

ЛЕКЦІЯ

ІНДУКЦІЙНІ ПЕРЕТВОРЮВАЧІ

План:

1. Принцип роботи індукційних перетворювачів.
2. Перетворювачі лінійної та кутової швидкостей.
3. Застосування індукційних перетворювачів. Тахометри.
4. Похибки індукційних перетворювачів.

Індукційні перетворювачі використовують для перетворення лінійної чи кутової швидкості тіла в електрорушійну силу. В основі їх роботи лежить закон електромагнітної індукції.

Різновидностями індукційних перетворювачів є перетворювачі швидкості лінійних переміщень, вібрацій, частоти обертання, витрат рідини та інше.

Основним елементом такого перетворювача є індукційна котушка, що знаходиться в постійному магнітному полі, рис.1.

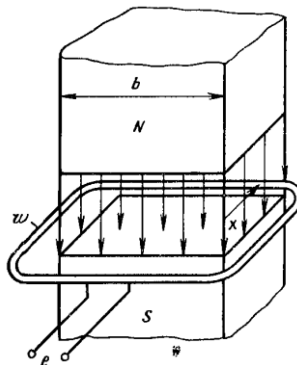


Рис.1 . Одновиткова котушка в постійному магнітному полі.

Переміщення котушки в магнітному полі приводить до зміни магнітного потокозчеплення Ψ її витків.

Індукована в котушці електрорушійна сила

$$\varepsilon = - \frac{d\Psi}{dt} , \quad (1)$$

Потокозчеплення

$$\Psi = w\Phi = wBQ , \quad (2)$$

де w - число витків котушки ; Φ - магнітний потік , що проходить через котушку ; Q - площа через яку проходить цей потік ; B - індукція магнітного поля .

Із виразів (1, 2) слідує, що ЕРС в котушці може створюватись за рахунок зміни в часі οποї із величин : числа витків у магнітному полі - w , магнітної індукції - B , поперечного січення Q магнітного потоку, що пронизує витки котушки .

Перетворення лінійної швидкості в ЕРС

Для прикладу візьмемо перетворювач, який являє собою систему із постійного магніту NS, між полюсами якого, перпендикулярно силових ліній, переміщується одновиткова котушка, рис.2.

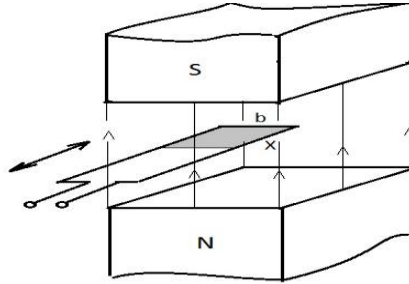


Рис.2.

У даному разі із зміною величини переміщення x змінюється площа котушки Q , що знаходиться в магнітному полі,

$$Q = bx, \quad (3)$$

де b – поперечні розміри котушки в магнітному полі. Величина потокозчеплення котушки з магнітним полем

$$\Psi = wBbx. \quad (4)$$

Відповідно, індукована ЕРС

$$\varepsilon = -\frac{d\Psi}{dt} = -wBb\left(\frac{dx}{dt}\right). \quad (5)$$

Таким чином, знаючи величину ЕРС та деякі параметри перетворювача можна визначити швидкість переміщення котушки - $\frac{dx}{dt}$.

Схеми перетворювачів лінійної та кутової швидкості вібрації в ЕРС

Перетворювач лінійної швидкості вібрації має кільцевий магніт 1, вставлений в стальне ядро 2, рис.3 а).

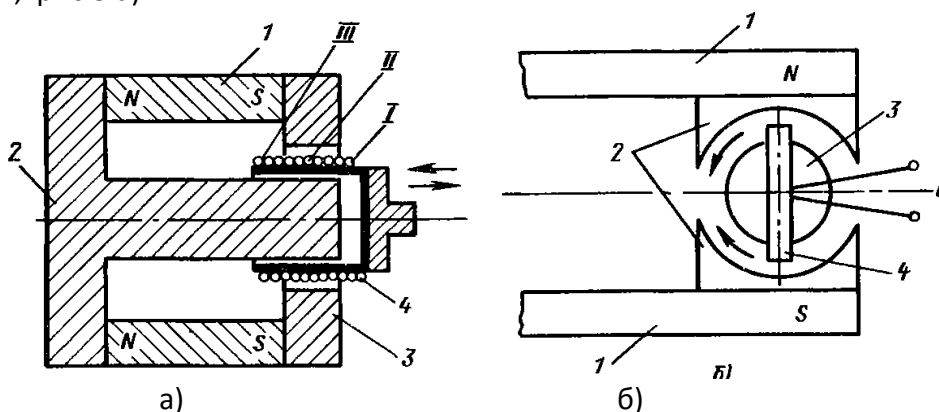


Рис.3 а,б). Індукційні перетворювачі лінійної швидкості вібрацій – а) та кутової швидкості вібрацій – б).

