

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт энергетики и электротехники

(институт, факультет)

Промышленная электроника

(кафедра)

27.03.04 «Управление в технических системах»

(код и наименование направления подготовки)

Системы и технические средства автоматизации и управления

(профиль)

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

на тему: «Электропривод бумагорезательной машины»

Студент(ка)

И.О. Понофидин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель,
к.т.н., доцент

В.В. Королев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент А.А. Шевцов

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

(личная подпись)

«___» _____ 2016 г.

Тольятти 2016

Содержание

Введение	2
1 Анализ бумагорезательной машины	4
1.1 Основные технические данные машины	5
1.2 Система управления бумагорезательной машиной	6
1.3 Описание и работа электрооборудования бумагорезательной машины	10
2 Разработка функциональной схемы	17
2.1 Выбор электродвигателя.....	20
2.2 Выбор преобразователя частоты	20
3 Расчет параметров электропривода.....	23
3.1 Расчет трехфазного выпрямителя.....	26
3.2 Расчет тормозного резистора	27
3.3 Расчет механических характеристик асинхронного двигателя при частотном скалярном управлении	28
4 Разработка технологии монтажа, наладки и проведения пусковых испытаний электропривода	34
4.1 Последовательность монтажа электропривода.....	34
4.2 Обслуживание электрической аппаратуры электропривода	37
5 Охрана труда при работе на бумагорезательной машине.....	41
5.1 Опасные и вредные факторы при работе на бумагорезательной машине	43
5.2 Меры защиты от опасных и вредных факторов при работе на бумагорезательной машине.....	43
Заключение.....	46
Список используемой литературы	Ошибка! Закладка не определена.

Введение

На первый взгляд может показаться, что процесс резки бумаги не является трудоемким видом работ. На самом деле машины, которые выполняют эту функцию, являются важной и неотъемлемой частью полиграфической отрасли. От того, на сколько точно будет выполнена резка бумаги и будет зависеть финальное качество печатной продукции. Особенно это важно при печати цветной продукции на однокрасочных или двухкрасочных печатных машинах, а также при финальной обработке заготовок на бумагорезательных машинах с автоматическим самонакладом. При этом каждому листу заготовки предстоит пройти по нескольким различным машинам или через один печатный станок, но несколько раз. В этом случае бумага должна автоматически выравниваться по двум смежным сторонам. Таким образом, для получения качественных листов на выходе, листы должны иметь одинаковый размер, а также ровные углы (точно под 90 градусов) и качественную (без ворсинок и зазубрин) поверхность кромок. В ином случае, одни и те же листы могут позиционироваться в механизме равнения по-разному. Рассмотрим достоинства и недостатки различных бумагорезательных машин, и их основные отличия. Начнем сравнение с точки зрения классификации и принципа действия резак.

По количеству режущих элементов резки делятся на одноножевые и трехножевые. Последние являются весьма специфическими и предназначены лишь для окончательной резки книжной продукции. Резки должны выполнять: загрузку и выравнивание заготовок, разрезание заготовок по заданному контуру, выгрузку обрезанной продукции. Трехножевые резки являются довольно дорогими и исходя из того, что являются весьма специфическими, применяются только на заводах с очень большим объемом книжной продукции. Исходя из этого, данный вид резак здесь мы рассматривать не будем.

По типу режущего устройства одноножевые резки подразделяются на резки с дисковым, ножничным или плоским ножом. Машины с дисковыми и ножничными ножами, зачастую используются на дешевых механизированных машинах,

предназначенных для резки небольшого количества заготовок. Для резки бумаги в крупной промышленности применяются только бумагорезательные машины с плоским ножом.

На сегодняшний день бумагорезательные машины не подразделяют по траектории движения ножа. Ранее существовали машины с вертикальным плоскопараллельной траекторией ножа. На сегодняшний день их вытеснили резаками, осуществляющими сабельное резание, когда нож опускается под углом к столу и первоначально находится под небольшим наклоном к горизонтали. Таким образом, нож полностью принимает горизонтальное положение только в нижней точке движения, что в свою очередь позволяет ему более плавно осуществлять вход в стопу заготовок. Машина должна не перерубать, а перепиливать заготовки. В результате этого повышается качество реза, уменьшаются нагрузки на устройство привода машины и тем самым улучшается стойкость ножа.

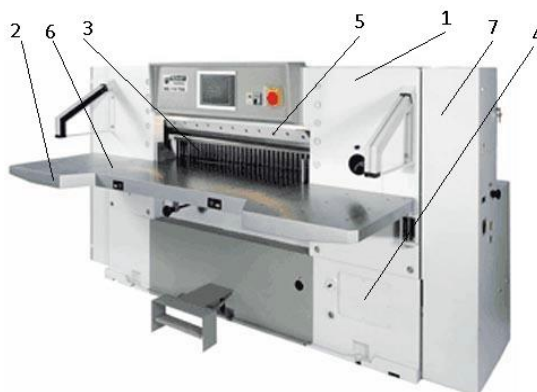
По типу систем управления машины подразделяются на ручные, механизированные, автоматизированные. У самых простых бумагорезательных машин затл перемещается посредством вращения ручного маховичка. Величина реза при этом рассчитывается на механической ленте линейке. Уже ясно, что на данном типе машин, точность резки не превышает ± 0.5 мм. У более совершенных бумагорезательных машин привод затла полностью механизирован, команды на задание размеров поступают пульта управления, а величина реза рассчитывается, основываясь на показаниях цифрового дисплея. Самый простой вариант управления в данном случае – это две кнопки (вперед и назад). Куда более предпочтительным решением будет являться цифровая клавиатура, на которой быстро можно выставить необходимые размеры. Обычно, современные резаки комплектуются данным видом клавиатуры, на которой, можно не только набирать числа, но и сохранять размеры и даже производить арифметические действия необходимые для расчета размеров.

1 Анализ бумагорезательной машины

Бумагорезательная машина MAXIMA MC 115 (далее только машина) применяется для резки бумаги и картона различного вида, сравненных в стопы.

Машина также может применяться для резки технических материалов, например кожи, алюминиевой фольги, пластмасс и прочих материалов. В таком случае следует выбирать соответствующую высоту резке подвергаемой стопы, применять ножи с соответствующим углом заострения и произвести выбор оптимальной величины прессовального усилия. Все выше приведенные величины необходимо заранее проверить. При резке пластмасс необходимо проверить еще и температуру резки подвергаемого материала.

На рисунке 1.1 изображен внешний вид бумагорезательной машины и перечень основных узлов.



1 – стойка с крышкой, установленная на двух шкафных ногах (опорах); 2 – стол с механической и ручной подачей седла; 3 – одностворчатое седло с разъемными гребенками; 4 – гидравлическая система, предназначенная для создания потребного усилия (система размещена в правой тумбе стойки); 5 – оптический указатель положения седла; 6 – воздуходувка с системой распределения воздуха для создания воздушной подушки; 7 – электрошкаф и электрооборудование;

Рисунок 1.1 – Внешний вид бумагорезательной машины и перечень основных узлов

Бумагорезательная машина MAXIMA MC 115 оснащена программным управлением, позволяющим полуавтоматическую и автоматическую работу машины, согласно знакам для резания и концевому положению седла, которые зарегистрированы на магнитной ленте в линейки памяти. По специальному заказу машина может поставляться со следующими специальными принадлежностями:

Пружинный лист штампа применяется для равномерного спрессовывания стоп бумаги неодинаковой высоты, возникающей вследствие печатания или неодинакового количества листов в стопе.

Трехстворчатое седло применяется в целях повышения производительности труда, например при обрезке книг, тетрадей и пр. Седло предназначено для бумагорезательной машины без программного управления.

Световой экран предназначен для предохранения обслуживающих лиц т.к. разделяет пространство на опасную зону и рабочее место (системой световых лучей).

1.1 Основные технические данные машины

В таблице 1.1 указаны основные технические данные бумагорезательной машины.

Таблица 1.1– Технические данные машины

Ширина стола	мм	1150
Ход штампа	мм	130
Макс. расстояние седла от плоскости резания	мм	1150
Остаток при резке	мм	25
Кол-во порезов	мин ⁻¹	50
Усилие предварительной прессовки	Н	490
Усилие прессовки	кН	2.5 - 3.9

Продолжение таблицы 1.1

Скорость седла при микроподаче	мм*с ⁻¹	35
Скорость седла при ускоренной подаче	мм*с ⁻¹	145
Электродв. привода ножа и гидравлич. системы	кВт	4
Масса бумагорезательной машины	кг	Приблизительно 3100

1.2 Система управления бумагорезательной машиной

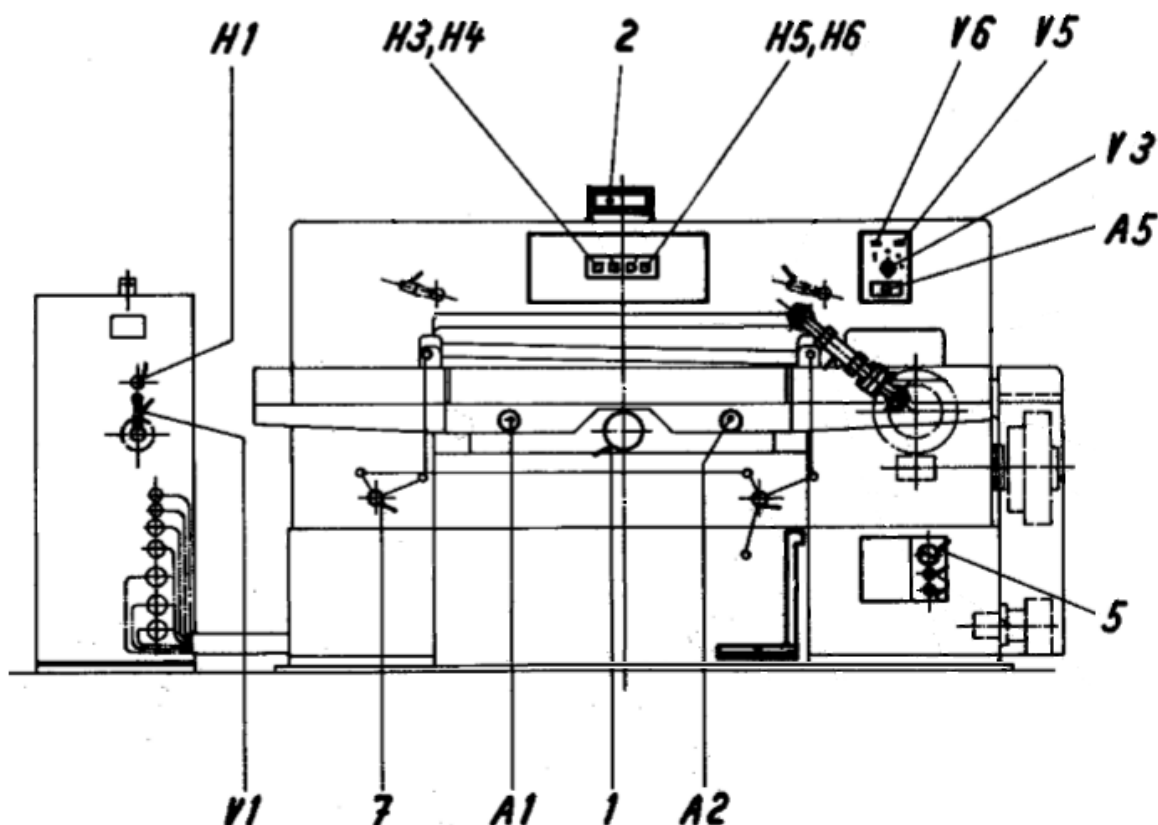
Обслуживание бумагорезательной машины из ее рабочего положения осуществляется стоя. Она предназначена для резки материалов в условиях мирной внешней среды т.е. при температуре 20 +/- 5 градусов и относительной влажности воздуха 65 +/- 5 %.

