**Цифровые системы управления следящего электропривода и основные принципы их построения**

 Система управления следящего электропривода (СУ СЭП) – это замкнутая динамическая система, которая получает на вход переменную, произвольно меняющуюся во времени, и обеспечивает ее отработку на выходе таким образом, чтобы погрешность слежения не превышала допустимых (заданных) значений. Следящие электроприводы производственных механизмов подразделяются по назначению на электроприводы со слежением по угловому или линейному перемещениям ИОРМ, по исполнению – на электрические с двигателями постоянного и переменного тока, по системе управления – на системы с суммирующим усилителем и с подчиненным регулированием координат, по принципу действия – на аналоговые, дискретные (релейные и импульсные) и цифровые системы [11,13].

По своему действию СУ СЭП является астатической, обеспечивающей полную отработку управляющего воздействия с  небольшой погрешностью, определяемой возмущающими воздействиями и параметрами системы. Точность работы СУ СЭП при управлении оценивают по точности воспроизведения задающего сигнала, который при исследованиях изменяют с постоянной скоростью, с постоянным ускорением или по гармоническому закону.

В качестве измерительных устройств в СУ СЭП используются потенциометры, сельсины и синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы (СКВТ), имеющие погрешность отработки рассогласования у потенциометров 0,2 – 0,6%, у сельсинов 0,25 – 1o и поворотных трансформаторов  –  единицы угловых минут, а также цифровые датчики линейных и угловых перемещений.

Исполнительным устройством в СУ СЭП являются тиристорные и транзисторные электроприводы постоянного и переменного тока. В электроприводах постоянного тока широкое применение находят высокомоментные двигатели серий ДПМ и ПБВ [13], обеспечивающие высокое быстродействие за счет малых индуктивностей обмоток и моментов инерции якоря, а также за счет обеспечения высоких пусковых моментов, превышающих номинальные значения до восьмикратных.

Питание следящих электроприводов осуществляется от индивидуальных источников постоянного тока и от промышленных сетей переменного тока с частотой 50 Гц. Маломощные электроприводы питаются от источников с частотой 400 Гц. Измерительные и преобразующие устройства, а также промежуточные усилители, питаются преимущественно от источников переменного тока с частотой 400 Гц. Это уменьшает габариты и снижает инерционности этих устройств.

В общем виде цифровая СУ СЭП может быть представлена структурной схемой, приведенной на рисунке 5.9.

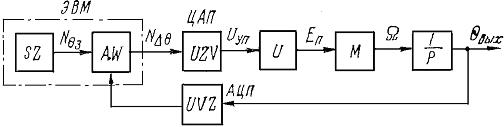


Рисунок 5.9 - Структурная схема цифровой СУ СЭП

Управление положением осуществляется от ЭВМ. Она задает алгоритм управления и контролирует его отработку. Задание осуществляется в цифровом коде*NӨЗ* с помощью устройства ввода задания *SZ*. Сигнал обратной связи по положению обеспечивается также в цифровом коде*NӨвых*, получаемый с помощью АЦП *UVZ*. АЦП осуществляет квантование непрерывной величины по уровню и времени и обеспечивает кодирование,    т.е. преобразование аналоговых сигналов в цифровые. Сравнивающее устройство*АW* от ЭВМ производит сравнивание цифровых сигналов задания и обратной связи и вырабатывает цифровой сигнал управления . Далее этот цифровой сигнал декодируется в ЦАП и превращается в аналоговый сигнал задания скорости*UУП*,управляющий электроприводом; если ЭВМ обеспечивает регулирование скорости и тока в цифровом виде, то осуществляется прямое управление электроприводом.

Возможности используемой цифровой техники определяют основные достоинства цифровых СУ СЭП: высокие точность и помехозащищенность, реализацию сложных алгоритмов управления с помощью ЭВМ и организацию цифровой индикации работы электропривода.

