

УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО ИЗМЕРЕНИЯ КООРДИНАТ ГИБКОЙ ПРОВОЛОКИ С ТОКОМ

А. З. БАБАЯН, В. А. ВАГАРШАКЯН, А. Р. ТУМАНЯН

Описано устройство для измерения с точностью $\pm 0,1$ мм координат гибкой проволоки с постоянным током, используемое в автоматической системе определения траектории заряженных частиц в магнитном поле. Устройство состоит из резонансного индукционного датчика положения, координатного механизма, следящей системы и углового дифракционного датчика с реверсивным электронным счетчиком. Для обеспечения работы индукционного датчика гибкая проволока дополнительно питается синусоидальным высокочастотным током.

При проведении работ по определению трасс заряженных частиц в магнитном поле методом токопроводящей гибкой проволоки возникает необходимость в многократном измерении координаты проволоки в различных ее точках [1].

Измерения координаты проволоки, в основном, производятся с помощью линеек, закрепленных под проволокой на расстоянии нескольких миллиметров. В работе [2] для измерения координаты проволоки используется координатное устройство с емкостным датчиком и со следящей системой, позволяющее измерять координату проволоки по шкале с нониусом. В обоих случаях отсчет координаты производится визуально, что требует значительного времени измерений, особенно при большом объеме работ, когда количество измерений координат достигает нескольких тысяч и более.

Кроме того, применение емкостного датчика приводит к дополнительной погрешности измерений по следующим причинам. Во-первых, используется большая длина проволоки для измерения ее координаты в одной точке, что приводит к погрешности измерения при наличии кривизны проволоки. Эта длина равна величине диаметра емкостного датчика (50 мм) и ее уменьшение приводит к уменьшению чувствительности датчика. Во-вторых, требуется сохранение постоянства расстояния между проволокой и плоскостью, на которой расположены электроды, так как величина сигнала, наведенного на пластины, пропорциональна квадрату расстояния между проволокой и пластинами. Это требование выполняется установкой дополнительных горизонтальных опор на поверхность магнита, что увеличивает трение проволоки и приводит к соответствующему увеличению погрешности измерения.

Для исключения всех вышеперечисленных недостатков используется автоматическое координатное устройство с индукционным датчиком положения. Отсчет координаты проволоки производится с помощью углового дифракционного датчика с реверсивным электронным счетчиком, позволяющим записывать информацию на ЦПУ или вводить ее в ЭВМ.

Индукционный датчик состоит из ферритового кольца с двумя обмотками, намотанными симметрично и включенными встречно "3". Большая апертура индукционного датчика позволяет исключить дополнительные

опоры и избавиться от влияния трения в них. Кроме того, практически исключается погрешность, обусловленная кривизной проволоки, так как ширина индукционного датчика равна толщине ферритового кольца, составляющей несколько миллиметров.

Обычно координатные устройства располагают на таком расстоянии от полюсов магнита, где величина напряженности магнитного поля не превышает 50—100 э. Исследования показали, что индукционный датчик с ферритом 1000 НМ может работать в магнитных полях до 200 э без заметного увеличения погрешности измерения.

Для обеспечения работы индукционного датчика одновременно с постоянным током ($I_{\text{п}}$) через проволоку пропускается переменный высокочастотный ток ($I_{\text{в}}$) синусоидальной формы и постоянной амплитуды. Амплитуда выходного напряжения индукционного датчика определяется из выражения

$$E = SXI,$$

где S — чувствительность датчика (мВ/мм мА), I — амплитуда тока (мА), X — смещение проволоки относительно оси датчика (мм). Фаза выходного напряжения датчика зависит от направления смещения проволоки относительно оси датчика.

Для увеличения чувствительности датчика параллельно обмоткам подключена емкость, позволяющая использовать датчик в резонансном режиме. Резонансная частота датчика выбирается равной частоте переменной составляющей тока проволоки. Ввиду того, что индукционный датчик используется в качестве нуля-индикатора, к стабильности амплитуды высокочастотного тока не предъявляется жестких требований.

