

Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
города Москвы
«Московский государственный колледж электромеханики
и информационных технологий»

Допущено к защите

зам. директора по содержанию образования

_____ С. И. Горбунов

« ____ » _____ 2021г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема: «*Разработка программы для ПЭВМ по расчёту асинхронных двигателей*»

Специальность: 13.02.10 «Электрические машины и аппараты»

Выполнил

Студент группы 5МИ-16

_____ / _____ /

(подпись)

(ФИО)

Руководитель

выпускной квалификационной
работы

преподаватель, МГКЭИТ

(должность, место работы)

_____ /Иванов Г. А./

(подпись)

(ФИО)

Оценка ВКР «_____»

« ____ » _____ 2021 г.

Москва 2021

Оглавление

Оглавление	2
Введение в выпускную квалификационную работу	4
Глава 1 – Теоретическая часть:	5
Глава 2 – Расчетная часть	6
1 Раздел – Определение главных размеров асинхронного двигателя	7
2 Раздел – Расчет обмотки статора	8
3 Раздел – Расчет размеров зубцовой зонч статора и воздушного зазора	9
4 Раздел – Расчет ротора	10
5 Раздел – Расчет магнитной цепи	11
6 Раздел – Параметры рабочего режима асинхронного двигателя	12
7 Раздел – Расчет потерь	13
8 Раздел – Расчет рабочих характеристик аналитическим методом	14
9 Раздел – Расчет пусковых характеристик	16
Учет вытеснения	16
Учет насыщения	16
10 Раздел Тепловой и вентиляционный расчет	18
Глава 2 – Технологическая часть	19
Особенности испытания асинхронной электрической машины	19
Охрана труда и безопасность	20
4.1 Мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию электрооборудования	20
4.2 Применение средств защиты от поражения электрическим током ...	22
Заключение	28
СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ	29

					ДП 140446.009.15 ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Баранов А.А			Разработка программы для ПЭВМ по расчёту асинхронных двигателей	Лит.	Лист
Провер.		Иванов Г.А					Листов
							2
							18
Н. Контр.						ГБПОУ МГКЭИТ	
Утверд.							

Список Приложений	32
Приложение А – чертежи и схемы.....	32
А1.1 – четреж двигателя вид спереди с разрезом	32
А1.2 – чертеж двигателя вид сбоку с разрезом	32
А1.3 – спецификация сборочного чертежа	32
А2 – чертеж развернутой схемы обмотки	32
Приложение Б – ссылки на репозиторий	32
Б1 ссылка на репозиторий с программой Excel	32
Б2 – ссылка на репозиторий с программой кодовых формул	32
Б3 – ссылка на репозиторий с пояснительной запиской	32
Ссылки актуальны на момент защиты ВКР 04.06.2021	32

					ДП 140446.009.15 ПЗ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Разработка программы для ПЭВМ по расчёту асинхронных двигателей	Лит.	Лист	Листов	
Разраб.	Баранов А.А								
Провер.	Иванов Г.А						3	18	
						ГБПОУ МГКЭИТ			
Н. Контр.									
Утверд.									

Введение в выпускную квалификационную работу

Необходимость автоматизации процесса расчёта технических, технико-экономических параметров асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Особенности наладки и испытаний асинхронных электродвигателей

Технические возможности и удобство разработанной программы по расчёту асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

Программа XLSX AD4A по названию говорит что расчетная часть была выделена под препроцессор EXCEL и содержит в себе полный технический расчет электродвигателя который включает

1. Определение главных размеров асинхронного двигателя
2. Расчет обмотки статора
3. Расчет размеров зубцовой зоны статора и воздушного зазора
4. Расчет ротора
5. Расчет магнитной цепи
6. Параметры рабочего режима асинхронного двигателя
7. Расчет потерь
8. Расчет рабочих характеристик аналитическим методом
9. Расчет пусковых характеристик
 - 9.1. Расчет пусковых характеристик с учетом вытеснения
 - 9.2. Расчет пусковых характеристик с учетом насыщения
10. Тепловой и вентиляционный расчет

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						4
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Глава 1 – Теоретическая часть:

Технические возможности и удобство разработанной программы по расчёту асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						5
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Глава 2 – Расчетная часть

Расчёт основных технико – экономических параметров асинхронного электродвигателя

Расчет 11 разделов

Не более 40 листов

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						6
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

