

## ЛЕКЦІЯ

## ВЗАЄМОІНДУКТИВНІ ( ТРАНСФОРМАТОРНІ ) ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

Взаємоіндуктивний перетворювач являє собою трансформатор, у якого під дією вхідного сигналу міняється взаємна індуктивність котушок, що приводить до зміни вторинної вихідної напруги.

## 1. Одинарний взаємоіндуктивний перетворювач

Перетворювач складається із П – подібного магнітопроводу, рухомого яра та двох котушок  $w_1$  ,  $w_2$  , рис. 1.

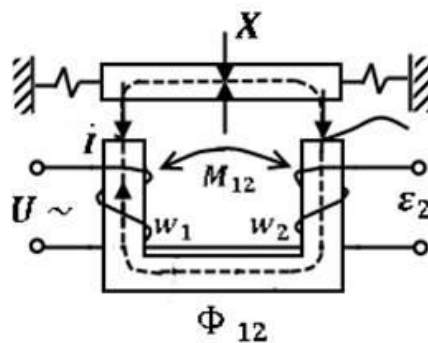


Рис.1 .Схема взаємоіндуктивного перетворювача.

При проходженні змінного струму  $I$  по виткам першої котушки  $w_1$  виникає магнітний потік  $\Phi_{12}$ , який по магнітопроводу пронизує витки котушки  $w_2$  . В результаті , у другій котушці, виникає ЕРС взаємоіндукції  $\varepsilon_2$  величина якої пропорційна частоті струму  $\omega$  , величині струму  $I$  та коефіцієнту взаємоіндукції  $M$  . Величина

$$\varepsilon_2 = \omega I M_{12} \quad (1)$$

$M_{12}$  ( коефіцієнт взаємоіндукції ) – це коефіцієнт пропорційності між струмом  $I$  у першій котушці і магнітним потокозчепленням  $\Psi = w_2 \Phi_{12}$  у другій котушці , тобто

$$I M_{12} = w_2 \Phi_{12} \quad (2)$$

Визначимо функцію перетворення пристрою, тобто залежність величини ЕРС  $\varepsilon_2$  у другій котушці від величини переміщення  $\Delta\delta$  яра.

Для цього скористаємось формулою (1) . Вираз для  $M$  можна записати таким чином:

$$M = \frac{w_2 \Phi}{I} = \frac{w_2 F}{I R_m} = \frac{w_2 w_1 I}{I R_m} = \frac{w_1 w_2}{R_m} . \quad (3)$$

Визначимо вираз для магнітного опору  $R_m$ .

$$R_m = \frac{l_1}{\mu_0 \mu_{cm} S} + \frac{2(\delta_0 \pm \Delta\delta)}{\mu_0 \mu_{нов} S} = \frac{1}{\mu_0 S} \left[ \frac{l_1}{\mu_{cm}} + \frac{2(\delta_0 \pm \Delta\delta)}{\mu_{нов}} \right] \approx \frac{2(\delta_0 \pm \Delta\delta)}{\mu_0 S} , \quad (4)$$

де  $S$  - площа поперечного січення магнітопроводу;  $l_1$  - довжина центральної магнітної силової лінії металевої частини магнітопроводу;  $\delta_0$  - повітряний проміжок;  $\Delta\delta$  - зміна проміжку під впливом вхідного сигналу;  $\mu_0$  - абсолютна магнітна стала вакууму;  $\mu_{cm}$  - відносна магнітна стала для сталі;  $\mu_{нов}$  - відносна магнітна стала для повітря.

Підкладаючи (4) у вираз (3), отримуємо, що

$$M = \frac{w_1 w_2 \mu_0 S}{2(\delta_0 \pm \Delta\delta)} . \quad (5)$$

Із врахуванням (5) вираз (1) для ЕРС індукції у другій котушці буде таким :

$$\varepsilon_2 = \frac{\omega I w_1 w_2 \mu_0 S}{2(\delta_0 \pm \Delta\delta)} . \quad (6)$$

*Із виразу (6) слідує, що величина наведеної ЕРС індукції  $\varepsilon_2$  є нелінійною функцією повітряного проміжку  $2(\delta_0 \pm \Delta\delta)$  між осердям та ярмом перетворювача. Окрім цього, завжди існує певне значення ЕРС, навіть при відсутності переміщення  $\Delta\delta$  ярма.*

## 2. Диференційний взаємоіндуктивний перетворювач

Для того, щоби мати нульовий вихідний сигнал, при відсутності вхідного, а також збільшити чутливість та покращити лінійність функції перетворення використовують взаємоіндуктивні диференційні перетворювачі, рис. 2.

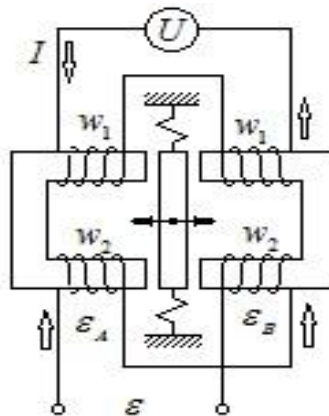


Рис.2. Схема диференційного взаємоіндуктивного перетворювача.

