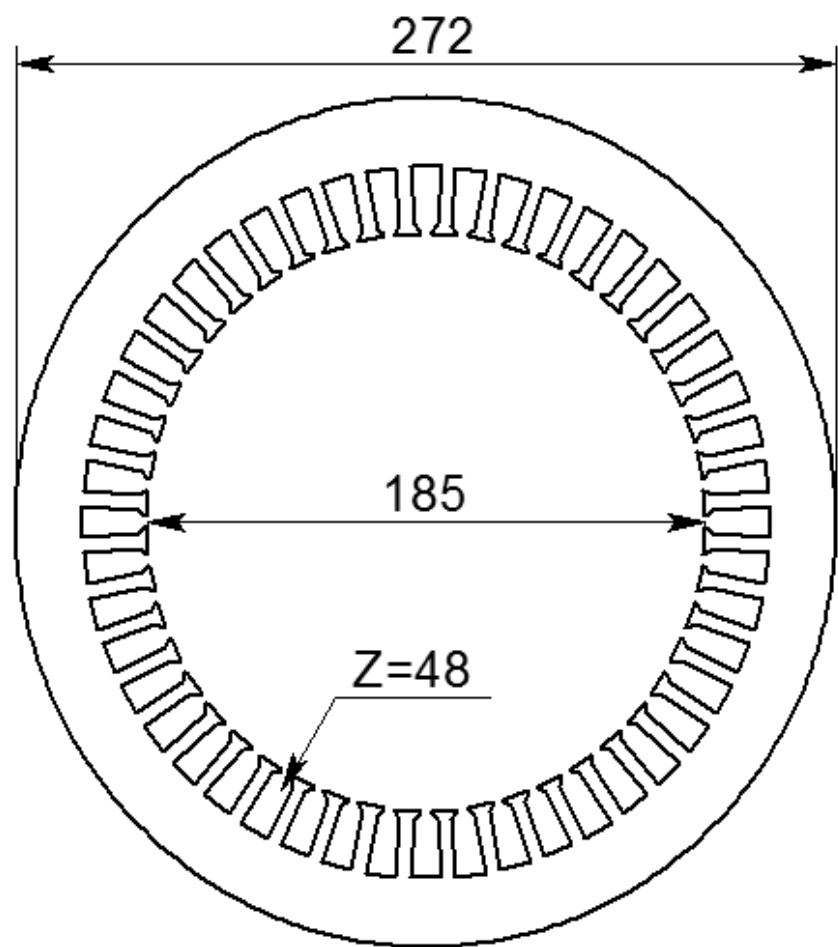


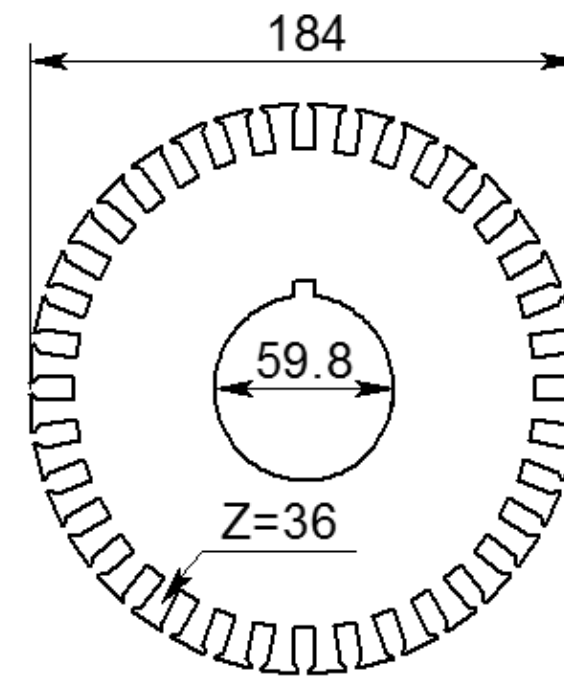
Рис.2. Рабочая характеристика

					ФЮРА 525000.034			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Характеристики электромагнитного расчета	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Кушдаев З.Х.						1:1
Проб.		Бейерлей Е.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.								
И.контр.								
Утв.		Бейерлей Е.В.						
						ТПУ ИнЭО Группа К-7303		

