

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

---

**Кафедра технической эксплуатации авиационных  
электросистем и пилотажно-навигационных комплексов  
В.В. Глухов**

## **АВТОМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ**

**ПОСОБИЕ  
по выполнению лабораторной работы  
«Исследование потенциометрических  
датчиков»**

*для студентов III курса  
направлений 25.03.02 (162500)  
всех форм обучения*

**Москва - 2015**

ББК 6Ф6.5

Г55

Рецензент канд. техн. наук, доц. Ю.С. Соловьев

Глухов В.В.

Г55 Автоматика и управление: пособие по выполнению лабораторной работы «Исследование потенциометрических датчиков». – М.: МГТУ ГА, 2015. - 20 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Автоматика и управление» по Учебному плану для студентов III курса направления 25.03.02 (162500) всех форм обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 15.03.15 г. и методического совета 19.03.15 г.

## ВВЕДЕНИЕ

### ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Датчиками систем автоматического управления (САУ) называются устройства или комплексы устройств, которые обеспечивают получение или преобразование первичной информации о физических величинах, характеризующих состояние объекта управления и его систем, в электрические сигналы.

Как правило, входной сигнал датчика имеет одинаковую физическую природу с регулируемым параметром (линейное и угловое перемещение, частота вращения вала, давление, температура и т.д.), а выходной сигнал датчика является электрической величиной (ток, напряжение, частота).

Датчик первичной информации в общем случае состоит из воспринимающего чувствительного элемента и одного или нескольких промежуточных (дополнительных) преобразователей сигнала в электрическую величину. Если промежуточных преобразований входного сигнала не требуется (например, в термопаре, фотоэлементе и т.д.), то понятие датчик и чувствительный элемент совпадают.

При возникновении необходимости получения от датчика электрического выходного сигнала, пропорционального изменениям входного сигнала, кроме чувствительного элемента в датчике имеются дополнительные устройства, преобразующие промежуточный сигнал в электрический выходной сигнал. Такие промежуточные преобразующие устройства (например, потенциометрические преобразователи в датчиках давления) в инженерной практике называют датчиками сигналов. В современных САУ, например, в автопилотах, датчиками могут быть целые комплексы, состоящие из множества блоков и элементов.

Датчики электрических сигналов по принципу действия можно разбить на три группы:

- 1) параметрические (потенциометрические, индуктивные, емкостные и т.д.);
- 2) индукционные (индукционные, сельсинные, трансформаторные и т.д.);
- 3) генераторные (термопары, фотодатчики, пьезодатчики и т.д.).

Основными характеристиками датчиков являются:

статическая характеристика  $X_{\text{вых}} = f(X_{\text{вх}})$ , определяющая функциональную

зависимость выходной величины  $X_{\text{вых}}$  от входной величины  $X_{\text{вх}}$ ;

коэффициент преобразования или чувствительность:

$$K = \frac{dX_{\text{вых}}}{dX_{\text{вх}}} \sim \frac{\Delta X_{\text{вых}}}{\Delta X_{\text{вх}}},$$

который является отношением приращения выходной величины  $\Delta X_{\text{вых}}$  к приращению входной величины  $\Delta X_{\text{вх}}$ ;

порог чувствительности датчика, определяющейся наименьшим изменением входной величины  $X_{вх}$ , которое вызывает изменение  $X_{вых}$  на величину большую, чем уровень шума на выходе датчика;

погрешности датчика, которые определяются величиной отклонения реальной статической характеристики от идеальной;

номинальная мощность, которая определяется максимально допустимой мощностью, длительно рассеиваемой в электрических цепях датчика без нарушения его нормальной работы;

мощность входного сигнала, которая определяется максимально допустимой мощностью  $X_{вх}$  без нарушения работы датчика.

Рассмотрим основные схемы включения датчиков.

Типовая нереверсивная схема включения параметрического датчика приведена на рис. В.1. Она состоит из источника питания  $U_n$  и двух последовательно соединенных сопротивлений. Одно из них является сопротивлением нагрузки  $Z_n$ , с которого снимается выходное напряжение  $U_{вых}$ , другое сопротивление  $Z_o$ , относящееся непосредственно к датчику, изменяет свои параметры в зависимости от изменения измеряемой величины  $X_{вх}$ .

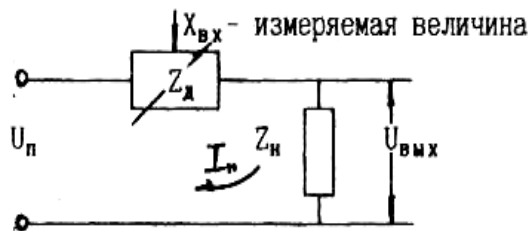


Рис.В.1. Типовая нереверсивная схема включения датчика

Типовые реверсивные схемы включения датчиков возможны двух вариантов:

дифференциальные – с источниками питания на постоянном и переменном токах, представлены на рис.В.2; мостовые, представлены на рис.В.3.