Блок-схема устройства показана на рис. 1. Кинематическая схема координатного механизма (рис. 2) состоит из металлической перфорированной

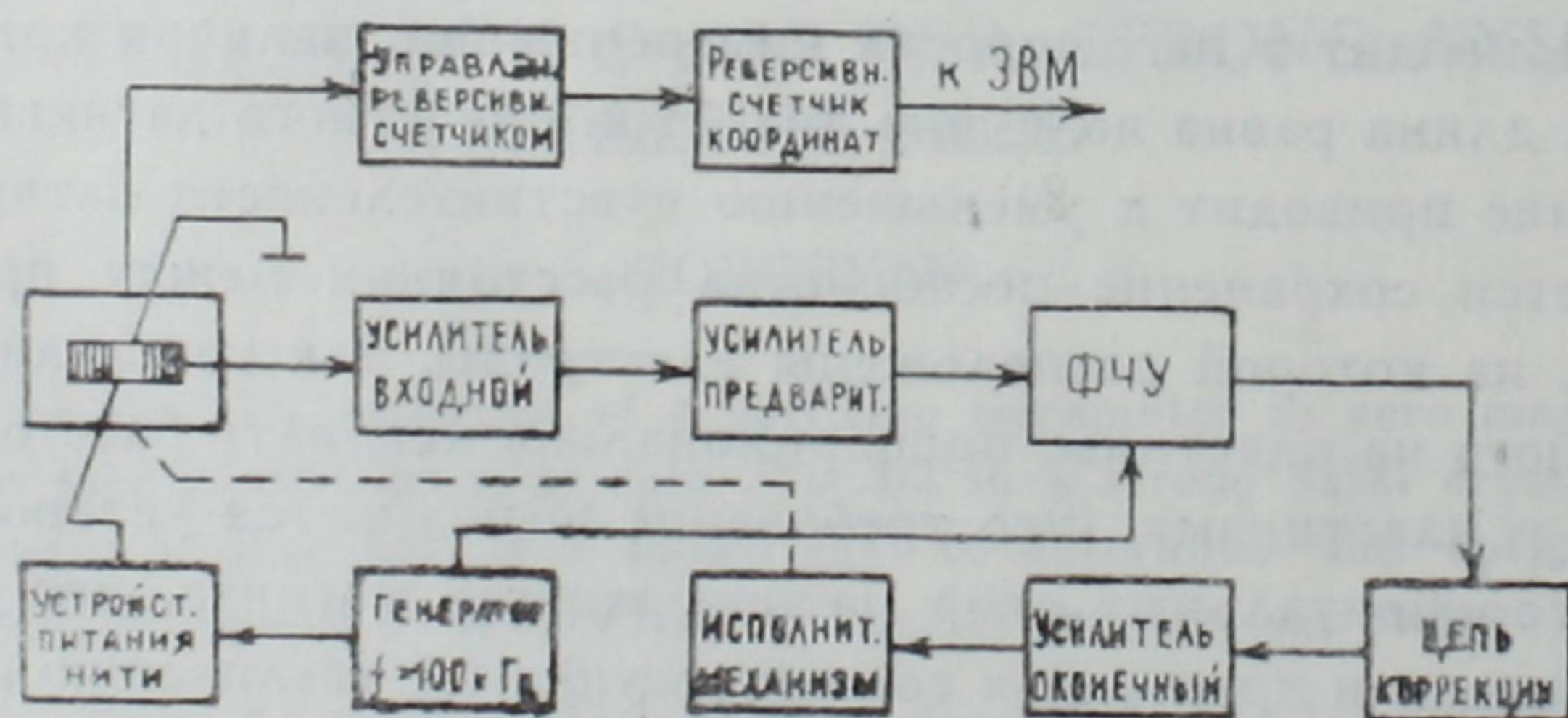


Рис. 1. Блок-схема устройства.