Бумагорезательная машина доставляется частично демонтированной. Перемещение отдельных главных и составных частей машины производится с помощью крана.

Как правило, часто возникают проблемы из-за неправильного определения размеров электросети. Чтобы этого избежать этих проблем необходимо иметь в виду, что данная машина предназначена для подключения к электросети с колебаниями в пределах +/- 10 %. В данном случае все электроприборы и цепи будут надежно функционировать.

Проводить работу по регулировке и уходом за машиной могут осуществляться только квалифицированным работником, прошедшим соответствующую подготовку. Для этого необходимо предварительно отключить ее от сети питания, чтобы исключить возможность поражения электрическим током или случайного активирования машины в рабочий режим.

Перечень элементов системы управления машиной приводится на рисунке 1.2



V1 – главный закрывающийся выключатель; V3 – рабочий переключатель; V5 – выключатель воздушной подушки; V6 – переключатель освещения линии резания; A5 – нажимная кнопка total stop; A1, A2 – нажимные кнопки резания; 1 – маховичок; H3, H4, H5, H6 – лампочки сигнализации процесса резания; 5 – манометр;

Рисунок 1.2 – Элементы системы управления машиной

Главный закрывающийся выключатель V1 предназначен для осуществления питания машины. После его открытия перемещением из положения 0 в положение 1 осуществляется присоединение бумагорезательной машины к электросети. В данном положении загорается контрольная лампа H1, находящаяся сверху выключателя, освещается шкала указателя положения седла 2 и рабочая поверхность стола или, соответственно положения переключателя V6 линия резания.

Рабочий переключатель V3 предназначен для пуска главного электродвигателя и для замены ножа (резца).

Выключатель воздушной подушки V5 предназначен для включения и выключения воздушной подушки бумагорезательной машины.

Переключатель освещения линии резания и освещения рабочей поверхности стола V6 осуществляет включение и выключение освещения рабочей поверхности стола или линии резания.

Нажимная кнопка total stop A5 предназначена для мгновенного прекращения подачи ножа для резки в аварийных случаях (в целях предохранения лиц находящихся под угрозой). Одновременно происходит выключение всех электродвигателей, электромагнита гидросистемы. Повторный пуск бумагорезательной машины осуществляется переключением раб. переключателя В3 в нулевое положение и его повторным включением.

Нажимные кнопки для резания A1, A2 предназначаются для начала процесса резания. Путем одновременного нажатия на обе кнопки осуществляется прессовка и резание бумаги. Обе кнопки следует нажимать до тех пор, пока нож не достигнет нижнего своего положения (если это условие не выполнено, резание и прессовка мгновенно прекращаются). Если разность последовательного нажатия на отдельные кнопки превышает по времени величину 0.5 с, тогда прессовка и резка не происходят (мероприятие по безопасности работ). В таком случае следует произвести повторное одновременное нажатие на кнопки. Сигнализация процесса резки осуществляется желтым светом Н3, Н4, Н5, Н6 (размещены на крышке машины).

Маховичок 1 предназначен для управления подачами седла. Управление подачами седла производится при помощи вращения маховичком 1 в соответствии с графическими символами. Символы размещены на торцевой стенке стола бумагорезательной машины. Одновременно следует следить за показаниями указателя положения седла 2, а именно, следующим образом:



→ микроподача седла вперед. Вращая маховичком 1 (примерно на угол 25° вправо) начинается микроподача седла вперед



ускоренная подача вперед. При дальнейшем вращении маховичка 1 приблизительно на угол 25° вправо (значит всего на 50°), начинается ускоренное перемещение седла вперед.



ускоренное перемещение седла назад. Путем поворачивания маховичка 1 приблизительно на 50° влево (считается это от исходного положения), начинается ускоренное перемещение седла назад. При подходе седла к крайнему заднему положению происходит автоматическое отключение подачи.



ручная подача седла. Точная установка требуемого расстояния седла относительно линии резания осуществляется посредством нажатия на маховичок 1 в направлении к машине, вплоть до момента, когда при помощи вращения маховичком достигается включения зубчатой муфты и арретирования маховичка в данном положении.

Если маховичок 1 находится во вдвинутом положении, т.е. в положении для ручной подачи, процесс резания спустить нельзя.

Ножная педаль подпрессовки - определение протекания линии резания осуществляется путем нажатия на педаль подпрессовки (предварительная прессовка). После нажатия на педаль штамп с установленной скоростью и установленным усилием пролегает к стопе материала.

Маховичок для выбора величины усилия прессовки предназначен для установки оптимальной величины усилия прессовки путем изменения давления в гидросистеме машины. Путем вращения маховичка направо величина усилия прессовки возрастает, налево - уменьшается.

Величина прессовки должна быть установлена т.о., чтобы избежать в течение резки смещения стопы или вытаскивания верхних листов стопы бумаги (картона).

Манометр предназначен для проверки величины установленного усилия подпрессовки. Максимальная величина усилия прессовки (давления) на манометре обозначена красной меткой.

Запорная задвижка предназначена для закрытия подвода под давлением масла в манометр 5. Это обосновывается увеличением срока службы манометра. При нажатии на запорную задвижку, подвод масла под давлением открывается, при вытягивании задвижки подвод масла в манометр, закрывается.

1.3 Описание и работа электрооборудования бумагорезательной машины

При любой манипуляции с электрооборудованием бумагорезательной машины, необходимо отключить главный выключатель.

Следить за работой отдельных цепей и элементов можно только при помощи схемы и перечня электроприборов.

Перечень электроприборов указан на рисунке 1.3

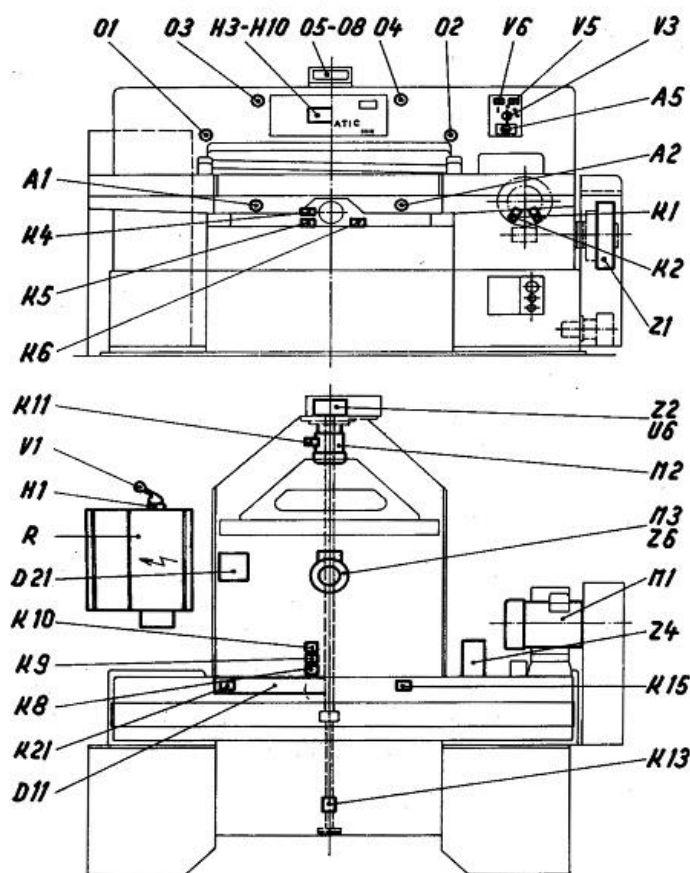


Рисунок 1.3 – Перечень электроприборов

Нажимные кнопки резания А1, А2 осуществляют начало процесса резания.

Нажимная кнопка total stop А5 предназначена для мгновенной остановки всех выполняемых операций на машине.

Клеммник D11 установленный на станине бумагорезательной машины, обеспечивает соединение электрооборудования станины с распределительным устройством.

Клеммник D21 установленный на столе машины, обеспечивает соединение электрооборудования стола с распределительным устройством.

Сигнальная лампа Н1 сигнализирует о включении главного выключателя V1.

Сигнальные лампы Н3 - Н10 включения контактора резания С1 (Н3), С2 (Н5), контакторов подачи вперед, С11 (Н7), и подачи назад С12 (Н9).

Концевые выключатели К1, К2, находящиеся на кулачках, в нижнем положении выполняют функцию нажимных кнопок резания, в верхнем положении останавливают движение ножа.

Концевые выключатели К4, К5, К6, предназначены для микроподачи, ускоренной подачи вперед и ускоренной подачи назад.

Концевой выключатель К8 осуществляет подачу вперед.

Концевые выключатели К9, К10, которые при подходе седла к штампу переключают ускоренную подачу на микроподачу К10 или, в случае установленного защитного кожуха на штампе, движение седла останавливают К9.

Концевой переключатель К11 (выключатель) предназначен для подачи назад.

Концевой выключатель маховичка К13, при нажатии на выключатель происходит разъединение цепей контактора двигателя М2 и растормаживание подачи Z2. Тем самым предоставляется возможность ручной подачи.

Концевой выключатель штампа К15, который при установленном защитном кожухе воспрепятствует натаскиванию седла в штамп.

Концевой выключатель К21 управляемый штампом и передающий информацию программы, что штамп занял свое исходное положение.

Главный двигатель привода ножа М1 и гидравлической системы машины. Разгон двигателя осуществляется переключением “звезда- треугольник”.

Двигатель привода подачи седла M2 осуществляет передвижение седла в нужное положение.

Двигатель ротационной воздуховки M3 осуществляет создание воздушной подушки.

Лампы накаливания O1 - O8 для освещения стола (O1, O2), наметки линии резания (O3, O4) и освещения оптического чтения (O5, O6, O7, O8).

Распределительное устройство R, в нем сосредоточены все цепи управления.

Диод U6 осуществляет блокировку пиков напряжения в момент расцепления муфты Z2.

Главный закрывающийся выключатель V1 подключает бумагорезательную машину к электросети.

Рабочий переключатель V3 предназначен для подключения двигателя резки.

Выключатель контактора воздушной подушки V5 осуществляет подключение двигателя воздуховодки к электросети.

Выключатель V6 включает освещение рабочего стола или освещение наметки линии резания.

Электромагнитная муфта привода ножа Z1 .

Электромагнитная муфта привода седла Z2 в положении соответствующему отсутствию напряжения, происходит перенос M_k от двигателя к ходовому винту.

Электромагнит Z4 предназначен для системы управления гидравлической системой.

Электромагнит клапана воздушной подушки Z6 при резании и микроподаче отключает подвод воздуха.

Рассмотрим распределительное устройство, в котором располагаются все элементы, отвечающие за функционирование резака (предохранители, реле, концевые переключатели, конденсаторы и т.д.).

На рисунке 1.4 указан перечень приборов находящихся в распределительном устройстве.

