

Лекція 2

ТЕМА: СТРУКТУРА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ШВИДКОСТІ

1. Загальна структура засобів вимірювання швидкості.
2. Узагальнена схема засобів вимірювання швидкості та прискорення.
3. Поняття о інтегродиференцюючих елементах.



1. Загальна структура засобів вимірювання швидкості

Сучасні технічні засоби вимірювання швидкості охоплюють діапазони кутових швидкостей обертання від 1 до 15000 рад/с, лінійних - від 0 до 15000 м/с і встановлюються на всіх рухомих об'єктах (мотоциклах, автомобілях, кораблях, потягах, літаках, супутниках і ін.).

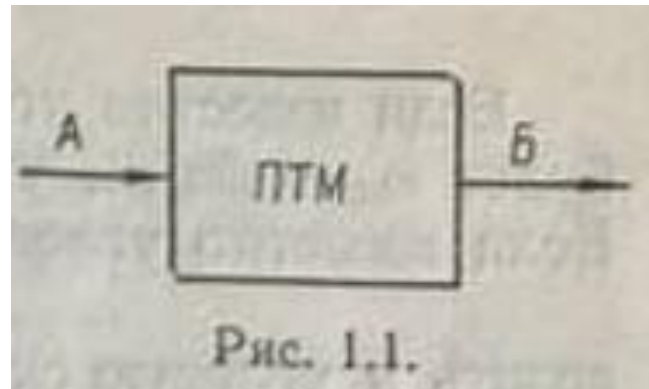


Основою ЗВШ є диференціатор, автоматичне перетворення сигналів, фізичну природу (кутове переміщення вала, лінійне переміщення тіла, газу, рідини, тиску середовища, електрична напруга та ін.), у вихідний сигнал (кутову або лінійну швидкість, витрату, швидкість зміни тиску або напруги і т. д.) пропорційний похідною від вхідної величини за часом. У тих випадках, коли диференціювання вхідних сигналів виражається за часом, сигнал на виході диференціюючого елемента завжди має таку розмірність:

$$[\text{Розмірність виходу диференціатор}] = \frac{\text{розмірність вимірюваної величини}}{\text{розмірність часу}}$$

Диференціювання в цьому випадку включає вимір самої вимірюваної величини і часу. Вимірювання самої вимірюваної величини виконується завжди, час же можуть як вимірювати (для цього вводиться датчик часу, в прикладі фрикційного диференціатора - диск, що обертається з постійною швидкістю), так і не вимірювати (наприклад, в диференціюють RC-ланцюгах). В останньому випадку використовують властивість диференціюючих елементів змінювати свій стан по фізичним законам синхронно з плином природного часу дані попередні значення необхідно для того щоб чітко розрізняти два випадки стосовно часу. Час в диференціації водиться або датчиком часу або природно в силу фізичного закону диференціюючого елемента. В навчальному посібнику розглядаються класично в виконанні на елементній базі приладів точної механіки.

