

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни
«Основи електрики та електроніки, електричні вимірювання та їх
стандартизація»
обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***272 Авіаційний транспорт
(Оператор безпілотних літальних апаратів)***

за темою № 24 - Електровимірювальні прилади

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного коледжу
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання, протокол від 28.08.2023р № 1

Розробник: викладач циклової комісії Авіаційного і радіоелектронного обладнання, к.т.н., доцент, спеціаліст вищої категорії, Юрко О.О.

Рецензенти:

1. К.т.н., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного обладнання Шмельов Ю.М.
2. Заступник директора з ОЛР, командир авіаційного загону ТОВ «ЕЙР ТАУРУС» Гетьман Ю.Ю.

План лекції:

1. Основні властивості ЗВ.
2. Повірка засобів вимірювання.
3. Аналогові електровимірювальні прилади.
4. Електронні вимірювальні прилади.
5. Інформаційно-вимірювальні системи.

Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

Основна:

1. Болюх В. Ф., Данько В. Г., Гончаров Є. В. Основи електротехніки, електроніки та мікропроцесорної техніки. Харків: Планета-Прінт, 2019. 248 с.
2. Васильєва Л. Д., Медведенко Б. І., Якименко Ю. І. Напівпровідникові прилади: Підручник. Київ: ІВЦ Видавництво “Політехніка”, 2003. 338 с.
3. Кармазін В.В., Семенець В.В. Курс загальної фізики. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. Київ: Кондор, 2016. 786 с.
4. Коваль Ю. О., Гринченко Л. В., Милютченко І. О., Рибін О. І. Основи теорії кіл. Ч. 1. Харків: Компанія СМІТ, 2008. 432 с.
5. Колонтаєвський Ю. П., Сосков А. Г. Промислова електроніка та мікросхемотехніка: Теорія і практикум: навч. посіб. Київ: Каравела, 2004. 432 с.
6. Лавренова Д. Л., Хлистов В. М. Основи метрології та електричних вимірювань: навч. посіб. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 133 с.

Допоміжна:

1. Андріяшик М. В., Вербицький Б. І., Король А.М. Курс фізики. Київ: Фламенко, 2008. 530 с.
2. Готра З. Ю., Лопатинський І. Є., Лукіянець Б. А., Микитюк З. М., Петрович І. В. Фізичні основи електронної техніки: Підручник. Львів: Видавництво “Бескид Бит”, 2004. 880 с.
3. Гумен Б. М., Гуржій А. М., Співак В. М. Основи теорії електричних кіл: у 3 кн. Київ: Вища шк., 2003.
4. Дмитрієва В. Ф. Фізика: Навч. посіб, Київ: Техніка, 2008. 648 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <https://www.youtube.com/channel/UCWfhBu4fAt126ZbxREz3IBw>

Текст лекції

1. Основні властивості ЗВ

Основні властивості ЗВ - це їх метрологічні характеристики. Останні нормуються для кожного класу ЗВ, кожного типу ЗВ, окремо для кожного ЗВ в залежності від їх призначення.

Метрологічні характеристики поділяються на:

- 1) характеристики, які необхідні для отримання результату вимірювань,
- 2) характеристики похибок,
- 3) характеристики чутливості до впливових величин,
- 4) динамічні характеристики,
- 5) характеристики взаємодії,
- 6) неінформативні параметри вихідного сигналу ЗВ.

Характеристики, які необхідні для отримання результату вимірювань. До першої групи відносяться функція перетворення, яка пов'язує вхідний сигнал із вихідним. Фактично, для ЗВ - це рівняння шкали (функція перетворення ВП).

Приклад 1. Рівняння шкали ватметра:

$$\alpha = \frac{U \cdot I \cdot \cos \varphi}{R_V \cdot D} \cdot \frac{dM_{12}}{d\alpha},$$

де U , I , $\cos \varphi$ - вхідні величини; α - вихідна величина (кут відхилення стрілки приладу).

Нормується функція перетворення у вигляді числа (коефіцієнта, якщо функція лінійна), таблиці або графіка.

