

**НАВОЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОРНЫЙ ИНСТИТУТ
ЭНЕРГО - МЕХАНИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

Кафедра "Автоматизированное управление и информационные технологии"

"Допущен к защите по
выпускной работе"
" _____ " _____ 2014 г
Зав кафедрой _____
д.т.н. Базаров М.Б.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Расчетная - пояснительная записка

Тема: «Разработка схемы управления станка токарно
винторезного 1А670» _____

Выпускник _____ Мамлиева Феруза Рашитовна
(Группа, подпись Ф.И.О)

**Руководитель
выпускной работы**

(должность, звание, подпись, Ф.И.О)

Рецензент

(должность, звание, подпись, Ф.И.О)

Норма контроля

(должность, звание, подпись, Ф.И.О)

Оглавление

<u>Введение.</u>	<u>3</u>
<u>I ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ</u>	<u>5</u>
1.1 Назначение и краткая характеристика электрооборудования станка.	5
1.2. Принципиальная схема станка и порядок ее работы.	7
1.3. Назначение и устройство силового электрооборудования.	9
1.4. Обслуживание и ремонт основных оборудований станка	11
<u>II Расчетная часть.</u>	<u>14</u>
1. Расчет двигателя.	14
2. Расчет трансформатора.	16
3. Расчет корректирующих цепей.	19
<u>4. Расчет однозонного регулирования электропривода.</u>	21
III. Охрана труда и техника безопасности.	23
<u>VI Список используемой литературы.</u>	27

Введение

Числовое программное управление (ЧПУ) — компьютеризованная система управления управляющая приводами технологического оборудования, включая станочную оснастку. Оборудование с ЧПУ может быть представлено:

- станочным парком, например станками (станки, оборудованные числовым программным управлением, называются станками с ЧПУ):
 - для обработки металлов (например, фрезерные или токарные), дерева, пластмасс,
 - для резки листовых заготовок,
 - для обработки давлением и т.д.
- приводами асинхронных электродвигателей, использующих векторное управление;
- характерной системой управления современными промышленными роботами.

Несколько станков с ЧПУ могут объединиться в гибкую автоматизированную производственную систему (ГПС), которая в свою очередь может быть дополнена гибким автоматизированным участком (ГАУ) и войти в состав автоматической линии (производства масштаба участка либо цеха), ГАП.

В практике создания металлорежущих станков всё большую роль играют станки с ЧПУ. В большинстве развитых стран годовой выпуск станков с ЧПУ превышает 50%. В Японии эта цифра составляет более 85%. Важнейшим узлом таких станков является система ЧПУ (СЧПУ), функционирование которой определяет эффективность работы оборудования .

В последнее время получает развитие новое направление в автоматизации заводского производства: в автоматическом управлении металлорежущими станками происходит массовый переход к открытым и модульным решениям.

Для достижения соответствия систем ЧПУ современным требованиям: универсальность, адаптируемость, способность быстрого интегрирование со станком, функциональная расширяемость - необходима открытость архитектуры СЧПУ со стандартизованными интерфейсами между составляющими модулями (архитектурой СЧПУ называют состав, назначения и порядок взаимодействия программно аппаратных средств, привлекаемых для решения задач ЧПУ)

В процессе функциональной адаптации и расширения СЧПУ составляющие модули системы не должны изменяться, а модули, обеспечивающие новые возможности, должны динамично интегрироваться с базовой системой. Открытая архитектура позволяет использовать отдельные компоненты СЧПУ от разных систем и от разных производителей посредством применения описанного интерфейса реализованного в компоненте для взаимодействий с другими модулями.

Необходимое требование при разработке компонентов долгосрочная поддержка уже разработанных и внедренных интерфейсов. Развитие отдельного компонента с использованием новых функциональных возможностей происходит посредством расширения интерфейса, который должен обеспечить бесконфликтную совместимость со старым интерфейсом. Это важно для продолжения использования компонента в системах, поддерживающих старый интерфейс. Такой подход допускает возможность независимого развития отдельных модулей системы, что актуально при использовании программных и электронных компонентов с высокой динамикой развития, цикл обновления которых сокращается. Поэтому становится целесообразным такое архитектурное решение СЧПУ станком, при котором возможна замена компонентов во время перепроектирования или модернизации без дополнительных затруднений и затрат. Эти требования имеют решающее значение при выборе идеологии построения СЧПУ. Открытую архитектуру построения должны поддерживать как программное обеспечение (ПО), так и аппаратные компоненты СЧПУ.

1.1. Назначение и краткая характеристика электрооборудования станка

Универсальный токарно-винторезный станок модели 1А670 предусмотрен для выполнения разных токарных и винторезных работ, а также точения конусов и нарезки матричной, модульной и питчевой резьбы в следующих пределах:

Матричной с шагом в мм	от 1 до 192
Винтовой с числом ниток	на 1" до 24 до 14"
Модульной с шагом в мм	от 0,5 π до 48 π
Питчевой в диаметральном питчахот	96 до $\frac{7}{8}$

Техническая характеристика и твердость станка позволяют полностью выполнять возможности быстрорежущего инструмента сделанного с твердого сплава при обработки черных и цветных металлов.

На станке установлены два трехфазных короткозамкнутых асинхронных электродвигателя и электронасос охлаждения.

Электродвигатель главного привода М1

Для осуществления главного движения станка служит асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором типа А2-61-4 нормального, защищенного исполнения на лапах.

Характеристика электродвигателя.

Мощность на валу, в кВт	13
Число оборотов в минуту:	
при номинальной нагрузке	1460
при частоте тока 60 Гц	1770
КПД при номинальной нагрузке %	88,5
cos φ при номинальной нагрузке	0,88
Номинальная сила тока:	
при напряжении 380 В, в А	24,7
при напряжении 220 В, в А	44

Электродвигатель установлен на плитке, внутри левой части станины и соединен с приводным шкивом передней бабки клиноременной передачей.