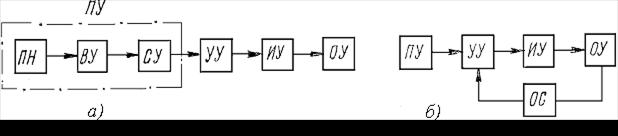
Цифроаналоговые СУ СЭП позволяют получить высокую статическую точность регулирования (погрешность 0,01 — 0,001%), присущую цифровым устройствам, и хорошие динамические показатели, т.е. высокое быстродействие с хорошим качеством переходного процесса, обеспечиваемые аналоговой частью системы. Статическая точность цифровых систем определяется шагом квантования по времени, минимальное значение которого ограничено точностью измерения параметра регулирования и точностью преобразования его значений в цифровую форму.

Применение цифровых систем быстро увеличивается в связи с развитием ЭВМ и созданием микро-ЭВМ и микропроцессоров [11,12,14].

**5.5 Системы программного управления электроприводами, принципы их построения и классификация**

5.5.1 Системами программного управления (СПУ) являются системы автоматического управления рабочей машиной или ее отдельным исполнительным органом — объектом управления (*ОУ*), осуществляющие управления в соответствии с заданной управляющей программой [9,10,11,15].

Обобщенная структурная схема СПУ приведена на рисунке 5.10. Она включает в себя программное (*ПУ*), управляющее (*УУ*) и исполнительное (*ИУ*) устройства, объект управления (*ОУ*) и обратную связь (*ОС*). *ПУ*содержит программоноситель (*ПН*), вводное (*ВУ*) и считывающее (*СУ*) устройства. *ПН*, в качестве которого используются перфоленты, магнитные ленты, дискеты и диски, штекерные и другие матрицы или ЭВМ, хранит информацию задания или чертежа, введенную в него программистом или ЭВМ в виде управляющей программы. *ВУ* вводит информацию управляющей программы в управляющее устройство с помощью *СУ*, если она записана на *ПН* или непосредственно от ЭВМ. *УУ* корректирует потоки информации управляющей программы в соответствии с информацией обратной связи или других источников информации, например, интерполяторов, производит требуемые математические операции и вырабатывает управляющие воздействия на исполнительные элементы – электроприводы.



*а* – разомкнутая;  *б* – замкнутая.

Рисунок 5.10 - Структурная схема системы программного управления

В СПУ применяются быстродействующие регулируемые и следящие электроприводы постоянного и переменного тока, которые приводят в движение объект управления в соответствии с информацией управляющей программы. Обратную связь осуществляют датчики обратной связи, вырабатывающие поток информации о фактическом положении ИОРМ, которая может определяться непосредственно при установке на исполнительном органе или косвенно при установке датчика на валу электрического двигателя электропривода.

Программное управление используется во всех отраслях промышленности, но особенно широкое распространение получило в металлообрабатывающей промышленности, где оно позволяет изготовлять изделия сложной формы с высокой точностью и производительностью без непосредственного участия человека.

СПУ классифицируется следующим образом: по принципу задания программы; по принципу управления; по принципу действия; по назначению.

По принципу задания управляющей программы СПУ разделяются на аналоговые и числовые. В аналоговых СПУ задание управляющей программы производится аналоговым сигналом в виде задания уровня напряжения постоянного тока или фазы напряжения переменного тока.

Числовые СПУ получили распространение в станкостроении. Поэтому термины и определения для них приводятся согласно ГОСТу 20523-81 «Устройства числового программного управления металлообрабатывающего оборудования». В соответствии с этим ГОСТом программное управление с записью программы числовым кодом называется числовым программным управлением (ЧПУ) и определяется как управление обработкой заготовки на станке по управляющей программе, в которой данные записаны в цифровой (числовой) форме. Существует множество различных числовых кодов, с помощью которых кодируется числовая информация управляющей программы. Наибольшее распространение в СПУ получили единичный, двоичный и двоично-десятичные коды.

Управляющее устройство в ЧПУ называется устройством ЧПУ (УЧПУ), а система, определяемая как совокупность функционально взаимосвязанных и взаимодействующих технологических и программных средств, обеспечивающих ЧПУ, называется системой ЧПУ (СЧПУ).

В соответствии с международной классификацией СЧПУ по уровню технических возможностей делятся на следующие классы:

NC (Numerical Control) – СЧПУ с покадровым считыванием программы при обработке каждой заготовки;

SNC (Stored Numerical Control) – СЧПУ с однократным считыванием программы перед обработкой партии одинаковых заготовок;

СNC (Computer Numerical Control) – СЧПУ с мини-ЭВМ (микропроцессором);

DNC (Direct Numerical Control) – СЧПУ группами станков от одной ЭВМ;

HNC (Handled Numerical Control) – оперативные СЧПУ с ручным набором программ на пульте управления.