Також до першої групи відноситься значення однозначної міри, або ряд начень багатозначної міри, або одиниця наймолодшого розряду числового коду для цифрових ЗВ). Ці значення нормуються у вигляді іменованого числа.

Найменша одиниця вимірювання разом із коефіцієнтом масштабного перетворювача складає межу вимірювання; або межу вимірювання складає останнє (найбільше) значення багатозначної міри.

ЗВ може мати декілька меж, в залежності від кількості та виду масштабних перетворювачів. Тоді можна говорити, що для будь-якого ЗВ існує певний діапазон вимірювань - область значень від найменшої одиниці (що визначається значенням найменшої міри або одиницею наймолодшого розряду) до найбільшого значення (найбільша межа вимірювання), в якій знаходиться фізична величина, на вимірювання якої розраховано цей ЗВ.

Нормується діапазон вимірювань (так само, як і окремі межі вимірювань) у вигляді іменованого числа.

Характеристики похибок. До другої групи відноситься, насамперед, похибки ЗВ. До цієї групи можна віднести такі характеристики:

- а) характеристика систематичної похибки ЗВ,

- б) характеристики випадкової похибки ЗВ,
- в) характеристики варіації показів (вихідного сигналу),

Варіація H - це похибка від гістерезису. Тобто це різниця у показах ЗВ при вимірюванні одного й того ж значення фізичної величини у випадку плавного підходу з боку найменших та найбільших значень (нормується у вигляді одиниці вимірюваної величини, або у відсотках від нормуючого значення).

- г) функція розподілення похибок,
- д) характеристика додаткових похибок,
- е) чутливість - відношення приросту сигналу на виході до приросту сигналу на вході

$$S = \Delta Y / \Delta X.$$

Звідси розраховується ціна поділки ЗВ: для аналогових приладів із стрілкою у кінці діапазону (на межі вимірювання)

$$C = x_{\max} / \alpha_{\max}$$

тоді ціна однієї поділки

$$\Delta C = \frac{\Delta X}{\Delta \alpha} = \frac{1}{S},$$

де ΔX - це поріг чутливості - найменша зміна вхідної величини, яка викликає зміну вихідної величини,

$\Delta \alpha$ - мінімально можливе (на одну поділку) зміщення стрілки приладу.

$$\Delta X = \frac{\Delta Y}{S}.$$

Таким чином, чим більша чутливість, тим менший поріг чутливості і навпаки.

ж) міжповірочний інтервал - строк придатності ЗВ. Характеризує надійність ЗВ разом із такими показниками як гарантований строк придатності ЗВ та значення вірогідності відмови ЗВ (яке обчислюється виходячи з конструкції ЗВ та надійності кожного її елементу).

Характеристики чутливості до впливових величин. Для третьої групи враховується функція впливу - залежність зміни метрологічної характеристики ЗВ від зміни однієї або декількох впливових факторів. Нормується у вигляді числа, формули, таблиці або графіка. Окрім цього нормуються межі цієї метрологічної характеристики в одиницях вимірювальної величини або у відсотках.

Найбільш важливі з впливових величин для ЗВ електричних величин це частотний діапазон та потужність споживання. Більш того потужність споживання має вплив на чутливість ЗВ.

Приклад 2. Потужність споживання амперметра:

$$P_A = I^2 R_A;$$

$$S = \frac{\Delta \alpha}{\Delta I}; \quad \Delta I = \frac{\Delta \alpha}{S};$$

$$P_A = \frac{\Delta \alpha^2}{S^2} R_A.$$

Якщо найменше переміщення стрілки $\Delta \alpha = 1 \text{ рад}$, то

$$P_A = \frac{R_A}{S^2},$$

тобто чим більша потужність споживання, тим менша чутливість ($R_A \rightarrow 0$).

