

Реферат

В данной выпускной квалификационной работе спроектирован асинхронный двигатель со встроенным тормозом для тельфера.

Работа содержит 142 стр., 14 рис., количество таблиц 18, 28 источника литературы и 6 листов графического материала.

Ключевые слова: Асинхронный двигатель, статор, ротор, электромагнитный тормоз, технологичность, ресурсоэффективность и ресурсосбережение, социальная ответственность.

Цель проекта заключается в проектировании асинхронного двигателя (АД) с короткозамкнутым ротором и расчете встроенного тормоза. В качестве основного прототипа был принят асинхронный двигатель серии 4А80В4УЗ.

В процессе был проведен электромагнитный расчет АД и тормоза, технологическая и экономическая часть, социальная ответственность.

Определены размеры, конфигурация, материалы магнитной системы асинхронного двигателя. Определен тип обмотки статора, изоляция, обмоточные провода. Выполнен расчет магнитной цепи двигателя, определены активные и индуктивные сопротивления обмоток статора и ротора. Произведены тепловой и вентиляционный расчеты двигателя. Выполнен механический расчет вала спроектированного двигателя.

Разработана конструкция машины и выполнены чертежи: сборочный чертеж спроектированного двигателя.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2010, рассчитана с помощью программы MathCAD 15, чертежи выполнены в графических редакторах и Kompas-3D V16.

Введение

В настоящем дипломном проекте необходимо спроектировать асинхронный двигатель с тормозным устройством.

Развитие индивидуального привода и программа оснащения всей промышленности высокопроизводительными автоматическими линиями и машинами ставят перед электромашиностроением задачи по созданию, совершенных конструкций электрических машин, которые за счет увеличения скорости и уменьшения непроизводительного времени, затрачиваемого на их остановку, должны значительно повысить производительность исполнительных механизмов.

Для обеспечения нормальной эксплуатации большинство машин и механизмов необходимо снабжать электродвигателями с надежно действующими тормозными устройствами, обеспечивающими в нужный момент остановку машины. Так, в грузоподъемных машинах и механизмах электродвигатели, снабженные тормозами, должны останавливать машину и груз на определенном пути торможения, удерживать груз в подвешенном состоянии, обеспечивать безопасность работы механизма и увеличивать его производительность за счет сокращения времени выбега вала в момент останова.

Такие электродвигатели необходимы не только в грузоподъемных машинах, но и в автоматизированных системах, роботах, деревообрабатывающей промышленности для быстрого останова пилы, фрезы, в сельском хозяйстве для останова исполнительного органа молотилки и т. д. [7].

Проектирование и создание конкурентно-способных, высокоэкономичных, надёжных в эксплуатации асинхронных двигателей является актуальной задачей.

При проектировании самотормозящихся электродвигателей и электродвигателей со встраиваемыми тормозами необходимо учитывать многообразные требования:

- Электродвигатели, снабженные тормозным устройством, должны быть максимально унифицированы с электродвигателями общепромышленного

исполнения и иметь минимальные габариты и вес.

- Энергетические показатели СЭД должны быть близкими энергетическим показателям обычных электродвигателей.

- Должна обеспечиваться высокая надежность и долговечность тормозного устройства и самого электродвигателя.

- Маховый момент тормозной системы должен быть минимальным.

- Необходимо, чтобы тормозное устройство обеспечивало плавность торможения, безударное срабатывание при высоком тормозном моменте, а также быстрое замыкание и размыкание тормозных поверхностей.

- Электродвигатель должен иметь достаточный тормозной момент для заданных условий работы.

- Конструкция тормозного устройства должна отличаться простотой и малой стоимостью изготовления, а также обеспечивать удобство осмотра, регулирования и замены изнашивающихся деталей.

- Электродвигатель с тормозом должен допускать большую частоту включений и надежно срабатывать при снятии напряжения сети.

- Тормозная система должна обеспечивать работу электродвигателя в любом положении, а также допускать возможность растормаживания как механическим, так и электрическим способом.

- Износ трущихся элементов должен быть минимальным, т.е. замена фрикционного материала должна осуществляться не более чем раз в год или полгода.

- Должны быть предусмотрены регулировка величины тормозного момента и автоматическая компенсация износа тормозных накладок.

- В дисковых тормозах момент трения создаётся в результате прижатия дисков, вращающихся вместе с валом механизма, к закрепленным дискам.

За последние годы дисковые тормоза получили весьма широкое распространение в самых обычных отраслях промышленности вследствие ряда их несомненных достоинств, к которым следует отнести:

- возможность получения поверхности трения, значительно большей, чем у

колодочных тормозов, при одинаковых габаритах, что позволяет использовать дисковый тормоз при меньшем давлении между трущимися поверхностями, чем повышается их износостойкость; ввиду этого регулировку тормозных устройств можно производить реже;

- относительную лёгкость защиты тормозов от пыли, грязи, влаги и даже обеспечение их полной герметичности;

- уравнированность тормоза из-за отсутствия сил, действующих перпендикулярно оси вращения; осевые силы могут быть легко замкнуты внутри тормозного устройства, и не восприниматься валом и подшипниками машины;

- сцепление трущихся элементов по плоской поверхности, что обеспечивает высокую равномерность распределения давления по всей поверхности трения, а, следовательно, и более равномерный износ фрикционного материала, чем у ленточных тормозов;

- расширение трущихся элементов дискового тормоза в осевом направлении при нагреве в процессе работы, что не влияет на качество прилегания тормозной накладки;

- значительно большую эффективность по сравнению с другими типами тормозов при сохранении габаритных размеров и независимости величины тормозного момента от направления вращения дисков;

- постоянство усиливающего эффекта дискового тормоза с усилителем независимо от степени износа фрикционного материала.

Дисковыми тормозами можно получать высокие значения момента трения, возрастающего с увеличением числа дисков.

Основным недостатком электродвигателей со встроенным тормозным электромагнитом постоянного тока является их стоимость и необходимость иметь источник постоянного тока (или выпрямитель). Еще один недостаток: обычно у большинства асинхронных двигателей (особенно у АД с повышенным пусковым моментом) постоянная времени разгона электродвигателя меньше времени с момента подачи напряжения на электромагнит и до момента залипания якоря (времени растормаживания), поэтому разгон двигателя осуществляется при

неразомкнутых тормозных колодках. Это, естественно, приводит и их усиленному износу.

Энергетические показатели электродвигателей с электромагнитом постоянного тока выше, чем у аналогичных электродвигателей с электромагнитом переменного тока.

При тормозных моментах выше 3 кгс*м электродвигатели с электромагнитами постоянного тока являются более экономичными.

Приведенные выше сведения говорят о том, что электродвигатели с электромагнитами постоянного тока целесообразно применять в двигателях мощностью 1,5 кВт и выше. [7]

Более подробно в специальной части дипломного проекта представлены все основные типы самотормозящих двигателей, а так же рассмотрен принцип действия асинхронного двигателя с пристроенным тормозным устройством с электромагнитом постоянного тока.

В электромагнитном расчете произведен выбор главных размеров, определены параметры двигателя, число пазов, выбран тип обмотки статора, определена масса активных материалов, потери и КПД, а также рассчитаны рабочие и пусковые характеристики, кратность пускового тока и максимального момента.