Электродвигатель быстрых перемещений М3

Для осуществления ускоренных перемещений каретки и суппорта служит асинхронный электродвигатель с короткозамкнутым ротором типа АОЛ 2-21-4 закрытого, обдуваемого, фланцевого исполнения.

Характеристика электродвигателя.

Мощность на валу, в кВт	1,1
Число оборотов в минуту:	
при номинальной нагрузке	1400
при частоте тока 60 Гц	1700
КПД при номинальной нагрузке %	78,0
cos φ при номинальной нагрузке	0,8
Номинальная сила тока:	
при напряжении 380 В, в А	2,7

при напряжении 220 В, в А 4,7
Электродвигатель прикреплен к правой стенке фартука станка.

Электронасос охлаждения М2

Для подачи охлажденной жидкости к инструменту служит электронасос типа ПА-22 погружаемый производительностью 22 л/мин.

Характеристика электродвигателя насоса.

Мощность на валу, в кВт	1,12
Число оборотов в минуту:	
при номинальной нагрузке	2800
при частоте тока 60 Гц	3400
КПД при номинальной нагрузке %	68,0
cos φ при номинальной нагрузке	0,72
Номинальная сила тока:	
при напряжении 380 В, в А	0,34
при напряжении 220 В, в А	0,65

Электронасос установлен внутри правой части станины станка.

Примечание: Электродвигатели поставляются на рабочее напряжение, требующееся заказчику.

Применяемое напряжение для питания электрооборудования.

1. Цепи управления питаются напряжением 127 В переменного тока от понижающего трансформатора Т1.
2. Электромагнитные муфты фартука и тормоза питаются постоянным током напряжением 24 В от селенового выпрямителя VD1-VD8.

Электропроводка.

Электропроводка на станке выполнена в газовых трубах, резиновом шланге и металлорукавах, защищающих провода от механических повреждений, влаги и прочих внешних воздействий.

1.2. Принципиальная схема станка и порядок ее работы

1.2.1. Управление главным приводом станка.

Пуск главного электродвигателя осуществляется нажатием одной из кнопок "ПУСК" - SB1 или SB2 (расположенных на фартуке и около коробки подач), которая замыкает цепь питания катушек магнитного пускателя KM1 и реле времени KT2. Катушка под влиянием проходящего по ним тока притягивают сердечники якорей и замыкают механически связанные с ним главные контакты и блок контакты. При этом главные контакты KM1 подключают электродвигатель M1 к сети, а катушки пускателя и реле времени питаются через замкнувшийся блок контакт KM1, что исключает дальнейшему нажатию кнопки "ПУСК". Одновременно с катушками пускателя KM1 и реле времени KT2 через замыкающий блок контакт KT2 получит питание реле времени KT1. Если фрикцион не переведен в рабочее положение и течении времени, на которое настроено реле KT1, то последнее своими размыкающими контактами KT1 обесточит катушку магнитного пускателя KM1 и реле времени KT2 с последующим остановом электродвигателя M1. При включении катушки KT1 замыкающим контактом подключается тормозная электромагнитная муфта YC1 и сигнальная лампа HL2. Останов главного двигателя M1 осуществляется нажатием одной из кнопок "СТОП" - SB3 или SB4, расположенных на каретке и около коробки подач.

Управление электронасосом M2 осуществляется посредством выключателя тумблера SA2 расположенного на боковой стенке электрошкафа.

1.2.2. Управление приводом рабочих подач и приводом быстрых перемещений суппорта.

В фартуке станка расположены четыре электромагнитные фрикционные муфты две из которых служат для перемещения суппортов в продольном направлении и две - для перемещения его в поперечном направлении.

Рабочие подачи осуществляются от главного привода. Быстрые хода - от электродвигателя M3. Для управления приводами рабочих подач и быстрых перемещений суппорта на фартуке имеется крестовый переключатель на пять положений: одно вертикально-нейтральное и четыре наклонных, соответствующих направлению перемещению суппорта. Наклоном рукоятки осуществляется включение электромагнитной муфты, передающей движение суппорту в направлении, соответствующем наклону рукоятки.

Для включения электродвигателя M3 при любом положении рукоятки переключения муфт в головку рукоятки встроена пусковая толчковая кнопка SB5. Для включения рабочих подач в желаемом направлении следует наклонить рукоятку в этом же направлении, а для быстрого перемещения в нужном направлении - нажать на кнопку SB5.

Во избежание одновременного включения маточной гайки и электромагнитных муфт фартука предусмотрен блокировочный конечный выключатель SQ2 установленный внутри фартука, который размыкает цепь питания муфт при включении маточной гайки.

Электрозащита.

Защита от коротких замыканий осуществляется автоматическими выключателями QF1, QF2, QF3, QF4, QF5.

Нулевая защита электродвигателя главного привода и электронасоса осуществляется пускателями KM1 и KM2, которые при понижении напряжения до 50- 60% от номинального, отключают двигатели от сети.

Напряжение с электрооборудования станка снимается поворотом рукоятки в сторону "ОТКЛЮЧЕНО" автомата QF1.

Станок надежно заземляется, согласно правилам и нормам техники безопасности, по средствам присоединения заземляющего провода к винту заземления, расположенного на станине с задней стороны станка.

Электродвигатель главного привода защищен от перегрузок электромагнитными расцепителями автомата QF1, насос охлаждения тепловым реле КК1.

1.3. Назначение и устройство силового электрооборудования

К силовому электрооборудованию относятся трансформаторы и электродвигатели.

Трансформатор - это статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток той же частоты, но другого напряжения.

Трансформаторы получили очень широко практическое применение при передачи электрической энергии на большие расстояния, для распределения энергии между ее приемниками и в различных выпрямительных, сигнальных, усилительных и других устройствах.

Электрическая энергия вырабатывается на электростанциях синхронными генераторами при напряжении 11-18 кВ (в некоторых случаях при 30-35 кВ). Хотя это напряжение очень велико для непосредственного его использования потребителями, однако оно недостаточно для экономической передачи электроэнергии на большие расстояния. Для увеличения напряжения применяют повышающие трансформаторы.