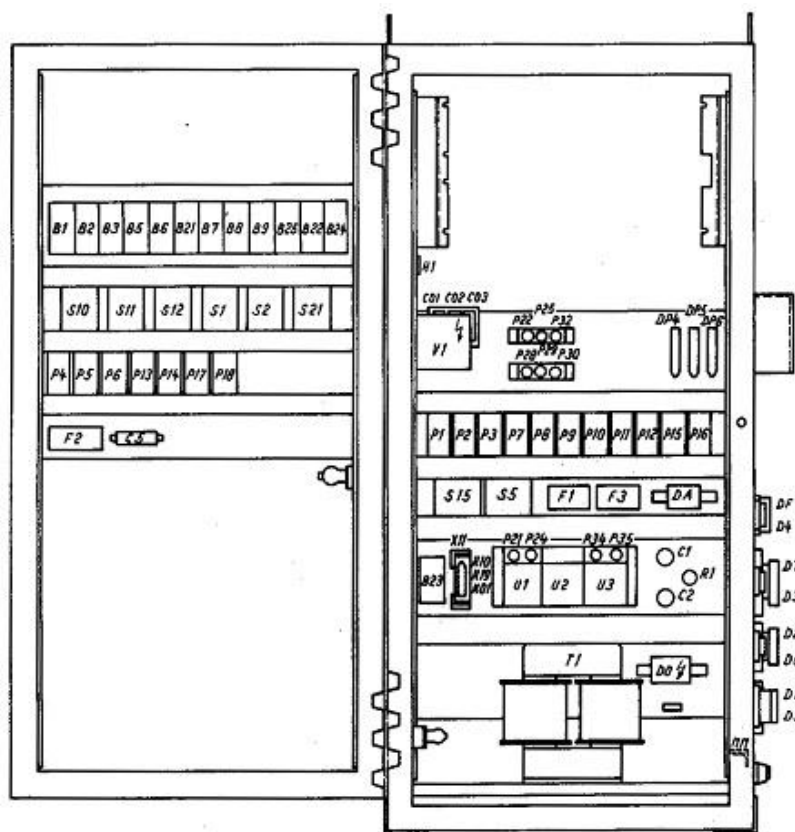


Рисунок 1.4 – Перечень приборов находящихся в распределительном устройстве

Вспомогательные реле резания В1, В2 срабатывают в верхнем положении ножа.

Вспомогательное реле резания В3 срабатывает в нижнем положении ножа, в верхнем положении происходит его размыкание.

Вспомогательные реле резания В5, В6 включаются в верхнем положении ножа, в нижнем положении происходит их размыкание.

Вспомогательные реле резания В7, В8 дублируют работу контакторов С1 и С2 (резания).

Реле подачи В9 при включении контакторов подачи и при ручной подаче разъединяет цепь электромагнитной муфты Z2.

Реле светового экрана В21 передает информацию о состоянии нажатия кнопки резания. Относится только к изделиям со световым экраном.

Реле для совместной работы с программным управлением В22, В23, В24 включают контактор электромагнита воздушной подушки.

Конденсаторы С1, С2 предназначены для включения электромагнитных муфт Z1, Z2.

Конденсатор цепи резания С5, который предотвращает размыкание реле В1 и В2 в нижнее положение ножа при переключении контактов.

Помехоподавляющие конденсаторы С01, С02, С03 предназначены для подавления помех в цепи управления.

Главный клеммник D0 используется для присоединения к электросети.

Штепсельная розетка с вилкой D1 используется для подключения главного двигателя M1.

Клеммник в распределительном устройстве DA предназначается для присоединения светового экрана.

Штепсельная розетка и вилка D2 осуществляет подключение двигателя подачи седла M2.

Штепсельная розетка и вилка D3 предназначена для присоединения двигателя воздушной подушки M3 и электромагнитов Z4 и Z6.

Штепсельная розетка и вилка D4 используется для соединения цепей управления в клеммнике D11.

Штепсельная розетка и вилка D5 предназначены для присоединения цепей управления в распределителе с клеммником D21.

Штепсельная розетка и вилка D6 присоединяет цепи управления в распределителе с клеммником D11.

Штепсельная розетка и вилка D7 присоединяет цепи управления в распределителе с клеммником D21.

Штепсельная розетка и вилка DF осуществляет присоединения светового экрана к системе управления в распределителе.

Штепсельные розетки DP4, DP5, DP6 предназначены для присоединения программы управления и светового экрана.

Защитное термореле F1 осуществляет защиту двигателя M1.

Защитное термореле F2 осуществляет защиту двигателя M2.

Термореле защиты F3 осуществляет защиту двигателя M3.

Нулевой мостик общего заземления MM предназначен для заземления всех силовых и управляющих цепей.

Предохранители P1, P2, P3 предназначены для предохранения двигателя M1 от аварийных токов.

Предохранители P4, P5, P6 предназначены для предохранения двигателя подачи седла M2 от аварийных токов.

Предохранители P7, P8, P9 предназначены для предохранения двигателя воздухоудвки M3 от аварийных токов.

Запасные предохранители P10, P11, P12 осуществляют дополнительную защиту цепей питания от аварийных токов.

Предохранители P13, P14 осуществляют защиту электромагнита гидравлической системы Z4 и воздушной подушки Z6 от аварийных токов.

Предохранители P15, P16 осуществляют защиту трансформатора T1.

Предохранители P17, P18 защищают электромагнитные муфты резания Z1 и подачи Z2 от аварийных токов.

Предохранители P21, P22 защищают цепи питания 220 В.

Предохранители P28, P29, P30 осуществляют защиту цепей освещения.

Предохранитель P32 для дополнительной защиты цепей управления.

Сопротивление P1 осуществляет настройку напряжения соединений подачи.

Контакты S1, S2 предназначенные для электромагнитной муфты резания Z1 и электромагнита гидравлической системы Z4.

Контакт S5 предназначен для нажимной кнопки total stop.

Контакт S10 для пуска двигателя подачи для микроподдачи вперед седла M2.

Контакт S11 для пуска двигателя подачи седла M2 для ускоренной микроподдачи вперед.

Контакт S12 для пуска двигателя подачи седла M2 в режиме ускоренной подачи назад.

Контактор S15 для двигателя воздуходувки M3. Включается переключателем V5.

Контактор S21 для электромагнита воздушной подушки. При резании и микроподаче отключает подачу воздуха.

Трансформатор T1 питает цепи управления.

Трансформатор T4 осуществляет питание программного управления.

Выпрямитель U1 предназначен для цепей управления.

Выпрямитель U2 предназначенный для питания электромагнитных муфт Z1, Z2.

Выпрямитель U3 для цепи управления.

Штепсельная розетка X11 предназначена для присоединения печатного соединения, находящаяся на доске D1.

Доска (плита) D1 с печатными соединениями цепей, отметки времени и схем синхронизации, на которой помещены реле:

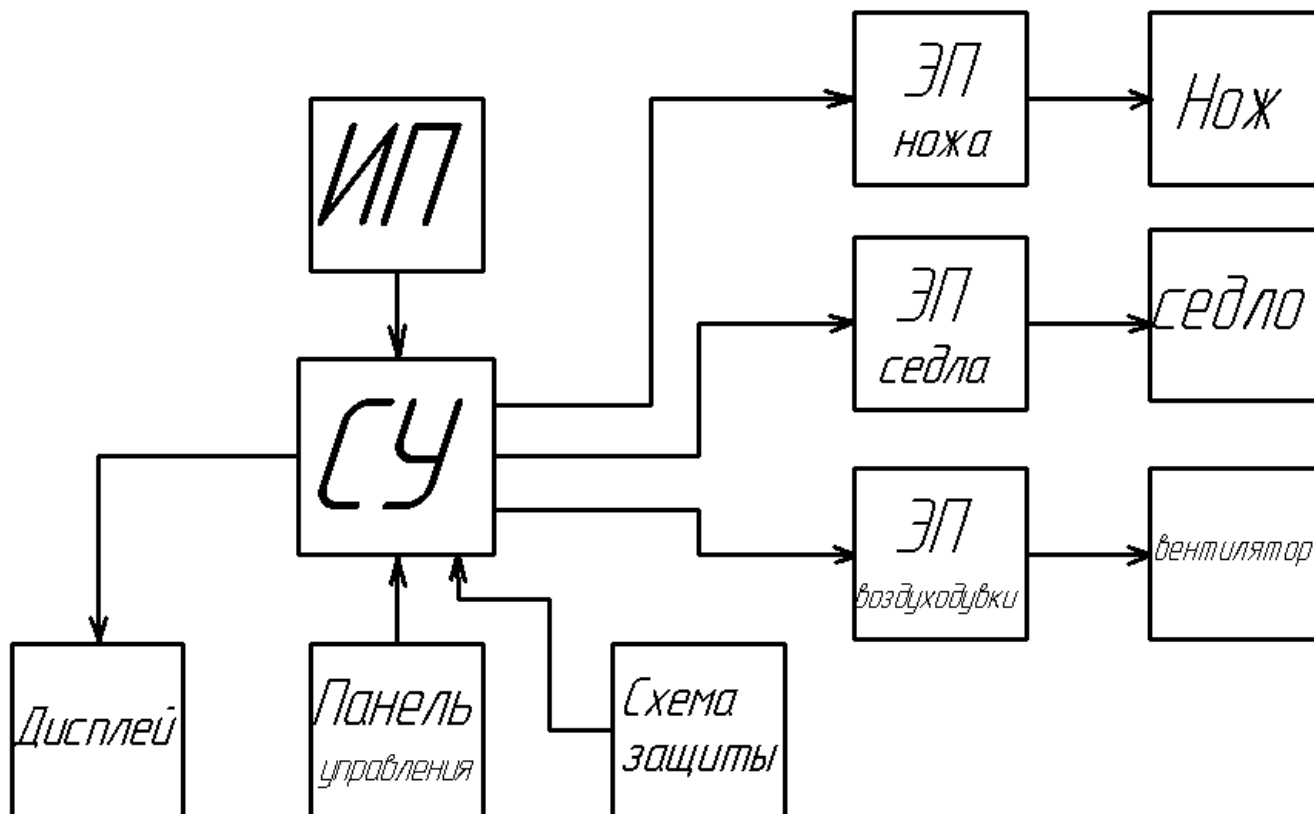
Реле K10 для схемы синхронизации цепи нажимных кнопок резания (на доске D1).

Реле K19 для отметки времени для замены ножа (на доске D1).

Реле K01 для цепи задержки времени (для маховичка подачи) (на доске D1).

2 Разработка функциональной схемы

На рисунке 2.1 представлена функциональная схема бумагорезательной машины.



СУ – система управления; ИП – источник питания; ЭП – электропривод;

Рисунок 2.1 – Функциональная схема бумагорезательной машины

Источник питания осуществляет питание всех элементов бумагорезательной машины. В данном случае бумагорезательная машина и ее исполнительные органы питаются от сети переменного тока.

Панель управления является устройством ввода информации. С ее помощью можно осуществлять ввод тех или иных параметров работы бумагорезательной машины, корректировать режимы резки, определять количество необходимой продукции и т.д. Поскольку данная модель бумагорезательной машины оснащена системой числового программного управления, то на панели управления имеются разъемы для загрузки рабочих программ в ПЗУ устройства.

