



Лекція 2

Тема: Структура засобів вимірювання швидкості

1. Загальна структура засобів вимірювання швидкості.
2. Узагальнена схема засобів вимірювання швидкості та прискорення.
3. Поняття про інтегродиференціюючі елементи.

1. Загальна структура засобів вимірювання швидкості

Сучасні технічні засоби вимірювання 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, поїздах, літаках, супутниках і ін.).

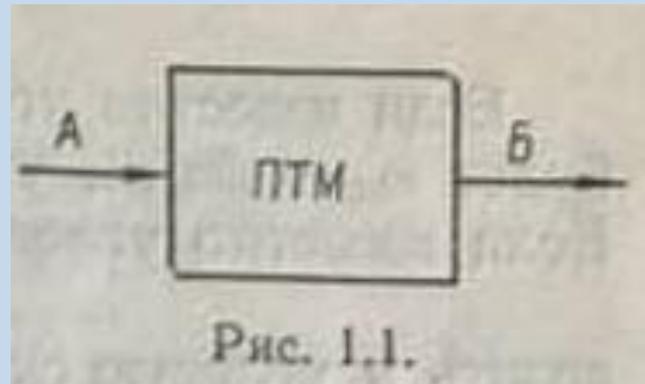


Основою ЗВШ є диференціатор, автоматичне перетворення сигналів, фізичну природу (кутове переміщення вала, лінійне переміщення тіла, газу, рідини, тиск середовища, електрична напруга та ін.), у вихідний сигнал (кутову або лінійну швидкість, витрата, швидкість зміни тиску або напруги і т. д.) пропорційний 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 диференціюючих RC-ланцюгах). В останньому випадку використовують властивість диференціюють елементів змінювати свій стан по фізичним законам синхронно з плином природного часу дані попередні значення необхідно для того щоб чітко розрізнити два випадки стосуються часу час в диференціації водиться або датчиком часу або природно в силу фізичного закону диференціюючого елемента.

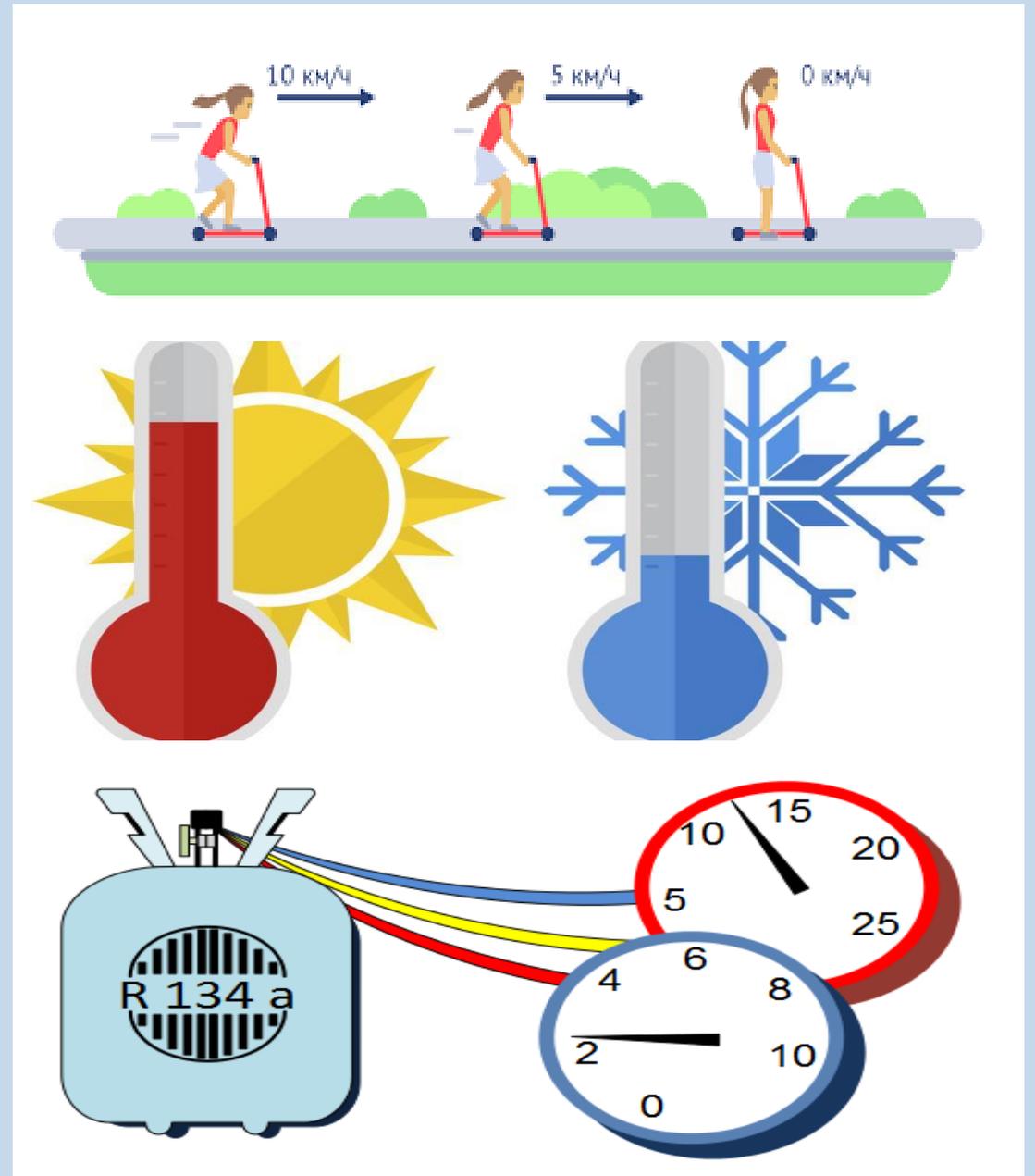
Приладом точної механіки називають механічні прилади встановлені експлуатаційними якостями яких є точність виконання заданих функцій регламентовані допуском.



