

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроения

Кафедра «Энергетика»

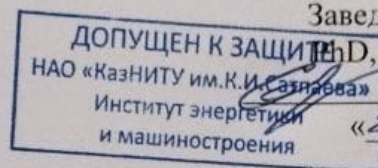
ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

И.А. Д., ассоц. профессор

Е.А. Сарсенбаев

«27» 10 2022г.



ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

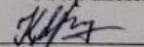
на тему: «Расчет и проектирование автоматизированного электропривода
бумагоделательной машины»

6B07101 - «Энергетика»

Выполнил:

Масумов Д.

Научный руководитель
старший препод.

 Баянбаев К.А.

«26» октября 2022г.

Алматы 2022

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Казахский национальный исследовательский технический университет имени
К.И. Сатпаева

Институт энергетики и машиностроение

Кафедра «Энергетика»

6B07101 - «Энергетика»

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
PhD, ассоц. профессор

Е.А. Сарсенбаев

«19» 08 2022г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающийся: Масумов Дониёр

Тема: Расчет и проектирование автоматизированного электропривода бумагоделательной машины

Утверждена приказом проректора университета №489 - П от «24» декабря 2021г.

Срок сдачи законченной работы: _____

Перечень подлежащих разработке вопросов или краткое содержание дипломной работы:

а) Расчет электрических нагрузок ;

б) Выбор оборудования и расчет АЭП;

Перечень графического материала: Графический материал подготовить в виде презентации





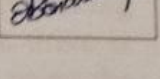
Рекомендуемая литература: 6 наименований.

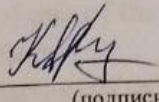
ГРАФИК
подготовки дипломной работы

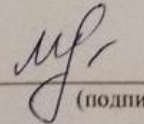
Наименования разделов, перечень рассматриваемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Общая часть	03.10.2022 г.	Выполнено
Электропривод БДМ	10.10.2022 г.	Выполнено
Расчет АЭП	17.10.2022 г.	Выполнено
Специальная часть	20.10.2022 г.	Выполнено

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов работы

Наименования разделов	Научный руководитель и консультанты	Дата подписания	Подпись
Общая часть	Баянбаев К. А., старший препод.	03.10.2022 г.	
Электропривод БДМ	Баянбаев К. А., старший препод.	10.10.2022 г.	
Расчет АЭП	Баянбаев К. А., старший препод.	17.10.2022 г.	
Специальная часть	Баянбаев К. А., старший препод.	20.10.22 г.	
Нормоконтроль	Бердибеков А.О., старший препод.	21.10.22 г.	

Научный руководитель  К. А. Баянбаев
(подпись)

Задание принял к исполнению обучающийся  Д.Ю. Масумов
(подпись)

Дата

«19» 08 2022

АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың тақырыбы "Қағаз машинасының автоматтандырылған электр жетегін есептеу және жобалау". Дипломдық жұмыста қағаз жасау машинасының технологиялық процесі қарастырылады жәнеде автоматтандырылған электр жетегін есептеу және таңдау жүргізіледі. Unity Pro бағдарламасының көмегімен қағаз жасау машинасының бір секциясының жұмыс схемасы жасалды.

Арнайы бөлімде қағаз жасау жабдықтарының тұрақты ток электр жетегінің техникалық диагностикасын енгізу қарастырылады.

АННОТАЦИЯ

Тема дипломной работы «Расчет и проектирование автоматизированного электропривода бумагоделательной машины». В дипломной работе рассматривается технологический процесс бумагоделательной машины, производится расчет и выбор АЭП. Разработана схема работы одной из секции бумагоделательной машины при помощи программы Unity Pro.

В специальной части рассматривается внедрение технической диагностики электропривода постоянного тока бумагоделательного оборудования.

ANNOTATION

The topic of the thesis is "Calculation and design of an automated electric drive of a paper-making machine". In the thesis, the technological process of a paper-making machine is considered, the calculation and selection of automated electric drive is made. The scheme of operation of one of the sections of the paper machine using the Unity Pro program has been developed.

In a special part, the introduction of technical diagnostics of a DC electric drive of papermaking equipment is considered.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	8
1 Общая часть	
1.1 Подготовка макулатуры и целлюлозы в производство	9
1.2 Постоянная часть бумагоделательной машины	9
1.3 Бумагоделательная машина	10
1.4 Грубая регулировка профиля	10
1.5 Сеточная часть	10
1.6 Прессовая часть	11
1.7 Сушильная часть	11
1.8 Накат	12
2 Автоматизированный электропривод бумагоделательной машины	
2.1 Назначение и классификация	13
2.2 Основные требования к электроприводу бумагоделательной машины	14
2.3 Определение потребляемой мощности	17
2.4 Автоматическое регулирование скорости, натяжение бумаги, соотношение нагрузок между приводными валами	21
3 Расчет электропривода бумагоделательной машины	
3.1 Расчет силовых нагрузок постоянного привода бумагоделательной машины	22
3.2 Выбор системы электропривода для бумагоделательной машины	26
3.3 Выбор исполнительных двигателей	26
3.4 Выбор тиристорных преобразователей	33
3.5 Выбор средств автоматизации	35
3.6 Выбор контролера и промышленной шины	35
3.7 Создание проекта в Unity Pro	36
4 Специальная часть. Техническая диагностика электропривода постоянного тока бумагоделательного оборудования	38
Заключение	41
Список использованной литературы	42

ВВЕДЕНИЕ

Для современного промышленного производства характерно широкое внедрение автоматизированного электропривода, основы механизации и комплексной автоматизации технологических процессов. Совершенствование систем автоматизированного электропривода с использованием новейших достижений науки и техники является одним из неперенных условий при решении задач всемирного повышения эффективности общественного производства, ускорения роста производительности труда и улучшения качества выпускаемой продукции.

Современный электропривод определяет собой уровень силовой электровооруженности труда и благодаря своим преимуществам по сравнению со всеми другими видами приводов является основным и главным средством автоматизации рабочих машин и производственных процессов.

Электропривод определяется как электромеханическая система, состоящая из электродвигательного, преобразовательного, передаточного и управляющего устройств, предназначенная для приведения в движения исполнительных органов рабочей машины и управления этим движением. В отдельных случаях в этой системе могут отсутствовать преобразовательное и передаточное устройства.

Бумажная промышленность является одной ведущих отраслей в мире. В последние годы успешное развитие теории и техники автоматического регулирования и электроники позволило создать автоматизированные электроприводы бумагоделательной машины, которые отвечают новым и более высоким техническим требованиям, а развитие силовой полупроводниковой техники – значительно улучшило экономические показатели таких приводов.

В настоящее время, за счёт применения более новых и усовершенствованных систем автоматического регулирования на бумагоделательной машины, качество бумаги улучшилось, количество обрывов полотна на типографических машинах значительно уменьшилось по сравнению с первыми годами применения многодвигательных электроприводов.

Тема дипломного проекта «Расчет и проектирование автоматизированного электропривода бумагоделательной машины».

Цель проекта разработать и рассчитать автоматизированный электропривода бумагоделательной машины.

1 Общая часть

1.1 Подготовка макулатуры и целлюлозы в производство

Макулатура с пунктов по сбору макулатуры поступает на предприятие в кипах авто и железнодорожным транспортом, целлюлоза в кипах железнодорожным транспортом.

На территории предприятия макулатуру и целлюлозу автопогрузчиком складировать на складе для хранения сырья согласно технологическим картам размещения.

Макулатуру и целлюлозу из склада хранения сырья погрузчиком транспортируют в цех переработки макулатуры и целлюлозы.

1.2 Постоянная часть бумагоделательной машины

Постоянная часть бумагоделательной машины производит отделку суспензии волокнистой массы, поставляемой из цеха подготовки массы и обработку сгущенных гауч–отходов сортирования.

В постоянной части происходит окончательное сортирование и эгализация массы перед напуском в сеточную часть.

Постоянная часть бумагоделательной машины разделена на две самостоятельные линии

- 1) для отделки массы нижнего слоя
- 2) для отделки массы верхнего слоя

Целлюлозная и макулатурная массы подаются в дозах в приемный бассейн, при помощи установленного уровня и запорных пневматических шаберов–задвижек.

Для нижнего слоя в этих целях установлена емкость 50 кубометров, для верхнего слоя одна 30 кубометров. Подключение пневматических задвижек и уровней позволяет производить напуск только в один бассейн (либо нижним слоем, либо верхним слоем) только одно основное сырье (то–есть, нельзя наполнять целлюлозой одновременно бассейн для нижнего и верхнего слоя).

Из приемного бассейна верхнего и нижнего слоя масса насосами непрерывно перекачивается в машинный бассейн через регулятор плотности (концентрации). Концентрация массы должна быть не менее 3%. В целях удерживания постоянного уровня массы в рабочей емкости и тем самым соблюдения неизменяемых рабочих условий для регулятора концентрации и массового насоса для смешивания был предложен регулировочный контур ПИС, состоящий из датчика концентрации и регулировочного вентиля.

1.3 Бумагоделательная машина

Напорный ящик - важнейший узел машины, от которого зависит однородность качества вырабатываемой продукции. Основная задача напорного устройства состоит в напуске бумажной массы непосредственно на движущуюся сетку машины. При этом оно должно обеспечивать: равномерную скорость истечения массы по всей ширине машины, однородность массы по концентрации, отсутствие завихрений и турбулентных движений в потоке, а также минимальную флокуляцию волокон.