В тепловой части произведен, расчет двигателя соответствующий температурному запасу по температуре нагрева обмотки статора для класса изоляции.

В механическом расчете определен суммарный прогиб вала от действия силы тяжести ротора и силой, обусловленной соединением муфтой.

В специальной части проекта рассчитано тормозное устройства асинхронного двигателя.

При выполнении технологической части выпускной квалификационной работы разработан технологический процесс общей сборки проектируемого двигателя. Выбрано оборудование и оснастка. Определены нормы времени и

необходимое количество оборудования для выполнения требуемой программы выпуска, а также составлена схема общей сборки и маршрутной карты.

В экономической части оценен коммерческий потенциал инженерных решений (ИР) и обоснованы необходимые инвестиции для разработки и внедрения ИР. Составлен бюджет ИР. Разработан план и график проекта. Оценена конкурентоспособность и технический уровень новшества проектируемого двигателя.

В разделе «Социальная ответственность» произведен анализ опасных и вредных факторов, возникающих в процессе общей сборки асинхронного двигателя со встроенным тормозом. Просмотрены вопросы по технике безопасности, производственную санитарию, пожарную безопасность.

Рассчитано освещение для участка общей сборки асинхронного двигателя со встроенным тормозом.

5. Специальная часть

5.1. Способы торможения асинхронного двигателя

Одной из важных технических операций, оказывающей существенное влияние на показатели надежности, безопасности, экономичности при эксплуатации Электро-Привода (ЭП), является операция торможения двигателя при отключении от сети переменного тока, т.е. при нажатии кнопки стоп. В зависимости от предъявляемых требований к торможению электродвигателя, например период включения, точность и скорость останова и т.п., эта операция может осуществляться различными способами.

В ЭП, где не предъявляются высокие требования к останову двигателя. Торможение можно осуществить подобно процессу пуска, с помощью различных вариантов электрических схем магнитных пускателей, предусматривающих как прямой пуск, так и прямое отключение от сети, останов при этом происходит через некоторое время, пока момент нагрузки не превысит статический момент на валу двигателя.

Многие способы торможения зачастую не могут обеспечить высокие требования к надежности и скорости торможения АД, поэтому для обеспечения нормальной эксплуатации. В большинстве машин и механизмов необходимо снабжать специальными самотормозящими АД или электродвигателями с надежно действующими тормозными устройствами, обеспечивающими в нужный момент остановку машины обеспечивая безопасность работы механизма и увеличивать его производительность за счет сокращения времени переходного процесса в момент останова.

Такие электродвигатели необходимы не только в грузоподъемных машинах, но и в деревообрабатывающей промышленности для быстрого останова пилы, фрезы и т.д. Потребность в этих электродвигателях во всех отраслях увеличивается.

При проектировании самотормозящихся электродвигателей и электродвигателей со встраиваемыми тормозами необходимо учитывать многообразные требования.

1. Электродвигатели, снабженные тормозным устройством, должны быть максимально унифицированы с электродвигателями общего исполнения, и иметь минимальные габариты и вес.

2. Энергетические показатели СЭД должны быть близкими энергетическим.

показателям обычных электродвигателей.

3. Должна обеспечивать высокая надежность и долговечность тормозного устройства и самого электродвигателя.

4. Маховый момент тормозной системы должен быть минимальным.

5. Необходимо, чтобы тормозное устройство обеспечивало плавность торможения, безударное срабатывание при высоком тормозном моменте, а также быстрое замыкание и размыкание тормозных поверхностей.

6. Электродвигатель должен иметь достаточный тормозной момент для заданных условий работы.

7. Конструкция тормозного устройства должна отличаться простотой и малой.

стоимостью изготовления, а также обеспечивать удобство досмотра.

8. Электродвигатель с тормозом устройством должен допускать большую частоту включений и надежно срабатывать при снятии напряжения сети.

9. Тормозная система должна обеспечивать работу электродвигателя в любом положении.

10. Износ трущихся элементов должен быть минимальным.

11. Должны быть предусмотрены регулировка величины тормозного момента и автоматическая компенсация износа тормозных накладок.[7]

Рассмотрим конструкции электродвигателей спроектированных в нашей стране.

5.2. Самотормозящиеся электродвигатели

В отличие от электродвигателей со встраиваемыми и пристраиваемыми электромагнитами, у которых для управления тормозным устройством выполняется специальная обмотка. В самотормозящихся электродвигателях (СЭД) управление тормозом осуществляется с помощью магнитного потока самого электродвигателя, т.е. в СЭД магнитное поле статора используется как для создания растормаживающего усилия на тормозе, так и для создания вращающего момента на роторе.

В настоящее время из литературы известно большое число конструктивных исполнений самотормозящихся электродвигателей. Анализ известных конструкций СЭД позволил систематизировать их и установить возможные источники возникновения растормаживающих усилий в этих электродвигателях.

К основным типам самотормозящихся электродвигателей относятся:

- Электродвигатель с вспомогательным ротором.
- Электродвигатель со смещающимся ротором.
- Электродвигатель с ротором, имеющим свободный ход.
- Электродвигатель с якорем.
- Электродвигатель с поворотным статором.
- Электродвигатель с втулкой-вставкой. [7]

Все вышеперечисленные конструкции электродвигателей имеют в сумме следующие существенные недостатки:

1) часть магнитного потока статора расходуется на создание растормаживающего усилия, что приводит к увеличению габаритов электродвигателя;

2) вспомогательный ротор работает в режиме короткого замыкания, поэтому такие СЭД имеют низкие энергетические показатели и увеличенный перегрев обмотки.

3) СЭД имеет увеличенную длину статора, а также имеется сложность обеспечения механической связи вспомогательного ротора с тормозным диском.

4) увеличенный расход активных и конструктивных материалов на 1 кВт полезной мощности.

5) наличие массивного магнитопроводящего якоря приводит к увеличению реактивного сопротивления и соответственно к уменьшению пускового момента и энергетических показателей.

СЭД с конусным ротором благодаря компактности и простоте конструкции в настоящее время успешно используются для различных целей. Однако повсеместного внедрения во многих отраслях промышленности, где используются электрические машины, они не получили из-за своих недостатков.

1) электродвигатели непригодны для установки в любом положении, так как расположение электродвигателя валом вверх или вниз требует замены тормозной пружины.

2) осевое перемещение вала на некоторых типах составляет 3-4 мм, что не позволяет обеспечить жесткое соединение таких электродвигателей с приводом.

3) каждый лист статора и ротора имеет свои размеры, поэтому для их изготовления необходимо иметь довольно сложное оборудование.

4) потери на 10 - 18% больше потерь в двигателях с цилиндрическим ротором.

5) с увеличением числа пар полюсов у электродвигателей с конусным ротором по сравнению с обычными наблюдается значительное снижение коэффициента мощности.

6) отсутствует возможность регулировать величину тормозного момента.

В силу присущих самотормозящим АД вышеперечисленных недостатков, наибольшее применение нашли пристроенные и встроенные тормозные устройства.

5.3. Электродвигатели с электромагнитными тормозами

Тормоз, комплекс устройств для снижения скорости движения, или для осуществления полной остановки машины или механизма, а в подъемно транспортных механизмах также для удержания груза в подвешенном состоянии.