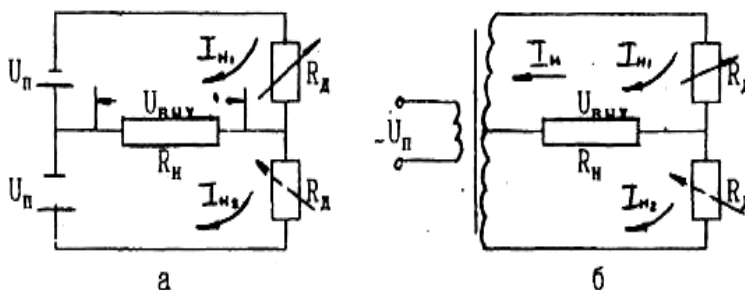


Рис.В.2. Типовые дифференциальные схемы включения датчиков:

а – с источником на постоянном токе;

б – с источником на переменном токе.

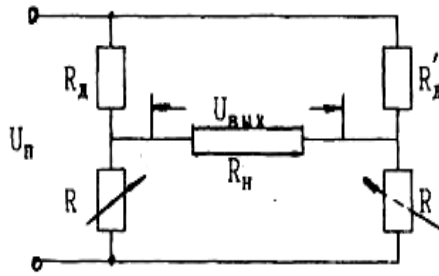


Рис.В.3. Типовая мостовая схема включения датчиков с источниками на постоянном и переменном токах

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТЕНЦИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ

#### Цель работы

Целью работы является изучение устройства и принципа действия потенциометрических датчиков, а также приобретение практических навыков по определению основных характеристик и основных отказов при их эксплуатации.

#### Общие сведения

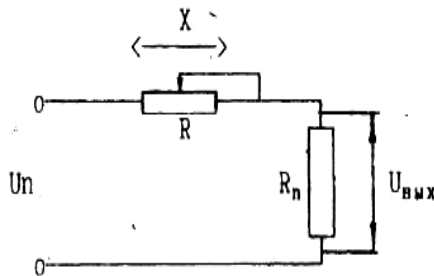


Рис.1.1. Реостатная схема датчика линейного (углового) перемещения

Электромеханическое устройство, состоящее из активного сопротивления и скользящего по нему контакта – щетки (подвижного контакта), представляет собой реостат. Реостат может служить датчиком углового и линейного перемещений (рис. 1.1.) и относится к группе параметрических датчиков.

Однако чаще всего реостат включают по схеме делителя напряжения (рис.1.2.) и называют его в этом случае потенциометрическим датчиком или потенциометром.

Такой потенциометр можно отнести к группе параметрических датчиков, у которых в зависимости от входной величины  $X$  кроме сопротивления датчика  $R_d = R_{n-x}$  меняется и сопротивление нагрузки  $R_n = R_x$ .

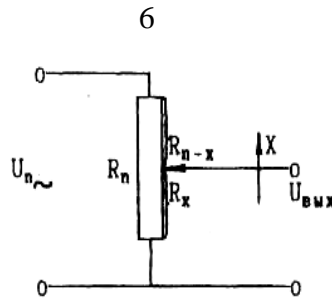


Рис.1.2. Потенциометрический датчик

При этом  $R_x + R_{n-x} = R_n$ ,

где  $R_x$  – сопротивление между началом потенциометра и щеткой;

$R_{n-x}$  – сопротивление между концом потенциометра и щеткой;

$R_n$  – сопротивление потенциометра.

Потенциометрические датчики классифицируются:

по диапазону перемещения подвижного контакта:

а) с ограниченным перемещением;

б) с неограниченным (более  $360^\circ$ ) перемещением (спиральные винтовые потенциометры);

по характеру намотки:

а) ламельные;

б) проволочные;

в) пленочные;

по способу включения:

а) реостатные;

б) ненагруженные и нагруженные делители;

по характеру воспроизведения функций:

а) линейные;

б) функциональные.

По точности воспроизведения сигнала в зависимости от разброса сопротивления  $R_n$  и ошибке по линейности статической характеристики потенциометрические датчики делятся на три класса точности (1-й класс наиболее точный).

Основными эксплуатационными характеристиками потенциометров являются:

статическая характеристика и статическая чувствительность;

номинальная величина активного сопротивления;

номинальная мощность рассеивания;

уровень собственных шумов;

износоустойчивость и вибропрочность;

стабильность величины сопротивления.

Статическая характеристика определяет функциональную зависимость выходного напряжения потенциометра от перемещения его движка (для установившегося процесса).

Статическая чувствительность характеризуется крутизной статической характеристики и определяется как приращение напряжения на единицу линейного или углового перемещения щетки.

Номинальная величина активного сопротивления характеризуется значением активного сопротивления, полученного после изготовления потенциометра.

Номинальная мощность рассеивания определяется максимально допустимой мощностью, длительно рассеиваемой на сопротивлении потенциометра без нарушения его нормальной работы.

Уровень собственных шумов оценивают по величине ложного сигнала, появляющегося на выходе потенциометра вследствие мгновенных нарушений контакта, возникающих при больших скоростях перемещения или вибрации щетки.

Износоустойчивость определяется числом перемещений движка до нарушения нормальной работы потенциометра.

Вибропрочность оценивается временем, в течение которого потенциометр выдерживает колебания с заданным ускорением в заданном диапазоне частот.

Расчет потенциометра обычно сводится к определению статической характеристики и температурного режима обмотки.

