

## ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗПРИЕМАЩИ ЕЛЕМЕНТИ ЗА ПРЕМЕСТВАНЕ

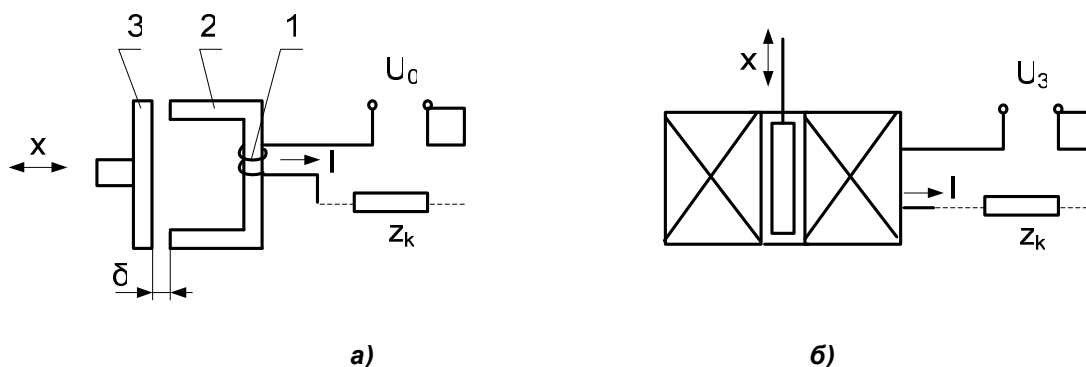
Целта на лабораторното упражнение е запознаване с устройството, принципа на действие и изследване на индуктивни и потенциометрични възприемащи елементи.

### ТЕОРЕТИЧНИ ПОЛОЖЕНИЯ

Възприемащите елементи за преместване преобразуват линейни и ъглови премествания в сигнали, подходящи за предаване на разстояние и обработка.

**Индуктивни възприемащи елементи (ИВЕ).** Предназначени са да преобразуват линейни или ъглови премествания в електрически сигнали - изменение на променлив ток или променливо напрежение. Използват се основно два вида ИВЕ: с котва за малки премествания от порядъка на части от милиметъра и с подвижна сърцевина (плунжер) за по-големи премествания, достигащи десетки милиметри.

Принципът на действие на ИВЕ се основава на изменение на индуктивността на бобина в зависимост от положението на подвижната феромагнитна сърцевина.



Фиг. 4.1

На фиг. 4.1а и фиг. 4.1б са показани схеми съответно на ИВЕ с котва и с плунжер. Индуктивният ВЕ с котва (фиг.4.1а) се състои от бобина 1, навита около неподвижна част на магнитопровод 2 и подвижна част на магнитопровода 3, наречена котва. Бобината се захранва със стабилизирано променливотоково напрежение  $U_3$ . Последователно на нея в електрическата верига е включен консуматорът  $Z_k$ . Котвата е механично свързана с източника на преместване  $x$ , което подлежи на преобразуване и може да бъде на определено разстояние от ИВЕ. Котвата се премества постъпателно относно неподвижния магнитопровод 2 на разстояние  $\delta$ . Магнитното съпротивление на веригата  $R_M$  е сума от магнитното съпротивление на магнитопровода (неподвижна и подвижна част)  $R_{MC}$  и магнитното съпротивление на въздушните междини между котвата и

неподвижната част на магнитопровода  $R_{M\delta}$ , т.е.  $R_M = R_{MC} + R_{M\delta}$ , като:

$$R_{MC} = \frac{l}{\mu_C S} \quad R_{M\delta} = \frac{2\delta}{\mu_o S} \quad (4.1)$$

където:  $l$  е средната дължина на магнитните силови линии;

$\mu_C$  и  $\mu_o$  - магнитната проницаемост на магнитопровода и съответно на въздуха;

$S$  - напречното сечение на магнитопровода.

