

УДК 623.004.67

Ю.І. Рафальський, О.В. Руденко

Харківський університет Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, Харків

АНАЛІЗ ВИМІРЮВАННЯ ТИСКУ В СТАТИЧНОМУ РЕЖИМІ

В статті проаналізовано вимірювання тиску в статичному режимі, визначено структурну схему та графік прямого перетворення, структурну схему врівноваженого перетворювача, визначені метрологічні характеристики, що виникають при вимірюванні тиску в статичному режимі.

Ключові слова: тиск, метрологічні характеристики, статичний режим.

Вступ

Постановка задачі. Вимір тиску у різних середовищах при повірки військових приладів суттєво впливає на підвищення боєготовності окремих видів озброєння військ (сил). Аналіз методів та засобів вимірювання тиску, подальше визначення їх переваг та недоліків суттєво впливає на проведення метрологічного забезпечення озброєння військ (сил), що здійснюється виїзною метрологічною групою в складі пересувної лабораторії виміральної техніки бази виміральної техніки Озброєння Збройних Сил України.

Актуальність даної науково-прикладної задачі зумовлена постійним підвищенням вимог до якості засобів вимірювання тиску у військових метрологічних органах Озброєння Збройних Сил України.

Аналіз літератури. Питання дослідження вимірювання тиску ґрунтовно розглядаються в [1 – 5]. В [1] викладені основні терміни та визначення метрології та виміральної техніки. В [2] розглядаються теоретичні відомості про засоби вимірювання тиску. В [3] висвітлено основні положення про засоби та методи вимірювання неелектричних величин. В [4] розглядаються питання організації та порядку експлуатації виміральної техніки у ЗС України. В [5] встановлюються правила експлуатації виміральної техніки військового призначення. Разом з цим лишаються відкритими питання, які пов'язані з вимірюванням тиску в статичному режимі.

Метою статті є аналіз вимірювання тиску в статичному режимі.

Основний матеріал

Розглянемо засіб вимірювання в якому сигнал переносить інформацію про значення вимірюваної величини. В цьому випадку здійснюється ряд перетворень з метою отримання потрібного вихідного сигналу. Кожне перетворення сигналу характеризується окремими частинами (ланками). З'єднання таких ланок у визначений ланцюг перетворювачів є структурною схемою, яка визначає основні функціональні частини виробу, їх призначення і взаємозв'язок.

Основними ланками вимірвальних систем є:

- вимірвальний елемент;
- вимірвальний ланцюг;
- чутливий елемент;
- вимірвальний механізм;
- звітний пристрій.

Розбиття на ланки може бути здійснено за різними ознаками. Так, аналізуючи засіб вимірювань, якій працює в статичному режимі, ланки розбивають відповідно до функцій перетворення, що досліджуються. В залежності від з'єднання кіл розрізняють два основних виду структурних схем: прямого перетворення (дії) та врівноваженого (компенсаційного) перетворення (дії). Структурна схема врівноваженої дії також має назву схеми з від'ємним зворотним зв'язком. Структурна схема прямого перетворення (рис. 1), де $\dot{I}_1, \dot{I}_2, \dots, \dot{I}_n$ - ланки; x_1, x_2, \dots, x_n - інформаційні параметри сигналів.

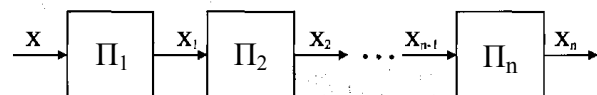


Рис. 1. Структурна схема прямого перетворювача.

В подальшому при математичному аналізі інформативні параметри будуть мати назву сигналів або величин. Вхідний сигнал X послідовно зазнає декілька перетворень і в кінцевій підсумку на виході виходить сигнал X_n . Розглянемо метрологічні характеристики даної групи приладів, а саме чутливість (коефіцієнт перетворення) вимірального приладу який має структурну схему прямого перетворення:

$$S = \frac{dx_n}{dx} = \frac{dx_1}{dx} \cdot \frac{dx_2}{dx_1} \cdot \dots \cdot \frac{dx_n}{dx_{n-1}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_n, \quad (1)$$

де $K_1 = \frac{\partial x_1}{\partial x}$, $K_2 = \frac{\partial x_2}{\partial x_1}$, $K_n = \frac{\partial x_n}{\partial x_{n-1}}$ – коефіцієнти

перетворення першого, другого та n -го кола відповідно.