Статическая характеристика ненагруженного потенциометра (согласно ранее данному определению) будет линейна (рис.1.3. прямая 1) и выразится в виде зависимости

$$U_{\text{вых}}^{\infty} = kX \quad (1.1)$$

или в относительных единицах

$$\frac{U_{\text{вых}}^{\infty}}{U_n} = \bar{X}$$

где  $U_{\text{вых}}^{\infty}$  - напряжение на выходе потенциометрического датчика при  $R_n = \infty$ ;

$X$  - величина перемещения подвижного контакта (щетки) потенциометрического датчика;

$k = \frac{U_n}{L}$  - чувствительность потенциометрического датчика;

$U_n$  - напряжение питания потенциометрического датчика;

$L$  - длина потенциометрического датчика;

$\bar{X} = \frac{X}{L}$  - относительное перемещение щетки потенциометрического датчика.

Однако в реальных условиях потенциметрический датчик нагружен входным сопротивлением последующего звена системы автоматического управления, которое будем считать нагрузкой потенциметрического датчика и обозначать  $R_n$ .

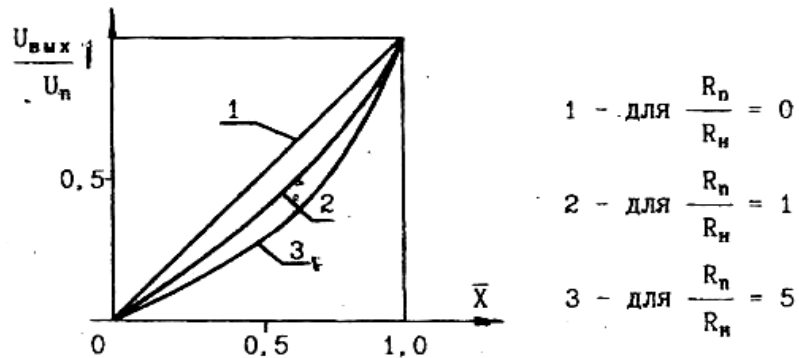


Рис.1.3. Статические характеристики потенциметрического датчика в относительных единицах при разных  $R_n = const$ .

Схема включения нагруженного потенциометра показана на рис.1.4.

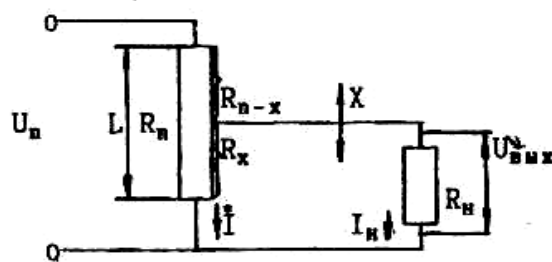


Рис.1.4. Схема нагруженного потенциметрического датчика.

Нагрузка  $R_n$  потенциметрического датчика оказывает шунтирующее действие сопротивлению  $R_x$  и поэтому влияет на выходное напряжение. Таким образом, подключение нагрузочного сопротивления к выходу потенциометра влияет на величину выходного напряжения и вызывает ошибку-погрешность, величина которой выражается в абсолютных или относительных единицах.

Величина этой ошибки зависит от отношения  $R_n/R_x$  и она тем больше, чем больше это отношение (рис.1.3.).

Для случая  $R_n/R_n \neq \infty$  (рис.1.4)

$$U_n = IR_{n-x} + U_{\text{вых}}, \quad (1.2)$$

$$i = I + I_n, \quad (1.3)$$

$$\text{где } R_{n-x} = R_n - R_x, \quad I_n = \frac{U_{\text{вых}}}{R_n}, \quad i = \frac{U_{\text{вых}}}{R_n}. \quad (1.4) - (1.6)$$



Подставляя выражения (1.5) и (1.6) в выражение (1.3), получим

$$I = U_{\text{вых}} \left( \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_n} \right). \quad (1.7)$$

Из выражения (1.2) с учетом (1.7) и (1.4) можно получить

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_n}{1 + \left( \frac{1}{R_x} + \frac{1}{R_n} \right) (R_n + R_x)}. \quad (1.8)$$

Так как  $R_x = \frac{R_n}{L} X = R_n \frac{X}{L}$ , то выражение (1.8) можно записать в виде

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_n}{\frac{L}{X} + \frac{R_n}{R_n} - \frac{R_n}{R_n} \frac{X}{L}}$$

или

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_n}{\frac{L}{X} + \frac{R_n}{R_n} \left( 1 - \frac{X}{L} \right)}. \quad (1.9)$$

Выражение (1.9) для статической характеристики потенциметрического датчика преобразуется к виду

$$U_{\text{вых}} = \frac{U_n}{1 + \frac{X}{L} \frac{R_n}{R_n} \left( 1 - \frac{X}{L} \right)} \frac{X}{L} \quad (1.10)$$

или в относительных единицах

$$\frac{U_{\text{вых}}}{U_n} = \frac{\bar{X}}{1 + \frac{R_n}{R_n} \bar{X} (1 - \bar{X})}. \quad (1.11)$$

Статическая характеристика нагруженного потенциметрического датчика для различных значений  $R_n$  приведена на рис.1.3 (кривые 2 и 3).