1 Раздел – Определение главных размеров асинхронного двигателя

1.1. Формула

1.2. Формула

1.3. Формула

1.4. Формула

1.5. Формула

1.6. Формула

1.7. Формула

1.8. Формула

1.9. Формула

1.10. Формула

1.11. Формула

1.12. Формула

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						7
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

2 Раздел – Расчет обмотки статора

2.1. Формула

2.2. Формула

2.3. Формула

2.4. Формула

2.5. Формула

2.6. Формула

2.7. Формула

2.8. Формула

2.9. Формула

2.10. Формула

2.11. Формула

2.12. Формула

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						8
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

3 Раздел – Расчет размеров зубцовой зонч статора и воздушного зазора

3.1. Формула

3.2. Формула

3.3. Формула

3.4. Формула

3.5. Формула

3.6. Формула

3.7. Формула

3.8. Формула

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						9
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

4 Раздел – Расчет ротора

4.1. Формула

4.2. Формула

4.3. Формула

4.4. Формула

4.5. Формула

4.6. Формула

4.7. Формула

4.8. Формула

4.9. Формула

4.10. Формула

4.11. Формула

4.12. Формула

4.13. Формула

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						10
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

5 Раздел – Расчет магнитной цепи

Индукция в ярме ротора

5.1. Формула

5.2. Формула

Индукция в ярме статора

5.3. Формула

Магнитное напряжение воздушного зазора

5.4. Формула

Магнитное напряжение зубцовой зоны статора

5.5. Формула

Магнитное напряжение зубцовой зоны ротора

5.6. Формула

Магнитное напряжение ярма ротора

5.7. Формула

Магнитное напряжение ярма статора

5.8. Формула

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						11
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

6 Раздел – Параметры рабочего режима асинхронного двигателя

6.1. Формула

6.2. Формула

6.3. Формула

6.4. Формула

6.5. Формула

6.6. Формула

Выборочные значения 6 раздел

6.7. Формула

6.8. Формула

6.9. Формула

6.10. Формула

6.11. Формула

6.12.

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						12
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

7 Раздел – Расчет потерь

7.1. Формула

7.2. Формула

7.3. Формула

7.4. Формула

7.5. Формула

7.6. Формула

7.7.

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						13
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

8 Раздел – Расчет рабочих характеристик аналитическим методом

Расчет рабочих характеристик произведен в программе XLSX AD4A в виде таблицы с разделением на 100 пересчитываемых значений данного значения скольжения

