

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТЕРНОПЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ІВАНА ПУЛЮЯ

**Кафедра автоматизації технологічних процесів і
виробництв**

**Метрологія,
технологічні вимірювання та прилади**

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

**«Дослідження потенціометричного
(реостатного) давача.»**

ТЕРНОПІЛЬ 2015

Тема: ДОСЛІДЖЕННЯ ПОТЕНЦІОМЕТРИЧНОГО (РЕОСТАТНОГО) ДАВАЧА.

Мета роботи: Ознайомитись з принципами роботи і конструкцією потенціометричних давачів. Зняти залежність $U_n=f(x)$:

1. В режимі холостого ходу.
2. При наявності чотирьох навантажень. Визначити чутливість і максимальну відносну похибку.

Теоретичні відомості.

Потенціометричним або реостатним давачем називається реостат, повзунок якого переміщається у відповідності із значенням вимірюваної неелектричної величини. Отже, входною величиною реостатних давачів є переміщення повзунка, який може бути лінійним або кутовим, а вихідною величиною є активний опір, який змінюється або лінійно або по деякому закону в залежності від конфігурації потенціометра.

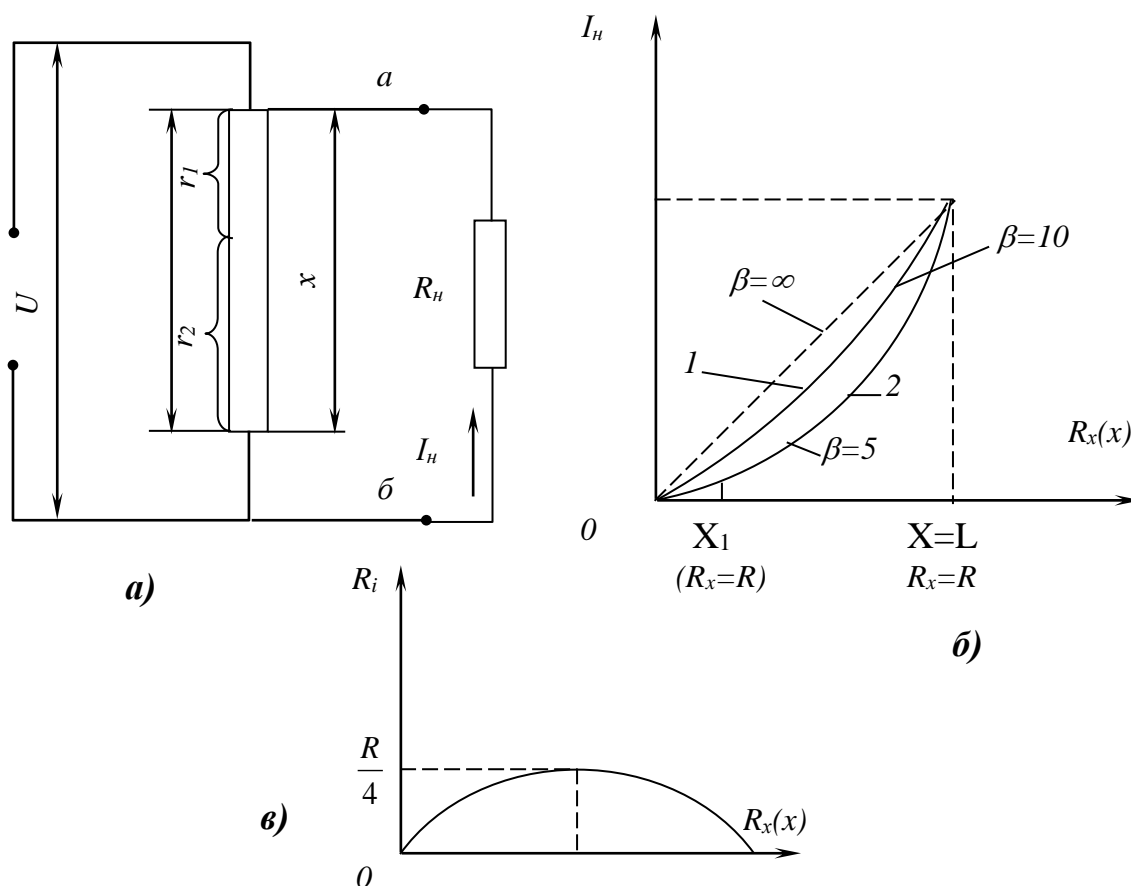


Рис.1.1 Потенціометричний давач:

a – схема підключення; b і v – характеристики лінійного давача

Давач у вигляді простого реостату майже не використовується у зв'язку з нелінійністю його характеристики $U_n=f(x)$, де U_n – напруга на навантаженні, x – переміщення повзунка. Найбільше розповсюдження отримав реостатний давач, зібраний по схемі потенціометра (рис.1.1.а), характеристика якого може бути приблизно лінійною (при правильному виборі режиму роботи давача). На

рис.1.2. приведені конструкції схем потенціометричних давачів неперервної намотки для вимірювання лінійних (рис.1.2.а) і кутових (рис.1.2.б) переміщень. Тут 1 – каркас; 2 – намотка; 3 – повзунк; 4 – струмопровідна спіральна пружина; 5 – вісь повзунка; α – кут повороту; D – діаметр намотки; L – довжина намотки; t – крок намотки.

Для намотки потенціометра, що використовуються в нормальних умовах роботи, використовують матеріал з високим граничним опором – констант, манганин, вольфрам, платиноїридій, а для намотки потенціометрів, що використовуються в умовах високих температур – фехралеву дротину.

Каркас давача виготовляється з текстоліту, склотекстоліту або пластмаси. Щоб підвищити чутливість і густину струму в обмотці давача, використовують каркаси з алюмінієвих сплавів, що покриті оксидною плівкою або ізоляційним лаком.

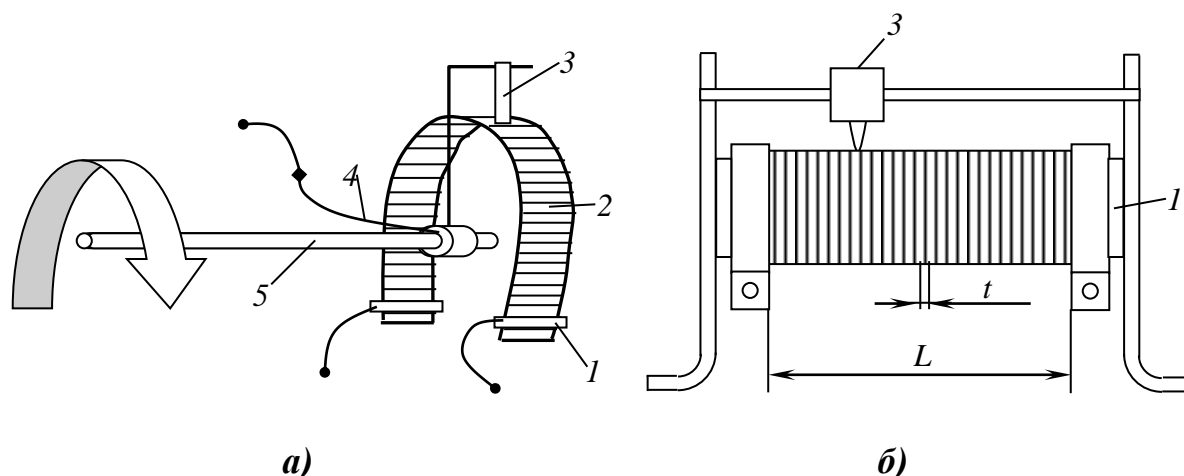


Рис. 1.2 Давач для вимірювання кутового (а) і лінійного (б) переміщень.

Властивості потенціометричного давача в загальному визначаються його характеристикою $I_H=f(x)$, тобто залежність струму I_H в навантаженні R_H від переміщення x повзунка потенціометра (рис.1.1.б).

