



Лекція 7

Тема: Системи вимірювання швидкості з електромагнітними ІДЕ

1. Тахометр із електромашинним диференціатором.
2. Тахометр з магнітним диференціатором з циліндричним магнітом та ковпачком.
3. Тахометр з магнітним диференціатором з декількома парами магнітів та диском.
4. Дистанційний тахометр з магнітним диференціатором з циліндричним магнітом та ковпачком з циліндричним магнітом та ковпачком з циліндричним магнітом та ковпачком.

1. Тахометр із електромашинним диференціатором.

Тахометри з елетромашинним диференціаторами – це електричні тахометри постійного та змінного струму. Вони складаються з генератора, лінії зв'язку та показчика.

Тахогенераторами називаються електричні машини, що працюють в генераторному режимі та слугують для перетворення швидкості обертання ротора генератора в пропорційний сигнал. Тахометри бувають постійного струму, асинхронні та синхронні двох та трифазного змінного струму.

Електричний тахометр з електромашинним диференціатором постійного струму складається з тахогенератора постійного струму 1, лінії зв'язку 2 та показчика 3 рис.7.1

Тахогенератор постійного струму можна використовувати для зміни кутових прискорень, тобто в якості акселерометру.

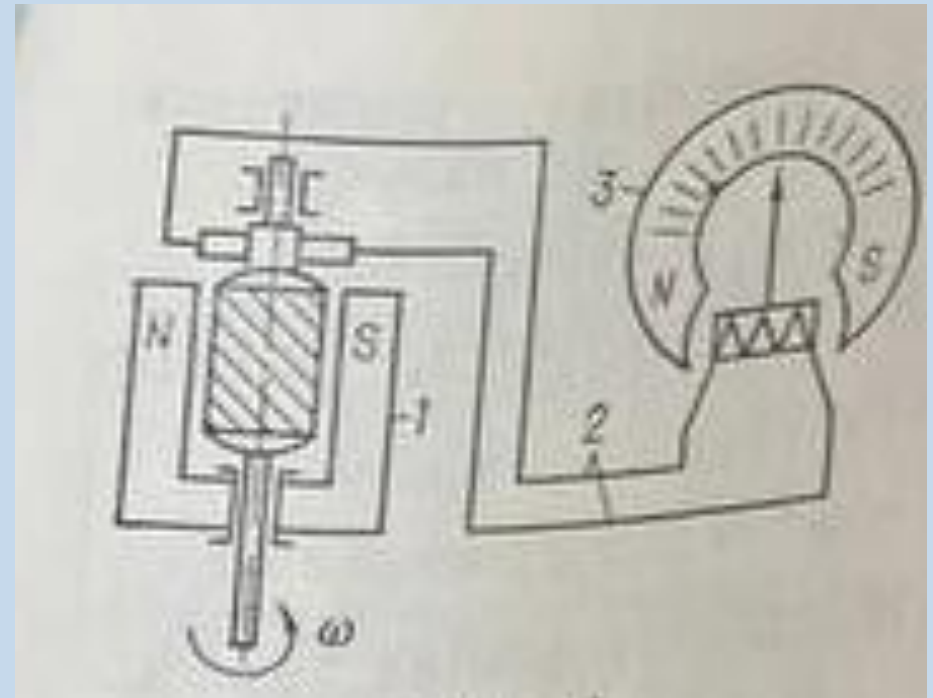
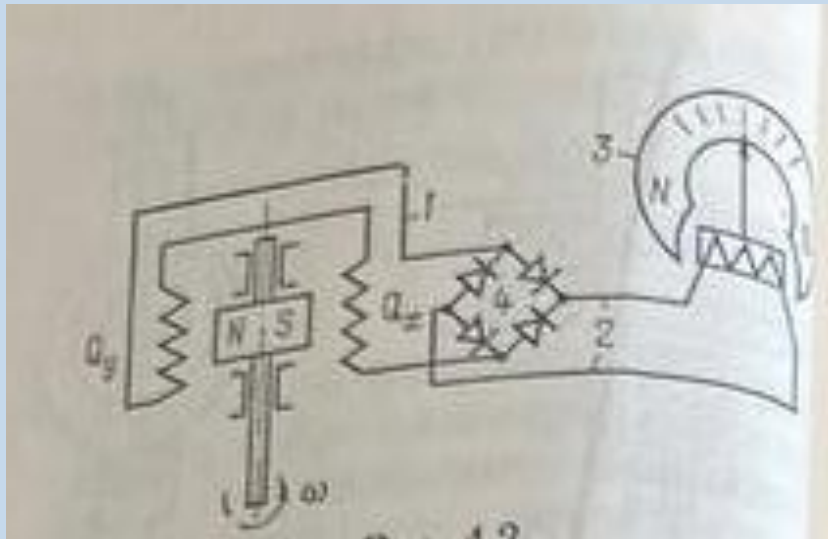


Рисунок 7.1. Тахометр з електромашинним диференціатором постійного струму

- 1 – тахогенератор змінного струму;
- 2 – лінія зв'язку;
- 3 – показчик.