При  $R_n \gg R_n$  отношение  $R_n/R_n \ll 1$ , тогда  $U_{\text{вых}}^\infty = U_{\text{вых}}$  и выражение (1.11) преобразуется в выражение (1.1) для ненагруженного потенциметра.

Абсолютная ошибка влияния нагрузки будет

$$\Delta U_{\text{вых}} = U_{\text{вых}}^\infty - U_{\text{вых}},$$

а относительная

$$\Delta \bar{U}_{\text{вых}} = \frac{U_{\text{вых}}^\infty - U_{\text{вых}}}{U_{\text{вых}}}. \quad (1.12)$$

С учетом выражений (1.1) и (1.10) относительная ошибка выразится

$$\Delta \bar{U}_{\text{вых}} = \frac{\frac{X^2}{L^2} \frac{R_n}{R_n} \left( 1 - \frac{X}{L} \right)}{1 + \frac{X}{L} \frac{R_n}{R_n} \left( 1 - \frac{X}{L} \right)} \quad (1.13)$$

или

$$\Delta \bar{U}_{\text{бых}} = \frac{\frac{R_n}{R_n} \bar{X}^2 (1 - \bar{X})}{1 + \frac{R_n}{R_n} \bar{X} (1 - \bar{X})}. \quad (1.14)$$

На рис.1.5 приведены графические зависимости относительных ошибок потенциметрических датчиков при различных  $R_n/R_n = \text{const}$  в зависимости от относительного перемещения его щетки (схема на рис.1.4.).

Значение  $X$ , при котором ошибка максимальная определяется из уравнения

$$\frac{d\Delta U_{\text{бых}}}{dX} = 0$$

и с учетом выражения (1.14) равно  $\bar{X}_{\text{max}} = 2/3$ . При этом максимальная ошибка согласно выражению (1.14) при  $X_{\text{max}} = 2/3$  будет равна  $\Delta \bar{U}_{\text{бых max}} \approx 0.15 R_n/R_n$

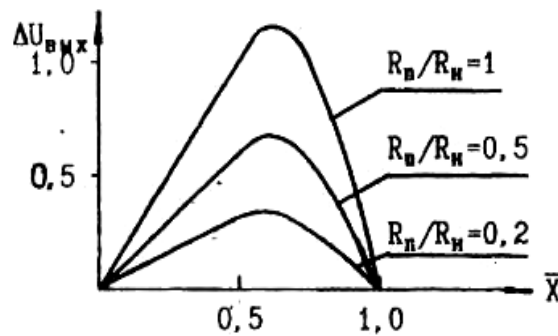


Рис.1.5. Графические зависимости относительных ошибок потенциметрического датчика для различных  $R_n/R_n = \text{const}$ .

Существуют различные схемы включения потенциметрических датчиков. Некоторые схемы включения потенциметрических датчиков приведены на рис.1.6.а, б, в, г, д, е.

Одним из основных недостатков потенциметрических датчиков является их сравнительно низкая надежность, которая проявляется в обрыве обмотки, потере контакта щетки и короткого замыкания витков обмотки на определенных ее участках.

Применение метода резервирования для повышения надежности потенциметрических датчиков не всегда эффективно и связано с повышением габаритов, веса, стоимости и т.д. Этих недостатков можно в значительной мере избежать, если применить метод равнопотенциальных соединений.

