



## Аннотация

В данной бакалаврской работе произведена модернизация системы автоматического управления станка балансировки коленчатого вала, модернизация осуществлена на базе контроллера Simatic-S7.

Модернизированная система управления призвана заменить существующую устаревшую систему управления балансировочного станка. Замена существующей системы связана с частыми поломками в старой системе управления.

В работе произведена разработка структурной и функциональной схем системы автоматического управления, выбран контроллер, описано программирование указанного контроллера. Также в работе произведена разработка и расчет вибродатчика и источника питания.

Внедрение контроллера позволит снизить затраты на ремонт станка и повысить точность и надежность технической системы.

Пояснительная записка состоит из 56 страниц текста и приложения, графический материал - из 6 листов формата А1.

## Содержание

Введение	5
1 Анализ технического задания	8
1.1 Теория балансировки	8
1.2 Описание базового варианта	
11	
1.3 Требование к системе управления	
13	
2 Разработка структурной и функциональной схемы САУ	
17	
3 Разработка электрической принципиальной схемы	
21	
3.1 Обзор промышленных контроллеров для системы управления	
21	
3.2 Выбор контроллера	
24	
3.3 Разработка алгоритма работы сверлильной станции	
30	
4 Разработка вибродатчика	
32	
4.1 Обзор вибродатчиков	
32	
4.2 Выбор вибродатчика	
33	
4.3 Расчет ЭДС вибродатчика	
34	
4.4 Испытание вибродатчика	
34	
5 Расчет источника питания	
36	
5.1 Выбор магнитопровода	
36	

5.2 Расчет обмоток	37
5.3 Размещение обмоток	39
5.4 Расчет режима холостого хода	41
5.5 Потери и КПД трансформатора	42
5.6 Тепловой расчет трансформатора	42
6. Надежность технической системы	43
6.1 Расчет показателей безотказности	43
6.2 Расчет показателей надежности	46
6.3 Определение моментов диагностики	49
Заключение	53
Список используемой литературы	54
Приложение	57

## Введение

В настоящее время для развития промышленного производства в России необходимо совершенствовать технологию производства, а также модернизировать оборудование с целью улучшения качества производимой продукции. В первую очередь модернизации должны быть подвергнуты системы управления промышленными объектами и производствами. Современные системы управления позволяют повысить конкурентоспособность продукции за счет уменьшения производственных издержек.

Условно можно выделить несколько этапов в развитии средств управления за выполнением операций технологического процесса.

Для первого этапа развития данного вида техники была характерна релейная логика, жестко завязанная на контактных переключателях. Одним из недостатков данного способа реализации поставленных задач является отсутствие возможности изменения и наращивания функций таких устройств в связи с модифицированием гибкого производственного процесса.

На втором этапе появились устройства, сочетающие элементы релейной логики с внедрением первых постоянных запоминающих устройств. Это позволило расширить функциональные возможности оборудования и послужило переходным этапом в развитии данного типа технического оснащения производства. Однако требовалось решение еще ряда проблем, связанных в первую очередь с внедрением микропроцессорных технологий.

С середины 70-х годов XX в. были разработаны и начато внедрение в производство первых технологических контроллеров, построенных, исходя из принципа модульно-блочной сборки. Разделение входных и выходных электрических цепей, а также появление микропроцессора позволило полностью отказаться от релейной логики, что явилось существенным прорывом в области автоматизации технологических процессов и применения техники, встраиваемой в оборудование. Отличительной особенностью управления технологическими процессами, при помощи данных приборов от разработанных ранее, состояло в следующих конструктивных моментах. Сбор информации от датчиков и измерительной аппаратуры, ее последующая обработка для принятия решения о дальнейшем выполнении операции цикла и выдаче информации в виде сигналов на исполнительные механизмы. Серьезным недостатком таких машин являлась их невысокая надежность при выполнении задач.

В настоящее время уровень разработки технологических контроллеров позволил обеспечить высокий уровень надежности их работы и

реализацию задач любой сложности. Промышленные контроллеры в последнее время используются практически во всех областях производства. Промышленный контроллер может использоваться для различных промышленных целей, будь то простейшее управление или задача комплексного регулирования. Основные области применения:

В автомобильной промышленности контроллеры применяются практически на каждом шагу, они используются в обрабатывающих центрах, в автоматических линиях окраски и сварки, испытательных комплексах и системах управления производством в целом.

В машиностроении контроллеры входят в состав систем числового программного управления станками, обрабатывающих модулей, складских и транспортных систем.

Таким образом, модернизация технологического оборудования промышленного производства позволит улучшить технико-экономические показатели производимой продукции, увеличить объемы производства, повысить мощность оборудования и использовать более современные технологии производства.

Не малую роль автоматизация производства оказывает и на людские ресурсы, требуются все более грамотные операторы станков, наладчики и инженеры.

Однако, при этом использование автоматизации производства несет за собой и новые трудности, необходимо учитывать надежность, точность, быстродействие и экономичность применяемых систем управления производством в целом и отдельными производственными системами, такими как, например, системы числового программного управления станками, системами управления отдельными электроприводами.

Модернизация отдельных технических систем является наиболее важной задачей, которая стоит перед предприятием, необходимо решать вопросы как чисто технические, так и финансово-экономические, что в целом является достаточно сложной задачей. Поэтому прежде чем начать процесс модернизации необходимо учесть возможные риски, определить величину капитальных затрат и только после этого принимать решение о той или иной модернизации.

## 1 Анализ технического задания

### 1.1 Теория балансировки

Процессу балансировки подвергаются все вращающиеся элементы производственных комплексов, все подвижные части электрических машин, т.е. все элементы которые совершают вращательное движение. Дисбаланс, который может возникнуть у вращающихся частей, является одним из наиболее губительных для механизмов, поскольку этот процесс приводит к быстрому износу подшипниковых узлов, повреждениям и аварийным ситуациям.

Процесс балансировки заключается в уравнивании действия инерционных сил, которые возникают в процессе вращения, путем регулирования расположения центра масс.

Неуравновешенные силы инерции являются одним из главных источников вибрации машин.

Для устранения неуравновешенных сил необходимо проводить при выпуске из производства и периодически при эксплуатации статическую и динамическую балансировку вращающихся деталей и узлов.

Дисбаланс - это неравномерное распределение массы вокруг оси вращения.

Ротор считается разбалансированным, когда его масса неровно распределена вокруг оси вращения.

Из определения ясно, что бессмысленно говорить о дисбалансе без определения оси вращения. Это идеальная линия, вокруг которой вычисляется распределение массы, представлена на рисунке 1.1.

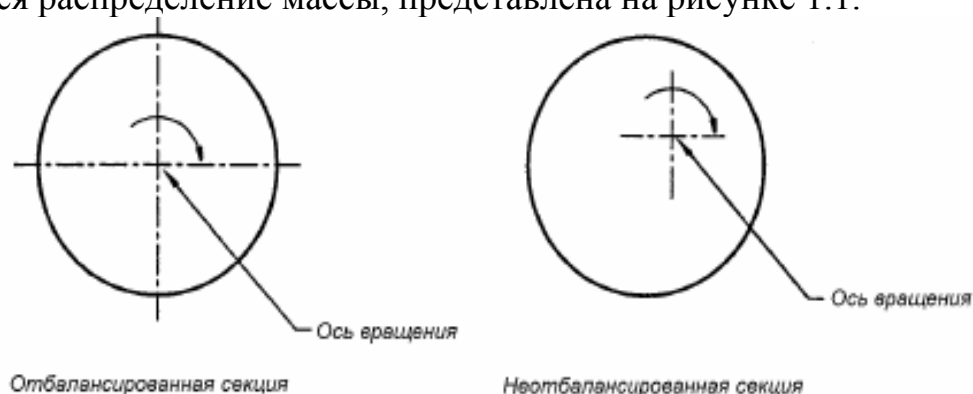


Рисунок 1.1 - Распределение дисбаланса

Каждый ротор можно разделить на разные секции (перпендикулярно оси вращения), каждая из которых имеет свой собственный дисбаланс. Следовательно, мы называем местный дисбаланс (секции  $i$ ) значением

$$U_i = \Sigma m \cdot r, \quad (1.1)$$

где  $U_i$  – это дисбаланс секции  $i$  (описанный нормальным вектором к оси вращения),

$\Sigma m$  – это отдельные массы, принадлежащие секции  $i$ ,

$r$  – это расстояния от масс детали до оси вращения,

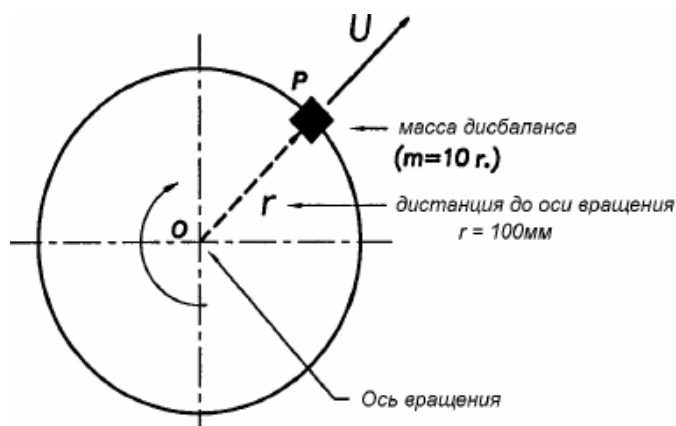
$\Sigma$  – это векторное сложение.

Из определения ясно, что дисбаланс секции – это статический момент массы, вычисленный в отношении оси вращения.

Единица измерения дисбаланса.

Обратите внимание на рисунок 1.2, на котором показана идеально сбалансированная секция ( $U = 0$ ), на которой в точке  $P$  добавлена нарушающая масса  $m$  на расстоянии от оси вращения, равном  $r$ .

Добавленная масса  $m$  вызывает дисбаланс  $U$ , (вектор с направлением  $P-O$  и значение, равное  $m \cdot r$ ). Единица измерения дисбаланса: [ $г \cdot мм$ ]



$P$  – масса мм – расстояние от оси вращения;  $U$  – дисбаланс;  $r$  – радиус;

Рисунок 1.2 - Изображение действия дисбаланса

$$U = m \cdot r, \quad (1.2)$$

$$U = 10г \cdot 100мм = 1000г \cdot мм.$$

То же значение для  $U = 1000 г$  может быть достигнуто с массой  $20 г$  на радиусе  $50 мм$  (помещенной в то же угловое положение).

Фактически мы получаем  $U = 1000 гмм$ .

Действие дисбаланса. Неуравновешенный ротор производит инерционную силу (центробежную), которая увеличивается пропорционально квадрату скорости

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2 = U \cdot \omega^2, \quad (1.3)$$

где:  $U = m \cdot r =$  дисбаланс [ $кг \cdot м$ ],

$\omega$  - угловая скорость [ $рад/с$ ]  $\omega = 60$ ,

$F$  - центробежная сила в Ньютонах.



