

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ С ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИМИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯМИ

Цель работы: изучение элементов и структуры следящей системы, исследование статических и динамических характеристик.

1. Общие сведения

Системы дистанционной передачи, или системы синхронной передачи, часто применяются в электромеханических устройствах автоматики для передачи на значительные расстояния линейных и угловых перемещений, а также для передачи вращения. В этих системах механическое перемещение с помощью датчика преобразуется в электрический сигнал, который поступает по проводам (линиям связи) на приемник. Последний в свою очередь преобразует электрический сигнал снова в механическое перемещение, пропорциональное первоначальному (исходному) механическому перемещению.

Очень часто система дистанционной передачи предназначена для обеспечения электрическими средствами с необходимой точностью синхронного перемещения двух или нескольких осей, механически не связанных между собой.

Любая система дистанционной передачи состоит из трех основных частей: **датчика**, выполняющего роль задающего или ведущего устройства; **линии связи**, по которой передаются электрические сигналы, и **приемника**, выполняющего роль приемного или ведомого устройства.

Системы дистанционной передачи применяются для различных целей. Они могут применяться для измерения на расстоянии различных величин (например, осуществлять показания уровня воды в шлюзе на пульте диспетчера); для передачи команд на расстояние (например, обслуживание пропуска судов через шлюзы); для контроля за протеканием какого-либо процесса и т. д.

В автоматике наибольшее применение получили *системы дистанционной передачи угла*, которые классифицируются:

- по роду питающей энергии** — на системы постоянного тока и переменного тока;
- по характеру движения** — на системы плавного и шагового действия.

Системы, в которых в качестве датчика применяется потенциометр (делитель напряжения), называются потенциометрическими. В этих системах роль датчика выполняют линейные или круговые потенциометры, а роль приемника — магнитоэлектрические гальванометры или логометры. Потенциометрические системы широко применяются в автоматике, они делятся на две основные группы: передачи небалансного типа и самобалансирующиеся передачи.

Системы дистанционной передачи угла плавного действия на постоянном токе

На рис. 1 приведена простейшая **схема дистанционной передачи небалансного типа**. Роль датчика D в схеме выполняет кольцевой потенциометр, к двум диаметрально противоположным точкам которого подводится напряжение постоянного тока. С осью задающего устройства связаны три контактные щетки, которые скользят по потенциометру. Указанные щетки имеют смещение относительно друг друга на 120° . Щетки с приемником $П$ связаны с помощью трех проводов, образующих линию связи $ЛС$, через которую осуществляется питание приемника. Роль приемника $П$ выполняет устройство, состоящее из трех одинаковых катушек, расположенных под углом 120° относительно друг друга, и вращающегося постоянного магнита. Отсчет показаний осуществляется с помощью стрелки, расположенной на оси магнита.

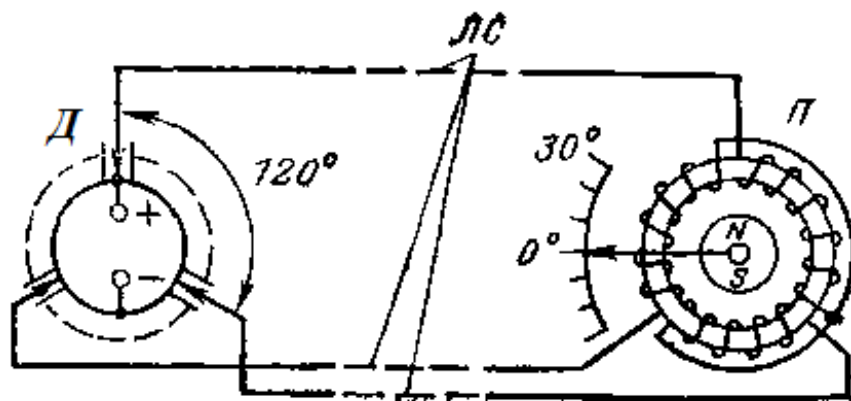


Рис. 1. Система дистанционной передачи угла на постоянном токе плавного действия небалансного типа