По принципу управления СПУ выполняются разомкнутыми и замкнутыми. Разомкнутые СПУ (см. рисунок 5.10, *а*) имеют один поток априорной информации от управляющей программы (*УП*). Они обеспечивают невысокую, но достаточную по технологии работы машины, точность отработки программы. Замкнутые СПУ (см. рисунок 5.10,*б*) имеют два потока информации от программы *УП* и обратной связи *ОС*. Они обеспечивают высокую точность отработки за счет непрерывного контроля и наличия информации о состоянии ИОРМ.

По принципу действия СПУ подразделяются на аналоговые, импульсные, комбинированные (аналого-импульсные и импульсно-аналоговые) и кодовые [10,11]. Необходимо отметить, что в связи с развитием ЧПУ с ЭВМ такие СПУ, выполненные на аппаратных средствах уже, устарели. В настоящее время выпускаются только цифровые СЧПУ с импульсным шаговым электроприводом и с электроприводом постоянного и переменного тока непрерывного действия [10,11,15,16].

По назначению согласно технологическому признаку СПУ делятся на цикловые, позиционные и контурные.

Цикловые СПУ, или системы с цикловым программным управлением (ЦПУ), осуществляют управление одним или несколькими исполнительными органами рабочих машин ИОРМ, обеспечивающими требуемый технологический цикл, т. е. определенную обычно повторяющуюся последовательность отдельных ИОРМ или группы машин [17,18]. Последовательность действия определяется управляющей программой, задаваемой обычно в виде простых дискретных команд на включение и отключение электроприводов, приводящих в движение ИОРМ. Системы ЦПУ выполняются в основном разомкнутыми, а наличие датчиков положения, фиксирующих положения ИОРМ и дающих команды на включение и отключение электроприводов, рассматриваются как квазиобратные связи.

Наиболее характерно деление СПУ на позиционные и контурные в ЧПУ металлорежущими станками, где согласно ГОСТ 20523-81 позиционное ЧПУ определяется как числовое программное управление станком, при котором перемещение его рабочих органов происходит в заданные точки, причем траектории перемещения не задаются. Позиционное ЧПУ используется не только для управления движением в металлорежущих станках, но и в любых рабочих машинах, исполнительный орган которых требует перемещения с позиционированием. В таких системах важна точность установки заданного конечного положения исполнительного органа, а не траектории его перемещения.

Позиционные системы обычно осуществляют управление положением *ИО* в нескольких координатах на плоскости, где обеспечивается его точное позиционирование. В этом случае движение ИОРМ от одной координаты к другой происходит по любой траектории, но с минимальным временем перемещения для повышения производительности. Позиционные СПУ строятся на базе позиционных систем управления, в которых сигналы задания изменяются по заданной программе.

В позиционных ЧПУ применяются быстродействующие электроприводы в основном постоянного тока, удовлетворяющие требованиям позиционных электроприводов.

Под контурным ЧПУ понимается числовое программное управление станком (любой рабочей машины), при котором перемещение его исполнительных органов происходит по заданной траектории и с заданной скоростью для получения необходимого контура обработки (движения по контуру).

Контурные СЧПУ предназначены для управления перемещением ИОРМ (объекта управления) с непрерывно изменяющейся информацией управления, сигналы которой являются функциями времени, скорости, пути или любого другого параметра. Такие СПУ реализуют криволинейное движение объекта по заданному контуру как на плоскости, так ив пространстве. Характерная особенность таких СПУ состоит в непрерывной координации движений *ИО* в каждый момент времени как по пути, так и по скорости.

Контурные системы более сложны, чем позиционные как по алгоритмам управления, так и по требованиям к электроприводу. Обязательными блоками управляющих устройств контурных СПУ являются линейные и круговые интерполяторы, которые осуществляют программирование траекторий движения ИОРМ по опорным точкам в управляющей программе и преобразуют информацию цифрового кода программы в информацию в унитарном коде, обеспечивающую сигналы управления электроприводом.