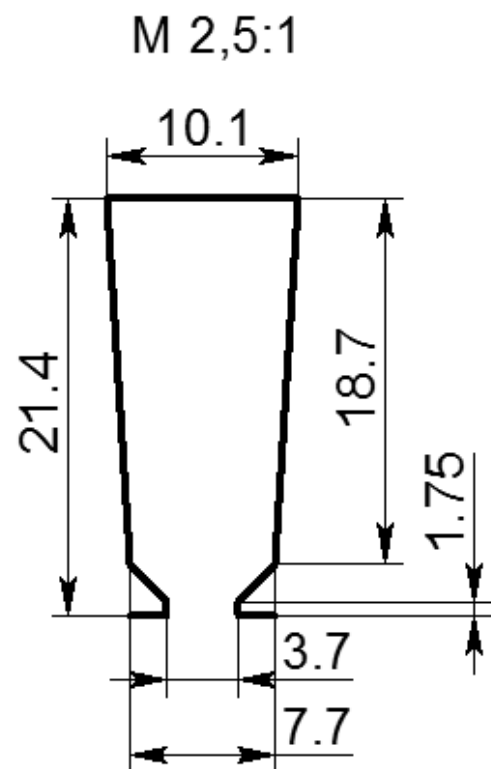
ФЮРА 525000.034



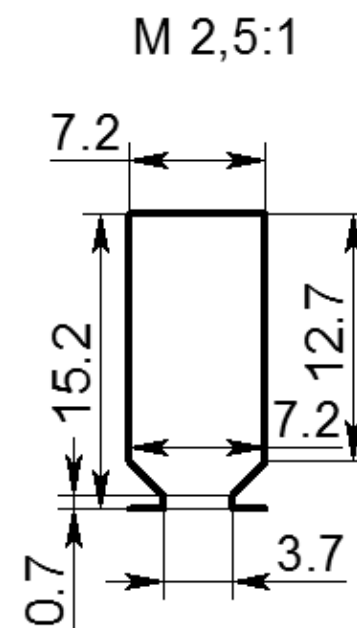
Лист статора



Лист ротора



Эскиз паза статора



Эскиз паза ротора

				ФЮРА 525000.034			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<i>Лист</i>	<i>Масса</i>	<i>Масштаб</i>
							1:2,5
<i>Разраб.</i>		Кушбаев З.Х.			<i>Лист статора и ротора.</i>		
<i>Пров.</i>		Бейерлейн Е.В.					
<i>Т.контр.</i>					<i>Лист</i>	<i>Листов</i>	1
<i>Н.контр.</i>					ТПУ ИнЭО Группа К-7303		
<i>Утв.</i>		Бейерлейн Е.В.					

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дробл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

