

САМАРСКИЙ ордена ТРУДОВОГО
КРАСНОГО ЗНАМЕНИ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
ИМ. АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

***ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ,
КИНЕМАТИКИ, СИСТЕМЫ
ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО
УПРАВЛЕНИЯ
СТАНКА 6М13ГН1***

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ, ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
И ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

САМАРСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ,
КИНЕМАТИКИ, СИСТЕМЫ
ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО
УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА 6М13ГН1**

Методические указания

Составители: К. Ф. Митряев, М. Б. Сазонов

УДК 621.9.06.529.007.52

Изучение конструкции, кинематики, системы числового программного управления станка 6М13ГН1: Метод. указания / Самар. авиац. ин-т; Сост. К. Ф. Митряев, М. Б. Сазонов. Самара, 1992. 16 с.

Дано описание назначения, основных частей, узлов и рабочих органов станка, его исполнительных механизмов, фазовой системы числового программного управления, схемы записи программы на магнитной ленте и ее воспроизведения, наладки станка на обработку фасонной детали.

Методические указания предназначены для самостоятельного изучения станка и его наладки студентами дневных и вечерних факультетов. Работа подготовлена на кафедре «Резание, станки и режущие инструменты».

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С. П. Королева

Рецензент Л. С. Попов

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, КИНЕМАТИКИ, СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА 6М13ГН1

Цель работы: изучить назначение, принцип работы, рабочие органы, узлы, механизмы, тиристорный привод, систему числового программного управления (СЧПУ) вертикально-фрезерного станка 6М13ГН1, его наладку на изготовление фасонной детали, ознакомиться с органами управления при автоматической работе и в наладочном режиме.

Порядок выполнения работы:

- 1) ознакомиться с принципом работы и основными частями станка, рабочими органами и движениями;
- 2) детально изучить кинематику, механизмы и органы управления станком;
- 3) изучить принципиальную схему фазового СЧПУ, тиристорный привод механизма подачи, способ задания программы и ее считывание, ручное и автоматическое управление станком;
- 4) ознакомиться с наладкой станка на изготовление детали;
- 5) выполнить групповое и индивидуальное задания;
- 6) составить отчет по работе.

НАЗНАЧЕНИЕ, ПРИНЦИП РАБОТЫ И ОСНОВНЫЕ ЧАСТИ СТАНКА

Вертикально-фрезерный станок с числовым программным управлением (ЧПУ) 6М13ГН1 предназначен для трехкоординатной обработки деталей сложной формы типа кулачков, штампов, пресс-форм по замкнутому автоматическому циклу в мелкосерийном и серийном производстве. Общий вид, основные узлы, рабочие органы и кинематика станка показаны на рис. 1 (вкладка).

Станина станка И — пирамидальной формы с коробчатым сечением. В основании станины размещен резервуар для СОЖ, в нижней ее части расположены две ниши для размещения электрооборудования, в средней — коробка скоростей. К верхней части

станции прикреплена поворотная фрезерная головка с выдвижной пинолью и шпинделем. На вертикальных направляющих станции установлена и может двигаться вверх и вниз консоль, по которой в поперечном направлении перемещаются салазки. На салазках установлен стол, перемещающийся в продольном направлении.

Фреза, закрепленная в шпинделе, вращается с заданной скоростью v , м/с и может перемещаться вдоль оси с пинолью с заданной подачей, а заготовка, установленная на столе, совершает движение подачи с заданной скоростью S_m , мм/мин. Перемещение стола, салазок и пиноли — автоматическое по программе или с ручным управлением. Установочное перемещение консоли — ручное с помощью рукоятки XIV.

Система числового программного управления станком — непрерывная, замкнутая (с обратной связью по положению), фазовая, трехкоординатная, с одновременным управлением по трем координатам, с тиристорным приводом. Программа записывается в виде синусоидального напряжения с помощью интерполятора, оснащенного фазовой приставкой. Электродвигателями постоянного тока, привода подач управляют тиристорные преобразователи, установленные в отдельном шкафу. Станок комплектуется пультом программного управления ПФСТЭ 12—500. Положительные направления координатных движений: X — стол влево; Y — салазки к оператору; Z — консоль вниз; Z' — пиноль вверх.

Техническая характеристика станка

Размер рабочей площади стола, мм	1600 × 400
Наибольшее перемещение стола, салазок и пиноли, мм	900, 320, 80
Наибольшая скорость перемещения стола, салазок и пиноли, мм/мин	1000, 1000, 640
Наибольшее установочное перемещение консоли, мм	420
Установочный разворот фрезерной головки	± 45°
Цена оборота (360°) смещения фазы системы по всем трем координатам, мм	0,64
Точность обработки, мм	± 0,1
Мощность главного привода, кВт	7,5

МЕХАНИЗМ ГЛАВНОГО ДВИЖЕНИЯ

Шпиндель VII станка (см. рис. 1) приводится в движение от главного электродвигателя А через коробку скоростей с двумя тройными и одним двойным передвижными блоками шестерен, обеспечивающими 18 различных частот вращения в пределах от 31,5 до 1800 об/мин по кинематической цепи:

$$n_{\text{шп}} = 1450 \begin{array}{c} \frac{27}{53} \frac{16}{38} \frac{19}{35} \frac{22}{32} \\ \frac{18}{47} \frac{27}{37} \frac{38}{26} \\ \frac{19}{69} \frac{82}{38} \end{array} \begin{array}{c} \frac{39}{39} \\ \frac{70}{70} \end{array}$$

Картина частот оборотов приведена на рис. 2.