Для управления тормозом служит привод, который может быть механическим, гидравлическим, пневматическим, вакуумным, электромагнитным, электрогидравлическим, электромеханическим и т.п. При механическом управлении тормозное усилие передается от рычага к рабочим элементам тормоза через систему тяг, рычагов, шарниров. При значительном удалении тормоза от места управления механический привод становится громоздким. Более совершенны гидравлическая система управления тормозом и пневматическая система. Пневматические и электропневматические системы привода тормоза, в которых основными силовыми органами являются тормозные силовые цилиндры, связанные воздушной магистралью с компрессором через кран машиниста, а системой рычагов с фрикционными колодками, применяются на железнодорожном подвижном составе.

При ЭП тормоза используют электрогидравлические или электромеханические толкатели, которые представляют собой устройства, состоящие из преобразователя энергии с самостоятельным двигателем и собственно толкателя со штоком, движущимся поступательно и соединенным с рычажной системой тормоза. Толкатели тормоза нечувствительны к перегрузкам, дают возможность работать с большой частотой включений, благодаря чему их можно использовать в системах регулирования скорости движения рабочих органов машины.

Но в большинстве ЭП применение находят тормозы с приводом от электромагнитов, называемые электромагнитные. Эти тормозы подразделяются по роду тока - на тормозы постоянного и переменного тока: по длине хода якоря - на длинно-ходовые и коротко-ходовые; по режиму работы - продолжительностью включения 15,25,40 и 60% от времени цикла работы. Коротко-ходовой тормоз имеет ход якоря электромагнита, близкий или равный перемещению фрикционных

элементов, а ход якоря электромагнита длинно-ходового электромагнита в несколько раз превышает это перемещение. За счет этого в соответствии с правилами механики требуемое усилие электромагнита длинно-ходового тормоза может быть во столько же раз меньше. [7]

5.4. Электромагнитные тормоза переменного тока

Электромагнитные тормоза переменного тока - является самым распространенным.

Они отличаются простотой конструкции и изготовления, максимальной унификацией, однако являются менее надежными и нуждаются в частом регулировании. Их ток зависит от величины воздушного зазора между якорем и сердечником и при пуске достигает 15 - 30 кратного значения от номинального тока при притянutom якоря, поэтому, как правило электромагниты переменного тока допускают незначительное число включений в час и непригодны для работы в тяжелых режимах. Они обладают практически мгновенным временем срабатывания, поэтому процесс торможения электродвигателя сопровождается толчками, ударами, возникновением больших динамических усилий, что приводит к ускоренному выходу из строя тормозной системы. С ростом мощности электромагнитов влияние динамических усилий резко увеличивается. Неполное использование тягового усилия электромагнитов в тормозах, отрегулированных на меньшую величину тормозного момента, приводит к повышенному износу якорей и ускоренному выходу из строя обмотки катушки, так как вследствие уменьшенного сопротивления тормозных пружин удары якорей по сердечникам становится более сильным.

Для ЭП переменного тока выпускаются тормозы серии ТКТ с коротко-ходовыми однофазными электромагнитами типов МО 100 и МО 200. Они обеспечивают тормозные моменты от 11 до 240 Н*М и имеют износостойкость до 1,5 млн. циклов. Собственное время включения электромагнитов около 0,03 с и отключения - 0,02 с. Длинно-ходовые тормоза переменного тока серии КМТ обеспечивают тормозные моменты от 450 до 4000 Н*М и имеют ход электро-

магнита в пределах $50 \div 800$ мм. Время их включения составляет $0,1 \div 0,5$ с, а отключения $0,15 \div 0,6$ с. [7]

5.5. Электромагнитные тормоза постоянного тока

Электромагниты постоянного тока - лишены тех недостатков, которые имеют магниты переменного тока. Кроме того, они обладают увеличенным сроком службы, обеспечивают более плавное затормаживание и т.д. Основным недостатком электродвигателей со встроенными тормозными электромагнитами постоянного тока является их увеличенная стоимость и необходимость иметь источник постоянного тока или выпрямителя. Энергетические показатели электродвигателей с электромагнитами постоянного тока выше, чем у аналогичных с электромагнитами переменного тока.

В ЭП постоянного тока применяются тормозы серии ТКП с короткоходовыми электромагнитами. Они выпускаются на тормозные моменты до 500 Н*М и имеют расчетный ход до 1.2 до 4.5 мм. В длинно-ходовых тормозах постоянного тока применяются электромагниты типа КПМ и ВМ, обеспечивающие тормозные моменты до 50 Н*М и максимальный ход до 4.5мм. Кроме тормозов, которые представляют собой отдельное устройство, в ЭП находят широкое применение встраиваемые в двигатель тормоза, составляемые с ним единый конструктивный модуль. Такие встраиваемые тормоза выполняются, как правило дисковыми и имеют управление от электромагнитов постоянного тока. [7]

5.6. Конструкция электромагнитного тормоза

Электродвигатели со встроенным электромагнитным тормозом предназначены для привода механизмов, работающих в повторно-кратковременном режиме и требующих фиксированного останова за регламентированное время после отключения электродвигателя от сети.

Электромагнитный нормальнозамкнутый тормоз предназначен для фиксации ротора двигателя при отключении двигателя от питающей сети и устанавливается на задний щит двигателя (со стороны вентилятора). Используется в механизмах обычного применения, не имеющих особых требований к быстродействию и ресурсу тормоза.

В качестве базового электромагнитного тормоза взят пружинный тормоз типа INTORQ BFK458.

1– Якорь.

2– Нажимные пружины.

3– Ротор.

4– Втулка.

5– Вал.

6– Штифт.

7– Корпус эл. магнита.

8– Катушка тормоза.

9– Втулочные винты.

10–Фрикционные кольца

δ – Воздушный зазор.