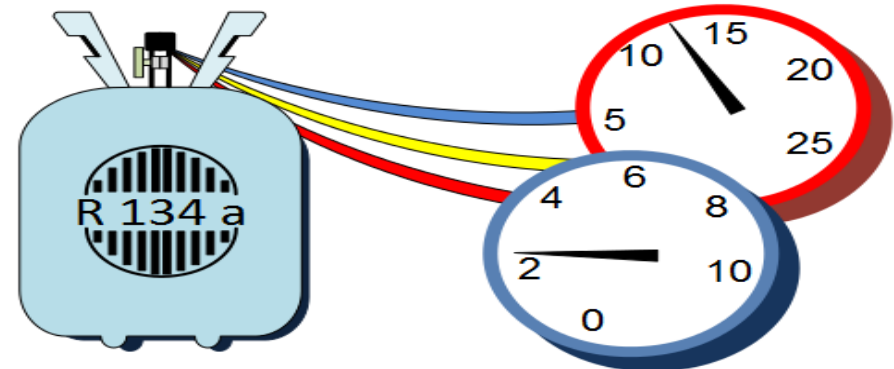
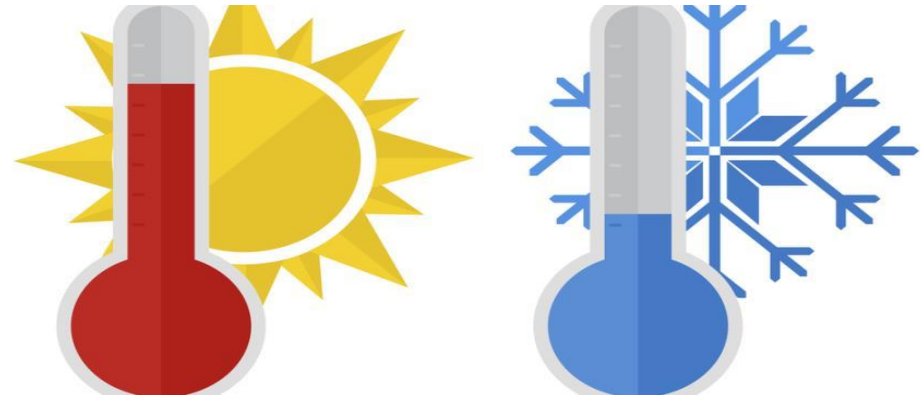
Приладом точної механіки називають механічні прилади встановлені експлуатаційними якостями яких є точність виконання заданих функцій регламентованих допуском.



На рис. 1.1 приведена схема узагальненого функціонування будь-якого ПТМ. Під впливом вхідного сигналу А - зовнішнього впливу – починається функціонування ПТМ.

Сигнал – узагальнене поняття швидкість, прискорення, витрата, тиск, температура і т. д.

При проектуванні приладів вхідний сигнал A повинен бути заданий. Вихідний сигнал відрізняється від вхідного і вибирається при проектуванні. Всередині пристрою відбувається перетворення вхідного сигналу за масштабом, або по фізичній природі за допомогою структурних елементів або перетворювачів. Існують типові по конструкції і відрізняються тільки розмірами структурні елементи: різні редуктори, кривошипно-ползунні і синусні механізми, диференціатори, інтегратори та ін.



Проектування приладу починається з вибору методу вимірювання, який і закладається в основу майбутньої конструкції. Потім складається структурна схема з окремих елементів, розподіляється загальна передавальна функція між структурними елементами, визначаються параметри схеми. При складанні структурної схеми проектованого приладу частіше використовується принцип найкоротшого структурного ланцюга: чим менше ступенів перетворення, тим менше втрат точності.

Втрати виникають через неточності функціонування структурних елементів. Структурні елементи вибирають з існуючих уніфікованих елементів, конструкції яких вже відпрацьовані, випускаються серійно і властивості яких відомі, або віддають перевагу оригінальним елементам, конструкції які повинні розроблятися в процесі конструювання приладу.

При проектуванні приладів для вимірювання параметрів руху прагнуть до забезпечення заданої точності, стабільності показань, високою точності надійності, зручності роботи і простоти збирання та розбирання, економічності. Значення кожного з цих факторів визначається характером приладу (показує, що реєструє, який регулює або керуючий), його призначення (лабораторний, цехової, військовий, призначений для роботи в умовах космосу, в умовах підвищеної радіоактивності, у вибухонебезпечних шахтах і т. п.), а також обсягом виробництва (одиничне, серійне чи масове).

2. Узагальнена схема засобів вимірювання швидкості та прискорення

Якщо відомо рівняння лінійного переміщення точки або тіла $S = f(t)$, то лінійна **швидкість руху** визначається похідною переміщення в часі $v_s = ds/dt$, а прискорення другої похідної переміщення по часу $a_s = d^2s/d^2t$, або похідною швидкості за часом $a_s = dv/dt$. Якщо відомо прискорення то шляхом інтегрування можна визначити швидкість $v_s = \int_{t_1}^{t_s} a_s dt$.