1.4 Грубая регулировка профиля

Грубое изменение профиля бумаги можно отрегулировать локальным изгибанием линейки верхней губы при помощи высокоточных микрометрических домкратов. Они оснащены ручными колёсиками и индикаторами часового типа на верхних концах шпинделей привода линейки верхней губы.

Верхняя губа прикреплена таким образом, что прижимается к передней поверхности передней части при помощи резьбовых шпилек, гаек и блоков через тарельчатые пружины, установленные во втулке.

Блоки, находящиеся на нижнем конце регулировочных штанг, вставлены в паз верхней губы и могут её при вертикальном движении изогнуть.

Каждая микрометрическая передача снабжена индикатором часового типа, показывающим положение профильной губы относительно исходного положения передачи. Циферблат индикатора имеет шкалу в сотых долях от 0 до 100, соответствующую 1 мм смещения подъёмного винта. Один оборот колёсика передачи представляет 0,04 мм смещения подъёмного винта.

1.5 Сеточная часть

Сеточная часть бумагоделательной машины предназначена для удаления воды из бумажной массы. Масса вытекает из напорного ящика на продольную бесконечную сетку, где происходит ее обезвоживание, основой которого является фильтрация воды сквозь сетку и слой осевших волокон.

Бесконечная сетка растянута на участке от грудного вала со стороны напорного ящика до отсасывающего вала (гауч-вал) и сетководущего вала с другой стороны. Между грудным и гауч-валом располагаются обезвоживающие элементы, на которых закреплены гидропланки, изготовленные из пластмассы или керамики. По гидропланкам движется слой бумажной массы,

транспортируемый бесконечной сеткой и при соприкосновении масса постепенно обезвоживается.

Бесконечная сетка бумагоделательной машины в нижней части сеточного стола движется, регулируется и натягивается посредством ряда валов. Здесь установлен регулятор хода сетки, чтобы она не вышла за пределы оси машины. Далее используются ручные или автоматические сетконатяжки, обеспечивающие натяжение сетки до требуемой величины (2,5 — 8 Н/мм). На обратном ходу сетка чистится водными sprays. Этим удаляются прежде всего волокна, которые в процессе обезвоживания бумажной массы зацепились и не отделились вместе с бумажным полотном, поступающим в прессовую часть.

1.6 Прессовая часть

Основное назначение прессовой части состоит в обезвоживании бумажного полотна, обеспечении качественных показателей вырабатываемой продукции и надёжности машины. При прессовании возрастает сухость, прочность и плотность бумаги.

От эффективности работы прессовой части зависят затраты на сушку бумаги и производительность машины. В целях сокращения расхода пара на сушку после прессовой части стремятся получить максимально возможную сухость. Однако повышение сухости за счёт увеличения давления между прессовыми валами приводит к увеличению затрат энергии на привод валов, что может и не компенсироваться снижением затрат на сушку. Кроме того, чрезмерное прессование приводит к ухудшению потребительских свойств вырабатываемой на машине продукции.

1.7 Сушильная часть

Назначение сушильной части – окончательное обезвоживание и уплотнение бумажного полотна. После прессовой части сухость бумаги обычно составляет от 28 до 45%. Дальнейшее обезвоживание до конечной сухости 92–95% происходит на сушильной части бумагоделательной машины. Количество испаряемой здесь воды определяется сухостью бумаги, поступающей на сушильную часть и уходящей с нее. Оно колеблется в пределах от 1,3 до 2,5 кг воды на 1 кг бумаги, что примерно в 50 – 100 раз меньше количества воды, удаляемой на мокрой части машины. Сушильная часть является наиболее дорогостоящей и металлоемкой частью бумагоделательной машины. Ее стоимость составляет половину стоимости бумагоделательной машины. Кроме того, привод сушильной части потребляет половину электроэнергии, используемой машиной.

Из всех частей бумагоделательной машины сушильная часть – наибольшая по длине. Количество сушильных цилиндров, в зависимости от скорости машины, веса и вида бумаги, может быть от 60 до 80 (диаметром 1500 мм).

Основная часть состоит из сушильных цилиндров, нагреваемых паром. Они расположены в шахматном порядке, обычно в два яруса. По сушильным цилиндрам проходит бумажное полотно, поочередно соприкасаясь с нижними и верхними цилиндрами то одной, то другой поверхностью. Натяжение сукон и их правка осуществляются соответственно сукноведущими, сукнонатяжными и сукноправильными валиками, оснащенными необходимыми механизмами. Подсушивание сукон обеспечивается сукносушильными цилиндрами и сукнопродувными валиками.

1.8 Накат

Бумагоделательная машина завершается накатом, осуществляющим наматывание бумаги в рулоны. Основным требованием к накату является равномерная по плотности рулона и плотная намотка бумаги, необходимая для ее резки, транспортировки, хранения, обработки и переработки.

Нежелательны как слабая и неравномерная по плотности намотка рулона, так и излишне плотная его намотка. В первом случае рулоны бумаги теряют цилиндрическую форму, что вызывает обрывы при ее переработке. Внутренние напряжения, возникающие в туго намотанных рулонах, также приводят к частым обрывам бумаги при дальнейшей переработке.

По принципу наматывания бумаги различают два типа наката: осевой (центральный) и периферический (барабанный).

В осевых накатах приводным является тамбурный вал.

Осевые накаты требуют ручной заправки и поэтому могут применяться только на тихоходных машинах со скоростью до 200 м/мин. Их преимущество – возможность продольного разрезания полотна бумаги перед намоткой и, следовательно, одновременная намотка нескольких рулонов требуемого формата. Это исключает необходимость применения дорогого энергоемкого продольно-резательного станка после машины.

В периферических накатах наматываемый рулон бумаги прижимают к приводному цилиндру наката, вращающемуся с постоянной угловой и окружной скоростью.

2 Автоматизированный электропривод бумагоделательной машины

2.1 Назначение и классификация

Автоматизированный электропривод бумагоделательной машины — это электромеханическое устройство, преобразующий электрическую энергию в механическую. Обеспечивает управление и регулирование механического технологического процесса по транспортировке бумажного полотна.

В бумагоделательных машинах автоматизированный электропривод используется в основном для изменения скорости, а также для автоматической стабилизации скоростей секции машин которые установлены для определенного технологического процесса.

Для бумагоделательных машин применяются различные виды электроприводов которые можно разделить на трансмиссионный и многодвигательные приводы.

В трансмиссионном электроприводе отдельные секции бумагоделательной машины приводятся во вращение от продольного трансмиссионного вала приводимого от электродвигателя с регулируемой скоростью вращения.

Для бумагоделательных машин малой и средней скорости применяются приводы с клиноременными передачами, при помощи которых вращение передает от продольного вала коническим или цилиндрически-коническим редукторам, которые соединены при помощи промежуточных валов с приводными валами секций машин. На продольном валу находятся раздвижные шкивы, снабженные многодисковыми цепными муфтами в которых прижим дисков осуществляется от пневматической системы при помощи односторонней мембраны. Скорость каждой секции бумагоделательной машины можно регулировать в пределах 10-15%, изменяя положение ремня на раздвижных шкивах продольного вала. С помощью цепных муфт можно пускать и останавливать каждую секцию машины при работающем продольном валу трансмиссии. Чтобы получить вспомогательную скорость одной из секций машин необходимо снизить скорость продольного вала.

Многодвигательный электропривод содержит два или несколько электрически или механически связанных между собой двигателей или электроприводов, при работе которых поддерживается заданное соотношение или равенства скоростей, нагрузок или положения исполнительных органов рабочих машин. В многодвигательных электроприводах каждая секция машина приводится в движение отдельным двигателем.

Развитие автоматизированных многодвигательных электроприводов бумагоделательных машин идет по пути их совершенствования И повышение точности работы на основе применение силовых тиристорных преобразователей, методов счетно-решающей техники, приспособление к работе в общей автоматической системе управления технологическим процессом

бумагоделательный машины в целом. Для локальных систем перспективным представляется широкое использование микропроцессоров, которые, получая информацию как от электропривода и технологического процесса, так и от общего компьютера, вырабатывают задание реализуемое аналоговый системой, например используемый в существующих автоматизированных электроприводах.

В общей системе привода обычно различают: привод вспомогательного оборудования, называемый иногда приводом постоянной части машины, и привод собственно бумагоделательной машины, называемый обычно приводом переменной части машины. Вспомогательное оборудование бумагоделательной машины (мешальные бассейны, центробежные очистители, узлоловители, насосы массные и вакуумные и пр.) на машинах старых конструкций приводилось во вращение от общего двигателя с постоянным числом оборотов через трансмиссионные передачи. На современных машинах вспомогательное оборудование приводится во вращение от электродвигателей переменного тока с постоянным числом оборотов. Для привода смесительных насосов на бумагоделательных машинах большой производительности иногда устанавливают электродвигатели с регулируемым числом оборотов. При этом число оборотов их изменяют в зависимости от необходимой производительности, соответствующей скорости машины. На бумагоделательной машине приводятся во вращение: нижний вал гауча, нижние валы прессов, сушильные цилиндры (обычно разделенные на несколько приводных групп), нижний вал каландра, накат и др. Общее количество приводных секций на бумагоделательной машине, в зависимости от ее типа, составляет 8-16 и более.