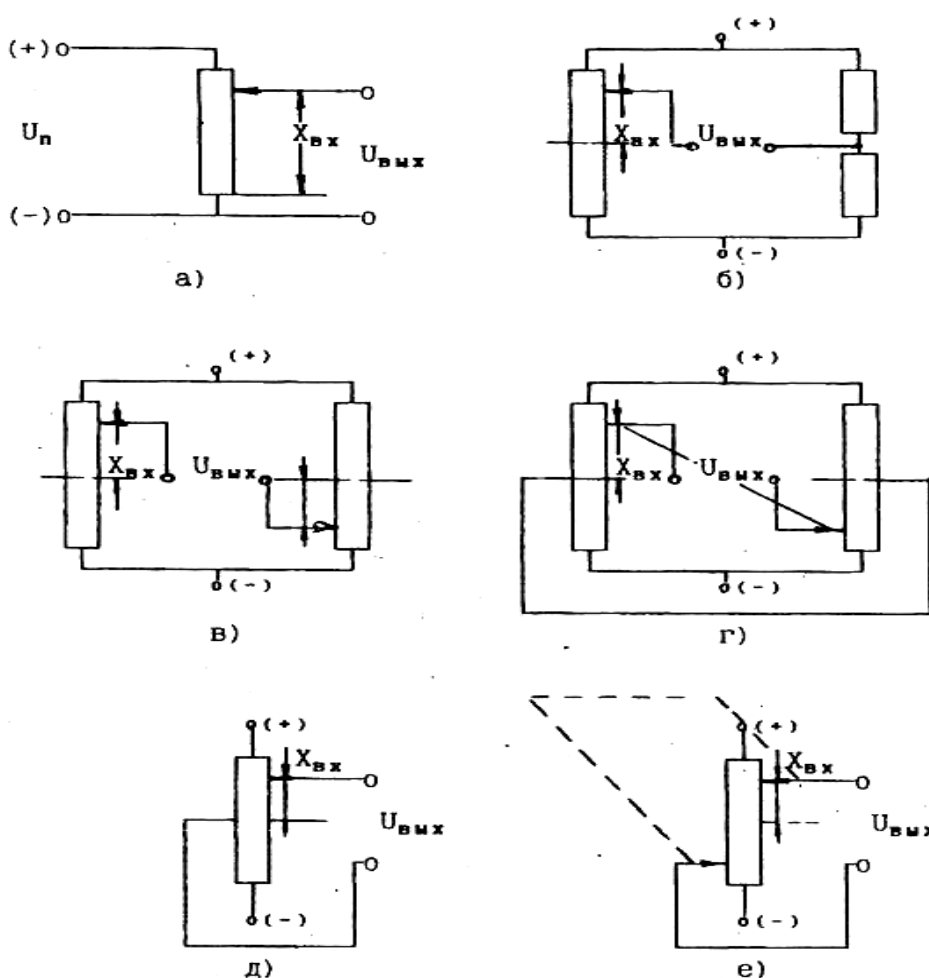


Рис.1.6. Схемы включения потенциметрических датчиков:  
 а – неревверсивная схема включения;  
 б, в, г, д, е – реверсивные схемы включения.

Этот метод основан на том, что резервированный узел заменяется параллельно работающими элементами (обычно двумя), каждый из которых разбит на участки так, чтобы можно было осуществить соединения точек деления одного с соответствующими точками равного потенциала другого элемента.

Число равнопотенциальных соединений выбирается таким образом, чтобы отклонение выходного параметра от минимального значения в случае отказа было такое же, что и при отказе элемента в резервированном узле при обычном поэлементном резервировании.

Преимущества метода равнопотенциальных соединений можно рассмотреть на примере двух параллельно включенных потенциметров для случая обрыва обмотки одного из них, если при этом оценку безопасности работы вести по отклонению значения выходного напряжения от его номинального значения.

На рис. 1.7.а приведена одна из широко применяемых схем включения двух потенциометров, где заземлены средние точки потенциометров и источника питания; на рис. 1.7.б – схема включения тех же потенциометров, но с введенными равнопотенциальными соединениями.

В схемах приняты следующие обозначения:

$2U_n$  – напряжение питания потенциометров;  $2R_n$  и  $2L$  – соответственно сопротивление и длина обмотки потенциометра;  $R_n$  – сопротивление нагрузки;  $U_{вых}$  – напряжение на сопротивлении нагрузки;  $X_{ex}$  – линейное перемещение движка потенциометра относительно среднего (нулевого) положения;  $a$  – точка обрыва одного из потенциометров.

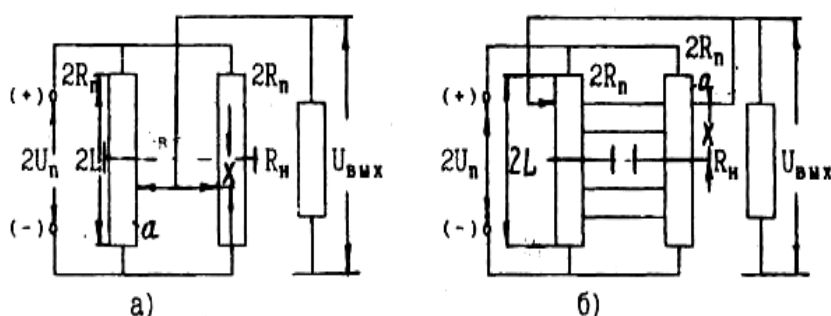


Рис.1.7. Схемы включения двух потенциометров:

а) с заземлением средних точек потенциометров и источника питания;

б) с введенными равнопотенциальными соединениями.

На рис.1.8 показаны зависимости  $U_{вых} = f(x)$ , приведенные к единичному напряжению питания.

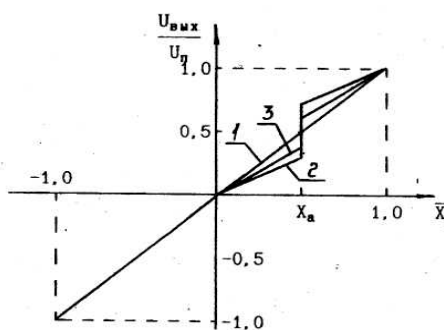


Рис. 1.8. Зависимости  $U_{вых} = f(x)$ , приведенные к единичному напряжению питания для схем на рис.1.7.

Здесь цифрами обозначены:

1 – зависимость выходного напряжения от перемещения движка потенциометра; 2, 3 – зависимости выходного напряжения от перемещения движка потенциометра в случае обрыва одного из потенциометров в точке,  $a$  соответственно для схем, изображенных на рис. 1.7.а и 1.7.б.

Характеристики 1, 2, 3 приводятся для случая, когда абсцисса точки обрыва  $X_a = L/2$ , а число введенных равнопотенциальных связей равно 8.