ленты 3, натянутой в петлю двумя шкивами. Один из шкивов зубчатый и жестко закреплен на валу электродвигателя. Другой шкив — гладкий — служит для обеспечения постоянного натяжения ленты. Стальная лента двумя концами закреплена к каретке 2, которая перемещается на четырех подшипниках по точным направляющим, установленным вдоль координатного механизма. В центре каретки на специальной подставке установлен индукционный датчик 1. Исполнительный двигатель 4, управляемый элек-

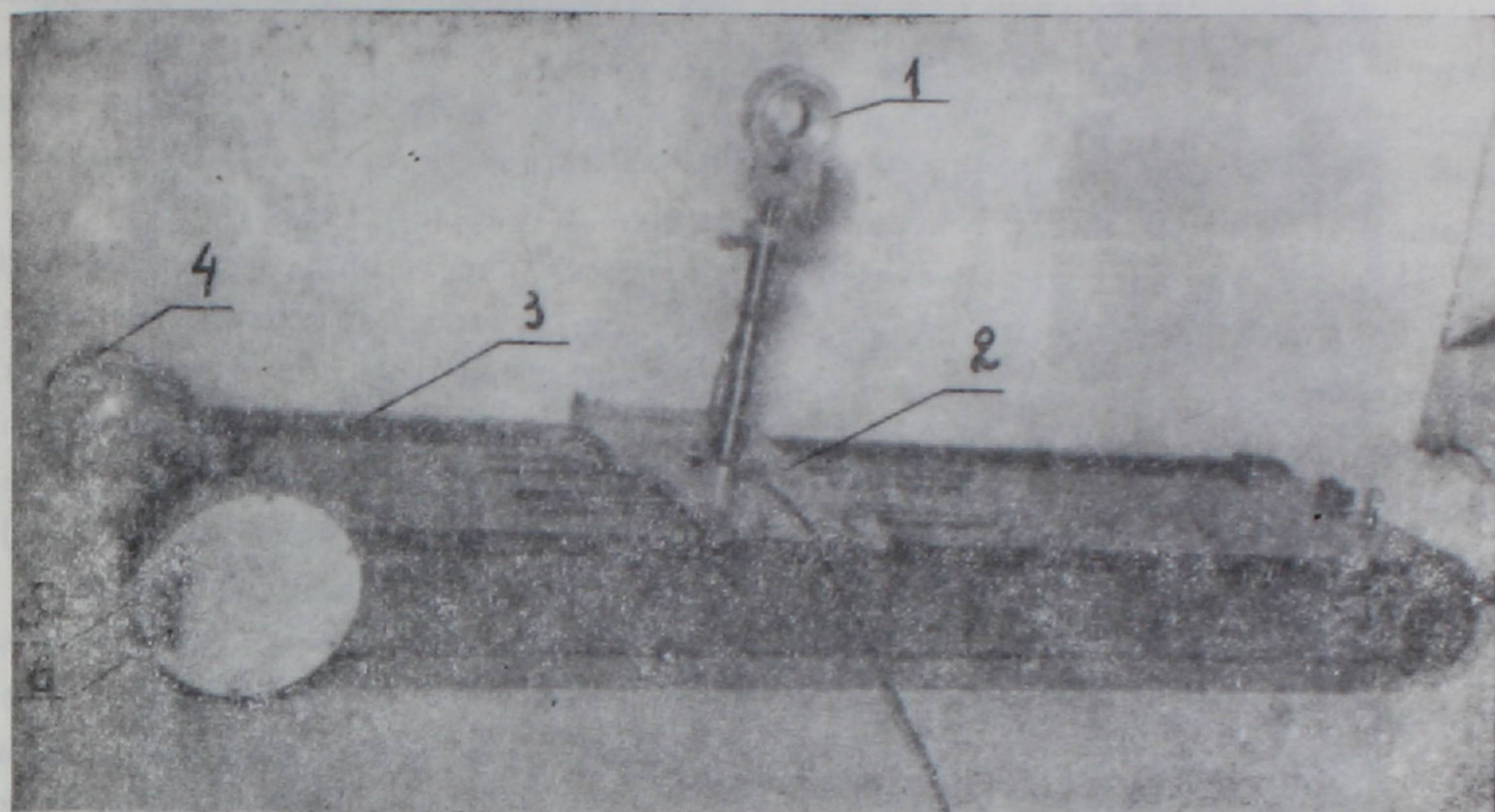


Рис. 2. Общий вид координатного механизма.