Приемники электрической энергии (лампы накаливания, электродвигатели и т. д.) из соображений безопасности для лиц, пользующихся этими приемниками, рассчитываются на более низкое напряжение (110-380 В). Кроме того, высокое напряжение требует усиленной изоляции токопроводящих частей, что делает конструкцию аппаратов и приборов очень сложной. Поэтому высокое напряжение, при котором передается энергия, не может непосредственно использоваться для питания приемников, в следствии чего к потребителям энергия подводится через понижающие трансформаторы.

Трансформатор состоит из сердечника, ярма и двух катушек. Магнитопровод трансформатора выполняют в виде тонких пластин, толщиной 0,35-0,5 мм при этом поверхность пластин покрывается жиростойким лаком. Для изготовления пластин применяют электротехническую сталь, которая может быть холоднокатанная и горячекатанная. Холоднокатанная сталь имеет высокую магнитную проницаемость, в направлении совпадающую с прокатом. В горячекатанной стали магнитная проницаемость одинакова во всех направлениях, и при малых мощностях магнитопроводы собирают из пластин П Ш формы.

Трансформатор имеет две изолированные обмотки, помещенные на магнитопроводе. Обмотка, включенная в сеть источника электрической энергии, называется первичной; обмотка, от которой энергия подается к приемнику, - вторичной. Обычно напряжение первичной и вторичной обмоток неодинаковы. Если вторичное напряжение больше первичного, то трансформатор называется повышающим, Если вторичное напряжение меньше первичного, то понижающим. Любой трансформатор может быть и как повышающий, и как понижающий.

Электрические машины - это устройство преобразующие электрическую энергию в механическую.

Электрические машины широко применяют на электрических станциях, в промышленности, на транспорте, в авиации, в системах автоматического регулирования и управления, в быту.

Электрические машины делятся по роду тока. Они бывают переменного тока и постоянного тока. Машины переменного тока существуют двух типов: асинхронные и синхронные.

Любая машина состоит из двух основных частей: статора и ротора (якоря, для машин постоянного тока). Статор - это неподвижная часть машины, ротор (якорь) - ее вращающаяся часть.

Сердечник статора набирается из стальных пластин толщиной 0,35 или 0,5 мм. Пластины штампуются с впадинами (пазами), изолируют лаком или окалиной для уменьшения потерь на вихревые токи, собирают в отдельные пакеты и крепят в станине двигателя. К станине прикрепляют также боковые щиты с помещенным на них подшипниками, на которые опирается вал ротора (якоря). Станину устанавливают на фундаменте. В впадинах (пазах) статора находится обмотка.

Сердечник ротора (якоря) также набирают из стальных пластин толщиной 0,5 мм, изолированных лаком или окалиной для уменьшения потерь на вихревые токи. Пластины штампуют с впадинами и собирают в пакеты, которые крепят на валу машины. Из пакетов образуется цилиндр с продольными пазами, в которых укладывают проводники обмотки ротора (якоря). В зависимости от типа обмотки асинхронные машины могут быть с фазным и короткозамкнутым роторами. Короткозамкнутая обмотка ротора выполняется по типу беличьего колеса. В пазах ротора укладывают массивные стержни, соединенные на торцовых сторонах медными кольцами. Часто короткозамкнутую обмотку ротора изготавливают из алюминия. Алюминий в горячем состоянии заливают в пазы ротора под давлением. Такая обмотка всегда замкнута на коротко и включение сопротивлений в нее невозможно. Фазная обмотка ротора (якоря) выполнена подобно статорной, т. е. проводники соответствующим образом соединены между собой. Начала этих обмоток подключены к контактным медным кольцам (пластинам коллектора, для машин постоянного тока), укрепленным на валу ротора (якоря). Кольца (пластины коллектора) изолированы друг от друга и от вала, вращаются вместе с ротором (якорем). При вращении колец (коллектора) поверхности их скользят по угольным или медным щеткам, неподвижно укрепленным над кольцами (коллектором).

1.4. Обслуживание и ремонт основных оборудований станка

1.4.1. Обслуживание и ремонт трансформаторов.

Наиболее уязвимой и часто повреждающейся частью трансформатора являются его обмотки ВН и режее НН. Повреждения чаще всего возникают вследствие снижения электрической прочности изоляции на каком-либо участке обмотки, в результате чего происходит электрический пробой изоляции между витками и их замыкание на этом участке, приводящее к выходу трансформаторов из строя. Нередки случаи перехода напряжения с обмотки ВН на обмотку НН из-за ухудшения состояния изоляции между ними.

В трансформаторах могут повреждаться также вводы, переключатели, крышка и другие детали. Примерное соотношение (в процентах) повреждений отдельных частей трансформатора следующее: обмотки и токопроводящие части - 53, вводы 18, переключатели - 12, все остальные, взятые вместе, - 17. Исследования причин аварийных выходов трансформаторов из строя показали, что обычно аварии происходят из-за удовлетворительного обслуживания и низкого качества ремонта.

Трансформатор с поврежденными обмотками или другими его частями подлежит немедленному выводу из работы и ремонту. Трансформатор поступает в дефектационно-подготовительное отделение, состоящее из трех участков: разборки и мойки, дефектировки обмоток и механической части трансформатора.

На разборочном участке очищают трансформатор, сливают масло из его расширителя, бака и маслonaполненных вводов, а затем, убедившись из записей в сопроводительных документах и путем предварительных испытаний в неисправности трансформатора, переходят к его разборке и дефектировке.

Разборку трехфазного масляного двухобмоточного трансформатора дефектировку ряда его частей производят одновременно или с небольшим смещением во времени.

Дефектировкой трансформатора называют комплекс работ по выявлению характера и степени повреждения его отдельных частей. Работа по дефектировке - наиболее ответственный этап ремонта, поскольку при этом определяются действительный характер и размеры повреждений, а также объем предстоящего ремонта и потребность в ремонтных материалах и оснастке. Поэтому производящий дефектировку должен хорошо знать не только признаки и причины неисправности, но и способы их безошибочного выявления и устранения. Характерные неисправности силовых трансформаторов и возможные причины их возникновения приведены в табл. 1.