Переключение скоростей осуществляется поворотом двух рукояток селективного механизма и кнопкой «Толчок шпинделя». При нажатии на эту кнопку происходит кратковременное включение двигателя, что облегчает переключение блоков. В процессе обработки заготовки обороты шпинделя не меняются. В качестве

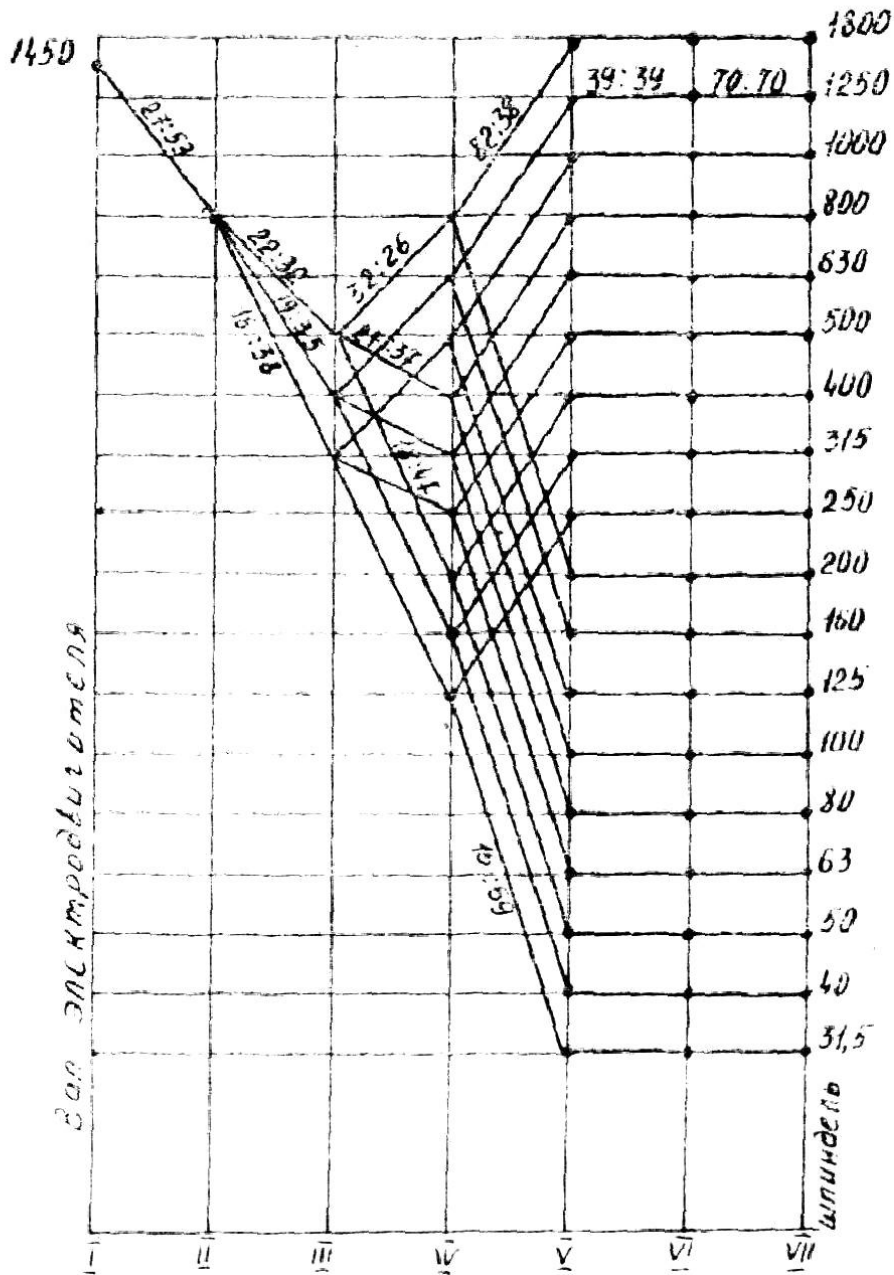


Рис. 2. Картина частот оборотов главного привода станка 6М13ГН1

опор шпинделя применены подшипники качения с регулируемым зазором. Все валы коробки скоростей также смонтированы на подшипниках качения.

МЕХАНИЗМ ПОДАЧ

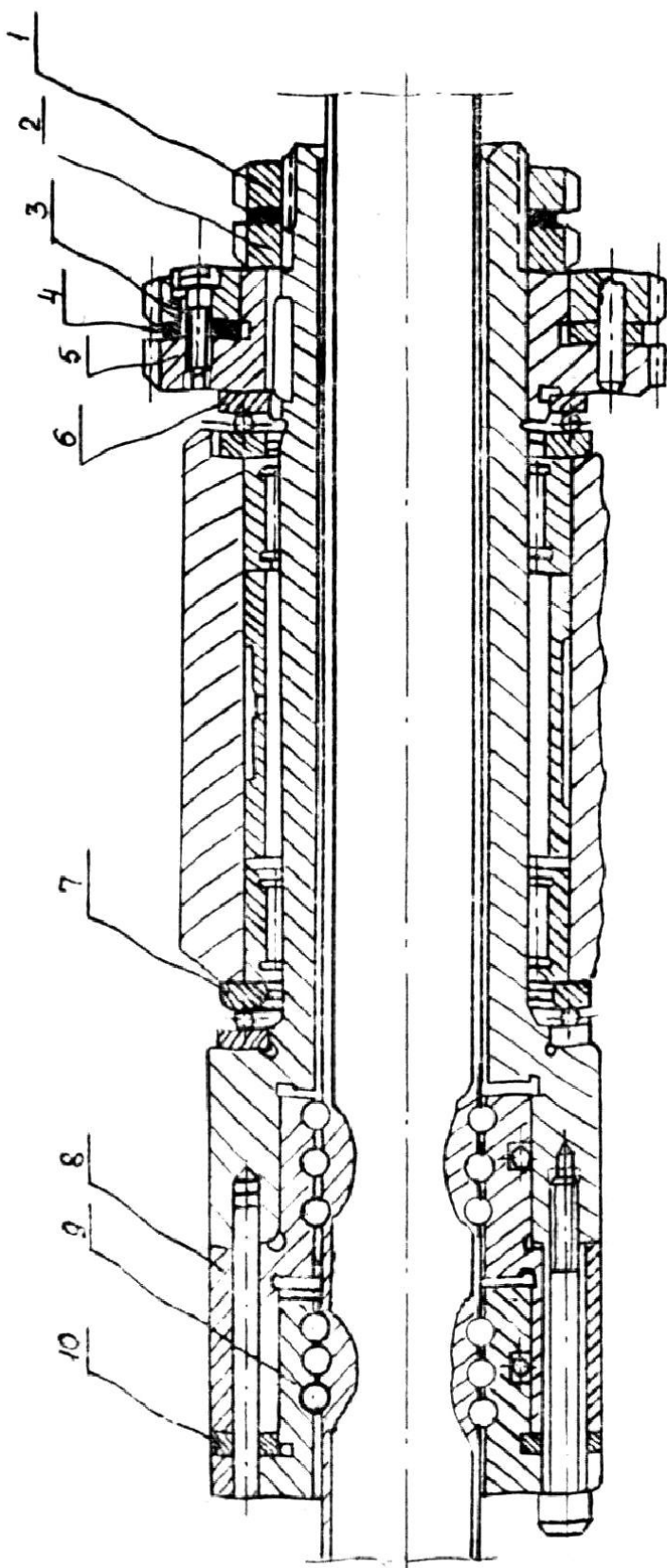


Рис. 3. Шариковая винтовая пара привода механизма подачи стола и салазок

Осевое перемещение шпинделя с гильзой (пинолью), в который он смонтирован, осуществляется шариковой винтовой парой с шагом $P = 6$ мм, получающей вращение от электродвигателя постоянного тока Б (ПБСТ-23, 0,55 кВт) через редуктор 20/75, 18/45 (см. рис. 1). Ручное перемещение производится поворотом валика IX через конические колеса 18/27. Установочный поворот головки на необходимый угол выполняется вокруг оси, проходящей через вал V.