Дисбаланс вектора  $U$  (умноженный на фактор  $\omega^2$ , квадрат угловой скорости) создает центробежную силу  $F$ . Это означает, что нагрузка, вызванная дисбалансами, увеличивается с квадратом скорости (с удвоением текущей скорости центробежная сила (сила инерции) становится в четыре раза больше).

Балансировка вращающегося тела имеет различные задачи:

- 1) уменьшение нагрузки на подшипники (меньшие центробежные силы);
- 2) увеличение срока службы подшипников;
- 3) приемлемые уровни вибрации (при низком уровне вибрации не возникает проблем с условием использования и сроком службы деталей);

Требования балансировки.

Контроль разбалансировки и измерение вращающихся тел получает в наше время все большее значение по целому ряду причин:

- 1) все более высокие рабочие скорости (более высокое производство);
- 2) более легкие каркасы (снижение производственных затрат);
- 3) рабочая скорость близка к критическим скоростям (с точки зрения технологии и пространства нельзя делать более жесткие рамы);
- 4) более продолжительный срок службы каждой детали (например, подшипников) при меньшей нагрузке;
- 5) меньшие затраты на техническое обслуживание (ремонт и замена);
- 6) возможность дольше работать на станках (меньше производственных простоев).

Важно отметить, что измерение дисбаланса – это централизованный контроль, помещенный в конец производственной линии (он выявляет погрешности допусков на размер, дефекты литья, неровные детали) и показатель качества готовой продукции.

## 1.2 Описание базового варианта

На предприятии ОАО «АВТОВАЗ» на операции балансировки коленчатого вала автомобиля используется балансировочный автомат, предназначенный для автоматической корректировки масс коленчатого вала. Балансировочный автомат выполняет следующие операции: измерение дисбаланса и сверление отверстий в противовесах  $V$  и  $H$  плоскостях. Корректировка масс производится в 2-х балансировочных циклах. В первом цикле высверливаются отверстия в  $V1$  и  $H1$  плоскостях, во втором цикле, если заготовка вне поля допуска, отверстия высверливаются в  $V2$  и  $H2$  плоскостях.

Таблица 1.1 - Технические данные станка

Подключение к сети	380 В, 3-фазный ток, $f=50$ Гц
Напряжение управления	220В, $f=50$ Гц
Балансируемая деталь	Коленчатый вал согласно чертежу
Диаметр сверла	11 мм
Макс. глубина сверления	20,5 мм
Корректировка масс ротора	Путем сверления в 1 или 2 балансировочных циклах
Допустимый остаточный дисбаланс	150 гмм

Система управления основывается на принципе работы электромагнитного реле.

Одна из основных причин надежной и эффективной работы балансировочного автомата заключается в надежной работе реле. Это проявляется, когда реле несвоевременно замыкает свои контакты, данный недостаток может повлиять на цикл работы станка, а в свою очередь и на время и качество обработки коленчатого вала.

Ответ кроется в конструкторском исполнении электромагнитного реле. Здесь есть контакты, которые постоянно смыкаются-размыкаются. Контакты могут изнашиваться, окислиться, прогореть, что в дальнейшем не позволит им полноценно выполнять свои функциональные обязанности. Для продления срока службы реле необходимо проводить по отношению к ним профилактические работы. На практике так и происходит, 1 – 2 раза в месяц ремонтная бригада занимается профилактикой. Она осматривает релейные блоки, при необходимости заменяет их на новые. Таким образом видно, что много времени отводится на ремонтное обслуживание.

Не очень надежная работа реле, различная скорость срабатывания, поломка которого может привести к остановке и поломке оборудования, привели к выводу о необходимости модернизации базового варианта. Модернизация заключается в использовании программного обеспечения системы взамен электромагнитным реле, которые использовались в системе управления балансировочного станка

Это решение и легло в основу дипломной работы на тему «Модернизация станка балансировки коленчатого вала».

В основу легло использование контроллера Simatic-S7 компании «Siemens». Анализ существующих аналогов и изучение специализированной литературы привели к тому, что выбор пал именно на этот контроллер, обладающий хорошими характеристиками.

### 1.3 Требование к системе управления

В соответствии с общими техническими условиями на поставку оборудования на ОАО «АВТОВАЗ» (ОТУ-13-2000 «Системы управления») программа системы управления станком осуществляет:

- опрос и обработку входных сигналов от датчиков исполнительных элементов станка;
- обработку и передачу информации по всем цепям управления, с учетом нормального функционирования всех элементов оборудования;
- опрос датчиков, обработку информации и передачу данных в соответствии с заложенной программой в режиме on-line;
- управление исполнительными элементами;
- прекращение функционирования при возникновении нештатных ситуаций, аварийных режимов и блокировки работы при неисправностях систем;
- диагностирование всех систем, включая датчики, исполнительные элементы, систему управления, отображение на дисплее или сигнальных элементах информации о обнаруженных неисправностях, состоянии всех элементов, а также контроль хода работы всех узлов и систем;
- сбор информации с устройств предназначенных для осуществления контроля за безопасностью производимых работ, а также управление элементами сигнализирующими о опасностях;
- хранение информации о всех системах и передачу ее на более высокий уровень автоматизированной системы управления.

Требования к программному обеспечению:

- все разрабатываемое программное обеспечение должно быть четко структурировано и унифицировано;
- все программы должны быть разбиты на отдельные блоки, включая базы данных, типовые алгоритмы обработки и расчетные блоки;
- все программное обеспечение относящееся к отдельным системам должно иметь функции диагностирования самого объекта;
- разрабатываемые программы должны иметь возможность обработки более высокими организационными системами управления.

Требования к электропитанию систем управления:

- электропитание систем управления должно иметь элементы защиты от перенапряжений и импульсных помех;
- замена элементов защиты должна осуществляться без ограничений и сложностей;

- электропитание систем управления должно осуществляться от сети синусоидального напряжения 380В промышленной частоты, либо от сети постоянного напряжения 24В;

- индикация у блоков питания должна осуществляться четко и ясно исключая возможную путаницу;

- источники питания должны иметь защиту от переплюсовки, а также яркую маркировку проводов по входу и выходу;

- в качестве элементов осуществляющих резервное питание возможно использование батареек осуществляющих временное поддержание питания для сохранения данных и программ при отключении основного питания;

- входы, предназначенные для подачи цифровых сигналов должны быть защищены от возможной переплюсовки и выдерживать двукратное перенапряжение;

- выходы, предназначенные для цифровых сигналов должны обладать защитой по току;

- входы и выходы должны иметь гальваническую развязку, как правило 1500В.

Требования к надежности, резерву, безопасности:

- система управления должна иметь наработку на отказ около 10000 часов и время восстановления 15мин;

- система управления должна обслуживаться раз в два месяца с целью профилактического выявления сбоев;

- в случае аварийных режимов системы управления остальное оборудование не должно выходить из строя.

Система управления должна иметь:

- не менее 30% запас по входам-выходам и 50% запас по оперативной и архивной памяти;

- при размещении электрического шкафа на антресоли необходимо учесть легкодоступность при подсоединении аппаратуры для обслуживания системы в периоды сервисного ремонта и наладочных работ.

Разрабатываемая система управления должна удовлетворять всем требованиям безопасности и иметь все необходимые сертификаты соответствия госстандарта.

Надежная и долговременная работа системы управления обеспечивается не только работой всех элементов станка, но и работой всех программных элементов системы.

В соответствии с требованиями все разрабатываемые программы должны быть написаны на основе лицензионного программного обеспечения, а именно должны использоваться:

- одна из операционных систем DOS, Windows, Unix или Linux);
- известные системы баз данных;
- системы разработки и отладки программ;
- специальных прикладных пакетов программ;
- сервисных программ и др.

В этом случае все используемые программные комплексы должны входить в объём поставки совместно с поставляемым оборудованием. Прикладные программы в обязательном порядке должны быть проверены по специальным тестам, согласованным с заказчиком.

Все системы диагностики должны обеспечивать в случае сбоев или отказов отображение кодов неисправностей либо текстовых сообщений о неисправностях, которые однозначно бы трактовали возникшую неисправность.

Все оборудование (персональные компьютеры, терминалы, дисплеи), устанавливаемое в месте их использования, должно иметь соответствующую степень защиты от внешних воздействий и учитывать цеховые условия работы в соответствии с МЭК-529/ГОСТ 14254).

Все системы управления должны иметь запасные источники бесперебойного питания, которые бы обеспечивали работу всех систем при пропадании питания в основной сети не менее 10 минут.

## 2 Разработка структурной и функциональной схемы САУ

Схема системы автоматического управления станка балансировки коленчатого вала состоит из: задатчика оборотов, измерительной системы состоящего из измерительного прибора, датчиков глубины сверления, вибродатчиков и датчика опорного сигнала; контроллера Simatic-S7 и исполнительных механизмов.

Измерительная система предназначена для замера дисбаланса преобразования механических колебаний в электрический сигнал обработки его и расчет значений на сверление.

Задатчик оборотов предназначен для задания нужной частоты вращения для измерения. Состоит из асинхронного двигателя и привода.

Измерительный прибор измеряет дисбаланс коленчатого вала по величине и углу. Прибор работает по возбуждению компонентов V и H обеих плоскостей в аналоговой форме, при этом, возбуждение опорных сигналов происходит в цифровой форме. Преобразователь A/D преобразует напряжение, замеренное в компонентах и другие аналоговые измеряемые величины. Кроме того, в режиме наладки через клавиатуру можно дополнительно вводить данные. Выходные значения ЭВМ - это цифровой или аналоговый вывод на систему управления или на экран.

Аналоговый блок САВ 600 имеет на входе сигналы датчиков колебаний и угловой опорный сигнал с датчика с импульсом по одной метке. Аналоговый блок может питать каждый компонент постоянным напряжением максимум  $\pm 10\text{В}$ . Но для измерения используется только  $\pm 2\text{В}$ . Оставшиеся 8 вольт служат резервом при перерегулировании.

Цифровой блок. Понятие цифровой блок включает в себя все платы цифрового диапазона. Количество и тип этих плат очень сильно зависят от типа станка. Необходимы, как минимум, следующие платы: CPU (LSI 11/2), плата памяти (из соображений техобслуживания используется, все же, одна плата для программы EPROM и одна плата данных RAM), аналогово-цифровой преобразователь, преобразователь длительности периода, комбинация входной платы или аналоговый преобразователь, цифровая входная плата.

Входные выходные модули предназначены для связи с периферийными устройствами.

Через видеоблок ведется диалог с ЭВМ. Выходные данные с ЭВМ подаются через универсальную плату последовательно на видеоплату. В памяти видеоплаты откладывается одна страница экрана и возбуждает видеосигнал для управления монитором. Ввод с клавиатуры кодируется на кодирующем устройстве и параллельно подается на видеоплату через 20-и

полюсное штекерное соединение. Видеоплата преобразует ввод с клавиатуры в последовательный сигнал и посылает его на ЭВМ через универсальную плату. Если имеется программа, то ЭВМ подает ответный сигнал на ввод и преобразование его на экране.