На рис.1.9.а показана схема включения потенциометра с заземленной средней точкой, а на рис. 1.9.б – схема того же потенциометра с соответствующими равнопотенциальными точками, полученными с помощью последовательно включенной цепочки сопротивлений R.

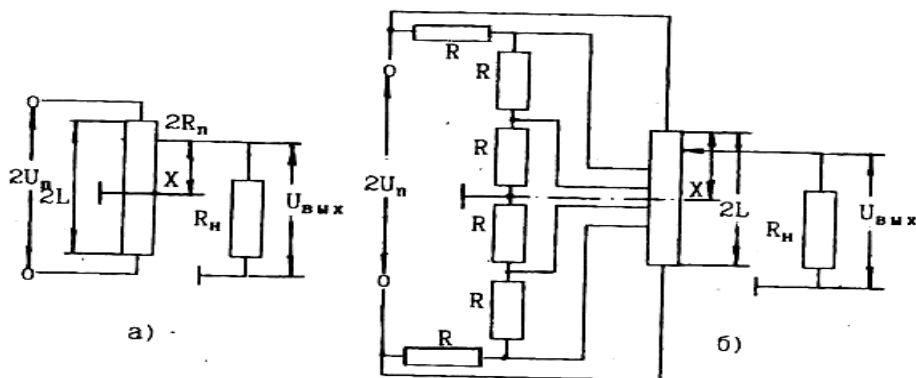


Рис.1.9. Схемы включения потенциометра:

а) – с заземленной средней точкой;

б) – с применением соединений его точек с соответствующими равнопотенциальными точками, полученными с помощью последовательно включенной цепочки сопротивлений.

На рис.1.10 даны зависимости  $U_{\text{вых}} = f(X)$ , приведенные к единичному напряжению источника питания для схем, изображенных на рис.1.9 ( $R \ll R_n \ll R_n$ );  $X_a$  – абсцисса точки обрыва; число введенных равнопотенциальных соединений б).

Как и на рис.1.8 цифрой 1 обозначена зависимость выходного напряжения от перемещения движка потенциометра, а 2, 3 – зависимости выходного напряжения от перемещения движка для случая обрыва потенциометра в точке, а соответственно для схем включения на рис. 1.9.а и 1.9.б.

Необходимо отметить, что повышение надежности потенциометра, включенного по схеме, показанной на рис. 1.9.б, имеет место при условии, что надежность цепочки последовательно включенных сопротивлений значительно выше, чем самого потенциометра.

Анализ проведенных характеристик позволяет отметить, что метод равнопотенциальных соединений обеспечивает значительное повышение надежности.

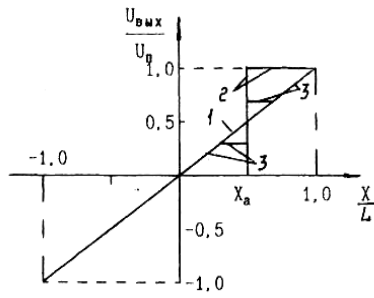


Рис.1.10. Зависимости  $U_{\text{вых}} = f(x)$ , приведенные к единичному напряжению питания для схем на рис.1.9.

С конструкцией потенциометрических датчиков можно ознакомиться в лаборатории при выполнении работы, по имеющимся в ней стендам.

Обычно потенциометрические датчики являются пропорциональным звеном.

Достоинства: потенциометрические датчики обеспечивают высокую точность и стабильность характеристик, конструктивно просты, имеют малый вес и габариты, допускают питание постоянным и переменным током.

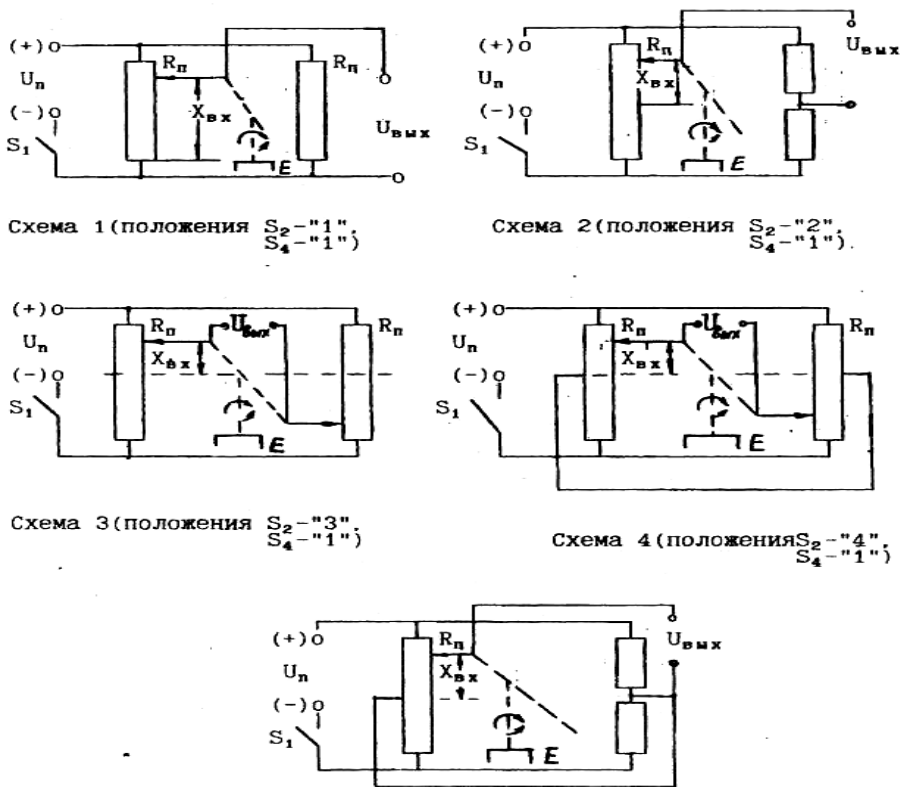


Рис. 1.11 Схемы потенциометрических датчиков.