2.2 Основные требования к электроприводу бумагоделательной машины

Бумагоделательную машину разделяют на постоянную часть, в которой производится окончательная подготовка бумажной массы и подача ее на сетку, создается необходимое разрежение воздуха в отсасывающих ящиках и вакуум-камерах Валов и осуществляется ряд других подготовительных и вспомогательных операций, и переменную часть, в которые происходят формование, обезвоживание, сушка, отделка и намотка в рулоны вырабатываемого полотна.

Большинство механизмов и устройств постоянной части машины работает с постоянной скоростью независимо от скорости выработки полотна и, как правило, приводится от электродвигателей переменного тока, чаще всего асинхронных с короткозамкнутым ротором и дистанционным управлением, пуском и остановкой.

В ходе работы машины скорость переменной части меняется как в целом, так и по соотношениям скоростей секций между собой в зависимости от меняющихся требований технологического процесса машины. В переменной части обычно применяют двигатели, работающие на постоянном токе.

- привод бумагоделательных машин должен отвечать следующим техническим требованиям:

- обеспечение необходимой скорости машины при изготовлении определенного вида продукции;

- поддержание данной скорости с учетом возможных колебаний частоты и напряжения в питающей сети;

- обеспечение постоянства соотношения скоростей секций и натяжения полотна бумаги;

- Управление машины и контроль за её работой с помощью соответствующих аппаратов и приборов;

- ручное регулирование соотношения скоростей секции и др.

Многодвигательный электропривод позволяет упростить кинематику механической части привода, облегчить его компоновку и доступ к отдельным элементам, обеспечить безопасность во время его обслуживания, удобства управления машиной и отдельными секциями, контролировать нагрузку отдельных приводных частей, упростить применение при модернизации дополнительных устройств, совершенствовать автоматизацию управления машиной наиболее полно удовлетворять требованиям технологических процессов. В связи с этим многодвигательный привод находит широкое применение на современных бумагоделательных машинах. Техническая характеристика электроприводов показана на таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Техническая характеристика электроприводов бумагоделательной машины

Показатель	Обрезная ширина бумажного полотна, мм				
	2520	4200	6300	6720	8400
Количество приводных точек, шт.	22	18	24	18	24
Установочная мощность, кВт	159	800	1430	2935	-
Масса электродвигателя, т:					
максимальная	1,37	2,57	3,25	5,02	3,90
минимальная	0,11	0,26	0,30	1,37	0,19
Масса редуктора, т:					
максимальная	1,01	1,17	2,30	1,95	-
минимальная	0,12	0,14	0,94	0,52	-
Масса привода, т:	26,4	45,0	108,0	105,0	66,0

На скоростные режимы секции машины и связанные с ними процессы деформации полотна в межсекционных промежутках влияет большое число

факторов: механические параметры секций и механических передач; моменты нагрузки и характер их изменений во времени; прочностные свойства влажного и сухого полотна вместе секционных промежутках; параметры электропривода и регуляторов: изменения величины напряжения и частоты тока.

Перечисленные факторы находятся в тесном взаимодействии, поэтому бумагоделательная машина представляет собой сложный электромеханический автоматизированный объект, в котором установившийся империи ехидные процессы взаимно влияют друг на друга и на вырабатываемую продукцию. Упругие колебания в механической системе и колебания скорости электродвигателей могут вызвать электромеханический резонанс, исключая нормальную работу машины.

Изменения вакуума в вакуумной системе его колебания, изменение давления прессования, натяжение одежды, количество конденсатов сушильных цилиндрах, свойства бумажной массы, температура и сушильных цилиндров, изменение в системе автоматизированного электропривода приводит к динамическим режимам.

Комплекс этих возмущений вызывает изменения скорости машины, натяжение полотна, качество готовой продукции и может привести к обрывам полотна. В системе автоматизированного электропривода для регулирования соотношения скорости и между отдельными секциями вырабатывается воздействие запитая нейтрализующее влияние возмущений.

Для переменной части требуется управляемые в широком диапазоне скоростей вращения автоматизированный электропривод. В зависимости от размеров машины рабочей скорости и вида вырабатываемого полотна мощности этих приводов лежат в пределах от нескольких десятков до нескольких 1000 киловатт а диапазон регулирование уровень скорости – от 2-3 до 4-6.

Для вспомогательных и ремонтных работ необходимо обеспечить работу каждой секции на вспомогательной скорости при одновременной работе других циклизации на работе скорости независимо от ее величины. Для этих же целей используют толчковый режим работы отдельных секций машины.

Пуск бумагоделательной машины на рабочую скорость производится путем раздельного и поочередного пуска секций. Допускается предварительный пуск секций на вспомогательную скорость с последующим пуском на рабочую.

В процессе производства на машине полотно бумаги подвергается к определенным деформациям - технологическим удлинением и усадкам как в поперечном, так и в продольном направлениях. Эти деформации на разных секциях отличаются по величине. Таким образом, скорости отдельных секциях бумагоделательной машины неодинаковы. они вначале увеличиваются от сеточной части, затем к концу машины скорость уменьшается из-за продольной усадки полотна. Средние значения отклонений скоростей секции, отсчитываемых от скорости первой группы сушильных цилиндров, принимаемой за базовую, обеспечивается соответствующим выбором передаточного числа секционных редукторов и является номинальными.

Для подрегулировки соотношений скоростей в процессе работы бумагоделательной машины из-за изменения технологических условий, износа резиновых облицовок рабочих валов и т. п. Возможно ручное изменение скоростей отдельных секций на 3-7% при любой скорости машины.

Установленные значения уровня скорости машины и соотношения скоростей секций должны поддерживаться неизменными с высокой степенью точности. Для этих целей в трансмиссионных электроприводах используют автоматическую систему регулирования (АСР) уровня скорости машины, а в многодвигательных – две по существу независимые АСР: одну – для поддержания постоянства уровня скорости машины, а другую – для поддержания постоянства соотношений скоростей ее секций.

Система регулирования скорости машины должна обеспечивать постоянство массы 1 м^2 вырабатываемого полотна и способствовать поддержанию постоянства соотношения скоростей секций. На уровень скорости машины влияют напряжение и частота питающей сети, изменение нагрузки секций и т. д.

Система автоматического регулирования соотношения скоростей секций должна обеспечивать постоянство установленного значения натяжения бумажного полотна между смежными секциями машины.

2.3 Определение потребляемой мощности

Мощность на бумагоделательной машине расходуется на преодоление трения: в подшипниках валов; качения между валами; шаберов о валы и цилиндры сетки по отсасывающим ящикам; между уплотнениями камеры отсасывающего вала; в сальниках сушильных цилиндров и т. д.

Потребляемая мощность зависит от скорости машины, ее ширины, нагрузки на подшипники, типа подшипников, диаметров цапф и т. д. Потребляемая мощность колеблется в зависимости от режима работы машины: изменения вакуума в отсасывающих ящиках, линейного давления между валами прессов и каландров, работы системы отвода конденсата и изменения коэффициента трения в подшипниках.

Для обеспечения бесперебойной работы бумагоделательной машины механическая и электрическая части привода должны быть выбраны с достаточным запасом.

Существуют два метода определения потребляемой мощности : 1) по удельным показателям; 2) поэлементный расчет потребляемой мощности во всех тех узлах, где она фактически расходуется (метод тяговых усилий). По методу удельных показателей для ряда машин определяют фактически потребляемую мощность, которая относится к 1 м ширины и 1 м/мин скорости машины.

Потребляемая мощность

$$N = kbv \text{ кВт}, \quad (1)$$

где k - удельный показатель расхода мощности, кВт/м/мин · м;

v - скорость машины, м/мин;

b - ширина машины, м

Удельные показатели k можно установить как для всей машины, так и для каждой ее части в отдельности. Результаты определения мощности по методу удельных показателей будут близки к фактически расходуемой, если конструкция и условия работы машины, для которой определяется мощность, не отличаются от конструкции и условий работы тех машин, для которых были определены удельные показатели. При определении мощности по методу удельных показателей остается неизвестным распределение мощности по отдельным видам ее затрат, что не позволяет применить меры для уменьшения потребляемой мощности. Большинство опубликованных данных по удельным показателям мощности относится к машинам малой или средней скорости и средней ширины.

Тяговым, или окружным, усилием называется усилие, выраженное в килограммах, которое надо приложить к наружной поверхности рабочей части валов, чтобы преодолеть все силы сопротивления и вращать приводную секцию с заданной скоростью.

Используя данные, приведенные в таблице 1.2, среднюю мощность отдельных частей бумагоделательной машины можно определить по уравнению

$$N = \frac{Tv}{60 \cdot 102}, \quad (2)$$

где T – тяговое усилие, кгс;

v – скорость машины, м/мин;

60, 102 – коэффициенты для соблюдения соответствующей размерности.

Таблица составлена для подшипников качения. При установке подшипников скольжения применяют следующие поправочные коэффициенты: для сеточной части – 1,17; для прессовой – 1,3-1,4; для сушильной – 1,3-1,5; для каландра – 1,3 и для наката – 1,1.

Максимальная мощность равна произведению средней мощности на коэффициенты максимума и скорости.