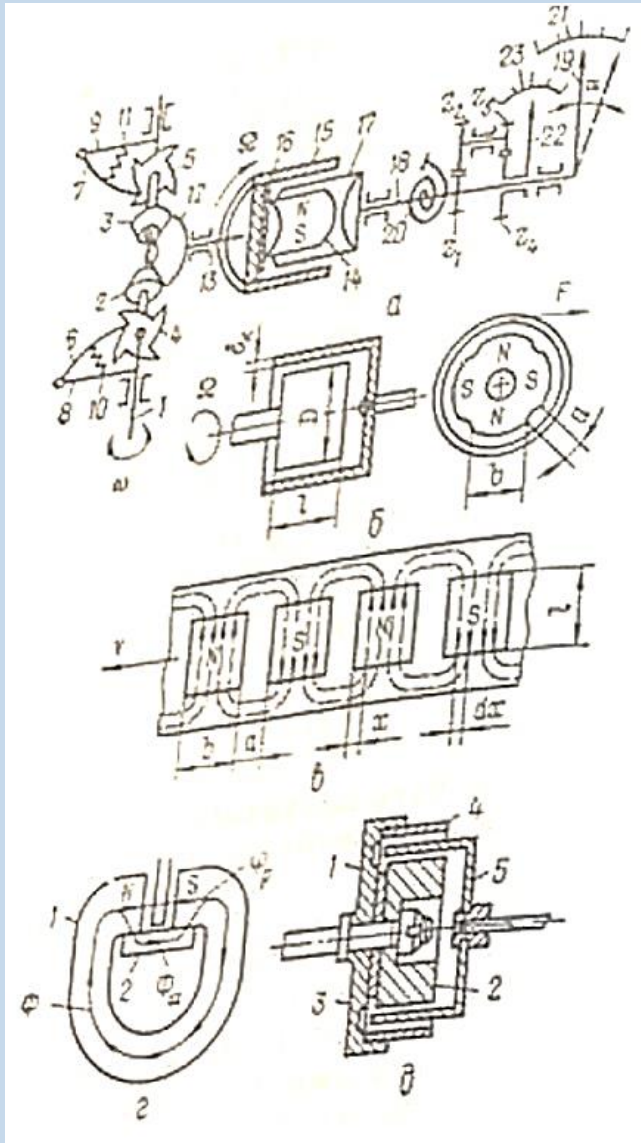
В якості тахогенератора змінного струму найбільш часто використовується асинхронний тахогенератор, що являє собою індукційну машину з короткозамкненим ротором. Він складається з статора та ротора, що виконується в вигляді порожнього алюмінієвої чи бронзової склянки. На статорі розташовано обмотка збудження Q_y , що живиться однофазною напругою частоти. Перпендикулярно до неї розташована друга обмотка Q_x . За нерухомим ротором магнітне поле обмотки збудження Q_y не створює ЕРС в другій обмотці статора, так як її витки лежать в одній площині з магнітним потоком обмотки Q_y . Практично з-за неповної перпендикулярності обмотки та наявності потоків розсіювання в обмотці Q_x трансформується ЕРС незначної величини. При обертанні ротора з кутової швидкістю ω в магнітному полі, що створюється обмоткою Q_y статора, в ньому створюються ЕРС та струми, що пропорційні швидкості обертання.



Тахогенератори змінного струму не містять колектора та щіток, вони простіше за конструкцією та мають менші габаритні розміри, чим тахогенератори постійного струму, і крім того, не дають пульсації вихідної напруги. Основним недоліком тахометрів змінного струму з електромашинним ІДЕ є відсутність достатньо чутливих вимірювачів на змінному струмі. По цій причині генератори тахометрів доводиться виконувати на підвищеній потужності, яку можна отримати при малих габаритах або ж застосувати випрямлячі. Все це ускладнює конструкцію та експлуатацію.

Рисунок 7.2. Тахометр з електромашинним диференціатором змінного струму

2. Тахометр з магнітним диференціатором з циліндричним магнітом та ковпачком.