Якщо відомо кутове переміщення $a = f(t)$ то **кутова швидкість** буде $\omega_s = da/dt$, кутове прискорення $a_a = d^2a/d^2t$, або $a_a = d\omega/dt$. Якщо відомо прискорення інтегрування можна визначити і кутову швидкість $\omega_a = \int_{t_1}^{t_s} a_a dt$.

Якщо відомо вимірювання температури і за часом $T = f(t)$ то можна визначити **швидкість зміни температури** $v_T = dT/dt$ і прискорення зміни температури $a_T = d^2T/d^2t$ або $a_T = dv/dt$ за відомими прискорення шляхом інтегрування можна визначити швидкість вимірювання температури $v_T = \int_{t_1}^{t_2} a_T dt$.

Якщо відома зміна твердості бетону за часом $H = f(t)$, то можна визначити **швидкість затвердіння бетону** $v_H = dH/dt$ і прискорення тверднення бетону $a_H = d^2H/dt^2$ або $a_H = dv_H/dt$. Знаючи прискорення визначимо швидкість введення бетону $v_H = \int_{t_1}^{t_2} a_H dt$.

Якщо відома зміни маси газу, рідини або твердої речовини часу $a = f(t)$, проходить через певний поперечний переріз, то **масова витрата висоти** визначається похідною змінення маси за часом $m_t = dm/dt$.

Якщо відомо зміна обсягу газу, рідини або твердої речовини в часі $G = f(t)$ проходить через певний поперечний переріз, то **обсяг витрат** визначається похідною зміни об'єму за часом $G_t = dG/dt$.

З наведених прикладів можна зробити висновок, що тільки за допомогою диференціювання або інтегрування вхідних сигналів, що мають різну фізичну природу, можна отримати вихідний сигнал - швидкість прискорення, та інші параметри.