Разработка самоприспосабливающихся адаптивных систем расширило классификацию ЧПУ по числу потоков информации. Создано адаптивное ЧПУ (АЧПУ), определяемое как числовое программное управление, при котором происходит автоматическое приспособление процесса обработки заготовки к изменяющимся условиям обработки по определенным критериям. Поэтому в современных ЧПУ появились дополнительные потоки информации, кроме основных потоков, определяемых только управляющей программой и главной обратной связью.

5.5.2 Цикловые СПУ обеспечивают работу одного или нескольких объектов управления, в которых ИОРМ осуществляют различные движения с повторяющимися одинаковыми циклами. Последовательность этих движений задается управляющей программой [18].

Управляющие программы в системах ЦПУ выполняются в виде жесткой неизменяемой и изменяемой программ. Жесткая неизменяемая управляющая программа задается в виде определенной схемы электроавтоматики, включение и отключение управляющих элементов которой производится по времени или по технической готовности ИОРМ.

Изменяемые жесткие управляющие программы в цикловых СПУ обычно строятся по схеме матрицы с заданием программы в виде наборов переключателей, штепсельных коммутаторов, командоаппаратов с переставными кулачками и с помощью программируемых контроллеров, представляющих собой электронные вычислительные устройства, реализующие логические функции релейных схем.

Управляющие программы в сложных цикловых СПУ задаются также в цифровом виде (ЧПУ) и памяти ЭВМ. Однако такие программы содержат только информацию о цикле и технологических режимах, а перемещение задается установкой упоров, воздействующих на путевые переключатели.

В цикловых СПУ используются электроприводы постоянного, а чаще переменного тока.

Более надежны цикловые СПУ, схемы которых собраны на бесконтактных логических элементах с применением микросхем. Однако создание схем цикловых СПУ на контактных аппаратах и бесконтактных логических элементах с жесткой неизменяемой программой требует большой затраты труда по их установке, монтажу и наладке.

Для осуществления больших схем цикловых СПУ используются программируемые контроллеры (программируемые командоаппараты) – *ПК*, представляющие собой специализированную управляющую мини-ЭВМ с устройствами входа и выхода, которые осуществляют логические функции любой схемы управления, записанные в виде введенной в память ЭВМ программы. *ПК* подключается к объекту управления каналами связи и работает с ним в непосредственном взаимодействии в реальном масштабе времени. Такая СПУ (см. рисунок 5.11) включает в себя программируемый контроллер *ПК*, входные и выходные устройства *ВУ*, устройства силовой автоматики *УСА* и источники питания *ИП.* *ПК* содержит центральное процессорное устройство *ЦПУ* (УВМ), обеспечивающее хранение и реализацию управляющей программы, и устройства сопряжения с входами *УС*вх и выходами *УС*вых,осуществляющие согласование параметров электрических внешних и внутренних цепей СПУ, и автономный источник питания *АИП*. Входными устройствами являются командные органы *КО* и датчики индикации состояния объекта управления *Д*, выходными – исполнительные элементы управления *ИЭУ* и сигнализации *ИЭС* и электрические двигатели *ЭД*.

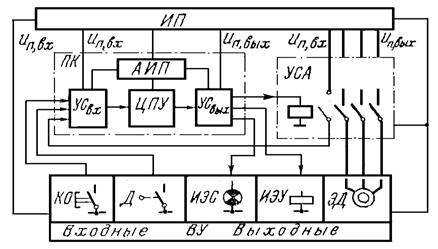


Рисунок 5.11 - Функциональная схема цикловой системы программного управления с программируемым контроллером

Такие *ПК* надежны, имеют малую трудоемкость введения и отладки программы и позволяют осуществлять индикацию работы схемы с помощью световой сигнализации и дисплея и проводить диагностику их работы. Два источника питания в *ПК* (*ИП* и *АИП*) обеспечивают энергозависимую и энергонезависимую памяти. При этом первая не сохраняет (обнуляет) свои данные при отключении внешних источников энергии, являясь как бы нулевой защитой *ПК*, а вторая сохраняет свои данные при отключении энергии, сохраняя тем самым алгоритм работы процессора, содержание команд, необходимых для реализации рабочей программы.

