

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФАЗО-ЧАСТОТНОГО ЗАСОБУ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ ПЛИННИХ СЕРЕДОВИЩ

Вінницький національний технічний університет; факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем; кафедра електроніки та наносистем

Анотація

В даній роботі розглянуто математичну модель фазо-частотного засобу вимірювального контролю плинних середовищ та описано процес вимірювання необхідних величин.

Ключові слова: плинне середовище, вимірювальний контроль, фазо-частотний метод, функція перетворення.

Abstract

In this work was considered a mathematical model of the phase-frequency means of measuring control of flow environment and described the process of measuring the necessary quantities.

Keywords: flow environment, measurement control, phase-frequency method, transformation function.

Створення і розвиток нових технологій і виробничих процесів, збільшення вартості енергетичних ресурсів привело до потреби вимірювання витрати газу, що протікає в газопроводах з більшою точністю. В даний час розроблено велику кількість витратомірів, які використовують різні методи вимірювання витрати, що розрізняються між собою областю застосування і метрологічними характеристиками. Найбільш перспективними є методи вимірювання витрати з використанням акустичних хвиль [1, 2]. Оскільки існуючі методи вимірювання витрат газу мають низьку швидкодію, точність вимірювання залежить від сталості потоку [3, 4]. Шляхом комбінації фазового та частотного методів вимірювання швидкості руху газу можливо зменшити час одного вимірювання і підвищити точність вимірювання витрати газу для непостійних потоків.

Виходячи із математичної моделі фазо-частотного вимірювального перетворювача [5], швидкість потоку визначається як

$$V_f = \frac{360 \cdot S \cdot \left(\frac{f_{bf1} - f_{bf2}}{\varphi_{bf1} - \varphi_{bf2}} - \frac{f_{af1} - f_{af2}}{\varphi_{af1} - \varphi_{af2}} \right)}{2 \cos(\theta)}; \quad (1)$$

де S – відстань проходження ультразвукової хвилі, θ – кут нахилу датчиків до поперечного перерізу труби, f_{bf1} , f_{bf2} – частоти ультразвукової хвилі за потоком, f_{af1} , f_{af2} – частоти ультразвукової хвилі проти потоку, φ_{bf1} , φ_{bf2} – фазові зсуви сигналів за потоком, φ_{af1} , φ_{af2} – фазові зсуви сигналів проти потоку. Для отримання математичної моделі вимірювального засобу існує необхідність переходу на величини управляючого органу – мікроконтролера.

Так як джерелом сигналу слугує DDS генератор AD9837 з тактовою частотою 16 МГц, перехід частота – код матиме вигляд

$$f = K_f \frac{16 \cdot 10^6}{2^{28}}; \quad (2)$$

де f – частота сигналу, K_f – код відповідної частоти сигналу.

Для виміру фазового зсуву між синусоїдальними сигналами передавального та приймального датчиків, їх необхідно перетворити в меандр.

$$U(t) = \text{sgn}(U(t)) = \begin{cases} 1, & U(t) > 0, \\ 0, & U(t) \leq 0, \end{cases} \quad (3)$$

У випадку можливого зміщення сигналів по амплітуді, зсув фаз необхідно визначати через різницю часу між піками амплітуди сигналів. В свою чергу час піку амплітуди сигналу визначається через час фронту та спаду імпульсу. Тоді зсув фази між передавальним та приймальним сигналами буде рівним

$$\varphi = \left(\frac{t_{rr} + t_{fr}}{2} - \frac{t_{rt} + t_{ft}}{2} \right) \cdot f \cdot 360; \quad (4)$$

де φ – зсув фази між передавальним та приймальним сигналами при частоті f , t_{rt} – абсолютний час фронту та t_{ft} – абсолютний час спаду імпульсу передавального сигналу, t_{rr} – абсолютний час фронту та t_{fr} – абсолютний час спаду імпульсу приймального сигналу.

Для виміру абсолютного часу використовується таймер з квантуванням $5 \cdot 10^{-9}$ с. Перехід час – код матиме вигляд

$$t = K_t \cdot 5 \cdot 10^{-9}; \quad (5)$$

де t – абсолютний час, K_t – код відповідного абсолютного часу.