Розглянемо основне відношення і характеристику лінійного потенціометричного давача у якого намотка дроту на каркасі рівномірна, а сечення дроту по всій довжині однакове.

Струм навантаження

$$I_H = \frac{U_{a-b}}{R_i + R_H}, \quad (1.1)$$

де $U_{a-b} = \frac{U r_2}{r_1 + r_2}$ (1.2) – струм на виході потенціометричного давача (між

точками a і b) в режимі холостого ходу, тобто при відключеному навантаженні;

$R_i = \frac{r_1 r_2}{r_1 + r_2}$ (1.3) – внутрішній опір потенціометра при заданому положенні

повзунка;

U – напруга живлення;

$R = (r_1 + r_2)$ – опір плечей потенціометра.

Підставляючи (1.2) в (1.1), отримаємо:

$$I_n = \frac{Ur_2}{(r_1 + r_2) \cdot (R_i + R_n)} = \frac{U}{(r_1 + r_2) \cdot (R_i + R_n)} \cdot kx,$$

де k – коефіцієнт пропорційності, що визначає величину опору r_2 в залежності від переміщення повзунка x , тобто $r_2 = kx$.

Якщо внутрішній опір потенціометра не залежить від переміщення повзунка x (рис.1.1.в), то вихідна характеристика давача $I_n = f(x)$ була б прямолінійною (див. рис.1.1.б – штрихова лінія). Однак величина R_i залежить від x (див. рис.1.1.в) і тому прямолінійність характеристики можлива тільки при $R_n \gg R_i$ ($R_i \approx 0$). В цьому випадку величиною R_i можна знехтувати в порівнянні з R_n . При цьому струм на навантаженні

$$I_n = \frac{U}{R + R_n} \cdot kx. \quad (2.4)$$

В загальному випадку, коли R_n рівне по величині з R_i характеристики мають вигляд кривих 1 і 2 (див. рис.1.1.б).

При роботі з потенціометричним давачем, коли умова $R_n \gg R_i$ не виконується, необхідно врахувати похибку, викликану нелінійністю характеристики або обмежити робочу ділянку характеристики інтервалом $0X_1$ ($R_x = R_p$) – частиною характеристики з невеликою нелінійністю.

Внаслідок нелінійності характеристики відносна похибка струму на навантаженні

$$\frac{\Delta I_n}{I_{n.0}} = \frac{I_{n.0} - I_n}{I_{n.0}} \cdot 100\% = \left(1 - \frac{I_n}{I_{n.0}}\right) \cdot 100\%, \quad (1.5)$$

де $I_{n.0} = \frac{U}{R_n} \cdot \frac{x}{L}$ – струм на навантаженні при $R_n \gg R_i$.

Розрахунок похибки потенціометричного давача ведеться по формулі

$$\frac{\Delta I_n}{I_{n.0}} = \frac{1}{\left(1 + \frac{L^2}{x(L-x)} \cdot \frac{R_n}{R}\right)} \cdot 100\%. \quad (1.6)$$

Найбільшого значення похибка досягає при знаходженні повзунка в середньому положенні. Підставляючи значення x в формулу (1.6) отримаємо

$$\left(\frac{\Delta I_n}{I_{n.0}}\right)_{\max} = \frac{1}{\left(1 + 4 \frac{R_n}{R}\right)} \cdot 100\%. \quad (1.7)$$

Позначивши через $\beta = \frac{R_n}{R}$ – коефіцієнт навантаження, тоді формула (1.7) прийме вигляд

$$\left(\frac{\Delta I_n}{I_{n.0}}\right)_{\max} = \frac{1}{(1 + 4\beta)} \cdot 100\%. \quad (1.8)$$

На рис.1.1.б показані криві 1 і 2 для $\beta = 10$ і $\beta = 5$. З рисунку видно, що похибка від неузгодженості опорів потенціометра і навантаження росте із зменшенням β , причому при незначних переміщеннях повзунка вона незначна.