ФЮРА 525000.034

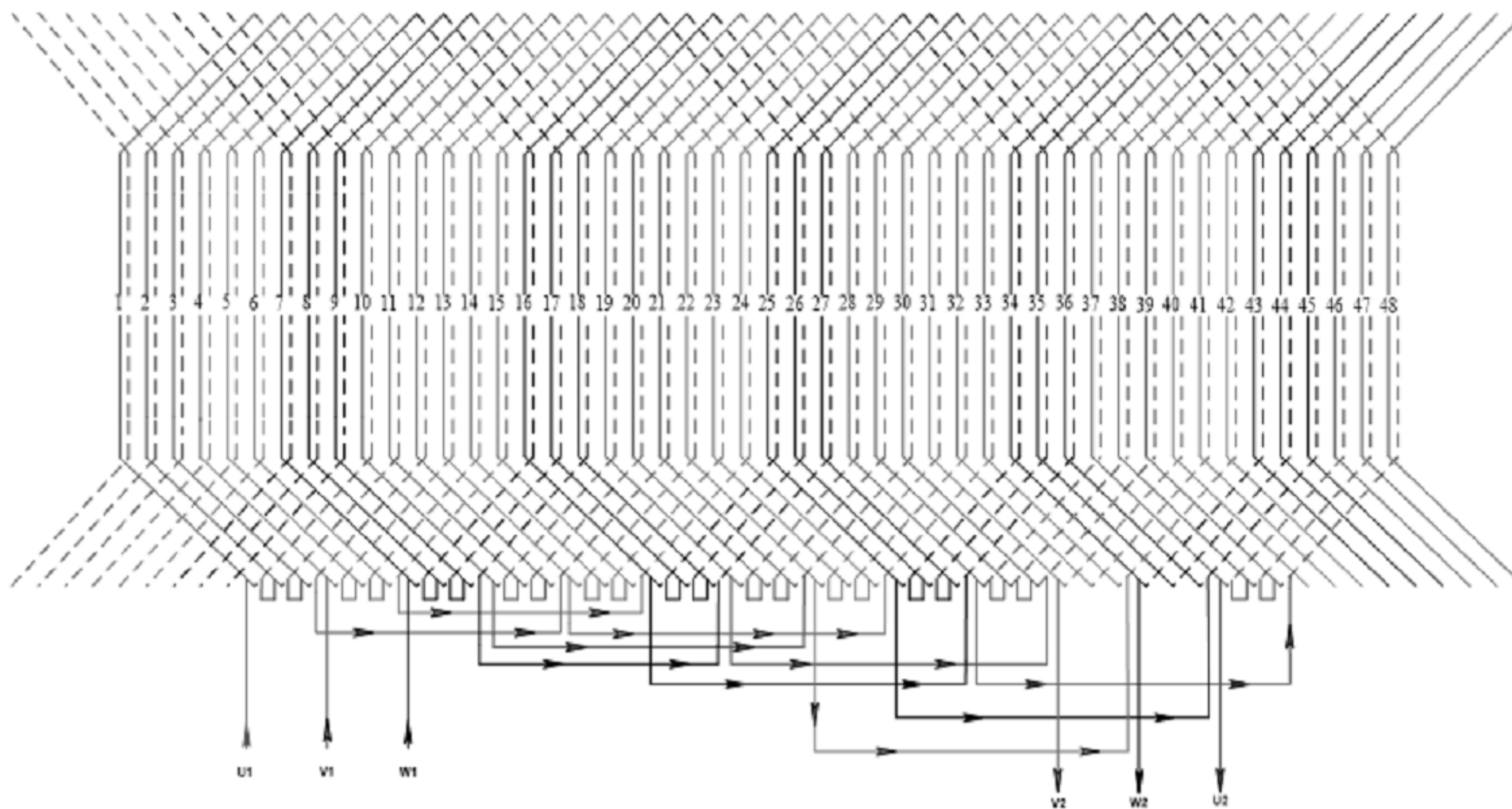


Схема трёхфазной двухслойной обмотки статора $Z=48$ $2p=4$ $q=3$ $a=1$

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дщл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

					ФЮРА 525000.034			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Двухслойная обмотка статора	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кушдаев З.Х.						1:1
Проб.		Бейерлей Е.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.						ТПУ ИнЭО Группа К-7303		
И.контр.								
Утв.		Бейерлей Е.В.						