Реверсор - зубчаста передача, укладена в корпус і забезпечує обертання вихідного валика тільки в одному напрямі незалежно від зміни напрямку обертання приводного валика. Реверсор влаштований таким способом. На приводному валику 1 вільно посаджені дві конічні шестірні 2 і 3, маточини, які виконані у вигляді храпових колес з правим 4 і лівим 5 напрямлінням обертання, Собачки 6 і 7, шарнірно закріплені на повідках 8 і 9, жорстко пов'язані з валиком 1 і до храпових колес притискаються пружинами 10 і 11. Конічні шестірні 2 і 3 знаходяться також у зачіпленні з конічною шестернею 12, жорстко посадженої на вихідному валику 13. При обертанні валика 1 по часовій стрілці собачка 6 упирається в зуб храпового колеса 4 конічної шестерні 2 і обертається разом з нею за годинниковою стрілкою.

Шестерня 12 при цьому також обертається за годинниковою стрілкою; собачка

7 ковзає по зубах храпового колеса 5 шестерні 3, не перешкоджаючи

її обертання. При зміні обертання валика 1 на протилежний, тобто проти годинникової стрілки, собачка 7 упирається в зуб храпового колеса 5 шестерні 3 і обертається разом з нею проти годинної стрілки, а шестерня, що знаходиться з нею в зачепленні 12 обертається по годинниковій стрілці. При цьому собачка 6 ковзає по зубцям храпового колеса 4 шестерні 2, не перешкоджаючи її обертання. Таким чином обертається шестерня 12, а разом з нею вихідний вал 13 обертається в одному напрямленні, в даному випадку за годинниковою стрілкою незалежно від напрямлення обертання вхідного валика 1.

Рисунок 7.3. Принципова схема тахометра з магнітним диференціатором з реверсним механізмом та двострілковим відліковим пристроєм

- Щоб змінити напрямлення обертання шестерні 12 протилежно, потрібно змінити напрямлення храпових колес 2 і 3.
- Магнітний диференціатор складається з постійного магніта 14, металевго екрана 15, термомагнітного шунта 16, що міститься у торці магніта і скріплений з екраном. В проміжку, утвореному магнітом і металевим екраном, міститься ковпачок 17 із неметалевого матеріалу (бронза, алюміній), з невеликим проміжком постійний магніт. При обертанні магніта від вала 1, швидкість обертання ω , яка вимірюється в ковпачку, наводяться вихрові струми (струми Фуко), в магнітне поле яких, взаємодіючи з полем магніта 14, створюється електромагнітний момент M_v . Під взаємодією електромагнітного момента ковпачок, сидячий на осі 18, обертається з стрілкою 19 на деяких кут α , закручуючи спіральну пружину 20, внутрішній кінець якого закріплений на осі, а зовнішній закріплений в корпусі тахометра. Кут α оберту рухливої системи в статичних умовах вимірів визначається рівністю обертаючого електромагнітного момента M_v і момента пружини M_{pr} , при цьому не враховувати тертя в опорах рухомої частини. При цьому стрілка 19 по шкалі 21 покаже швидкість обертання магніта Ω в десять радіан за секунду, а стрілка 22, пов'язана через зубчасту передачу з передаточним відношенням $z_1 z_3 / z_2 z_4 = 12 \cdot 13 / 40 \cdot 39 = 1/10$ в сотнях радіан за секунду по шкалі 23.
- Швидкість обертання магніта Ω пов'язана з виміряною швидкістю обертання ω залежністю $\Omega = \omega i$, де i – передаточне відношення реверсора.

Тахометри з магнітними диференціаторами володіють рядом суттєвих переваг, простота конструкції, рівномірність шкали, великий діапазон виміряних швидкостей обертання, природне заспокоєння рухомої частини, малі габарити і вага. Найбільша перевага цих тахометрів полягає в залежності показів від температури. Коливання температури викликають зміни величини магнітного потоку, пружності протидієвої пружини і електричного опору матеріалу ковпачка. Але при відповідному підборі матеріалу ковпачка, модуля пружності пружини і її геометричних розмірів є можливість, до певної міри, компенсувати зміни електричного опору ковпачка зміною модуля пружності і лінійних розмірів пружини.