Предположим, что подвижная система датчика повернулась на какой-то угол, тогда щетки переходят с одних точек потенциометра на другие, имеющие новые значения потенциалов. В результате этого происходит перераспределение токов в обмотках приемника, что в свою очередь приводит к изменению их МДС (магнитодвижущей силы). В этом случае магнитный поток, который создается обмотками приемника и направлен по его диаметру, поворачивается на угол, почти равный углу поворота оси датчика. В связи с тем, что постоянный магнит приемника вращается свободно, он устанавливается вдоль оси потока приемника, повторяя при этом движение оси датчика. В том случае, когда ось приемника преодолевает некоторый момент сопротивления, например, от сил трения, постоянный магнит приемника устанавливается не точно по оси потока, а с некоторым отклонением (ошибкой), которое тем больше, чем больше момент сопротивления и чем меньше поток, создаваемый катушками приемника. Рассмотренная система в основном применяется при малых моментах сопротивления, т.е. когда на оси приемника находится только легкая стрелка.

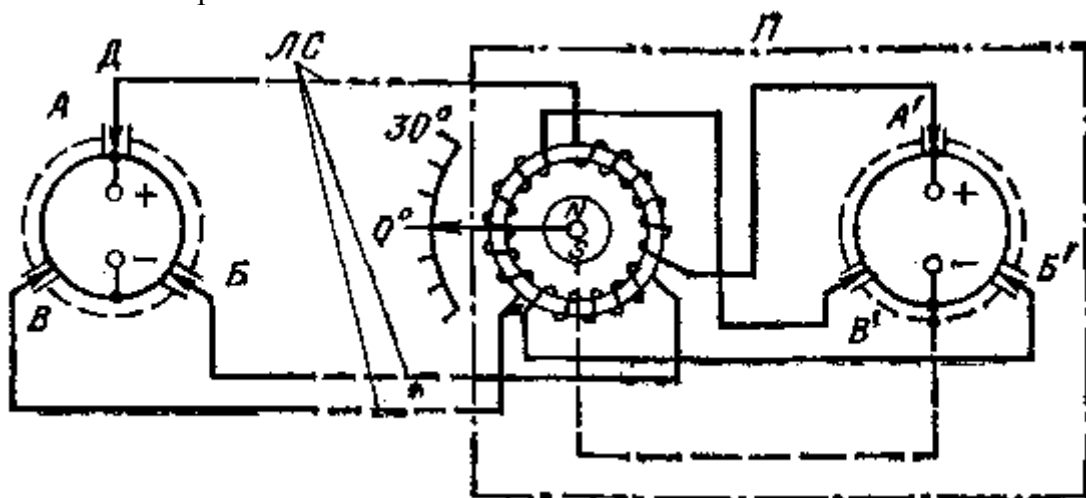


Рис. 2. Система дистанционной передачи угла на постоянном токе плавного действия самобалансирующаяся

На рис. 2 приведена **самобалансирующаяся система**. Приемник *П* данной системы состоит из трех катушек и потенциометра со щеточной системой. Катушки приемника включены в разрыв между датчиком *Д* и потенциометром. Питание подводится не только к датчику, но и к приемнику. Ось приемника, кроме стрелки и постоянного магнита, несет еще и щеточную систему. Если датчик согласован с приемником, то щетки попарно (*А* и *А'*, *Б* и *Б'* или *В* и *В'*) имеют одинаковые потенциалы. В этом случае токи, которые протекают по линии связи *ЛС* и по катушкам приемника, равны нулю. При рассогласовании датчика и приемника между собой потенциалы парных щеток отличаются. При этом по линии связи *ЛС* и по катушкам приемника потекут уравнительные токи, которые, взаимодействуя с постоянным магнитом, создают вращающий момент. В результате этого момента происходит поворот оси приемника на необходимый угол, т.е.

до достижения согласования между датчиком и приемником.

Рассмотренная система будет иметь равномерную шкалу, если потенциометры датчика и приемника идентичны между собой.

На рис. 3 представлена система дистанционной передачи угла шагового действия. Она получила свое название от шагового (импульсного) двигателя и применяется для систем на постоянном токе, в которых требуется дискретная (ступенчатая) передача угла.

