

С.М. Булгаков, А.А. Новокрещенов, М.М. Мордасов

ГЕНЕРАТОР ПУЛЬСИРУЮЩЕГО РАСХОДА ГАЗА
ПОСТОЯННОЙ АМПЛИТУДЫ

Реализация пневмодинамических методов измерения невозможна без использования сжатого воздуха. Несмотря на неоспоримые преимущества пневмодинамических методов их применение затруднено из-за отсутствия централизованных источников сжатого воздуха. Поэтому задача конструктивной реализации пневмодинамических методов измерения без использования внешних источников сжатого воздуха является актуальной. Кроме этого при реализации бесконтактных пневмодинамических методов измерения физико-механических свойств высоковязких жидкостей необходимо формировать поток газа в виде импульсов с управляемой частотой f и постоянной амплитудой. До настоящего времени таких устройств не было создано. Нами предлагается конструкция генератора пульсирующего расхода газа, дано теоретическое обоснование его работоспособности.

На рис. 1 приведена схема струйного пневматического генератора пульсирующего расхода.

Сильфон 1 с пружиной 2 соединен с управляемым приводом 3. Полость сильфона подключена к камере А повторителя со сдвигом б и через пневматическое сопротивление 4 с проводимостью α к соплу 5.

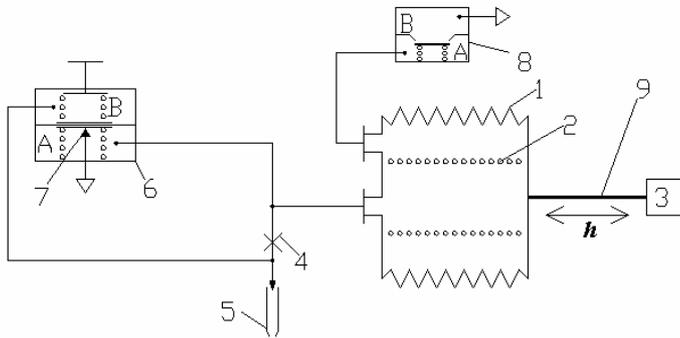


Рис. 1 Струйный пневматический генератор пульсирующего расхода

Камера В повторителя б соединена с входом сопла 5, а сопло 7 соединено с атмосферой. Сильфон 1 подключен к камере А клапана 8, камера В которого соединена с атмосферой. Привод 3 подключен посредством штока 9 к дну сильфона 1.

Основная задача, решаемая разработанным генератором, состоит в получении сигнала с переменной частотой, постоянной скважности с заданной амплитудой расхода $G_m = \text{const}$. Массовый расход газа G_4 через пневматическое сопротивление 4 при условии его линейности определяется из уравнения

$$G_4 = \alpha (P_1 - P_{\text{атм}}),$$

где P_1 – давление до пневматического сопротивления 4 и в полости сильфона 1; $P_{\text{атм}}$ – давление после пневматического сопротивления 4 в частном случае равно атмосферному.

Скорость газа W_4 через дроссель 4

$$W_4 = \frac{G_4}{\rho_r S_4}. \quad (1)$$

На основании принципа неразрывности течения

$$W_4 S_4 = W_c S_c, \quad (2)$$

где W_c , S_c – скорость газа через сопло 5 и площадь сечения сопла, соответственно.

Из уравнения (2) с учетом уравнения (1) при условии $P_{\text{атм}} = 0$ получим

$$W_c = \frac{G_4}{\rho_r S_c} = \frac{\alpha P_1}{\rho_r S_c} = C P_1. \quad (3)$$

Необходимо, чтобы $W_c = \text{const}$ при подаче расхода в виде импульсов

$$G_4 = G_0 \sum_{k=0}^{\infty} \text{rect} \left(\frac{t - k/f}{\tau_{\text{и}}} \right),$$

где f – частота следования импульсов; t – время; $\tau_{\text{и}}$ – длительность импульсов; G_0 – амплитуда импульсов в импульсной последовательности; k – целые числа.

Выполнение условия $W_c = \text{const}$ возможно при условии $P_1 = \text{const}$.

Привод 3 путем перемещения штока 9 воздействует на сильфон 1. Сильфон сжимается и при этом изменяется его объем V_1 . Давление P_1 в сильфоне 1 согласно закону газового состояния будет равно

$$P_1 = \frac{\theta_1 RT}{V_1},$$

где θ_1 – масса газа в сиффоне; R – газовая постоянная; T – абсолютная температура.

Масса газа $\theta_1 = Gt$, где $G = G_7 + G_4$ – расход газа из пространства сиффона; t – время; G_7 и G_4 – расход газа через сопло 7 повторителя 6 и через дроссель 4, соответственно.

Повторитель со сдвигом 6 настроен на смещение давления на величину

$$\Delta P = \frac{F_1 - F_2}{S_m},$$

где F_1 и F_2 – силы, развиваемые пружинами, установленными в камерах А и Б повторителя 6; S_m – площадь мембраны повторителя.

При превышении давлением P_1 заданного значения ΔP мембрана повторителя отойдет от сопла 7, через которое в атмосферу будет сбрасываться газ, при этом система стремится в состояние, при котором $P_1 = \Delta P$.

Если

$$G_4 = \rho_1 S \frac{dh}{dt} = \alpha P_1,$$

то расход газа G_7 через сопло 7 повторителя 6 равен нулю, тогда расход газа из пространства сиффона $G = G_4$.

При $\rho_1 S \frac{dh}{dt} > \alpha P_1$ расход $G_7 \neq 0$, так как сопло 7 открывается под действием давления $\delta P = P_1 - \Delta P$.

Прямой ход сиффона заканчивается при достижении заданной минимальной величины хода h .

При обратном ходе привода объем V сиффона 1 увеличивается. Под действием созданного разрежения клапан 8 открывается и полость сиффона 1 оказывается соединенной с атмосферой.

Кафедра «Автоматизированные системы и приборы»