Структура *ПК* организуется по блочно-модульному принципу, что позволяет подобрать конкретный комплект модулей в соответствии с характеристиками автоматизированного объекта. При этом можно реализовать как простые схемы управления циклами, так и сложные системы комплексного управления оборудованием с решением задач технической диагностики, неисправностей и т. д.

Принцип действия *ПК* объясняется его функциональной схемой         (см. рисунок 5.12). Вначале *ПК* работает в режиме записи программы, которая набирается на программной панели (загрузчике программы) и записывается (загружается) в постоянное запоминающее устройство (*ПЗУ*). Далее *ПК* переключается в режим работы, в котором сканнер (генератор тактовых импульсов) последовательно опрашивает *ПЗУ*, входные и выходные регистры устройств сопряжения с входами и выходами, согласно адресу программы (операнда) выбираются соответствующие ячейки регистров ввода и вывода и подключаются к процессору. Процессор в соответствии с командами  (шагами) программы, поступающих из *ПЗУ*, совершает логические операции над сигналами входов и выходов и преобразует состояние входов в состояние выходов. Если состояние входов не изменилось по сравнению с предыдущим циклом опроса, то процессор подтверждает текущее состояние выходов; если изменилось, то процессор изменяет состояние выходов, согласно программе, записанной в *ПЗУ*. Опрос участков программы производится циклично, один за другим, в порядке размещения их в программе с возвращением к началу программы после окончания полного цикла опроса.

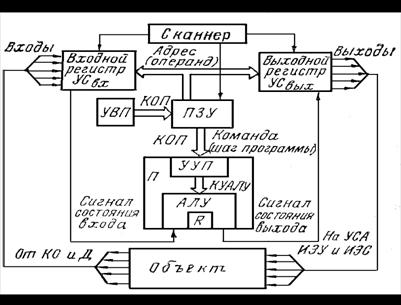


Рисунок 5.12 - Функциональная схема программируемого контроллера

Центральной частью *ПК* является процессор *П*, структура которого определяет параметры *ПК*: быстродействие, систему команд, число входов и выходов, количество таймеров и счетчиков, объем памяти для хранения программы. Процессором выполняются операции считывания и обработки команд, запроса операндов из памяти, передачи управляющих команд на выходные устройства. Процессор состоит из арифметическо-логического устройства *АЛУ*, которое осуществляет логические операции программы; устройства управления процессора *УУП*, обеспечивающего преобразование кода программы в код управления *АЛУ*; регистра памяти результата вычисления *R;*счетчиков адресов шагов программы (САШП) и адресов запоминающего устройства*САЗУ*, считывающих соответственно шаги программы и операнды (адреса входа); шин адреса для передачи адреса шагов программы и шин данных для передачи операндов.

Связь процессора с модулями „вход – выход” реализуется через модули процессора, называемые адаптерами, с их помощью осуществляются передача текущего значения входного сигнала в *ПЗУ* и выдача управляющих воздействий на выходные модули, адрес которых задан операндом. Если управление в модулях выхода выполняется не дискретными исполнительными сигналами, а аналоговыми, то используются устройства *ЦАП* и *АЦП*.

Рабочий цикл *ПК* разделяется на три этапа. На первом этапе, называемом сканированием входных сигналов, происходит загрузка в *П3У* опрашиваемых входных модулей. На втором этапе обеспечивается обработка программы, а на третьем, заключительном — передача управляющих сигналов выходные модули. Возможно совмещение во времени этих этапов. Время цикла определяется длиной программы. Окончание программы и переход к другому циклу в *ПК* осуществляются двумя способами: командой конца программы и обработкой всего объема *ПЗУ*.

5.5.3 Система числового программного управления (СЧПУ) состоит из устройства ЧПУ (УЧПУ) и исполнительного устройства в виде следящего электропривода [18]. Структура канала управления СЧПУ приведена на рисунке 5.13. Она включает в себя устройство ввода информации программы *УВП*, пульт ручного управления *ПРУ*, блок запоминания информации программы *БЗП*, интерполятор *И*, блок преобразования сигналов управления электроприводом *БПСУ*, электропривод *ЭП*, объект управления *ИОРМ* и датчик обратной связи по положению*ДОСП*.