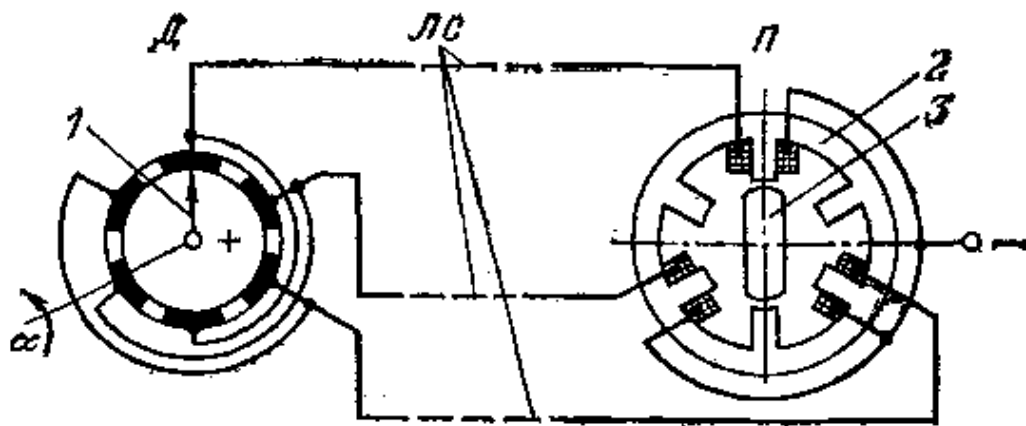


Рис. 3. Система дистанционной передачи угла на постоянном токе шагового действия

Роль датчика *Д* в системе выполняет шестипозиционный переключатель, который с помощью линии связи *ЛС* соединяется с приемником *П*. Роль последнего выполняет шаговый двигатель, состоящий из статора *2* с шестью полюсами, на которых расположены обмотки, соединенные в три секции, и ротора *3*, изготовленного из магнитомягкой электротехнической стали. При перемещении щетки *1* переключателя на угол α происходит поочередно подключение обмоток пар полюсов двигателя к источнику напряжения питания. При этом возбуждается соответствующая пара диаметрально расположенных полюсов, ротор перемещается и устанавливается вдоль магнитного потока статора. Ротор двигателя при каждом переключении датчика имеет минимальное перемещение (импульсный поворот) на 60° , т. е. в пределах одного оборота датчика система имеет шесть фиксированных положений (шагов).

Основные недостатки рассмотренной системы: неплавность хода выходной оси и возможность возникновения ошибки, равной 180° , так как ротор может установиться вдоль магнитного потока статора в любом из двух противоположных положений.

В **следающих системах** выходная величина следует за изменениями входной величины, т. е. воспроизводит эти изменения, причем закон изменения входной величины во времени может быть и произвольным. Следающая система воспроизводит с определенной точностью задаваемые величины, состояние или положение, меняющиеся по любому произвольному, заранее неизвестному закону.

В практике часто применяются следающие системы, у которых регулируемым параметром является угловое перемещение объекта регулирования. В этих системах задающий вал называется входным, а вал объекта регулирования, который повторяет движение входного вала, называется выходным. Измерение угловых положений входного и выходного валов, а также угловое рассогласование между валами, как правило, выполняется с помощью потенциометров или сельсинов, которые преобразуют угловые перемещения в сигналы напряжения.

Следует помнить, что от качества измерителя угла рассогласования зависит чувствительность и точность слежения следающей системы. Он должен иметь высокую надежность и обеспечивать с необходимой точностью непрерывное определение значения и знака рассогласования путем сравнения положений Входного и выходного валов следающей системы.

В качестве исполнительного механизма (ИМ), например, может применяться электродвигатель (ЭД) с системой шкивов и роликов, соединенных ременной передачей, преобразующей угол поворота выходного вала встроенного понижающего редуктора в линейное перемещение X показывающей стрелки и угол поворота φ оси движка потенциометрического

датчика. В качестве ЭД может применяться широко используемый в автоматике двухфазный асинхронный двигатель с встроенным понижающим редуктором РД-09.

На рис. 4 показана потенциометрическая мостовая схема дистанционного измерения угла рассогласования. Схема состоит из задающего 1 и измеряющего 4 потенциометров, к которым подается напряжение питания U . Движок задающего потенциометра 1 механически связан с входным валом системы, а движок измеряющего потенциометра 4 — с ее выходным валом и редуктором 3, служащим для уменьшения числа оборотов, передаваемого от исполнительного двигателя 2 к движку потенциометра 4.