Повреждения внешних деталей трансформатора (расширителя, бака, арматуры, наружной части вводов, пробивного предохранителя) можно выявить тщательными осмотрами, а внутренних деталей - различными испытаниями. Однако результаты испытаний не всегда позволяют точно установить действительный характер повреждений, поскольку любое отклонение от нормы, выявленное в результате испытаний (например, повышенный ток холостого хода), может быть

вызвано различными причинами, в том числе витковым замыканием в обмотке, наличием замкнутого контура тока через стяжные болты и прессующие детали, неправильным включени-

ем параллельных обмоток и др. Поэтому в процессе дефектировки, как правило, разбирают трансформатор и при необходимости поднимают активную часть, что позволяет не только точно установить причины, характер и масштабы повреждений, но и приспособления, а также время.

1.4.2.Обслуживание и ремонт электрических машин.

В зависимости от габаритных размеров, массы и характера ремонта электрической машины, а также наличия или отсутствия необходимых условий для ремонта ее ремонтируют либо на месте, либо в электроремонтном цехе, или на электроремонтном заводе.

Машины повреждаются чаще всего из-за недопустимо длительной работы без ремонта, плохо эксплуатационного обслуживания или нарушения режима работы, на который они рассчитаны. Повреждения электрических машин бывают механические и электрические.

К механическим повреждениям относят: выплавку баббита в подшипниках скольжения; разрушение сепаратора, кольца, шарика или роликов подшипниках качения; деформацию или поломку вала ротора (якоря); образования глубоких выработок («дорожек») на поверхности коллекторов и контактных колец; ослабления крепления полюсов или сердечника статора к станине, разрыв или сползание проволочных бандажей роторов (якорей); ослабление прессовки сердечника ротора (якоря) и др.

Электрическими повреждениями являются пробой изоляции на корпус, обрыв проводников в обмотке, замыкание между витками обмотки, нарушение контактов и разрушение соединений, выполненных пайкой или сваркой, недопустимое снижение сопротивления изоляции вследствие ее старения, разрушения или увлажнения и др.

Электрослесарь по ремонту электрических машин должен хорошо знать характерные признаки, а также способы выявления и устранения различных повреждений и неисправностей, возникающих в этих машинах.

Краткий перечень наиболее распространенных неисправностей и возможных причин их возникновения в электрических машинах приведен в табл. 2.

Неисправности и повреждения электрических машин не всегда удается обнаружить путем внешнего осмотра, так как некоторые из них (витковые замыкания в обмотках статоров, пробой изоляции на корпус, замыкания пластин коллектора. Нарушения пайки в обмотках и др.) носят скрытый характер и могут быть определены только после соответствующих измерений и испытаний.

В число предремонтных операций по выявлению неисправностей электрических машин входят: измерение сопротивления изоляции обмоток (для определения степени ее увлажнения), испытание

электрической прочности изоляции, проверка на холостом ходу машины целостности подшипников, величины осевого разбега ротора (якоря), правильности прилегания (притертости) щеток коллектору и контактными кольцами, величины вибрации, определение величины зазоров между вращающимися и неподвижными частями машины, а также проверка состояния крепежных деталей, плотности посадки подшипниковых щитов на заточках станины и отсутствия повреждений (трещин, сколов) у отдельных деталей машины.

2. Расчет основных оборудований и выбор элементов автоматизации

2.1. Расчет двигателя

В производственной практике для ремонта могут поступать электродвигатели, у которых отсутствуют паспортные данные, а обмотка повреждена в такой степени, что не представляется возможным определить ее обмоточные данные. Чтобы восстановить обмотку таких двигателей, необходимо полный расчет машины.

Применяя исходные данные можно произвести расчет электродвигателя.

Серия двигателя	A	
Внутренний диаметр	D_i , мм	110
Наружный диаметр	D_a , мм	230
Высота спинки	h_c , мм	264
Площадь паза	S_{Γ} , мм ²	240
Количество пазов	Z_1	20
Длина сердечников статора	l , мм	120
Число фаз		3

Для определения числа витков в фазе необходимо предварительно определить площадь (мм²) полюсного деления. Для этого найдем число полюсов.

Число полюсов $2p$ принимают по паспорту (если он имеется) или определяют возможное наименьшее число полюсов, исходя из размеров электродвигателя, по формуле

$$2p = 0,5 \cdot \frac{D_i}{h_c},$$

где h_c - высота спинки статора, мм. Полученный результат округляют до ближайшего четного числа.

$$2p = 0,5 \cdot \frac{110}{26,4} \approx 2.$$

Находим синхронную частоту вращения:

$$n_0 = \frac{60 \cdot f}{p},$$

$$n_0 = \frac{60 \cdot 50}{1} = 300 \text{ (об/мин)}.$$

Найдем площадь полюсного деления:

$$Q_b = \frac{3,14 \cdot D_i \cdot l}{2 \cdot p},$$

где l - длина сердечника статора, мм; D_i - внутренний диаметр статора, мм; $2p$ - число полюсов.

$$Q_b = \frac{3,14 \cdot 110 \cdot 120}{2} = 20724 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Далее по графику, изображенном на рис. 9 [1], определяют число последовательно соединенных витков обмотки одной фазы ω_{ϕ} для наиболее распространенного фазного напряжения 220 В. Для данного двигателя $\omega_{\phi}=130$. Определив число витков в фазе, находят число эффективных проводников в пазу:

$$N = 6 \cdot \frac{\omega_{\phi} \cdot a}{Z_1},$$

где z_1 - число пазов статора; a - число параллельных ветвей электродвигателя. Для практических целей при выборе числа параллельных ветвей электродвигателей мощностью до 100 кВт можно пользоваться табл. 2 [1].

$$N = 6 \cdot \frac{130 \cdot 1}{20} = 39.$$

Определяют число пазов на полюс и фазу:

$$q = \frac{z_1}{2p \cdot m},$$

где m - число фаз статора, для данного случая $m=3$.

$$q = \frac{20}{2 \cdot 3} \approx 3.$$

Далее выбирают тип и шаг обмотки, обмоточный коэффициент. В асинхронных двигателях единых серий при наружном диаметре статора более 200-500 мм применяют двухслойные обмотки, при меньших диаметрах обычно используют однослойные обмотки. Так как $D_a=230$ мм, то применяют двухслойную обмотку.