Копировал

Формат А3

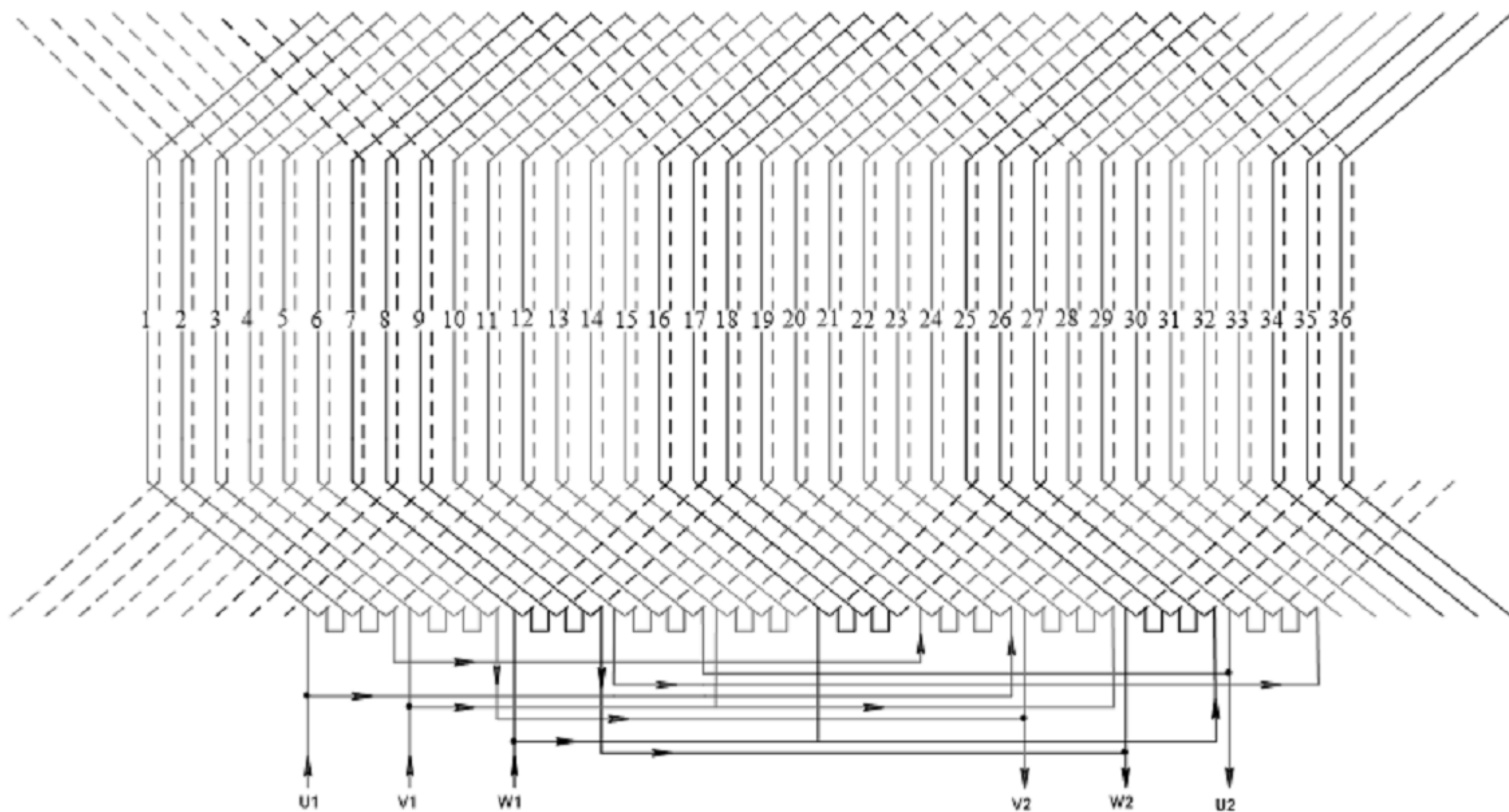


Схема трёхфазной двухслойной обмотки ротора $Z=36$ $2p=4$ $q=3$ $a=2$

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дщл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

				ФЮРА 525000.034				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Двухслойная обмотка ротора	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.		Кушдаев З.Х.						1:1
Проб.		Бейерлей Е.В.				Лист	Листов	1
Т.контр.						ТПУ ИнЭО Группа К-7303		
И.контр.								
Утв.		Бейерлей Е.В.						

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инд. № дщл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