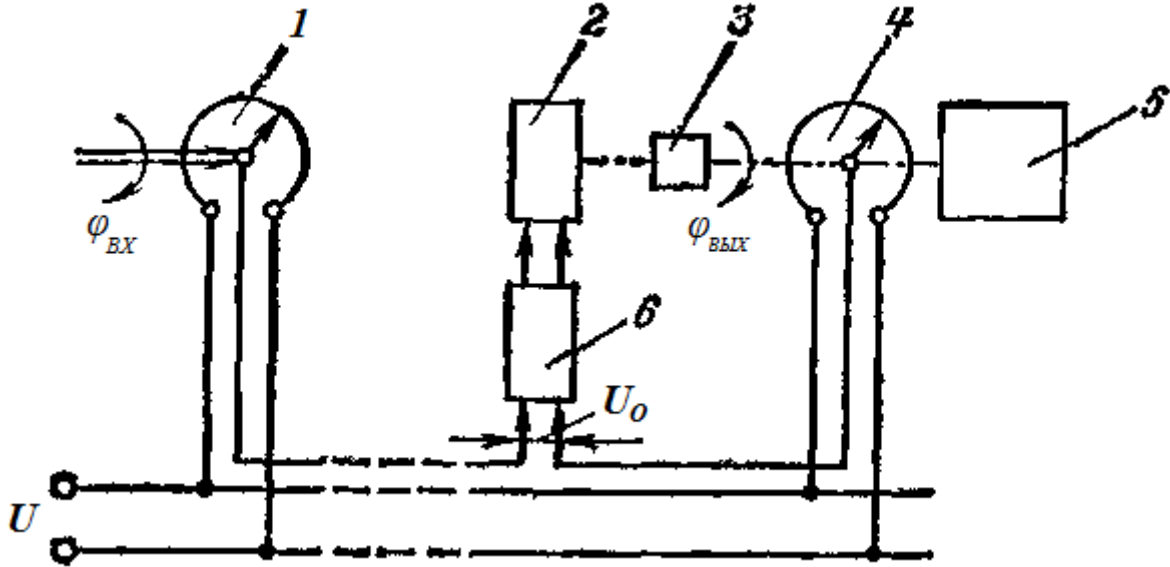


Рис. 4. Следящая система на потенциометрах:

1 – входной потенциометр; 2 – исполнительный двигатель; 3 – редуктор; 4 – выходной потенциометр; 5 – объект управления; 6 – усилитель

Потенциометры 1 и 4 включены по мостовой схеме, к одной диагонали моста подается напряжение питания U , а с другой диагонали моста снимается напряжение сигнала ошибки (рассогласования) U_0 , поступающее на вход усилителя 6. После усиления напряжение U_0 подается на обмотку управления исполнительного двигателя 2, который через редуктор 3 вращает вал объекта регулирования 5. Если имеется рассогласование, то двигатель 2 поворачивает вал объекта 5 до момента уравнивания потенциометрического моста, т. е. до устранения рассогласования.

Напряжение сигнала ошибки можно найти по формуле:

$$U_0 = k \cdot \varphi = k \cdot (\varphi_{BX} - \varphi_{ВЫX}) \quad (1)$$

где $k = U/\alpha_{П}$ — чувствительность потенциометра;

U — напряжение питания;

$\alpha_{П}$ — полный угол намотки потенциометра;

φ_{BX} и $\varphi_{ВЫX}$ — угол поворота входного и выходного валов соответственно.

2. Описание лабораторной установки

На рис. 5. показана электрическая схема следящей системы на двух потенциометрических датчиках.

При изменении положения движка потенциометрического датчика ПД1 (ввод φ_0) на вход двухтактного магнитного усилителя (МУ) поступает сигнал рассогласования $U_a - U_e = \Delta U$, который, усиливаясь, поступает в обмотку управления (ОУ) двигателя.

Если на обмотку управления подается напряжение $U_y \neq 0$, то в полости статора создается вращающееся магнитное поле, взаимодействующее с обмоткой ротора и создающее вращающий момент на валу ротора. Выходной величиной ИМ является угол поворота φ и перемещение

(смещение) X каретки K . Равновесие в системе наступает в случае равенства потенциалов точек «а» и «в», т.е. при одинаковом положении движков датчиков ПД1 и ПД2.