диапазон значений скольжения от (0.01 до 0.1) S

8.1. Формула

8.2. Формула

8.3. Формула

8.4. Формула

8.5. Формула

8.6. Формула

8.7. Формула

8.8. Формула

8.9. Формула

8.10. Формула

8.11. Формула

8.12. Формула

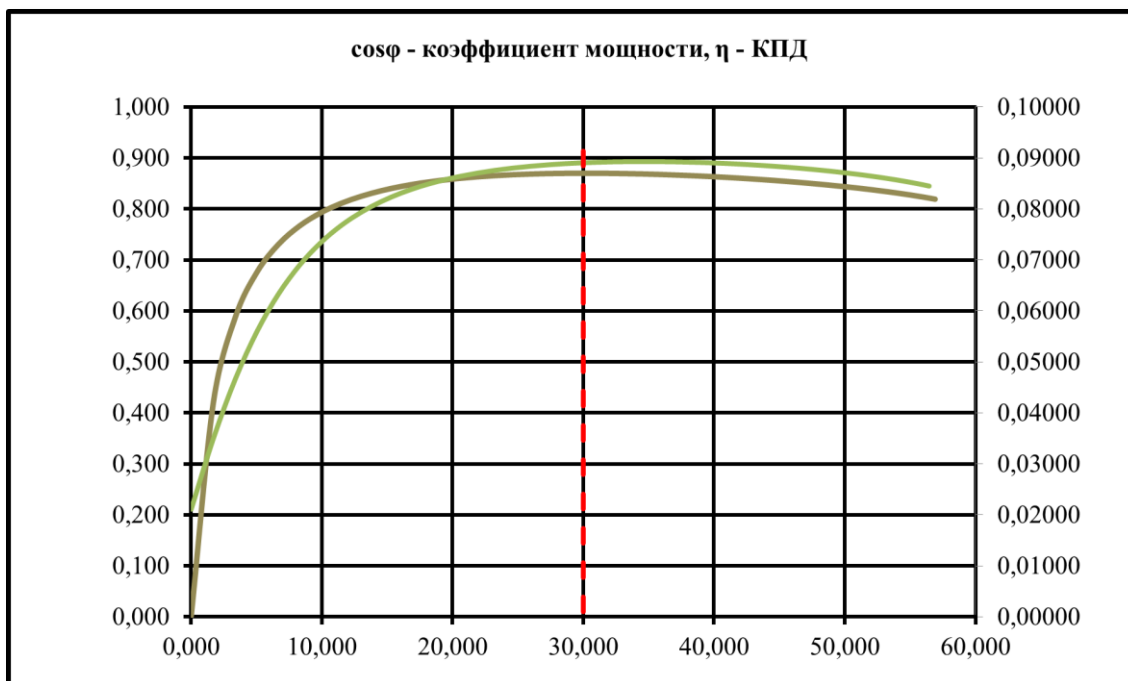
8.13. Формула

8.14. Формула

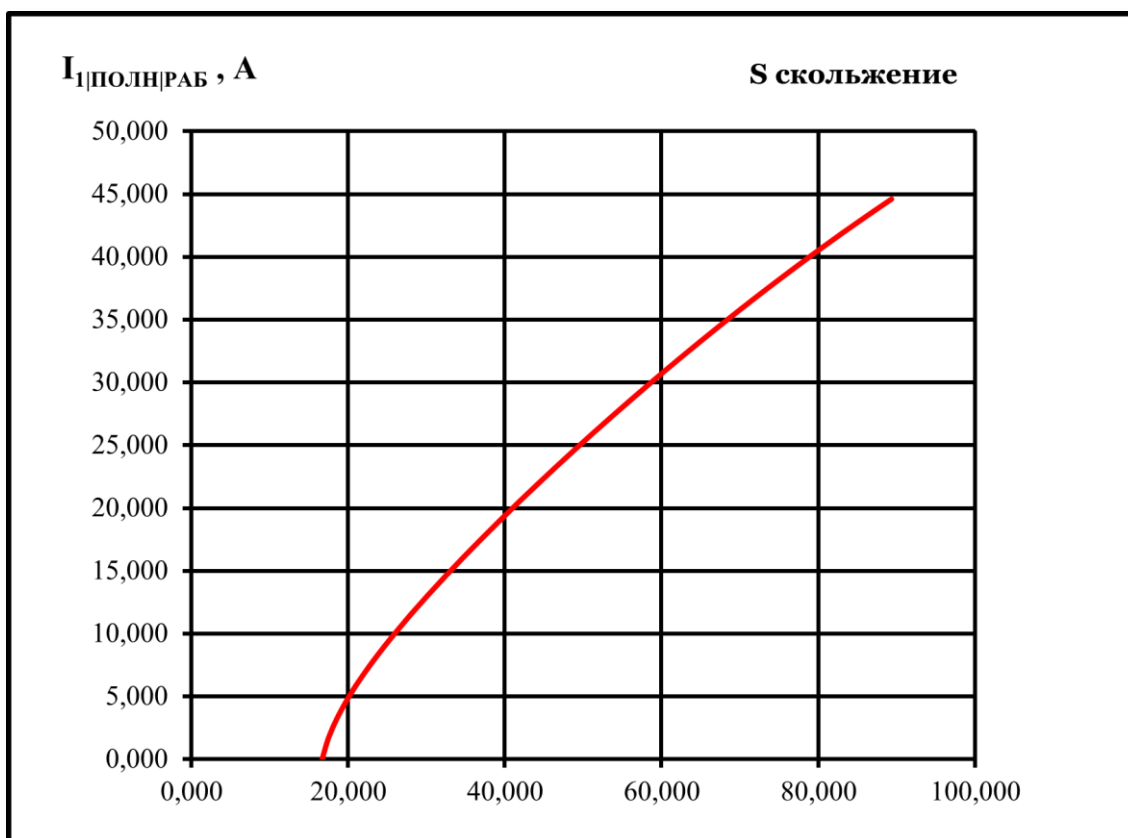
8.15. Формула

Расчет рабочих характеристик производится со значениями скольжения от 0.001 до 0.1 значения скольжения