Приклад 3. Потужність споживання вольтметра:

$$P_V = \frac{U^2}{R_V};$$

$$S = \frac{\Delta \alpha}{\Delta U}; \quad \Delta U = \frac{\Delta \alpha}{S};$$

$$P_V = \frac{\Delta \alpha^2}{S^2 \cdot R_V}.$$

Якщо найменше переміщення стрілки $\Delta \alpha = 1 \text{ рад}$, то

$$P_A = \frac{1}{S^2 \cdot R_V},$$

тобто чим більша потужність споживання, тим менша чутливість ($R_V \rightarrow \infty$).

Динамічні характеристики. До четвертої групи відносяться динамічні характеристики ЗВ, які нормуються в залежності від виду ЗВ - окремі характеристики або повні характеристики. Але для всіх типів ЗВ загальна динамічна характеристика - це швидкодія (час встановлення показів). Для аналогових ЗВ ця характеристика має назву час встановлення, або час реакції. Для цифрових ЗВ - швидкодіючі або повільнодіючі.

Характеристики взаємодії. До п'ятої групи відносяться параметри входу ЗВ та виходу ЗВ. Тобто потрібно врахувати опір ЗВ за входом та виходом. Окрім того необхідно врахувати похибку від взаємодії із іншими ЗВ, наприклад, із мірою.

Нормуються ці характеристики у вигляді номінальних значень із меншим відхиленням.

Неінформативні параметри вихідного сигналу ЗВ. До шостої групи відносяться характеристика ЗВ, які ніяк не відображаються у результаті вимірювання і не мають впливу на похибки вимірювання. Наприклад, амперметр вимірює амплітудне значення струму, його неінформативний параметр - частота сигналу.

2. Повірка засобів вимірювання

Для виконання задачі забезпечення єдності вимірювань необхідно виконувати метрологічний надзір за усіма ЗВТ. Тому періодично перевіряються усі метрологічні характеристики ЗВ. Це робиться під час повірки.

Повірка - це вид випробувань ЗВТ, під час яких встановлюється або підтверджується придатність ЗВТ до використання. ЗВ вважається придатним весь час до наступної повірки - протягом міжповірочного інтервалу. Останній визначається в залежності від призначення ЗВ, умов його використання та технічного стану на поточний час. Звідси повірка може бути:

- 1) первинною (для усіх ЗВ масового виробництва та ЗВ після ремонту),
- 2) періодичною (для усіх ЗВ, що знаходяться у експлуатації),
- 3) позачерговою (при пошкодженні ЗВ, коли є підозри щодо точності ЗВ, коли ЗВ хочуть використовувати в іншому місті, а пройшло менше ніж пів строку між повірками),
- 4) експертною (коли виникають суперечності щодо придатності ЗВ),
- 5) інспекційна (проводиться під час державного метрологічного нагляду за станом вимірювань в Україні).

Повірка містить основні 3 операції:

- зовнішній огляд,
- практичне випробування,
- оцінка метрологічних характеристик,

З метрологічних характеристик в першу чергу перевіряють відповідність ЗВ його класу точності. Для цього проводять процедуру за однією з двох схем (рис. 1): або зі зразковим сигналом (рис. 1.а) або зі зразковим ЗВ (рис. 1.б). Після порівняння зразкової величини (значення міри чи покази зразкового ЗВ) із показами ЗВ, що повіряється, розраховують дійсну основну похибку вимірювання

ЗВ в усьому діапазоні вимірювань у формі, що відповідає формі нормування класу точності ЗВ, що повіряється.



Рисунок 1 – Схема повірки ЗВ: а) зі зразковим сигналом (мірою), б) зі зразковим засобом вимірювання (ЗЗВ).

Приклад 4. Повіряється ватметр із класом точності $1,0$; межею вимірювання за струмом $5A$, за напругою - $150V$; шкала якого містить 150 поділок. Під час повірки за допомогою міри потужності ватметр показав 120 поділок.