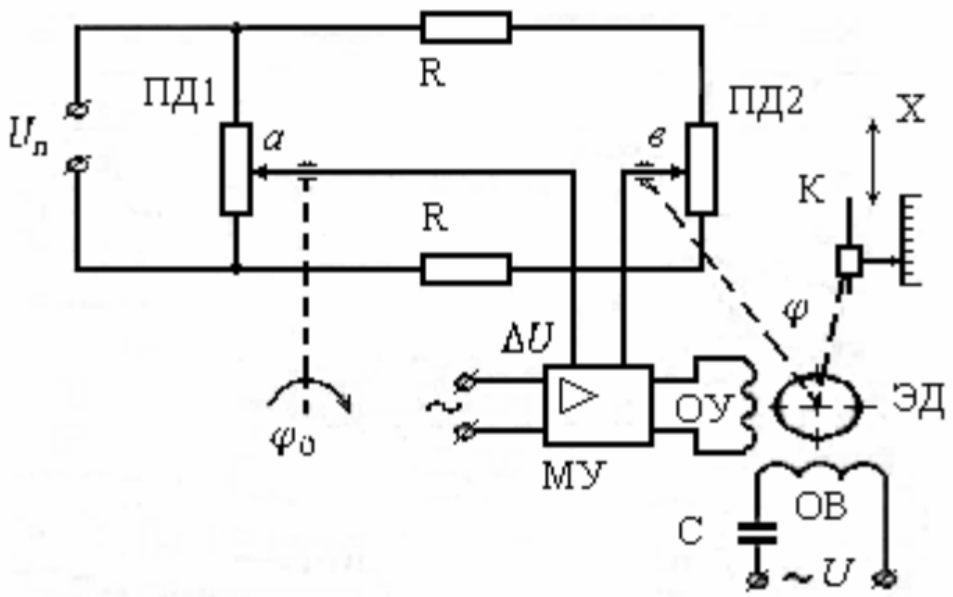


Рис. 5. Электрическая схема следящей системы с потенциметрическими датчиками

Функциональная схема следящей системы приведена на рис. 6.

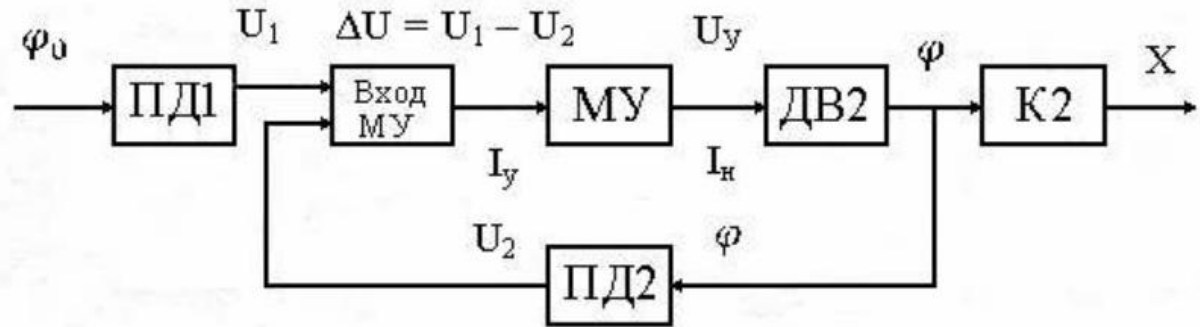


Рис. 6. Функциональная схема следящей системы с потенциметрическими датчиками

Управляющим воздействием является задаваемая величина угла поворота оси датчика ПД1 — φ_0 , выходным сигналом системы — линейное перемещение X каретки $K2$.

Напряжение U_1 от ПД1 поступает на вход двухтактного магнитного усилителя, выходной ток которого является входной величиной для двигателя ДВ2 исполнительного механизма ИМ2. Вращательное движение ротора двигателя через редуктор с помощью тросовой передачи передается на ось потенциметрического датчика ПД2. Напряжение U_2 от датчика ПД2 также поступает на вход магнитного усилителя МУ, при этом ПД2 выполняет функцию датчика обратной связи (ОС).

Ток рассогласования I_H пропорциональный разности напряжений $\Delta U = U_1 - U_2$ ($I_P = K_{МУ} \cdot \Delta U$), усиленный двухтактным магнитным усилителем, приводит к появлению сигнала управления U_Y . Ротор двигателя будет вращаться до тех пор, пока $\Delta U_Y = 0$, т.е. $U_Y = 0$.