тронной схемой слежения, обеспечивает совмещение оси датчика с осью гибкой проволоки [4].

Принципиальная схема управления координатного механизма приведена на рис. 3. Сигнал с выхода индукционного датчика положения усиливается входным усилителем (транзисторы Т1-Т3) и высокочастотным ка-

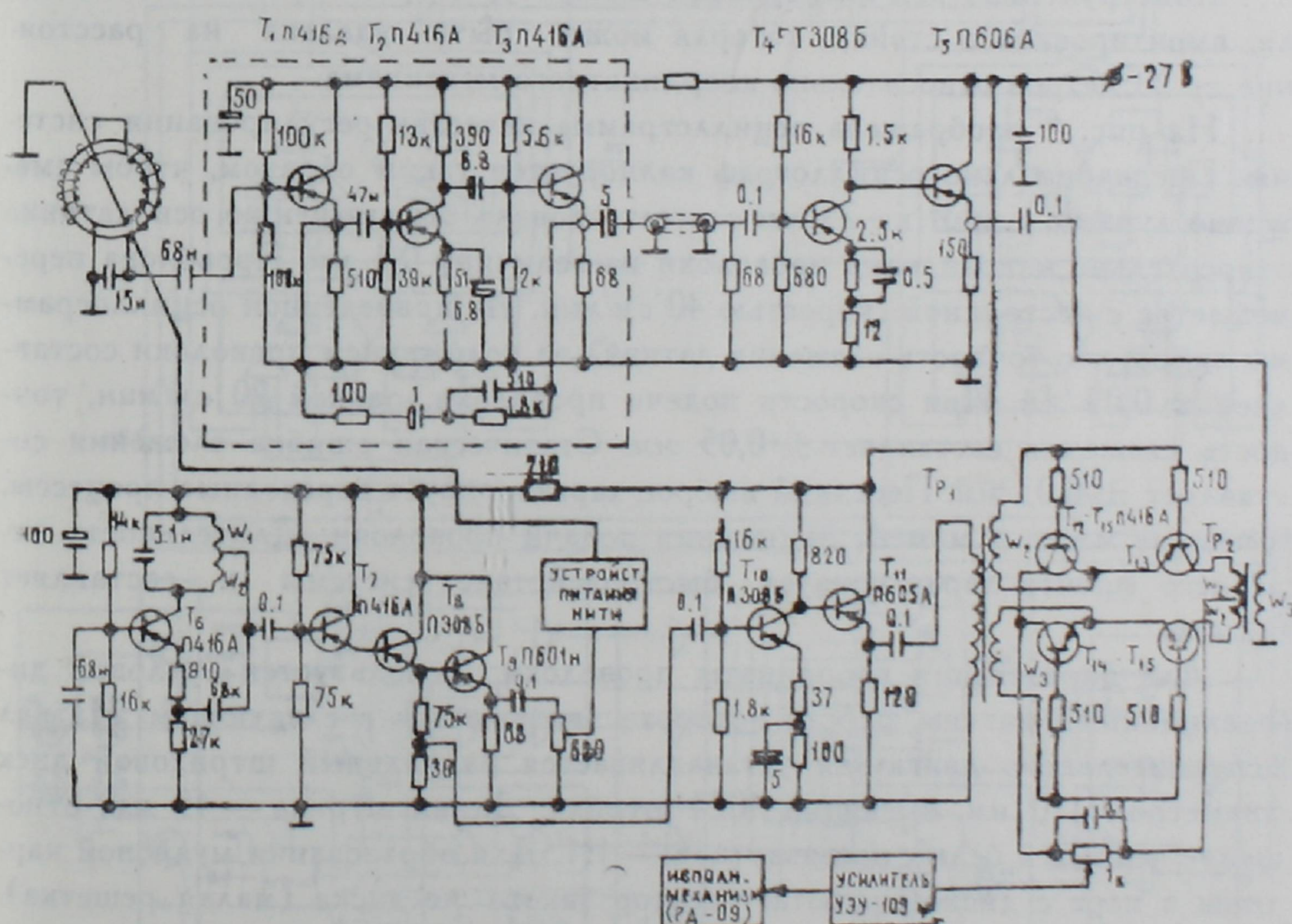


Рис. 3. Принципиальная схема управления координатного механизма.

белем подается на вход предварительного усилителя (Т4-Т5). Коэффициент усиления входного усилителя равен 20, а коэффициент усиления предварительного усилителя равен 50. Усиленный сигнал подается на вход фазочувствительного устройства (ФЧУ), на второй вход которого подается опорное напряжение с генератора синусоидальных колебаний.

При выборе частоты генератора необходимо учесть следующее. Во-первых, частота должна быть достаточно высокой, чтобы прохождение переменного тока через проволоку, находящуюся в магнитном поле, не приводило к ее колебаниям. Во-вторых, исходя из радиотехнических соображений желательно иметь частоту в пределах 10—500 кГц (транспортировка сигнала с минимальными помехами, широкий выбор схемных решений и т. д.). Учитывая вышесказанное, частота генератора выбрана равной 100 кГц.

Следует отметить, что требование к стабильности частоты генератора определяется полосой пропускания частоты индукционного датчика, равной 7 кГц при несущей частоте 100 кГц. Это условие удовлетворяется применением генератора, собранного по простой 3-точечной схеме и обеспечивающего стабильность частоты $\pm 2\%$.

ФЧУ (Т11-Т15) собрано по двухполупериодной мостовой схеме на транзисторах типа П416А. Полярность напряжения на выходе ФЧУ зависит от направления смещения проволоки относительно оси датчика. В качестве усилителя мощности, осуществляющего управление исполнительным двигателем, использован стандартный усилитель постоянного тока типа УЭУ-109М.