Підставивши (5) та (2) в (4) отримаємо

$$\varphi = \left(\frac{K_{t_{rt}} + K_{t_{ft}}}{2} - \frac{K_{t_{rr}} + K_{t_{fr}}}{2} \right) \cdot 5 \cdot 10^{-9} \cdot K_f \cdot \frac{16 \cdot 10^6}{2^{28}} \cdot 360. \quad (6)$$

Підставивши (6) та (2) в (1) отримаємо

$$V_f = \frac{2 \cdot 10^8 \cdot S}{2 \cos(\theta)} \cdot \left(\frac{(K_{f_{bf1}} - K_{f_{bf2}})}{\left(\frac{K_{t_{rt_{bf1}}} + K_{t_{ft_{bf1}}}}{2} - \frac{K_{t_{rr_{bf1}}} + K_{t_{fr_{bf1}}}}{2} \right) \cdot K_{f_{bf1}} - \left(\frac{K_{t_{rt_{bf2}}} + K_{t_{ft_{bf2}}}}{2} - \frac{K_{t_{rr_{bf2}}} + K_{t_{fr_{bf2}}}}{2} \right) \cdot K_{f_{bf2}}} - \frac{(K_{f_{af1}} - K_{f_{af2}})}{\left(\frac{K_{t_{rt_{af1}}} + K_{t_{ft_{af1}}}}{2} - \frac{K_{t_{rr_{af1}}} + K_{t_{fr_{af1}}}}{2} \right) \cdot K_{f_{af1}} - \left(\frac{K_{t_{rt_{af2}}} + K_{t_{ft_{af2}}}}{2} - \frac{K_{t_{rr_{af2}}} + K_{t_{fr_{af2}}}}{2} \right) \cdot K_{f_{af2}}} \right). \quad (7)$$

Таким чином швидкість потоку визначається за допомогою встановлення коду частот $K_{f_{bf1}}$, $K_{f_{bf2}}$ та отримавши код абсолютного часу фронтів $K_{t_{rt_{bf1}}}$, $K_{t_{rt_{bf2}}}$, $K_{t_{rr_{bf1}}}$, $K_{t_{rr_{bf2}}}$ та спадів $K_{t_{ft_{bf1}}}$, $K_{t_{ft_{bf2}}}$, $K_{t_{fr_{bf1}}}$, $K_{t_{fr_{bf2}}}$ для датчиків, розташованих за потоком, та встановлення коду частот $K_{f_{af1}}$, $K_{f_{af2}}$ та отримавши код абсолютного часу фронтів $K_{t_{rt_{af1}}}$, $K_{t_{rt_{af2}}}$, $K_{t_{rr_{af1}}}$, $K_{t_{rr_{af2}}}$ та спадів $K_{t_{ft_{af1}}}$, $K_{t_{ft_{af2}}}$, $K_{t_{fr_{af1}}}$, $K_{t_{fr_{af2}}}$ для датчиків, розташованих проти потоку

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Білинський Й. Й., Аналіз методів і засобів контролю витрат рідких і газоподібних середовищ та їхня класифікація /Й. Й. Білинський, М. О. Стасюк, М. В. Гладішевський //Наукові праці ВНТУ – 2015, №1. [Електронний ресурс] Режим доступу:<http://praci.vntu.edu.ua/article/view>– Назва з екрану.
2. Ряховский С. В. Основные принципы создания единой системы учета газа в региональной компании поставщика газа / С. В. Ряховский, Л. Г. Паскаль // Энергосбережение. – 2005. – № 10. – С. 54 – 58.

3. Білинський Й. Й. Аналіз ультразвукових засобів вимірювального контролю витрати плинних середовищ / Й. Й. Білинський, М. В. Гладішевський // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2016. – №2. – С. 23–29.
4. Андрішшин М. П. Вимірювання витрати та кількості газу: Довідник / М. П. Андрішшин. – Івано-Франківськ: ПП “Сімик”, 2004. – 160 с.
5. Білинський Й. Й., Бурдейний В. Б. // Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2019. — № 5. — С. 7—13.

***Білинський Йосип Йосипович** – доктор техн.наук, проф., зав. кафедри ЕНС, Вінницький національний технічний університет, Вінниця; e-mail: yosyp.bilynsky@gmail.com*

***Бурдейний Валентин Борисович** – аспірант кафедри ЕНС, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: burdeinyi.v.b@gmail.com*

***Yosyp Bilynsky** – Doctor of Technical Sciences, Prof., Head. Department of ENS, Vinnitsa National Technical University, Vinnytsia; Email: yosyp.bilynsky@gmail.com*

***Valentyn Burdeinyi** – postgraduate of the department of ENS, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: burdeinyi.v.b@gmail.com*