Продольная подача стола (по координате X) и поперечная подача салазок (по координате Y) осуществляются от электродвигателей постоянного тока В и Г (ПБСТ-23, 0,85 кВт), прифланцованных к корпусам редукторов и соединенных с их валами. С обратной стороны с валами электродвигателей соосно соединены роторы тахогенераторов (ТГ).

От валов электродвигателей через цилиндрические колеса вращают гайки шариковых винтовых пар, сообщающие через винты

с шагом $P=8$ мм поступательные перемещения столу и салазкам. Регулирование скорости подачи осуществляется путем бесступенчатого изменения частоты вращения шпинделя с помощью тиристорных устройств. Во всех трех приводах подач производится выборка люфтов в зацеплении при помощи разрезных косозубых шестерен 3 и 5 с шайбами 4 (рис. 3). Выбор люфтов в шариковой паре обеспечивается применением гаек специальной конструкции 8 и 9 с прокладками 10 различной толщины. Регулировка подшипников 6 и 7 производится гайками 1, 2.

Для контроля выполненного движения от валов электродвигателей через редукторы 60/60 и 70/56 приводятся в движение валы роторов вращающихся трансформаторов (ВТО) — датчиков обратной связи по положению.

ТИРИСТОРНЫЙ ПРИВОД

Для бесступенчатого регулирования скорости подачи в станке применен тиристорный привод (ТП).

ТП состоит из двигателя постоянного тока $D_{пт}$, питаемого от сети переменного тока через полупроводниковые управляемые вентили-тиристоры. Частота вращения $D_{пт}$ зависит от напряжения на якоре, магнитного потока, тока нагрузки и определяется по формуле [1, 2]

$$n = (U - IR) / k \Phi,$$

где U — напряжение якорной цепи, В; I — ток в цепи якоря, А; R — активное сопротивление якоря, Ом; Φ — магнитный поток цепи возбуждения, Ф; k — коэффициент, зависящий от конструкции двигателя.

Изменяя подводимое к цепи якоря напряжение от 0 до U_n , а также ослабляя поле двигателя, можно получить диапазон регулирования от 1:10000 и более. В системах с ЧПУ применяются в основном $D_{пт}$ с независимым возбуждением и частотой вращения от 500 до 3000 об/мин.

Тиристор представляет собой полупроводниковый кремниевый управляемый вентиль таблеточного типа с дополнительным управляющим электродом (УЭ) (рис. 4). Тиристор

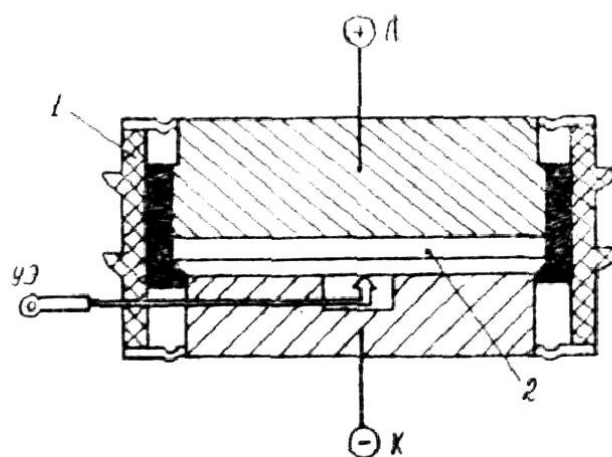


Рис. 4. Кремниевый тиристор таблеточного типа: 1—изолятор; 2—кремниевая шайба; А, К — анодный и катодный выводы; УЭ — управляющий электрод

может пропускать значительный ток I только в прямом направлении от анода к катоду (рис.5). При этом, если напряжение на управляющем электроде отсутствует и $i_y = 0$, сопротивление тиристора велико, что соответствует участку низкой проводимости 2. Тиристор начинает

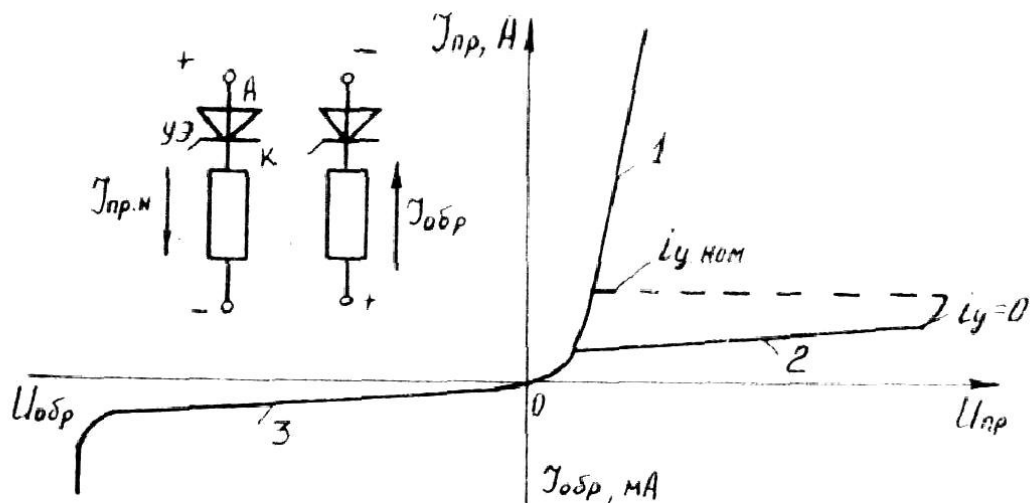


Рис. 5. Вольт-амперная характеристика тиристора

проводить ток только тогда, когда к анодному выводу А приложен положительный потенциал и одновременно к катодному выводу К через УЭ подается напряжение, обеспечивающее $i_{y \text{ ном}}$. Сила тока, проходящего через тиристор в прямом направлении $I_{пр}$, соответ-