Конструктивно вся электронная аппаратура, кроме входного усилителя, вмонтирована в стойку, которая может быть удалена на расстояние ~ 20 метров относительно координатного механизма.

На рис. 4 изображена осциллограмма качества регулирования системы. Предварительно осциллограф калибруется таким образом, чтобы смещение луча по оси Y на 25 мм соответствовало бы смещению оси датчика относительно направления проволоки на величину 0,1 мм. Проволока перемещается с постоянной скоростью 40 см/мин. Из приведенной осциллограммы видно, что точность слежения датчика за положением проволоки составляет $\pm 0,07$ мм. При скорости подачи проволоки, равной 20 см/мин, точность слежения составляет $\pm 0,05$ мм. Статическая ошибка слежения составляет $\pm 0,03$ мм. Передний выброс характеризует переходные процессы, имеющие место в момент включения подачи проволоки. Длительность переднего фронта характеризует быстродействие системы и составляет 0,2 сек.

Для определения координаты проволоки используется угловой дифракционный датчик, работа которого заключается в следующем. На вал исполнительного двигателя устанавливается радиальный штриховой диск диаметром 110 мм, имеющий 1024 штриха. Длина штриха — 15 мм, отношение черных и белых промежутков — 1:1. Для образования муаровой картины в паре с диском работает сектор такого же диска (малая решетка). Малая решетка установлена в подвижную раму, которая может перемещаться с помощью двух регулировочных винтов 5 (см. рис. 2). Расстояние между малой решеткой и большим диском выбирается равным $0,2 \div 0,35$ мм.

