

Лабораторная работа

Тема: Исследование потенциометрического измерительного преобразователя

Цель работы:

1. Изучение конструкции и принципа действия потенциометрических измерительных преобразователей.
2. Снятие семейства статических характеристик потенциометрического измерительного преобразователя угловых перемещений при различных сопротивлениях нагрузки.

Общие сведения

Потенциометрический измерительный преобразователь (реостатный датчик) представляет собой реостат, в котором перемещение подвижного контакта изменяет введённое в цепь сопротивление. Реостат выполнен в виде каркаса определённой формы, на котором намотана и укреплена обмотка из провода. В качестве материала используют нихром, константан, манганин, платину или сплав серебра с палладием и платины с иридием. В зависимости от конфигурации каркаса реостаты разделяются на линейные, стержневые, кольцевые и многооборотные (рис.1). Сопротивление реостата может изменяться линейно или по некоторому закону в функции перемещения движка. В последнем случае выполняется профильный каркас элемента сопротивления (рис.1в).

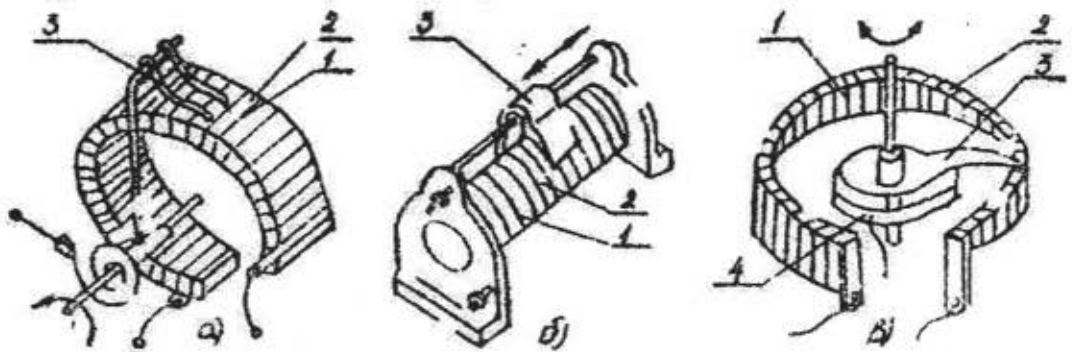


Рис.1. Варианты конструктивного выполнения реостатных потенциометрических измерительных преобразователей: а, в – угловое перемещение; б – линейное перемещение; 1 – намотка; 2 – каркас; 3 – движок; 4 – токосъёмное кольцо.

Конструктивно потенциометрические измерительные преобразователи выполняют как измерительные преобразователи линейных, так и измерительные преобразователи угловых перемещений. Они работают на постоянном и на переменном токе.

Схема включения потенциометрического измерительного преобразователя приведена на рис.2. Зависимость выходного напряжения U_x от положения движка (x – при линейном перемещении, α_x – при угловом перемещении) называют статической характеристикой, что можно выразить как $U_{\text{вых}} = f(x)$ или $U_x = f(\alpha_x)$.

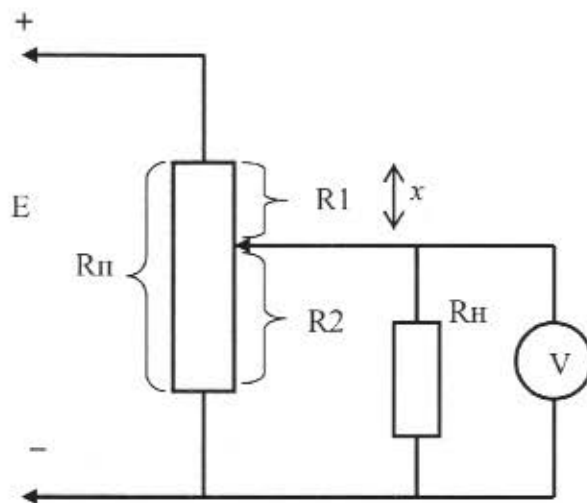


Рисунок 2- Электрическая схема включения потенциометра с нагрузочным сопротивлением