Дисплей является устройством вывода информации. На нем отображается вся актуальная информация процесса работы. К примеру, здесь можно отследить в каком режиме работает машина (ускоренный режим или обычный), сколько процентов работы уже сделано и сколько осталось, на каком этапе находится данная программа (кадр рабочей программы). На нем отображаются индикаторы всех приводов, по цвету индикатора можно определить в каком режиме работает каждый из электроприводов.

Схема защиты, как уже понятно из названия, предназначена для предохранения здоровья и жизни рабочего и целостности и функциональности самой машины. Это осуществляется различными способами и на различных уровнях. Одним из элементов, который помогает предотвратить пагубное воздействие режущих элементов машины, является оптическая защита. Она представлена системой лазеров, расставленных по периметру рабочей зоны. Как только любой объект пересечет данные лазеры, тем самым прекратив поток электронов на принимающую поверхность, схема защиты отдает сигнал на остановку работы исполнительного органа. Еще одним способом защиты является наличие концевых переключателей. Данные переключатели срабатывают в крайних положениях какого-либо устройства. Примером этого способа может послужить предохранение седла. Когда седло, зажав собой стопку бумаг, подходит к крайнему положению, срабатывает концевой переключатель, который в свою очередь отдает сигнал системе управления. После чего прекращается подача энергии на привод седла и оно останавливается, предотвращая тем самым поломку машины и порчу заготовок.

Система управления представляет собой совокупность взаимосвязанных блоков, которые получают информацию от рабочих органов, анализируют ее, на основе данной информации формируют сигналы и отправляют их на рабочие органы машины. Данный элемент бумагорезательной машины является одним из самых важных, т.к. без него попросту невозможна работа машины в автоматическом режиме.

Электропривод ножа осуществляет приведение ножа в движение. Скорость резки будет определяться режимом работы (определяется на программном уровне). Также все данные о скорости резки и положении ножа будет отображено на дисплее.

Электропривод седла осуществляет движение прижимного седла. Необходимое расстояние перемещения седла зависит от размеров заготовок. Исходя из этого, это расстояние задается на программном уровне, посредством ввода рабочей программы.

Электропривод воздуходувки необходим для вращения вентилятора, расположенного в нижней части стола, для создания воздушной подушки на рабочей плоскости. Она необходима для предотвращения прилипания нижних слоев бумаги к столу и более плавному движению заготовок.

Нож является самым важным инструментом машины, т.к. его основное назначение заключается в резке бумаги, а без ножа это становится невозможным. Ножи выбираются в зависимости от типа заготовок, будь то бумага, картон, пластик. Типом ножа нельзя пренебрегать, поскольку неверно подобранный нож может в лучшем случае повредить заготовку, а в худшем вывести машину из строя.

Седло осуществляет плавное перемещение и дальнейший прижим заготовок в нужном положении и с нужным усилием. Как уже было сказано ранее, величина перемещения седла зависит от габаритов заготовок, а сила прижима зависит от типа материала заготовок. К примеру, для прижима бумаги необходимо меньше усилий, чем для прижима картона, т.к. картон имеет более высокую плотность. Но необходимо внимательно следить за этой величиной прижима, чтобы не повредить заготовки.

Вентилятор предназначен для создания воздушной подушки на столе во время работы машины. Она необходима для создания плавного передвижения заготовок в процессе резки. Величина вращения вентилятора и как следствие сила воздушной подушки, зависят от материала заготовок.

2.1 Выбор электродвигателя

Электродвигатель представляет собой механизм, который преобразует электрическую энергию в кинетическую энергию. Современную промышленность трудно представить без машин с электроприводом. Их используют в насосном оборудовании, при вентиляции и кондиционировании, в промышленных станках всевозможных типов и видов.

Для выбора электродвигателя нужно руководствоваться несколькими основными показателями: мощность двигателя и вид электрического тока, который будет питать оборудование.

Исходя из данных на бумагорезательную машину, мощность электропривода равна 4 кВт, питание осуществляется переменным током.

Руководствуясь этими данными, выберем двигатель марки 4A100L4Y3.

Данный двигатель имеет частоту вращения равную 1500 об/мин, номинальную мощность равную 4000 Вт, номинальное фазное напряжение равное 220 В.

2.2 Выбор преобразователя частоты

Основной функцией частотного преобразователя является эффективное управление двигателем, исходя из требований нашего технологического процесса, обеспечивая при этом необходимый ресурс работы двигателя, преобразователя и электропривода.

Во время проектирования промышленных электроприводов двигатель зачастую рассчитывают по расчетной мощности нагрузки рабочей машины. После чего выбирают двигатель из стандартного ряда с мощностью, которая равна, но чаще является выше расчетной. В данном случае возможно использование преобразователя меньшей мощности, но лишь в пределах одной ступеньки стандартного ряда мощностей.

В качестве частотного преобразователя выберем преобразователь фирмы ВЕСПЕР. Исходя из необходимой мощности, остановим свой выбор на преобразователе ЕЗ-8100.

Данная модель ЕЗ-8100 может быть использована при управлении электроприводами в большинстве промышленных машинах. Он идеально подходит в том случае, если необходимо обеспечить максимальную производительность или важны малые габариты устройства и его малая цена.

Данный преобразователь имеет диапазон мощностей от 0.2 кВт до 7.5 кВт, быстродействующую защиту от кратковременных перегрузок, работающую без отключения двигателя. Питание можно осуществлять 220 В либо 380 В.

В преобразователях данного типа напряжение питающей сети выпрямляется и через фильтр подается на автономный инвертор (АИ), который, в свою очередь, преобразует постоянное напряжение в переменное или ток регулируемой частоты. Выходная частота может регулироваться в широком диапазоне как вверх, так и вниз от номинальной частоты питания двигателя. Это свойство, а также простота силовых схем сделали эти преобразователи основной структурой при построении широкодиапазонных электроприводов переменного тока. В зависимости от схем преобразователя, в особенности от построения промежуточного контура постоянного тока, а также способа регулирования преобразователи содержат АИ напряжения или тока.

В инверторах с коммутируемыми токами свыше 50 А предпочтение отдается силовым транзисторам, для которых предельные значения токов и напряжений могут превышать значения в десятки кВт. При этом время переключения токов лежит в диапазоне 200- 400 нсек. Применение таких транзисторов позволяет создавать устройства мощностью до 1 МВт с напряжением до 3.5 кВ.

В ближайшем будущем такие транзисторы и их различные модули будут занимать доминирующее положение при создании инверторов, и дальнейшее развитие будет идти по пути повышения предельных значений токов и напряжений, повышения быстродействия, снижения прямого падения напряжения и развития встроенных функций диагностики и защиты.

На рисунке 2.2 изображена схема трехфазного транзисторного преобразователя с ШИМ.

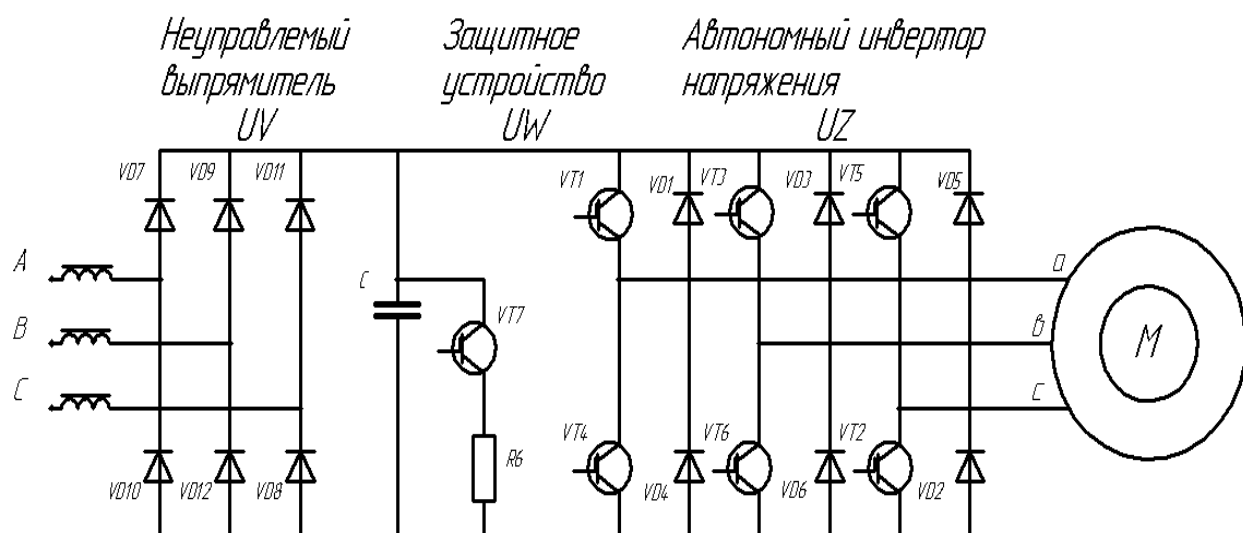


Рисунок 2.2 – Трехфазный транзисторный преобразователь частоты с ШИМ

Схема трехфазного транзисторного преобразователя с ШИМ включает в себя входной реактор L , неуправляемый выпрямитель UV , фильтр C звена постоянного тока, защитное устройство UW и автономный инвертор UZ , подключенный к статору асинхронного двигателя M .

Мостовой инвертор UZ содержит три плеча с транзисторными ключами $VT1... VT6$, каждое из которых выполнено аналогично плечу однофазного инвертора. К средним точкам каждого из плеч подключены фазные статорные обмотки двигателя. Представленный преобразователь частоты не позволяет обеспечивать двухсторонний обмен энергией между сетью и двигателем, так как в нем используется неуправляемый выпрямитель UV .

При генераторном торможении отдаваемая двигателем энергия рассеивается в элементах инвертора и резисторе $R6$ защитного устройства, которое подключается к конденсатору C через транзисторный ключ $VT7$. В тех случаях, когда для осуществления торможения выгоден режим отдачи энергии торможения в сеть, необходимо вместо неуправляемого выпрямителя UV включить в схему активный выпрямитель напряжения. Активный выпрямитель по своей структуре идентичен схеме автономного инвертора и позволяет обеспечить рекуперативное торможение и работу преобразователя с заданным значением коэффициента мощности.

3 Расчет параметров электропривода

Рассчитаем основные параметры электродвигателя 4A100L4Y3.

В таблице 3.1 приведены данные асинхронного двигателя.

Таблица 3.1 – Справочные данные асинхронного двигателя

Величина	Значение
Синхронная частота вращения	$n = 1500$ об/мин
Число пар полюсов	$p_n = 2$
Номинальная мощность	$p_n = 4000$ Вт
КПД	$\eta = 0.83$
Коэффициент мощности двигателя	$\cos \phi_n = 0.87$
Номинальное фазное напряжение	$U_{\phi n} = 220$ В
Число фаз обмотки статора	$m_1 = 3$
Динамический момент инерции ротора двигателя	$J = 0.0059$ кг* м ²
Кратность критического момента	$\lambda = 2.5$
Номинальное скольжение	$S_n = 0.053$

При расчете, вместо двигателя, заменим его так называемой эквивалентной схемой замещения, где все электромагнитные связи заменены на электрические. Также при этой замене приведем характеристики роторной цепи к характеристикам статорной цепи.

При общем рассмотрении данная схема замещения нашего двигателя является аналогом схемы замещения любого трансформатора. Различие наблюдается лишь в том, что у двигателя электроэнергия преобразуется в механическую энергию (в трансформаторе все происходит наоборот – подаваемая механическая энергия преобразуется в электрическую энергию), вследствие чего в схему замещения устанавливают активное сопротивление r'_2/S , величина которого напрямую зависит от величины скольжения двигателя.