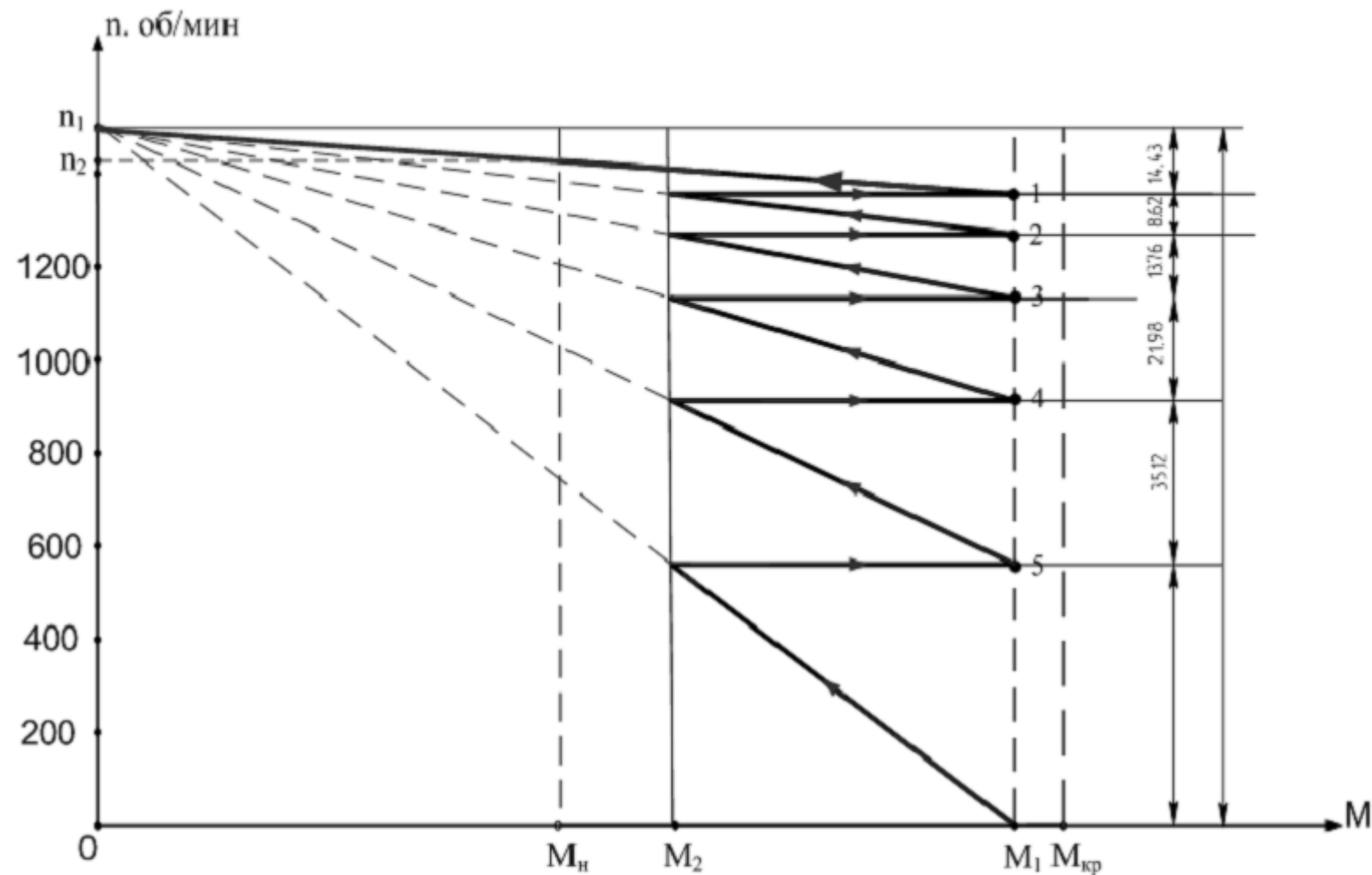


Рис.1. Пусковая диаграмма асинхронного двигателя с фазом ротором

$n_H = 1427.25$ об/мин $s_H = 0.0485$
 $n_c = 1500$ об/мин $P_H = 18000$ Вт
 $M_{кр}/M_{ном} = 2.087$ д.е $\Gamma_{нач} = 0.8912$
 $I_{2H} = 43.7978$ А

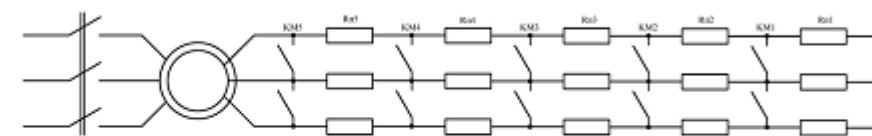


Рис.2. Принципиальная электрическая схема пуска асинхронного двигателя с помощью резисторов в цепи ротора.

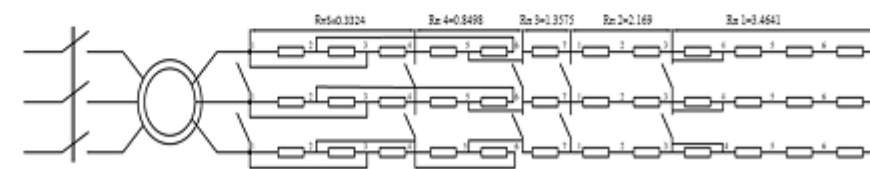


Рис.3. Монтажная схема соединений ящиков резисторов Б6МУ2

				ФЮРА 525000.034				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пусковая диаграмма	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Кушбаев З.Х.							1:1
Проб.	Бейерлей Е.В.					Лист	Листов	1
Т.контр.						ТПУ ИнЭО Группа К-7303		
И.контр.								
Утв.	Бейерлей Е.В.							