Вибродатчики служат для замера дисбаланса путем преобразования механических колебаний в электрический сигнал.

Датчики глубины сверления – для начала отсчета сверления.

Контроллер предназначен для обработки программы и управления всеми механизмами станка.

Структурная схема представлена на рисунке 2.1.

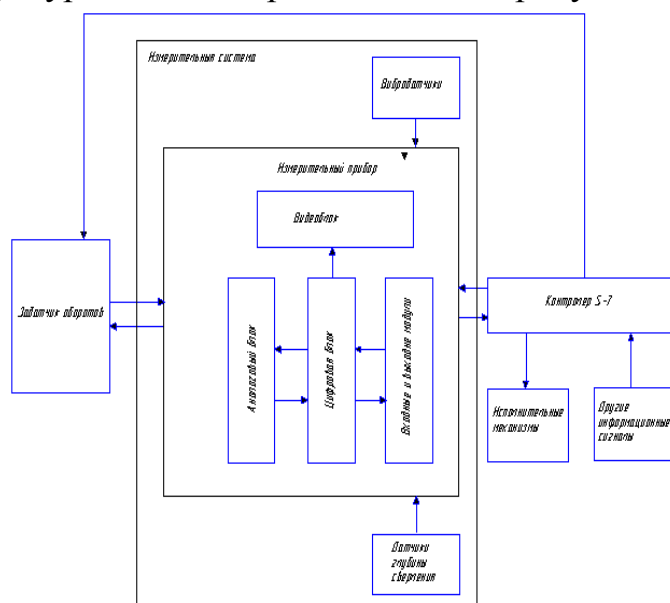


Рисунок 2.1 – Структурная схема САУ балансировочного станка

Систему управления балансировочным станком, с учетом современных требований, необходимо разрабатывать на базе контроллера simatic-S7-300, который предназначен для управления всеми механизмами станка в автоматическом и ручном режимах.

Автоматический режим управления обеспечивает такую работу, при котором все механизмы, балансировочного автомата работают в замкнутой последовательности, соответствующей программе.

При начале цикла измерения контроллер включает балансировочный двигатель, с помощью привода. На измерительной станции коленчатый вал раскручивается до заданной частоты вращения. При достижении заданной постоянной частоты вращения, определяемой датчиком опорного сигнала, измерительный прибор начинает измерять дисбаланс коленчатого вала с помощью вибродатчиков. Сигналы с вибродатчиков плоскости 1 и 2 подаются на аналоговую часть измерительного прибора САВ 600, на интеграторы. Интеграторы нужны, чтобы показания не зависели от скорости

вращения вала. Сигнал с датчика опорного сигнала подается на опорный процессор, который вырабатывает  $\sin$  и  $\cos$  для управления множительным устройством. С выходов интеграторов сигналы поступают на плату разделения плоскостей, для того чтобы исключить влияния плоскости на плоскость. Далее сигнал поступает на фильтр усилитель. С усилителя сигнал поступает на вход множительного устройства, а на другие входы поступают  $\sin$  и  $\cos$  с опорного процессора. С выхода аналоговой части, сигнал представляет собой два постоянных напряжения, которые характеризуют величину и место дисбаланса на валу.

В цифровой части, происходит вычисление необходимой глубины сверления и плоскости в которой будет происходить корректировка. Затем идет передача этих значений на видеоплату и монитор, а так же на выхода модулей САВ 600 и на входные модули контроллера. Контроллер подает команды на сверлильные станции. В зависимости от входных сигналов и программы управления контроллер подает сигналы на входные модули САВ 600 (касание свёрел о заготовку, наличие детали и т.д.). Функциональная схема САУ представлена на рисунке 2.2.

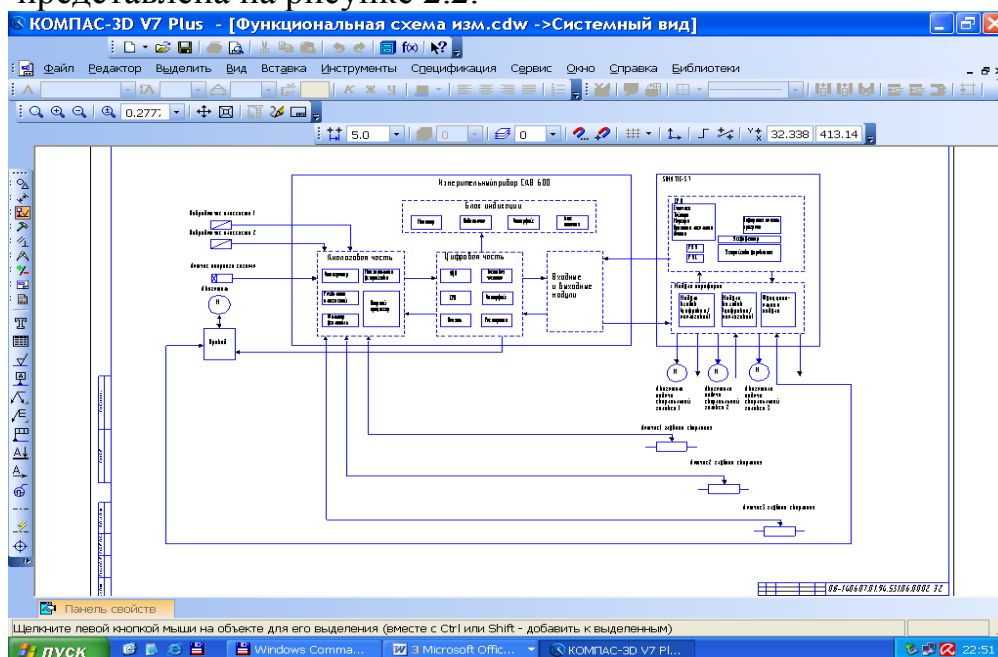


Рисунок 2.2—Функциональная схема САУ балансировочного станка



## 3 Разработка электрической принципиальной схемы

### 3.1 Обзор промышленных контроллеров для системы управления

В условиях современного развития рынка электроники и огромного выбора контроллерных средств для систем управления перед потребителем стоит сложная задача выбора контроллеров для конкретной системы управления. Одними из ведущих фирм производителей контроллеров являются Siemens и Allen-Bradley.

#### 3.1.1 Семейство контроллеров Allen-Bradley

Фирма Allen-Bradley выпускает широкую линейку контроллеров предназначенных для различных целей. Один из них MicroLogix 1000 предназначен для систем управления различным оборудованием. Данный контроллер имеет 9 различных конфигураций. Программирование его осуществляется либо с помощью программатора, либо с помощью персонального компьютера с установленным на нем программным обеспечением поддерживаемым операционными системами Windows и DOS.

Контроллер включает в себя процессор, модули ввода-вывода, сетевой интерфейс связи, поэтому позволяет использовать его как в системах управления непосредственно станками, так и в системах управления более высокими технологическими уровнями.

Данный контроллер позволяет управлять системами, которые требуют сложной математической обработки большого количества информации поскольку имеет в своем составе математический сопроцессор.

#### 3.1.2 Семейство контроллеров Siemens

Контроллеры фирмы Siemens SIMATIC S7-200 (рисунок 3.1) являются самыми простыми в линейке контроллеров данной фирмы, основная их задача заключается в управлении простыми системами автоматизации производства, однако это не говорит о их малой функциональности, они как и более сложные устройства способны решать весь спектр поставленных задач.

Данный тип контроллеров может использоваться как в автономных системах управления станками и роботами, так и в гибких производственных комплексах на более высоких производственных уровнях.

Таким образом данные контроллеры не только способны заменить различные реле и контакторы, но и участвовать в системах полной комплексной автоматизации целого производства.



Рисунок 3.1 - Simatic S7-200

Контроллеры фирмы Siemens SIMATIC S7-300 (рисунок 3.2) обладают большими возможностями по сравнению с предыдущей серией.

Они, так же как и S7-200, способны выполнять те же задачи, однако чаще всего применяются на более высоком производственном уровне, чаще всего на уровне цеховой автоматизации производства. Они так же обладают простым интерфейсом, модульностью исполнения, не требуют внешнего принудительного охлаждения.

Однако в отличие от S7-200 имеют более мощный центральный процессор, а также дополнительные специализированные модули, которые позволяют потребителю расширять функциональные возможности проектируемых систем управления. При этом сам контроллер позволяет подсоединять к нему именно те модули, которые необходимы пользователю, наращивая тем самым возможности контроллера и модернизируя всю систему управления.

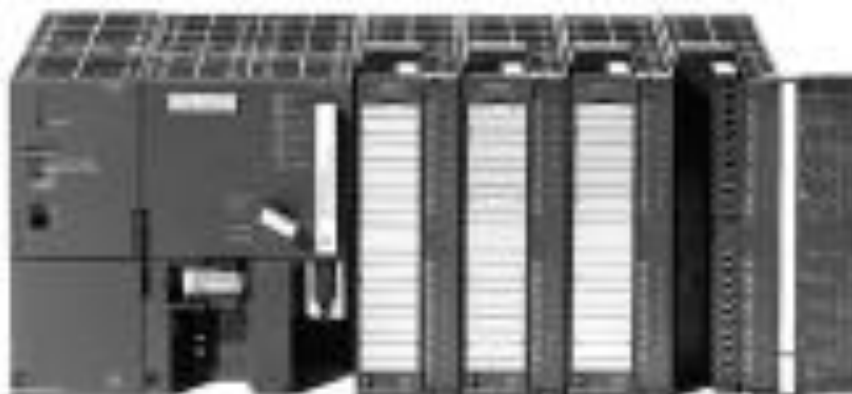


Рисунок 3.2 - Simatic S7-300

Контроллеры фирмы Siemens SIMATIC S7-400 (рисунок 3.3) имеют самую высокую производительность, модульную конструкцию и позволяют решать наиболее сложные задачи автоматизации производства и технологических процессов.

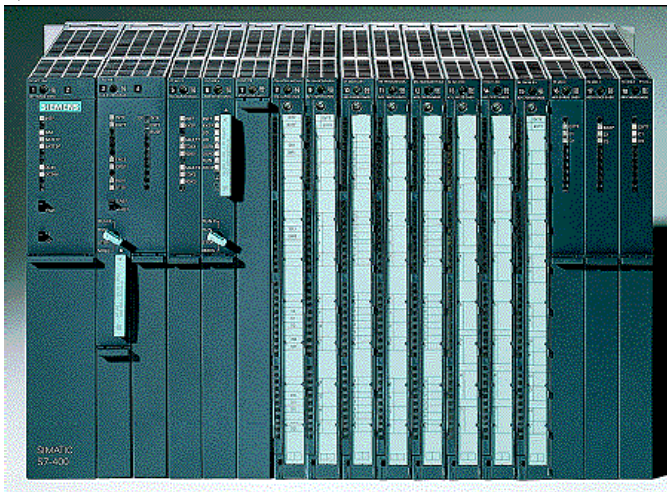


Рисунок 3.3 - Simatic S7-400

Данные контроллеры обладают наиболее расширенным списком дополнительных модулей, кроме математических сопроцессоров они имеют специальные коммуникационные процессоры, сигнальные и функциональные модули. Поэтому данный контроллер обладает лучшими с точки зрения функциональности возможностями и позволяет использовать его практически во всех отраслях промышленности.

