

УДК 621.38:658.52.011.56:681.3.06

## **МОДУЛЬ ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ ЕЛЕМЕНТАМИ ДОЇЛЬНОГО АПАРАТА**

**І.В. Дмитрів**, асист., *Львівський національний аграрний університет*

*Розроблено систему вимірювання витрати повітря елементами доїльного апарата з використанням сенсора AWM1200B фірми «Honeywell» та мікропроцесора Atmel 8035, що забезпечує високу точність вимірювання динамічних параметрів процесу. Розглянуто електричні схеми ввімкнення сенсора та обґрунтовано методику й алгоритм вимірювання. Наведено загальний вигляд системи вимірювання.*

**Ключові слова:** *сенсор, доїльний апарат, пульсатор, мікропроцесор, підсилювач.*

**Проблема.** Проектування нових конструкцій елементів доїльних апаратів вимагає експериментального визначення технологічних параметрів їх роботи. При розробці пульсаторів необхідно враховувати витрату повітря для заданих конструктивних розмірів геометричних їх об'ємів, що дало б можливість визначати режими роботи та енергетичні затрати. Враховуючи особливості динаміки процесу перехідних режимів у доїльному стакані та пульсаторі, витрати повітря можуть коливатись у межах від  $0,01 \text{ см}^3/\text{с}$  до  $100 \text{ см}^3/\text{с}$  і вище, при цьому режими руху повітря будуть змінюватись від ламінарного до турбулентного.

Такі характеристики процесу вимагають вимірювальних систем з низькою постійною часу вимірювання, яка повинна бути на порядок нижчою від постійної часу перехідних характеристик процесу роботи системи «доїльний стакан-пульсатор». Це особливо актуально при розробленні компонентів для автоматизованих й роботизованих доїльних систем.

Тому розроблення динамічної вимірювальної системи для дослідження кількісних і якісних параметрів роботи елементів доїльного апарата з

використанням цифрових засобів обробки вимірювальної інформації нині є актуальним.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вимірювання витрати повітря, або іншого газу, можливо при використанні термоанемометричних та теплових методів, що не уможливорює спотворення характеристики потоку вимірювального середовища [1].

Джерела патентної інформації [2-7] свідчать про широке використання теплових витратомірів із застосуванням сучасних мікропроцесорних елементів обробки інформаційного вимірювального сигналу.

**Мета дослідження** — обґрунтувати структурну схему та методику вимірювання витрати повітря елементами доїльного апарата.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для вимірювання витрати повітря системою «доїльний стакан-пульсатор» використаємо сенсор витрати повітря фірми «Honeywell» (СШФ) серії АWM з діапазоном вимірювання витрати від 0 до 3,33 см<sup>3</sup>/с.

Загальний вигляд вимірювальної системи приведено на рис. 1.

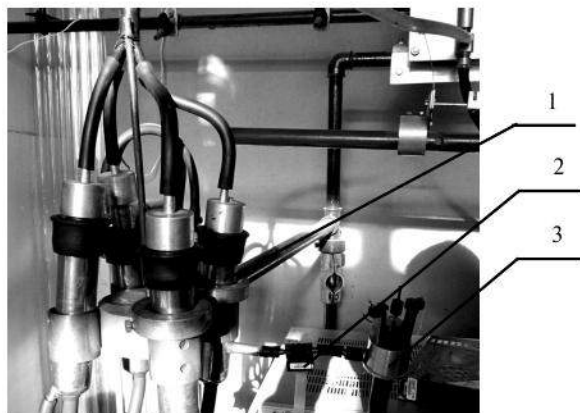
Сенсор витрати повітря 2 (рис. 1) ввімкнено в повітропровід між доїльним стаканом 1 і пульсатором 3. Даний сенсор реалізує термоанемометричний метод вимірювання. Для отримання інформаційного вимірювального сигналу необхідно під'єднати сигнали керування за схемою, наведеною на рис. 2.