Магнітний потік від постійного магніту 1 проходить по центральному циліндричному сердечнику 2 через повітряний проміжок і кільцевий полюсний наконечник 3 . В циліндричному повітряному проміжку знаходиться намотана на каркас котушка 4 . Під дією вхідного сигналу вона може переміщуватись в повітряному зазорі поздовж осі перетворювача .

Котушку умовно ділять на три частини I –III : I - знаходиться зовні магнітопровода , і магнітний потік в неї не заходить , II – знаходиться в повітряному зазорі , утвореному полюсними наконечниками і циліндричним сердечником . Магнітний потік , що проходить через витки цієї частини котушки , не змінюється в часі , число витків також залишається постійним . В цій частині котушки ЕРС не наводиться . Частина III котушки знаходиться поза повітряним зазором , але всередині магнітної системи . Магнітний потік , що проходить через витки цієї котушки , також постійний , але при вібрації котушки змінюється число витків . Зміна числа витків приводить до зміни потокозчеплення і наводить ЕРС . Витки котушки намотують рівномірно . При цьому ЕРС перетворювача пропорційна швидкості вібрації .

Індуктивні перетворювачі можуть застосовуватись також для вимірювання кутової вібраційної швидкості . Схема такого перетворювача показана на рис.3 б). Він складається із постійного магніту 1 , полюсних наконечників 2 , циліндричного сталюого сердечника 3 і котушки 4 .

При повороті котушки навколо осі на деякий кут α , площа котушки , через яку проходить магнітне поле змінюється згідно виразу - $Q \cdot \text{Cos}(\alpha)$. Величина індукованої ЕРС

$$\varepsilon = \frac{d\Psi}{dt} = wBQ \frac{d}{dt} (\text{Cos}(\alpha)) . \quad (6)$$

Кут α – це кут між лініями індукції та нормаллю до поперечного січення котушки.

Індукційні перетворювачі мають високу чутливість, що дозволяє вимірювати малі переміщення, швидкості, прискорення які міняються з частотою до 30 кГц. Похибка вимірювання може бути зведена до 0.15 – 0.2 %.

Тахометричні перетворювачі .

Перетворювачі цього типу являють собою електромашинні генератори і призначені для вимірювання частоти обертів роторів, валів, дисків у різних машинах та механізмах . Як приклад розглянемо синхронний перетворювач з обертвим постійним магнітом рис.4.

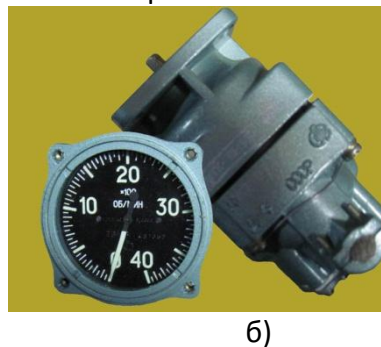
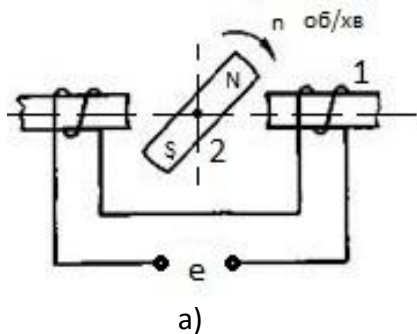


Рис.4 а,б). Схема індукційного тахометра –а) та його зовнішній вигляд – б).

Він складається із статора 1, на якому розміщена обмотка і ротора 2, з закріпленим постійним магнітом . При обертанні ротора з магнітом, змінюється величина магнітного

поток, що проходить через обмотку статора. Як наслідок, у статорі індукується перемінна ЕРС. Функція перетворення даного тахометра

$$\varepsilon = -\frac{d\Psi}{dt} = -\frac{d(wBQ)}{dt} = -wQ\frac{dB}{dt}, \quad (7)$$

а, частота ЕРС f_ε пропорційна частоті обертання ротора:

$$f_\varepsilon = \frac{nP}{60}, \quad (8)$$

де n – частота обертання, оберт/хвилину; P – число пар полюсів магніту.