Таблица 2.2 – Средние значения тяговых усилий при выработке бумаги для печати

Часть(секция) машины	Тяговое усилие,кгс, При ширине сетки, м	
	2,9	4,7
Сеточная часть при общей ширине отсасывающих ящиков,м:		
3,0	1220	1630
2,1	1050	1400
1,5	730	200
Пресс (линейной давление q, кгс/см):		
(отсасывающий)(15)	240	390
(обычный)(20)	230	300
(обычный)(25-30)	320	480
сглаживающий(20)	170	210
Сушильная часть (на 1 м диаметра сушильных цилиндров);		
сукна шерстяные	25	32
Каландр (количество валов 8, q = 80 кгс/см)	560	770
Периферический накат	150	200

Метод по элементного определения мощности в местах ее фактического потребления дает возможность учесть особенности конструкции и работы машины. Чтобы определить расход мощности, необходимо знать нагрузки на подшипники, диаметры цапф и валов, коэффициенты трения в подшипниках и уплотнениях, а также коэффициенты трения сетки об отсасывающие ящики и качения между валами. точность определения мощности зависит от правильности выбора коэффициентов трения скольжение и качение.

Выведем основные формулы для определения потребляемой мощности по методу тяговых усилий.

Необходимая для преодоления трения подшипнике мощность

$$N_1 = \frac{F_{\text{тр}} v_{\text{ц}}}{60 \cdot 102} = \frac{Q_0 f v_{\text{ц}}}{60 \cdot 102}, \text{кВт}, \quad (3)$$

где $F_{\text{тр}} = Q_0 f$ – сила трения в подшипниках,кгс;

$v_{\text{ц}}$ - окружная скорость цапфы,м/мин;

Q_0 - общая нагрузка на подшипник (включая собственный вес вала, равнодействующую натяжения сукон или сетки, нагрузку от вышележащего вала и т.д.), кгс;

f - приведенный коэффициент трения в подшипнике,отнесенный к диаметру цапфы

Для определения мощности, расходуемой в подшипниках валов бумагоделательных машин, пользоваться формулой (3) неудобно, так как окружные скорости цапф в пределах одной приводной секции различны. Следовало бы определить нагрузки и окружные скорости цапф для каждого вала, затем вычислить мощность, потребляемую каждым из них, и, наконец, просуммировать эти мощности.

Для упрощения расчетов можно воспользоваться тем, что окружные скорости рабочих частей валов в пределах каждой приводной секции равны между собой. Поэтому используем метод тяговых усилий, при котором усилия считают приложенными к наружной поверхности валов. Момент трения в подшипниках

$$M_{\text{тр}} = Q_0 f \frac{d}{2}, \quad (4)$$

где d – диаметр цапфы.

Движущий момент, создаваемый тяговым усилием, предложенным соответственно к наружному диаметру вала D

$$M_{\text{дв}} = \frac{T_1 D}{2}. \quad (5)$$

Поскольку $M_{\text{тр}} = M_{\text{дв}}$, то

$$T_1 = Q_0 f \frac{d}{D}, \text{ кгс.} \quad (6)$$

Мощность на преодоление трения в подшипниках вала

$$N = \frac{T_1 v}{60 \cdot 102}, \text{ кВт,} \quad (7)$$

где v – окружная скорость вала, м/мин.

При определении мощности по методу тяговых усилий можно определить потребные тяговые усилия T_1 и затем просуммировать их. Тогда затраченной на преодоление трения во всех подшипниках приводной секции мощность

$$N_1 = \frac{\sum T_1 v}{60 \cdot 102}, \text{ кВт,} \quad (8)$$

где $\sum T_1$ – сумма тяговых усилий, кгс.

2.4 Автоматическое регулирование скорости, натяжение бумаги, соотношение нагрузок между приводными валами

Характерное направление в развитии многодвигательных электроприводов бумагоделательных машин - унификация элементов и схем, применение унифицированных средств регулирования, построенных по принципу подчиненного регулирования с применением полупроводниковых операционных усилителей, обеспечивающих требуемые статические и динамические характеристики, простоту расчета и наладки электроприводов.

Система регулирования с индивидуальными тиристорными преобразователями и подчиненным контуром регулирования тока якоря содержит отдельные регуляторы тока и скорости. Для комплектования таких систем используют блочные системы элементов.

Для вращения отдельных секций применяются одно-, двух- и многодвигательные электроприводы. Тиристорные преобразователи получают питание от трансформаторов.

Ведущее напряжение, определяющее скорость машины, задается с помощью статического ведущего устройства – регулируемого полупроводникового стабилизатора напряжения. Изменение ведущего напряжения осуществляют при помощи задатчика уровня скорости. Для последовательного управления скоростями секций ведущее напряжение на каждый последующий секционный регулятор скорости подается через задающий разделительный усилитель, в цепь обратной связи которого включено регулируемое сопротивление, выполняющее функции задатчика скорости секции. При подрегулировке относительной скорости одной секции ранее установленное соотношение скоростей между остальными секциями не нарушается.

Для обеспечения постоянства натяжения полотна в наиболее ответственных местах его свободного хода между секциями применяют регуляторы натяжения. При этом контур регулирования натяжения - внешний по отношению к регулятору скорости. Выходной сигнал датчика натяжения сравнивают с сигналом задатчика натяжения бумаги, и их разность поступает на вход регулятору напряжения, выходное напряжение которого в зависимости от знака отклонения натяжения полотна накладывается со знаком «плюс» или «минус» на сигнал задатчика скорости секции. За счет корректировки скорости секции поддерживается постоянство натяжения бумажного полотна.

3 Расчет электропривода бумагоделательной машины

3.1 Расчет силовых нагрузок постоянного привода бумагоделательной машины

Исходные данные к проекту представлены в таблице 3.1:

Таблица 3.1 – Электрические нагрузки

Наименование оборудования	Установленная мощность	
	Одного ЭП, $P_{н}$, кВт	$\Sigma P_{н}$, кВт
1 Гауч вал	132	1204,4
2 Привод нижней сетки	136	
3 Привод верхней сетки	109	
4 Первый пресс центральный вал	136	
5 Второй пресс нижний вал	78,3	
6 Первая сушильная группа	52	
7 Вторая сушильная группа	52	
8 Янки цилиндр	52	
9 Третья сушильная группа	30,5	
10 Клеильный пресс - центральный вал	30,2	
11 Клеильный пресс - нажимной цилиндр	30,5	
12 Клеильный пресс – охладительный цилиндр	12,7	
13 Четвёртая сушильная группа	12,7	
14 Пятая сушильная группа	52	
15 Накат	47,5	
16 Смесительный насос – нижний слой	132	
17 Смесительный насос – верхний слой	109	

Все расчетные данные вносим в таблицу

Число m находим по формуле:

$$m = \frac{P_{н.макс}}{P_{н.мин}}. \quad (9)$$

$m = 136/12,7=11 > 3$ – для постоянного привода бумагоделательной машины,

где: $P_{н.макс}, P_{н.мин}$ – активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников.

Коэффициент использования, выбираем по справочнику.

Для бумагоделательной машины коэффициент использования равен: $K_{и} = 0,7$;

Коэффициент мощности, выбираем по справочнику, так же знаменателе значение реактивной коэффициента мощности.

Значение для бумагоделательной машины:

$$\cos\varphi/\operatorname{tg}\varphi = 0,8/0,75;$$

Расчет средней активной нагрузки:

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{н}, \text{ кВт} \quad (10)$$

где $K_{и}$ – коэффициент использование, значения из справочника;

$P_{н}$ – номинальная активная нагрузка

Расчет средней реактивной нагрузки:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \text{ квар} \quad (11)$$

где $P_{см}$ – средняя активная нагрузка;

$\operatorname{tg}\varphi$ – реактивный коэффициент мощности.

Расчет эффективного числа электроприемников, в случае $m > 3$

$$n_{э} = \frac{2 \cdot \sum P_{н}}{P_{н.макс}}, \quad (12)$$

$$n_{э} = \frac{2 \cdot 1204,4}{136} = 17,7$$

а если число m меньше 3, то число электроприемников берём равным фактическому $n_{эф} = n$.

Коэффициент максимума определяется по графику в зависимости от $n_{э}$ и $K_{и}$, для бумагоделательной машины коэффициент максимума равен: $K_{м} = 0,8$;

Расчет максимальной активной нагрузки от силовых электроприемников:

$$P_{р} = K_{м} \cdot P_{см}, \text{ кВт} \quad (13)$$

где $P_{см}$ – средняя активная нагрузка;

$K_{м}$ – коэффициент максимума.

Расчет максимальной реактивной нагрузки от силовых электроприемников - при $n_{э} \leq 10$,

$$Q_{р} = 1,1 \cdot Q_{см} \quad (14)$$

- при $n_3 > 10$,

$$Q_p = Q_{см} \quad (15)$$

Для бумагоделательной машины так как $n_3 > 10$:

$$Q_p = Q_{см}$$

Полная максимальная нагрузка:

$$S_p = \sqrt{Q_{p0,4}^2 + P_{p0,4}^2} \text{ кВА} \quad (16)$$

где $Q_{p0,4}^2$ – реактивная нагрузка на шинах 0,4 кВ;
 $P_{p0,4}^2$ – активная нагрузка на шинах 0,4 кВ.