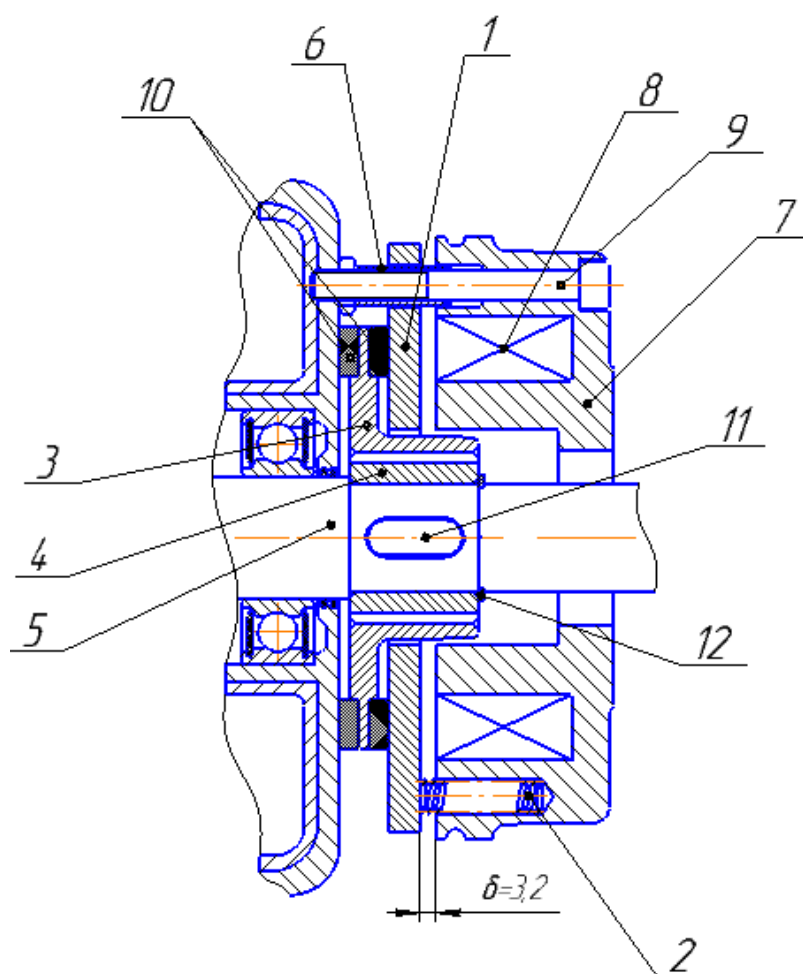


Рисунок. 5.1. устройство пружинного тормоза.

Основными конструктивными элементами тормоза представленного (на рисунке 5.1.) является: коротко-ходовой электромагнит с ходом якоря и тормозной диск с фрикционными накладками. При малом ходе якоря преимущественно применяется прямо-ходовые магнитные системы броневого

типа.

На крепежные винты поз 9 надеты штифты поз. 6, которые одновременно являются направляющими при поступательном перемещении якоря поз.1. Винтовые цилиндрические тормозные пружины поз. 2 равномерно расположенные по окружности сердечника весьма облегчают регулировку положения якоря и оказывают мощное механическое тормозное усилие на якорь при обесточенном электромагните. Внутри сердечника уложена обмотка электромагнита поз.8, постоянного напряжения.

Тормозной диск поз.3 устанавливается на втулку поз.4. Диск свободно перемещается на втулке на фиксированную величину, которая установлена на вал поз. 5 со шпонкой поз 11, втулка закреплена стопором поз. 12. По окружности диска с двух сторон крепится фрикционный материал поз 10 (кроме асбестовой лента) с коэффициентом трения $K = 0.2 \div 0.55$. При установке нового или замене фрикционных колец необходима, не менее 5-10 раз запустит тормоз в холостую, чтобы фрикционные кольца притерлись для хорошего тормозного момента.

Винтовая цилиндрическая пружина поз.2 оказывает небольшое усилие достаточное для перемещения диска при растормаживании.

При конструкции с пружинными тормозами усилие можно регулировать с помощью количества пружин, по периметру увеличив или же уменьшив их.

Тело сердечника вытачивается на токарном станке из электротехнической стали Ст3, затем фрезеруются крепежные элементы. Он крепится с помощью резьбовых шпилек поз.9, которые одновременно крепят фиксирует штифт поз.6.

Равномерность распределения и оптимальное число крепежных элементов существенно облегчает регулировку положения электромагнита.

5.7. Принцип действия электромагнитного дискового тормоза

Эскиз асинхронного двигателя со встроенным тормозным устройством представлен на графической части .

В исходном положении при отключенном двигателе, обмотка электромагнита обесточена, якорь, под действием пружин, прижат к тормозному диску. Тормозной диск под действием этого усилия прижимается к тормозной плоскости, обеспечивая заторможенное состояние двигателя, обеспечивая заторможенное состояние двигателя.

При пуске АД одновременно запитывается постоянным или выпрямленным током, через схему управления (СУ), обмотка электромагнита тормоза. При прохождении тока по обмотке создается МДС, под действием которой возбуждается магнитный поток, который замыкается через рабочий зазор и через якорь электромагнита. В течение определенного времени происходит нарастание магнитного потока, до тех пор, пока сила тяги электромагнита не станет равной противодействующей силе тормозных пружин. В этот момент якорь начнет движение, что приведет к уменьшению рабочего зазора, и в момент, когда зазор достигнет конечной величины, произойдет притягивание якоря электромагнита к сердечнику.

Во время движения якоря, под действием пружины, тормозной диск переместится на фиксированную величину зазора, фрикционные элементы отойдут от тормозной плоскости. Произойдет растормаживание двигателя, и скорость вращения ротора достигнет номинальной скорости вращения. В процессе работы двигателя электромагнит тормоза находится во включенном состоянии и удерживает диск в притянutom положении.

Процесс торможения начинается после отключения двигателя от сети переменного тока. Одновременно обесточивается обмотка электромагнита тормоза, вследствие чего магнитный поток в рабочей цепи в течение определенного времени уменьшается и в тот момент, когда сила тяги электромагнита становится меньше противодействующего усилия пружины, происходит отлипание якоря от электромагнита. Якорь под действием тормозных пружин начнет движение в направлении тормозного диска. В момент контакта якорь будет иметь запас по ходу, вследствие чего, в результате мощного механического усилия оказываемого тормозными пружинами якорь создаст необходимое усилие

для перемещения тормозного диска на фиксированный зазор. В момент достижения конечной величины зазора, фрикционные элементы войдут в контакт с тормозной плоскостью щита, обеспечивая тем самым тормозной момент необходимый для торможения двигателя. После полной остановки вала процесс торможения заканчивается.

5.8. Расчет тормоза постоянного тока

Расчет тормозной части постоянного тока.

Номинальный момент.

Номинальная частота вращения вала.

$$1500 \cdot (1 - 0.06) = 1410 \text{ об/мин.}$$

где $S_{\text{ном}} = 0,06$ номинальное скольжение.

$$n_1 = 1500 \text{ об/мин.}$$

$$9550 \cdot \frac{1500}{1410} = 10.16 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

где $P_2 = 1.5 \text{ кВт}$ номинальная мощность.

Момент трения.

$$1,75 \cdot 1.016 = 17.77 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Противодействующая сила.

$$\frac{17.77}{0.35 \cdot 2 \cdot 0.04} = 634.973 \text{ (Н)}.$$

где $k_{\text{тр}}=0,35$ коэффициент трения:

Число поверхностей трения: $Z=2$.

Соппротивление трущихся поверхностей. $R_{\text{тр}}=0,04$.

Энергия торможения.

Проведение исследований показывает, что основным фактором, определяющим износ трущихся поверхностей, является энергия E ,

приходящаяся на единицу поверхности фрикционной пары в процессе одного торможения.

$$\frac{2.5}{9.807} = 0.255 \text{ кг.}$$

где $G=2,5$ кг. Масса диска.

$g=9.807\text{м/с}^2$ ускорения силы тяжести.

Маховый момент вращающихся частей.

$$\frac{1}{2} \cdot 9.807 \cdot 0.255 \cdot (45 \cdot 10^{-3})^2 = 2.531 \cdot 10^{-3} \text{ кг}\cdot\text{м}^2$$

где $r_f=45\cdot 10^{-3}$ м. Радиус фрикционного кольца.