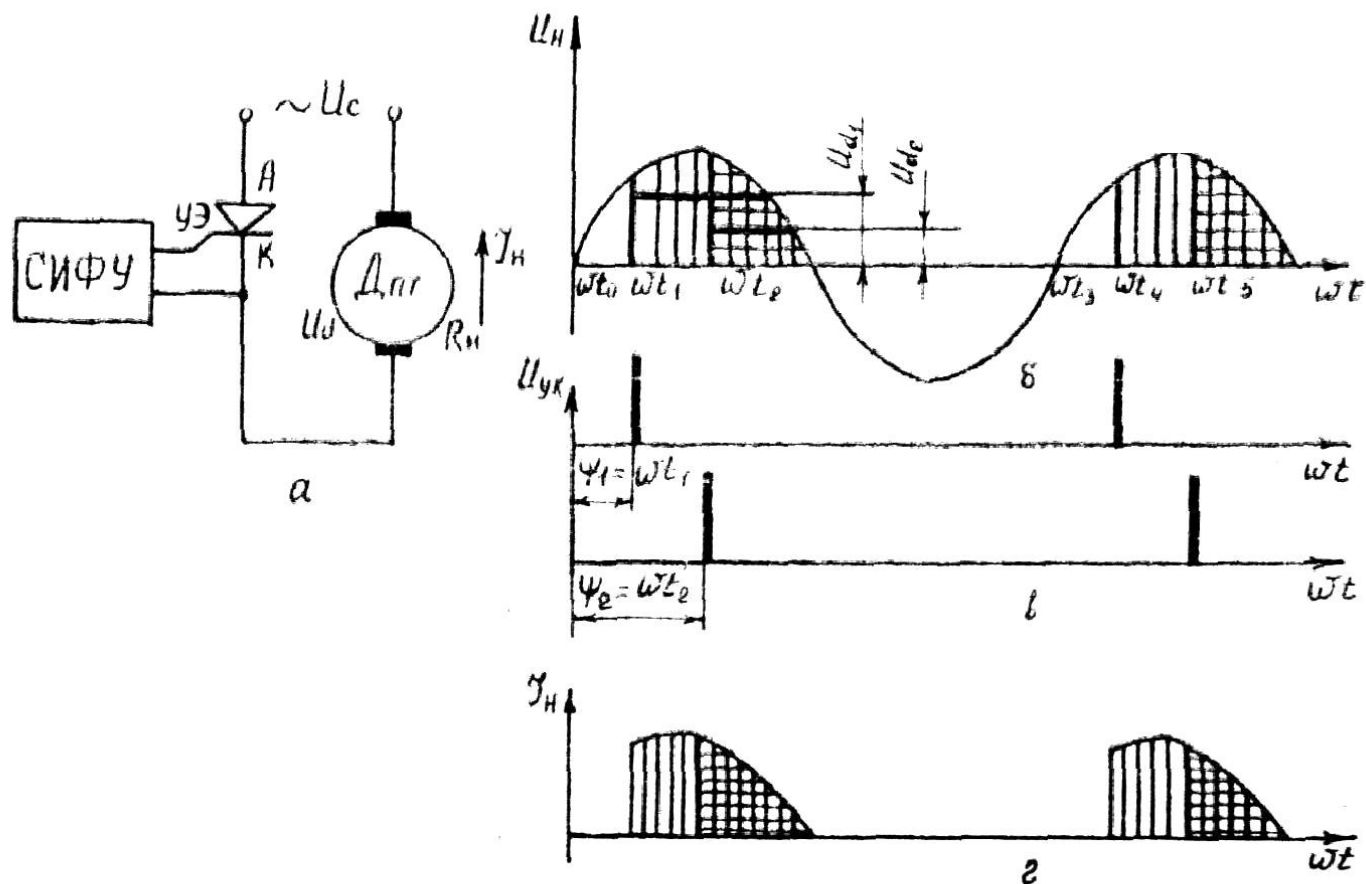


Рис. 6. Однофазная однополупериодная схема выпрямления (а) и диаграммы напряжения (б), управляющих импульсов (в) и тока (г)

стствует участку высокой проводимости l . Ток проходит до конца полупериода и тиристор снова закрывается. В обратном направлении тиристор всегда пропускает ничтожно малый ток — участок δ , так как при таком включении его внутреннее сопротивление велико.

Для управления тиристорным преобразователем используют систему импульсно-фазового управления (СИФУ), которая формирует управляющий (зажигающий) импульс нужной формы и мощности, а также осуществляет сдвиг его по фазе относительно питающего двигатель напряжения сети.

На рис. 6 приведена однофазная однополупериодная схема выпрямления (а), переменного напряжения (б), питающего $D_{пт}$, управляющего напряжения постоянного тока (в), зажигающего тиристор на различных углах регулирования $\Psi_1 = \omega t_1$ и $\Psi_2 = \omega t_2$, и соответствующего проходящего выпрямленного постоянного тока (г). Среднее выпрямленное напряжение определяется по формуле $U_d = U_{d0} \cdot \cos \alpha$, где U_{d0} — среднее значение выпрямленного напряжения при зажигании тиристора на фазе с $\Psi = 0$. Как видим, чем больше сдвиг фазы зажигающего импульса Ψ , тем меньше U_d , тем ниже будет частота вращения $D_{пт}$. Кроме того, в однополупериодных однофазных схемах выпрямления имеет место значительная с большими перерывами пульсация напряжения и тока.