Расчетный максимальный ток:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \text{ кА} \quad (17)$$

Таблица 3.2 – Расчет силовых нагрузок

№	Наименование оборудования	Установленная мощность		Средние нагрузки		Расчетные нагрузки			I _p , А
		P _н , кВт	∑ P _н , кВт	P _{см} , кВт	Q _{см} , квар	P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	
1	Гауч вал	132	1204,4	92,4	69,3	73,9	69,3	101,3	146,2
2	Привод нижней сетки	136		95,2	71,4	76,2	71,4	104,4	150,7
3	Привод верхней сетки	109		76,3	57,2	61,1	57,2	83,7	120,8
4	Первый пресс центральный вал	136		95,2	71,4	76,2	71,4	104,4	150,7
5	Второй пресс нижний вал	78,3		54,8	41,1	43,8	41,1	60,1	86,7
6	Первая сушильная группа	52		36,4	27,3	29,1	27,3	39,9	57,6
7	Вторая сушильная группа	52		36,4	27,3	29,1	27,3	39,9	57,6
8	Янки цилиндр	52		36,4	27,3	29,1	27,3	39,9	57,6
9	Третья сушильная группа	30,5		21,4	16,1	17,1	16,1	23,5	33,9
10	Клеильный пресс - центральный вал	30,2		21,2	15,9	17	15,9	23,3	33,6
11	Клеильный пресс - нажимной цилиндр	30,5		21,4	16,1	17,1	16,1	23,5	33,9
12	Клеильный пресс – охладительный цилиндр	12,7		8,9	6,7	7,1	6,7	9,8	14,1
13	Четвёртая сушильная группа	12,7		8,9	6,7	7,1	6,7	9,8	14,1
14	Пятая сушильная группа	52		36,4	27,3	29,1	27,3	39,9	57,6
15	Накат	47,5		33,25	24,9	26,6	24,9	36,4	52,5
16	Смесительный насос – нижний слой	132		92,4	69,3	73,9	69,3	101,3	146,2
17	Смесительный насос – верхний слой	109		76,3	57,2	61,1	57,2	83,7	120,8
Всего				843,25	632,5	674,6	632,5	924,8	1334,6

3.2 Выбор системы электропривода для бумагоделательной машины

На основании требований к электроприводу для расчёта выбрана система ТП–Д вследствие простоты и точности управления, ввиду жестких механических характеристик, получаемых при его использовании. Кроме того привод данной системы прост в расчете и использовании.

3.3 Выбор исполнительных двигателей

Мощность электродвигателя определяется по формуле:

$$P = \frac{P_M}{\eta_{\text{п}}}, \quad (18)$$

где P_M – потребляемая мощность;

$\eta_{\text{п}}$ – КПД передачи: выбираем по справочнику $\eta_{\text{п}} = 0,9$

Таблица 3.3 – Расчетные мощности для выбора электродвигателя

№	Оборудование	Потребляемая мощность	Рассчитанная мощность
1	Гауч вал	132	146,6
2	Привод нижней сетки	136	151,1
3	Привод верхней сетки	109	121,1
4	Первый пресс центральный вал	136	151,1
5	Второй пресс нижний вал	78,3	87
6	Первая сушильная группа	52	57,7
7	Вторая сушильная группа	52	57,7
8	Янки цилиндр	52	57,7
9	Третья сушильная группа	30,5	33,8
10	Клеильный пресс - центральный вал	30,2	33,5
11	Клеильный пресс - нажимной цилиндр	30,5	33,8
12	Клеильный пресс – охладительный цилиндр	12,7	14,1
13	Четвёртая сушильная группа	12,7	14,1
14	Пятая сушильная группа	52	57,7
15	Накат	47,5	52,7
16	Смесительный насос – нижний слой	132	146,6
17	Смесительный насос – верхний слой	109	121,1

Номинальная мощность выбираемого электродвигателя должна превышать расчетную мощность. Для каждого оборудования выбираем отдельный двигатель.

Таблица 3.4 – Двигатели и их паспортные данные

№	Оборудование	Тип двигателя	Р _н (кВт)	U _н (В)	n _н (об/мин)	КПД %
1	Гауч вал	2ПФ315МУХЛ4	160	440	1900	90
2	Привод нижней сетки	2ПФ315МУХЛ4	160	440	1900	90
3	Привод верхней сетки	2ПН280ЛУХЛ4	132	440	1500	90,6
4	Первый пресс центральный вал	2ПФ315МУХЛ4	160	440	1900	90
5	Второй пресс нижний вал	2ПН280МУХЛ4	90	440	1500	89
6	Первая сушильная группа	2ПН200МГУХЛ4	60	440	3150	90,5
7	Вторая сушильная группа	2ПН200МГУХЛ4	60	440	3150	90,5
8	Янки цилиндр	2ПН200МГУХЛ4	60	440	3150	90,5
9	Третья сушильная группа	2ПН200МУХЛ4	36	440	2200	89,5
10	Клеильный пресс - центральный вал	2ПН200МУХЛ4	36	440	2200	89,5
11	Клеильный пресс - нажимной цилиндр	2ПН200МУХЛ4	36	440	2200	89,5
12	Клеильный пресс – охладительный цилиндр	2ПН160ЛУХЛ4	16	440	2360	87,5
13	Четвёртая сушильная группа	2ПН160ЛУХЛ4	16	440	2360	87,5
14	Пятая сушильная группа	2ПН200МГУХЛ4	60	440	3150	90,5
15	Накат	2ПН200ЛУХЛ4	53	440	2360	90,5
16	Смесительный насос – нижний слой	2ПФ315МУХЛ4	160	440	1900	90
17	Смесительный насос – верхний слой	2ПН280ЛУХЛ4	132	440	1500	90,6

Номинальная скорость двигателей определяем по следующей формуле:

$$\omega_n = \frac{2\pi n}{60}. \quad (19)$$

Расчитываем передаточное число для выбора редуктора:

$$i = 1,1 \frac{\omega_n}{20}. \quad (20)$$

Таблица 3.5 – Расчет номинальной скорости передаточного числа для выбора редуктора

№	Оборудование	ω_n, c^{-1}	i, о.е	Тип редуктора
1	Гауч вал	198,8	10,9	7Ц2-615
2	Привод нижней сетки	198,8	10,9	7Ц2-615
3	Привод верхней сетки	157	8,6	7Ц2-500
4	Первый пресс центральный вал	198,8	10,9	7Ц2-615
5	Второй пресс нижний вал	157	8,6	7Ц2-500
6	Первая сушильная группа	329,7	18,1	7Ц2-860
7	Вторая сушильная группа	329,7	18,1	7Ц2-860
8	Янки цилиндр	329,7	18,1	7Ц2-860
9	Третья сушильная группа	230,2	12,6	7Ц2-706
10	Клеильный пресс - центральный вал	230,2	12,6	7Ц2-706
11	Клеильный пресс - нажимной цилиндр	230,2	12,6	7Ц2-706
12	Клеильный пресс – охладительный цилиндр	247	13,5	7Ц2-762
13	Четвёртая сушильная группа	247	13,5	7Ц2-762
14	Пятая сушильная группа	329,7	18,1	7Ц2-860
15	Накат	247	13,5	7Ц2-762
16	Смесительный насос – нижний слой	198,8	10,9	7Ц2-615
17	Смесительный насос – верхний слой	157	8,6	7Ц2-500

Редукторы выбираем по ближайшему передаточному отношению.

Все выбранные двигатели нужно проверить на пусковые усилия и перегрузки. Должно выполняться следующее условие: $M_{\text{пуск}} > M_{\text{тр}}$. Коэффициент трения выбираем с справочника: $k_{\text{тр}} = 1,6$.

Для двигателей 1, 2, 4, 16:

Момент трогания

$$M_{\text{норм}} = \frac{P_n}{\omega_{\text{вв}}} = \frac{160}{63,3} = 2,52 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (21)$$

$$M_{\text{тр}} = k_{\text{тр}} \cdot M_{\text{норм}} = 1,6 \cdot 2,52 = 4,04 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (22)$$

Момент пуска:

$$M_{\text{пуск}} = K\Phi \cdot I_{\text{пуск}} = K\Phi \cdot 5I_{\text{H}} = 2,11 \cdot 5 \cdot 404 = 4,2 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (23)$$

$$I_{\text{H}} = \frac{P_{\text{H}}}{U_{\text{H}} \cdot \eta_{\text{H}}} = \frac{160}{440 \cdot 0,9} = 404 \text{ А} \quad (24)$$

$$R_{\text{я}} = \frac{0,5 \cdot U_{\text{H}}(1 - \eta_{\text{H}})}{I_{\text{H}}} = \frac{0,5 \cdot 440(1 - 0,9)}{404} = 0,05 \text{ Ом} \quad (25)$$

$$K\Phi = \frac{U_{\text{H}} - I_{\text{H}} \cdot R_{\text{я}}}{\omega_{\text{H}}} = \frac{440 - 404 \cdot 0,05}{198,8} = 2,11 \text{ В} \cdot \text{с} \quad (26)$$

$$M_{\text{пуск.пр}} = M_{\text{пуск}} \cdot 1,6 = 4,2 \cdot 1,6 = 6,72 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$6,72 \text{ кН} \cdot \text{м} > 4,04 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Для двигателей 6, 7, 8, 14:

Момент трогания

$$M_{\text{норм}} = \frac{60}{105} = 0,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}} = 1,6 \cdot 2,64 = 0,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Момент пуска:

$$M_{\text{пуск}} = 1,27 \cdot 5 \cdot 151 = 0,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$I_{\text{H}} = \frac{60}{440 \cdot 0,9} = 151 \text{ А}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{0,5 \cdot 440(1 - 0,9)}{151} = 0,14 \text{ Ом}$$

$$K\Phi = \frac{440 - 151 \cdot 0,14}{329,7} = 1,27 \text{ В} \cdot \text{с}$$

$$M_{\text{пуск.пр}} = 0,9 \cdot 1,6 = 1,44 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$1,44 \text{ кН} \cdot \text{м} > 0,9 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Для двигателей 9, 10, 11:
Момент трогания

$$M_{\text{норм}} = \frac{36}{73,3} = 0,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}} = 1,6 \cdot 0,5 = 0,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Момент пуска:

$$M_{\text{пуск}} = 1,81 \cdot 5 \cdot 91 = 0,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$I_{\text{н}} = \frac{36}{440 \cdot 0,89} = 91 \text{ А}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{0,5 \cdot 440(1 - 0,89)}{91} = 0,24 \text{ Ом}$$

$$K\Phi = \frac{440 - 91 \cdot 0,24}{230,2} = 1,81 \text{ В} \cdot \text{с}$$

$$M_{\text{пуск.пр}} = 0,8 \cdot 1,6 = 1,28 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$1,28 \text{ кН} \cdot \text{м} > 0,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Для двигателей 3, 17:
Момент трогания

$$M_{\text{норм}} = \frac{132}{50} = 2,64 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}} = 1,6 \cdot 2,64 = 4,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Момент пуска:

$$M_{\text{пуск}} = 2,67 \cdot 5 \cdot 333 = 4,4 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$I_{\text{н}} = \frac{132}{440 \cdot 0,9} = 333 \text{ А}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{0,5 \cdot 440(1 - 0,9)}{333} = 0,06 \text{ Ом}$$

$$K\Phi = \frac{440 - 333 \cdot 0,06}{157} = 2,67 \text{ В} \cdot \text{с}$$

$$M_{\text{пуск.пр}} = 4,4 \cdot 1,6 = 7,04 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$7,04 \text{ кН} \cdot \text{м} > 4,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Для двигателей 12,13 :
Момент трогания

$$M_{\text{норм}} = \frac{16}{78,6} = 0,2 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}} = 1,6 \cdot 0,2 = 0,32 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Момент пуска:

$$M_{\text{пуск}} = 1,6 \cdot 5 \cdot 41 = 0,32 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$I_{\text{н}} = \frac{16}{440 \cdot 0,87} = 41 \text{ А}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{0,5 \cdot 440(1 - 0,87)}{41} = 0,69 \text{ Ом}$$

$$K\Phi = \frac{440 - 41 \cdot 0,69}{247} = 1,6 \text{ В} \cdot \text{с}$$

$$M_{\text{пуск.пр}} = 0,32 \cdot 1,6 = 0,5 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$0,5 \text{ кН} \cdot \text{м} > 0,32 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Для двигателя 15:
Момент трогания

$$M_{\text{норм}} = \frac{53}{78,6} = 0,67 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}} = 1,6 \cdot 0,67 = 1,07 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Момент пуска:

$$M_{\text{пуск}} = 1,77 \cdot 5 \cdot 133 = 1,1 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$I_{\text{н}} = \frac{53}{440 \cdot 0,9} = 133 \text{ А}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{0,5 \cdot 440(1 - 0,9)}{133} = 0,01 \text{ Ом}$$

$$K\Phi = \frac{440 - 133 \cdot 0,01}{247} = 1,77 \text{ В} \cdot \text{с}$$

$$M_{\text{пуск.пр}} = 1,1 \cdot 1,6 = 1,76 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$1,76 \text{ кН} \cdot \text{м} > 1,07 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Для двигателя 5:
Момент трогания

$$M_{\text{норм}} = \frac{90}{50} = 1,8 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{\text{тр}} = 1,6 \cdot 1,8 = 2,88 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Момент пуска:

$$M_{\text{пуск}} = 2,67 \cdot 5 \cdot 229 = 3,05 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$I_{\text{н}} = \frac{90}{440 \cdot 0,89} = 229 \text{ А}$$

$$R_{\text{я}} = \frac{0,5 \cdot 440(1 - 0,89)}{229} = 0,09 \text{ Ом}$$

$$K\Phi = \frac{440 - 229 \cdot 0,09}{157} = 2,67 \text{ В} \cdot \text{с}$$

$$M_{\text{пуск.пр}} = 3,05 \cdot 1,6 = 4,88 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$4,88 \text{ кН} \cdot \text{м} > 2,88 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Все выбранные двигатели соответствуют требованиям.

3.4 Выбор тиристорных преобразователей

Тиристорные преобразователи выбираются в зависимости от того каким является двигатель постоянного или переменного тока. В данном случае для питания и управления двигателем постоянного тока выбираем преобразователь по номинальному току и напряжению двигателя.

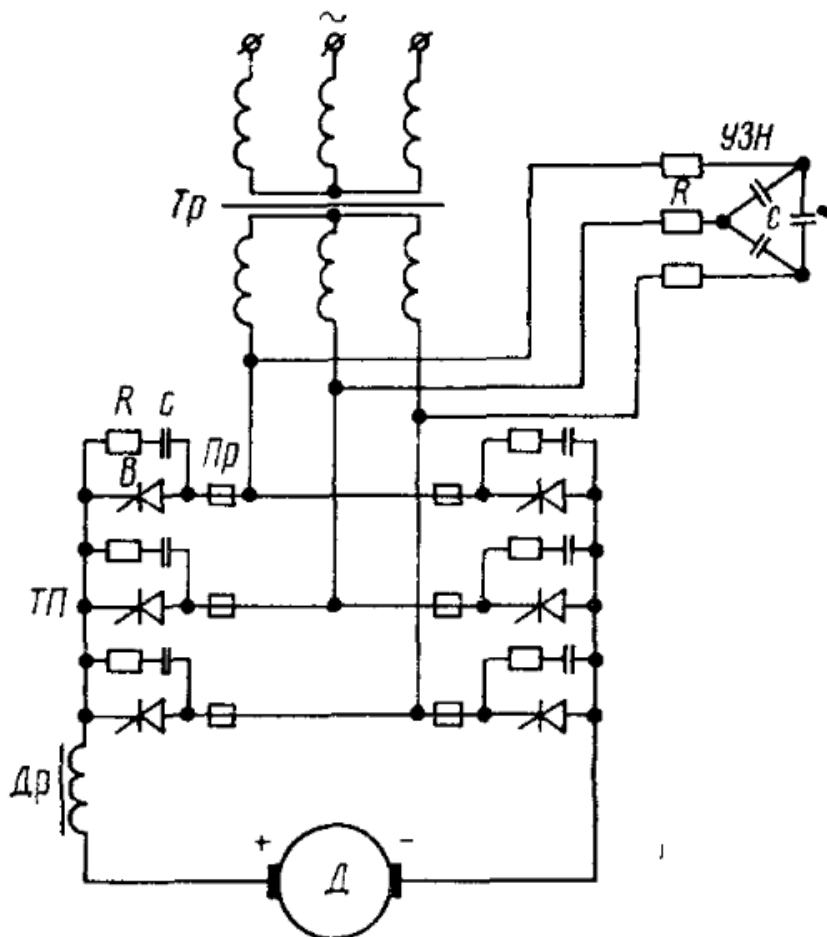


Рисунок 1 – Принципиальная силовая схема системы «тиристорный преобразователь – двигатель»

Таблица 3.6 – Данные тиристорных преобразователей

№	Оборудование	Марка тиристоровS	S_H (кВт)	$U_{пит}$ (В)	$U_{выпр}$ (об/мин)	I_{max}	КПД %	Коэф.мощ.
1	Гауч вал	АТР-500/460-1Р	230	6; 10	460	500	92	0,85
2	Привод нижней сетки	АТР-500/460-1Р	230	6; 10	460	500	92	0,85
3	Привод верхней сетки	АТР-500/460-1Р	230	6; 10	460	500	92	0,85
4	Первый пресс центральный вал	АТР-500/460-1Р	230	6; 10	460	500	92	0,85
5	Второй пресс нижний вал	АТРК—250/460—2У2	115	0,38	460	250	94	0,86
6	Первая сушильная группа	АТРК—160/460—2У2	73,6	0,38	460	160	87	0,84
7	Вторая сушильная группа	АТРК—160/460—2У2	73,6	0,38	460	160	87	0,84
8	Янки цилиндр	АТРК—160/460—2У2	73,6	0,38	460	160	87	0,84
9	Третья сушильная группа	АТЕРЗ-100/460Р-2У4	46	0,38	460	100	95	—
10	Клеильный пресс - центральный вал	АТЕРЗ-100/460Р-2У4	46	0,38	460	100	95	—
11	Клеильный пресс - нажимной цилиндр	АТЕРЗ-100/460Р-2У4	46	0,38	460	100	95	—
12	Клеильный пресс – охладительный цилиндр	АТЕРЗ-50/460Р-2У4	23	0,38	460	50	95	—
13	Четвёртая сушильная группа	АТЕРЗ-50/460Р-2У4	23	0,38	460	50	95	—
14	Пятая сушильная группа	АТРК—160/460—2У2	73,6	0,38	460	160	87	0,84
15	Накат	АТРК—160/460—2У2	73,6	0,38	460	160	87	0,84
16	Смесительный насос - нижний слой	АТР-500/460-1Р	230	6; 10	460	500	92	0,85
17	Смесительный насос – верхний слой	АТР-500/460-1Р	230	6; 10	460	500	92	0,85

3.5 Выбор средств автоматизации

Рассмотрев рынок промышленных средств автоматизации было решено выбрать продукцию компании Schneider Electric.