Обрахуємо ціну поділки ватметра:

$$C_W = \frac{P_{\max}}{\alpha_{\max}} = \frac{150B \cdot 5A}{150\text{под}} = 5 \frac{Bm}{\text{под}}.$$

Тоді покази ватметра $\alpha_1 = 120 \text{ под}$. відповідають потужності

$$P_1 = \alpha_1 \cdot C_W = 120\text{под} \cdot 5 \frac{Bm}{\text{под}} = 600Bm.$$

Знаходимо абсолютну похибку вимірювання:

$$\Delta = \frac{\gamma \cdot P_{\max}}{100\%} = \frac{1\% \cdot 750Bm}{100\%} = \pm 7,5Bm.$$

Результат вимірювання становить: $(600,0 \pm 7,5) Bm$

За значенням міри (або за показами зразкового ЗВ) перевіряємо чи дійсно значення знаходиться у межах від $592,5 Bm$ до $607,5 Bm$.

Повірка засобів вимірювання, клас точності яких нормується зведеною похибкою. Визначають абсолютні похибки в різних точках шкали за допомогою порівняння із зразковою величиною (еталон) або із показами зразкового ЗВ.

Потім обраховують максимальну зведену похибку β_{\max} , яку порівнюють із класом точності ЗВ, що повіряється. Якщо $|\beta_{\max}| \leq \gamma$, тоді встановлюють придатність ЗВ до використання із вказаним класом точності і навпаки - ЗВ не придатний якщо $|\beta_{\max}| \geq \gamma$.

Приклад 5. Повіряється аналоговий вольтметр із класом точності 0,5 та межею вимірювання 15В. Під час повірки вольтметр давав покази 5В, 10В та 15В, яким відповідали покази зразкового ЗВ 4,85В; 10,1В та 14,9В.

Знаходимо різницю показів:

$$\Delta_1 = U_{11} - U_{01} = 5B - 4,85B = 0,15B$$

$$\Delta_2 = U_{12} - U_{02} = 10B - 10,1B = -0,1B$$

$$\Delta_3 = U_{13} - U_{03} = 15B - 14,9B = 0,1B$$

Максимальна різниця показів $\Delta = 0,15B$. Тоді знаходимо максимальну зведену похибку:

$$\beta_1 = \frac{\Delta_1}{U_{\max}} 100\% = \frac{0,15B}{15B} 100\% = 1\%.$$

Таким чином, $|\beta_{\max}| = 1\% \geq \gamma = 0,5\%$, тобто ЗВ є непридатним до використання із вказаним класом точності.

Повірка засобів вимірювання, клас точності яких нормується відносною похибкою. Визначають відносні похибки δ_x в різних точках діапазону вимірювання за допомогою порівняння із зразковою величиною (еталон) або із показами зразкового ЗВ. Отримані значення порівнюють із максимально припустимою похибкою ЗВ $\delta_{\text{прип}}$ в тих самих точках, яку знаходять за класом точності. Якщо $|\delta_x| \leq \delta_{\text{прип}}$ в усіх точках діапазону, то ЗВ вважається придатним із приписами класом точності.

Приклад 6. Повіряється цифровий вольтметр із класом точності $0,3/0,2$ та межею вимірювання $10B$. Під час перевірки вольтметр фіксував покази $2B$, $5B$ та $10B$. Цим показам відповідали покази зразкового вольтметру $2,005B$; $5,006B$ та $10,004B$.

Знаходимо розбіжність показів:

$$\Delta_1 = U_{11} - U_{01} = 2B - 2,005B = -0,005B.$$

$$\Delta_2 = U_{12} - U_{02} = 5B - 5,006B = -0,006B.$$

$$\Delta_3 = U_{13} - U_{03} = 10B - 10,004B = -0,004B.$$

Знаходимо відносні похибки:

$$\delta_{x1} = \frac{\Delta_1}{U_{11}} 100\% = \frac{-0,005B}{2B} 100\% = -0,25\%$$

$$\delta_{x2} = \frac{\Delta_2}{U_{12}} 100\% = \frac{-0,006B}{5B} 100\% = -0,12\%$$

$$\delta_{x3} = \frac{\Delta_3}{U_{13}} 100\% = \frac{-0,004B}{10B} 100\% = -0,04\%$$