В тиристорных приводах металлорежущих станков применяются трехфазные схемы. В трехфазной системе (рис. 7) для каждой

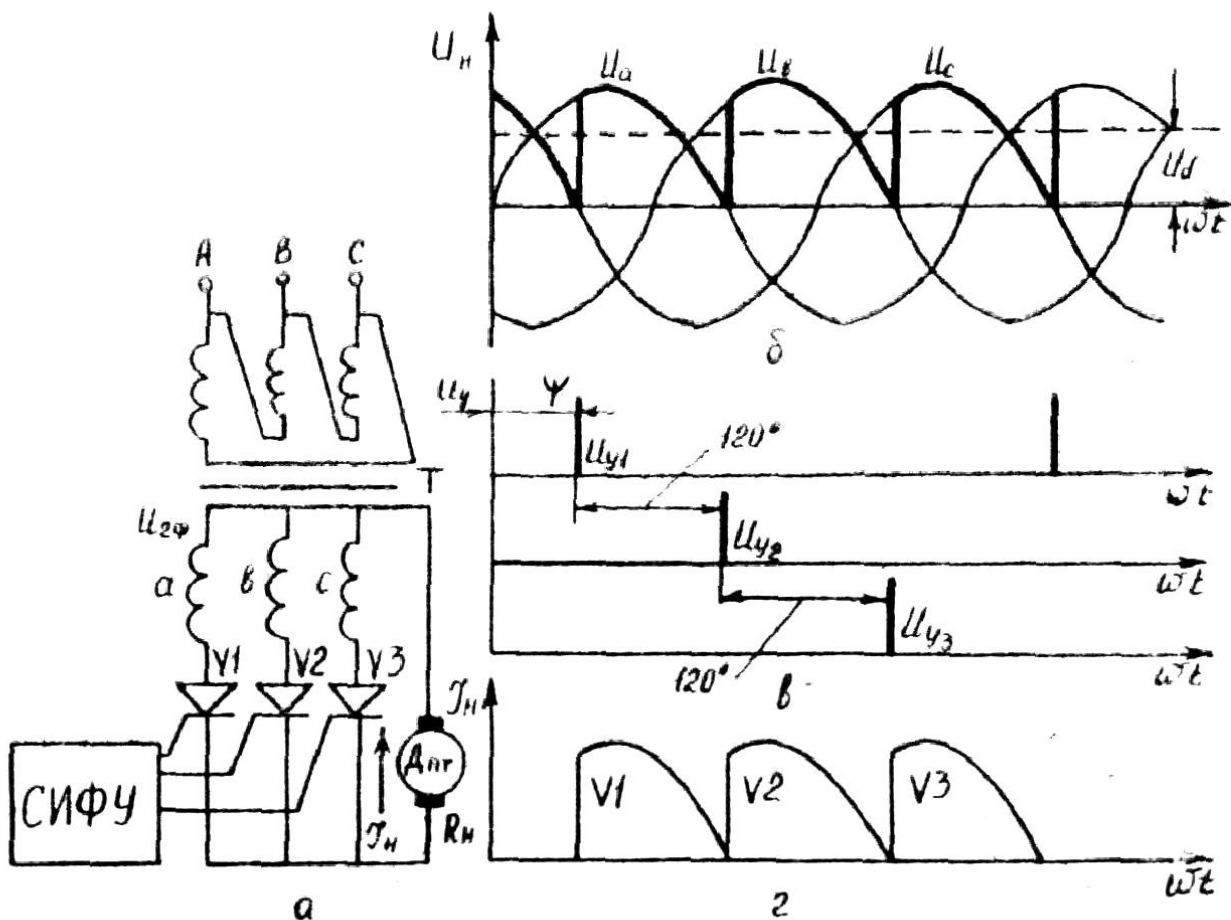


Рис. 7. Трехфазная нулевая схема выпрямления (а) и временные диаграммы выпрямленного напряжения (б), управляющих импульсов (в) и тока (г)

фазы подаются импульсы зажигания, которые смещены относительно друг друга на 120° . Ток пульсирует, но не прерывается. В двухполупериодных трехфазных системах пульсации напряжения и тока незначительны.

Таким образом, уровень среднего напряжения, питающего двигатель, и частота вращения его ротора зависят от угла сдвига фазы управляющего импульса.

ПРИНЦИП УСТРОЙСТВА И РАБОТЫ ФАЗОВОЙ СИСТЕМЫ ЧПУ

Программа вводится в станок с помощью магнитной ленты шириной 35 мм. Лента в процессе обработки непрерывно перемещается со скоростью 50 мм/с при помощи лентопротяжного механизма, размещенного на пульте программного управления.

Задаваемые скорости и перемещения по осям X , Y , Z' записываются соответственно на четвертой, второй, первой или шестой, восьмой, девятой дорожках в виде рабочих синусоидальных напряжений $U_m \sin(\omega t + \alpha)$ с частотой $f = 250$ Гц, которые смещены на угол α по отношению к опорному синусоидальному напряжению $U_m \sin \omega t$, записанному с той же частотой на третьей или седьмой дорожке. Дорожка с опорным сигналом — одна для всех трех координат. Текущий угол сдвига фазы α рабочего сигнала по отношению к опорному сигналу определяет заданную скорость перемещения рабочего органа (РО), а его знак — направление перемещения. Путь перемещения РО определяется его скоростью

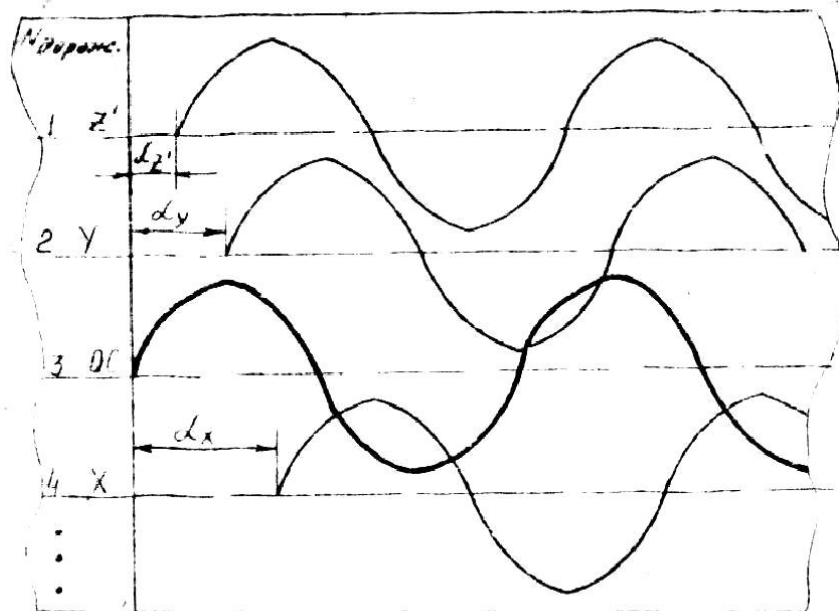


Рис. 8. Схема записи программы на магнитной ленте: α_x , α_y , $\alpha_{z'}$ — текущие смещения фазы рабочих сигналов на дорожках 1, 2, 4 по сравнению с опорным сигналом на дорожке 3

и временем поступления сигналов. Схема записи сигналов для скоростей перемещения по координатам X , Y и Z приведена на рис. 8.