3. Тахометр з магнітним диференціатором з декількома парами магнітів та диском

- Крім тахометрів з магнітним диференціатором з циліндричним магнітом і ковпачком застосовується і другий варіант магнітних тахометрів з магнітним диференціатором і декількома парами магнітів та диском. Принцип роботи такого магнітного диференціатора не відрізняється від принципу роботи магнітного диференціатора з циліндричним магнітом та ковпачком. Відмінність тільки в типі магнітної системи і конфігурації провідного елемента (рис. 7.4,а). При обертанні постійного магніта 1 в диску 2 індукуються вихрові струми, які створюють своє магнітне поле, яке пропорційне швидкості обертання магніта Ω і діє в напрямленні обертання магніта. Обертання диска 2 перешкоджає пружина 3. Кут відхилення стрілки 4 пропорційний швидкості Ω , яка прочитується по шкалі 5.
- Конструктивно такий магнітний диференціатор частіше всього складається з чотирьох-шести пар циліндричних постійних магнітів 1 (рис. 7.4, б), закріплених на обертових платах 2 з м'якого заліза.

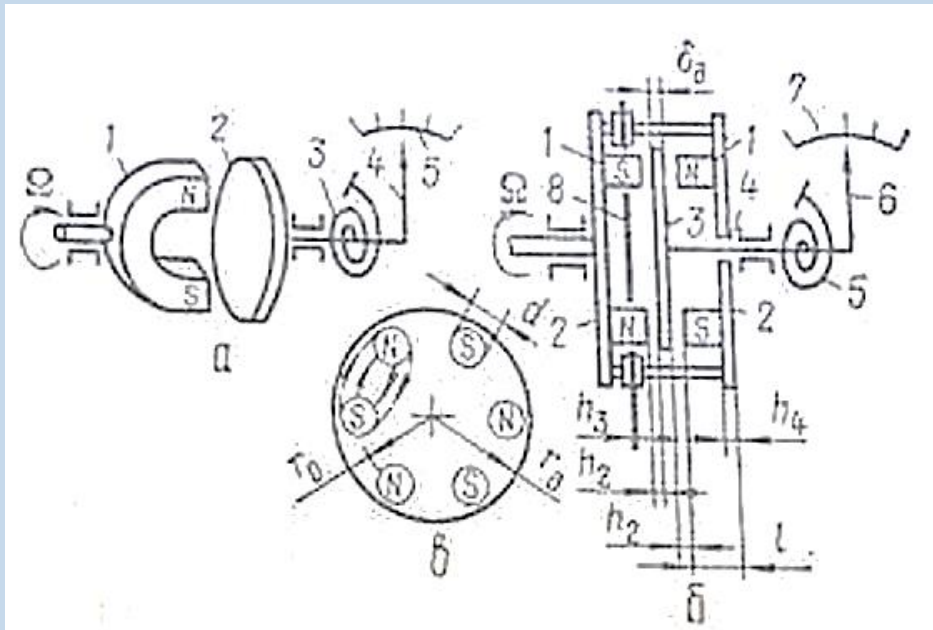


Рисунок 7.4. Тахометр з магнітним диференціатором з декількома парами магнітів та диском

В робочому проміжку між торцями циліндричних магнітів розміщений струмопровідний немагнітний диск, закріплений на осі 4, яка зв'язана зі спіральною пружиною 5. Також на цій осі закріплена стрілка. Значення вимірної швидкості зчитується по шкалі 7. Термомагнітний шунт 8, який вироблений у вигляді диска з отворами для магнітів. Перевагою такої конструкції є можливість зміни коефіцієнта шунтування шляхом переміщення шунта вздовж довжини магнітів від полюсів. Зразкові шляхи розповсюдження короткозамкнутих струмів в струмопровідному диску показані схематично на рис. 4.6,в. В робочому проміжку між торцями циліндричних магнітів знаходиться струмопровідний немагнітний диск, який закріплений на осі 4, яка пов'язана зі спіральною пружиною 5. На цій осі закріплена стрілка. Значення вимірної швидкості зчитується по шкалі 7. Для позначення температурної компенсації диференціатора призначений термомагнітний шунт 8, який виконаний у вигляді диска з отворами для магнітів. Перевагою такої конструкції є можливість зміни коефіцієнта шунтування шляхом переміщення шунта по довжині магнітів від полюсів. Зразкові шляхи розповсюдження короткозамкнутих струмів в струмопровідному диску показані схематично на рис. 7.4,в.