Робота перетворювача полягає у наступному. Джерело змінного струму створює за допомогою двох послідовно ввімкнених однакових котушок  $w_1$  відповідні магнітні потоки. Дані потоки створюють у двох однакових котушках  $w_2$  ЕРС індукції  $\mathcal{E}_A$  та  $\mathcal{E}_B$ . Оскільки витки обох котушок намотані назустріч одні до одних, то результуюча ЕРС, при середньому положенні ярма,

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_A - \mathcal{E}_B = 0 \quad (7)$$

У разі зміщення ярма від середнього положення на деяку величину  $\Delta\delta$ , величина сумарної вихідної ЕРС :

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_A - \mathcal{E}_B = \frac{\omega I w_1 w_2 \mu_0 S}{2(\delta_0 - \Delta\delta)} - \frac{\omega I w_1 w_2 \mu_0 S}{2(\delta_0 + \Delta\delta)} = \dots = \omega I w_1 w_2 \mu_0 S \frac{\Delta\delta}{\delta_0} \quad (8)$$

*Із виразу (8) слідує, що величина вихідного сигналу, ЕРС, являється відтепер лінійною по відношенню до вхідного сигналу, переміщення ярма  $\Delta\delta$ .*

Для перетворень великих лінійних переміщень ( 1 метр і більше ) застосовують взаємоіндуктивні перетворювачі з розподіленими магнітними параметрами, рис.3 .

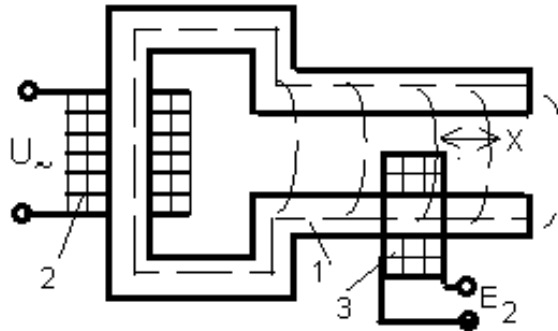


Рис.3 .Схема взаємоіндуктивного перетворювача з розподіленими магнітними параметрами.

Він складається із магнітопроводу 1 з робочою частиною у виді двох взаємопаралельних металевих полос, намагнічуючої котушки 2 та рухомої вимірювальної котушки 3. Під впливом вхідного сигналу  $X$  котушка 3 переміщується поздовж полос магнітопроводу 1 . У разі переміщення зліва направо, ЕРС  $E_2$  котушки 3 зменшується практично по лінійному закону. Для цього магнітний опір магнітопроводу має бути малим порівняно з магнітним опором повітряного проміжку. Деяка не лінійність функції перетворення може бути зкомпенсована шляхом зміни профілю магнітопроводу.

### 3. Електричні вимірювальні кола

Вторинна напруга може бути визначена любым вольтметром змінного струму з відповідною межею вимірювань, рис.4 .

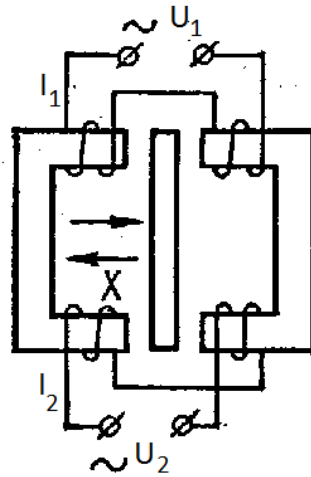


Рис. 4 .

Дана схема достатньо проста, проте застосовується рідко, оскільки вихідна напруга  $U_2$  залежить від напруги  $U_1$  джерела. Зі зміною температури навколишнього середовища частоти живлючої напруги вихідний опір може змінюватись, що приводить до похибок вимірювань.

Найпоширенішим вимірювальним колом диференціальних взаємодуктивних перетворювачів є кола, що містять відповідні вторинні трансформаторні компенсуючі перетворювачі, рис.5 .

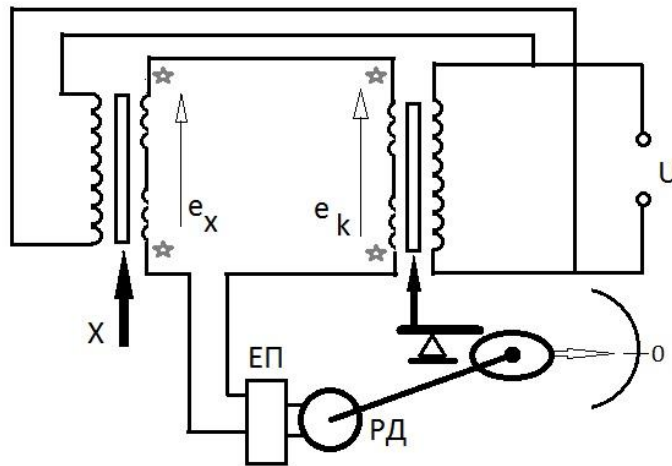


Рис.5 .

Під впливом вимірюваного переміщення  $X$  рухомий елемент первинного диференційного взаємодуктивного перетворювача переміщується, змінюючи значення вихідної ЕРС  $e_x$ . Друга частина кола має аналогічний компенсуючий диференціальний взаємодуктивний перетворювач, положення рухомого елемента якого регулюються ексцентриком, з'єднаного з ротором реверсивного двигуна РД. Якщо вимірювана ЕРС  $e_x$  та компенсуюча ЕРС  $e_k$  не рівні між собою, тобто існує розбаланс, то, підсилена за допомогою електронного підсилювача ЕП напруга подається на реверсивний двигун, ротор якого буде обертатись, доки не вирівняються між собою  $e_x$  та  $e_k$ . Після вирівнювання електрорушійних сил за допомогою шкали приладу встановлюють значення вимірюваної величин