Энергия торможения.

$$\frac{2.531 \cdot 10^{-3}}{7200} \cdot 120 = 63.281 \cdot 10^{-3} \text{ кг/ч. [7]}$$

где $j = 120$ число торможений в час:

Полная фрикционная поверхность.

$$\frac{\pi}{2} \cdot ((90 \cdot 10^{-3})^2 - (70 \cdot 10^{-3})^2) \cdot 2 = 0.0101 \text{ м}^2$$

где $D_H = 90\cdot 10^{-3}$ м наружный диаметр фрикционного кольца.

$D_B = 70\cdot 10^{-3}$ м внутренний диаметр фрикционного кольца.

Удельная тормозная нагрузка.

$$\frac{63.281 \cdot 10^{-3}}{0.0101} = 6.295. \text{ [7]}$$

Для уменьшения износа трущихся поверхностей необходимо до максимума увеличить их сечение и к минимуму снять маховые массы как привода, так и самого двигателя.

Расчёт электромагнита постоянного тока.

Выбор размеров.

Диаметр сердечника якоря.

Выбирается максимальным в зависимости от диаметра подшипникового щита, для большего тормозного момента.

$$d_{н.с} = 64 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$d_{в.с} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Диаметр якоря.

$$d_{н.я} = 120 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$d_{в.я} = 44 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Высота якоря.

$$h_{н.мин} = 0.1 \cdot d_{в.я} = 0.1 \cdot 44 \cdot 10^{-3} = 4.4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$h_{н.мах} = 0.15 \cdot d_{в.я} = 0.15 \cdot 44 \cdot 10^{-3} = 6.6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$\text{Принимаем } h_n = 6.5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Ширина якоря и корпуса.

$$b_{ск.мин} = 1.2 \cdot h_n = 1.2 \cdot 6.5 \cdot 10^{-3} = 7.6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$b_{ск.мах} = 1.4 \cdot h_n = 1.4 \cdot 6.5 \cdot 10^{-3} = 9.1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$\text{Принимаем } b_{ск} = 0.008 \text{ м.} \quad b_{я} = b_{ск} \text{ м.}$$

Площадь сечения сердечника.

$$\pi \cdot \frac{(64-44)^2 \cdot 10^{-3}}{4} = 1.696 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Площадь сечения якоря.

$$\pi \cdot \frac{(120-44)^2 \cdot 10^{-3}}{4} = 9.789 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Площадь сечения корпуса.

$$\frac{(116-90)^2 \cdot 10^{-3}}{4} = 4.20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

$$S_k = S_{ск} = 4.20 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Толщину корпуса принимаем; $a_{ск} = 8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$

Расстояние от осевой линии до корпуса.

$$h = 0.5 \cdot d_{н.я} = 0.5 \cdot 120 \cdot 10^{-3} = 60 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Радиус вращения якоря.

$$r_{\text{я}} = h = 60 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Длины участков.

$$\text{Якорь: } l_{\text{я}} = 0.038 \text{ м.}$$

$$\text{Основание ярма: } l_{\text{ос}} = 0.040 \text{ м.}$$

$$\text{Скоба: } l_{\text{с}} = l_{\text{к}} = 0.027 \text{ м.}$$

Магнитные проводимости зазоров рассеяния

Рабочий зазор.

$$= \mu_0 \cdot \left(\frac{3.14 \cdot (64-44)^2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 3.2 \cdot 10^{-3}} \right) + 0.96 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 7.434 \cdot 10^{-7} \text{ Гн.}$$

где $\mu_0 = 1.2566 \cdot 10^{-6}$ – магнитная проницаемость воздуха и немагнитных материалов; м.

$\delta = 3.2 \cdot 10^{-3}$ – воздушный зазор; м.

Производная проводимости.

$$\mu_0 \cdot \left(\frac{3.14 \cdot (64-44)^2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot (3.2 \cdot 10^{-3})^2} \right) + 0.96 \cdot 64 \cdot 10^{-3} = 2.083 \cdot 10^{-4} \text{ Гн/м.}$$

Нерабочий зазор.

Так как электромагнит небольшой, то приём.

$$\delta_{\text{мин}} = 0.7 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$$0.7 \cdot 10^{-3} + (3.2 - 0.7) \cdot 10^{-3} \cdot \frac{8 \cdot 10^{-3}}{3 \cdot 60 \cdot 10^{-3}} = 8.111 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

На основе анализа простых объемных фигур, составляющих нерабочий зазор, получено уравнение полной проводимости.

$$\mu_0 \cdot \left(\pi \cdot \frac{(116-90)^2 \cdot 10^{-3}}{4 \cdot 3.2 \cdot 10^{-3}} \right) + 0.52 \cdot (1.5 \cdot \pi \cdot 90 \cdot 10^{-3}) + 1.2 \cdot \left(0.5 \cdot \frac{\pi \cdot 90 \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{3.2 \cdot 10^{-3}}{6.5 \cdot 10^{-3}} \right) + 1} \right) + 6.5 \cdot 10^{-3} = 2.08 \cdot 10^{-6} \text{ Гн.}$$

Результирующая проводимость рабочего и нерабочего зазоров:

$$\frac{7.434 \cdot 10^{-7} \cdot 2.08 \cdot 10^{-6}}{7.434 \cdot 10^{-7} + 2.08 \cdot 10^{-6}} = 7.434 \cdot 10^{-7} \text{ Гн.}$$

Магнитное сопротивление зазора между сердечником и основанием

$$\frac{0.05 \cdot 10^{-3}}{1.2566 \cdot 10^{-6} \cdot 1.696 \cdot 10^{-6}} = 2.345 \cdot 10^4 \text{ Гн.}$$

$$\text{где } \Delta_{\text{ос}} = 0.05 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \quad S_c = 1.696 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Пример расчета одной точки для начального зазора:

Максимальный допустимый поток:

$$\frac{1 \cdot \left(\frac{3.14 \cdot (64-44)^2 \cdot 10^{-3}}{4} \right)}{1.83} = 9.27 \cdot 10^{-4} \text{ Вб.}$$

где $B_{\text{max}} = 1$ - максимально допустимая индукция в сердечнике.

$\sigma_0 = 1.83$ коэффициент рассеяния в основании сердечника и ярма.

$\sigma_{1/2} = 1.62$ коэффициент рассеяния для средних сечений сердечника и ярма.

Поток средним значением.

$$1.62 \cdot 9.27 \cdot 10^{-4} = 1.502 \cdot 10^{-3} \text{ Вб.}$$

Поток в основании ярма и сердечника:

$$1.83 \cdot 9.27 \cdot 10^{-4} = 1.696 \cdot 10^{-3} \text{ Вб.}$$

Индукция и напряженность в якоре:

$$\frac{9.27 \cdot 10^{-4}}{1.327 \cdot 10^{-3}} = 0.698 \text{ Тл.}$$

Напряжённость магнитного поля:

$$\text{Для } B_{\text{я}} = 0.698 \text{ Тл:} \quad H_{\text{я}} = 574 \text{ А/м.}$$

$$\frac{9.27 \cdot 10^{-4}}{\frac{3.14 \cdot (64 - 44)^2 \cdot 10^{-3}}{4}} = 0.546 \text{ Тл:}$$

$$H_{\text{я.min}} = 434 \text{ А/м.}$$

$$\frac{9.27 \cdot 10^{-4}}{\frac{3.14 \cdot (64 - 44)^2 \cdot 10^{-3}}{4}} = 0.546 \text{ Тл:}$$

$$H_{\text{я.max}} = 434 \text{ А/м.}$$

Расчёт магнитной цепи при потоке срабатывания и начальном зазоре.