Шаг обмотки статора y_1 принимают:

$$y_1 = \beta \cdot \frac{z_1}{2p},$$

где β - коэффициент укорочения (обычно от 0,75 до 0,85)

$$y_1 = 0,8 \cdot \frac{20}{2} = 8.$$

Обмоточный коэффициент R_{ω} трехфазных двухслойных обмоток зависит от числа пазов на полюс и фазу q , а также и от шага y_1 (табл. 3 [1]).

Магнитную индукцию (Тл) в воздушном зазоре определяют:

$$B_{\delta} = 6400 \cdot \frac{R_E \cdot U_{\phi}}{R_{\omega} \cdot Q_{\delta} \cdot \omega},$$

где R_E - отношение ЭДС к напряжению, для данного случая оно равно 0,94

$$B_{\delta} = 6400 \cdot \frac{0,94 \cdot 220}{0,831 \cdot 20724 \cdot 130} = 0,592 \text{ (Тл)}.$$

Определим полюсное деление:

$$\tau = \frac{\pi \cdot D_i}{2p},$$

$$\tau = \frac{3,14 \cdot 110}{2} = 172,7 \text{ (мм)}.$$

Магнитную индукцию (Тл) в спинке статора:

$$B_c = 0,36 \cdot B_{\delta} \cdot \frac{\tau}{h_c},$$

$$B_c = 0,36 \cdot 0,592 \cdot \frac{172,7}{264} = 139 \text{ (Тл)}.$$

Если при допустимом значении индукции в зазоре получаются завышенные индукции в спинке статора, следует увеличить число полюсов и тем самым разгрузить спинку. Если же индукция B_c значительно меньше указанного в табл. 1 [1], то следует уменьшить число полюсов и вновь произвести расчет.

Далее определяют полное сечение (мм^2) меди всех проводников паза $S_M = S_p \cdot R_M$, где s_p - площадь паза, мм^2 ; R_M - коэффициент заполнения паза медью, который можно определить по табл. 4 [1].

$$S_M = 240 \cdot 0,35 = 84 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Затем определяют сечение (мм^2) элементарного проводника без изоляции:

$$S_{эл} = \frac{S_M}{N \cdot n_{эл}},$$

где $n_{эл} = 2$.

$$S_{эл} = \frac{84}{39 \cdot 2} = 1,077 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

По табл. 8 [1], выбираем провод марки ПЭТВ с диаметром с изоляцией $d = 1,25$ (мм).

Далее определяют мощность электродвигателя. Для этого предварительно необходимо подсчитать фазный ток (А) статора $I_\phi = S_{эл} \delta n_{эл} a$, где δ - плотность тока, определяемая по табл. 5 [1].

$$I_\phi = 1,007 \cdot 5 \cdot 2 \cdot 1 = 10,07 \text{ (А)}.$$

Полная мощность (кВА) электродвигателя:

$$S = \frac{3 I_\phi \cdot U_\phi}{1000},$$

$$S = \frac{3 \cdot 10,07 \cdot 220}{1000} = 6,646 \text{ (кВА)}.$$

Активная мощность (кВт):

$$P = S \cdot \eta \cdot \cos \varphi,$$

где η и $\cos \varphi$ - коэффициенты полезного действия и мощности, которые приближенно можно принимать по данным, взятым из каталогов типовых электродвигателей, или по табл. 6 [1], для данного двигателя $\eta = 0,87$, $\cos \varphi = 0,89$.

$$P = 6,646 \cdot 0,87 \cdot 0,89 = 5,15 \text{ (кВт)}.$$

Расчет трансформатора

Правильный выбор трансформатора имеет большое значение. Сечение провода с одной стороны должно быть такое, чтобы провод не нагревался под действием прохождения по нему тока, с другой стороны при большом сечении увеличивается затрата на изготовления проводов с алюминия и меди, то есть с цветных металлов, которые дорого стоят.

Применяя исходные данные можно произвести расчет трансформатора.

Напряжение первичной обмотки $U_1, \text{ В } 220$

Напряжение вторичной обмотки $U_2, В$ 127

$U'_2, В$ 6,3

Токи вторичных обмоток $I_2, А$ 0,6

$I'_2, А$ 2

Тип стержня магнитопровода Стержневой

Частота питания цепи $F, Гц$ 50

Расчет трансформаторов начинают с определения его вторичной мощности $S_2, ВА$:

$$S_2 = U_2 \cdot I_2,$$

где U_2 - вторичное напряжение, В; I_2 - вторичный ток, А.

$$S_2 = 127 \cdot 0,6 = 76,2 \text{ (ВА)},$$

$$S'_2 = 6,3 \cdot 2 = 12,6 \text{ (ВА)}.$$

Найдем общую вторичную мощность:

$$S_2 = S'_2 + S_2 = 76,2 + 12,6 = 88,8 \text{ (ВА)}.$$

Найдем его первичную мощность $S_1, ВА$:

$$S_1 = \frac{S_2}{\eta},$$

где S_2 - вторичная мощность, ВА; η - КПД трансформатора взятое из табл. 7 [1]: $\eta=0,9$.

$$S_1 = \frac{88,8}{0,9} = 98,67 \text{ (ВА)}.$$

Поперечное сечение сердечника трансформатора Q_c можно определить по следующей эмпирической (т. е. Найденной опытным путем) формуле:

$$Q_c = k \sqrt{\frac{S_1}{2f}},$$

где f - частота тока в сети, Гц; k - постоянная (4- 6 для масляных и 6- 8 для воздушных трансформаторов)

$$Q_c = 7 \cdot \sqrt{\frac{98,67}{2 \cdot 50}} = 6,95 \text{ (см}^2\text{)}.$$

Сечение сердечника может быть выражено через его размеры $Q_c=ab$, где a - ширина пластин, см; b - толщина пакета пластин, см. Соотношение размеров сечения сердечника может находиться в пределах $b/a=1,2 \div 1,8$, где $a=2,14$ см, а $b=3,24$ см.