Таким образом, угол поворота оси φ потенциметрического датчика ПД1 будет равен углу поворота оси φ_0 потенциметрического датчика ПД2, перемещение каретки $K2$ (перемещение X) равно:

$$X = \frac{1}{K_{МУ}} \cdot \varphi, \text{ см/град} \tag{1}$$

где $K_{МУ}$ коэффициент усиления (передачи) магнитного усилителя.

Если при правильном подключении датчиков выключить систему, отвести каретку от прежнего положения и снова включить, каретка вернется в исходное положение. Чем дальше будет отведена каретка от начального положения, тем больше будет сигнал рассогласования.

Включение системы после введения такого разбаланса представит фактически ступенчатое появление сигнала разбаланса и вызовет перемещение каретки под таким воздействием, то есть переходный процесс в системе.

3. Порядок выполнения работы

- 1) Подготовить систему к исследованию (табл.О)
 - 1.1) Включить "Сеть" блока источника питания (ИП).
 - 1.2) Настроить двухтактный магнитный усилитель:
 - а) включить на блоке магнитного усилителя тумблеры "220 В" и МУ1;
 - б) ручкой "Регулировка обр. связи" установить по прибору "Ток нагрузки" $I_{H1} = 35$ мА;
 - в) выключить питание МУ1 (тумблер МУ1);
 - г) включить тумблер МУ2;
 - д) ручкой "Регулировка обр. связи" МУ2 установить ток нагрузки второго усилителя МУ2. равный $I_{H2} = I_{H1} = 35$ мА,
 - е) включить тумблер "Смещение";
 - ж) ручкой регулировки "Рег. I_{CM} " уменьшить ток нагрузки до $I_H = 20$ мА;
 - з) включить оба усилителя (тумблеры МУ1 и МУ2) и при необходимости ручкой "Регулировка обр. связи" одного из усилителей произвести более точную установку нуля;
 - 1.3) Двумя проводниками соединить клеммы $U_{ПД}$ (потенциометрического датчика рассогласования) с клеммами входа МУ. Подать питание на датчики ПД1 и ПД2 включением тумблера " $U_{ПД}$ " блока датчиков ПУ.
 - 1.4) Установить каретку К2 в положение $X = 10$ см и $\varphi_0 = 160^\circ$.
 - 1.5) Включить тумблер "Контроль — Работа" блока МУ в положение "работа", переключатель "Усиление" в положение 4.
 - 1.6) Включить питание блока ИМ2 (тумблер "Дв").
- Проверить работу следящего привода. Для этого ручкой "Ввод φ_0 " блока датчиков ПУ изменяем угол φ_0 и следим за перемещением X каретки К2 и изменением сигнала ошибки (разностного сигнала двух потенциометрических датчиков) по прибору "Сигнал ошибки" блока МУ. Если при малом сигнале рассогласования каретка начинает перемещаться, увеличивая сигнал рассогласования (по прибору сигнал ошибки), то необходимо выключить ИМ2 (тумблер двигателя $U_{ПДТ}$) и поменять проводники на входе МУ (Вход МУ). Повторить действия по пункту 1.6.
- 2) Исследовать двухтактный магнитный усилитель - снять зависимость $I_H = f(I_V)$. Для этого:
 - а) установить переключатель "Усиление" блока МУ в положение 4;
 - б) ручку регулировки " R_{BX} " установить в среднее положение;
 - в) изменяя величину управляющего тока I_V ручкой "Ввод φ_0 " блока датчиков ПУ, фиксировать его значения по прибору "Сигнал ошибки";
 - г) ток нагрузки I_H измеряется по прибору "Ток нагрузки" блока МУ.

Результаты занести в табл. 1.

Таблица 1

I_V , мА	-3,0	....	....	-1,0	-0,5	0	0,5	1,0	....	....	3,0
I_H , мА						0					

Определить значение коэффициента усиления магнитного усилителя $K_{МУ}$ через приращения ΔI_H и I_V :

$$K_{МУ} = \frac{\Delta I_H}{\Delta I_V} \quad (2)$$

3) Произвести тарировку потенциометрического датчика, расположенного в блоке ИМ2, для чего выполнить следующие действия.