Блок-схема фазовой СЧПУ по одной координате приведена на рис. 9 [3]. Считываемый рабочей магнитной головкой (МГР) синус-

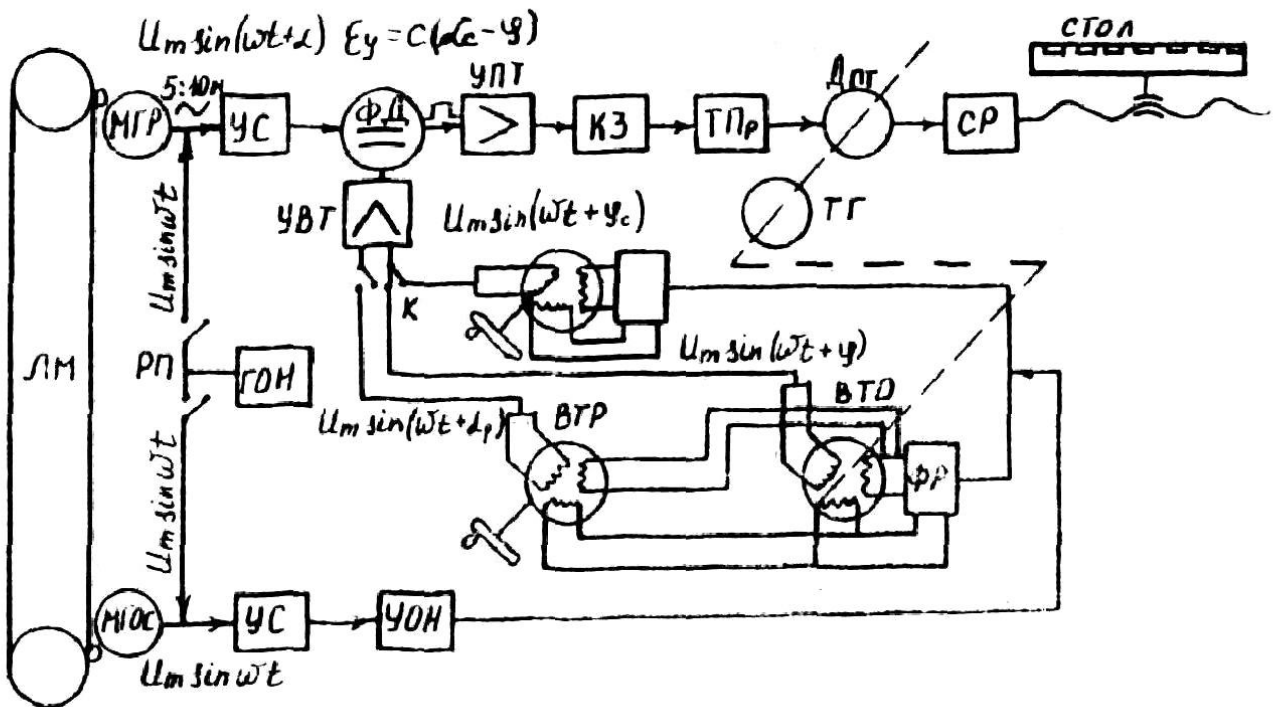


Рис. 9. Блок-схема фазовой системы ЧПУ (по одной координате)

соидальный рабочий сигнал $U_m \cdot \sin(\omega t + \alpha)$ после усиления, выпрямления и преобразования в устройстве УС поступает на один из входов сравнивающего устройства — фазового дискриминатора (ФД). Напряжение $U_m \cdot \sin \omega t$, считываемое магнитной головкой опорного сигнала (МГОС), прошедшее через усилитель и преобразователь сигнала УС и силовой усилитель опорного напряжения (УОН), через фазорасщепитель (ФР), питает входные обмотки статора ВТО, который является датчиком обратной связи по положению и по скорости.

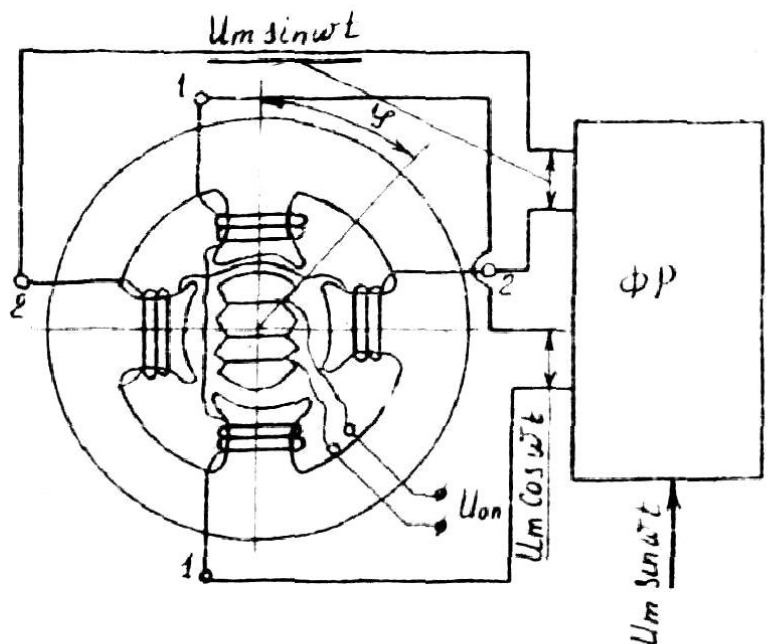


Рис. 10. Схема датчика обратной связи вращающегося трансформатора (ВТО)