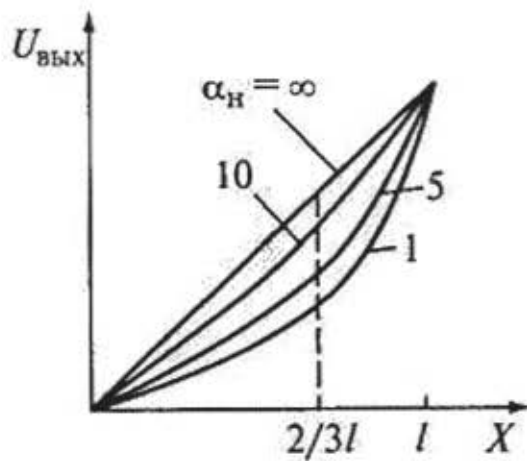


Рисунок 3- Статическая характеристика потенциметрического измерительного преобразователя

Потенциметрические измерительные преобразователи характеризуются чувствительностью S . Под чувствительностью понимают отношение приращений выходной величины к соответствующему приращению входной величины.

$$S = \frac{\Delta U_x}{\Delta \alpha_x} \left[\frac{B}{\text{град}} \right]; \quad (1) \text{ при угловом перемещении.}$$

$$S = \frac{\Delta U_x}{\Delta x} \left[\frac{B}{\text{мм}} \right]; \quad (2) \text{ при линейном перемещении.}$$

Положение движка потенциметрических измерительных преобразователей с равномерной катушкой определяется коэффициентом деления ε . Величина коэффициента деления находится из соотношения:

а) при линейном перемещении движка

$$\varepsilon = \frac{x}{l};$$

где: x – перемещение движка;
 l – полная длина катушки реостата;

б) при угловом перемещении движка

$$\varepsilon = \frac{\alpha_x}{\alpha_0};$$

где: α_x – угловое перемещение движка;
 α_0 – максимально возможное угловое перемещение движка;

в) при заданных величинах сопротивлений потенциметра (рис.2)

$$\varepsilon = \frac{R_2}{R_n};$$

где: R_n – полное сопротивление потенциметра.

Зависимость выходного напряжения U_x от коэффициента деления потенциметра ε т.е.

$U_x = f(\varepsilon)$ может быть определена экспериментально или расчётным путём.

Ток I в цепи потенциметра (рис.2) равен

$$I = \frac{E}{(R_n - R_2) + \frac{R_2 \cdot R_n}{R_2 + R_n}};$$

а выходное напряжение

$$U_x = E - I \cdot (R_n - R_2) = \frac{E \cdot R_2 \cdot R_n}{(R_n - R_2) \cdot (R_n + R_2) + R_n \cdot R_2};$$

Если обозначить $\alpha_n = \frac{R_n}{R_n}$ – коэффициент нагрузки, то

$$U'_x = \frac{E \cdot \alpha_n \cdot \varepsilon}{\kappa + \varepsilon - \varepsilon^2} = \frac{E \cdot \varepsilon}{1 + \frac{\varepsilon \cdot (1 - \varepsilon)}{\alpha_n}}; \quad (3)$$

По выражению (3) может быть построена расчётная статическая характеристика потенциметрического измерительного преобразователя $U'_x = f(\varepsilon)$, при этом величина E и α_n обычно задаются или они могут быть известны по данным лабораторной установки.

На линейность статической характеристики существенное влияние оказывает величина сопротивления нагрузки. Зависимость $U_x = f(\varepsilon)$ можно считать линейной при условии $R_n \gg R_n$ (рис.3).

Погрешность δ_n , обусловленная влиянием сопротивления нагрузки, равна разности действительного передаточного коэффициента потенциметра и коэффициента деления, выраженного положением движка, т.е.

$$\delta_n = \frac{U_x}{U_n} - \varepsilon; \quad (4)$$

Используя уравнения (3) и (4) после преобразования, получим

$$\delta_n = \frac{\varepsilon^2 \cdot (1 - \varepsilon)}{\alpha_n + \varepsilon \cdot (1 - \varepsilon)} \cdot 100\%; \quad (5)$$

Если R_n соизмеримо с R реостата то абсолютная погрешность от несовпадения идеальной и реальной статической характеристик определится выражением

$$\Delta U = U_{\text{вых}0} - U_{\text{вых}} = \frac{UR_2}{R_n} = \frac{UR_2 R_n}{R_n R_n + R_n R_2 - R_2^2} = U \frac{R_2^2 (R_n - R_2)}{R_n^2 R_n + (R_n^2 R_2 - R_n R_2^2)} \approx U \frac{R_2^2 (R_n - R_2)}{R_n^2 R_n}.$$

Последнее выражение получено, исходя из условий $R_n^2 R_2 \cong R_n R_2^2$.