Живлення може становити від 10 В до 30 В. Збільшення напруги живлення призведе до зростання похибки вимірювання, яку можна оцінити залежністю [8]

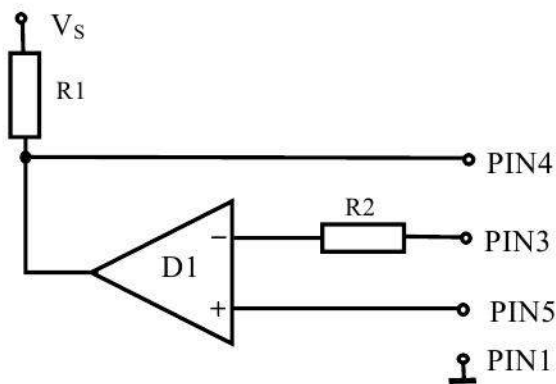
$$\delta_{rS} = \pm 0,01 \cdot V_S,$$

де  $V_S$  — напруга живлення нагрівального елемента сенсора, В.

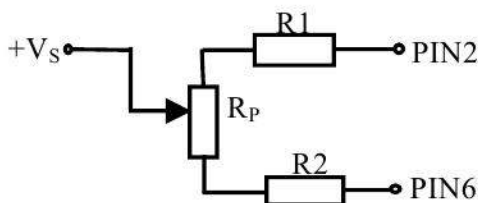
Сенсор вмикається в мостову схему. Одне півплече мостової схеми становлять два терморезистори, які розміщені в сенсорі, інше півплече мостової схеми формується зовнішніми резисторами, схема під'єднання яких наведена на рис. 3.



**Рис. 1.** Загальний вигляд ввімкнення сенсора для вимірювання витрати повітря системою «доїльний стакан-пульсатор»: 1 — доїльний стакан; 2 — сенсор вимірювання витрати повітря AWM1200B; 3 — електронепневматичний мікропульсатор



**Рис. 2.** Схема ланки живлення нагрівального елемента сенсора AWM1200B:  $D$  — операційний підсилювач типу K140УД701;  $R_1$ ,  $R_2$  — корегувальні резистори;  $PIN1$ ,  $PIN5$ ,  $PIN3$ ,  $PIN4$  — виводи сенсора;  $V_s$  — напруга живлення



**Рис. 3.** Схема під'єднання резисторів для формування вимірювального моста: PIN2, PIN6 — виводи сенсора;  $V_s$  — напруга живлення

Виводи сенсора 2 і 6 є виводами мостової схеми для під'єднання півплеча і для зняття вимірювального сигналу про витрату повітря. Інформаційний вихідний сигнал (мВ) доцільно підсилити, застосовуючи диференціальний підсилювач. Запропонована схема диференціального підсилювача на операційних підсилювачах наведена на рис. 4.

Характеристику вихідного сигналу, з врахуванням схеми (рис.4), можна подати у вигляді:

$$V_0 = \left( \frac{2R_2 + R_1}{R_1} \right) \cdot \left( \frac{R_4}{R_3} \right) \cdot (V_2 - V_1) + V_{OFFSET}, \quad (1)$$

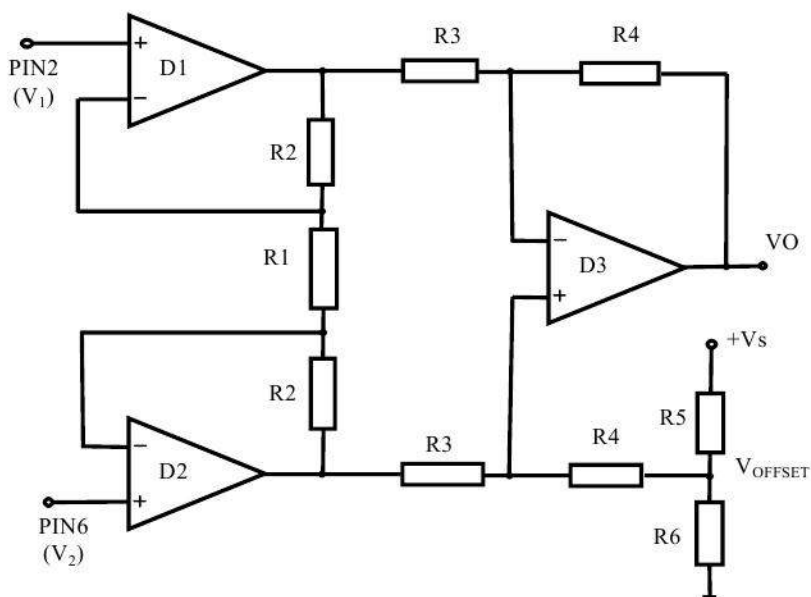
$$V_{OFFSET} = V_s \cdot \left( \frac{R_6}{R_6 + R_5} \right).$$

Результати моделювання за рівнянням (1) характеристики інформаційного вимірювального сигналу наведено на рис. 5.