Для программирования всех представленных контроллеров применяется специализированный язык программирования STEP7.

### 3.2 Выбор контроллера

Проведя небольшое сравнение контроллеров остановимся на контроллере SIMATIC S7-300 поскольку он имеет необходимые дополнительные модули, однако дешевле чем SIMATIC S7-400. Таким образом разрабатываемая система управления станком на базе контроллера Simatic-S7-300 позволит управлять всеми механизмами станка в автоматическом и ручном режимах.

Автоматический режим управления обеспечивает такую работу, при котором все механизмы балансировочного станка работают в замкнутой последовательности в соответствии с заложенной программой. Пуск или плановая остановка станка в автоматическом режиме осуществляется с пульта управления.

Система управления балансировочного станка позволяет осуществлять диагностику ряда неисправностей, которые реализованы средствами индикации.

Контроллер помимо основных блоков (центральный процессор, сигнальные модули) включает в себя широкий спектр дополнительных модулей, к которым относятся коммуникационные процессоры и функциональные модули.

Главная задача центрального процессора обработка всей поступающей информации. Сигнальные модули служат для обработки сигналов поступающих на вход в виде цифрового или аналогового сигнала, а также выдачи информации на выход. Коммуникационные процессоры позволяют связывать в единую сеть основные элементы системы управления станка и подключать станок к единой производственной сети. Функциональные модули служат для автоматического регулирования.

Кроме перечисленных модулей в состав контроллера входят блок питания и интерфейсные модули. Блок питания осуществляет функцию снабжения электроэнергией и преобразования входного напряжения промышленных значений в, как правило, постоянное напряжение для питания остальных элементов контроллера. Интерфейсный модуль в свою очередь позволяет соединять воедино все модули и функционировать всей системе как единое целое, объединяя до 32 модулей в базовом блоке и дополнительных стойках расширения.

### 3.2.1 Блок питания

Для целей станка балансировки подойдет источник питания PS307 (рисунок 3.4). Он имеет светодиодный индикатор напряжения, переключатель выбора входного напряжения 120В или 230В, выключатель напряжения 24В, а также винты для подсоединения входного и выходного напряжения.



Рисунок 3.4 - Блок питания PS - 307

На рисунке 3.5 представлена схема соединения блока питания.

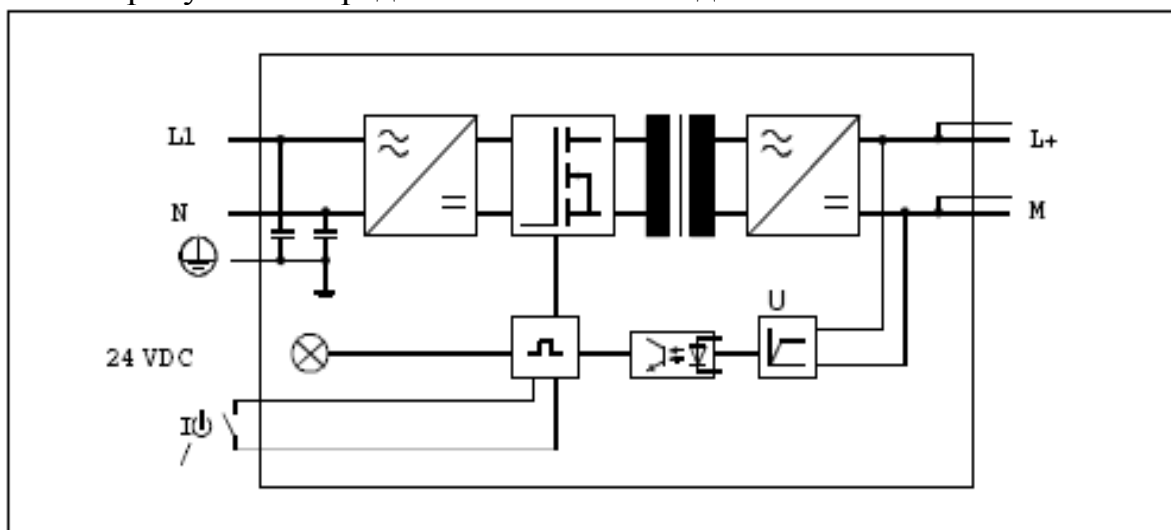


Рисунок 3.5 – Электрическая схема подключения блока питания

В приложении 1 приведены технические характеристики блока питания.

### 3.2.2 Модуль центральных процессоров

Данный модуль объединяет в своем составе несколько центральных процессоров, он определяет быстродействие и работоспособность всего контроллера в целом, по заложенной программе управляет всей системой.

Поэтому от его выбора зависит работа станка, его быстродействие и функциональность.

Выбираем для контроллера модуль центральных процессоров CPU 312 IFM, который изображен на рисунке 3.6.

Технические данные центрального процессора CPU 312 IFM приведены в приложении 2.

### 3.2.3 Модули входов и выходов

Данные модули предназначены для подключения к ним различных датчиков и исполнительных элементов, они служат для преобразования входной и выходной информации и согласования уровней напряжений и токов центрального блока и внешних устройств.

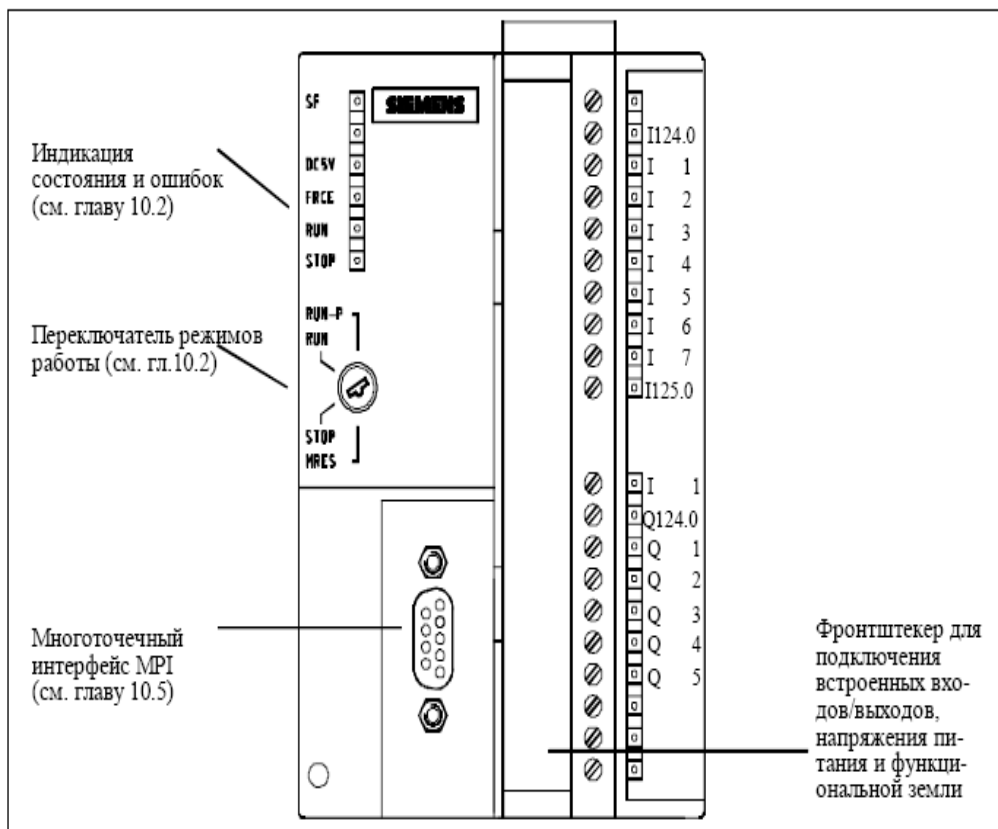


Рисунок 3.6 - CPU 312 IFM

Данные модули есть как в составе центрального процессора, так и в модулях расширения, поэтому есть возможность подключить к контроллеру большое количество внешних устройств.

Подключение внешних устройств возможно либо через винты, либо через зажимы с защелками.

Выбираем цифровой модуль ввода SM 321; DI 16 × 24 VDC.

Внешний вид и принципиальная схема цифрового модуля ввода SM 321; DI 16 × 24 VDC изображена на рисунке 3.7

Выбираем цифровой модуль вывода SM 322; DO 16 x 24 VDC/0.5A.

Внешний вид и принципиальная схема цифрового модуля вывода SM 322; DI 16 × 24 VDC изображена на рисунке 3.8

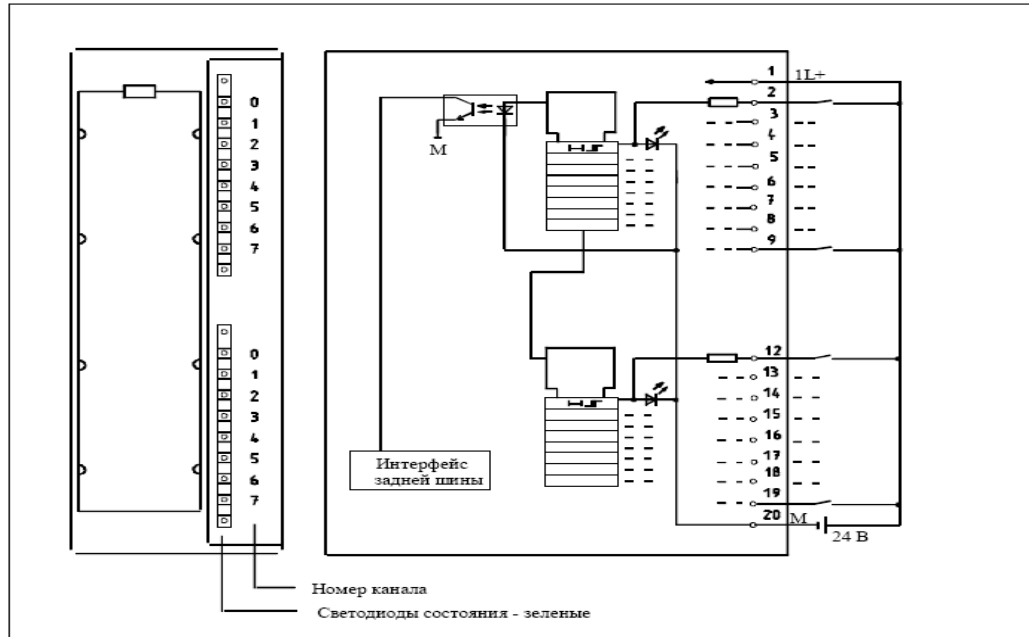


Рисунок 3.7 - Внешний вид и принципиальная схема цифрового модуля ввода SM 321; DI 16 × 24 VDC