Относительная погрешность

$$\delta = \frac{\Delta U}{U} = \frac{R_2^2 (R_n - R_2)}{R_n^2 R_n} \quad (6)$$

Чтобы определить максимальную погрешность, приравняем производную $d\delta/dr$ к нулю:

$$\frac{d\delta}{dR_2} = \frac{2R_2 R_n - 3R_2^2}{R_n^2 R_n} = 0,$$

что справедливо при условии $2R_2 R_n - 3R_2 = 0$, откуда получаем

$$R_2 = (2/3)R_n. \quad (7)$$

Следовательно, преобразователь имеет наибольшую погрешность при отклонении движка на $2/3$ общей длины l . Подставив выражение (7) в (6), получим формулу для расчета максимальной погрешности:

$$\delta_{\text{max}} = \frac{R_2^2 (R_n - R_2)}{R_n^2 R_n} = \frac{U}{27 R_n / R_n} = \frac{U}{27 \alpha_n}. \quad (8)$$

Как следует из (8) и приведенных статических характеристик преобразователя при различных коэффициентах нагрузки α_n (рис.3), с увеличением сопротивления нагрузки погрешность уменьшается. В общем случае необходимо, чтобы коэффициент нагрузки был как можно больше, однако на практике его выбирают в пределах 10... 100. Необходимо отметить также, что выходное

напряжение преобразователя при подключении нагрузки падает из-за шунтирования сопротивлением R_n части R_2 сопротивления потенциометра R_n .

Зависимость погрешности δ_n от положения движка x при различных коэффициентах нагрузки α_n потенциометра приведена на рис.4.

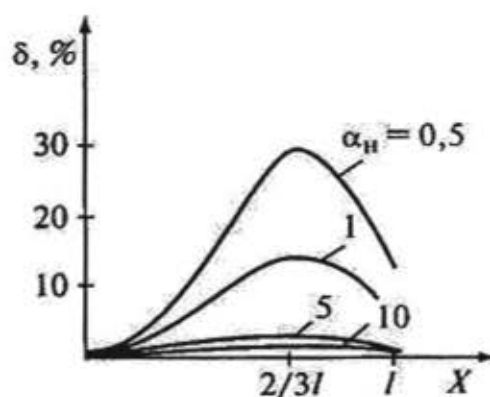


Рисунок 4- Зависимость погрешности δ_n

Эта погрешность равна нулю на обоих концах потенциометра и имеет максимум в районе двух третей диапазона. Требуемая погрешность измерения в заданном диапазоне перемещения движка может быть обеспечена соответствующим выбором величины сопротивления нагрузки и наоборот.

При автоматизации различных технологических процессов потенциметрический измерительный преобразователь выполняет функции преобразования механического перемещения в пропорциональный электрический сигнал. Простота преобразования различных физических величин в перемещение позволяет использовать потенциметрические измерительные преобразователи в приборах для измерения уровня, расхода, давления, силы, веса и т.п., а также в системах для непосредственной передачи угла поворота, в следящих системах, регуляторах, устройствах обработки данных, цифровых индикаторах.

Достоинствами потенциметрического измерительного преобразователя являются: простота, возможность получения заданного закона изменения выходной величины за счёт профилирования каркаса, а также то, что они дают на выходе электрический сигнал, пропорциональный измеряемой величине, который легко преобразуется и передаётся на удалённые индикаторные приборы (дистанционное измерение физических величин).

К недостаткам можно отнести наличие скользящего контакта, необходимость относительно больших перемещений движка и значительных усилий для его перемещения.

Ход работы:

1. Ознакомились с устройством и принципом работы потенциметрического измерительного преобразователя угловых перемещений.
2. Собрали схему лабораторной установки согласно рис.5.