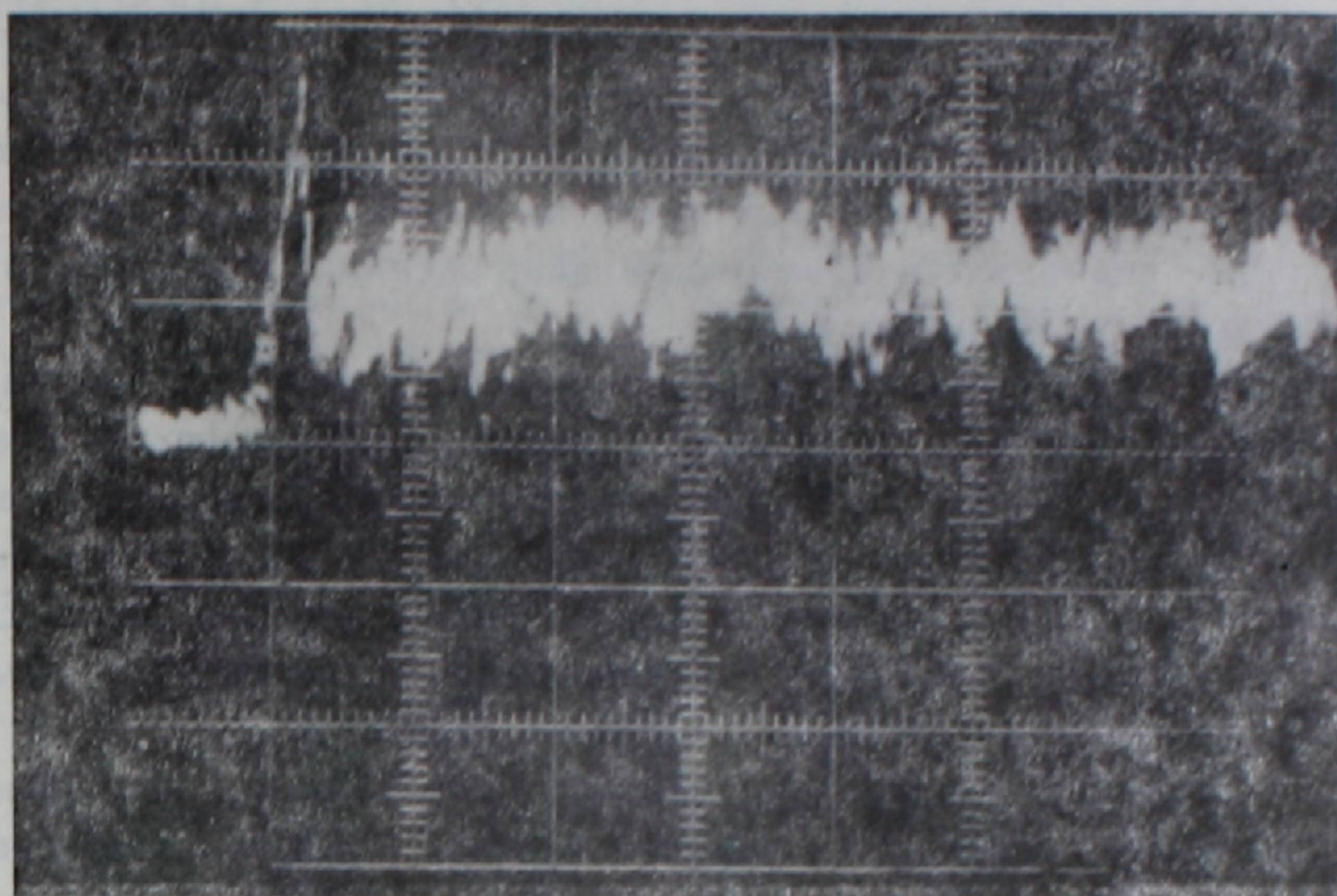


Рис. 4. Осциллограмма качества регулирования следящей системы.