Индуктивността  $L$  на бобината се определя по формулата:

$$L = \frac{\phi}{I} = \frac{w^2}{R_M} \quad (4.2)$$

където:  $w$  е броят на навивките на бобината;  $\phi$  - магнитният поток.

Магнитопроводът обикновено се изработва от материал с голяма магнитна проницаемост  $\mu_C$ , поради което  $R_{MC}$  с първо приближение може да се пренебрегне. Тогава:

$$L \approx \frac{w^2}{R_{M\delta}} = \frac{w^2 \mu_o S}{2\delta} \quad (4.3)$$

При  $Z \approx X_L$ , т.е. когато останалите компоненти на импендаса са много по-малки от  $X_L$ , токът във веригата се определя от  $X_L$ , т.е по формулата:

$$I = \frac{U}{Z} \approx \frac{U}{X_L} = \frac{U2\delta}{2\pi f w^2 \mu_o S} \quad (4.4)$$

Индуктивното съпротивление  $X_L$  на бобината е  $X_L = 2\pi f L$ , където  $f$  е честотата на захранващото напрежение.

От (4.4) следва, че с изменение на  $\delta$  (преместване на котвата) се изменя пропорционално силата на тока  $I$ . Зависимостта на тока  $I$  от преместването  $\delta$  представена с формула (4.4) се нарича статична характеристика на ИВЕ.

При преместване на плунжера на ИВЕ (фиг. 4.6) се променя магнитния поток  $\phi$  и следователно индуктивността  $L$  на бобината в съответствие с (4.2).

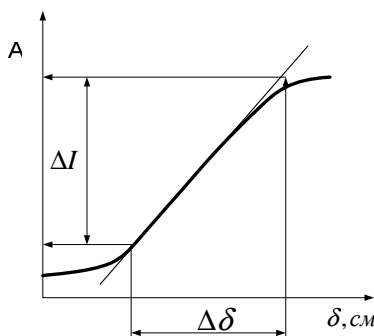
Основната характеристиките на ИВЕ е чувствителността по ток  $S_I$ , която се определя от статичната характеристика по формулата:

$$S_I = \frac{dI}{d\delta} = \frac{\Delta I}{\Delta \delta} \quad (4.5)$$

както е показано на фиг. 4.2.

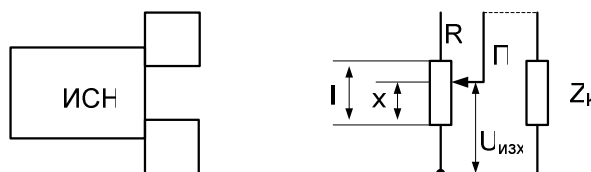
Реалната статична характеристика на ИВЕ е нелинейна, затова чувствителността има различни стойности в различните участъци на характеристиката. Обяснява се с това, че при малки  $\delta$  основно влияние върху пълното магнитно съпротивление има  $R_{MC}$ , което е постоянно, а при големи въздушни междини определящ е магнитният поток на разсейване (постоянен). ИВЕ се оценява по най-голямата чувствителност. Тя се изчислява като към най-стръмната част на статичната характеристика се прекара допирателна, по която се определят изменението на изходната величина  $\Delta I$  за произволно избрано изменение на входната величина  $\Delta \delta$  (фиг. 4.2).

В някои случаи ИВЕ се окомплектоват с допълнителен функционален блок на основата на усилвател за подобряване качеството на ИВЕ и преобразуване на променливотоковите електрически сигнали в постояннотоккови.



Фиг. 4.2

**Потенциометрични възприемащи елементи (ПВЕ).** Предназначени са да преобразуват линейни или ъглови премествания в електрическо напрежение - постоянно или променливо в зависимост от използваното захранване. Принципна схема на често срещан ПВЕ е показана на фиг. 4.3.