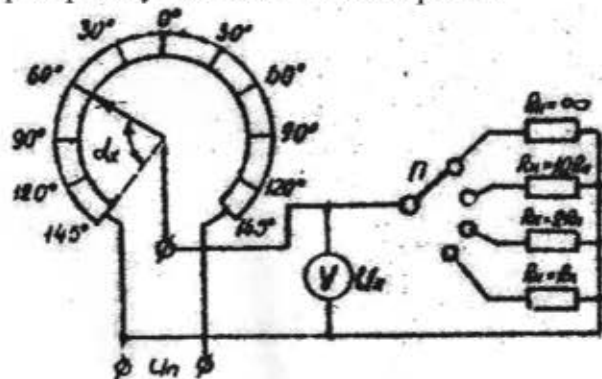


Рисунок 5- Потенциметрический измерительный преобразователь угловых перемещений

3. Сняли зависимость $U_x = f(\varepsilon)$ при сопротивлениях нагрузки $R_n = \infty$; $R_n = 10R_n$; $R_n = 2R_n$; $R_n = R_n$, где $R_n = 3000$ Ом.
4. Вычислили расчётные значения чувствительности S , погрешности нелинейности δ_n , а также величины выходного напряжения U_x при угловом перемещении движка потенциметрического

измерительного преобразователя для значений сопротивления нагрузки R_n заданных преподавателем, пользуясь выражениями (1; 2; 3).

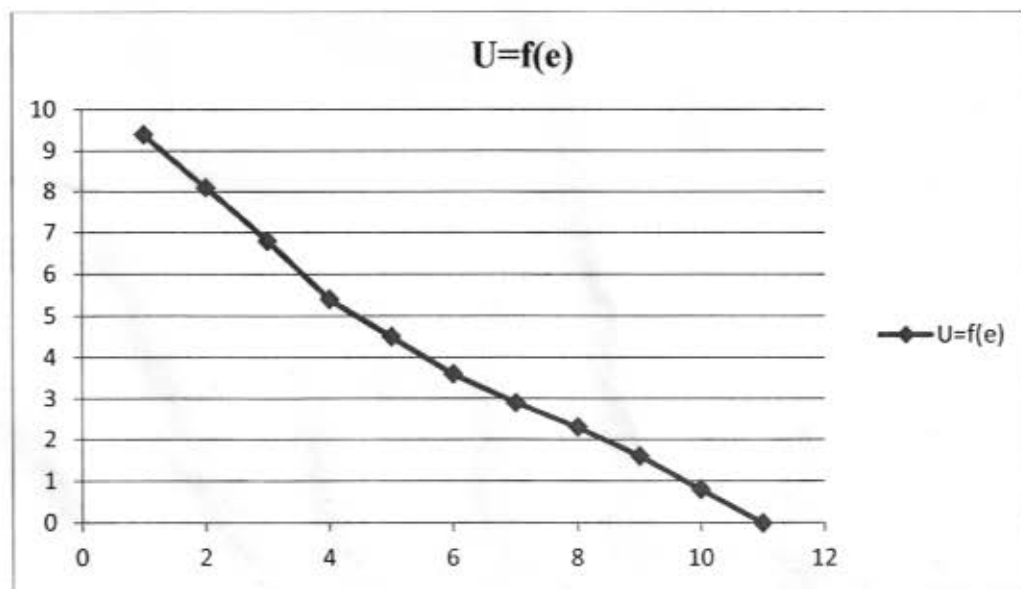
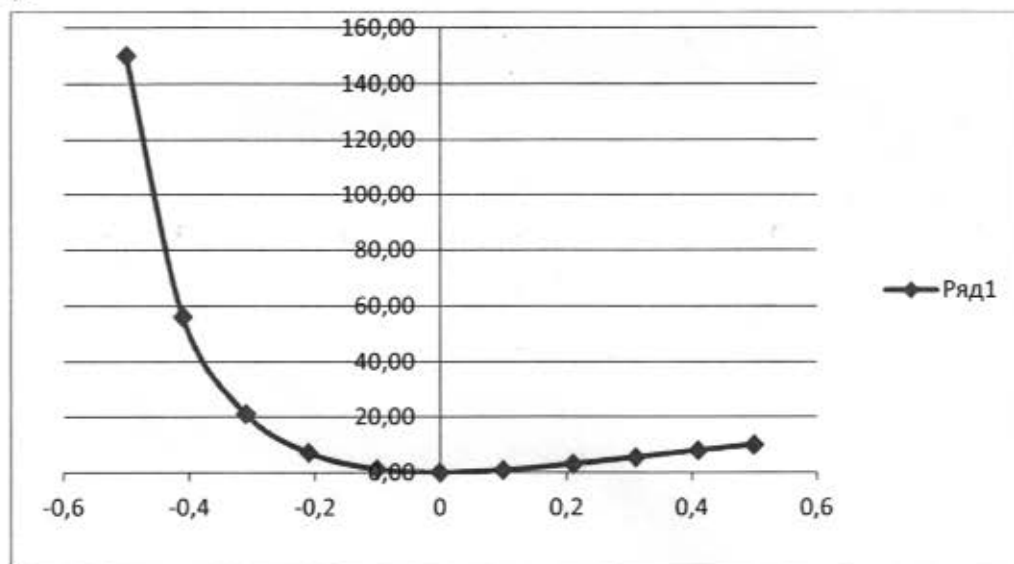
Результаты измерений и вычислений свели в таблицу 1.