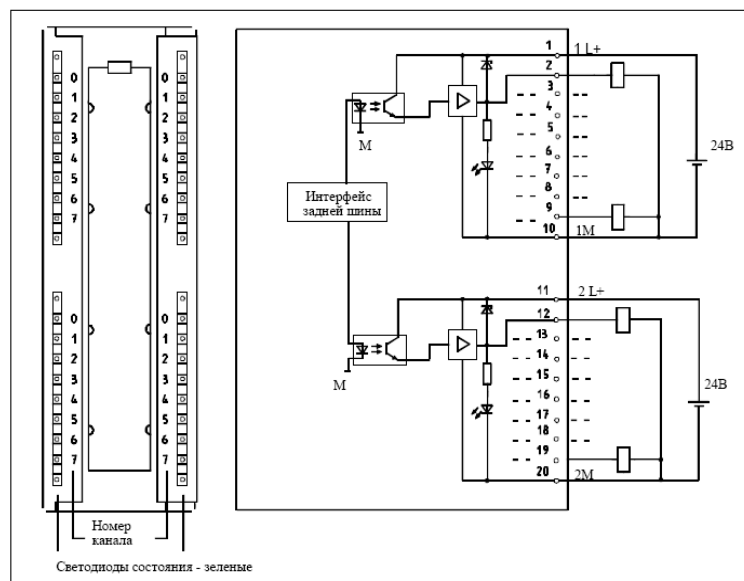


Рис. 3-9. Внешний вид и принципиальная схема цифрового модуля вывода SM 322; DO 16 × 24 VDC/0.5A

Рисунок 3.8 - Внешний вид и принципиальная схема цифрового модуля вывода SM 322; DI 16 × 24 VDC

Выбираем аналоговый модуль ввода SM 331; AI 2 x 12 Bit. Внешний вид и принципиальная схема аналогового модуля ввода SM 331; AI 2 x 12 Bit изображена на рисунке 3.9.

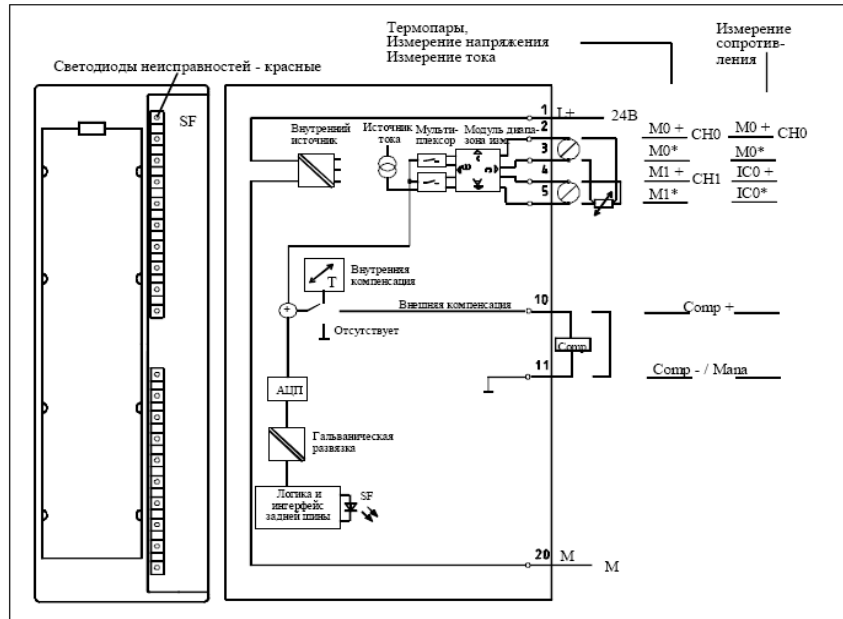


Рис. 4-23. Внешний вид и принципиальная схема аналогового модуля ввода SM 331; AI 2 12Bit

Рисунок 3.9 - Внешний вид и принципиальная схема аналогового модуля ввода SM 331; AI 2 x 12 Bit

Выбираем аналоговый модуль вывода SM 331; AO 4 x 12 Bit.

Внешний вид и принципиальная схема аналогового модуля вывода SM 331; AI 2 x 12 Bit изображена на рисунке 3.10.

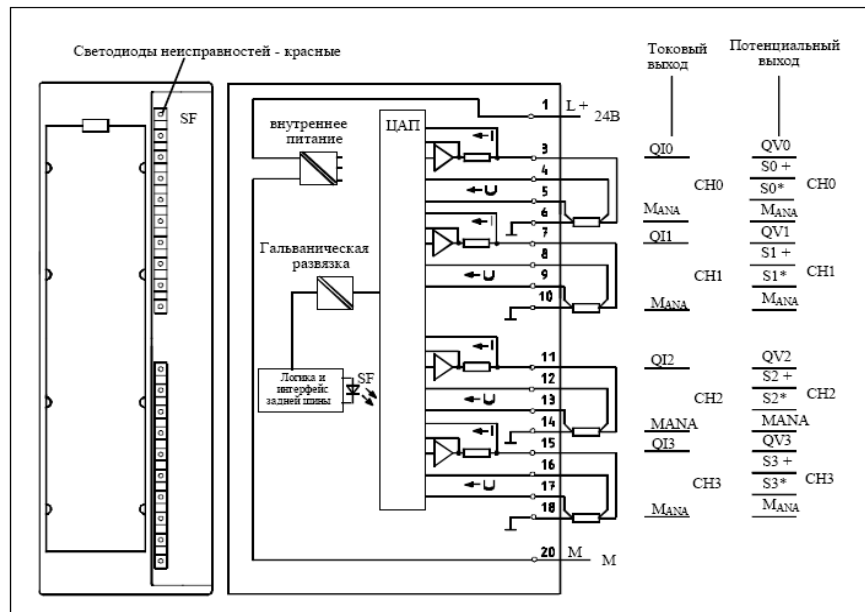


Рис. 4-24. Внешний вид и принципиальная схема аналогового модуля вывода SM 332; AO 4 12 Bit

Рисунок 3.10 - Внешний вид и принципиальная схема аналогового модуля вывода SM 331; AI 2 x 12 Bit

Выбираем модуль с релейными выходами SM 322; DO 8 x 230 VAC REL. Внешний вид и принципиальная схема релейного модуля вывода SM 322; DO 8 x 230 VAC REL Bit изображена на рисунке 3.11



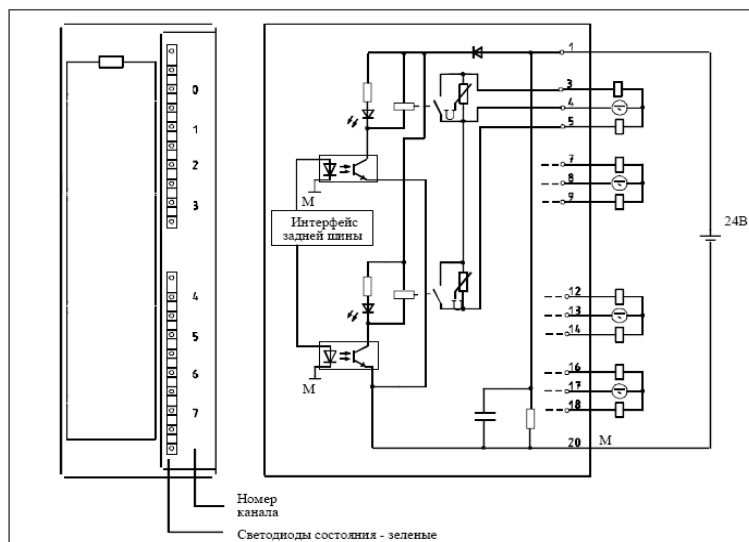


Рис. 3-16. Внешний вид и принципиальная схема модуля с релейными выходами SM 322; DO 8 230 VAC REL.

Рисунок 3.11 - Внешний вид и принципиальная схема релейного модуля вывода SM 322; DO 8 x 230 VAC REL

### 3.3 Разработка алгоритма работы сверлильной станции

1. Вывод станции в исходное положение осуществляется электродвигателем быстрого хода до срабатывания концевого выключателя “исходное положение головки”. При срабатывании концевого выключателя электродвигатель отключается. Электродвигатель рабочего хода отключен. Электродвигатель сверления выключен. Деталь разжата. Станция в исходном положении.

2. Ориентация детали до срабатывания концевого выключателя “деталь в плоскости V1”.

3. Когда деталь сориентирована, происходит зажим детали, контролируемый бесконтактными датчиками.

4. После зажима детали включается двигатель ускоренного хода сверлильной головки. Включение электродвигателя контролируется сигналом с блок-контактов электромагнитного пускателя, исправность двигателя - сигналом с блок-контактов автоматического выключателя. При выключенном автомате цикл работы станции останавливается.

5. Если после включения двигателя ускоренного хода сверлильная головка остается в исходном положении цикл работы станции останавливается. В противном случае продолжается.

6. Включается электродвигатель вращения сверл. Включение электродвигателя контролируется сигналом с блок-контактов электромагнитного пускателя, исправность двигателя - сигналом с блок-

контактов автоматического выключателя. При выключенном автомате цикл работы станции останавливается.

7. При перемещении станции вперед до концевого выключателя “рабочий ход” выключается электродвигатель ускоренного хода и включается электродвигатель рабочего хода. Если концевой выключатель неисправен, цикл работы станции останавливается.

8. При срабатывании датчиков контроля касания сверл начинается измерение глубины сверления потенциометром. При достижении заданной глубины сверления головка отводится в исходное положение.

9. Не зависимо от срабатывания датчиков контроля касания сверл и контроля заданной глубины сверления, при срабатывании концевого выключателя “максимальная глубина сверления” головка отводится в исходное положение.

10. Конец цикла работы станции.

## 4 Разработка вибродатчика

### 4.1 Обзор вибродатчиков

Вибродатчики встраиваются в балансировочный станок для измерения дисбаланса и измеряют, в зависимости от типа виброскорость или изменение силы давления по времени. Различают следующие типы вибродатчиков:

- электродинамические датчики;
- пьезоэлектрические датчики;
- тензометрические полоски;
- индуктивные ощупывающие головки.

Обычно применяются в балансировочном оборудовании электродинамические и пьезоэлектрические датчики.

#### 4.1.1 Электродинамический датчик

Датчики этого типа часто называют “Катушками погружения” (рисунок 4.1). Они пригодны для всех типов станков. Постоянный магнит 1 создает в магнитном зазоре 2 постоянную магнитную индукция  $B$ . Линии магнитного поля замыкаются через корпус 3. В воздушном зазоре 2 катушка 4 так прикреплена к мембранам 5 и 6, что она может передвигаться перпендикулярно к линиям магнитного поля. Движение катушки происходит от стержня 7. При движении катушки относительно корпуса в ней возникает ЭДС самоиндукции  $E$ , пропорциональное произведению виброскорости  $V$ , Индукции  $B$  и длины проводника  $L$  в магнитном поле, это значит  $E=BLV$ . Так как  $B$  и  $L$  постоянны, то возникает непосредственная пропорциональность выходным напряжением и виброскоростью. Это значит  $E=V$ .