На цьому ж рисунку показана характеристика для випадку $\beta = \infty$ (штрихова).

Чутливістю схеми з потенціометричним давачем називається відношення

$$\rho_n = \frac{U_n}{x} = \frac{I_n R_n}{x} = \frac{U}{L} \cdot \frac{1}{1 + \frac{x}{L} \cdot \left(1 - \frac{x}{L}\right) \cdot \frac{R}{R_n}}. \quad (1.9)$$

Якщо $R_n \gg R_i$, то

$$\rho_n = \frac{U}{L}. \quad (1.10)$$

Часто використовують потенціометричні давачі з виводом від середньої точки (рис.1.3.а). Такі давачі чутливі до зміни знаку вимірюваного переміщення (рис.1.3.б). Якщо навантаження реагує на незначне переміщення повзунка потенціометра, необхідно врахувати також похибки, що виникають внаслідок перекриття повзунком певної частини довжини потенціометра і наявності порогу чутливості, викликаного тим, що діаметр намотаного дроту має деяку величину. Для забезпечення потрібної чутливості давача і зміни переміщення необхідно, щоб діаметр намотаного дроту був менший від мінімально допустимого переміщення повзунка.

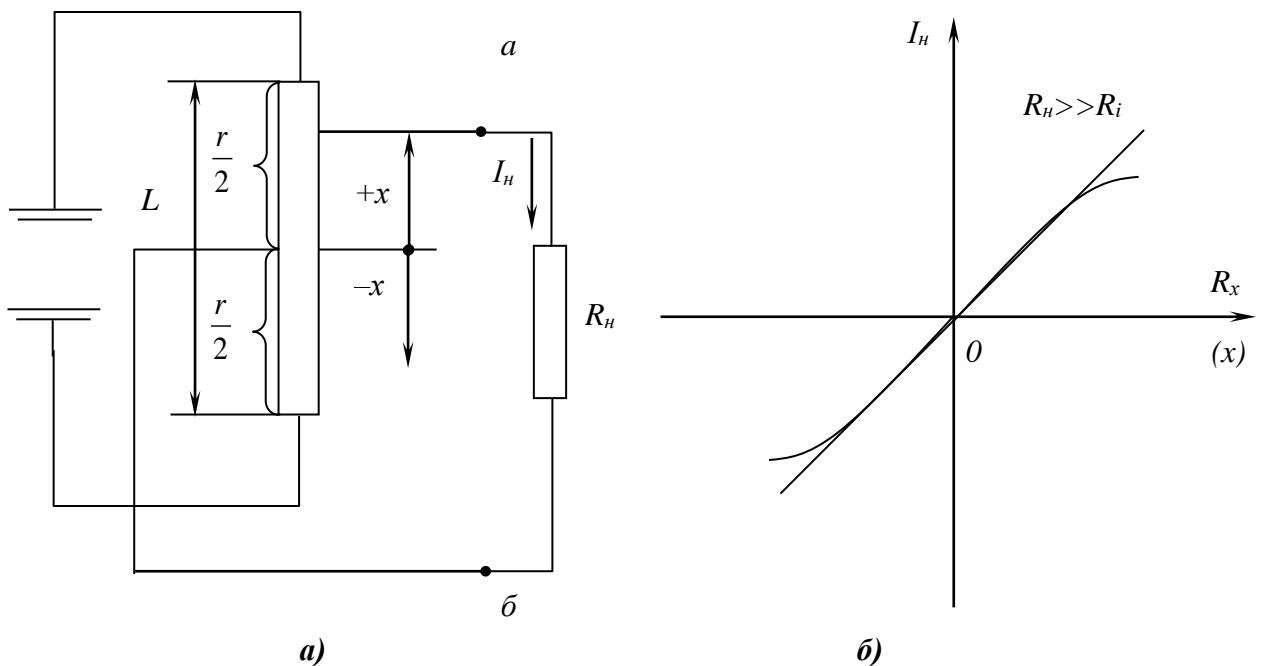


Рис.1.3 Потенціометричний давач з виводом від середньої точки (а) і його характеристика (б).