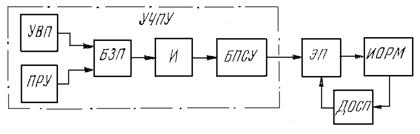


Рисунок 5.13 - Структура канала управления СЧПУ

*УВП* содержит программоноситель *ПН*, вводное *ВУ* и считывающее *СУ* устройства (см. рисунок 5.10). В качестве *ПН* в УЧПУ, на которые записывается программа в двоичном коде, используются дискеты, диски и т.д. Числовая информация о перемещении *ИОРМ* записывается количеством импульсов унитарного кода, определяющим нужное перемещение в миллиметрах, при известном шаге перемещения *ИОРМ* от одного импульса.

Информация из программоносителя *ПН* поступает в *БЗП*                     (см. рисунок 5.13), который запоминает информацию, считанную с *ПН*, осуществляет ее контроль и формирует сигнал при ошибке в записи программы. *БЗП* необходим, так как информация считывается с *ПН* последовательно (построчно), а используется в УЧПУ параллельно, т. е. вся сразу в пределах одного кадра. В контурных СПУ перерыв информации недопустим, поэтому в *БЗП* используются два блока памяти, из которых в один записывается информация, а из другого считывается и наоборот после переключения этих блоков. Блок, в который записывается информация, называют буферным (*БП*), а из которого считывается – рабочим (*РП*).

После записи информации каждого кадра информация переписывается из буферной памяти в рабочую или блоки памяти переключаются, т. е. меняются местами.

Информация из рабочей памяти поступает в интерполятор, который преобразует информацию, записанную в *РП* в двоичном коде в число импульсов, следующих в единичном унитарном коде, и обеспечивает линейную или круговую интерполяцию траектории движения *ИОРМ* между двумя или более заданными точками в двухкоординатной СЧПУ.

При использовании шагового электропривода используются простые разомкнутые импульсно-шаговые ЧПУ с шаговыми двигателями *ШД*[11,16], функциональная схема одной координаты, которой приведена на рисунке 5.14.

Импульсы программы из интерполятора *УЧПУ* в унитарном коде поступают по двум информационным каналам, определяющим направление движения ИОРМ «вперед» (+) и «назад» (–), в усилитель-формирователь *УФ*, где усиливаются и формируются в импульсы требуемой длительности и формы с крутыми фронтами. Далее импульсы управления поступают в распределитель импульсов *РИ*, усиливаются усилителями мощности *УМ* и распределяются по обмоткам *ШД*. В ЧПУ на металлорежущих станках применяется двигатель типа ШД5Д-1М с шагом 6º и моментом на валу 0,06 Н·м, использующийся с гидроусилителем [16]. В принципе можно взять любой силовой *ШД*, например, четырехфазный индукторный *ШД* типа ШДА-Ф с шагом 22,5° и моментом до 1 Н·м.

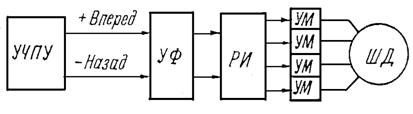


Рисунок 5.14 - Функциональная схема одной координаты импульсно-шаговой СЧПУ

Распределитель импульсов служит для преобразования импульсов управления в многоканальную систему напряжений питания *ШД*. Схем *РИ* существует много. Они построены на основе реверсивных счетных кольцевых схем. В последнее время в связи с развитием микроэлектроники *РИ* выполняются на интегральных микросхемах, построенных на основе сдвиговых регистров и счетчиков с дешифраторами.

Широкое распространение в СПУ получили ЭВМ, начиная с использования их для расчета и составления управляющих программ и до управления электроприводами, осуществляющими движения *ИОРМ* [12]. В связи с развитием микроэлектроники и появлением микро-ЭВМ и микропроцессоров в СПУ произошел переход от использования малогабаритных ЭВМ с микросхемами малой и средней степени интеграции к микро-ЭВМ с микропроцессорными наборами и большими интегральными схемами памяти (БИС) [14]. Это обусловило коренные изменения структуры ЧПУ и появление оперативных СЧПУ с преимущественной подготовкой управляющих программ непосредственно у рабочей машины (станка), так называемой ОСУ – оперативной системы управления класса CNC (Computer Numerical Control). Используются также универсальные СЧПУ (универсальная система управления – УСУ) с подготовкой управляющих программ в вычислительном центре и непосредственно у станка.