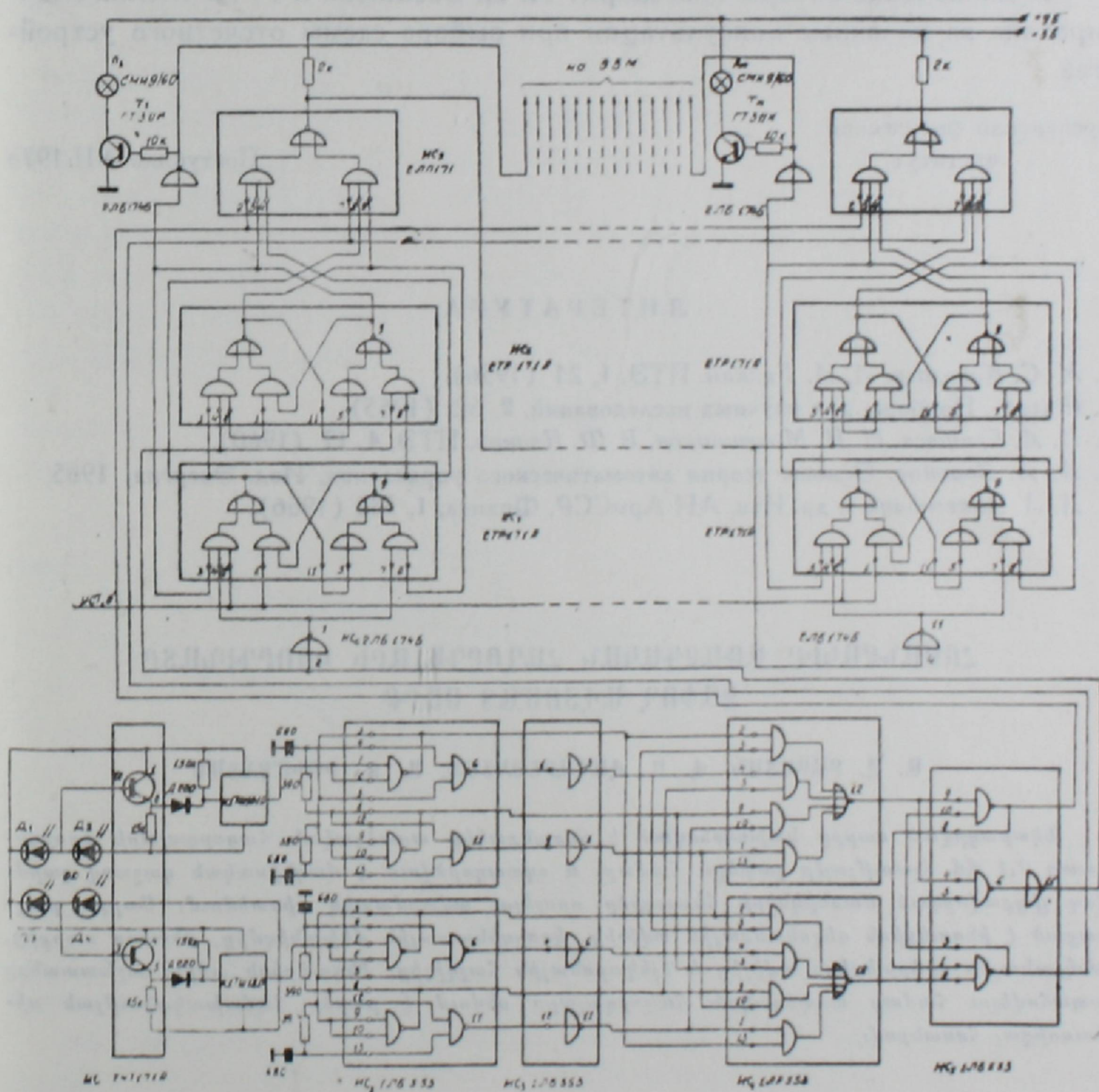


Рис. 5. Функциональная схема отсчетного устройства.