3.1) Выключить питание двигателя Блока ИМ2.

3.2) Изменяя φ_0 в пределах от 0 до 330° через каждые 20° при каждом значении φ_0 ручкой "Ввод X " на блоке ИМ2, устанавливая каретку К2 в такое положение, при котором сигнал ошибки становится равным нулю и записывать эти значения X_T . Тарировочная таблица отсюда будет

таблицей значений φ_0 и X_T , при которых ток через прибор "Сигнал ошибки МУ" отсутствует ($I_P = 0$).

Таблица 2

φ , град	0	20	40	60	80	100	....	....	300	320
X_T , см										

4) Исследовать статическую характеристику $X = f(\varphi_0)$ системы, для чего необходимо выполнить следующие действия:

- 4.1) Выключить питание двигателя на блоке ИМ2;
- 4.2) Установить каретку К2 блока РВ12 в положение $X = 0$;
- 4.3) Ручкой "Ввод φ_0 " на блоке ПУ задать угол φ_0 , при котором $I_P = 0$;
- 4.4) Включить питание двигателя на блоке ИМ2;
- 4.5) Медленно и монотонно изменяя величину φ_0 от 0 до 330° (через 20°), записать значения φ_0 и установившиеся значения $X_{ПР}$. Шаг изменения φ_0 и форму заполнения взять таким же, как при получении тарировочной таблицы (прямой ход).

Таблица 3

φ , град	0	20	40	60	80	100		....	300	320
$X_{ПР}$, см										
$\Delta X_{ПР}$, см										

4.6) Повторить действие предыдущего пункта работы при изменении φ_0 от 330° до 0 (обратный ход).

- 4.7) Рассчитать погрешности системы $\Delta X = X - X_T$, где X — значение перемещения на статической характеристике; X_T — значение перемещения по тарировочному графику.

Значения X и X_T — взяты при одном и том же значении φ_0 .

Погрешности ΔX определить как при увеличении перемещения (ΔX^+), так и при уменьшении (ΔX^-) (прямой и обратный ходы). Рассчитать максимальную среднюю ошибку:

$$\Delta X_{MAX} = \frac{1}{2} (\Delta X_{ПР.MAX}^+ + \Delta X_{ОБР.MAX}^-) \quad (3)$$

5) Провести наблюдение переходного процесса, возникающего в системе при скачкообразном изменении напряжения сигнала ошибки. Для этого выполнить следующие действия:

- 5.1) Установить значение φ_0 ручкой "Ввод φ_0 " на блоке ПУ. соответствующее $X_T = 10$ см.
- 5.2) Выключить питание электродвигателя на блоке ИМ2.
- 5.3) Установить значение $X = 5$ см ручкой "Ввод φ " на блоке ИМ2.
- 5.4) Включить питание двигателя на блоке ИМ2.

Наблюдая перемещение каретки К2, установить характер переходного процесса (монотонный, апериодический или колебательный) и измерить величину установившейся ошибки (отклонение перемещения каретки от $X = 10$ см) и число переходов ΔX через нуль.

Переходный процесс системы необходимо получить в форме $X = f(t)$, где X — смещение каретки (см), t — время (сек).

Время отсчитывать по секундомеру. Коэффициент передачи ИМ2 следует определить через приращения $\Delta \varphi$ и ΔX при изменении тока ΔI_H .

4. Содержание отчета

- 1) Функциональная схема следящей системы.

- 2) Таблица и график двухтактного магнитного усилителя $I_H = f(I_Y)$, расчет коэффициента усиления магнитного усилителя $K_{МУ}$.
- 3) Таблица тарировки датчика и таблицы с данными статической характеристики привода.
- 4) Построить тарировочный график потенциометрического датчика.
- 5) Построить статическую характеристику привода.
- 6) Рассчитать погрешности $\Delta X_{ПР}$, $\Delta X_{ОБР}$, $\Delta X_{МАХ}$.
- 7) В разделе анализа экспериментальных данных отчета привести графики переходных процессов в системе привода каретки при различных значениях $K_{МУ}$.

5. Контрольные вопросы

- 1) Как работает следящая система управления?
- 2) Что происходит с погрешностью системы с увеличением коэффициента усиления МУ?
- 3) Как проводится тарировка потенциометрического датчика.