Фиг. 4.3

ПВЕ представлява резистор с дължина  $l$  и електрическо съпротивление  $R$ , с подвижен контакт  $\Pi$ , наречен плъзгач. Резисторът се захранва с  $U_3$ , от източник на стабилизирано напрежение (постоянно или променливо) ИСН. Плъзгачът  $\Pi$  е свързан механично с преместването  $x$ , което подлежи на преобразуване. Получаваното напрежение между единия край на резистора и плъзгача  $\Pi$  е изходният сигнал  $U_{изх}$ , който се подава към консуматора  $Z_k$ .

При равномерно разпределение на съпротивлението по дължината на резистора, електрическото съпротивление  $r$  между единия край на елемента и плъзгача е:

$$r = \frac{R}{l} x. \quad (4.6)$$

При празен ход на ПВЕ (т.е.  $Z_k = \infty$ ) напрежението на изхода е съответно:

$$U_{изх} = \frac{U_3}{R} r = \frac{U_3 R}{Rl} x = \frac{U_3}{l} x. \quad (4.7)$$

т.е. напрежението е пропорционално на преместването  $x$ . Зависимостта  $U_{изх} = f(x)$  се нарича статична характеристика на ПВЕ. От (4.7) следва, че в случай на

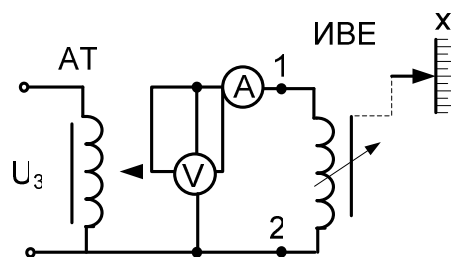
ненатоварен ПВЕ (празен ход,  $Z_k = \infty$ ) тя е линейна. Чувствителността на ПВЕ по напрежение  $S_U$  се определя от израза:

$$S_U = \frac{dU_{uzx}}{dx} = \frac{U_3}{l}. \quad (4.8)$$

Когато към ПВЕ е включен консуматор ( $Z_k \neq \infty$ ) статичната характеристика ( $U_{uzx} = f(x)$ ) се деформира. Тя става нелинейна и се различава толкова повече от линейната, колкото е по-малка стойността на  $Z_k$ , което влошава точността на ПВЕ.

### МЕТОДИЧНИ УКАЗАНИЯ

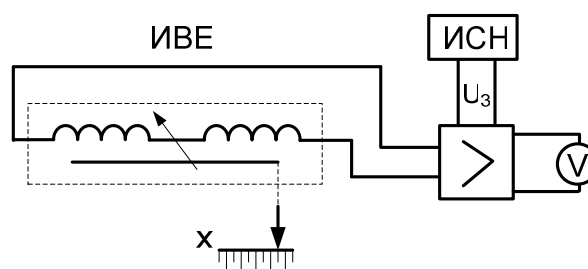
**Изследване на ИВЕ с плунжер.** Използва се схемата, показана на *фиг. 4.4*.



**Фиг. 4.4.** Схема за изследване на ИВЕ с плунжер

Посредством автотрансформаторът *АТ* се задава захранващо напрежение  $U_3 = 30 \div 50V$  (определено от ръководителя лабораторното упражнение), което се измерва с волтметъра *V*. Премества се плунжерът на ИВЕ от 0 до 8см, като се отчита по амперметъра стойността на тока през всеки 0,5см. Резултатите се нанасят в таблица 4.1.

**Изследване на ИВЕ с усилвател.** Използва се схемата показана на *фиг. 4.5*.



**Фиг. 4.5.** Схема на изследване на ИВЕ с усилвател

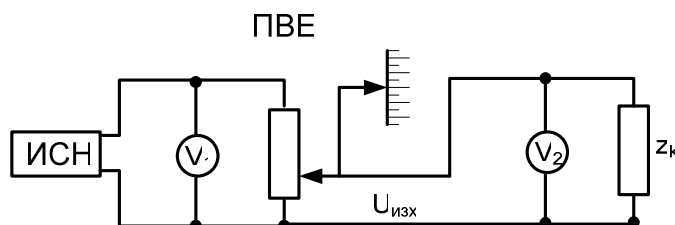
Подава се захранващо напрежение  $U_3$  със стойност 15-20V (определено от ръководителя на лабораторното упражнение) от източника на стабилизирано напрежение ИСН.