$x'_\mu = 3.4; x'_1 = 0.055; r'_1 = 0.054; x''_2 = 0.099; r''_2 = 0.036;$ - параметры Г-образной системы схемы замещения.

На рисунке 3.1 изображена схема замещения асинхронного двигателя для номинального режима.

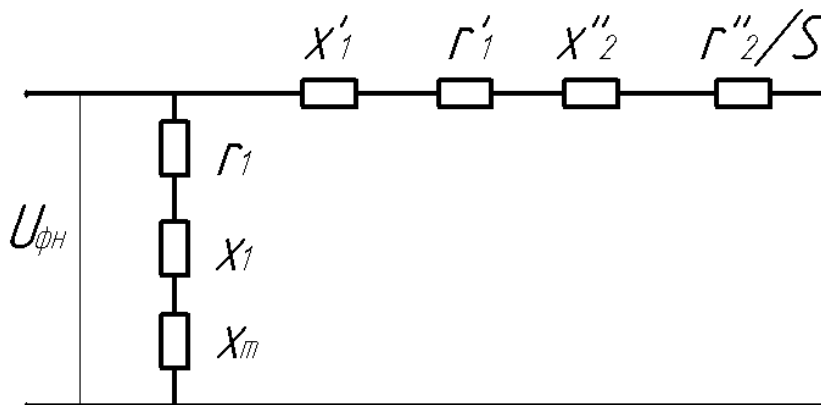


Рисунок 3.1 – Г - образная схема замещения асинхронного двигателя для номинального режима

Номинальный фазный ток статора:

$$I_{\phi h} = \frac{P_2}{m_1 * U_{\phi h} * \cos \varphi * \eta} = \frac{4000}{3 * 220 * 0.87 * 0.83} = 8.39 \text{ A}$$

По формулам, приведенным в справочнике:

$$x_1 = \frac{2x'_1 * x_\mu}{x_\mu + x_\mu + 4x'_1 x_\mu} = \frac{0.374}{3.4 + 3.4 + 0.86} = 0.049$$

$$r_1 = \frac{r'_1 * x_1}{x'_1} = \frac{0.054 * 0.05}{0.055} = 0.052$$

Коэффициент перевода относительных единиц в физические:

$$c = \frac{U_{\phi h}}{I_{\phi h}} = \frac{220}{8.39} = 26.22$$

Активное сопротивление обмотки статора:

$$R_s = r_1 * c = 0.052 * 26.22 = 1.36 \text{ Ом}$$

Взаимная индуктивность фаз статора и ротора:

$$L_m = \frac{x_\mu * c}{2\pi f} = \frac{3.4 * 26.22}{314} = 0.2839 \text{ Гн}$$

Полная индуктивность фазы статора:

$$L_s = \frac{(x_\mu + x_1) * c}{2\pi f} = \frac{(3.4 + 0.05) * 26.22}{314} = 0.2880 \text{ Гн}$$

Параметры утонченной схемы замещения:

$$x'_{1} = c_1 * x_1; r'_{1} = c * r_1; r''_{2} = c_1 * r'_{2}; x''_{2} = c_1^2 * x'_{2};$$

$$c_1 = \frac{x'_{1}}{x_1} = \frac{0.055}{0.05} = 1.1$$

Активное сопротивление обмотки ротора:

$$R_r = \frac{r''_{2} * c}{c_1^2} = \frac{0.036 * 26.22}{1.1^2} = 0.7801 \text{ Ом}$$

Полная индуктивность фаз ротора:

$$L_r = \frac{\left(x_\mu + \left(\frac{x''_{2}}{c_1^2} \right) \right) * c}{2\pi f} = \frac{(3.4 + \left(\frac{0.099}{1.21} \right))}{2\pi f} * 26.22 = 0.2907 \text{ Гн}$$

Коэффициенты электромагнитной связи статора и ротора:

$$k_s = \frac{L_m}{L_s} = \frac{0.2839}{0.2880} = 0.9857$$

$$k_r = \frac{L_m}{L_r} = \frac{0.2839}{0.2907} = 0.9766$$

Коэффициент рассеяния обмоток:

$$\sigma = (-k_s * k_r) = (1 - 0.9857 * 0.9766) = 0.03736$$

Переходная индуктивность статора:

$$L'_s = L_s * \sigma = 0.2880 * 0.03736 = 0.01075 \text{ Гн}$$

Переходное активное сопротивление статора:

$$R'_s = R_s + k_r^2 * R_r = 1.36 + 0.9537 * 0.7801 = 2.1039 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление намагничивающего контура:

$$x_\mu = 2\pi f * L_m = 314 * 0.2839 = 89 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление рассеяния статора:

$$x_{s\sigma} = 2\pi f * (L_s - L_m) = 314 * 0.0041 = 1.3 \text{ Ом}$$

Индуктивное сопротивление рассеяния ротора, приведенное к статору:

$$x'_{r\sigma} = 2\pi f * (L_r - L_m) = 314 * 0.0068 = 2.1 \text{ Ом}$$

3.1 Расчет трехфазного выпрямителя

Произведем расчет трехфазного выпрямителя. Трехфазный выпрямитель с полупроводниковыми диодами, подсоединенными по трехфазной схеме, снабжает энергией постоянного тока потребителя, которым в данном случае является наша бумагорезательная машина и имеющая сопротивление R_H . Известны постоянная составляющая (среднее значение) напряжения на нагрузке U_H , постоянная составляющая тока в сопротивлении нагрузки I_H и линейное напряжение питающей трехфазной сети U_c . Частота тока равна 50 Гц.

$$U_c = 380 \text{ В}; I_H = 50 \text{ А}; U_H = 230 \text{ В};$$

$$i_{dm} = 1.21 * I_H = 1.21 * 50 = 61 \text{ А}$$

Определим амплитудное значение фазного напряжения вторичной обмотки трансформатора:

$$U_{2m} = 1.21 * U_H = 1.21 * 230 = 278.3 \text{ В}$$

Определим максимальное значение обратного напряжения на диоде:

$$U_{обр} = \sqrt{3} * U_{2m} = 1.73 * 278.3 = 481.45 \text{ В}$$

Выберем диоды для трехфазного выпрямителя, исходя из условий:

$$I_{доп} \geq i_{dm} I_{доп} \geq 96.8 \text{ А}$$

$$U_{обр} \geq U_{обр.м} U_{обр} \geq 482.45 \text{ В}$$

Так как, ток после выпрямителя имеет очень большую величину ($i_{dm} = 96.8 \text{ А}$), то в каждую из фаз выпрямителя параллельно подключим диоды типа КД202А, которые имеют прямой ток равный 5 А и обратное напряжение равное 500 В.

Рассчитаем коэффициент трансформации трансформатора:

$$K = \frac{\left(\frac{U_c}{\sqrt{3}}\right)}{0.855 * U_H} = \frac{0.675 * 380}{230} = 1.11$$

Рассчитаем величину мощности трансформатора:

$$P = 1.37 * U_H * I_H = 1.37 * 230 * 50 = 15.8 \text{ кВт}$$

3.2 Расчет тормозного резистора

Тормозной резистор необходим для рассеивания лишней энергии. В данной схеме он является важным элементом. Произведем расчет сопротивления тормозного резистора R_6 .

Рассчитаем максимальную энергию торможения двигателя

$$P_{max} = \frac{M_{max} * n_{max}}{975}$$

$$M_{max1} = M_{n1} = 3.2 \text{ кг} * \text{м}$$

$$M_{max2} = M_{n2} = 2.597 \text{ кг} * \text{м}$$

$$n_{max1} = 791 \text{ об/мин}$$

$$n_{max2} = 1500 \text{ об/мин}$$

$$P_{max1} = \frac{3.2 * 791}{975} = 2.6 \text{ кВт}$$

$$P_{max2} = \frac{2.597 * 1500}{975} = 3.99 \text{ кВт}$$

Принимаем мощность $P_{max2} = 3.99 \text{ кВт}$, т.к. $P_{max2} > P_{max1}$

Далее рассчитаем максимальную электрическую энергию тормоза, приняв потери на двигателе:

$$P_{\text{элект}} = P_{max} - k * P_{\text{дв}}$$

k - это коэффициент уменьшения генераторного режима работы двигателя

$$P_{\text{дв}} = 3.2 - k = 0.15$$

$k * P_{\text{дв}}$ - внутренние потери двигателя

$$P_{\text{элект}} = 3.99 - 0.15 * 3.2 = 3.51 \text{ кВт}$$

После этого, рассчитаем сопротивление нашего тормозного резистора:

$$R = \frac{U^2}{P_{\text{элект}}} = \frac{220^2}{3510} = 13.8 \text{ Ом}$$

Выберем из ряда E24 резистор с сопротивлением равным 15 Ом.

3.3 Расчет механических характеристик асинхронного двигателя при частотном скалярном управлении

Для определения момента двигателя и построения механических характеристик используют Г - образные упрощенные схемы замещения, в которых намагничивающий контур вынесен на вход схемы без учета падения напряжения на активном сопротивлении и индуктивном сопротивлении рассеяния статора.

Для расчета характеристик приняты следующие обозначения:

$f_s^* = \frac{f_{sx}}{f_{sh}}$ - относительная частота питающего статор напряжения;

$h = \frac{U_{sx}}{U_{sh}}$ - относительное напряжение на статоре двигателя;

$S_x = \frac{\omega_{sx} - \omega}{\omega_{sx}} = \frac{1 - \omega}{\omega_{sh} * f_s^*}$ - скольжение при заданной частоте;

$\beta = \frac{\omega_{sx} - \omega}{\omega_{sh}} = \frac{f_s^* * \omega_{sx} - \omega}{\omega_{sx} * \omega_{sh}} = S_x * f_s^*$ - абсолютное скольжение, характеризующее

наклон механической характеристики при изменении частоты питающего напряжения.

Используя схему замещения асинхронного двигателя при частотном регулировании, определяем ток фазы ротора:

$$I'_r = \frac{h * U_{sh}}{\left(R_s + \frac{R'_r}{S_x}\right)} + (f_s^* * x_k)^2$$

где $x_k = x_{s\sigma} + x'_{r\sigma}$ - индуктивное сопротивление рассеяния цепи короткого замыкания.

На рисунке 3.2 изображены схемы замещения двигателя при номинальных параметрах сети (а) и частотном управлении (б).