Сечение стержня обычно имеет квадратную, прямоугольную или ступенчатую форму вписанную в окружность. Стержни прямоугольного сечения обычно применяют для трансформаторов до 700 ВА. Высоту H_c , (см) прямоугольного стержня можно вычислить по формуле:

$$H_c = (2,5 \div 3,5) \cdot a,$$

$$H_c = 3 \cdot 2,14 = 6,42 \text{ (см)}.$$

Ширину окна сердечника принимают по формуле:

$$c = \frac{H_c}{m},$$

где m - коэффициент, учитывающий наивыгоднейшие размеры окна сердечника ($m=2,5 \div 3$).

$$c = \frac{6,42}{2,8} = 2,3 \text{ (см)}.$$

Сечение ярма трансформатора с учетом изоляции между листами принимается $Q_{я}=(1\div 1,15)$. Сечение проводов для первичной и вторичной обмоток определяют в зависимости от тока в обмотках и допустимой плотности тока.

Ток первичной обмотки определяют следующим образом:

$$I_1 = \frac{S_1}{U_1},$$

где U_1 - входное напряжение, В; S_1 - мощность трансформатора, ВА.

$$I_1 = \frac{98,67}{220} = 0,45 \text{ (А)}.$$

Сечение провода первичной и вторичной обмоток определяют по формулам:

$$S = \frac{I}{\delta},$$

где S_1 и S_2 - сечение проводов первичной и вторичной обмоток, мм^2 ; δ - плотность тока, А/мм^2 взятый из табл. 7 [1]: $\delta_1=2,5$; $\delta_2=2,7$; $\delta'_2=4,5$.

$$S_1 = \frac{0,45}{2,5} = 0,18 \text{ (мм}^2\text{)};$$

$$S_2 = \frac{0,6}{2,7} = 0,22 \text{ (мм}^2\text{)};$$

$$S'_2 = \frac{2}{4,5} = 0,44 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Число витков первичной и вторичной обмоток определяют по формулам:

$$\omega = \frac{U \cdot 10^4}{222 \cdot B_c \cdot Q_c},$$

где B_c - магнитная индукция в сердечнике взятая из табл. 7 [1]: $B_{c1}=1,35$; $B_{c2}=1,4$; $B_{c'2}=1,1$

$$\omega_1 = \frac{220 \cdot 10^4}{222 \cdot 1,35 \cdot 6,95} = 1056;$$

$$\omega_2 = \frac{127 \cdot 10^4}{222 \cdot 1,4 \cdot 6,95} = 589;$$

$$\omega'_2 = \frac{6,3 \cdot 10^4}{222 \cdot 1,1 \cdot 6,95} = 37.$$

После расчета основных параметров трансформатора необходимо проверить, разместятся ли обмотки в окне выбранного магнитопровода.

Из табл. 8 [1] мы можем найти диаметр провода с изоляцией. $d_{u1}=0,505$ мм; $d_{u2}=0,57$ мм; $d_{u'2}=0,8$ мм.

Пользуемся упрощенным способом проверки. Для этого по наружному диаметру провода и числу витков находим площадь, занимаемую каждой обмоткой в окне сердечника, затем складываем площади всех обмоток и полученную сумму сравниваем с площадью окна т. е. определяем коэффициент заполнения окна сердечника обмоткой.

$$k_0 = \frac{Q_{обм}}{Q_0},$$

где $Q_{обм}=d_u^2 w$ - площадь, занимаемая обмоткой, $см^2$; d_u - диаметр провода с изоляцией, $см$; w - число витков обмотки; $Q_0=H_c C$ - площадь окна сердечника трансформатора, $см^2$.

$$k_0 = \frac{(0,0505^2 \cdot 1056) + (0,057^2 \cdot 589) + (0,08^2 \cdot 37)}{6,42 \cdot 2,3} = 0,33.$$

Коэффициент заполнения окна сердечника обмоткой для маломощных трансформаторов принимают $k_0=0,2 \div 0,4$.

Отсюда видим, что подобранно сечение провода и катушка трансформатора правильно.

2.2. Расчет элементов схемы

Проводники электрических сетей от проходящего по ним тока согласно закону Джоуля - Ленца нагреваются. Количество выделяемой тепловой энергии Q пропорционально квадрату тока, сопротивлению и времени протекания тока: $Q = 0,24 I^2 R_t$. Нарастание температуры проводника происходит до тех пор, пока не наступит тепловое равновесие между теплом, выделяемым в проводнике с током, и отдачей в окружающую среду.

Чрезмерно высокая температура нагрева проводника может привести к преждевременному износу изоляции, ухудшению контактных соединений и пожарной опасности. Поэтому устанавливаются предельно допустимые значения температуры нагрева проводников в зависимости от марки и материала проводника в различных режимах.

Длительно протекающий по проводнику ток, при котором устанавливается наибольшая длительно допустимая температура нагрева проводника, называется предельно допустимым током по нагреву. Значения максимальных допустимых токов определены из условия допустимого теплового износа материала изоляции проводников различных марок и сечений, температуры окружающей среды и способа прокладки, безопасности обслуживания электрической сети, обеспечения надежности (срока службы) и экономичности.

При расчете сети по нагреву сначала выбирают марку проводника в зависимости от характеристики среды помещения, его конфигурации и способа прокладки сети. Затем переходят к выбору сечения проводников по условию допустимых длительных токов по нагреву.