Schneider Electric ведущая французская корпорация в стране и в мире по производству оборудования в таких отраслях как электроэнергетика, машиностроение и электротехника. В основном их продукция применяется в решении проблем в области управления энергией и систем автоматизации. Так и для нашей системы автоматизации будут использоваться продукция Schneider Electric, так как их продукция соответствует критериям выбора средств автоматизации.

3.6 Выбор контролера и промышленной шины

На рисунке 2 представлена структурная схема автоматической системы управления тиристорными преобразователями. Для начала выберем промышленную шину которая связывает отдельные части системы.



Рисунок 2 – Структурная схема АСУТП

На сегодняшний день промышленные сети различаются между собой незначительными особенностями функционала и совместимостью с другими системами автоматизации. Поэтому выбираем стандарт промышленных сетей Industrial Ethernet.

Так как бумагоделательная машина является большим производственным объектом для него выбираем контроллер для больших производств modicon m262 которые являются одними из самых коммуникативных логических контроллеров на рынке. Для программирования и управление контроллерами modicon создана программное обеспечение SoMachine.

SCADA-систему выбираем тоже от Schneider Electric Eco Struxure. Данная система является одной из новейших систем и совместима со всеми контроллерами собственного производства

3.7 Создание проекта в Unity Pro

Unity Pro – платформа для разработки 3D моделей, отладки приложений и операционная среда для контроллеров Modicon Premium, Atrium и Quantum.

При помощи этой программы была создана проекция заполнения напорного ящика при помощи смесительного насоса на языке LD.

Существуют пять языков программирования, которые соответствуют стандартам и могут быть использованы при разработке программы: IL, ST, FBD, SFC и LD.

Язык IL текстовый язык низкого уровня который последовательно выполняет список инструкций.

Язык ST текстовый язык высокого уровня который используется для сложных алгоритмов или программ которые включают в себе числовой анализ.

Язык FBD графический язык высокого уровня который позволяет создавать программы при помощи вызова функций и функциональных блоков.

Язык SFC графический язык в котором процесс управляется последовательно опираясь на систему условий которые передают управление с одной операции на другую.

Язык LD графический язык который представляется в виде релейно-контактных схем в котором можно использовать много разных функциональных блоков.

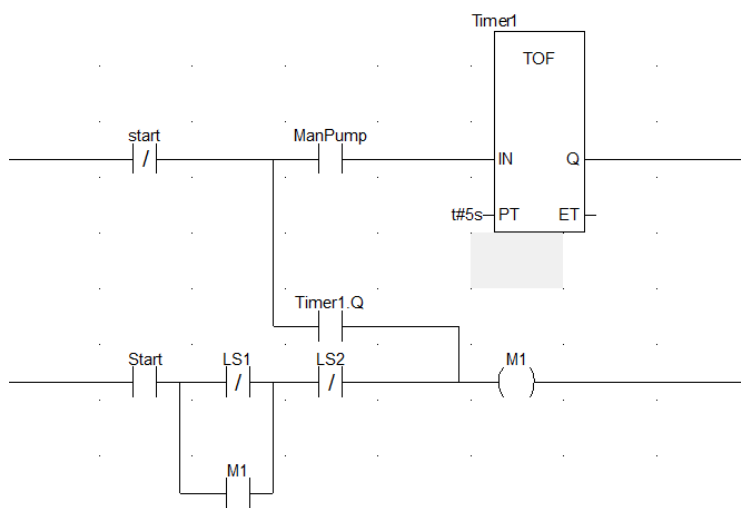


Рисунок 3 – Программа на языке LD

На рисунке 3 показаны все элементы которые участвуют в процессе. В проекте используются замкнутые и разомкнутые контакты которые при действии на них других переменных размыкаются или же замыкаются выполнив определенное действие. В программе в качестве исполнительных элементов используется катушка которая воздействует двигатель и таймер который настроен на 5 секунд для отключения насоса.

Программа создана чтобы показать два режима работы.

В режиме Start напорный ящик заполняется бумажной массой автоматически. При нажатии кнопки Run процесс запускается: отключается сигнализатор нижнего уровня LS1 и включается двигатель насоса M1. Когда масса достигает до сигнализатора верхнего уровня LS2 двигатель автоматически отключается.

В режиме Stop напорный ящик заполняется в ручном режиме. С помощью кнопки ManPump включаем двигатель насоса. В течении пяти секунд непрерывно будет подаваться масса а после двигатель насоса отключится. При необходимости можно регулировать время отключения.

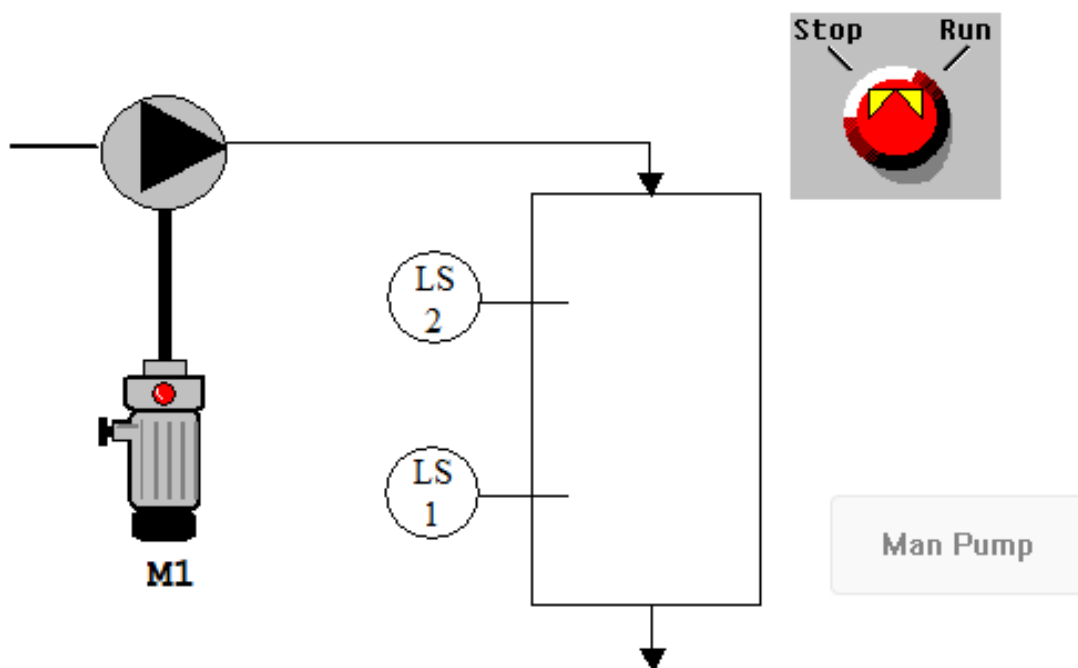


Рисунок 4 – Операторский экран

4 Специальная часть. Техническая диагностика электропривода постоянного тока бумагоделательного оборудования

Для повышение эффективности и выявление нарушений по току двигателя в работе узлов механической части электропривода постоянного тока бумагоделательной машины используется техническая диагностика электропривода. Электротехнические комплексы такого типа содержат стандартные датчики, которые используются при реализации способов и устройств диагностики электрической части с полупроводниковыми выпрямителями и узлов механической части комплекса. Из-за многосекционности электропривода в некоторых случаях отклонение от нормальной работы одной секции не приводят к полной потере работоспособности всей бумагоделательной машины, но технологический процесс может быть нарушен.

Существует несколько способов и устройств диагностики полупроводниковых преобразователей.

Способ спектрального анализа кривой выходного напряжения выпрямителя основан на сравнении гармонического состава кривой выходного напряжения при нормальном и аномальном режимах работы выпрямителя. Данный способ позволяет установить факт нарушения работы без указания конкретного места неисправности.

Способ диагностики, основанный на гармоническом анализе и визуальной оценке кривых фазных токов. Сущность способа заключается в определении включенного состояния полупроводникового вентиля в любой момент времени по кривым фазных токов при заданных их положительных направлениях и гармоническом анализе данных кривых.

Способ диагностики, основанный на совместном анализе кривых мгновенных значений фазных токов и выходного напряжения выпрямителя. При известных действительных и заданных условных положительных направлений фазных токов и их анализе совместно с кривой выходного напряжения можно определить момент и продолжительность включения тиристорov всех плеч моста.

Для практического осуществления способов диагностики полупроводниковых преобразователей и узлов механической части электропривода постоянного тока бумагоделательного оборудования разработан контрольно-диагностический комплекс. К такому комплексу предъявляются специфические требования из за которых контрольно- измерительные приборы выпускаемые промышленностью не могут выполнить комплексное действие.