Знаходимо максимально припустимі відносні похибки вимірювання за класом точності вольтметру в цих точках:

$$\delta_1 = \pm \left[0,3 + 0,2 \left(\frac{U_{\max}}{U_{11}} - 1 \right) \right] \% = \pm \left[0,3 + 0,2 \left(\frac{10B}{2B} - 1 \right) \right] \% = \pm 1,1\%$$

$$\delta_2 = \pm \left[0,3 + 0,2 \left(\frac{U_{\max}}{U_{12}} - 1 \right) \right] \% = \pm \left[0,3 + 0,2 \left(\frac{10B}{5B} - 1 \right) \right] \% = \pm 0,5\%$$

$$\delta_3 = \pm \left[0,3 + 0,2 \left(\frac{U_{\max}}{U_{13}} - 1 \right) \right] \% = \pm \left[0,3 + 0,2 \left(\frac{10B}{10B} - 1 \right) \right] \% = \pm 0,3\%$$

Оскільки $|\delta_{x1}| < \delta_1$, $|\delta_{x2}| < \delta_2$, $|\delta_{x3}| < \delta_3$, то можна стверджувати, що вольтметр придатний для використання з класом точності $0,3/0,2$.

3. Аналогові електровимірювальні прилади

Аналогові вимірювальні прилади - це ЗВ покази яких є безперервною функцією зміни вимірюваної (вхідної) величини. Це прилади такі, що показують - тобто вони мають пристрій відліку, що містить шкалу та вказівник. Узагальнена структура такого пристрою показана на рис. 2.

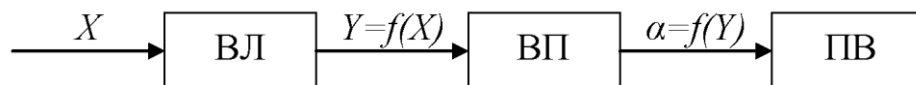


Рисунок 2 – Структурна схема аналогового ЗВ

Вхідний ланцюг (ВЛ) - вхідний пристрій, необхідний для перетворення сигналу на вході у величини зручну для перетворення у механічне

пересування вказівника (шунти, додаткові резистори, ВТН, ВТС, випрямлячі тощо).

Вимірювальний перетворювач (ВП) - перетворює електричну величину на механічне пересування вказівника.

Пристрій відліку (ПВ) - шкала та вказівник. В якості вказівника використовується або стрілка, що нерухомо кріпиться до рухомої частини механізму, або світловий промінь, що відбивається від дзеркала, яке нерухомо кріпиться до рухомої частини механізму.

В більшості механізмів, що вимірюють, (ВМ) рухома частина має одну ступень свободи, тобто може обертатися навколо нерухомої вісі (рис. 3) на кут α (або, рідше, робити лінійне переміщення). Тоді на рухому частину діє сила, що створює обертальний момент.

$$M_{об.} = f(x, \alpha),$$

де x - вимірювана величина (вхідний сигнал); α - кут оберту рухомої частини механізму (вихідний сигнал).

Для більшості електромеханічних ВМ обертальний момент - це похідна від енергії магнітного (або електричного) поля відносно кута зміщення рухомої частини (виходу) α :

$$M_{об.} = \frac{dW_{n.}}{d\alpha}.$$

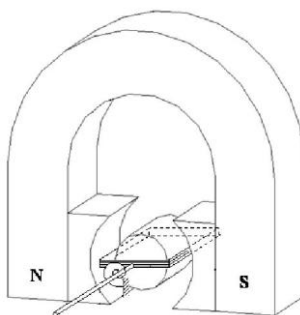


Рисунок 3 – Конструкція магнітоелектричного вимірювального перетворювача

Для того, щоб рухома частина оберталася на кут, що жорстко пов'язаний із вимірюваною величиною x , на рухому частину має діяти протидіючий момент, який направлений назустріч обертальному моменту і який зростає із ростом кута оберту рухомої частини α . Тобто

$$M_{пр.} = m \alpha,$$

де m – питомий протидіючий момент.