Основними перевагами потенціометричних давачів є:

1. Можливість роботи як на постійному, так і на змінному струмі;
2. Простота конструкції;
3. Відсутність необхідності подальшого підсилення, якщо вони використовуються з метою вимірювання.

З недоліків слід відмітити:

1. Наявність ковзаючого електричного контакту, а отже можливості підгорання;
2. Необхідність відносно великих переміщень повзунка і значних зусиль для

- його переміщення;
 3. Нелінійність характеристики $I_H=f(x)$.

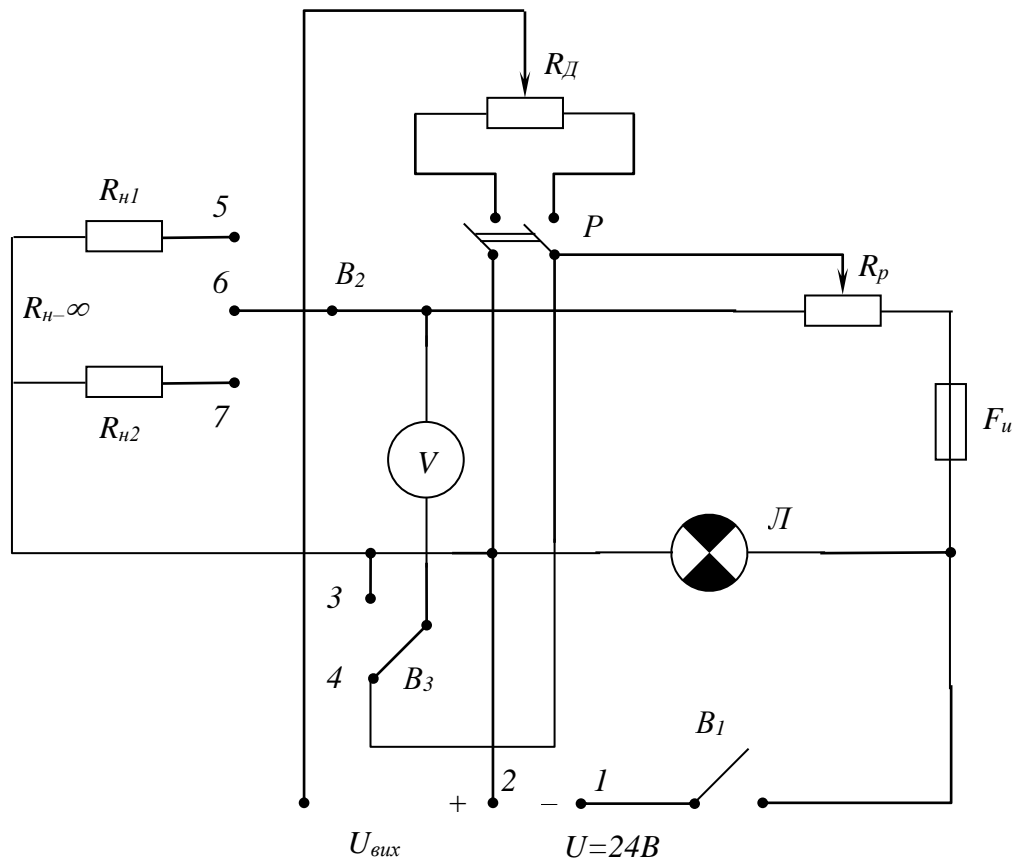


Рис.1.4 Принципова схема для випробовування потенціометричного давача.

Опис схеми.