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 елементів, 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 зміна маси газу, рідини або твердої речовини часу $a = f(t)$, проходить через певний поперечний переріз, то **масова витрата висоти** визначаються 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 зміна об'єму за часом $G_t = dG/dt$.

З наведених прикладів можна було 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.

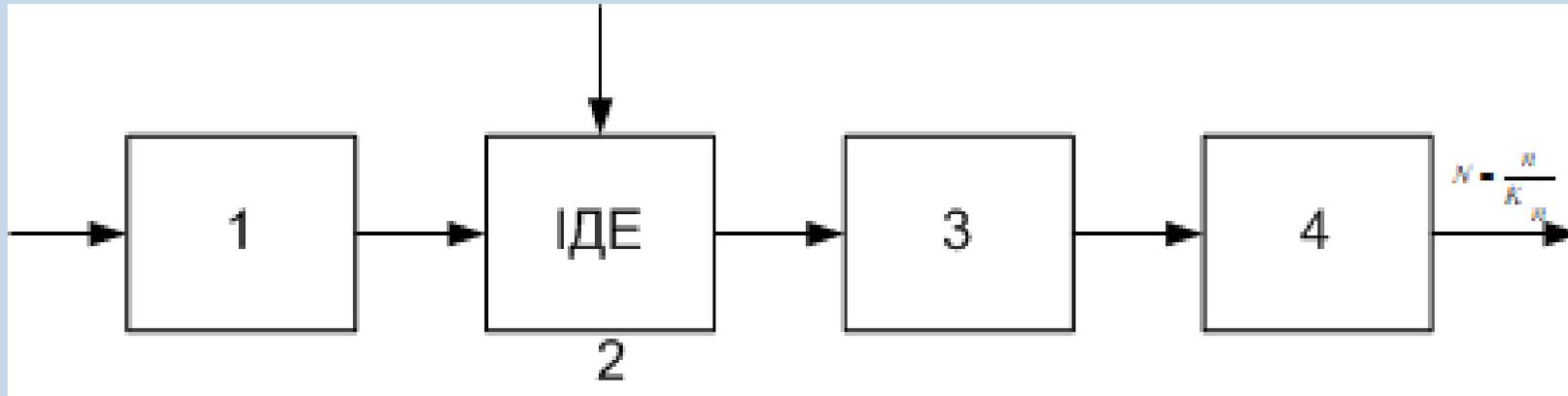


Рис. 1.2

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 про інтегродиференціюючі елементи

Інтегро-диференційний елемент називається функціональний перетворювач вихідної величина Z якого є похідною або первісна 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 : $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$;

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

3) отримання добутку $y\dot{x}$ має інтегруватися за часом t :

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

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

Диференціювання по x :

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

2) повинно виконуватися множення похідної аргументу x за часом на вихідну величину z і прирівнювання похідних $z\dot{x}$ величині \dot{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 створення 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 вводиться через А, У- 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, що сукупність в ланцюгів А і В повинна давати множення. Всі ІДЕ з двома входними 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: $\frac{dz}{dt} = ux$ або $z = \int y dx$. Якщо неможливо записати ліву частину рівняння диференціальної форми, то ІДЕ інтегрує тільки за часом: $z = y (dx/dt)$. Якщо записати (1.4) у диференціальній формі взагалі неможлива, то елемент є розмножувальним, а не інтегро-диференціальним $z = ux$. 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.

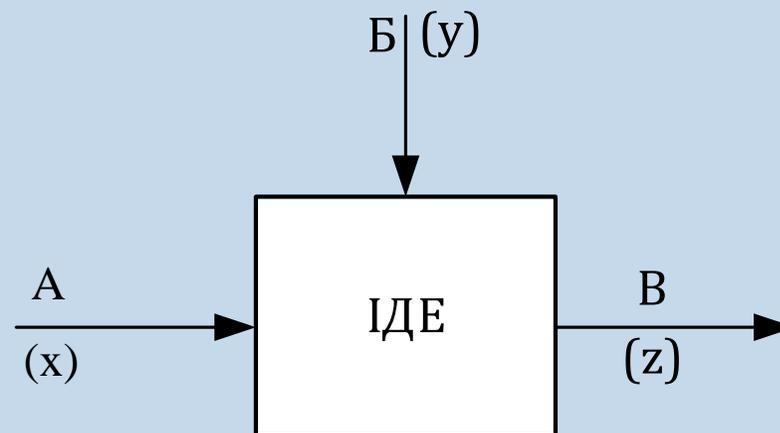


Рис 1.3

Результати комбінування ланцюгів ІДЕ наведені в табл. 1.1.

Інтегродиференціюючі елементи діляться:

- 1) *за фізичними принципом 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 виконуваним операціям* - на інтегратори і диференціатори (завжди можливе отримання з інтегратора диференціатора і навпаки) за часом t і за невчасним аргументом X ;
- 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

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