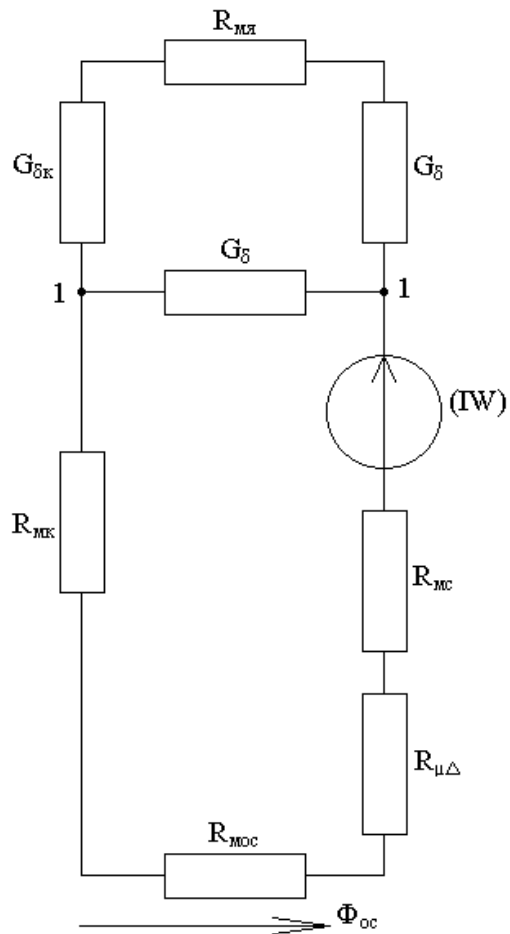


Рисунок. 5.2.Схема магнитной цепи.

Магнитная индукция и напряжённость в 3х сечениях сердечника.

$$\frac{1.502 \cdot 10^{-3}}{1.696 \cdot 10^{-3}} = 0.885 \text{ Тл.}$$

$$H_{C1/2} = 776 \text{ А/м.}$$

$$\frac{1.696 \cdot 10^{-3}}{1.696 \cdot 10^{-3}} = 1 \text{ Тл.}$$

$$H''_C = 924 \text{ А/м.}$$

$$\frac{9.27 \cdot 10^{-4}}{4.207 \cdot 10^{-3}} = 0.220 \text{ Тл.}$$

$$H'_k = 176 \text{ А/м.}$$

$$\frac{1.502 \cdot 10^{-3}}{4.207 \cdot 10^{-3}} = 0.357 \text{ Тл.}$$

$$H_{k1/2} = 280 \text{ А/м.}$$

$$\frac{1.696 \cdot 10^{-3}}{4.207 \cdot 10^{-3}} = 0.403 \text{ Тл.}$$

$$H''_k = 352 \text{ А/м.}$$

$$B_0 = B''_k = 0.403 \text{ Тл.}$$

$$H_0 = H''_k = 352 \text{ А/м.}$$

Средние магнитные напряженности поля в сердечнике и ярме по формуле Симпсона:

$$\frac{574+776+924}{6} = 379 \text{ А/м.}$$

$$\frac{176+280+352}{6} = 134.6 \text{ А/м.}$$

Магнитное напряжение на рабочем зазоре.

$$\frac{9.27 \cdot 10^{-4}}{7.434 \cdot 10^{-7}} = 1247.037 \text{ В.}$$

Магнитное напряжение на нерабочем зазоре.

$$\frac{9.27 \cdot 10^{-4}}{2.08 \cdot 10^{-6}} = 445.681 \text{ В.}$$

Магнитное напряжение на якоре.

$$574 \cdot 0.038 = 21.812 \text{ А.}$$

Магнитное напряжение на сердечнике.

$$379 \cdot 0.027 = 10.233 \text{ А.}$$

Магнитное напряжение в ярме.

$$134.667 \cdot 0.027 = 3.636 \text{ А.}$$

Магнитное напряжение в основании ярма:

$$352 \cdot 0.04 = 14.08 \text{ А.}$$

Магнитное напряжение на нагрузке (в рабочем и нерабочем зазорах):

$$1247.037 + 445.681 = 1.693 \cdot 10^3.$$

Магнитное напряжение на участках стали и технологическом зазоре:

$$21.8 + 10.23 + 3.636 + 14.08 = 49.76 \text{ А}$$

Суммарная магнитодвижущая сила:

$$1.693 + 49.761 = 1.742 \cdot 10^3 \text{ А.}$$

Тяговая сила, развиваемая электромагнитом:

$$\frac{1}{2} \cdot (1247.037)^2 \cdot 7.434 \cdot 10^{-7} = 0.578.$$

Расчёт размеров обмотки

$$\Delta_{\text{HH}} = \Delta_{\text{HB}} \quad \Delta_{\text{HB}} = 0.04 \cdot d_{\text{H.C}} = 0.04 \cdot 0.064 = 2.56 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Торцевая изоляция.

$$\Delta_{\text{м}} = 1 \cdot \Delta_{\text{HB}} = 1.5 \cdot 2.56 \cdot 10^{-3} = 2.56 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Длина обмотки.

$$l_{\text{об}} = l_{\text{с}} - 2 \cdot \Delta_{\text{м}} = 0.027 - 2 \cdot 2.56 \cdot 10^{-3} = 0.022 \text{ м.}$$

Внутренний диаметр обмотки.

$$D_{\text{BH}} = d_{\text{H.C}} + 2 \cdot \Delta_{\text{HB}} = 0.064 - 2 \cdot 2.56 \cdot 10^{-3} = 0.069 \text{ м.}$$

Расчёт Н.С.ном, предварительный.

$$K_{\text{u.min}} = 0.7. \quad K_{\text{u.max}} = 0.8.$$

$$\frac{787.061}{0.7} = 71 \text{ А.}$$

Удельное сопротивление при 20 градусах.

$$\rho_{20} = 1.754 \cdot 10^{-8} \text{ Ом/м.}$$

$$\Delta\theta_{\text{д}} = 90 - 10 = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}. \quad \theta_{\text{oc}} = 40 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$\theta_{\text{дон}} = \Delta\theta_{\text{д}} + \theta_{\text{oc}} = 120 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Удельное сопротивление.

$$\rho = \rho_{20} \cdot (1 + 0.004 \cdot (\Delta\theta_{\text{д}} + 20)) = 2.456 \cdot 10^{-6} \text{ Ом/м.}$$

Не обходимая толщина обмотки.

$$\Delta\theta = \Delta\theta_{\text{д}} = 80 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$\pi \cdot \frac{(64 \cdot 2 + 13 \cdot 2) \cdot 10^{-3}}{2} = 0.242 \text{ м.}$$

$$2 \cdot 0.094 \cdot 0.091 = 0.011 \text{ м}^2.$$

$$2 \cdot \frac{1 + 0.005 \cdot 80}{\sqrt[3]{0.011}} = 12.752 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{град}}.$$

$$\text{Принимаем } h_{\text{об}} = 13 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Сечение провода.

$$\frac{49.76 \cdot 2.456 \cdot 10^{-6} \cdot 0.242}{110} = 2.687 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2.$$

где $U_{\text{H}} = 110 \text{ В}$ номинальное напряжение.