Датчик прикрепляется параллельно к возможно жесткому конструктивному элементу станка и измеряет движение элемента станка находящегося в силовом потоке центробежной силы.

Постоянство выдаваемого напряжения при постоянной виброскорости ( $mV/mm/sek.$ ) по времени очень высоко. Выдаваемое напряжение почти полностью не зависит от температуры.

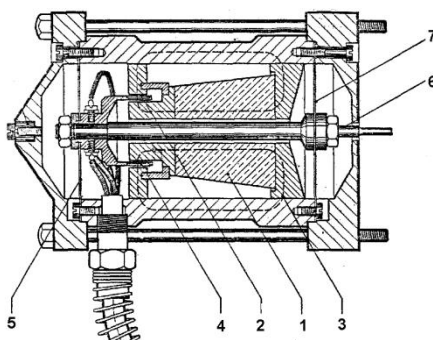


Рисунок 4.1 - Электродинамический датчик

#### 4.1.2 Пьезоэлектрический датчики силы

Пьезоэлектрический датчики силы при динамической нагрузке давления выдают электрический ток, пропорциональный по времени изменению силы давления. Поэтому для измерения дисбаланса нужна тройная интеграция выходного тока. Эти датчики должны быть встроены с предварительной механической нагрузкой т.к они способны воспринимать только давление, а не тягу. Это значит, что они не могут измерять через “0”. Они должны быть расположены в силовом потоке станка. Проблематично это может быть в больших станках (большие центробежные силы). Для того чтобы здесь измерить, маленькими, точными датчиками, необходимо разделить силовой поток, чтобы датчик нагружался только в соответствии с его диапазоном работы. Непосредственное в строение в силовой поток станка возможен при более малых станках.

#### 4.2 Выбор вибродатчика

В качестве вибродатчика выбираем относительный вибродатчик T19 электродинамического типа. Эти датчики, из-за большого постоянства, особенно применимы для станков, с предварением дисбаланса в продолжение длительного времени. Калибровка или предваряемый дисбаланс должны контролироваться через большие отрезки времени. Датчики прикрепляются параллельно к возможно жесткому конструктивному элементу станка и измеряют деформацию или движение элемента станка находящегося в силовом потоке центробежной силы (=опорный мост). Сейсмическая (особо мягкая) подвеска возможна для определенных применений, например для автоматических линий. Постоянство выдаваемого напряжения при постоянной виброскорости очень велико.

#### 4.3 Расчет ЭДС вибродатчика



## 5 Расчет источника питания

Для питания контроллера необходимо переменное напряжение 220 В. Так как цепь питания имеет переменное напряжение 380 В с частотой  $f=50$  Гц, то нужно разработать понижающий трансформатор. В качестве трансформатора выбираем силовой трансформатор броневого типа. Расчет трансформатора приведен ниже.

### 5.1 Выбор магнитопровода

Принимаем мощность трансформатора  $P=0,6$  кВт, марку стали 3411, толщиной  $\delta=0,35$  мм, индукцией  $B_m=1,5$  Тл.

Размеры магнитопровода должны выбираться по минимуму длины средней магнитной линии и допустимой индукции. Однако длина магнитной линии определяется размерами обмотки. Целесообразно найти произведение сечения стали и площади окна сердечника. Принимаем КПД трансформатора  $\eta = 0,9$ , плотность тока  $j = 3$  А/см<sup>2</sup>, коэффициент заполнения окна сердечника  $\kappa_m=0,3$ , коэффициент заполнения окна медью  $\kappa_c = 0,91$ .

$$Q_c \cdot S_{окн} = \frac{P}{\eta \cdot B_m^2} \cdot 10^8 \quad (5.1)$$

где;  $Q_c$ -сечение стержня;  $\eta$  - КПД трансформатора;  $B_m$  - допустимая индукция в сердечнике;  $j$ - плотность тока;  $\kappa_c$ - заполнения окна медью.

Параметры магнитопровода даны в таблицу 5.1.

Таблица 5.1 - Параметры магнитопровода

Размер пластин	Магнитопровод					Справочные данные					
	Габаритные размеры, мм		Размеры окна, мм		Сечение стержня, $Q_c, \text{см}^2$	Сечение стержня, $Q_o, \text{см}^2$	$Q_o$ $Q_c$ $\text{см}^4$	Вес сердечника Ge1, кг	$l_{ср},$ см	$S_{охл},$ см	
	$L$	$H$	$b$	$l_0=a$	$h$						
Ш40	160	120	32	40	100	12.8	40	512	5,100	34.3	1080

## 5.2 Расчет обмоток

Действующее значение ЭДС первичной обмотки

$$E_1 = \frac{U_c}{k} \quad (5.2)$$

где  $U_c$  - напряжение в первичной обмотке;

$U_c$  - напряжение сети.

$$E_{10} = \frac{U_c}{k} \quad (5.3)$$

Предварительное значение ЭДС одного витка

Число витков первичной обмотки:

$$W_1 = \frac{E_1}{E_{10}} \quad (5.4)$$

где  $W_1$  - число витков первичной обмотки

Предварительное значение ЭДС первичной обмотки

$$E_{10} = \frac{U_c}{k} \quad (5.5)$$

где  $U_c$  - действующее значение ЭДС вторичной обмотки

Действующее значение ЭДС вторичной обмотки

$$E_2 = \frac{U_2}{k} \quad (5.6)$$

где  $U_2$  - действующее значение ЭДС вторичной обмотки

Число витков вторичной обмотки

$$W_2 = \frac{E_2}{E_{10}} \quad (5.7)$$

где  $W_2$  - число витков вторичной обмотки без учета потерь

Число витков первичной обмотки без учета потерь

$$W_1 = \frac{E_1}{E_{10}} \quad (5.8)$$

где  $W_1$  - число витков первичной обмотки без учета потерь

Пределим ток х.х:

$$I_m = \frac{I_0}{k} \quad (5.9)$$

где  $I_0$  - ток холостого хода

где  $H$  - напряженность поля равная;

$I_m$  - ток первичной обмотки х.х.

Для расчета по графику принимаем напряженность  $H=4 \text{ A/cm}$ .

$$I_m = \frac{H \cdot l}{k} \quad (5.10)$$

где  $l$  - длина сердечника;

Потери в сердечнике:

$$P_c = P_e \cdot W_1 \quad (5.10)$$

где  $P_c$  - потери в стали;

где  $P_c$  - потери в стали;

$P_e$  - удельные потери.

Для расчета, по графику принимаем  $p_c=3,6 \text{ Вт/кг}$ .

$$P_c = p_c \cdot W_1 \quad (5.11)$$

где  $P_c$  - активная составляющая тока х.х, вызванная потерями в стали

Активная составляющая тока х.х, вызванная потерями в стали

$$I_m = \frac{P_c}{U_c} \quad (5.11)$$

где  $I_m$  - активизирующий ток

Активизирующий ток

$$I_m = \frac{P_c}{U_c} \quad (5.12)$$

где  $I_m$  - ток первичной обмотки

Ток первичной обмотки:

$$I_m = \frac{P_c}{U_c} \quad (5.13)$$

где  $I_m$  - предварительное значение диаметров обмоточных проводов

Предварительное значение диаметров обмоточных проводов

$$d = \sqrt{\frac{I_m}{j}} \quad (5.14)$$

где  $d$  - диаметр провода

Для первичной обмотки

Выбираем провод марки ПЭВ-2,  $d = 0,8$  мм, с толщиной изоляции 0.08 мм.

Для вторичной обмотки:

Выбираем провод марки ПЭВ-2,  $d = 1,12$  мм, с толщиной изоляции 0.09 мм.

Окончательное сечение и диаметр проводов выбираются по ближайшим данным ГОСТ. Выбранные данные сведены в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 - Параметры проводов

Диаметр провода по меди, мм	Сечение, мм <sup>2</sup>	Сопротивление 1 км при 20 <sup>0</sup> С, Ом
-----------------------------------	--------------------------	-------------------------------------------------


0,8	0,502	34,9
-----	-------	------

1,12	0,985	17,1
------	-------	------



### 5.3 Размещение обмоток


Число витков в слое обмотки




$$n_{\text{сл}} = \frac{D_{\text{из}}}{d_{\text{из}}} \cdot k_{\text{у}} \quad (5.15)$$

$h_{\text{сл}}$  - толщина слоя;  
 $d_{\text{из}}$  - диаметр провода;  
 $k_{\text{у}}$  - коэффициент укладки.

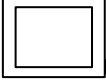
Для первичной обмотки:



Для вторичной обмотки:




Число слоев обмотки

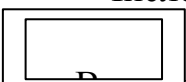


$$N_{\text{п}}, N_{\text{в}} \quad (5.16)$$

Число слоев первичной обмотки



Число слоев вторичной обмотки



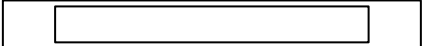
В качестве межслойной изоляции  $B_c$  для первичной обмотки намоточную бумагу толщиной 0,07 мм, а для вторичной обмотки кабельную бумагу толщиной 0,12 мм. Для межобмоточной и внешней изоляции  $B_0$  применяем два слоя кабельтовой бумаги, толщиной 0,12 мм.

Толщина обмотки катушки



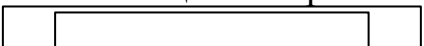
$$h_{\text{к}} \quad (5.17)$$

Толщина первичной обмотки катушки:




мм.

Толщина вторичной обмотки катушки



мм.

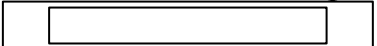
Толщина катушки с учетом толщины межобмоточной изоляции:



$$h_{\text{к}} \quad (5.18)$$

мм.


Величина зазора между катушкой и сердечником



$$g \quad (5.19)$$

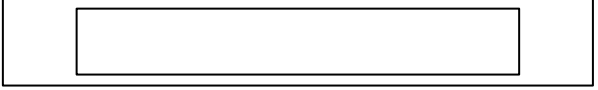
мм.

Расстояние от гильзы до середины первичной обмотки



мм.

Расстояние от гильзы до середины вторичной обмотки



мм.





## 6 Надежность технической системы

### 6.1 Расчет показателей безотказности

Каждая техническая система, будь она автономной или работающей в какой-то системе, должна отвечать критериям надежности. Надежностью характеризуются практически все системы и комплексы. Надежность это критерий, который определяет свойство системы обеспечивать служебное назначение изделия или системы в целом и обеспечивать технические показатели системы в определенных численных значениях в течение оговоренного срока службы. При этом надежность является многокритериальным показателем и чтобы оценить систему с точки зрения надежности необходимо просчитать большое количество показателей и компонентов.

Целью расчетов является определение долговечности системы (срока службы), показателей безотказности системы – свойство непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого интервала времени, а также определение динамики отказов. Определение этих параметров ставится перед разработчиком технической системы.