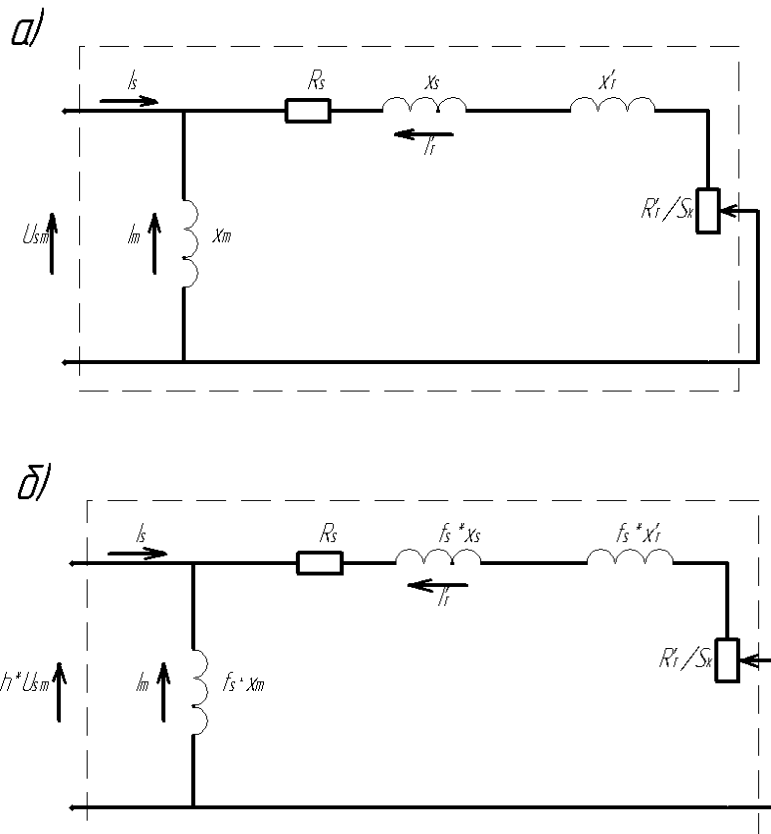


Рисунок 3.2 – Схемы замещения асинхронного двигателя при номинальных параметрах сети (а) и частотном управлении (б)

Электромагнитная мощность трехфазного двигателя при частотном регулировании определяется выражением

$$P_{эм} = 3 * (I'_r)^2 * \frac{R'_r}{S_x} = M_x * \omega_{sx}$$

Подставляя в выражение значение тока фазы ротора, получаем уравнение статической механической характеристики при частотном регулировании

$$M_x = \frac{3h^2 * U_{sh}^2 * R'_r}{\frac{S_x}{f_s^* * \omega_{sh}}}$$

Критический момент механических характеристик

$$M_{kx} = \frac{3h^2 * U_{sh}^2}{2f_s^* * \omega_{sh} * [R_s + R_s^2 + (f_s^* * x_k)]}$$

В приведенном выражении знак плюс относится к двигательному режиму, а знак минус- к генераторному режиму работы.

В качестве примера ниже приведен расчет механических характеристик асинхронного двигателя при частотном управлении. Параметры асинхронного двигателя серии 4А100L4УЗ: $p_n = 4000$ Вт, $n = 1500$ об/мин, $U_{sh} = 220$ В, $S_n = 0.053$, $R_s = 1.36$ Ом, $R_r = 0.78$ Ом, $x_{s\sigma} = 1.3$ Ом, $x_{r\sigma} = 2.1$ Ом, $x_\mu = 89$ Ом.

Величина критического момента двигателя определяется

$$f_s^* = 1; h = 1; M_k = \frac{3 \cdot 220^2}{2 \cdot 314 \cdot [1.36 + (1.36^2 + 3.4^2)]} = 45.97 \text{ Нм}$$

Уравнение для расчета угловой скорости ротора двигателя

$$\omega_x = \omega_{sh} \cdot (1 - S_x) = 314 \cdot (1 - S_x)$$

Уравнение для расчета вращающего момента двигателя

$$M_x = \frac{3 \cdot 220^2 \cdot 0.78 \cdot h^2 \cdot S_x}{314 \cdot [(1.36 \cdot S_x + 0.78)^2 + (3.4 \cdot f_s^* \cdot S_x)^2] \cdot f_s^*}$$

$$M_x = \frac{360.69 \cdot h^2 \cdot S_x}{[(1.36 \cdot S_x + 0.78)^2 + (3.4 \cdot f_s^* \cdot S_x)^2] \cdot f_s^*}$$

Далее для расчета графиком необходимых нам характеристик воспользуемся программой MATLAB. Составим скрипт, по которому программа будет высчитывать графики.

Данная программа предназначена для математического моделирования, расчета различных функций и выражений. В нее интегрированы некоторые языки программирования, что позволяет с большой легкостью рассчитывать графики функций с помощью созданных скриптов. Благодаря этому отпадает необходимость в поочередном прописывании выражения, необходимо лишь записать его один раз и далее лишь указывать переменные, по которым будут производиться расчеты. По окончании расчетов обозначаем ось x как Nm и y как 1/c.

На рисунке 3.3 изображен скрипт для программы MATLAB, по которому рассчитывается семейство характеристик.

```

%Задание величины скольжения, относительной частоты и напряжения:
s= [0.001: 0.005:1]; f=1; h=1;
%Вычислим угловую скорость вращения ротора, wsh= 314 рад/сек,
угловую скорость будем обозначать как  $\omega=y$ :
[y1]= 314* f* (1-s);
%Вычислим момент двигателя, обозначим его как M=x:
[x1]=360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4*f *s).^2)* f);
%Вычислим угловую скорость и момент двигателя, если f=0.8, h=0.8:
s=[0.001:0.005:1]; f=0.8; h=0.8;
[y2]= 314*f *(1-s);
[x2]= 360.69*h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
%Вычислим угловую скорость и момент двигателя, если f=0.6, h=0.6:
s=[0.001:0.005:1]; f=0.6; h=0.6;
[y3]= 314* f* (1-s);
[x3]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
%Вычислим угловую скорость и момент двигателя, если f=0.4, h=0.4:
s=[0.001:0.005:1]; f=0.4; h=0.4;
[y4]= 314* f* (1-s);
[x4]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
%Вычислим угловую скорость и момент двигателя, если f=0.2, h=0.2:
s=[0.001:0.005:1]; f=0.2; h=0.2;
[y5]= 314* f* (1-s);
[x5]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
%Построим механические характеристики:
plot (x1, y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4, x5, y5), grid
xlabel ('x(Hm)'), ylabel ('y(1/c)')

```

Рисунок 3.3 – Скрипт (1) для программы MATLAB

По результатам расчета скрипта получили график механической характеристики $U_s/f_s = \text{const}$.

На рисунке 3.4 изображены механические характеристики асинхронного двигателя.

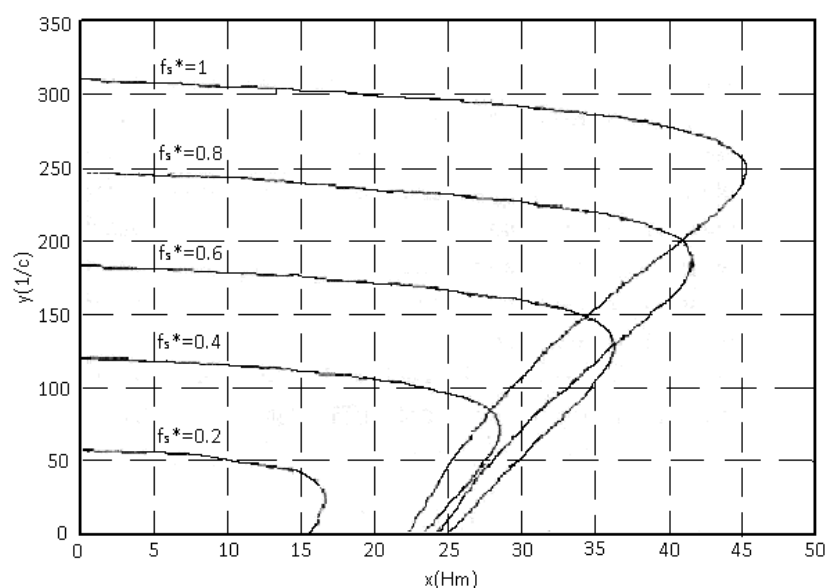


Рисунок 3.4 – Механические характеристики асинхронного двигателя при частотном регулировании $U_s/f_s = \text{const}$

При использовании частотного регулирования, мы можем получить скорость вращения двигателя больше синхронной скорости. Достигнуть этого можно при использовании питания статора напряжением с частотой более 50 Гц.

При этом допустимый электромагнитный момент двигателя при приближении уменьшается обратно пропорционально увеличению частоты. В этом случае мощность вала двигателя остается неизменной во времени. Исходя из этого, частотное регулирование свыше номинальной частоты с постоянным напряжением на статоре является регулированием при постоянной мощности.

Следующий скрипт будет описывать расчет следующего семейства характеристик.

На рисунке 3.5 изображен скрипт для программы MATLAB, предназначенный для расчета следующего семейства характеристик.

```
s=[0.001:0.005:0.25]; f=1; h=1;
[y1]= 314* f* (1-s);
%Вычислим момент двигателя при понижении частоты:
[x1]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
s=[0.001:0.005:0.3]; f=0.8; h=0.835;
[y2]= 314* f* (1-s);
[x2]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
s=[0.001:0.005:0.4]; f=0.6; h=0.671;
[y3]= 314* f* (1-s);
[x3]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
s=[0.001:0.005:0.5]; f=0.4; h=0.506;
[y4]= 314* f* (1-s);
[x4]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
s=[0.001:0.005:0.6]; f=0.2; h=0.3337;
[y5]= 314* f* (1-s);
[x5]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
%Вычислим момент двигателя с увеличением частоты свыше 50 Гц:
s=[0.001:0.005:0.3]; f=1.2; h=1;
[y6]= 314* f* (1-s);
[x6]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
s=[0.001:0.005:0.25]; f=1.4; s=1;
[y7]= 314* f* (1-s);
[x7]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
s=[0.001:0.005:0.2]; f=1.6; h=1;
[y8]= 314* f* (1-s);
[x8]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
s=[0.001:0.005:0.2]; f=1.8; h=1;
[y9]= 314* f* (1-s);
[x9]= 360.69* h.^2* s./ (((1.4* s+ 0.78).^2+ (3.4* f* s).^2)* f);
plot (x1, y1, x2, y2, x3, y3, x4, y4, x5, y5, x6, y6, x7, y7, x8, y8, x9, y9), grid
xlabel ('x(Hm)'), ylabel ('y(1/c)')
```

Рисунок 3.5 – Скрипт (2) для программы MATLAB

На рисунке 3.6 изображены механические характеристики при пропорциональном регулировании.

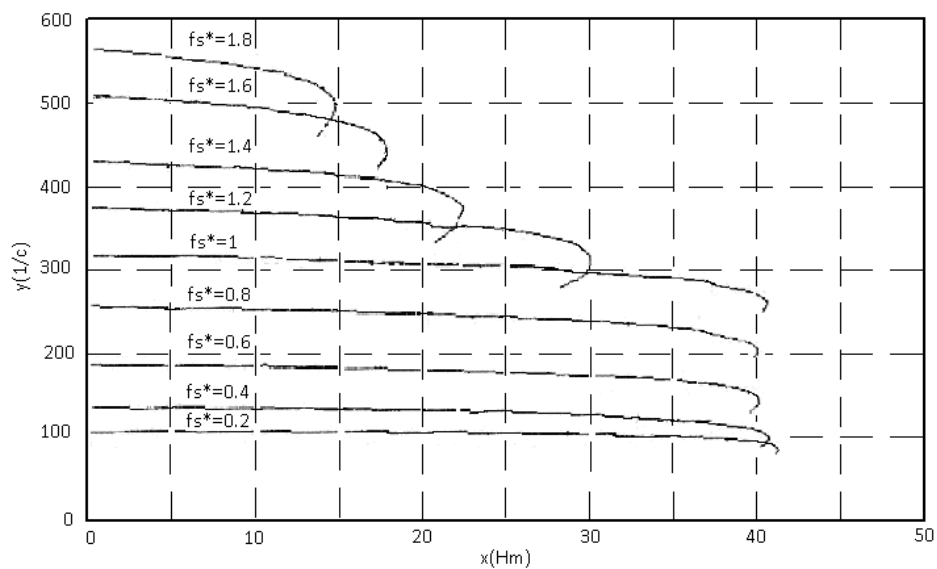


Рисунок 3.6 – Механические характеристики при пропорциональном частотном регулировании

4 Разработка технологии монтажа, наладки и проведения пусковых испытаний электропривода

Монтаж – это ряд мер направленных на сборку и установку механизмов и машин. Зачастую, большая часть механизмов имеет большие размеры и соответствующий вес. Также для разных машин могут предъявлять разные требования к установке. Части агрегатов требуется установка на заготовленном фундаменте, другим в углублении в полу, некоторым, на определенной высоте фиксируются при помощи конструкций. Кроме этого в паспорте машины указывают условия по эксплуатации, что в свою очередь означает, что кто-то должен корректно установить оборудование на положенное ему место. В ряде случаев, если оборудование имеет малые габариты, монтаж можно осуществить при помощи усилий монтажников, в других же случаях, когда габариты различных механизмов не позволяют использовать ручной труд, может понадобиться такелажное оборудование.