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						14
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		



КПД cosφ



Ток скольжение

Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата

ДП 13.02.10.3.21 ПЗ

Лист

15

9 Раздел – Расчет пусковых характеристик

Расчет пусковых характеристик произведен в программе XLSX AD4A в виде таблицы с разделением на 100 пересчитываемых значений данного значения скольжения

диапазон значений скольжения от (0.1 до 1) S

Это особый раздел где рассчитываются характеристики учетом влияния вытеснения в каждом из состояний рассчитывается коэффициенты и строится график отношений пусковых токов и пусковых моментов

Учет вытеснения

9.1. Формула

9.2. Формула

9.3. Формула

9.4. Формула

9.5. Формула

9.6. Формула

9.7. Формула

9.8. Формула

Учет насыщения

9.9. Формула

9.10. Формула

9.11. Формула

9.12. Формула

9.13. Формула

9.14. Формула

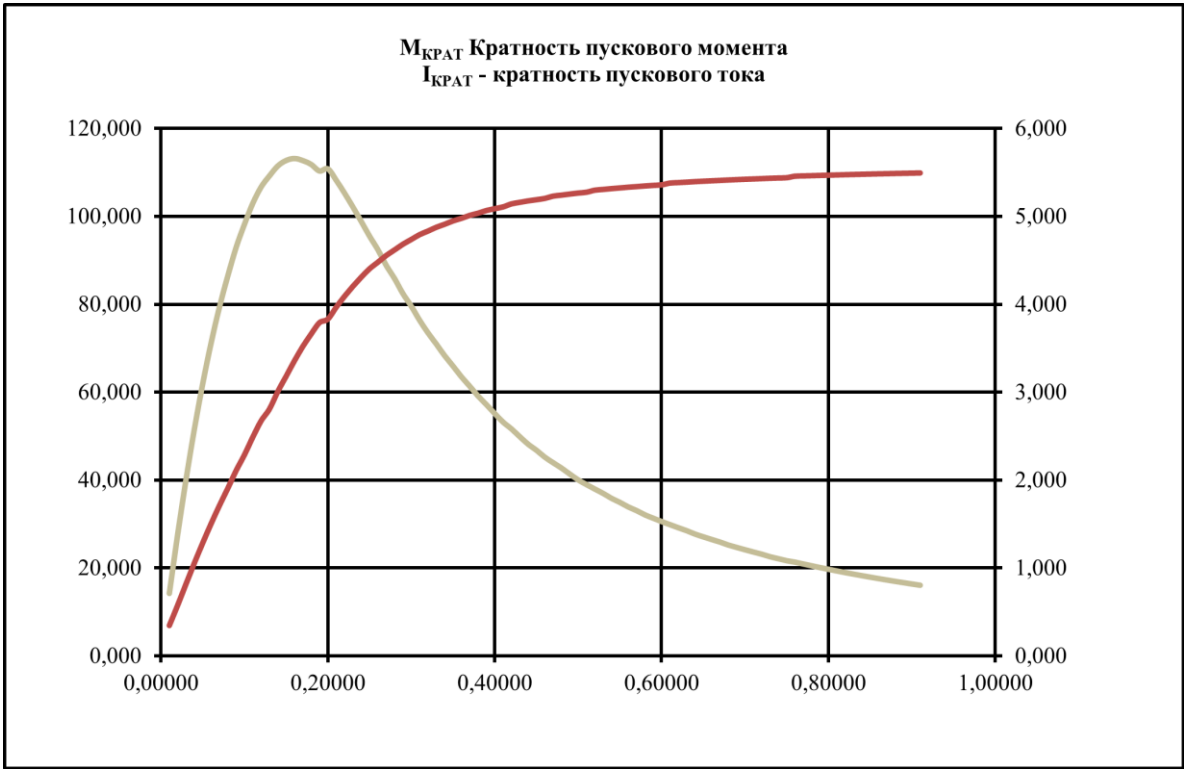
Графики пусковых характеристик

Здесь представлен графики пускового тока и график пускового момента

Обратите внимание на то что в систему данных несены значения 4 функций с разделением в среднем на 300 значений функции, это позволяет генерировать

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						16
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

график пусковых характеристик с необходимым пересчетом на заданную точность как представлено в программе XLSX AD4A так и в пояснительной записке