Принципова схема для дослідження потенціометричного давача показана на рис.1.4. Позначення на схемі:

B_1 – вимикач для включення джерела постійного струму напругою 24 В, поданого на клемі 1–2;

L – сигнальна лампочка;

F_u – плавкий запобіжник;

R_p – потенціометр (резистор регульований), що дозволяє підтримувати постійну напругу живлення 24 В;

B_2 – перемикач, що дозволяє включати і виключати опори навантаження;

V – вольтметр для вимірювання напруги навантаження і визначення імпульсної напруги 24 В;

$R_{H1}=300$ Ом (положення 5);

$R_{H2}=100$ Ом (положення 7);

$R_{H\infty}=\infty$ (положення 6 – нейтральне);

B_3 – перемикач, що дозволяє підключити вольтметр для контролю постійності напруги, що споживається 24 В (положення 3) і

вимірювання вихідної напруги на навантаженнях $R_{н1}$, $R_{н2}$, $R_{н∞}$ (положення 4);

R_d – резистивний давач з довжиною намотки $L=20$ мм;

p – рубильник, за допомогою якого підключається резистивний давач до джерела постійного струму.

Програма роботи і порядок її виконання.

А. Ознайомитись з призначенням, схемою підключення, принципом дії і конструкцією потенціометричного давача.

Б. Зняти залежність вихідної напруги в колі потенціометричного давача від переміщення повзунка для трьох значень навантаження:

$R_{н1}=1000$ Ом; $R_{н2}=7000$ Ом; $R_{н3}=22000$ Ом і $R_{н∞}=1$ Мом.

Для цього в схемі (рис.1.4) необхідно:

1. Включити вимикач B_1 і з допомогою потенціометра R_n встановити напругу живлення, рівну 24 В. Перемикач B_3 повинен знаходитись в положенні 3;
2. Поставити перемикач B_3 в положення 4 і увімкнути рубильник;
3. Потенціометричний давач вивести в початкове положення;
4. Обертаючи ручку потенціометричного давача (вісь рукоятки давача зв'язана із щіткою), записати в табл.1.1 покази вольтметра через кожні 10 мм переміщення повзунка для чотирьох значень навантаження (див. п.Б);
5. По даним табл.1.1 побудувати на одному графіку три вихідні характеристики;

Лабораторна робота може виконуватись студентом на емуляторі, реалізованому програмно на персональному комп'ютері.

Таблиця 1.1.

| $R_{н∞}=1$ Мом | | $R_{н1}=22000$ Ом | | $R_{н2}=7000$ Ом | | $R_{н3}=1000$ Ом | |
|----------------|---------------|-------------------|---------------|------------------|---------------|------------------|---------------|
| x , мм | $U_{вих}$, В | x , мм | $U_{вих}$, В | x , мм | $U_{вих}$, В | x , мм | $U_{вих}$, В |
| 0 | | | | | | | |
| 10 | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | |
| 40 | | | | | | | |
| 50 | | | | | | | |
| 60 | | | | | | | |
| 70 | | | | | | | |
| 80 | | | | | | | |

6. По формулах (1.8) і (1.9) зняти чутливість і максимальну відносну похибку для двох навантажень:

$R_{н1}=1000$ Ом і $R_{н3}=22000$ Ом.

Оформлення звіту.

Звіт повинен містити:

1. Мету роботи;
2. Принципову електричну схему з переліком електрообладнання і приладів;
3. Розрахунки по формулах (1.8) і (1.9) таблиці 1.1 і побудова по даних цієї таблиці залежності $U_n=f(x)$;
4. Висновки по роботі.

Контрольні питання.

1. В чому полягає принцип роботи потенціометричного давача?
2. Чому характеристика потенціометричного давача в загальному випадку нелінійна?
3. З якою метою використовуються потенціометричні давачі?
4. Для чого служить потенціометр (рис.1.4)?
5. Які недоліки та переваги потенціометричних давачів?

Література.

1. Е.С. Полищук., Измерительные преобразователи. Киев.: Вища школа.. 1981 294 с.
2. Поліщук Є.С., Дорожовец М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка.- Львів: Бескід Біт, 2003.-544с.
3. Шикалов В.С. Технологічні вимірювання – Київ: Кондор, 2007 р.