Расчет надежности производится для того, чтобы дать оценку конструктивным параметрам системы, ее возможности функционирования в течение определенного срока, обеспечения необходимых мероприятий технического и технологического обслуживания в течение всего срока эксплуатации.

Таким образом определение надежности системы важно проводить на этапе проектирования. Необходимо не только оценить надежность в целом, но и указать какие детали и узлы являются более надежными, а какие менее, рассмотреть пути и мероприятия для повышения надежности.

Технический объект, который рассматривается в данной работе, является сложным и многообразным с точки зрения конструктива, поэтому оценивать его надежность необходимо для каждого укрупненного узла, агрегата или детали.

Определим надежность системы только для электромеханической части станка, т.е. для той его части, которую подвергаем модернизации.

Разобьем ее на отдельные узлы, сформируем последовательную логическую систему представленную на рисунке 6.1 и проведем расчет показателей долговечности.

Рисунок 6.1 – Система для расчета показателей долговечности

Данная логическая система показывает последовательность и взаимосвязь отдельных блоков между собой и их влияние на надежность системы в целом. Таким образом расчет будет производиться по этим отдельным функциональным блокам.

Построение блоков в цепочку последовательного соединения говорит о том, что прекращение функционирования отдельного блока приведет к отказу в работе всей системы. Такое построение не является оптимальным с точки зрения надежности системы, однако данное построение вытекает из самой системы, поэтому придется находить пути для повышения надежности.

В качестве исходных данных для расчета примем срок службы станка равный 15 годам, он вытекает из паспорта на станок и установлен был производителем станка.

В теории надежности определены следующие показатели долговечности (таблица 6.1).

В соответствии с таблицей выбранные показатели необходимо задать с целью проведения расчетов. Со средним сроком службы мы уже определились и приняли его равным 15 годам.

Средний ресурс, как правило, определяется за принимаемый временной интервал или за срок службы, он измеряется в единицах работы системы и поэтому в нашем случае может быть принят в часах.

Таблица 6.1 - Показатели долговечности

Гамма-процентный ресурс определяется с учетом вероятности того, что система отработает свой срок службы. Данная величина измеряется в процентах и чаще всего она составляет 70-95%. Для каждого вида механизмов эта величина своя и известна из теории надежности.

Другие показатели, которые имеются в данной таблице необходимы для более точных расчетов и для согласования единиц измерения в случаях когда предыдущие показатели имеют различные единицы измерения. В нашем случае в этих показателях нет необходимости.

Рассмотрим показатели безотказности. Основные из них представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 - Показатели безотказности

Данные показатели безотказной работы определяются с учетом математического ожидания работоспособности системы во время ее эксплуатации до поломки или выхода из строя, а также подсчета количества отказов в течение всего срока эксплуатации, определения количества поломок в единицу времени и т.д.

Конечным показателем, который определяет безотказность работы всей системы является вероятность безотказной работы. Таким образом в нашем случае стоит задача определить эту вероятность.

А исходными данными для проведения расчетов являются следующие величины:

- а) информации о безотказности элементов технической системы;
- б) информации о безотказности сборочных единиц технической системы;
- в) информации о безотказности изделий – аналогов или их сборочных единиц;
- г) заданных требований к показателям безотказности по нормативно – техническим документам на изделие, другим руководящим документам или планам производства.

## 6.2 Расчет показателей надежности

Средний ресурс определяется соотношением:

$$T_{p.c.p.} = T_{cл.} T_z K_u , \quad (6.1)$$

где  $T_{cл.} = 10 \text{ лет}$  – средний срок службы;

$T_z$  – годовой фонд времени в часах;

$K_u$  – коэффициент использования оборудования.

Фонд времени работы оборудования

$$T_z = [D_k - (D_v + D_{np})] \cdot T_{cm} \cdot n \cdot K_u . \quad (6.2)$$

$$K_u = K_э \cdot K_{ин} \quad (6.3)$$

где  $K_{ин}$  - коэффициент интенсивной загрузки оборудования;

$K_э$  - коэффициент экстенсивного использования оборудования:

$$K_э = T_{ф} / T_{пл} , \quad (6.4)$$

где  $T_{ф} = 7,5 \text{ час.}$  – фактическое время работы оборудования в смену;

$T_{пл} = 8,00 \text{ час.}$  – плановое время работы оборудования в смену.

Подставляя значения в формулу (8.4), получим:

$$K_э = 7,5 / 8 = 0,94 .$$

$$K_{ин} = B_{ф} / B_{пл} , \quad (6.5)$$

где  $B_{ф}$  – фактическое количество деталей, изготавливаемых в смену;

$B_{пл}$  – плановое количество деталей, изготавливаемых в смену.

$$B_{ф} = (T_{cm} - T_{n-з} - T_n) / T_{шт} , \quad (6.6)$$

где  $T_{cm}$  – продолжительность смены в часах;

$T_{шт} = 0,02 \text{ час.}$  – время на изготовления съема (3 установка);

$T_{n-з} = 0,01 \text{ час.}$  – подготовительно-заключительное время на одну деталь;

$T_n = 0,4 \text{ часа}$  – потери времени, связанные с переналадкой оборудования после сбоев.

Подставляя значения в формулу, получим

$$B_{\phi}=(8-0,01-0,4)/0,02=380 \text{ шт.}$$

$$B_{nl}=(T_{cm}-T_{n-3})/T_{шт}. \quad (6.7)$$

Подставляя значения в формулу, получим

$$B_{nl}=(8-0,01)/0,02=400 \text{ шт.}$$

Таким образом коэффициент интенсивной загрузки оборудования равен

$$K_{ин} = 380 / 400 = 0,95.$$

Подставляя полученные значения в формулу (8.5), получим:

$$K_u = 0,94 \cdot 0,95 = 0,89.$$

Таким образом фонд времени работы оборудования составит

$$T_z = [365 - (102 + 10)] \cdot 8 \cdot 2 \cdot 0,89 = 3602 \text{ час.}$$

Подставляя полученные значения в формулу, получим

$$T_{p.ср.} = 10 \cdot 3602 \cdot 0,89 = 32058 \text{ часов.}$$

Планируемое время наступления предельного состояния.

Данная характеристика показывает, когда дальнейшая эксплуатация недопустима или нецелесообразна и необходимо решать вопрос о ремонте, восстановлении или списании.

$$T_{pmin.} = T_{p.ср.} - 3\sigma, \quad (6.8)$$

где  $\sigma = V \cdot T_{p.ср.}$  – среднее квадратичное отклонение:

$$V = 0.05 \dots 0.3.$$

$$\sigma = 0.06 \cdot 32058 = 1923 \text{ часа.}$$

Подставляя значения в формулу, получим:

$$T_{pmin.} = 32058 - 3 \cdot 1923 = 26288 \text{ часов.}$$

Расчёт показателей долговечности: показатели долговечности приведены в таблице.

Коэффициент вариации:

$$V = \sigma / T_{p.ср.} \quad (6.9)$$

Подставляя значения в формулу, получим

$$V = 1923 / 26288 = 0,073;$$

Далее определим безотказность остальных узлов системы и уточним безотказность всей системы в целом. Известно, что безотказность электродвигателя в соответствии с каталогом равна 0,90; электропривода - 0,95; контролера - 0,96 измерительной станции - 0,9, измерительного прибора - 0,99

Рассмотрим последовательную цепь элементов X1, X2, X3, X4, X5. Нам известно, что ТС имеет показатель безотказности равный 0,7, тогда

$$X1 \cdot X2 \cdot X3 \cdot X4 \cdot X5 \cdot X6 = P(t), \quad (6.10)$$

где X1, X2, X3, X4, X5, X6 – показатели безотказной работы элементов системы;

$P(t)$  – вероятность безотказной работы всей системы.

$$X1=0,96 \cdot 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,9=0,77$$

Гамма-процентная наработка

$$T_{p\gamma} = T_{p\text{ ср.}} \cdot (1 - V \cdot U_P), \quad (6.11)$$

$$T_{p\gamma(1)} = 32058 \cdot (1 - 0,073 \cdot 1,285) = 29050 \text{ часов}$$

$$T_{p\gamma(2)} = 32058 \cdot (1 - 0,073 \cdot 1,645) = 28208 \text{ часов}$$

$$T_{p\gamma(3)} = 32058 \cdot (1 - 0,073 \cdot 1,751) = 27960 \text{ часов}$$

$$T_{p\gamma(4)} = 32058 \cdot (1 - 0,073 \cdot 1,645) = 28208 \text{ часов}$$

$$T_{p\gamma(5)} = 32058 \cdot (1 - 0,073 \cdot 2,326) = 26615 \text{ часов}$$

Наработка в составе системы

$$T_{\gamma} = T_{p\gamma} / K, \quad (6.12)$$

$$T_{\gamma(1)} = 29050 / 5 = 5810$$

$$T_{\gamma(2)} = 28208 / 5 = 5641$$

$$T_{\gamma(3)} = 27960 / 5 = 5592$$

$$T_{\gamma(4)} = 28208 / 5 = 5641$$

$$T_{\gamma(5)} = 26615 / 5 = 5323$$

Таблица 6.3 – Формуляр для расчета ресурсных показателей сборочных единиц, деталей и узлов технической системы (проектный вариант)

Наименование узла или детали	Безотказность P(t)	Закон распределения	Коэф



ер	0,96	Нормальный
льный	0,999	Нормальный
	0,95	Нормальный
вигатель	0,95	Нормальный
льная	0,9	Нормальный

### 6.3 Определение моментов диагностики

Определение моментов диагностирования состоит в выборе таких моментов времени  $X_1, X_2, \dots, X_k$  проведения диагностических проверок, которые минимизировали бы полные затраты от финансовых последствий отказов и от проведения диагностик.

$$n(n-1) \leq 2C_2C_1T \quad (6.13)$$

где  $n$  - количество проверок;

$T$  - срок службы технической системы;

$C_1$  - затраты на диагностику;

$C_2$  - потери от отказа технической системы.

Срок службы технической системы  $T$  обычно назначается в годах. Для проведения расчетов его необходимо разбить на временные интервалы (год, квартал, месяц, неделя). Степень разбивки зависит от срока службы и необходимой точности определения времени диагностирования.

В качестве первого приближения стоимость диагностики  $C_1$  с применением технических средств принимается равной норме амортизационных отчислений  $H_a$  от стоимости этого средства, которую, например, для нестандартного оборудования определяют исходя из срока службы в годах по следующей формуле

$$H_a = 1/T \quad (6.14)$$

$$C_{2i} = C_{2i-1} - C_{2i-1} \cdot H_a \quad (6.15)$$

где  $i$  – номер года;

$C_2$  - потери от отказа;

$H_a$  - норма амортизации.

Моменты диагностирования с учетом равновероятностного закона распределения отказов определяются по формуле:

$$X_k = kTn + k(n-k)C_1C_2 \quad (6.16)$$

где  $k$  - текущий номер диагностической проверки.