Коли досягається рівновага моментів:












$$M_{об.} = M_{пр.},$$

$$\frac{dW_{n.}}{d\alpha} = m \cdot \alpha,$$

$$\alpha = \frac{dW_{n.}}{m \cdot d\alpha}.$$

Аналогові ЗВ класифікуються виходячи з того, яким чином здійснюється перетворення вхідної електричної величини у механічне переміщення вказівника, тобто в залежності від виду вимірювального перетворювача.

Таблиця 1 – Позначення системи аналогових електровимірювальних приладів, в залежності від виду вимірювального перетворювача.

Назва	Позначення	Позначення для логометру
магнітоелектричні		
електромагнітні		
електродинамічні		
феродинамічні		
електростатичні		
індукційні		

Окрім моменту обертального та протидіючого моменту на рухому частину ВМ діє момент заспокоєння. Його створюють навмисно для скорочення часу встановлення показів:

$$M_{з.} = P \frac{d\alpha}{dt},$$

де P - коефіцієнт заспокоєння, $\frac{d\alpha}{dt}$ - швидкість переміщення рухомої частини ВМ.

Час заспокоєння - це час, за який $M_{об.}$ буде врівноважуватися $M_{пр.}$ при зміні вхідної (вимірюваної) величини.

Для створення моменту заспокоєння використовують наступні пристрої:

- повітряні заспокоювачі (коли є протидіючі пружини, а рухома частина кріпиться на вісі);
- магнітоіндукційні (коли в приладі поле постійного магніту не впливає на роботу ВМ);
- рідинні заспокоювачі (коли рухома частина ВМ закріплена на розтяжках).

Таким чином $M_{з.}$ визначається з одного боку інерцією рухомої частини ВМ, а з іншого - або опором повітря, або вихровими струмами при переміщенні в магнітному полі, або силою тертя у в'язкій рідині.

Окрім механізмів, що створюють вище вказані моменти в склад аналогового вимірювального приладу ще мають входити:

- коректор, що дає можливість встановити «0» приладу в

початковому стані (вимірювання не проводиться);

- аретир, який закріплює рухому частину приладу (вказівник) для безпечного транспортування;
- корпус.

4. Електронні вимірювальні прилади.

Електронні вимірювальні прилади - це ЗВТ, вузлами яких є різноманітні електронні вимірювальні перетворювачі. Такі ЗВТ можуть бути як цифровими, так і аналоговими. В останньому випадку покази приладу - є безперервною функцією вимірювальної величини.

Завдяки використанню електронних пристроїв (вузлів) вдається розширити функціональні можливості ЗВ та забезпечити високий рівень їх метрологічних характеристики:

- висока чутливість;
- великий діапазон вимірювання;
- мале власне споживання;
- великий частотний діапазон

тощо.

Широко використовуються електронні аналогові ЗВ такі: осцилографи, вольтметри, омметри, аналізатори спектру.

5. Інформаційно-вимірювальні системи

Інформаційно-вимірювальні системи (ІВС) - це сукупність технічних та програмних засобів, що об'єднані в єдине ціле і використовуються для експериментальних досліджень складних об'єктів.

ІВС бувають:

- спеціалізовані;
- проблемно-орієнтовані ;
- універсальні.

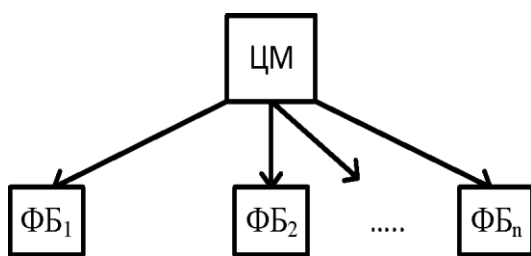
Спеціалізовані ІВС будують спеціально для вивчення одного конкретного класу об'єктів. Тобто, якщо змінилася номенклатура об'єктів, то необхідно будувати нову ІВС. Однак такі системи легко виготовляти у масовому виробництві.

Універсальні системи дозволяють досліджувати широку номенклатуру об'єктів, однак мають високу складність, відповідно велику вартість, і вимагають високої кваліфікації обслуговуючого персоналу.