К таким требованиям, в первую очередь, следует отнести необходимость изменения периода дискретизации (выборки) регистрируемых аналоговых сигналов датчиков тока и напряжения ввиду большого различия длительности протекания переходных процессов в схемах полупроводниковых выпрямителей

и в системах автоматического управления электроприводом бумагоделательного оборудования.

В первом случае для регистрации углов коммутации, изменяющихся в пределах $\gamma = 10^\circ - 30^\circ$, период выборки исчисляется микросекундами (100...200 мкс). В системах управления электроприводом минимальное время регистрации переходных процессов составляет 10 – 15 с.

К числу важных требований, предъявляемых к контрольно-диагностическому комплексу, относится его мобильность. Это объясняется высокой стоимостью стационарных систем диагностики многосекционных электроприводов.

К требованиям, предъявляемым к контрольно-диагностическому комплексу при его разработке, также относятся: регистрация переходных процессов с предысторией и постисторией с последующим переходом в режим непрерывной записи сигналов датчиков и временным хранением информации с целью поиска их устойчивого отклонения; одновременная регистрация не менее 32 аналоговых сигналов для диагностирования электроприводов нескольких смежных секций; цифровая фильтрация зарегистрированных с помощью контрольно-диагностического комплекса сигналов с целью исключения в них высокочастотных помех; спектральный анализ экспериментальных кривых тока и напряжения; возможность интеграции контрольно-диагностического комплекса в локальную сеть предприятия с доступом в Internet для удаленного управления и мониторинга.

Контрольно-диагностический комплекс, удовлетворяющий перечисленным выше требованиям, представляет собой двухуровневую систему.

К нижнему уровню контрольно-диагностического комплекса относится устройство сбора данных, в состав которого входят: одноплатная микроЭВМ, предназначенная для управления процессами сбора, обработки и временного хранения информации; сетевой адаптер; модуль аналогового ввода, обеспечивающий аналого-цифровое преобразование аналоговых сигналов датчиков; коммутатор для увеличения количества измерительных входов до 32. В блоке элементы согласования сигналов, основными являются модули гальванической развязки. Верхний уровень КДК включает в себя персональный компьютер, с подключенными к нему периферийными устройствами.

Сетевые адаптеры NIC1, NIC2, включенные в состав персонального компьютера, служат для связи с устройством сбора данных и интеграции КДК в локальную сеть предприятия и выход в «Internet». Программное обеспечение нижнего уровня КДК осуществляет регистрацию переходных процессов с их предысторией и постисторией. Программное обеспечение верхнего уровня решает стандартные задачи визуализации накопленной информации в виде трендов и вывода их на печать, а также выполняет фильтрацию и спектральный анализ зарегистрированных устройством сбора данных аналоговых сигналов.

Для подавления высокочастотных помех регистрируемых сигналов предусмотрена подпрограмма цифровой фильтрации, реализованная на основе фильтра низких частот Баттерворта. Спектральный анализ сигналов датчиков

тока и напряжения осуществляется с использованием подпрограммы быстрого преобразования Фурье.[5]

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В дипломной работе был спроектирован электропривод для бумагоделательной машины в соответствии с технологией и требованиями, предъявляемыми к электроприводу. Рассчитана силовая часть электропривода постоянного тока: тиристорный преобразователь, двигатель и система управления. По исходным данным была выбрана приводная система ТП-Д, все выбранные двигатели прошли по пусковым усилиям и нагрузкам, это доказывает что расчет и выбор двигателя сделан правильно.

Проанализировав современный рынок технических и программных средств автоматизации, были выбраны: промышленная шина Industrial Ethernet, контроллер modicon 262, SCADA-система EcoStruxure от Schneider Electric. Создан проект в программе Unity Pro и рассмотрены языки программирования.

В специальной части рассматривается внедрение технической диагностики электропривода постоянного тока бумагоделательного оборудования, а также рассматриваются способы диагностики полупроводниковых преобразователей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Чичаева В.А. Глезин М.Л. Екимов В.А. Оборудование целлюлозно-бумажного производства. В 2-х томах.Т.2.Бумагоделательные машины – М.: Лесная промышленность, 1981.-264 с.

2 Куров В.С. Кокушин Н.Н. Теория и конструкция машин и оборудования отрасли. Бумаго- и картоноделательные машины: Учеб. Пособие,2006.-588 с.

3 Иванов С.Н. Технология бумаги. Изд.3-е,2006.-696 с

4 Радкевич В.Н. Козловская В.Б. Колосова И.В. Расчет электрических нагрузок промышленных предприятий.- Минск: БНТУ, 2013.-124 с.

5 Коновалов М.Ю. Техническая диагностика электропривода постоянного тока бумагоделательного оборудования

6 Копылов И.П. Клоков Б.К. Справочник по электрическим машинам:В 2-х томах.Т.1 -М.:Энергоатомиздат, 1988.-456 с.

ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Масумова Дониёра Юсуфжонугли

(Ф.И.О. обучающегося)

6B07101 – «Энергетика»

(шифр и наименование специальности)

Тема:

Расчёт и проектирование автоматизированного электропривода
бумагоделательной машины

Дипломная работа Масумова Дониёра Юсуфжонугли посвящена
вопросам расчёта и проектирования автоматизированного электропривода
бумагоделательной машины. В процессе дипломного проектирования
Масумов Д.Ю. ознакомился с технологическим циклом бумагоделательного
производства, произвел расчет электрических нагрузок, выбор
электрического оборудования и электрических машин, элементов силовой
электроники, а также рассмотрел вопросы технической диагностики
электроприводов постоянного тока.

В технологическом разделе Масумов Д.Ю. рассмотрел ход
технологического процесса бумагоделательной машины. Привел состав
оборудования, их основные технические характеристики.

В основной части опираясь на данные, полученные в технологическом
разделе, произведен расчет электрических нагрузок по цеху. Произведены
необходимые электрические расчеты для выбора основного силового и
вспомогательного электрооборудования и средств автоматизации.

Дипломное проектирование осуществлял качественно и в
установленные сроки. Масумов Д.Ю. проявил свои прочные знания и навыки
в проектировании электрических приводов и средств автоматизации.

В процессе проектирования было указано на необходимость
дополнения в специальной части по вопросам технической диагностики
электроприводов постоянного тока. Необходимые изменения и дополнения
им были произведены.

Дипломную работу оцениваю на 90%. Студента Масумова Дониёра
Юсуфжонугли предлагаю признать достойным присвоения академической
степени бакалавра по специальности 6B07101 – «Энергетика».

Научный руководитель

Старший преподаватель

(должность)

(подпись)

Бажыбаев К.А.

«20» октября 2022 г.



РЕЦЕНЗИЯ

на дипломную работу
(наименование вида работы)

Масумова Дониёра Юсуфжонугли
(Ф.И.О. обучающегося)

6B07101 – «Энергетика»
(шифр и наименование специальности)

На тему: «Расчёт и проектирование автоматизированного электропривода бумагоделательной машины»

Выполнено:

- а) графическая часть на 13 листах
б) пояснительная записка на 42 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

В дипломной работе рассмотрены вопросы расчёта и проектирования автоматизированного электропривода бумагоделательной машины. Осуществлен расчёт электрических нагрузок, выбор электрического оборудования, элементов силового преобразователя, а также рассмотрены вопросы технической диагностики электроприводов постоянного тока.

Работа посвящена проектированию автоматизированного электропривода бумагоделательной машины. В технологической части представлено оборудование и технологический цикл бумагоделательного цеха.

Дипломная работа предполагает использование для обеспечения эффективной работы бумагоделательной машины современных средств автоматизации и электрических приводов.

Студент Масумов Д.Ю. выполнил работу согласно полученного задания качественно и квалифицированно. Показал хорошие знания в области проектирования систем автоматизированного электропривода. Грамотно и обоснованно осуществлен выбор электрических аппаратов и электрических машин.

В специальной части Масумов Д.Ю. рассмотрел вопросы технической диагностики электроприводов постоянного тока. Произвел анализ эксплуатации на действующем производстве контрольно-диагностического комплекса электроприводов постоянного тока бумагоделательной машины.

Расчёты и выбор электрических аппаратов и машин выполнены грамотно. К недостаткам работы можно отнести некоторые стилистические ошибки в тексте, которые впоследствии были устранены после замечаний.

Оценка работы

В целом, работа представлена завершённой и данную дипломную работу оцениваю на 85 %, а при успешной защите студент Масумов Дониёр Юсуфжонугли достоин присвоения академической степени бакалавра по специальности 5B071800 - «Электроэнергетика».

Рецензент
доцент, канд. техн. наук
(должность, имя, фамилия, отчество)
Юсупова С.А.
Отдел по управлению персоналом
(подпись)
« »
Ф КазНИТУ 706-17. Рецензия

21.10.2022
ж. 20
ИНӨЖ-ІРІТБ
Юсупова С.А.
2022 г.
Подпись заверены
Коллѳанбаны растаймын

Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Масумов Дониёр Юсуфжонугли

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Расчет и проектирование автоматизированного электропривода бумагоделательной машины

Научный руководитель: Кайрат Баянбаев

Коэффициент Подобия 1: 7.8

Коэффициент Подобия 2: 6.6

Микропробелы: 4

Знаки из других алфавитов: 10

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

- Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.
- Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.
- Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

Обоснование:

2022-10-26

Дата



Нуржан Балгаев

проверяющий эксперт