Определим потери от отказов по формуле 6.16. Примем норму амортизации равной 10 %:

$$i=1, C_2=1;$$

$$i=2, C_2=1-1 \cdot 0,1=0,88$$

$$i=3, C_2=0,88-0,88 \cdot 0,1=0,77$$

$$i=4, C_2=0,77-0,77 \cdot 0,1=0,68$$

$$i=5, C_2=0,68-0,68 \cdot 0,1=0,6$$

$$i=6, C_2=0,6-0,6 \cdot 0,1=0,53$$

$$i=7, C_2=0,53-0,53 \cdot 0,1=0,47$$

$$i=8, C_2=0,47-0,47 \cdot 0,1=0,41$$

$$i=9, C_2=0,41-0,41 \cdot 0,1=0,36$$

$$i=10, C_2=0,36-0,36 \cdot 0,1=0,32.$$

Определяем количество проверок за первый год работы по формуле 6.8

$$n(n-1) = 2 \cdot (1/0,1) \cdot 120 = 50$$

Из 50 проверок для первого года эксплуатации оставим моменты диагностирования, укладывающиеся в период первых 12 месяцев:

$$X_1 = (1 \cdot 120/50) + (1 \cdot (50-1)) \cdot (0,1/2 \cdot 1) = 4,9 \text{ мес.}$$

$$X_2 = (2 \cdot 120/50) + (2 \cdot (50-2)) \cdot (0,1/2 \cdot 1) = 9,6 \text{ мес.}$$

Для условий второго года (изменилась величина амортизационных отчислений, так как после года эксплуатации уменьшилась балансовая стоимость системы):

$$n(n-1)=2 \cdot (0,88/0,1) \cdot 120=47$$

Во второй год эксплуатации (вторые 12 месяцев) попадают следующие моменты диагностирования:

$$X3=(3 \cdot 120/47)+(3 \cdot (47-3)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,88)=15,4 \text{ мес.}$$

$$X4=(4 \cdot 120/47)+(4 \cdot (47-4)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,88)=20 \text{ мес.}$$

Определяем количество проверок за третий год работы:

$$n(n-1)=2 \cdot (0,77/0,1) \cdot 120=44$$

В третий год эксплуатации (третьи 12 месяцев) попадают следующие моменты диагностирования:

$$X5=(5 \cdot 120/44)+(5 \cdot (44-5)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,77)=26,3 \text{ мес.}$$

$$X6=(6 \cdot 120/44)+(6 \cdot (44-6)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,77)=31,2 \text{ мес.}$$

$$X7=(7 \cdot 120/44)+(7 \cdot (44-7)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,77)=35,9 \text{ мес.}$$

Определяем количество проверок за четвертый год работы:

$$n(n-1)=2 \cdot (0,68/0,1) \cdot 120=41$$

В четвертый год эксплуатации (четвертые 12 месяцев) попадают следующие моменты диагностирования:

$$X8=(8 \cdot 120/41)+(8 \cdot (41-8)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,68)=42,8 \text{ мес.}$$

$$X9=(9 \cdot 120/41)+(9 \cdot (41-9)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,68)=47,4 \text{ мес.}$$

Определяем количество проверок за пятый год работы:

$$n(n-1)=2 \cdot (0,6/0,1) \cdot 120=40$$

В третий год эксплуатации (третьи 12 месяцев) попадают следующие моменты диагностирования:

$$X10=(10 \cdot 120/40)+(10 \cdot (40-10)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,6)=55 \text{ мес.}$$

$$X11=(11 \cdot 120/40)+(11 \cdot (40-11)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,6)=59,6 \text{ мес.}$$

Определяем количество проверок за шестой год работы:

$$n(n-1)=2 \cdot (0,53/0,1) \cdot 120=36$$

В шестой год эксплуатации (шестые 12 месяцев) попадают следующие моменты диагностирования:

$$X12=(12 \cdot 120/36)+(12 \cdot (36-12)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,53)=67,2 \text{ мес.}$$

$$X13=(13 \cdot 120/36)+(13 \cdot (36-13)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,53)=71,5 \text{ мес.}$$

Определяем количество проверок за седьмой год работы:

$$n(n-1)=2 \cdot (0,47/0,1) \cdot 120=34$$

В седьмой год эксплуатации (седьмые 12 месяцев) попадают следующие моменты диагностирования:

$$X14=(14 \cdot 120/34)+(14 \cdot (34-14)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,47)=79,2 \text{ мес.}$$

$$X15=(15 \cdot 120/34)+(15 \cdot (34-15)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,47)=83,2 \text{ мес.}$$

Определяем количество проверок за восьмой год работы:

$$n(n-1)=2 \cdot (0,41/0,1) \cdot 120=32$$

В восьмой год эксплуатации (восьмые 12 месяцев) попадают следующие моменты диагностирования:

$$X16=(16 \cdot 120/32)+(16 \cdot (32-16)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,41))=90,2 \text{мес.}$$

$$X17=(17 \cdot 120/32)+(17 \cdot (32-17)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,41))=95,1 \text{мес.}$$

Определяем количество проверок за девятый год работы:

$$n(n-1)=2 \cdot (0,36/0,1) \cdot 120=30$$

В девятый год эксплуатации (девятые 12 месяцев) попадают следующие моменты диагностирования:

$$X18=(18 \cdot 120/30)+(18 \cdot (30-18)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,36))=102 \text{мес.}$$

$$X19=(19 \cdot 120/30)+(19 \cdot (30-19)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,36))=106,8 \text{мес.}$$

Определяем количество проверок за десятый год работы:

$$n(n-1)=2 \cdot (0,32/0,1) \cdot 120=28$$

В десятый год эксплуатации (десятые 12 месяцев) попадают следующие моменты диагностирования:

$$X20=(20 \cdot 120/28)+(20 \cdot (28-20)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,32))=110,7 \text{мес.}$$

$$X21=(21 \cdot 120/28)+(21 \cdot (28-21)) \cdot (0,1/2 \cdot 0,32))=115,6 \text{мес.}$$

## Заключение

В ходе выполнения бакалаврской работы была модернизирована система автоматического управления на базе контроллера Simatic-S7. Контроллер и его различные модификации, подходят так же для применения на других станках применяемых на ОАО “АВТОВАЗ”. Модернизированная система управления призвана заменить существующую устаревшую систему управления балансировочного станка. Замена существующей системы связана с частыми поломками в старой системе управления.

Контроллер может быть собран на основе разработанных чертежей, как на самом заводе, так и по заказу на специальных предприятиях.

Внедрение контроллера позволит снизить затраты на ремонт станка и повысить точность и надежность технической системы.

## Список используемой литературы

1. Бродин В.Б. Шагурин И.И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. - М.: Издательство ЭКОМ, 1999.-400 с: илл.
2. Бочков А.П., Гасюк Д.П., Филлюстин А.Е. Модели и методы управления развитием технических систем. Учебное пособие: СПб.: Издательство «Союз», 2003. -288 с.
3. Епифонов А.П., Малайчук Л.М., Гушинский А.Г. Электропривод: Учебник / Под ред. А.П. Епифанова. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 400 с.: ил.
4. Информационные устройства систем автоматики. Методические указания. Сост. Никифоров Б.Н. - М.: ИЦ ГОУ МГТУ «Станкин», 2014. -28 с.
5. Источники вторичного электропитания /В.А.Гловацкий, Г.Н.Гулякович, Ю.И. Конев и др.; Под. ред. Ю.И.Конева – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Радио и связь, 2003. –280 с.: ил.
6. Источники электропитания радиоэлектронной аппаратуры: Справочник /Г.С.Найвельт, К.Б.Мазель, Ч.И.Хусаинов и др.; Под ред. Г.С.Найвельта. – М.: Радио и связь, 2006. –576 с., ил.
7. Костиков В.Г., Парфенов Е.М., Шахнов В.А. Источники электропитания электронных средств. Схемотехника и конструирование: Учебник для вузов. – 2-е изд. – М.: Горячая линия – Телеком, 2001. – 344с.: ил.
8. И.П. Копылов, Ф. А. Горяинов, Б. К. Клоков и др.; Под ред. И. П. Копылова. Проектирование электрических машин: Учеб. пособие для вузов /И. П. –М.: Энергия, 1980. -496 с., ил.
9. Малафеев СИ., Малафеева А.А. Системы автоматического управления: Учебное пособие. Владим. гос. ун-т. Владимир, 1998 г. -152 с.
10. Михеев Ю. Е., Сосонкин В. Л. Системы автоматического управления станками. – М.: Машиностроение, 2012, -365с.
11. Никитенко Г.В. Электропривод производственных механизмов : Учебное пособие. – 2-е изд., и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2013. – 224 с.: ил.
12. Подураев Ю.В. Мехатроника: основы, методы, применение: учебное пособие для студентов вузов. – М.: Машиностроение, 2006. – 256 с.
13. Сидоров И.Н. Скорняков С.В. Трансформаторы бытовой радиоэлектронной аппаратуры: Справочник. – М.: Радио и связь, 1994. – 320 с.
14. Синопальников В.А., Григорьев С.Н. Надежность и диагностика технологических систем. Учебник. М.: ИЦМГТУ «Станкин», Янус-К. 2003

15. Сливинская А.Г. Электромагниты и постоянные магниты. Учеб. пособие для вузов/И. П. –М.: Энергия, 2002. -248 с., ил.
16. Сушкова Л.Т., Тарарышкина Л.И., Титов В.Н. Введение в микроэлектронику: Практикум/Владим. гос. ун-т; Владимир, 2003. -128 с.
17. Турчин А.М Электрические измерения неэлектрических величин. Госэнергоиздат, 2002, -675с.
18. Федотов А.В. Автоматизация управления в производственных системах: Учебное пособие. Омск: Изд. ОмГТУ, 2001. -368 с.
19. Фролов Ю.М., Шелякин В.П. Проектирование электропривода промышленных механизмов: Учебное пособие. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 448 с.: ил.
20. Чунихин А.А Электрические аппараты: Общий курс. Учебник для вузов М.: Энергоиздат, 1988. -720с.
21. Шапкарина Г.Г. Основы цифрового управления. Основные понятия и описание цифровых систем управления: Учеб. пособие. Ч. 1. – М.: Изд. Дом МИСиС, 2009. – 63 с.
22. Anderson D. Gary Variable Frequency Drives: Installation & Troubleshooting (Practical Guides for the Industrial Technician), TAB Books, 1994.
23. Gottlieb, Irving M. Electric Motors and Control Techniques / by Irving M. [Gottlieb](#). – 2nd ed. TAB Books, 1994.
24. Rex Miller, [Mark Miller](#) Industrial Electricity and Motor Controls / Library of Congress Cataloging-in-Publication Data / - Second Edition, 2014.
25. Steven McFadyen Motor Starting and Control Primer: An introduction to the starting techniques and control of electric motors, 2014.
26. Hughes A., Drury B. Electric Motors and Drives: Fundamentals, Types and Applications, / Library of Congress Cataloging-in-Publication Data, 2013.