При нелінійній функції перетворення чутливість залежить від вхідного сигналу.

Мультиплікативна похибка виникає при зміні коефіцієнтів перетворення. На протязі часу і під тиском зовнішніх факторів коефіцієнти x_1, x_2, \dots, x_n можуть змінюватись відповідно на $\Delta x_1, \Delta x_2, \dots, \Delta x_n$. Тоді відносна зміна чутливості записується як

$$\frac{\Delta S}{S} = \frac{\Delta K_1}{K_1} + \frac{\Delta K_2}{K_2} + \dots + \frac{\Delta K_N}{K_N}, \quad (2)$$

де: ΔS - зміна чутливості, яка призводить до зміни вихідного сигналу

$$\Delta X = (S + \Delta S) X S_n = \Delta S_n. \quad (3)$$

Цієї зміни вихідного сигналу відповідає абсолютна похибка вимірювання вхідної величини:

$$\Delta X = \frac{\Delta x_n}{S} = \frac{X \Delta S}{S}. \quad (4)$$

Як бачимо з виразу (6) похибка яка викликана зміною чутливості, є мультиплікативною. Відносна мультиплікативна похибка вимірювання дорівнює:

$$\delta_n = \frac{\Delta S}{S}. \quad (5)$$

Адитивна похибка яка викликана дрейфом "0" ланок, накладенням завад на корисний сигнал тощо, які приводять до зміщення графіка характеристики перетворення i -го кола на $\pm \Delta x_{0i}$, як бачимо на рис. 2.

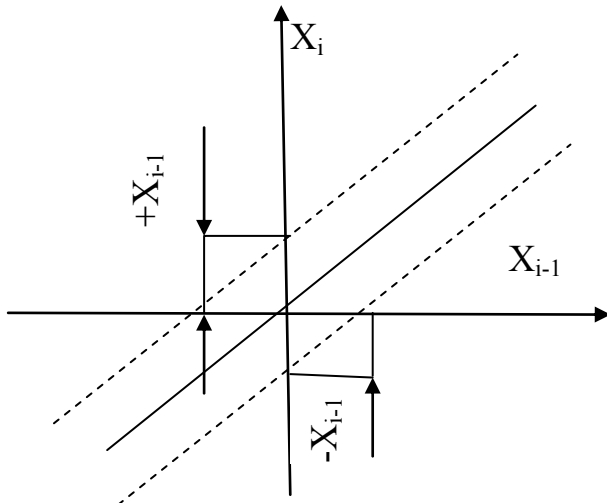


Рис. 2. Графік характеристики i -го перетворення

Адитивну похибку можна знайти якщо ввести на структурній схемі після відповідних кіл додаткові зовнішні сигнали $\Delta x_{01}, \Delta x_{02}, \dots, \Delta x_{0n}$, які рівні зміщенням характеристик перетворення кіл.

Сумарна дія усіх додаткових сигналів дорівнює дії наступного додаткового сигналу на вході.

$$\Delta x_0 = \frac{\Delta x_{01}}{K_1} + \frac{\Delta x_{01}}{K_1 K_2} + \dots + \frac{\Delta x_{0n}}{K_1 K_2 \dots K_n}, \quad (6)$$

де $\Delta x_{01}, \Delta x_{02}, \dots, \Delta x_{0n}$ - зовнішні сигнали.

Сумарна адитивна похибка дорівнює Δx_{0n} . Таким чином в засобах вимірювання які мають

структурну схему прямого перетворювання має можливість сумування похибок які вносяться окремими колами.

Структурна схема засобів вимірювання врівноваженого перетворювача зображена на рис. 3.

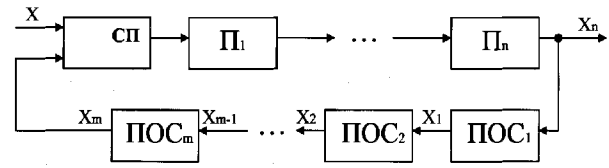


Рис. 3. Структурна схема врівноваженого перетворювача

Для кола зворотного зв'язку сигнал має вигляд:

$$x'_m = x_n \beta_1 \beta_2 \dots \beta_m = x_n \beta, \quad (7)$$

де β - коефіцієнт перетворювання кола зворотного перетворення; $\beta_1 \beta_2 \dots \beta_m$ - коефіцієнти перетворення кіл зворотного зв'язку.