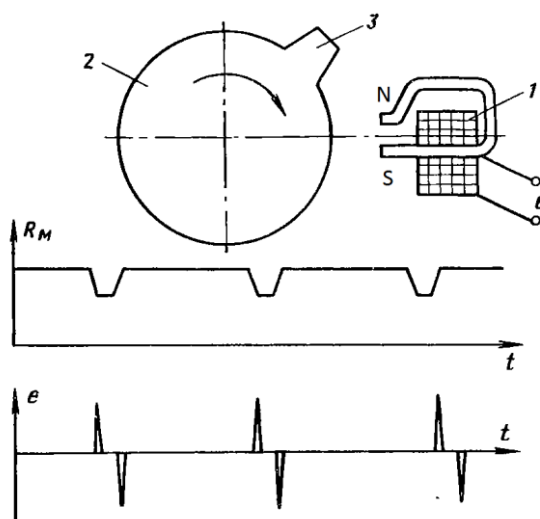
Із виразу (8) легко визначити частоту обертання ротора.

$$n = \frac{60 \cdot f_\varepsilon}{P} \quad (9)$$

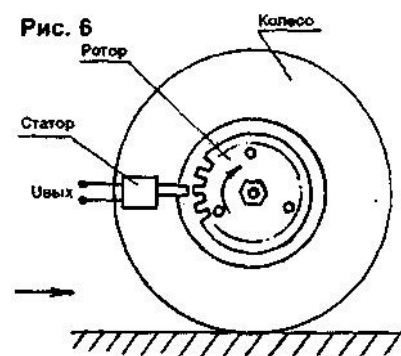
Для визначення значення частоти ЕРС використовують частотоміри.

Даного типу перетворювачі застосовують, зокрема, у крильчатих лічильниках для вимірювання об'єму використаної води.

Наступною різновидністю індукційних тахометричних перетворювачів являються імпульсні перетворювачі, рис. 5 а,б). Перетворювач цього типу являє собою котушку 1 з розімкнутим феромагнітним сердечником, встановленим біля вала 2, частота обертання якого вимірюється. На валу монтується один або декілька феромагнітних зубців 3.



а)



б)

Рис.5 а,б).

Сердечник котушки 1 попередньо намагнічується. При обертанні вала зуб 3 проходить біля котушки і зменшує магнітний опір сердечника, як показано на верхньому графіку. У відповідності з цим змінюється магнітний потік, що проходить через котушку 1. В результаті індукується змінна ЕРС. З електричних клем котушки знімається послідовність двополярних імпульсів, частота яких рівна частоті проходження зубців поблизу котушки, тобто пропорційна частоті обертів вала, нижній графік на

рисунку .

На рис.5 б) зображено схему використання імпульсного тахометра для визначення відстані , пройденою автомобілем. Перетворювач встановлюється біля колеса автомобіля.

Вторинним перетворювачем імпульсного індукційного перетворювача являється частотомір , проградуирований в одиницях частоти обертання .

Похибки індукційних перетворювачів

ЕРС індукційних перетворювачів пропорційна швидкості переміщення котушки лише при умові , що індукція B постійна на протязі всього шляху її переміщення . Непостійність величини індукції викликає появу похибок .

Похибки індукційних перетворювачів в значній мірі залежать від струму , який споживає вторинний перетворювач (частотомір) . Проходячи по вимірювальній обмотці індукційного перетворювача , цей струм створює магнітне поле , яке згідно правила Ленца направлено назустріч напрямку основного поля і проводить розмагнічуючі дії . Внаслідок цього сумарна індукція зменшується , зменшується також і ЕРС перетворювача . Це явище , що має місце в електричних машинах і , зокрема , в тахометричних перетворювачах називається реакцією якоря . Унаслідок реакції якоря зменшується чутливість тахометричного перетворювача і його функція перетворення стає нелінійною , що приводить до похибок . Для зменшення похибок слід зменшити струм перетворювача . Можливі також конструктивні методи зменшення цієї похибки .

Описаний вид похибки властивий тахометричним перетворювачам , оскільки їх вторинними приладами служать електромеханічні прилади з великим споживанням потужності .

Таким чином, похибки індукційних перетворювачів в значній мірі залежать від режиму , в якому вони працюють . Найбільша похибка виникає в режимі , при якому через навантаження проходить значний струм .