Недостатки: наличие скользящего контакта, сравнительно большой порог чувствительности и невысокая чувствительность ( $K = 3+5$  В/мм), а так же невысокая надежность.

### Описание лабораторной установки

Лабораторная установка состоит из двух панелей. На одной панели смонтированы два потенциометрических датчика типа ПЛ-2, которые с помощью переключателя  $S_2$  соединяются между собой по 5-и различным схемам, представленным на рис.1.11. С помощью переключателя  $S_4$  можно соединить датчики по схеме эквипотенциального (равнопотенциального) соединения (рис.1.12). Переключатель  $S_3$  подключает к схеме два различных значения сопротивления нагрузки. С помощью переключателей  $S_5, S_7$  и  $S_6, S_8$  вводятся неисправности в различные места обмотки сопротивления датчика 1 и датчика 2 соответственно (на схеме не показаны). Вольтметр  $PV1$  предназначен для снятия статических характеристик потенциометрического преобразователя.

Переключатель  $S_1$  подает питание  $\pm 27$  В на лабораторную установку.

На второй панели лабораторной установки представлены схема лабораторной установки (рис.1.13), схемы соединения потенциометрических датчиков (рис.1.12, 1.13) и потенциометрические датчики типа ПЛ-2, используемые в работе.

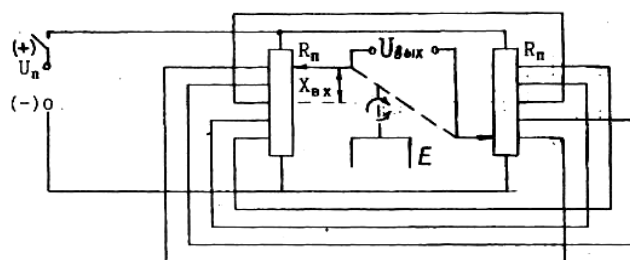


Схема 4 (положения  $S_2$  - "4",  $S_4$  - "2")

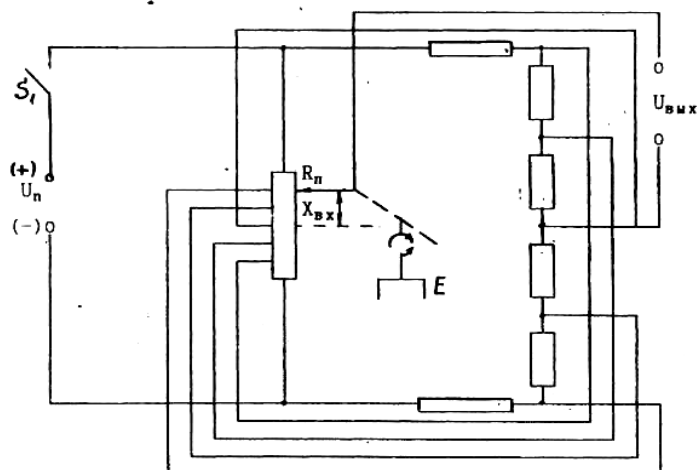


Схема 5 (положение  $S_2$  - "5",  $S_4$  - "2")

Рис. 1.12. Схемы включения потенциометрических датчиков с равнопотенциальным соединением