Расчётный диаметр провода.

$$\sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 2.687 \cdot 10^{-7}} = 5.849 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Марка ПЭВ-1 для $d_m = 0.60 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$ $K_{30} = 0.666$ по [2]

$$0.04 + 2 \cdot 13 \cdot 10^{-3} = 0.066 \text{ м.}$$

$$0.066 + 2 \cdot 2.56 \cdot 10^{-3} = 0.071 \text{ м.}$$

$$0.06 - \frac{0.071}{2} = 0.0244 \text{ м.}$$

$$\pi \cdot (0.066 + 13 \cdot 10^{-3}) = 0.248 \text{ м.}$$

Сечение провода.

$$q = 2.687 \cdot 10^{-7} \text{ м}^2. \quad d_m = 6.0 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Число витков.

$$\frac{13 \cdot 10^{-3} \cdot 0.022 \cdot 0.666}{2.687 \cdot 10^{-7}} = 704.969 \text{ витков.}$$

Проверочный расчёт обмотки.

Сопротивление при рабочей температуре.

$$\frac{2.456 \cdot 10^{-6} \cdot 0.248 \cdot 704}{2.687 \cdot 10^{-7}} = 1.599 \cdot 10^3 \text{ Ом.}$$

Номинальный ток.

$$\frac{110}{1.599 \cdot 10^3} = 0.069 \text{ А.}$$

Номинальная Н.С.

$$0.069 \cdot 704 = 48.5 \text{ А.}$$

Ток срабатывания.

$$\frac{48.5}{704} = 0.071 \text{ А.}$$

Максимальные потери.

$$2 \cdot 110 \cdot 0.069 \cdot 0.8 = 9.687 \text{ Вт.}$$

Превышение температуры.

$$\frac{9.687}{12.752 \cdot 0.011} = 71.76 \text{ }^{\circ}\text{С.}$$

Среднее превышение температуры обмотки электромагнита над температурой окружающей среды не превышает 10% от 84 гр. по табл.2.5 [1, с.63], что удовлетворяет требованиям ГОСТ.

В данном разделе дипломного проекта был произведен расчет тормозного устройства асинхронного двигателя с исходными данными:

Частота вращения (синхронная) - 1500 Об/мин,

Рабочее напряжение - 110 В,

Использована марка стали Ст3

В качестве способа торможения асинхронного двигателя выбираем дисковую пристроенную тормозную систему, т.к. эта система наиболее проста и унифицирована: не требует специального проектирования двигателя, как самотормозящие двигатели (двигатель рассчитывается как обычный двигатель серии 4А по методике [1]), дисковый тормоз является наиболее простым и долговечным.

В итоге было спроектировано тормозное устройство с высокими энергетическими характеристиками, была рассчитана энергия торможения $E = 63.281 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{ч}}$, которая является основным фактором, определяющим износ трущихся поверхностей, полная фрикционная поверхность $S = 10.053 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$, удельная тормозная нагрузка $A = 6.295$, поток срабатывания $\Phi_{\delta\text{max}} = 9.27 \cdot 10^{-4} \text{ Вб}$, выбраны основные размеры электромагнита. Спроектированное тормозное устройство отвечает поставленным в техническом задании требованиям.

Заключение

В результате проектирования получили асинхронный двигатель с встроенным тормозным устройством с электромагнитом постоянного тока, который соответствует заданным нормам. При проектировании были учтены такие показатели, как минимизация затрат, материалов, высокие технические характеристики, удобство сборки, эстетический внешний вид.

Асинхронный двигатель с короткозамкнутым ротором со встроенным тормозом для тельфера, мощностью $P_{2н}=1,5$ кВт, частотой вращения $n = 1500$ об/мин, числом полюсов $2p = 4$, напряжением $U_n = 220$ В. Так как двигатель обладает небольшой мощностью, то для упрощения укладки обмотки в пазы статора принята трехфазная однослойная насыпная обмотка. Число пазов статора принято $Z_1=36$, т.е. обмотка имеет целое число пазов на полюс и фазу ($q=3$). Обмотка ротора выполнена короткозамкнутой из алюминия. Плотность тока в обмотке статора получилась значительной, что характерно для двигателей небольшой мощности. Для обмотки статора используется стандартный эмалированный провод с диаметром $d_{из}=0,865$ мм, это позволяет применять механизированную укладку обмотки, коэффициент заполнения паза соответствует механизированной укладке. Уменьшение диаметра провода было произведено благодаря разбиению эффективного проводника на несколько элементарных (в нашем случае $n_{эл}=1$).

В качестве базовой модели выбрана конструкция асинхронных двигателей серии 4А80В4У3.

Данные электромагнитного расчета показали, что у спроектированного двигателя высокие показатели коэффициента мощности и КПД. Что касается пусковых свойств, то и здесь данный двигатель имеет высокую кратность пускового момента, что обеспечивает легкий пуск двигателя а, следовательно, возможность применять его во многих отраслях промышленности, сельского хозяйства, а так же в узко специализированных устройствах привода.

В механическом расчете определен суммарный прогиб вала от действия

силы тяжести ротора и силой, обусловленной соединением муфтой. Полученный прогиб вала не превышает 10% от воздушного зазора. По критической частоте вращения и напряжениях в опасных сечениях, вал имеет огромные запасы.

Тепловой расчет показал, что у двигателя имеется температурный запас по температуре нагрева обмотки статора (для класса изоляции F), а вентилятор обеспечивает требуемый для эффективного охлаждения расход воздуха.

В специальной части проекта была спроектирована конструкция и произведен расчет электромагнитного тормозного устройства асинхронного двигателя.

В разделе технологической части дипломного проекта был, рассчитан процесс общей сборки асинхронного двигателя. При программе производства 4500 шт. в год. Было рассчитано необходимое оборудование, высчитано штучно калькуляционное время производства одного двигателя. Сделали размерный анализ конструкции двигателя, оценили его технологичность, разработали маршрутную технологию и схему сборки, а также выполнили нормирование разработанного технологического процесса.

В разделе экономики было разработано технико-экономическое обоснование проектирования асинхронного двигателя с пристроенным тормозным устройством. Рассчитана стоимость проекта $S_{\text{проекта}} = 169396,9$ (руб). Был построен план разработки выполнения этапов проекта и продолжительность составила 39 дней.

В разделе безопасности жизнедеятельности были рассмотрены основы законодательства об охране труда, пожарная безопасность, а также был произведен расчет освещения цеха, в котором производится сборка двигателя.

Задача, поставленная в начале дипломной работы, выполнена.