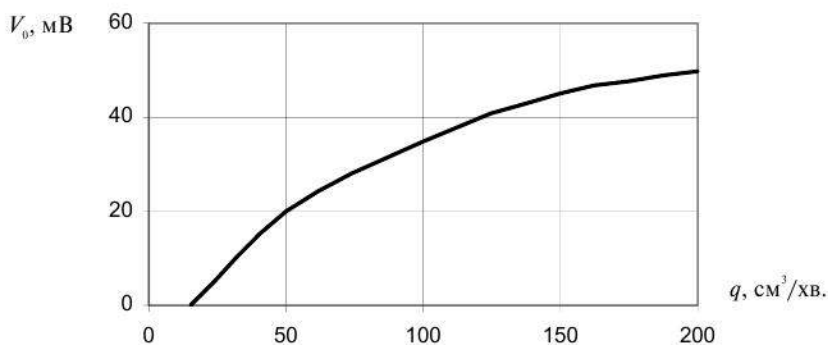
Підсилений електричний аналоговий сигнал подається на АЦП для перетворення у фізичний параметр витрати. Структурна схема вимірювання витрати повітря приведена на рис. 6.

При визначенні витрати повітря системою «доїльний стакан–пульсатор», при стандартних умовах середовища, доцільно оцінити похибку вимірюваного параметра за формулою:

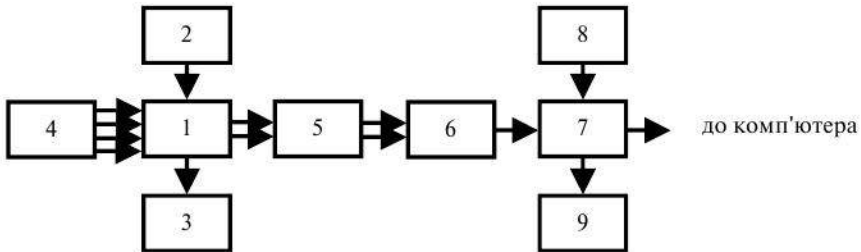
$$\delta_V = \sqrt{\delta_{rS}^2 + \delta_O^2 + \delta_{PV}^2},$$



**Рис. 4.** Диференціальний інструментальний підсилювач на операційних підсилювачах для підсилення інформаційного вимірювального сигналу



**Рис. 5.** Графік залежності вихідної напруги  $V_0$  сенсора від витрати повітря  $q$



**Рис. 6.** Структурна схема вимірювання витрати повітря:

1 — сенсор AWM1200B; 2 — дойльний стакан; 3 — розроблений електромагнітний мікропульсатор; 4 — блок живлення сенсора (рис. 2); 5 — півміст (рис. 3); 6 — диференціальний підсилювач (рис. 4); 7 — мікропроцесор AWR 8035; 8 — блок індикації (світлодіодний цифровий індикатор); 9 — блок клавіатури керування

де  $\delta_{VS}$  — похибка вимірювального перетворювача витрати (сенсора);

$\delta_O$  — похибка зчитування інформаційного вимірювального сигналу мікропроцесором;

$\delta_{PV}$  — похибка перетворення «напруга–фізичний параметр».

З метою усунення впливу похибок зчитування і перетворення вимірювального сигналу розроблено методику циклічного зчитування інформаційного сигналу [9].