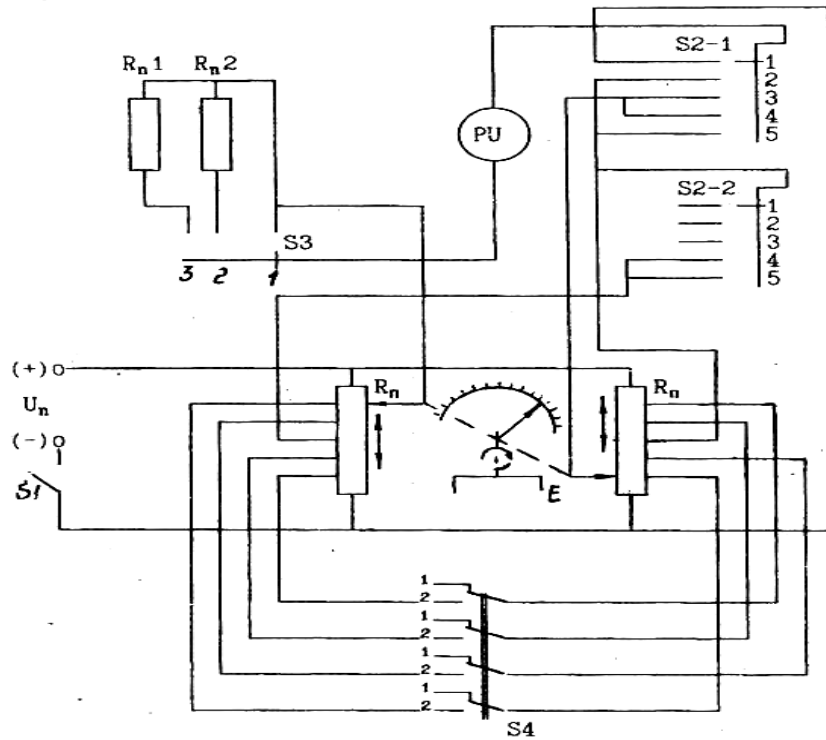


Рис. 1.13 Электрическая схема лабораторной установки

### Задание

1. Снять и построить статические характеристики нереверсивного потенциметрического преобразователя в режиме холостого хода и в режиме нагрузки при различных значениях  $R_n$  при исправном потенциметрическом датчике.

2. Снять и построить статические характеристики реверсивного потенциметрического преобразователя в режиме холостого хода и в режиме нагрузки при различных значениях  $R_n$  при исправном потенциметрическом датчике.

### Методика проведения испытаний

Перед началом испытаний получите у преподавателя вариант работы.

#### По пункту 1 задания.

Включите питание потенциметрических датчиков с помощью выключателей  $S1$ . Установите переключатель  $S2$  в положение 1. Для снятия статической характеристики нереверсивного потенциметрического преобразователя выполните последовательно пункты а, б, в, г таблицы 1, установив переключатели в положения, соответствующие пунктам а, б, в, г и номеру Вашего варианта.



Таблица 1.

Пункты	а		б		в		г					
Переключатели	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub> -S <sub>8</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub> -S <sub>8</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub> -S <sub>8</sub>	S <sub>3</sub>	S <sub>4</sub>	S <sub>5</sub>	S <sub>6</sub>	S <sub>7</sub>	S <sub>8</sub>
Вариант	Положения						переключателей					
1							1	1	3	1	1	1
2	1	1	2	1	3	1	1	1	5	1	1	1
3							1	1	1	1	3	1
4							1	1	1	1	6	1

Постройте график по результатам измерений, полученным в пунктах а, б, в, г в одних осях координат.

Вращать движок потенциометров через 15°, ведя отсчет по «черной» шкале задатчика угла поворота щётки потенциометра от 0° до 330°.

#### По пункту 2 задания.

Для снятия статистических характеристик реверсивного потенциометрического преобразователя выполните последовательно пункты а, б, в, г, д, е, ж таблицы 2, установив переключатели S2 – S8 в положения, соответствующие пунктам а, б, в, г, д, е, ж и номеру Вашего варианта.

Постройте графики по результатам испытаний, полученным в пунктах а, б, в совместно; пунктам г, д, е, ж совместно.

Вращать движок потенциометров через 30°, ведя отсчет по «красной» шкале задатчика от -165° до +165°.

#### Указания к составлению отчета

Отчет должен содержать:

1. Принципиальные электрические схемы исследованных потенциометрических датчиков.
2. Таблицы измерений.
3. Графики статических характеристик исследованных потенциометрических датчиков.
4. Выводы к работе.

#### Контрольные вопросы

1. Назначение и особенности схем включения потенциометрических датчиков?

2. Получите аналитические выражения для статических характеристик простейших схем ненагруженного и нагруженного потенциометрического датчика.

3. Определите аналитически и получите графически абсолютную и относительную ошибки потенциометрических датчиков.

4. Назовите основные отказы потенциометрических датчиков и укажите методы повышения их надежности.

5. Рассмотрите метод равнопотенциальных соединений для повышения надежности потенциометрических датчиков.

6. Назовите достоинства и недостатки потенциометрических датчиков.

#### Литература.

1. Колосов С.П. и др. Элементы автоматики. М.: Машиностроение, 1970.

2. Красовский А.А. Поспелов Г.С. Основы автоматики и технической кибернетики. М.: ГЭИ, 1972.

3. Аскерко В.С. Техническая электроника и элементы авиационных автоматических устройств. Ч. П. М.: ВИИА им. Жуковского, 1975.

4. Белевцев А.Т. Потенциометры. М.: Машиностроение, 1969.

5. Солодовников В.В., Плотников В.Н., Яковлев А.Я. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования. Учебное пособие для вузов.- М.: Машиностроение, 1985.

## Содержание

Введение. Основные понятия и определения.....	3
ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1 .....	5
Цель работы.....	5
Общие сведения.....	5
Описание лабораторной установки.....	15
Задание.....	16
Методика проведения испытаний.....	16
Указания к составлению отчета.....	17
Контрольные вопросы.....	17
Литература.....	18

---

	Подписано в печать 28.05.15 г.	
Печать офсетная	Формат 60x84/16	0,95 уч.-изд. л.
1,16 усл.печ. л.	Заказ № 2026/	Тираж 80 экз.

---

*Московский государственный технический университет ГА*  
125993 Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20  
*Редакционно-издательский отдел*  
125493 Москва, ул. Пулковская, д.6а