На вході кола прямого перетворення в вузлі сумуючого пристрою здійснюється порівняння (компенсація) вхідного сигналу x_n та вихідного сигналу кола зворотного перетворення x_m при цьому на виході сумуючого пристрою з'являється різнісний сигнал $\Delta x = X - x_m$.

При подачі на вхід сигналу X вихідний сигнал x_n , та відповідно і x_m , буде зростати до тих пір доки X та x_m не стануть рівними. При цьому по значенню x_n можна зробити висновок про величину яка виміряна X . При повній компенсації у встановленому режимі $\Delta X = X - x_m = 0$. В цьому випадку вихідний сигнал має вигляд:

$$x_m = \frac{X}{\beta_1 \beta_2 \dots \beta_m} = \frac{X}{\beta}. \quad (8)$$

Таким чином в момент компенсації, сигнал на виході засобів вимірювання є пропорційним до вхідного сигналу та не залежить від коефіцієнту перетворення кола прямого перетворення. В цьому випадку, чутливість (коефіцієнт перетворення) має вигляд:

$$S = \frac{\partial x_n}{\partial X} = \frac{1}{\beta_1 \beta_2 \dots \beta_m} = \frac{X}{\beta}. \quad (9)$$

Мультиплікативна відносна похибка, обумовлена нестабільністю коефіцієнтів перетворення кіл при достатньо малих вимірюваннях цих коефіцієнтів має вигляд:

$$\delta_m = \frac{\Delta S}{S} = -\frac{\Delta \beta}{\beta} = -\left(\frac{\Delta \beta_1}{\beta_1} + \frac{\Delta \beta_2}{\beta_2} + \dots + \frac{\Delta \beta_m}{\beta_m} \right). \quad (10)$$

Як бачимо з цього виразу, відносна мультиплікативна похибка обумовлена тільки відносною зміною коефіцієнту перетворення кола зворотного перетворення.

Висновки

1. В статті в результаті аналізу визначено, що засіб вимірювань, якій працює в статичному режимі, ланки розбивають відповідно до функцій перетворення, що досліджуються.

2. Розрізняють два основних виду структурних схем: прямого перетворення (дії) та врівноваженого (компенсаційного) перетворювання (дії), структурні схеми яких розглянуті в статті.

3. Визначені метрологічні характеристики, а саме чутливість (коефіцієнт перетворювання) вимірювального приладу який має структурну схему прямого перетворювання та врівноваженого (компенсаційного) перетворювання.

2. Кононов В.Б. Засоби вимірювання техніки неелектричних величин. Частина 2. Тиск та температура / В.Б. Кононов, А.М. Науменко, В.А. Бородавка. – Х.: ХУПС, 2012. – 178 с.

3. Засоби та методи вимірювань неелектричних величин: Підручник / С.С., Поліщук, В.І. Дорожовець та інші. – Львів: Національний університет «Бескид біт», 2008. – 529 с.

4. Войтенко С.С. Нормативні та організаційні основи метрологічного забезпечення військ (сил): навч.-метод. посіб. / С.С. Войтенко., С.В. Герасимов— Х.: ХУПС, 2012. – 292 с.

5. Наказ заступника Міністра оборони з озброєння – начальника озброєння ЗС України «Про затвердження Керівництва з організації та порядку експлуатації вимірювальної техніки у ЗС України» від 1.06.2001.

Надійшла до редколегії 6.02.2013

Список літератури

7. Чинков В.М. Основи метрології та вимірювальної техніки: Підр. / В.М. Чинков. – Х.: НТУ «ХПІ», 2005. – 523 с.

Рецензент: д-р техн. наук проф. В.Б. Кононов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба, Харків.

АНАЛИЗ ИЗМЕРЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ В СТАТИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

Ю.И. Рафальський, О.В. Руденко

В статті проаналізовано вимірювання тиску в статичному режимі, визначено структурну схему та графік прямого перетворювача, структурна схема збалансованого перетворювача, визначено метрологічні характеристики, що виникають при вимірюванні тиску в статичному режимі.

Ключевые слова: тиск, метрологічні характеристики, статичний режим.

An ANALYSIS OF MEASURING OF PRESSURE IS IN STATIC MODE

Yu.I. Rafal'skiy, O.V. Rudenko

In the article, measuring of pressure is analysed in the static mode, a flow diagram and graph of direct transformer, flow diagram of the balanced transformer, is certain, metrology descriptions, arising up at measuring of pressure in the static mode, are certain.

Keywords: pressure, metrology descriptions, static mode.