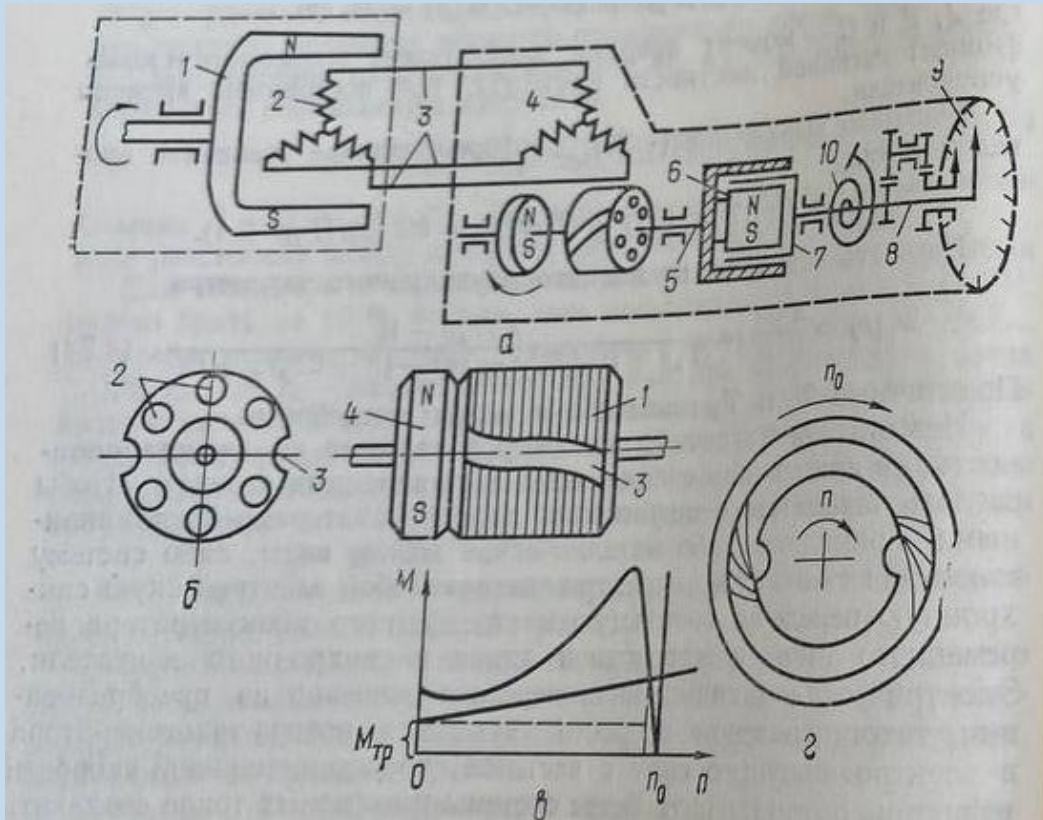
Недоліком магнітних тахометрів є їх недистанційність без застосування спеціальних дистанційних передач. Щоб зробити тахометри з магнітними диференціаторами дистанційними, застосовують металеві гнучкі вали або систему «електричного вала», яка представляє собою електричну синхронну передачу, яка складається з трьохфазного тахогенератора змінного струму, трьохпровідну лінію і синхронного двигуна.

Електрична дистанційна передача основана на перетворенні тахогенератором швидкості обертання ротора тахогенератора в електрорушійну силу з частотою, пропорційної швидкості обертання ротора, і на властивостях системи трьохфазних струмів створювати обертове магнітне поле. Дистанційні тахометри з «електричним валом» і магнітним диференціатором мають переваги двох тахометрів магнітного та електричного і тому їх ще називають магнітоелектричними тахометрами.

Дистанційність електричної синхронної передачі може досягати до 50 м. Якщо врахувати жорсткість C_2 «електричного вала» і потужність інерції J_2 ротора синхронного двигуна разом з приведеними до нього масами, отож систему передачі обертання можна розглядати як додаткову коливальну ланку з частотою власних коливань $\sqrt{C_2 J_2}$.

Металічні гнучкі вали виготовляють довжиною 0,3; 0,5; 0,85; 1,2; 1,5; та 2,0 м.

4. Дистанційний тахометр з магнітним диференціатором з циліндричним магнітом та ковпачком з циліндричним магнітом та ковпачком з циліндричним магнітом та ковпачком.



- 1 – ротор;
- 2 – обмотка статора генератора трьохфазного струму;
- 3 – дроти;
- 4 – обмотки статора;
- 5 – вал ротора;
- 6 – постійний магніт;
- 7 – ковпачок;
- 8 – вісь;
- 9 – двострілочний відліковий пристрій;
- 10 – спіральна пружина.

Рисунок 7.5. Принципова схема тахометра з магнітним диференціатором з циліндричним магнітом та ковпачком з циліндричним магнітом та ковпачком з циліндричним магнітом та ковпачком