Сенсор періодично зчитується з заданою частотою й послідовністю, що відповідає режиму реального часу. Дані серії  $m$  зчитувань обробляються за заданим алгоритмом. Для підвищення точності забезпечується виконання умови:

$$m = 2^k; \quad (2)$$

при обмеженні

$$m\Delta\tau_{\text{вим}} \leq T_0; \quad (3)$$

де  $T_0$  — період квантування (тривалість вимірювання);  $k = 0, 1, 2, 3, \dots$

Дискретність вимірювання повинна відповідати умові:

$$\Delta \tau_{\text{вим}} = T_0 / 2^k . \quad (4)$$

Для конкретного технологічного процесу доїння дійсні наступні параметри: гранична частота  $\omega_{\text{нр}} = 1 \text{ Гц}$ , максимальна частота  $\omega_{\text{max}}$  залежить від доїльного апарата (двотактний доїльний апарат із змінним співвідношенням тактів ссання і стиску залежно від молоковіддачі, частота спрацювання функціонального елемента складає  $1,5 \text{ Гц} \leq \omega_{\text{max}} \leq 3 \text{ Гц}$ ).

**Висновки.** Запропонований сенсор вимірювання витрати повітря дає можливість визначати динамічні параметри перехідних процесів при роботі системи «доїльний стакан-пульсатор». Використання запропонованої методики вимірювання витрати повітря забезпечує достатню точність вимірюваного параметра.

Для експериментальних досліджень доїльного апарата період квантування необхідно забезпечити в межах  $\pi / 1,5 \text{ Гц} \geq T_0 \geq 1 \text{ Гц}$ .

Використання мікропроцесора серії 8035 й розроблений алгоритм зчитування та обробки вимірювального сигналу дає можливість за одну секунду зчитати інформацію 1024 разів з сенсора, що забезпечує високу точність перетворення аналогового сигналу в цифровий код.

## Бібліографія

1. *Кремлевский П. П.* Расходомеры и счетчики количества: Справочник / П. П. Кремлевский. — Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. — 701 с.
2. *Патент США 5218866.* Способ и устройство для измерения скорости потока среды // Реферативный журнал «Изобретения стран мира», 1995. — № 3.
3. *Патент Японии 6054252.* Тепловой датчик расхода воздуха с импульсным управлением // Реферативный журнал «Изобретения стран мира», 1997. — № 14.

4. *Патент США 5383357*. Датчик массового расхода воздуха // Реферативный журнал «Изобретения стран мира», 1996. — № 5.
5. *Патент Японии 6043906*. Измеритель скорости потока газа // Реферативный журнал «Изобретения стран мира», 1997. — № 9.
6. *Патент Франции 2728071*. Массовый расходомер с нитью накала // Реферативный журнал «Изобретения стран мира», 1997. — № 20.
7. *Патент Японии 6046164*. Устройство измерения расхода воздуха для системы управления двигателем внутреннего сгорания // Реферативный журнал «Изобретения стран мира», 1997. — № 10.
8. *Датчики BD Sensor DMP, DMK, LMP, LMK, DMD, HMP* [Электронный ресурс]: база данных. — Режим доступа: <http://www.encom74.ru/bm/3ml/>.
9. *Дмитрів В. Т.* Особливості побудови інтерфейсу модульного типу автоматизованої системи вимірювання / В. Т. Дмитрів, В. М. Сиротюк // Механізовані процеси с. — г. виробництва: Зб. наук. пр. — Львів: ЛДСГІ, 1995. — С. 55-62.

#### **МОДУЛЬ ИЗМЕРЕНИЯ РАСХОДА ВОЗДУХА ЭЛЕМЕНТАМИ ДОИЛЬНОГО АППАРАТА**

*Разработана система измерения расхода воздуха элементами доильного аппарата с использованием сенсора AWM1200B фирмы «Honeewell» и микропроцессора Atmel 8035, что обеспечивает высокую точность измерения динамических параметров процесса. Рассмотрены электрические схемы включения сенсора, обосновано методика и алгоритм измерения. Приведен общий вид системы измерения.*

**Ключевые слова:** *сенсор, доильный аппарат, пульсатор, микропроцессор, усилитель.*

#### **MEASUREMENT MODULE AIR FLOW ELEMENTS MILKING MACHINES**

*A system for measuring air flow elements milking machine using sensor AWM1200B firm «Honeewell» microprocessor and Atmel 8035, which provides*



*high accuracy measurement of dynamic parameters of the process. Consider an electrical circuit switching sensor based methodologies and measurement algorithm. Imposed a general view of the measurement system.*

**Key words:** *sensor, milking machine pulsator microprocessor amplifier.*