С одной стороны решеток на участке сектора расположены четыре осветительные лампочки 6 (рис. 2). С другой стороны решеток соосно с источником света устанавливаются четыре фотодиода (Д1-Д4), причем первый с третьим и второй с четвертым включены последовательно. Такое включение позволяет при вращении диска иметь на выходе каждой пары диодов прямоугольные периодические импульсы напряжения, сдвинутые друг относительно друга на $1/4$ периода.

Отсчетное устройство, функциональная схема которого показана на рис. 5, состоит из схемы управления счетчиком и реверсионного счетчика координат. Схема управления вырабатывает четыре счетных импульса за один период модуляции света на каждой паре фотодиодов, а также сигналы реверсирования счета при изменении направления вращения диска. Единица счета импульса соответствует перемещению каретки на величину 50 мкм. Принцип работы управления описан в работе [5].

Отсчет координаты проволоки производится 14-разрядным реверсивным счетчиком. Контроль за состоянием работы реверсивного счетчика производится с помощью осветительных лампочек Л1-Л14, выведенных на лицевую панель блока.

В заключение авторы благодарят И. Е. Васинюка и Г. А. Мелик-Мартirosяна за полезные консультации при выборе схемы отсчетного устройства.

Ереванский физический
институт

Поступила 4.II.1975

ЛИТЕРАТУРА

1. М. С. Козодаев, А. А. Тяпкин. ПТЭ, 1, 21 (1956).
2. Фогель. Приборы для научных исследований, 2, 62 (1965).
3. И. А. Гришаев, Н. И. Мочешников, В. Ф. Иванов. ПТЭ, 4, 17 (1960).
4. А. А. Воронов. Основы теории автоматического управления, Изд. Энергия, 1965.
5. Л. Л. Лихтенбаум и др. Изв. АН АрмССР, Физика, 1, 386 (1966).

ՀՈՍԱՆՔԱԿԻՐ ԱՌԱՋԳԱԿԱՆ ՀԱՂՈՐԴԱԼԱՐԻ ԿՈՈՐԴԻՆԱՏԸ ՉԱՓՈՂ ԱՎՏՈՄԱՏ ՍԱՐՔ

Ա. Չ. ԲԱԲԱՅԱՆ, Վ. Ա. ՎԱՂԱՐՇԱԿՅԱՆ, Ա. Ռ. ԹՈՒՄԱՆՅԱՆ

Նկարագրված սարքը նախատեսված է հոսանքակիր առաձգական հաղորդալարի կոորդինատը 0,1 մմ ճշտությամբ չափելու համար, և օգտագործվում է մագնիսական դաշտով շարժվող լիցքավորված մասնիկների հետազիծը որոշելու ավտոմատիկ սխեմանում: Սարքը բաղկացած է ինդուկցիոն ռեզոնանսային տվիչից, կոորդինատային մեխանիզմից, հետևող սարքից, անկյունային դիֆրակցիոն տվիչից և էլեկտրոնային հաշվիչից: Ինդուկցիոն տվիչի աշխատանքը ապահովելու համար առաձգական հաղորդալարը սնվում է բարձր հաճախականության սինուսոիդալ հոսանքով:

THE DEVICE FOR THE AUTOMATIC MEASUREMENT OF COORDINATES OF FLOATING WIRE WITH CURRENT

A. Z. BABAYAN, V. A. VAGHARSHAKYAN, A. R. TUMANYAN

The device for the measurement with ± 0.1 mm accuracy of the coordinates of floating wire with direct current is used in the automatic system of the determination of charged particles trajectory in the magnetic field. The device consists of resonant ferrite probe, the coordinate mechanism, the tracing system and the angular diffraction monitor with reversible electronic counter. The floating wire is fed-up by high frequency sinusoidal current to provide the operation of the ferrite probe.

