

Лекція 13. Вимірювання параметрів обертового руху

Швидкість обертання елементів машин, пристроїв та агрегатів є однією з найважливіших характеристик досліджуваного об'єкта.

Швидкість обертання визначається кількістю обертів за хвилину n ($\text{об}/\text{хв}$), що зв'язана з частотою обертання f , як

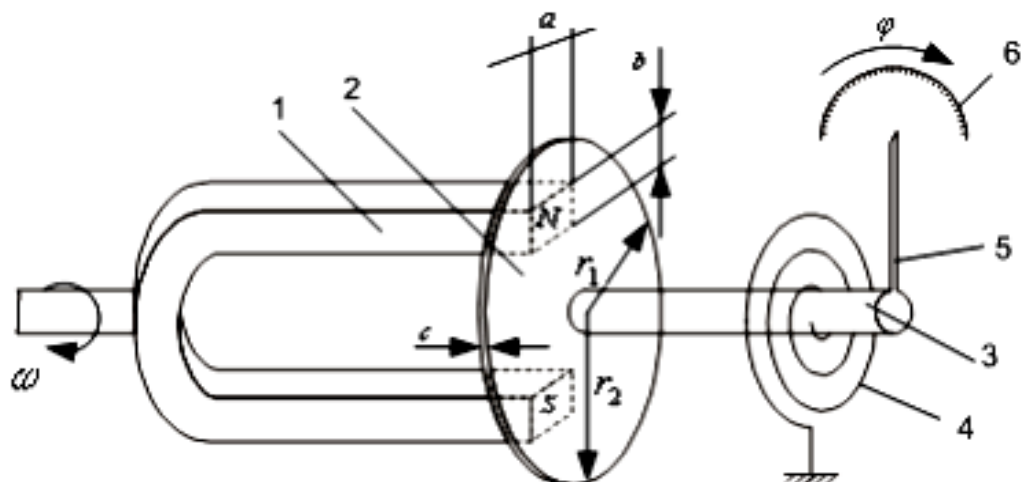
$$f = \frac{n}{60}; \quad n = 60f$$

(4.93)

До методів вимірювання швидкості обертання і частоти обертання належать

- методи, засновані на перетворенні швидкості обертання у величину переміщення;
- методи, засновані на перетворенні швидкості обертання в пропорційний електричний сигнал і т.д.

Для перетворення швидкості обертання у величину переміщення найбільше поширення отримали пристрої з використанням вихрових струмів або відцентрової сили.



Пристрій перетворювача першого типу зображено на рис. 4.26.

Рис. 4.26

Постійний магніт 1 жорстко пов'язаний з обертовим об'єктом, і, отже, він обертається з кутовою швидкістю ω .

У металевому диску 2, насадженому на вал 3, утворюються вихрові струми, які, взаємодіючи з потоком магніту, створюють обертальний момент, пропорційний вимірюваній кутовій швидкості обертання ω :

$$M = R_B \cdot \omega, \quad (4.94)$$

де

$$R_B = \frac{\Phi^2 c \cdot k_r}{\rho a b}, \quad (4.95)$$

де Φ – магнітний потік; a, b, c – конструктивні параметри перетворювача (рис. 4.26); k_r – коефіцієнт, що враховує вплив радіусів r_1 і r_2 ; ρ – питомий опір матеріалу диска.

Момент, прикладений до диска, зрівноважується протидіючим моментом, створюваним спіральною пружиною 4:

$$M_n = k_{жс} \varphi, \quad (4.96)$$

де $k_{жс}$ – жорсткість пружини; φ – кут повороту вала 3.

Оскільки $M = M_n$, то з рівнянь (4.94) і (4.96) одержуємо

$$\varphi = \frac{R_B}{k_{жс}} \cdot \omega \quad . \quad (4.97)$$

Кут повороту валу φ , пропорційний кутовій швидкості обертання ω , можна визначити за допомогою розглянутих нижче перетворювачів кута повороту в електричний сигнал.

Похибки розглянутого перетворювача, як впливає з рівнянь (4.95), залежать від жорсткості пружини $k_{жс}$, від нестабільності коефіцієнта R_B і величини тертя.

Максимальна похибка становить 1%.