ВТО представляет собой маломощную двухфазную индукционную электрическую машину

переменного тока. На статоре и на роторе (рис. 10) намотаны по две одинаковых взаимно перпендикулярных обмотки. Опорное напряжение $\varepsilon_0 = U_m \cdot \sin \omega t$, пройдя через ФР, питает обмотки статора ВТО со сдвигом фазы на 90° . В одну обмотку поступает напряжение $\varepsilon_0 = U_m \cdot \sin \omega t$, в другую — $\varepsilon_0 = U_m \cdot \cos \omega t$. Благодаря этому образуется круговое вращающееся магнитное поле, которое перемещается с угловой частотой ω . При этом в роторных обмотках индуцируется ЭДС, имеющая такую же частоту, но сдвинутая по фазе относительно опорного напряжения на угол, который определяется углом поворота ротора φ , т. е. $\varepsilon = U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$. Ротор кинематически связан с ротором $D_{пт}$ привода подачи и тахогенератора (пунктирная линия на схеме (рис. 9). Таким образом, ВТО осуществляет преобразование измеряемого перемещения рабочего органа (стола, салазок, пиноли) в сигнал в виде непрерывно увеличивающегося фазового угла φ синусоидальных колебаний. Выходное напряжение $U_m \cdot \sin(\omega t + \varphi)$ после усиления и формирования в усилителе вращающегося трансформатора (УВТ) поступает на второй вход ФД. В результате перемножения поступающих в ФД сигналов на его выходе получается сигнал рассогласования постоянного тока ε , пропорциональный разности фаз ($\alpha_c - \varphi$). Этот сигнал после усиления усилителем постоянного тока (УПТ) и прохождения через корректирующее звено (КЗ) поступает на управляющий электрод тиристорного преобразователя (ТПр), где суммируется с анодным напряжением, питающим тиристор, и зажигает его. Чем больше управляющее напряжение, т. е. чем больше разность фаз ($\alpha_c - \varphi$), тем раньше зажигается тиристор, тем выше питающее $D_{пт}$ напряжение и частота его вращения. В некоторых схемах управляющее напряжение в системе СИФУ (см. рис. 7) преобразуется в импульсное напряжение, зажигающее тиристор на соответствующей фазе и обеспечивающее необходимое питающее двигателя напряжение и скорость движения РО.

При увеличении или уменьшении разности фаз ($\alpha_c - \varphi$) вследствие изменения скорости по программе или неточной обработки двигателем заданной программы на выходе фазового дискриминатора выдается сигнал рассогласования — скорректированное управляющее напряжение и частота вращения $D_{пт}$ изменяются. В момент достижения рабочим органом станка заданной координаты суммарный сдвиг фазы рабочего сигнала α_c достигает расчетного значения и подача его по программе прекращается. В этом случае φ становится равным α_c , $\alpha_c - \varphi = 0$, рабочий орган останавливается.

Таким образом, общий путь перемещения рабочего органа по данной координате определяется углом α_c , рад, который может быть определен как

$$\alpha_c = (L/A) 2\pi = 9,8125 \cdot L,$$

где L — длина перемещения по координате, мм; A — цена оборота фазы ВТО, равная 0,64 мм.

Значение A в общем случае может быть найдено из кинематического уравнения, связывающего вращение ротора ВТО с перемещением рабочего органа. Например, для продольной подачи (см. рис. 1)

$$A = I_{\text{об втo}} \frac{56}{70} \frac{17}{51} \frac{18}{45} \frac{12}{56} \cdot 8 = 0,64 \text{ мм.}$$

Так как ротор ВТО приводится в движение от двигателя $D_{\text{ит}}$, то датчик обратной связи ВТО не учитывает погрешности передачи движения в кинематических звеньях от двигателя к рабочему органу (редуктору, винтовой паре), такая обратная связь отличается простой и пониженной точностью слежения.

Тахогенератор является датчиком внутренней обратной связи по скорости и в сочетании с КЗ обеспечивает поддержание частоты вращения $D_{\text{ит}}$ на заданном программой уровне в связи с изменяющимися внешними условиями (напряжением в сети, нагрузкой двигателя) и улучшает динамические свойства привода.

На станке можно вести обработку деталей без программы с ручной и механической подачами. При неподвижной ленте и при ее перематывании автоматически замыкается контактное реле переключения режимов (РП). На усилители рабочего и опорного сигналов поступает сигнал $U_m \cdot \sin \omega t$ с генератора опорного напряжения (ГОН). Так как напряжение, поступающее на ФД с УС и датчика обратной связи ВТО, одно и то же (с одинаковой фазой), то происходит устойчивая остановка двигателей подачи. Используя пульт электронного управления, с помощью датчиков ВТР и ВТС можно производить сдвиг фазы одного из сигналов и осуществлять ручное управление подачами.

При работе по разметке с *ручной подачей* стола движение осуществляется вращением рукояток ВТР на пульте (рис. 11), производится смещение фазы напряжения, поступающего от ГОН на статор ВТР, на угол поворота ротора α_p . Это напряжение сравнивается с сигналом, поступающим с ВТО и смещенным на угол φ , пропорциональный повороту ротора двигателя $D_{\text{ит}}$. Скорость перемещения определяется разностью фаз $\alpha_p - \varphi$, которая, в свою очередь, определяется скоростью вращения рукоятки. При одновременном вращении двух или трех рукояток ВТР движение рабочих органов будет происходить по двум—трем координатам. Прекращение вращения рукояток приводит к остановке движения. Изменение направления вращения рукояток приводит к изменению знака фазы и направлению движений.

При работе с *постоянной механической подачей* переключателем K (см. рис. 9) выключаются ВТР и ВТО и включается ВТС