Список использованных источников

1. Проектирование электрических машин: Учебник для бакалавров / под ред. И. П. Копылова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: издательство Юрайт, 2014. - 767 с. – Серия : Бакалавр. Углубленный курс.
2. Копылов Ю.В. «Расчёт электромагнитных реле на программируемых микрокалькуляторах» Учебное пособие. Томск. изд. ТПИ им. С. М. Кирова. 1987. – 86 с.
3. Справочник по электрическим машинам: Учеб. Пособие для студ. образоват. учреждений сред. проф. образования / М.М. Кацман. – М.: Изд. центр «Академия», 2005. – 480 с.
4. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. Т1 / Под общ. Ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. - М.: Электроатомиздат, 1989. - 688 с, ил.
5. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. Т2/ Под общ. Ред. И.П. Копылова, Б.К. Клокова. - М.: Электроатомиздат, 1989. - 688 с, ил.
6. Буль Б. К. Основы теории и расчёта магнитных цепей. М.-Л., издательство Энергия, 1964
7. Гусельников Э.М. и Цукерман Б.С. Самотормозящие электродвигатели, М.: Энергия, 1971.-96 с., ил.
8. Кожевников В.Ю. К58 Расчет электромагнитов постоянного тока: учебн. пособие. Саратов: Сарат. гос. техн. ун-т, 2006. 40 с.
9. Вольдек А. И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. техн. учебн. заведений. – 3-е изд., перераб.–Л.: Энергия, 1978 – 832 с., ил.
10. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник/ А90 А.Э. Кравчик, М. М. Шлаф, В. И. Афонин, Е. А. Соболенская. – М.: Энергоиздат, 1982. – 504 с., ил.

11. Руководство по эксплуатации. Пружинный тормоз с электромагнитным растормаживанием INTORG BFK458.
12. Антонов М.В. Технология производства электрических машин. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 592 с.
13. Допуски и посадки: Справочник. В 2-х ч./В. Д. Мягков. и др. – 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1982. – Ч. 1-2. 543 с.
14. Замятин В.К. Технология и оснащение сборочного производства машиноприборо-строения: Справочник - М.: Машиностроение, 1995. - 608 с.
15. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для машиностроительных вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты». — Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985. — 496 с.
16. Менеджмент электротехнической продукции: методические указания по выполнению курсовой работы на тему: «Оценка конкурентоспособности научно-технической продукции» для студентов специальности 140601 «Электромеханика» ИДО. Составители: Коршунова Л.А., Кузьмина Н.Г. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 38 с.
17. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (охрана труда): Учеб. пос. для вузов // П.П. Кукин, В.Л. Лапшин, Е.А. Подгорных и др. – М.:Высш. шк. 1999.-318 с.
18. ГОСТ 12.0.003-74.ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
19. Правила устройств электроустановок. 6-е изд. с изм. и дополн. – СПб, 1999.-123 с.

20. ГОСТ 12.1.004.-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования (01.07.92).

21. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех направлений и специальностей ТПУ. – Томск: Изд. ТПУ, 2008. – 20 с.

22. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение.

23. СанПин 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы»

24. ГОСТ12.1.03-Электробезопасность Защитное заземление .

25. ГОСТ 12.2.003-91 Оборудование производственное. Общие требования безопасности.

26. ГОСТ 12.4.016 – 83 Одежда специальная защитная.

27. ГОСТ 12.1.003. – 83 Шум. Общие требования безопасности.

28. ГОСТ 12.1.012-90 Вибрация. Общие требования безопасности.

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

Двигатель				ФЮРА.525328			8
-----------	--	--	--	-------------	--	--	---

	ТПУ	ФЮРА.525328		
--	-----	-------------	--	--

Двигатель						
-----------	--	--	--	--	--	--

Приложение А

Комплект документов
на технологический процесс
сборки двигателя

ТЛ		1
----	--	---

[illegible]

[illegible]

[illegible]

Дубл.																			
Взам.																			
Подп.																			
Двигатель										ФЮРА.525328									8
										ФЮРА.525328									
А	Цех	Уч.	РМ	Опер.	Код. наименование операции					Обозначение документа									
Б	Код. наименование оборудования					СМ	Проф.	Р	УТ	КР	КОИД	ЕН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.			
К/М	Наименование детали. сб. единицы или материала					Обозначение. код					ОПП	ЕВ	ЕН	КИ	Н.Расх.				
01																			
O02	Произвести регулировку тормозной системы																		
T03	Рычаг цеховой, динамометр ДПР-00-1-2 ГОСТ 13837-79																		
04																			
O05	Надеть шпонку, вентилятор и закрепить стопорным кольцом																		
T06	Ключи, отвертки																		
07																			
O08	Установить кожух поз.13, совместив крепёжные отверстия кожуха и конуса тормозного																		
09																			
O10	Закрепить кожух тремя болтами с шайбами, ввернув их на 2-3 нитки																		
11																			
O12	Передать эл. двигатель на контрольную.																		
T13	Электро-тельфер Q=120кг																		
14																			
15																			
16																			
17																			
МК																5			

[illegible]

[illegible]

Форма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
				<u>Документация</u>			
A3			ФЮРА.525.328.001.СБ	Сборочный чертеж	1		
A4			ФЮРА.525.328.001.ПЗ	Пояснительная записка	1		
				<u>Сборочные единицы</u>			
		1	ФЮРА.684.222.001	Статор в сборе	1		
		2	ФЮРА.684.261.002	Ротор в сборе	1		
		3	ФЮРА.686.465.003	Коробка выводов	1		
		4	ФЮРА.677.161.004	Электромагнит в сборе	1		
		5	ФЮРА.711.391.005	Диск тормозной в сборе	1		
				<u>Детали</u>			
		6	ФЮРА.712.154.006	Щит подшипниковый	1		
		7	ФЮРА.712.194.007	Щит подшипниковый	1		
		8	ФЮРА.684.259.008	Якорь	1		
		9	ФЮРА.711.000.009	Пружина короткоходовая	6		
		10	ФЮРА.713.100.010	Втулка шлицевая	1		
		11	ФЮРА.734.100.011	Прокладка	3		
		12	ФЮРА.723.511.012	Вентилятор	1		
		13	ФЮРА.305.142.013	Кожух	1		
				ФЮРА.525.328.001.СП			
Изм	Лист	№ документа	Подпись	Дата			
Разраб.		Райимов А.Р.					
Конс.							
Утв.		Дорохина Е.С.					
Двигатель асинхронный с тормозным устройством					Лит.	Лист	Листов
					Т	1	2
					ТПУ Группа		ИнЭО К-7303

Форма	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Стандартные изделия</u>		
		14		Подшипник 180205	2	
				ГОСТ 8882-75		
		15		Винт М6×55	3	
				ГОСТ Р ИСО 4762		
		16		Гайка М6-6Н	3	
				ГОСТ 5916-70		
		17		Штифт DIN EN ISO	3	
				8752 - 8 x 18		
		18		Винт М5×16	8	
				ГОСТ Р ИСО 4017		
		19		Винт А2.М2-6gx4	3	
				ГОСТ 17473-80		
		20		Винт М3,5x8	1	
				ГОСТ Р ИСО 4017		
		21		Шпонка А 8x5x22	2	
				ГОСТ 29175-91		
		22		Шпонка 12x8x32	1	
				ГОСТ 23360-78		
		23		Рым-болт М8	1	
				ГОСТ 4751-73		
		24		Кольцо А22.50 ХГА	2	
				ГОСТ 13942-86		
		25		Винт М3,5x8	1	
				ГОСТ Р ИСО 4017		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ФЮРА.525.328.001.СБ	
						Лист
						2