Центральным узлом современных УЧПУ является микрокомпьютер, состоящий из микропроцессора и БИС-памяти. В качестве примера рассмотрим двухкоординатную контурную оперативную СЧПУ с ЭВМ, предназначенную для токарных станков. Функциональная схема СЧПУ приведена на рисунке 5.15.

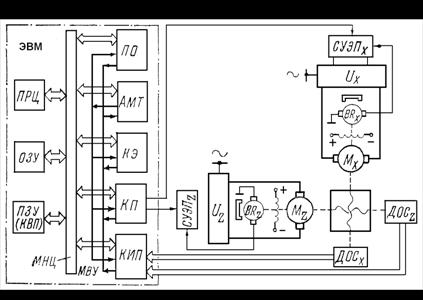


Рисунок 5.15 - Функциональная схема СЧПУ с ЭВМ

Эта СЧПУ обеспечивает управление двумя исполнительными органами станка по координатам*X* и *Z* поперечного и продольного перемещения по 999999 импульсов каждое. Движение осуществляется двумя следящими электроприводами с фотоимпульсными датчиками обратной связи, контуры которых осуществлены в ЭВМ программно. УЧПУ выполнено на ЭВМ, которая включает в себя пульт оператора *ПО*; процессор *ПРЦ*; оперативное *ОЗУ* и постоянное *ПЗУ* запоминающие устройства, где *ПЗУ* выполнено в виде кассеты внешней памяти *КВП*; адаптер магистрали и таймеров *АМТ*. В ЭВМ имеются интерфейсы выводов в виде контроллеров привода *КП* и импульсных преобразователей датчиков обратных связей *КИП*, иэлектроавтоматики *КЭ*.

Программа с *ПО* задается в цифровом двоичном коде. Ввод информации программы осуществляется по кадрам. При наборе программы используется буквенная и цифровая информации. При этом применяются буквы: *N* — номер кадра;*X* и *Z* – поперечное и продольное перемещения; *S* – частота вращения шпинделя;*F* – скорость подачи; *G* – подготовительная и *M* – вспомогательная функции и др. Перемещения задаются числом импульсов в соответствии с ценой импульсов в миллиметрах. При введении программы каждая команда в ЭВМ кодируется в восьмеричном коде и поступает в регистр кодов клавиатуры. Процессор по программе обслуживания пульта оператора опрашивает регистр кода клавиатуры и преобразует записанную в нем информацию во внутреннее представление ЭВМ и переводит ее в *ОЗУ*.

При подаче команды «ОТРАБОТКА ПРОГРАММЫ» процессор считывает из *ОЗУ* последовательно все кадры управляющей программы и с помощью программы «интерполятор» разбивает заданное перемещение *X* или*Z*с учетом скорости  перемещения  *F* на  дискреты  задания  *N*за время          *Δt*= 10мс равные  *NЗ* = (*X* / *F*) *Δt* .

Процессор опрашивает *АЦП* обратной связи, преобразуя сигналы датчика обратной связи*ДОС* также в числовые дискреты обратной связи  *NОС*. Далее процессор определяет числовой сигнал управления в виде дискрет, равных *Nу*= *NЗ* – *NОС* , который в *ЦАП* преобразуется в напряжение *uЗС*,подаваемое в систему управления электропривода, обеспечивающую работу электропривода, отрабатывающего заданное перемещение ИОРМ.

Адаптер магистрали и таймеров *АМТ* выполняет преобразование интерфейса общей шины управления, называемой магистралью *МНЦ*, в интерфейс контроллеров связи. Управление осуществляется по магистрали внешних устройств*МВУ*.

Системы числового программного управления с ЭВМ используются не только для управления движением в металлорежущих станках, но и в любых рабочих машинах, исполнительный орган которых требует перемещения с позиционированием. В таких системах важна точность установки заданного конечного положения исполнительного органа, а не траектории его перемещения.