Напрежението  $U_3$  се измерва с вградения в ИСН волтметър. Плунжерът на

ИВЕ се премества от 0 до 10 см, като изходното напрежение  $U_{изх}$  се измерва през всеки 1 см. Резултатите са нанасят в *таблица 4.2*.

### Изследване на потенциометричен ВЕ.

Схемата за изследване на ПВЕ е дадена на *фиг.4.6*.



**Фиг. 4.6. Схема на изследване на ПВЕ**

Подава се захранващо напрежение към ПВЕ със стойност от 1 до 4V (по указание на ръководителя на лабораторното упражнение) от източника на стабизирано напрежение ИСН. За всяка стойност на преместването  $x$  от 0 до 10 деления се измерва изходното напрежение  $U_{изх}$  с волтметър  $V_2$  за няколко стойности на товара - съответно  $Z_k = \infty$  и  $Z_k = 2\Omega, \Omega, 1/2\Omega$ . Резултатите се нанасят в *таблица 4.3*.

## ОПИТНИ ДАННИ И РЕЗУЛТАТИ

**Таблица 4.1**

|                 |   |     |   |     |   |     |   |
|-----------------|---|-----|---|-----|---|-----|---|
| $x, \text{ cm}$ | 0 | 0,5 | 1 | 1,5 | 2 | ... | 8 |
| $I, \text{ A}$  |   |     |   |     |   |     |   |

**Таблица 4.2**

|                      |   |   |   |   |   |     |    |
|----------------------|---|---|---|---|---|-----|----|
| $x, \text{ cm}$      | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | ... | 10 |
| $U_{изх}, \text{ V}$ |   |   |   |   |   |     |    |

**Таблица 4.3**

|                             |   |   |   |  |    |
|-----------------------------|---|---|---|--|----|
| $x \text{ дел.}$            | 0 | 1 | 2 |  | 10 |
| $U_{изх}, Z_k = \infty$     |   |   |   |  |    |
| $U_{изх}, Z_k = 1000\Omega$ |   |   |   |  |    |

1. По данните от *табл. 4.1* се построява статичната характеристика на ИВЕ с плунжер  $I = f(x)$ . Прекарва се допирателна към най-стръмния участък на характеристиката. За  $\Delta x = 5 \text{ cm}$ . се отчита съответното изменение  $\Delta I$ . Чувствителността  $S_I$ , се изчислява като отношение на  $\Delta I$  към  $\Delta x$ .

2. Данните от *таблица 4.2* се обработват по аналогичен начин, като се изчислява чувствителността на ИВЕ с усилвател  $S_U$ .

3. Сравняват се получените статични характеристики на изследваните ИВЕ и се оценява влиянието на усилвателя върху качеството на ИВЕ.

4. По опитните данни от *таблица 4.3* се построяват в една координатна система статичните характеристики на ПВЕ без товар ( $Z_k = \infty$ ) и с товар ( $Z_k = k\Omega$ ,  $k = 2, 1, 1/2$ ). Определя се влиянието на товара върху статичната характеристика на ПВЕ. Изчислява се чувствителността  $S_U$  по статичната характеристика на ПВЕ без товар. Анализират се получените резултати от изследването на разглежданите възприемащи елементи и се правят съответни изводи.

### **ВЪПРОСИ И ЗАДАЧИ**

1. Какво е предназначението на възприемащите елементи в САР?
2. Обяснете устройството и принципа на действие на ИВЕ.
3. Обяснете устройството и принципа на действие на ПВЕ.
4. Как се определя чувствителността на възприемащите елементи?
5. Какво влияние оказва товарът върху характеристиките на възприемащите елементи?