10 Раздел Тепловой и вентиляционный расчет

10.1. Формула

10.2. Формула

10.3. Формула

10.4. Формула

10.5. Формула

10.6. Формула

10.7. Формула

10.8. Формула

10.9. Формула

10.10.Формула

10.11.Формула

10.12.Формула

10.13.Формула

10.14.Формула

10.15.Формула

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						18
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Глава 2 – Технологическая часть
Особенности испытания асинхронной электрической машины

					<i>ДП 13.02.10.3.21 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
						19
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		

Охрана труда и безопасность

4.1 Мероприятия, обеспечивающие безопасную эксплуатацию электрооборудования

Организационными мероприятиями, обеспечивающими безопасность работы в электроустановках, являются:

- а) оформление работы нарядом-допуском (далее нарядом), распоряжением или перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации;
- б) допуск к работе;
- в) надзор во время работы;
- г) оформление перерыва в работе, переводов на другое рабочее место, окончания работы

Работа в электроустановках производится по наряду, распоряжению, в порядке текущей эксплуатации. Наряд - это задание на производство работы, оформленное на специальном бланке установленной формы и определяющее содержание, место работы, время её начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и лиц, ответственных за безопасность выполнения работы, и пр.

По наряду могут производиться работы в электроустановках, выполняемые:

- а) со снятием напряжения;
- б) без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них.

Распоряжение - это технический документ, в котором содержится задание на производство работы, определяющее её содержание, место, время,

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						20
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

меры безопасности (если они требуются) и лиц, которым поручено её выполнение. Распоряжение может быть передано непосредственно или с помощью средств связи с последующей записью в оперативном журнале.

Текущая эксплуатация — это процедура проведения оперативным (оперативно-ремонтным) персоналом самостоятельно на закрепленном за ним участке в течение одной смены определённого вида работ.

Оперативное обслуживание электроустановок может осуществляться как местным оперативным или оперативно-ремонтным персоналом, за которым закреплена данная электроустановка, так и выездным, за которым закреплена группа электроустановок

Лицам из оперативно-ремонтного персонала, обслуживающим электроустановки, эксплуатируемые без местного оперативного персонала, при осмотре электроустановок, оперативных переключениях, подготовке рабочих мест и допуске бригад к работе и т.п. в соответствии с настоящими Правилами и «ПТЭ электроустановок потребителей» предоставляются все права и обязанности оперативного персонала.

Вид оперативного обслуживания, число лиц из оперативного персонала в смену или на электроустановке определяются лицом, ответственным за электрохозяйство, по согласованию с администрацией предприятия (организации) и указываются в местных инструкциях

К оперативному обслуживанию электроустановок допускаются лица, знающие оперативные схемы, должностные и эксплуатационные инструкции, особенности оборудования и прошедшие обучение и проверку знаний.

Лица из оперативного персонала, обслуживающие электроустановки единолично, и старшие в смене или бригаде, за которыми закреплена данная электроустановка, должны иметь группу по электробезопасности не ниже IV

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						21
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

в установках напряжением выше 1000 В и III в установках напряжением до 1000 В

Оперативный персонал должен работать по графику, утвержденному лицом, ответственным за электрохозяйство предприятия или структурного подразделения.

Работы в электроустановках в отношении мер безопасности подразделяются на выполняемые:

со снятием напряжения;

без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них;

без снятия напряжения вдали от токоведущих частей, находящихся под напряжением

При одновременной работе в электроустановках напряжением до и выше 1000 В категории работ определяются применительно к электроустановкам напряжением выше 1000 В

К работам, выполняемым со снятием напряжения, относятся работы, которые производятся в электроустановке (или части её), в которой с токоведущих частей снято напряжение

К работам, выполняемым без снятия напряжения на токоведущих частях и вблизи них, относятся работы, проводимые непосредственно на этих частях

В электроустановках напряжением выше 1000 В, а также на воздушных линиях электропередачи (ВЛ) напряжением до 1000 В к этим же работам относятся работы, выполняемые на расстояниях от токоведущих частей.

4.2 Применение средств защиты от поражения электрическим током

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						22
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Опасность поражения людей электрическим током на производстве и в быту возникает при несоблюдении мер безопасности, а также при отказе или неисправности электрического оборудования и бытовых приборов

В сравнении с другими видами производственного травматизма электротравмы составляют небольшой процент, однако по числу травм с тяжёлым и особенно летальным исходом занимают одно из первых мест.