На рис.4.27 зображено пристрій для перетворення швидкості обертання у величину переміщення з використанням відцентрового перетворювача.

При обертанні вала перетворювача зі швидкістю ω на вантажі 1 діють відцентрові сили

$$F_y = m\omega^2 r, \quad (4.98)$$

де m – величина маси вантажів; r – радіус обертання вантажів.

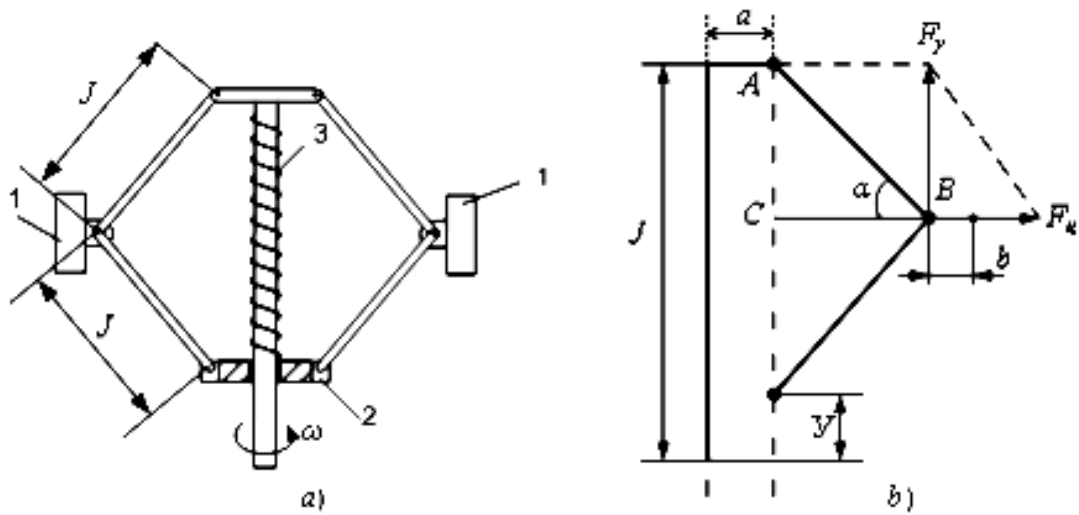


Рис. 4.27

Відцентрова сила викликає появу сили F_y , що спрямована вздовж осі обертання і переміщує муфту ковзання 2. Сила F_y врівноважується силою пружності пружини 3:

$$F_n = k_n \cdot y.$$

(4.99)

Таким чином, при рівновазі

$$F_y = F_n \quad .$$

(4.100)

Як видно з кінематичної схеми і побудов на рис.4.27 б,

$$F_y = n \cdot F_u \cdot \operatorname{tg} \alpha \quad .$$

(4.101)

де n – число вантажів.

Оскільки

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{l_0 - y}{\sqrt{4l^2 - (l_0 - y)^2}} \quad (4.102)$$

$$\text{і} \quad r = a + b + \frac{1}{2} \sqrt{4l^2 - (l_0 - y)^2} .$$

(4.103)

На підставі рівнянь (4.98) – (4.103) одержимо

$$\frac{y}{(l_0 - y) \left[1 + 2 \frac{a + b}{\sqrt{4l^2 - (l_0 - y)^2}} \right]} = \frac{n \cdot m \cdot \omega^2}{2k_n} \quad (4.104)$$

Якщо $(a + b) \ll \sqrt{4l^2 - (l_0 - y)^2}$, то

$$y \approx \frac{l_0}{1 + \frac{2k_n}{n \cdot m \cdot \omega^2}} \quad (4.105)$$

З рівняння (4.105) випливає, що про величину швидкості обертання ω залежить від величини переміщення у муфти перетворювача, причому ця залежність у від ω – нелінійна. Ця нелінійність перетворення приводить до появи додаткових похибок. Крім цього, похибки відцентрових перетворювачів залежать від тертя в шарнірах і муфті, а також від впливу зміни температури на нестабільність розмірів то пружних властивостей елементів. Загальна похибка вимірювання досягає 10%.