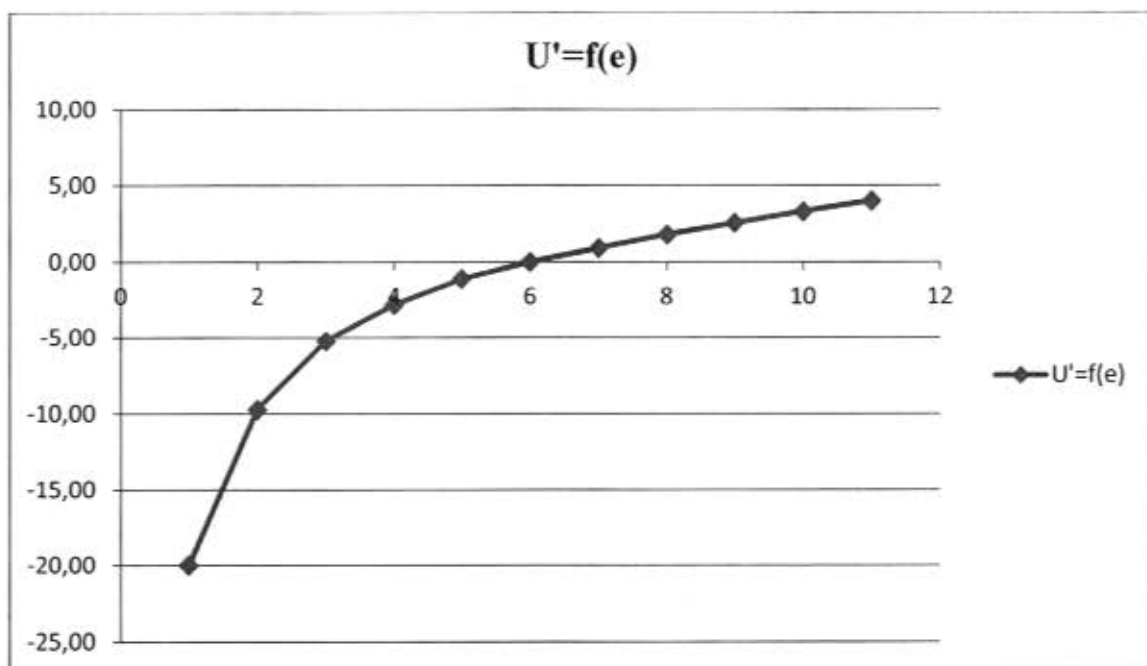
Таблица 1 - измеренных и вычисленных величин.

Сопротивление нагрузки R_n	Выходное напряжение U_x при угловом перемещении движка α_x , В											Примеч.	
	-145°	-120°	-90°	-60°	-30°	0	30°	60°	90°	120°	145°		
$R_n = \infty$	9,4	8,7	7,8	6,6	5,7	4,6	3,6	2,8	1,8	0,8	0	Измерено	
$R_n = 10R_n$	9,4	8,6	7,6	6,6	5,6	4,5	3,6	2,7	1,6	0,8	0		
$R_n = 2R_n$	9,4	8,4	7,2	6,0	5,0	4,1	3,2	2,5	1,6	0,8	0		
$R_n = R_n$	9,4	8,1	6,8	5,4	4,5	3,6	2,9	2,3	1,6	0,8	0		
Величина заданного сопротивления нагрузки $R_n =$	-0,5	-0,41	-0,31	-	-0,1	0	0,1	0,21	0,31	0,41	0,5	ε	Вычислено
	150,0	56,18	21,20	7,15	1,24	0,00	0,83	2,99	5,46	7,99	10,00	δ_n	
	-0,06	-0,07	-0,08	-0,09	-0,15	0,00	0,10	0,04	0,02	0,01	0,00	S	
	-20,0	-9,72	-5,22	-2,82	-1,12	0,00	0,92	1,80	2,55	3,30	4,00	U'_x	