Объектом монтажа у нас является электропривод ножа бумагорезательной машины. Исходя из его небольших габаритов можем сказать, что такелажное оборудование нам не понадобится.

4.1 Последовательность монтажа электропривода

Монтаж электропривода машины будем выполнять в следующей последовательности:

1. Внешний осмотр электропривода и его аппаратуры, доставка к месту монтажа: перед установкой и подключением электропривода к машине необходимо убедиться, что на нем не имеется дефектов, трещин, сколов и т.д., поскольку это может пагубно сказаться на работе и функционировании электропривода. Необходимо убедиться в целостности подставки электропривода, чтобы исключить возможность вылета привода с его монтажного места. Также нужно тщательно осмотреть всю проводку на наличие изоляции и правильности подключения всех

проводов. Если же имеются дефекты, то к монтажу данный электропривод не допускается.

2. Установка на подготовленное основание, выверка горизонтального положения двигателя: после того, как мы убедились в исправности электропривода, необходимо установить его на заранее подготовленное основание. Это основание находится с задней части бумагорезательной машины. Перед местом монтажа электропривода находится электромагнит системы управления гидравлической системой (Z2). При необходимости можем демонтировать его на время монтажных работ. После того, как электропривод установили на его платформу, необходимо выверить его горизонтальное положение. Это нужно для того, чтобы привод четко встал на свое место относительно всех узлов машины. Если же этого не сделать, возможен уход вала в сторону, что пагубно сказывается на работе всего электропривода.

3. Крепление электропривода на основании: когда положение привода четко выверено, можно приступать к его креплению. Оно осуществляется с помощью четырех болтов, отверстия для которых располагаются по периметру основания электропривода. Сперва необходимо слегка закрутить диагональные болты, после чего то же самое проделать с другой диагональю. После этого можно крепко затягивать все болты. В конце нужно еще раз проверить надежность крепления и целостность основания привода, не появились ли на нем трещины. Если же все в порядке, то наносим пломбу с датой установки на один или несколько болтов, чтобы иметь возможность определить несанкционированный демонтаж.

4. Проверка и смазка подшипников: прежде чем начинать запуск электропривода, необходимо тщательно проверить все подвижные части. Основными движущимися частями являются подшипники. Неизвестно сколько двигатель пролежал на складе изготовителя, прежде чем он попал в наши руки. Вполне возможно, что за это время часть смазки подшипников высохла или просто пришла в негодность. Для этого мы проводим проверку смазки. Нужно внимательно посмотреть вдоль оси вала внутрь двигателя и немного покрутить его вручную. Если вал вращается легко и без хруста, значит смазка сохранилась в исправном

состоянии. Если же слышится характерный хруст или вал крутится тяжело, значит двигатель необходимо разбирать и заменять смазку. К запуску такой двигатель не допускается.

5. Подключение устройств управления: после всех проделанных шагов, наш двигатель фактически готов к запуску. Но он будет мало эффективен без устройств управления. Они необходимы для работы двигателя в определенных режимах, для предохранения двигателя от перепадов напряжений. Подключаем преобразователь частоты к электродвигателю. Для этого соединяем все три фазы с инвертора напряжения с тремя фазами двигателя. После этого внимательно проверяем правильность подключения. Теперь можно вернуть на место электромагнит системы управления гидравлической системой (в том случае, если демонтировали его).

6. Подключение к электродвигателю кабеля питающей цепи и заземляющего провода: для осуществления тестового запуска двигателя нужно осуществить подключение питания и заземлить привод. Подключаем к входам преобразователя частоты кабели питания. Для осуществления заземления подключаем кабель к корпусу нашего электродвигателя. Затем соединяем его с общим контуром заземления.

7. Проверочная эксплуатация двигателя, ликвидация неисправностей имеющихся в наличии работы двигателя: если все работы были проведены корректно, все соединения выполнены правильно, то можно приступить к проверке функционирования двигателя. Для этого активируем переключатель V1 в рабочее положение. На панели управления должен загореться индикатор Н1, который указывает на то, что наша бумагорезательная машина подключена к сети. Затем воспользуемся переключателем V3, который подает питание на наш электропривод. Теперь необходимо одновременно нажать на кнопки А1 и А2 для запуска электропривода. Оставляем привод в данном режиме на несколько минут, и фиксируем его работу на всем протяжении наблюдения. Если на протяжении проверочного пуска не наблюдалось люфта, посторонних шумов, запаха гари, дыма и т.п., значит электропривод исправен и готов к зачислению в эксплуатацию.

8. Зачисление в эксплуатацию: когда все выше перечисленные работы выполнены, необходимо оформить всю необходимую документацию по проделанной работе. Все лица, принимающие участие в тестировании и монтаже электропривода и комиссия, которая допускает электропривод к работе, должны оставить свои росписи в нормативных документах. После этого, привод официально можно считать частью бумагорезательной машины.

4.2 Обслуживание электрической аппаратуры электропривода

Время от времени необходимо проводить осмотр электродвигателя и всех его систем, для своевременного предотвращения тех или иных видов неисправностей и обеспечения надежного функционирования оборудования во время эксплуатации. Это обслуживание называется профилактическим осмотром.

Он обычно предусмотрен планом программы, которая направлена на поддержание всей производственной или технологической системы в рабочем состоянии.

Выполнять обслуживание электрической аппаратуры будем выполнять в следующей последовательности:

1. Профилактический осмотр: во время функционирования электропривода его детали подвергаются износу, его вентиляционные решетки засоряются, детали разбалтываются и т.п. Для предотвращения серьезной поломки привода необходимо следить за уровнем износа всех его деталей. После чего, все данные осмотра фиксируем в документе с указанием даты и времени проведения осмотра.

2. Проведение чистки: чтобы избежать перегрева электродвигателя и увеличения сопротивления обмоток нужно своевременно очищать вентиляционные решетки и обмотки статора от пыли и влаги. Для этого необходимо проанализировать работу электродвигателя, если его температура стала принимать более высокие значения, чем заявлены в паспорте значит, скорее всего ухудшилась его вентиляция. Необходимо с боковой стороны электродвигателя снять вентиляционную крышку и прочистить ее от грязи и пыли. Перед установкой

крышки на место нужно как следует ее высушить, чтобы избежать попадания влаги внутрь двигателя. Если значение изоляционного сопротивления не достигло значения минимального сопротивления изоляции, это свидетельствует о том, что в обмотках появилась влага и им необходима сушка. Проводить сушку обмотки необходимо с большой осторожностью. Высокая температура и резкое её увеличение приводит к появлению пара, и появляется высокая вероятность того, что мы можем повредить обмотки. Чтобы этого избежать, скорость увеличения температуры во время сушки не должна превышать $5^{\circ}\text{C}/\text{ч}$. Во время проведения сушки нужно тщательно следить за изменением температуры и проводить замеры изоляционного сопротивления. В начале процесса сушки сопротивление изоляции стремительно уменьшается из-за повышения температуры, но по мере проведения сушки оно возрастает. Время проведения сушки, может различаться, и каких-либо указаний по ее продолжительности нет. Сушка проводится до тех пор, пока замеряемые значения изоляционного сопротивления не будут постоянными и выше чем минимальное значение. Также для удаления загрязнений, масла или пыли из ротора, статора или клеммной коробки можем применить горячую воду и специальные моющие растворы.

3. Замена изношенных и перегоревших деталей: если же электропривод вышел из строя, но сам двигатель функционирует, то следует проверить электронные компоненты устройств управления.

Одним из вариантов поломки является транзистор в инверторе напряжения. Для проверки работоспособности транзистора воспользуемся мультиметром. Проверка биполярных транзисторов основана на том, что они имеют два n-p перехода, поэтому транзистор можем представить как два диода, общий вывод которых – база. Для n-p-n транзистора эти два эквивалентных диода соединены с базой анодами, а для транзистора p-n-p катодами. Транзистор можно считать исправным, если работают оба перехода. Сначала один из щупов мультиметра подсоединяем к базе транзистора, а второй щуп по очереди подносим к эмиттеру, а затем к коллектору. После чего меняем щупы местами и повторяем измерения. Эмиттерный переход в прямом подключении должен иметь небольшое

сопротивление, то же самое мы должны увидеть на коллекторном переходе. Далее мы меняем щупы местами и подсоединяем к области Р - минусовой щуп мультиметра, а к области N плюсовой щуп. В результате мы должны увидеть бесконечно большое сопротивление. Если все получилось верно, то мы можем сделать вывод о том, что данный транзистор не имеет поломок и не нуждается в замене.

Еще одним из вариантов поломки может быть диод в блоке выпрямителя. Рабочие свойства диода могут проявляться лишь при прямом подключении. Это значит, что к выводу анода идет положительное напряжение, а к катоду – отрицательное. После чего диод открывается и через его р-п переход начинает идти ток. Итак, осуществим проверку диода при прямом подключении. Для этого анод подключаем к плюсу нашего мультиметра, а катод к минусу. На экране должно высветиться значение пробивного напряжения диода. В нашем случае мы имеем диод марки КД202А, который имеет пробивное напряжение равно 0.9 В. Теперь проверим диод в обратном направлении. Поменяем щупы местами. На экране должна высветиться единица. Это говорит о том, что диод не пропускает ток и его сопротивление очень велико. Делаем вывод о том, что диод исправен.

Также в цепи управления у нас имеется тормозной резистор. Для начала осмотрим резистор на наличие почернения или обугливания. Если он почернел, значит скорее всего его повредил высокий ток и требуется его замена. Если не наблюдается внешних отклонений, то можно проверить его сопротивление мультиметром. Для этого необходимо выпаять одну из ножек резистора из цепи, чтобы получить точные данные. Подсоединяем оба щупа к ножкам резистора и смотрим на величину сопротивления. В нашем случае сопротивление должно быть равным 15 Ом. После проверки необходимо снова впаять один из концов в цепь.