Допустимая температура нагрева проводников имеет важное значение для безопасной эксплуатации сети, так как перегрев проводов токов может привести к выходу проводника из строя, а в некоторых случаях может возникнуть пожар и даже взрыв (во взрывоопасной среде). Для выбора сечения проводника по условиям нагрева токами нагрузки сравниваются расчетный максимальный I_p и допустимый I_d токи проводника принятой марки и условиями его прокладки. При этом должно соблюдаться соотношение $I_d > I_p$. Значение допустимых длительных токовых нагрузок составлены для нормальных условий прокладки проводников: температура воздуха $+25^\circ\text{C}$, земли $+15^\circ\text{C}$ и при условии, что в траншее уложен только один кабель. Если условия прокладки проводников отличаются от нормальных, то допустимый ток нагрузки, A , определяется с поправкой на температуру ($K_{п1}$) и количество прокладываемых кабелей в одной траншее ($K_{п2}$)

Расчетный ток, A , нагрузки для одного двигателя определяется следующим образом:

$$I_{расч} = \frac{P_{дв} * 10^3}{1,73 * V_H * \cos \varphi * \eta} * 100\%$$

где $\cos \varphi$ - коэффициент мощности двигателя; $\cos \varphi = 0,87$

$P_{дв}$ - мощность электродвигателя; $P_{дв} = 11$ кВт.

η - КПД механизма передвижения; $\eta = 87,5\%$

V_H - линейное напряжение, В; $V_H = 380$ В

$$I_{расч} = \frac{11 * 10^3}{1,73 * 380 * 0,87 * 87,5} * 100\% = 23A$$

Выбираем кабель с медной гибкой жилой, с резиновой изоляцией, обработанной защитными свойствами, четырехжильный с сечением 4 мм^2 , с $I_{доп} = 60$ А.

$I_d = K_{п1} K_{п2} I_d$, где $K_{п1}$ — поправочный температурный коэффициент (при $t^\circ = +15^\circ\text{C}$); $K_{п1} = 1,15$

$K_{п2}$ - поправочный коэффициент, зависящий от количества параллельно прокладываемых кабелей и от расстояний между ними (при нормируемой температуре жилы $t^\circ = +55^\circ\text{C}$);

$$I_d = 30 * 1,15 * 1,0 = 34,5A$$

$I_d > I_p 34,5 > 23$, условие выполняется, кабель выбран верно.

В эксплуатации электрической сети возможны нарушения нормального режима ее работы: перегрузки, короткие замыкания, при которых ток в проводниках резко возрастает. Поэтому электрические сети должны быть надежно защищены от аномальных (аварийных) режимов.

Токи КЗ могут достигать значений, в десятки раз превышающие номинальные токи присоединения ЭП и допустимые токи проводников I_d . Для предотвращения чрезмерного нагрева проводников и электрооборудования каждый участок сети должен быть снабжен защитным аппаратом, отключающим поврежденный элемент сети с наибольшим временем действия. Защита электрических сетей от токов КЗ должна быть предусмотрена во всех случаях.

Другим распространенным видом аномального режима электроустановок является перегрузка, сопровождающаяся прохождением по проводникам, обмоткам электродвигателей, вызывающих их нагревание сверх допустимого значения.

Согласно ПУЭ от перегрузок необходимо защищать силовые и осветительные сети, выполненные внутри помещений открыто проложенными незащищенными проводниками с горючей изоляцией; силовые сети, когда по условиям технологического процесса или режима их работы могут возникнуть длительные перегрузки; сети взрывоопасных помещениях.

Для защиты электрических сетей напряжением до 1 кВ применяют плавкие предохранители, автоматические выключатели, тепловые реле магнитных пускателей.

Выбор аппаратов защиты производится с учетом следующих основных требований:

1) Номинальный ток и напряжение аппарата защиты должны соответствовать расчетному длительному току и напряжению электрической цепи. Номинальные токи расцепителей автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей нужно выбирать по возможности

Для многодвигательного электропривода номинальный ток, A , применяется с учетом $\cos \varphi$ и η наиболее мощного ЭП такого привода.

$$I_{ном} = \frac{\sum P_{ном}}{\sqrt{3} * V_{ном} * \cos \varphi * \eta}$$

Где $\sum P_{ном}$ - сумма номинальных мощностей ЭП многодвигательного привода, кВт

$$I_{ном} = \frac{14,8 * 10^3}{1,73 * 380 * 0,87 * 0,875} = 28A$$

Максимальный кратковременный ток электрической сети продолжительностью в несколько секунд называют пиковым током $I_{пик}$

$$I_{пик} = I_{пуск} + \sum I_{ном}$$

$$I_{пуск} = \lambda * I_{ном}$$

$$I_{пуск} = 3 * 23 = 69A$$

$I_{ном1}$ - номинальный ток первого двигателя.

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3} * V_{ном} * \cos \varphi_{ном} * \eta}$$

$$I_{ном1} = \frac{11 * 10^3}{1,73 * 380 * 0,85 * 0,875} = 22,5A$$

$$I_{ном2} = \frac{1,1 * 10^3}{1,73 * 380 * 0,85 * 0,875} = 2,2A$$

$$I_{ном3} = \frac{1,1 * 10^3}{1,73 * 380 * 0,85 * 0,875} = 2,2A$$

$$I_{ном4} = \frac{0,18 * 10^3}{1,73 * 380 * 0,85 * 0,875} = 0,3A$$

$$I_{ном5} = \frac{2,2 * 10^3}{1,73 * 380 * 0,85 * 0,875} = 4,4A$$

$$\sum I_{ном} = 22,5 + 2,2 + 2,2 + 0,3 + 4,4 = 31,6A$$

$$I_{пик} = I_{пуск} + \sum_1^{n-1} I_{ном} = 69 + 31,6 = 100,6A$$

Выбираем автоматический выключатель ВА - 51 - 31 - 3, $U_{н.а} = 380V$,

$I_{н.а} = 100A$, токовой отсечкой $I_{ср.з} = 175A$, тепловым расцепителем $I_{т.р} = 35A$.

Техника безопасности

Для обеспечения необходимых условий охраны и безопасности труда на промышленных объектах применяется периодический трёхступенчатый контроль. Трёхступенчатый контроль является основной формой планомерного оперативного контроля за состоянием охраны труда на рабочих местах, производственных участках, отделениях, службах, в цехах и на предприятии в целом, проводимого администрацией.