Графики экспериментально полученных и расчётных характеристик $\delta_n = f(\varepsilon)$, $U_x = f(\varepsilon)$,

$U'_x = f(\varepsilon)$.





Вывод:

В ходе лабораторной работы изучили конструкции и принципы действия потенциметрических измерительных преобразователей. Ознакомились с устройством и принципом работы потенциметрического измерительного преобразователя угловых перемещений. Собрали схему лабораторной установки согласно рис.5. Сняли зависимость $U_x = f(\varepsilon)$ при сопротивлениях нагрузки $R_n = \infty$; $R_n = 10R_n$; $R_n = 2R_n$; $R_n = R_n$, где $R_n = 3000$ Ом. Вычислили расчётные значения чувствительности S , погрешности нелинейности δ_n , а также величины выходного напряжения U_x при угловом перемещении движка потенциметрического измерительного преобразователя для значений сопротивления нагрузки R_n заданных преподавателем, пользуясь выражениями (1; 2; 3). Результаты измерений и вычислений свели в таблицу 1.

Потенциметрический измерительный преобразователь (реостатный датчик) представляет собой реостат, в котором перемещение подвижного контакта изменяет введённое в цепь сопротивление. Реостат выполнен в виде каркаса определённой формы, на котором намотана и укреплена обмотка из провода. В качестве материала используют нихром, константан, манганин, платину или сплав серебра с палладием и платины с иридием. В зависимости от конфигурации каркаса реостаты разделяются на линейные, стержневые, кольцевые и многооборотные.

ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ:

По термодинамическим свойствам, используемым для измерения температуры, можно выделить следующие типы термометров:

термометры расширения, основанные на свойстве температурного расширения жидких и твердых тел;

термометры газовые и жидкостные манометрические;

термометры конденсационные;

электрические термометры (термопары);

термометры сопротивления;

оптические монохроматические пирометры;

оптические цветные пирометры;

радиационные пирометры.

ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ:

По принципу действия:

жидкостные (основанные на уравнивании давления столбом жидкости);

поршневые (измеряемое давление уравнивается внешней силой, действующей на поршень);

пружинные (давление измеряется по величине деформации упругого элемента);

электрические (основанные на преобразовании давления в какую-либо электрическую величину).

По роду измеряемой величины:

- манометры (измерение избыточного давления);
- вакуумметры (измерение давления разрежения);
- мановакуумметры (измерение как избыточного давления, так и давления разрежения);
- напорометры (для измерения малых избыточных давлений);
- тягомеры (для измерения малых давлений, разрежений, перепадов давлений);
- тягонапорометры;
- дифманометры (для измерения разности или перепада давлений);
- барометры (для измерения барометрического давления).

ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ПАРА, ГАЗА И ЖИДКОСТИ:

Приборы, измеряющие расход, называются расходомерами. Эти приборы могут быть снабжены счетчиками (интеграторами), тогда они называются расходомерами-счетчиками. Такие приборы позволяют измерять расход и количество вещества.

Классификация преобразователей для измерения расхода пара, газа и жидкости:

Механические: Объемные: ковшовые, барабанного типа, мерники. Скоростные: по методу переменного или постоянного перепада давления, напорные трубки, ротационные.

Электрические: электромагнитные, ультразвуковые, радиоактивные.

ПЕРВИЧНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ УРОВНЯ:

Под измерением уровня понимается индикация положения раздела двух сред различной плотности относительно какой-либо горизонтальной поверхности, принятой за начало отсчета. Приборы, выполняющие эту задачу, называются уровнемерами. Методы измерения уровня: поплавковый, буйковый, гидростатический, электрический и др.