4. Регулярная проверка надёжности заземления: испытания заземления проводим в соответствии с требованиями гл. 1.8. ПУЭ и пр. 3, 3.1 ПТЭЭП. Сначала проводим визуальный осмотр. При этом необходимо внимательно осмотреть всю цепь заземления, обратить внимание нет ли разрывов, повреждения, изломов. Все эти проблемы могут сказаться на качестве заземления. Затем проверяем

механическую прочность соединений, целостность сварных соединений проверяем посредством постукивания. Это поможет в случае наличия дефекта своевременно его обнаружить. Во время проведения испытаний, направленных на обеспечение безопасности испытательного персонала, необходимо предупредить возможность замыканий фазы на землю.

Целью технического обслуживания асинхронных электродвигателей является предупреждение и сокращение внеплановых простоев, которые могут отрицательно сказаться на производственном или технологическом процессе. Профилактический осмотр, способствует повышению КПД электродвигателя, а, следовательно, и КПД всей насосной установки. Техническое обслуживание позволяет определить сроки замены электродвигателя на более новый и высокотехнологичный. И последнее, но тоже очень важное: необходимость в ТО с проведением ремонта возникает тогда, когда осмотр и профилактическое ТО выполнялись формально, или если электрический двигатель неправильно сконструирован, или неправильно подобраны его материалы. ТО с проведением ремонта является крайней мерой, так как это связано с устранением повреждений возникших в электродвигателе и, следовательно, приводит к простоям производства. Здесь уместно также напомнить, что заменяемые узлы и запчасти для электродвигателей должны быть оригинальными.

5 Охрана труда при работе на бумагорезательной машине

К работе на бумагорезательной машине допускаются специалисты из отделов обеспечения сохранности и государственного учета архивных документов и отдела материально-технического обеспечения эксплуатации и обслуживания здания (далее оператор), ознакомившийся с правилами по эксплуатации бумагорезательной машины, а также прошедшие полный инструктаж по технике безопасности, электрической и пожарной безопасности.

При работе на бумагорезательной машине оператор обязан:

1. четко соблюдать требования по эксплуатации оборудования;
2. обладать навыками оказания первой помощи пострадавшим при ранениях;

Оператор должен:

1. знать точное место расположения аптечек и огнетушителей;
2. исполнять только порученную ему работу;
3. на протяжении всего времени работы быть внимательным и не отвлекать других работников;
4. поддерживать свое рабочее место в чистоте и порядке;

При наличии поломок или неисправностей у бумагорезательной машины, механизмов и инструмента немедленно сообщить о поломке ответственному по технике безопасности.

Оператор, нарушивший инструкцию по охране труда, может быть привлечен к дисциплинарной ответственности. Если нарушение правил охраны труда понесло за собой причинение имущественного ущерба заводу, оператор также несет материальную ответственность.

Перед началом работ на бумагорезательной машине оператор должен:

1. полностью освободить проход к своему рабочему месту;
2. проверить работоспособность бумагорезательной машины, крепление главного резака и освещение на рабочем месте;
3. убедиться в исправности электропроводки и целостности контура заземления бумагорезательной машины;

Во время работы оператор обязан:

1. быть предельно внимательным, не отвлекаться на посторонние разговоры и не подпускать других людей к работающей машине;
2. полностью застегнуть всю, не допускается наличие свисающих предметов (ремешки, лямки, цепочки);
3. проводить регулировку всех операций машины, а также перемещение всех заготовок под нож проводить только при отключенном состоянии машины;
4. удалять отходы от заготовок с бумагорезательной машины только в те моменты, когда она находится не в рабочем состоянии;

В случае возникновения аварийной ситуации оператор обязан:

1. в случае выхода из строя машины, не предпринимать попыток самостоятельного устранения причины поломки. Об этом нужно незамедлительно сообщить ответственному по охране труда;
2. При возникновении возгорания:
 - 1.1 при необходимости отключить питание электроприборов машины находящихся в зоне загорания;
 - 1.2 позвонить по номеру 01 (112 для мобильных операторов) в пожарную часть и сообщить руководству завода, после чего незамедлительно приступить к ликвидации пожара с помощью всех имеющихся средств пожаротушения (огнетушители, песок);

После окончания работ на бумагорезательной машине оператор должен:

1. отключить всю автоматику и все освещение бумагорезательной машины;
2. выключить кнопочный предохранитель;
3. отключить питание машины посредством выключения рубильника;
4. привести свое рабочее место в порядок (удалить с машины отходы от заготовок, убрать на место инструмент и все приспособления).

5.1 Опасные и вредные факторы при работе на бумагорезательной машине

Под вредными производственными факторами подразумевают те факторы, которые могут поспособствовать развитию осложнений здоровья, снижению работоспособности, повышению частоты заболеваний.

Опираясь на ГОСТ 12.0.003-74 “ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация”, перечислим все возможные опасные и вредные факторы при работе на бумагорезательной машине:

1. Физические:

- движущиеся машины и механизмы, подвижные части производственного оборудования, передвигающиеся изделия, заготовки, материалы, разрушающиеся конструкции, обрушивающиеся горные породы;

- повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;

- острые кромки, заусенцы и шероховатость на поверхностях заготовок, инструментов и оборудования;

2. психофизиологические:

- нервно-психические перегрузки;

- монотонность труда;

5.2 Меры защиты от опасных и вредных факторов при работе на бумагорезательной машине

Современную организацию производства невозможно представить без четкого соблюдения правил безопасности и производственной санитарии.

Все средства современной защиты от воздействия вредных и опасных производственных факторов делятся на два больших класса: средства индивидуальной защиты (СИЗ), средства коллективной защиты.

Меры защиты от повреждений подвижными частями оборудования: для предотвращения травм, связанных с попаданием частей тела человека в движущиеся механизмы бумагорезательной машины, имеется ряд мер, направленных на минимизацию возможности возникновения травм:

1. двойные кнопки начала резания: для того, чтобы запустить процесс резания нашей бумагорезательной машины, необходимо одновременно (допускается небольшая задержка до 0.5 с) нажать две кнопки. Это сделано для того, чтобы исключить возможность нахождения одной из рук оператора на линии резания ножа.

2. оптический барьер: представляет собой систему лучей и светопринимающих датчиков, которые находятся по периметру рабочей зоны ножа. Как только какой-либо объект пересечет этот барьер, на один или несколько из датчиков перестает поступать лазерный луч, что дает сигнал на немедленную остановку процесса резания. После того, как объект будет удален из опасной зоны, процесс можно вновь запустить повторным нажатием кнопок резания.

3. предупреждающие знаки: возле опасных зон нанесены яркие знаки, которые указывают на близость к опасной зоне. В этом случае оператор должен быть особо внимательным и не допускать попадания рук или инструмента в эти зоны.

Меры защиты от повышенного напряжения: основными средствами защиты от возможного повреждения повышенным напряжением являются исправный корпус бумагорезательной машины и заземление. Корпус не должен иметь трещин, проломов, все его части должны быть надежно скреплены, чтобы исключить возможность контакта с внутренними токопроводящими элементами. Контур заземления должен быть проведен по безопасной траектории, чтобы исключить возможность его повреждения во время транспортировки заготовок, монтажа какого-либо оборудования.

Меры защиты от возможности повреждения острыми кромками на заготовках, инструментах и оборудовании: наша выбранная бумагорезательная машина может производить резку не только бумаги, но также некоторых видов пластмасс, фольги и т.д. В данном случае у заготовок после обрезки могут быть очень острые края или

заусенцы, которыми оператор может получить травму при их транспортировке. Для предотвращения этого необходимо использовать перчатки и специализированное оборудование для транспортировки.

Меры предосторожности от нервно-психических перегрузок: при работе на бумагорезательной машине оператору, как правило, необходимо выполнять узкий спектр действий. Это со временем может перегружать психику человека, что ведет за собой ухудшение внимания, увеличение времени реакции. Чтобы этого избежать нужно периодически (каждые два часа) предоставлять рабочему возможность отдохнуть, пообщаться с коллегами. Это помогает нервной системе человека разгрузиться и вновь быть готовой к работе.

Заключение

В результате данной работы модернизировали электропривод бумагорезательной машины. Новый электропривод обеспечивает качественную работу всей системы, обладает высоким показателем надежности. Спроектированная система удовлетворяет всем поставленным требованиям.

Также после проведения данной работы убедились в том, что электропривод является одной из самых важных и бурно развивающихся областей науки и техники, которая занимает одно из ведущих мест в автоматизации современной промышленности, направление его развития определяется с помощью расширения некоторых областей применения, а также повышением необходимых требований к электротехническим системам.

Усовершенствование электроприводов в наши дни осуществляется по направлению увеличения их производительности, надежности, эргономичности, снижения удельных показателей отдельных устройств и электромеханических систем. На всех этих этапах совершенствования получение данных показателей сопровождалось развитием теоретических основ.

Список используемой литературы

1. Башарин А. В. И др. Управление электроприводами: Учеб. пособие для вузов. – Л.: 1982. – 392 с.
2. Борцов Ю.А. Автоматизированный электропривод с упругими связями: Учебник для вузов. Издание 2-е, переработанное и доп., СПб.: 1992. – 288 с.
3. Вешеневский С.Н. Характеристики двигателей в электроприводе: Учебник для вузов. – М.: 1977. – 431 с.
4. Денисов В.А. Моделирование линейных систем автоматического управления. – Тольятти: ТолПИ, 1993. – 35 с.
5. Денисов В.А. Электроприводы переменного тока с частотным управлением : учебное пособие/ В.А. Денисов. - Тольятти : ТГУ, 2009. –119с.
6. Денисов В. А. Управление электроприводами: Учебное пособие. – Тольятти: ТолПИ, 1998. – 262 с.
7. Драчев Г.И. Теория электропривода: Учебное пособие для вузов. – Ч.: 2002. – 138 с.
8. Егоров В.Н. Динамика систем электропривода: Учебник для вузов. – Л.: 1983. – 216 с.
9. Ключев В. И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат. 1985. – 560 с., ил.
10. Москаленко В.В. Электрический привод: Учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования – М.: Мастерство: Высшая школа, 2000. – 368 с.
11. Соколов М.М. Автоматизированный электропривод общепромышленных механизмов. Учебник для студентов, обучающихся по специальности «Электропривод и автоматизация пром. установок». Издание 3-е, переработанное и доп., М. «Энергия», 1976.
12. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода: Учебник для вузов. – Л.: 1981. – 576 с.

13. Руководство по эксплуатации и обслуживанию бумагорезательной машины MAXIMA MS 115.
14. Crowder R. Electric Drives and Electromechanical Systems: Applications and Control: Teaching material. – GB.: 2006. – 312 p.
15. Malcolm B. Practical Variable Speed Drives and Power Electronics: Textbook for technical students. – GB.: 2003. – 299 p.
16. Mohan N. First Course on Power Electronics and drives: Teaching material. – Minneapolis.: 2003. – 251 p.
17. Veltman A. Advanced Electrical Drives: Teaching material. – USA.: 2011. – 474 p.
18. Wiak S., Komez K. Recent Developments of Electrical Drives: Teaching material. – B.: 2010. – 472 p.
19. Электронный фонд правовой и нормативно – технической документации: [Электронный ресурс]. М., 2012 – 2016. URL: http://takelagnikov.ru/montazh_oborudovaniya.html/. (Дата обращения: 04.05.2016).
20. Поставщик полиграфического и офисного оборудования Локэйн: [Электронный ресурс]. М., 2003 – 2012. URL: <http://www.lokain.ru/page10.html/>. (Дата обращения: 11.05.2016).