Тому відцентрові перетворювачі зазвичай застосовують у регулюючих пристроях, коли потрібно підтримувати постійною задану швидкість обертання ω і вимірювати лише відхилення реальної швидкості від заданої. Вони використовуються для вимірювання кутових швидкостей до $1000 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Для перетворення швидкості обертання можуть використовуватися тахометри. На рис. 4.28 наведений імпульсний індукційний тахометр. Первинний перетворювач такого тахометра має вимірювальну обмотку 1, розміщену на розімкнутому сталевому осерді 2, через який замикається магнітний потік постійного магніту 3. На валу, частота обертання якого вимірюється, кріпиться феромагнітний зубчастий диск 5. При обертанні вала зубчастий виступ 4 проходить біля розімкнутої частини осердя, зменшує повітряний проміжок між зубом і осердям, що приводить до зменшення магнітного опору R_m осердя, як зображено на рис. 4.28, б. Відповідно до цього змінюється магнітний потік, що проходить через вимірювальну обмотку і в ній індукується ЕРС.

$$E = -\omega \frac{d\Phi}{dt} = -\omega \frac{d}{dt} \left(\frac{F_M}{R_M} \right) = -\omega \frac{F_M}{R_M^2} \frac{dR_M}{dt}, \quad (4.106)$$

де F_M – магніторушійна сила постійного магніту; R_M – магнітний опір осердя.

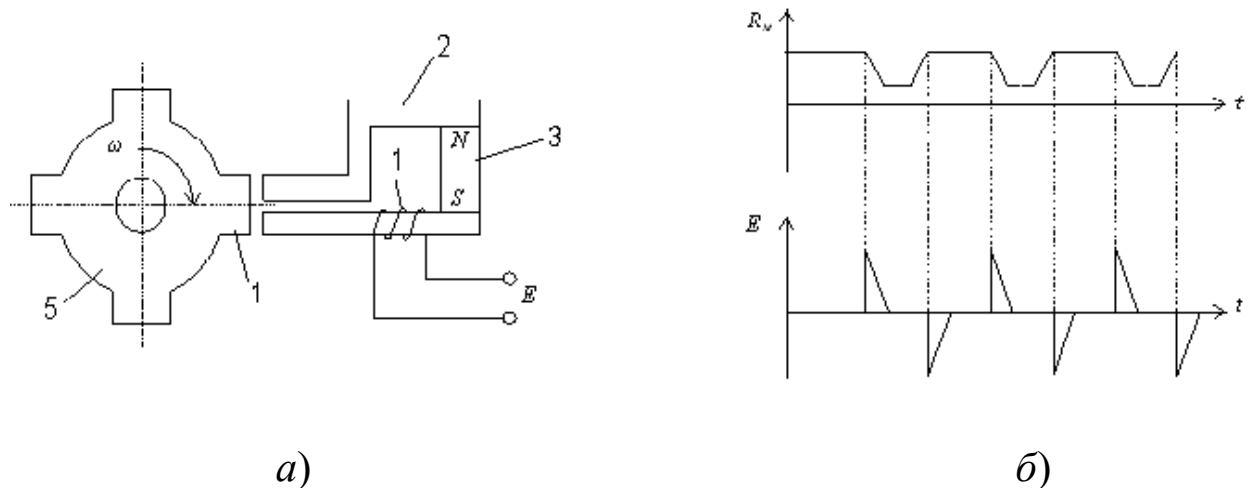


Рис. 4.28

З виводів вимірювальної обмотки знімається послідовність двополярних імпульсів (рис. 4.28, б), частота яких дорівнює частоті проходження зубців феромагнітного диска поблизу розіркнутої частини осердя, тобто пропорційна частоті обертання вала.

$$f = \frac{P \cdot n}{60}, \quad (4.107)$$

де P – кількість зубців диска; n – частота обертання вала $\frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Вторинним перетворювачем розглянутого пристрою є частото-мір, проградуєований в одиницях частоти обертання.

Джерелом похибок розглянутого перетворювача може бути струм, споживаний вторинним перетворювачем. Цей струм, проходячи по вимірювальній обмотці індукційного перетворювача, створює магнітне поле, що відповідно до правила Ленца, спрямоване зустрічно напрямку основного поля і робить розмагнічувальне діяння. Внаслідок цього зменшується напруга вихідних сигналів, що знімаються з вимірювальної обмотки, а функція перетворення стає нелінійною, що призводить до збільшення похибки.