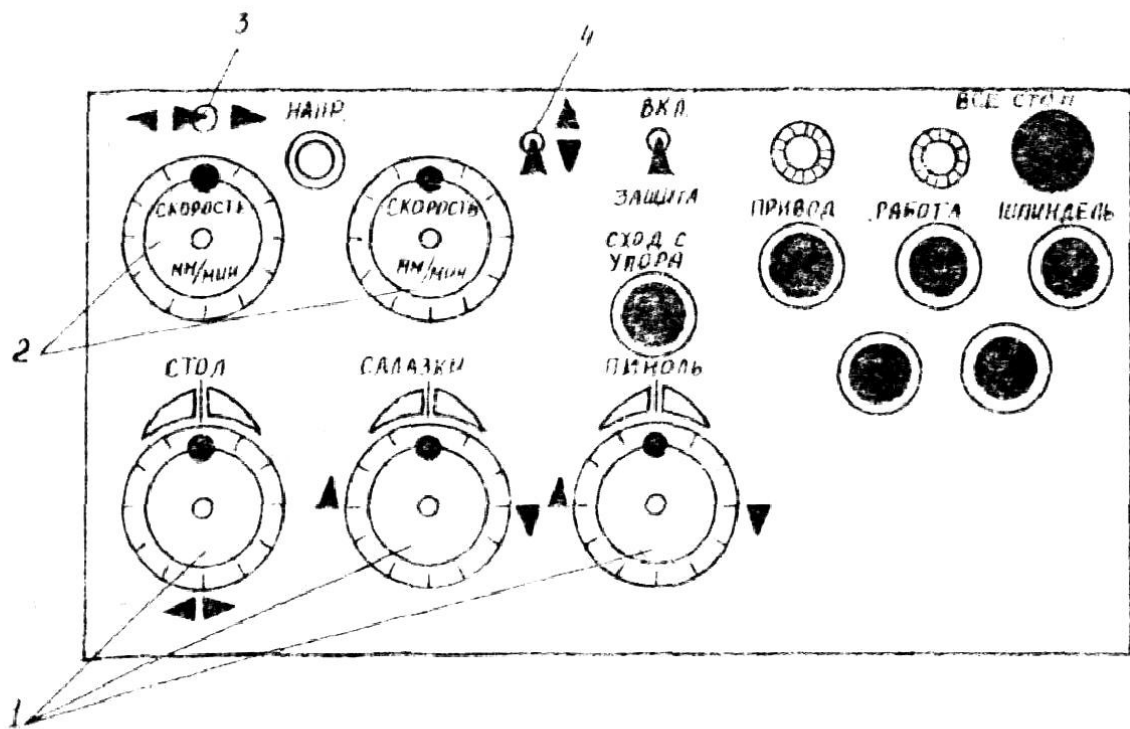


Рис. 11. Схема панели пульта управления станка 6М13ГН1: 1 — рукоятки ВПР; 2 — рукоятки ВТС; 3, 4 — тумблеры переключения направления продольной и поперечной подач

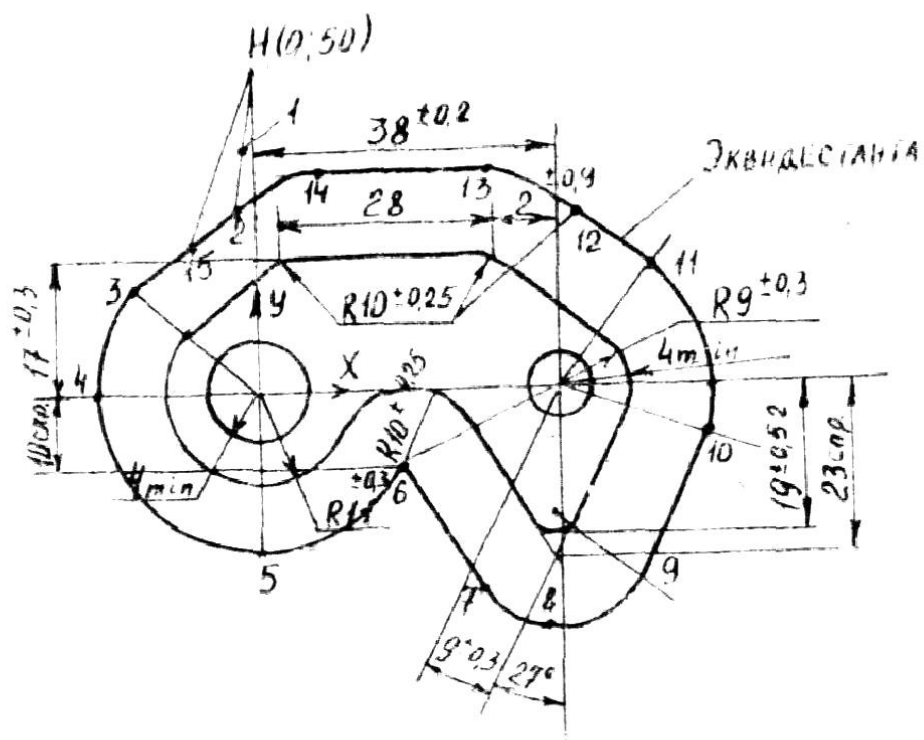


Рис. 12. Схема серьги и траектории движения оси фрезы по эквидистанте

(вращающийся трансформатор скорости). Путем поворота рукояток ВТС для продольной или поперечной подачи производится и фиксируется определенный угол сдвига фаз φ_c , определяющий величину выходного управляющего сигнала на ФД и частоту вращения двигателя $D_{пт}$. Обратная связь в этом случае не действует. Изменяя угол поворота φ_c , можно плавно регулировать подачу стола и поперечных салазок в пределах от 0 до 1200 мм/мин. Напряжение сдвига фазы и движения рабочего органа определяется положением переключателя на пульте.

Наладка станка на обработку детали (рис. 12) производится в следующем порядке:

1. Заготовка устанавливается в приспособление и закрепляется. Фреза закрепляется в шпинделе.

2. Электропитание станка и пульт управления включаются пакетным переключателем на станке и кнопкой на пульте (загораются зеленые лампочки на пульте и лентопротяжном механизме).

3. Электропривод станка включается нажатием кнопки «Привод» на пульте управления (загорается синяя лампочка).

4. Вращением маховиков ВТР на пульте заготовка устанавливается по отношению к фрезе в исходное положение согласно чертежу, по показаниям лимбов продольного и поперечного перемещения стола.

5. Магнитная лента устанавливается на лентопротяжный механизм.

6. Переключением рукояток на станке устанавливаются необходимая частота вращения шпинделя и направление вращения.

7. Нажатием кнопки «Шпиндель» включается привод вращения шпинделя, кнопкой «Работа» — лентопротяжный механизм. Дальнейшая работа станка происходит по программе.

8. После окончания обработки и возвращения стола в исходное положение нажатием кнопки «Все стоп» станок выключается, деталь снимается.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Ильяшенко Л. А. Электрооборудование промышленных установок с программируемым управлением. М.: Высш. шк., 1987. 79 с.
2. Харизоменов И. В., Харизоменов Г. И. Электрооборудование станков и автоматических линий. М.: Машиностроение, 1987. 223 с.
3. Программное управление станками / Под ред. В. Л. Сосонкина. М.: Машиностроение, 1981. 397 с.

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ, КИНЕМАТИКИ,
СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО
УПРАВЛЕНИЯ СТАНКА 6М13ГН1**

Составители Митряев Константин Федорович,
Сазонов Михаил Борисович

Редактор Т. К. Кретьнина
Техн. редактор Г. А. Усачева
Корректор Н. С. Куприянова

Сдано в набор 20.01.92 г. Подписано в печать 9.03.92 г.
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл. п. л. 1,03. Усл. кр.-отт. 1,15. Уч.-изд. л. 0,95+0,1 л.вкл.
Тираж 1000 экз. Заказ 28.
Бесплатно
Самарский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева.
443086 Самара, Московское шоссе. 34.

Тип. ЭОЗ Самарского авиационного института,
443001 Самара, ул. Ульяновская, 18,