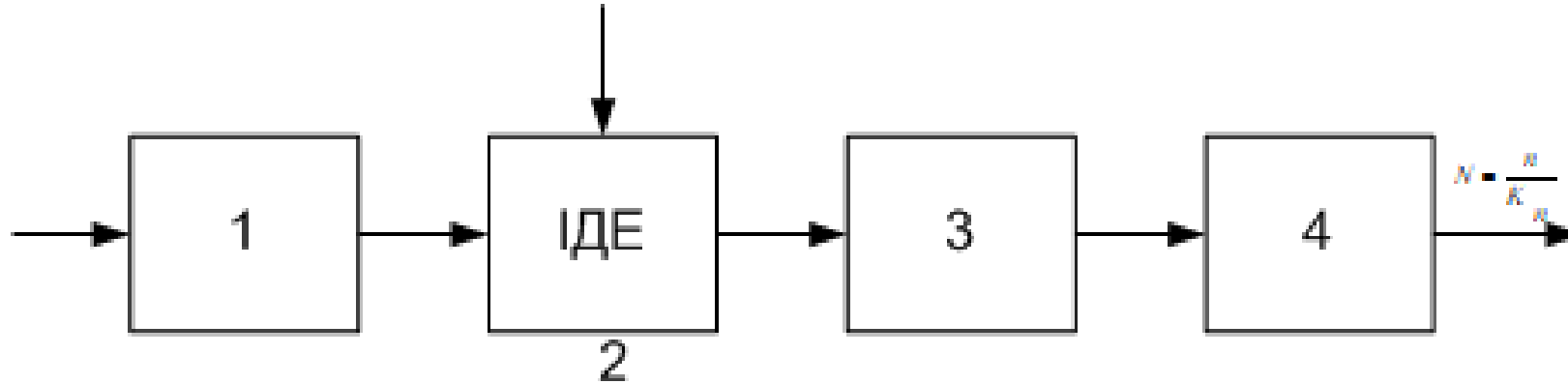


Рис. 1.2

На рис. 1.2 представлена узагальнена структурна схема засобів вимірювання швидкості та прискорення у вигляді чотирьох послідовних перетворювачів: вхідного перетворювача 1, інтегро-диференційного елемента 2, вихідного перетворювача 3 і відлікового пристрою 4. Функції вхідного 1 і вихідного 3 перетворювачів, полягає головним чином у формуванні та узгодженні сигналів ІДЕ. Це може вимагати не тільки посилення (масштабного перетворення) вхідного сигналу, але і перетворення його фізичної природи. Наприклад потрібно буде перетворити сигнал переміщення в пропорційну зміну постійного струму і т .д. Розглянемо докладно ІДЕ або як їх іноді ще називають НП-2 лінійний перетворювач з двома виходами.

3.Поняття о інтегродиференцюючих елементах

Інтегро-диференційний елемент називається функціональний перетворювач вихідної величина **Z**, яка є похідною або первісною функції інтегралом від вхідної величини **Y** або за часом **t**, або за не тимчасовим аргументом **X**.

Отже ці елементи виконуватимуть одну з наступних операцій:

$$z = dy/dt, z = dy/dx, z = \int y dt, z = \int y dx, \quad (1.1)$$

де **Z** – результат, **Y**- функція, **X**- аргумент, **T** – аргумент.

При інтегрування та диференціюванні по t достатньо мати один вхід і один вихід, але при виконанні цих операцій за не тимчасовим аргументом X потрібен другий вхід. Такі ІДЕ з двома входами можуть інтегрувати та диференціювати за часом. Наявність двох входів - умови необхідні, але недостатні для інтегрування та диференціювання по X . Наприклад, ІДЕ типу тахомашин з стороннім збудженням володіє двома входами, але інтегрує і диференціює тільки по часу. Для виконання ж цих операцій по X тахомашини доводиться з'єднувати в електро-кінематичні схеми, нерідко з додаванням штатних елементів і спостережних пристроїв або підсилювачі.

Умови при яких ІДЕ з двома входами можуть інтегрувати і диференціювати по X , зводиться до наступного:

Інтегрування по X :

1) аргумент x повинен диференціюватися за часом t : $x = \frac{dx}{dt}$;

2) повинно виконуватися множення функції y на похідну від аргументу x по t : $yx = \left(\frac{dx}{dt}\right)$;

3) отримання добутку їх X має інтегруватися за часом t :

$$z = \int yx dt = \int \left(\frac{dx}{dt}\right) dt = \int y dx. \quad (1.2)$$

Найчастіше умова (1.2) реалізується у вигляді відпрацювання величини $z = dz/dt = y (dx/dt)$, притому так, що з величини z одержують величину z , де \dot{z} - кутова швидкість, а z – кут.

Диференціювання по x :

1) аргумент x і функція y повинні диференціюватися за часом t : $x = dx/dt$, $y = dy/dt$;

2) повинно виконуватися множення похідної аргументу x за часом на вихідну величину z і прирівнювання похідних z величині y . Тоді

$$z(dx/dt) = dy/dt, \text{ або } z = dy/dx. \quad (1.3)$$

Цим вимогам повинні задовольнятися і схеми з ІДЕ за часом, якщо потрібна освіта похідних та первісних по X .

На рис. 1.3 показаний умовним квадратом ІДЕ по X (або ціла схема з аналогічною дією). Припустимо, що ланцюгами входів є ланцюги А і Б, а ланцюгом знімання - що при нормальному використуванні X вводитьься через А, Y- через Б, результат Z знімається через ланцюг В, притому виходить інтегрування $z = \int y dx$. Продифернціював ліву та праву частини по t, отримуємо:

$$\frac{dz}{dt} = y \left(\frac{dx}{dt} \right) \quad (1.4)$$

і прийmemo цю формулу за вихідні вона означає, що в ланцюгах А і В має вийти диференціювання таке, що сукупність в ланцюгах А і В повинна давати множення. Всі ІДЕ з двома вхідними цифрами має володіти і дійсно володіє цими властивостями множення [A*B=V], але не у всіх це множення може бути записано в диференціальній формулі(1.4). Якщо неможливо записати праву частину рівняння диференціальної форми, то ІДЕ інтегрує тільки за часом: $\frac{dz}{dt} = yx$ або $z = \int y dx$. Якщо неможливо записати ліву частину рівняння диференціальної форми, то ІДЕ інтегрує тільки за часом: $z = y (dx/dt)$. Якщо запис (1.4) у диференціальній формі взагалі неможлива, то елемент є розмножувальним, а не інтегро-диференціальним $z = yx$. Якщо є одна диференціальна дія, наприклад в ланцюзі А (у вигляді dx / dt), то другу таку дію можна отримати штучним шляхом, поєднуючи в схему елементи з такою властивістю. Нарешті, якщо у ІДЕ є диференціювання за часом, а множинна властивість відсутня (ІДЕ з одним входом), то поєднання елементів, крім забезпечення другого диференціювання по часі, має бути множинною схемою.

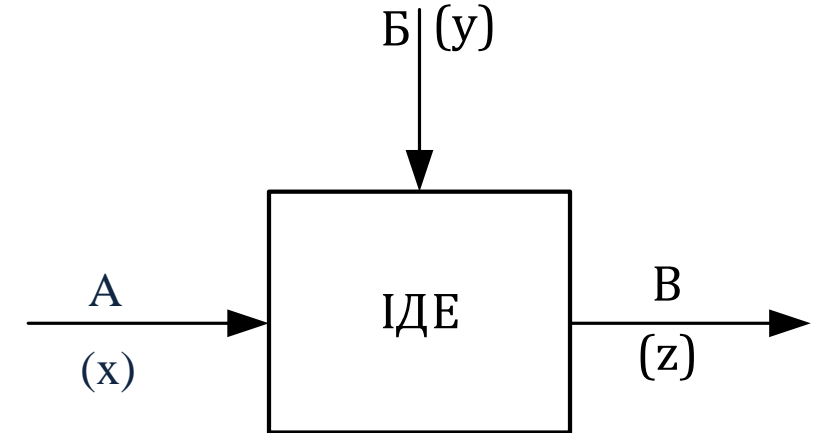


Рис 1.3

Результати комбінування ланцюгів ІДЕ наведені в табл. 1.1.

Інтегродиференціюючі елементи діляться:

- 1) **за фізичними принципам дії** - на механічні, електромеханічні, електричні, електронні, оптичні та ін.;
- 2) **за родом процесів**, що використовуються для інтегрування та диференціювання, на елементи зі стаціонарним і нестаціонарним процесом;
- 3) **за виконуваними операціям** - на інтегратори і диференціатори (завжди можливе отримання з інтегратора диференціатора і навпаки) за часом t і за аргументом X що не в часі;
- 4) **за структурою** на оборотні і незворотні; оборотність полягає в можливості заміни входу виходом, а виходу входом. Інтегруючий елемент стає при цьому диференціюючим, а диференціюючим - інтегруючим. Природною оборотністю володіють тільки тахомашини.

Таблиця 1.1. Результати комбінування ланцюгів ІДЕ

Ланцюги ІДЕ			Матиматичні операції, що виконуються в ланцюгах ІДЕ	Результат
А	Б	В		
х	у	z	$(dx/dt)y = dz/dt$	$z = \int y dx$
z	у	х	$(dz/dt)y = dx/dt$	$z = \int dx y$
у	х	z	$(dy/dt)y = dz/dt$	$z = \int x dy$
z	х	у	$(dz/dt)y = dy/dt$	$z = \int dy/x$
х	z	у	$(dx/dt)y = dy/dt$	$z = dy/dx$
у	z	х	$(dy/dt)y = dx/dt$	$z = dx/dy$