Для обеспечения электробезопасности необходимо точное соблюдение правил технической эксплуатации электроустановок и проведение мероприятий по защите от электротравматизма.

Средства защиты от поражения электрическим током разделяются на общетехнические, специальные и индивидуальные.

К общетехническим средствам защиты от прикосновения к токоведущим частям относятся:

- изоляция проводов;
- применение безопасного сверхнизкого (малого) напряжения;
- обеспечение недоступности токоведущих частей с использованием оградительных средств (ограждения, кожух, корпус, электрический шкаф и т.д.);
- блокировки безопасности (механические, электрические);
- применение защитных устройств от случайных прикосновений (изоляция, ограждения, сигнализация, блокировка, заземление или зануление, защитное отключение, знаки безопасности);
- использование средств борьбы со статическим электричеством;

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						23
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- меры ориентации (маркировка отдельных частей электрооборудования, надписи, предупредительные знаки, разноцветная изоляция, световая сигнализация и др.);
- использование средств защиты

Для защиты от случайных прикосновений токоведущие части и детали электрооборудования изолируют. Электрическая изоляция проводов характеризуется её электрическим сопротивлением. Высокое сопротивление изоляции проводов относительно земли и корпусов электроустановок создаёт безопасные условия для человека.

Во время работы электроустановок состояние изоляции ухудшается за счёт нагревания, механических повреждений, влияния климатических условий и окружающей производственной среды (химически активных веществ и кислот, температуры, давления, большой влажности или чрезмерной сухости). Возникновение механических повреждений изоляции электроприборов в процессе эксплуатации недопустимо.

Ограждения применяются сплошные и сетчатые. Они должны быть огнестойкими. В установках напряжением выше 1000 В должны соблюдаться допустимые расстояния от токоведущих частей до ограждений.

Опасную зону для защиты от случайного прикосновения человека ограждают. Ограждения выполняют в виде переносных щитов, стенок, экранов, располагаемых в непосредственной близости от опасного оборудования или открытых токоведущих шин

Незащищенное электрическое оборудование размещают также на недоступной высоте в помещении. Ограждения должны быть выполнены таким образом, чтобы снятие или открывание их были возможны лишь при помощи ключа или инструмента

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						24
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Оградительные устройства применяют совместно с сигнализацией и блокировкой, которые предотвращают несанкционированный доступ к опасному оборудованию.

Блокировка применяется в электроустановках с огражденными токоведущими частями. Она автоматически обеспечивает снятие напряжения с токоведущих частей электроустановок при несанкционированном проникновении за ограждение

К специальным средствам защиты от напряжения относятся защитное заземление, защитное зануление и защитное отключение

Защитное заземление и зануление являются основной мерой защиты металлоконструкции. Основная цель — защитить от возможного удара током пользователя прибора при замыкании на корпус, например от поражения электрическим током в случае замыкания фазного провода на корпус, когда нарушена изоляция

Заземление — это преднамеренное электрическое соединение какой-либо точки системы электроустановки или оборудования с заземляющим устройством для обеспечения электробезопасности. Заземлению подлежат корпуса электрических машин и инструментов, осветительной арматуры, каркасы распределительных щитов, помещения с повышенной электрической опасностью

Заземляющее устройство состоит из заземлителя (проводящей части или совокупности соединенных между собой проводящих частей, находящихся в электрическом контакте с землей непосредственно или через промежуточную проводящую среду) и заземляющего проводника, соединяющего заземляемую часть (точку) с заземлителем

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						25
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Заземлители — металлические стержни, специально забиваемые вертикально в землю, а в ряде случаев еще и дополнительные приваренные к ним металлические полосы или прутки, укладываемые горизонтально в земле на дно котлована

В случае возникновения напряжения на корпусе электроустановки с защитным заземлением электрический ток пройдет в землю по параллельной цепи, но не через тело человека

Средства индивидуальной защиты делятся на основные и дополнительные

К основным изолирующим электрозащитным средствам в электроустановках напряжением до 1000 В относятся изолирующие штанги, изолирующие клещи, указатели напряжения, диэлектрические перчатки, ручной изолирующий инструмент. Они проходят обязательную периодическую поверку. Их испытывают на пробой напряжением.