Первая ступень контроля. – это оперативный контроль, который проводится на рабочих местах с начала смены и осуществляется в течение всего рабочего дня (смены) руководителем участка, его заместителем, начальником смены (отделения), мастером, механиком, энергетиком, уполномоченным по охране труда от профсоюзной организации, с целью выявления и устранения всех нарушений требований правил и инструкций по безопасному ведению работ.

Проверке подлежат:

- а) выполнение мероприятий по устранению нарушений, выявленных и не устраненных предыдущей сменой;
- б) состояние, безопасная организация рабочих мест;
- в) состояние проходов, переходов, проездов;
- г) исправность и безопасность основного и вспомогательного технологического оборудования, грузоподъемных, транспортных и других средств механизации;
- д) исправность электрооборудования и соблюдение персоналом правил электробезопасности при работе в электроустановках и с электроинструментом;
- е) наличие и исправность ограждений, защитных и блокировочных устройств, заземления электрооборудования, знаков безопасности и предохранительных надписей и плакатов;

- ж) исправность и эффективная работа приточной и вытяжной вентиляции, пыле- и газоулавливающих устройств;
- з) освещенность рабочих мест, проходов и проездов;
- и) соблюдение правил безопасности при работе с вредными, пожаро- и взрывоопасными веществами, а также при выполнении всех видов работ и ведении технологических процессов;
- к) наличие и правильность использования рабочими средств индивидуальной защиты;
- л) наличие у работающих удостоверений на право работы и нарядов-допусков на выполнение работ повышенной опасности;
- м) наличие необходимой технической документации на выполняемые виды работ и ознакомление с ней рабочих и ИТР под роспись;

Вторая ступень контроля

Вторая ступень контроля проводится комиссией, возглавляемой начальником цеха, совместно со специалистами и уполномоченным по охране труда от профсоюзной организации подразделения еженедельно – каждый четверг. Проверке подлежат:

- а) правильность выполнения мероприятий по результатам контроля 1-й ступени;
- б) соответствие организации работ технологическим картам и графикам совмещенных работ;
- в) соблюдение порядка проведения инструктажа на рабочем месте;
- г) безопасность применения строительных машин и производственного оборудования;
- д) соблюдение требований безопасности при работе с материалами, обладающими вредными и пожароопасными свойствами;
- е) соблюдение безопасной технологии производства работ;
- ж) наличие на рабочих местах плакатов и знаков по технике безопасности;

з) состояние проходов и проездов, а также наличие дорожных знаков, если работы ведутся на проезжей части улиц города или населенного пункта;

и) санитарное состояние производственных, бытовых и вспомогательных помещений.

Третья ступень контроля

Третья ступень контроля предусматривает проведение обследования состояния условий охраны и безопасности труда каждого структурного подразделения комплекса не реже одного раза в год комиссией, возглавляемой руководителем службы охраны труда и техники безопасности комплекса, в состав комиссии входят главные специалисты комплекса по направлениям деятельности проверяемого подразделения.

Проверке подлежат:

а) выполнение мероприятий по результатам контроля 1-й и 2-й ступеней;

б) обеспеченность объекта нормативно-технической документацией;

в) соблюдение норм противопожарной безопасности;

д) соответствие технологического, грузоподъемного оборудования требованиям безопасности и применение его в соответствии с назначением;

е) соблюдение безопасной технологии производства работ;

ж) правильность оформления наряд-допусков, своевременность проведения инструктажа работающих;

з) готовность подразделения к работам в аварийных условиях;

и) другие вопросы по усмотрению руководителя комиссии.

Результаты контроля 3-й ступени должны оформляться актом с подписями лиц, участвующих в составе комиссии.

По результатам контроля первой и второй ступени принимаются коррекции и корректирующие мероприятия, по результатам контроля третьей ступени дополнительно разрабатываются корректирующие и

предупреждающие мероприятия в соответствии с производственными инструкциями.

Работа по улучшению условий труда, предупреждению и снижению травматизма на производстве должна производиться на основе стимулирования за работу по снижению уровня запыленности, загазованности, общей и профессиональной заболеваемости.

Устанавливается единый порядок оценки уровня работы по охране труда мастеров, начальников отделений (служб), руководителей производств, цехов, а также основа для материального стимулирования снижения травматизма.

Достижению запланированного уровня работ по охране труда будет способствовать внедрение комплекса мероприятий, направленных:

- на повышение активности рабочих, служащих, специалистов и руководителей в соблюдении правил и норм по охране труда и технике безопасности;
- улучшение условий труда, его безопасности на рабочих местах;
- снижение производственного травматизма, профессиональной заболеваемости и дорожно-транспортных происшествий;
- выявление лучших коллективов, подразделений (участков, отделений, цехов, производств) по обеспечению охраны труда.

Список используемой литературы.

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. С74 Т. 2/Под редакцией А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. –4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с., ил.
2. Москаленко В. В. Электродвигатели специального назначения. – М.: Энергоиздат, 1981. 104 с., ил.
3. Усынин Ю. С. Системы управления электроприводов/ Уч. пособие. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2001. – 358с., ил.–
4. STEP7 – Язык программирования промышленных контроллеров SIMATIC S7. / Учебное пособие – ЗАО «Синетик» г. Новосибирск, 1998.
5. Устинова Г.М. Информационные системы менеджмента. / Под ред. Л.Л. Кистерского. – СПб: Издательство «ДиаСофтЮП», 2000.
6. К.К. Чернев . «Применение защитных средств в электроустановках» Москва
7. Система технического обслуживания и ремонта оборудования (СТОИРО), 1998г
8. ЕОН и НВ на работы технологического контроля, изд.1997г.
9. . «Правила безопасной эксплуатации электроустановок потребителей», Киев 1998 г.
10. Русак О.Н., Малаян К.Р., Занько Н.Г. «Безопасность изнедеятельности».