Компромісом між цими двома системами є проблемно-орієнтовані системи. Вони дозволяють досліджувати класи об'єктів, що характеризуються однаковими фізичними величинами.

Структура ІВС може бути:

1. Централізованою (рис. 4)

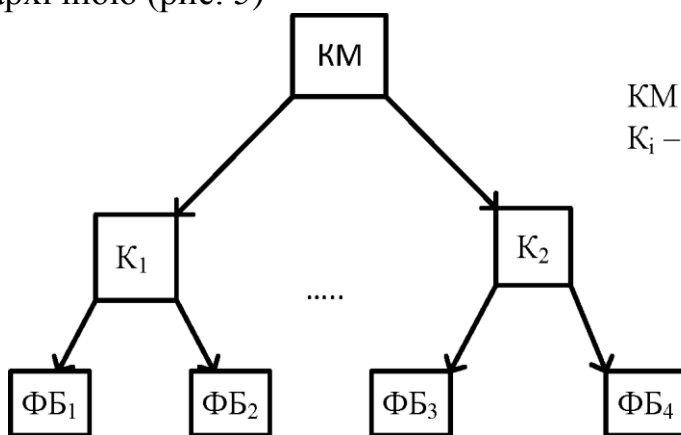


ЦМ – центральний модуль (частіше МП);
 ФБ_і – функціональні блоки (складаються з
 вимірювальних каналів та засобів первинної
 обробки)

Рисунок 4 – ІВС із централізованою структурою

Такі централізовані системи використовують за умови обмеженого потоку інформації.

2. Ієрархічною (рис. 5)



КМ – керуючий модуль;
 К_і – контролери;

Рисунок 5 – ІВС із ієрархічною структурою

Такі «багатшарові» системи - це ІВС із розподіленим інтелектом на відміну від централізованих ІВС із сконцентрованим інтелектом. Тут чим нижчий рівень, тим більший потік інформації і тим менший інтелект, з точки зору обробки інформації. Таким чином ФБ_і мають бути вузькоспеціалізованими. Чим вищий рівень тим менший потік інформації і тим вищий інтелект. Тоді другий рівень (К_і) це вже проблемно-орієнтовані блоки. Останній (верхній) рівень має вузький потік інформації і «найвищий інтелект» - це вже універсальний блок.

Точність ІВС. Похибка вимірювання при застосуванні ІВС відповідає похибці опосередкованих вимірювань. Вона складатися не просто з похибок вимірювання окремих складових системи, але враховує вплив цих складових один на одну.

Незважаючи на те, що ІВС складається із уніфікованих вузлів, вона є унікальним засобом вимірювальної техніки через індивідуальність конструкції

кожної конкретної системи (кількість задіяних ЗВ, кількість каналів зв'язку,

протяжність ліній зв'язку, їх тип, програмне забезпечення для передавання та обробки інформації тощо). А значить кожна ІВС має проходити процедуру державної метрологічної атестації і вноситися до Державного реєстру засобів вимірювання.

Всі засоби, з яких складається ІВС, становлять загальний вимірювальний канал. Тобто вимірювальний канал може містити:

- засоби вимірювальних операцій (вимірювальні та масштабні перетворювачі, компаратори, інколи міри),
- засоби перетворення інформації (АЦП, ЦАП, операційні підсилювачі тощо),
- засоби обробки інформації (мікроконтролери),
- засоби передавання інформації (лінії зв'язку, контролери зв'язку тощо),
- засоби відображення інформації.

Всі перелічені ЗВТ мають свої метрологічні характеристики. Тобто, точність вимірювань ІВС залежить від точності окремих складових каналу вимірювання, а також від схеми з'єднання цих ЗВТ. Тому сумарна похибка буде певною функцією від похибок окремих ЗВТ, яку можна розрахувати за принципами обрахунку похибок опосередкованих вимірювань.

В загальному випадку всі похибки ІВС розділяють на:

- систематичну (функція від окремих систематичних похибок ЗВТ),
- випадкову (загальна випадкова похибка вимірювання ІВС),
- додаткову.