К дополнительным изолирующим электрозащитным средствам относят такие, которые сами по себе не могут при определенном напряжении обеспечить защиту от поражения электрическим током, но дополняют основное средство защиты:

- в электроустановках с напряжением выше 1000 В это диэлектрические перчатки, диэлектрические боты, диэлектрические ковры и др.;
- с напряжением до 1000 В — диэлектрические галоши, диэлектрические ковры, изолирующие подставки

Вспомогательные защитные средства применяют для защиты от случайного падения с высоты, предохранения от световых и тепловых воздействий тока

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						26
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Вспомогательными средствами являются: предохранительные пояса, грудные обвязки, канаты, когти, защитные очки, рукавицы, суконные костюмы

В основе обеспечения электробезопасности лежит неукоснительное выполнение требований действующих правил устройства электроустановок (ПУЭ) и правил охраны труда (правил безопасности) при эксплуатации электроустановок

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						27
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Заключение

В выполненной выпускной квалификационной работе указаны этапы При выполнении выпускной квалификационной работы удалось спроектировать асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором общепромышленного исполнения

В выполненной выпускной квалификационной работе приведены принципиальная и кинематическая схемы разработанной систем

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						28
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

СПИСОК ПРИНЯТЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АД – асинхронный двигатель;

АД с КЗ – асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором;

Д - двигатель;

КР - капитальный ремонт;

ЛВЖ - легковоспламеняющиеся жидкости;

СЭС - система электроснабжения;

ТО - техническое обслуживание;

ЭЭ – электроэнергия;

ВЗНАЧ – вводимые и изменяемые значения

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						29
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Список используемых источников стандартов и книг

- 1) Лихачев В.Л. 2004, Справочник обмотчика асинхронных электродвигателей
- 2) И.И. Алиев. Электротехнический справочник, 2010.
- 3) Гольдберг О. Д., Свириденко И. С.; Инженерное проектирование и САПР электрических машин, под ред. О. Д. Гольдберга Учебник: Издательский центр «Академия», www.academia-moscow.ru, 2011.
- 4) Кацман М.М. Электрические машины. – М.: Издательский центр «Академия», 2005
- 5) Кацман М.М. Справочник по электрическим машинам. – М.: Издательский центр «Академия», 2005
- 6) Кацман М.М. Электрический привод. – М.: Издательский центр «Академия», 2005
- 7) Кацман М.М. Расчёт и конструирование электрических машин; Учеб. пособие для техникумов. М.: Энергоатомиздат, 1984.
- 8) Копылов И.П. Проектирование электрических машин. – М.: Юрайт, 2019
- 9) Липкин Б.Ю. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. — М.: «Высшая школа», 1990.
- 10) Москаленко В.В. Электрический привод. - М.: Издательский центр «Академия», 2007
- 11) Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей/ Главгос- энергонадзор России. — М., 2006.
- 12) Правила устройства электроустановок. — М.: Энергоатомиздат, 2006
- 13) Сибикин Ю.Д. и др. Э. Электроснабжение промышленных предприятий и установок. — М.: «Высшая школа», 2001.
- 14) Соколова Е.М. Электрическое и электромеханическое оборудование. – М.: Издательский центр «Академия», 2003

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						30
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

- 15) Шеховцов В.П., Расчёт и проектирование схем электроснабжения / учебное пособие / В.П. Шеховцов. — 3-е изд., испр. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020
- 16) Шеховцов, В. П. Электрическое и электромеханическое оборудование : учебник / В.П. Шеховцов. — 3-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2018.
- 17) Периодическая литература, каталоги, информационно-поисковые системы

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						31
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		

Список Приложений

Приложение А – чертежи и схемы

А1.1 – четреж двигателя вид спереди с разрезом

А1.2 – чертеж двигателя вид сбоку с разрезом

А1.3 – спецификация сборочного чертежа

А2 – чертеж развернутой схемы обмотки

Приложение Б – ссылки на репозиторий

Б1 ссылка на репозиторий с программой Excel

Б2 – ссылка на репозиторий с программой кодовых формул

Б3 – ссылка на репозиторий с пояснительной запиской

Ссылки актуальны на момент защиты ВКР 04.06.2021

					ДП 13.02.10.3.21 ПЗ	Лист
						32
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата		