

УДК 621.3.082.7

МАССОВЫЙ РАСХОДОМЕР ВОЗДУХА ДЛЯ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЙ ДВИГАТЕЛЯ

Смолов Юрий Алексеевич, инженер,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, smolv52@mail.ru,
Дубинин Анатолий Иванович, канд. техн. наук,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, dubinin.ai@mail.ru
Ерещенко Виктор Евгеньевич, канд. техн. наук, доц.,
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, eef@madi.ru

Аннотация. Автомобильные термоанемометрические датчики массового расхода воздуха отличаются простотой и компактностью, однако имеют ряд недостатков, таких как чувствительность измерительного элемента к загрязнению и сильной зависимости показаний от влажности воздуха. Это приводит к тому, что электронный блок управления неправильно рассчитывает длительность впрыска топлива. Предлагаемый датчик предназначен для измерения массового расхода воздуха, поступающего в автомобильный двигатель при проведении стендовых испытаний. Отличается компактностью и высокой точностью измерений. Работа данного датчика основана на прямо пропорциональной зависимости между вращающим моментом прямолопастной цилиндрической крыльчатки, установленной в движущейся среде, и массовым расходом.

Ключевые слова: автомобильный двигатель, датчик массового расхода воздуха, стендовые испытания

MASS AIR FLOW METER FOR BENCH TESTS OF THE ENGINE

Smolov Yuriy A., Engineer,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, smolv52@mail.ru,
Dubinin Anatoliy I., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, dubinin.ai@mail.ru
Ereschenko Viktor E., associate professor,
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, eef@madi.ru

Abstract. Automotive thermoanemometric sensors of mass air flow are simple and compact, but have a number of disadvantages, such as the sensitivity of the measuring element to contamination and a strong dependence of the readings on air humidity. This causes the electronic control unit to incorrectly calculate the duration of fuel injection. The proposed sensor is designed to measure the mass flow of air entering the car engine during bench tests. It

is compact and highly accurate. The operation of this sensor is based on a directly proportional relationship between the torque of a straight-blade cylindrical impeller installed in a moving medium and the mass flow rate.

Keywords: car engine, mass air flow sensor, bench testing

Введение

В современных автомобилях широко применяются термоанемометрические датчики массового расхода воздуха (ДМРВ) с термосопротивлением. Работа таких датчиков основывается на законе Ома. Нагретая проволочная нить охлаждается потоком воздуха, что приводит к изменению сопротивления нити в зависимости от расхода воздуха.

Чем больше расход воздуха, тем больше электрический ток, необходимый для поддержания теплового состояния измерительной нити. Величина этого тока пропорциональна воздушному потоку. Контроллер электронного блока управления (ЭБУ) использует сигнал измерительного элемента при расчёте длительности впрыска топлива для обеспечения необходимого состава смеси на соответствующих режимах работы двигателя.

Автомобильные термоанемометрические ДМРВ отличаются простотой и компактностью, однако имеют ряд недостатков, таких как чувствительность измерительного элемента к загрязнению и сильной зависимости показаний от влажности воздуха. Загрязнённый ДМРВ показывает более низкий расход воздуха, чем заведомо исправный, а при увеличении влажности показания увеличиваются. Это приводит к тому, что ЭБУ неправильно рассчитывает длительность впрыска топлива. Из-за этого на автомобиле возникают различные проблемы, в том числе плохой запуск, снижение мощности и др.

При испытаниях двигателей в стендовых условиях такие датчики часто не отвечают предъявляемым требованиям в первую очередь по точности измерений.

При проведении стендовых испытаний в большинстве случаев применяются объёмные расходомеры воздуха, имеющие высокую точность и стабильность показаний, однако им свойственна более громоздкая конструкция.

Основная часть

Предлагаемый датчик предназначен для измерения массового расхода воздуха, поступающего в автомобильный двигатель при проведении стендовых испытаний. Отличается компактностью и высокой точностью измерений.

Работа данного датчика расхода основана на следующем физическом явлении.

Если участок канала, через который проходит контролируемая среда, перемещать с определенной скоростью V_t в направлении, не совпадающем с направлением движения газа (жидкости), то приобретаемая средой дополнительная кинетическая энергия будет непрерывно уноситься потоком среды. Мощность движения среды, и её дополнительная кинетическая энергия на выходе из канала будет прямо пропорциональна массовому расходу.

Момент вращения, который надо приложить к устройству, закручивающему поток, определяется (без учёта трения) по изменению количества движения среды на выходе из канала.

$$M = \frac{d(I\omega_0)}{dt}, \quad (1)$$

где:

I – момент инерции среды;

ω – угловая скорость вращения.

При этом:

$$dI = R_n dm \quad (2)$$

где:

R_n – радиус инерции выходного сечения канала;

m – масса среды.

Учитывая, что $\frac{dm}{dt}$ – массовый расход G среды, получаем общее соотношение для расходомера [1]:

$$M = \omega_0 R_u G, \quad (3)$$

$$R_u = \frac{(R_1^2 + R_2^2)}{2}. \quad (4)$$

В данном датчике для прямолопастной цилиндрической крыльчатки угловая скорость ω_0 поддерживается постоянной с помощью специальной системы автоматического регулирования, поэтому вращающий момент строго пропорционален массовому расходу [2]:

$$M_{вр} + M_{тр} = M_{эм}, \quad (5)$$

$$M_{эм} = \frac{KIJW_1W_2\cos\psi}{\rho\delta}, \quad (6)$$

где:

$M_{вр}$ – вращающий момент, создаваемый средой;

$M_{тр}$ – момент трения в подшипниках;

$M_{эм}$ – электромагнитный момент, создаваемый силовым устройством;

I – ток статора (const);

K – безразмерный коэффициент;

J – компенсирующий постоянный ток ротора;

ρ – плотность газа (жидкости);

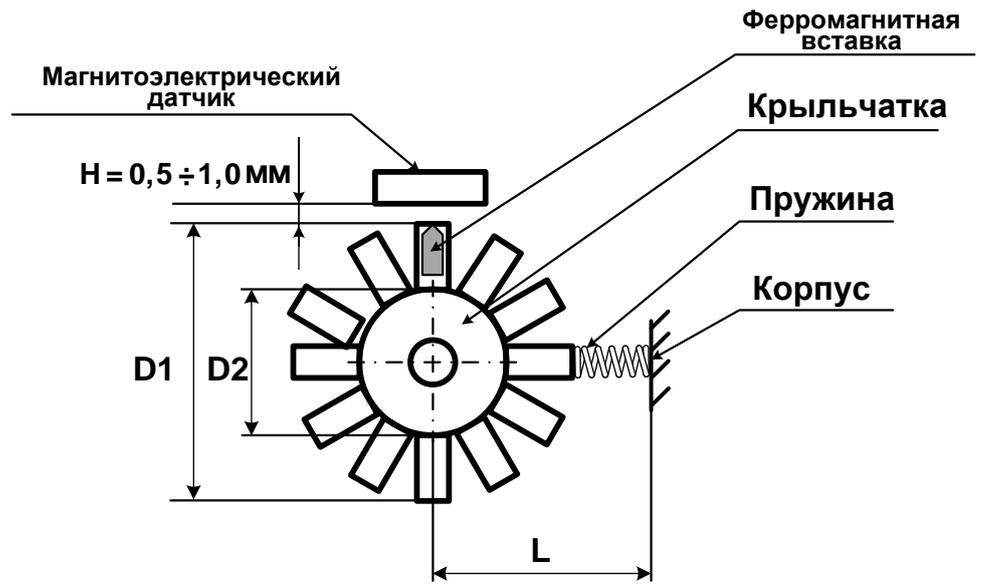
δ – воздушный зазор ротора и статора;

$\cos \psi$ – угол между вектором магнитного потока статора и ротора;

W_1, W_2 – напряжённость электромагнитного поля обмоток ротора и статора.

При этом I поддерживается в схеме постоянным, J - используется для компенсации момента, создаваемого средой.

Устройство датчика для измерения расхода воздуха показано на рис. 1. Общий вид датчика приведён на рис. 2. Структурная схема устройства измерения массового расхода воздуха приведена на рис. 3.



L- длина пружины; D1, D2- диаметры крыльчатки; H- воздушный зазор

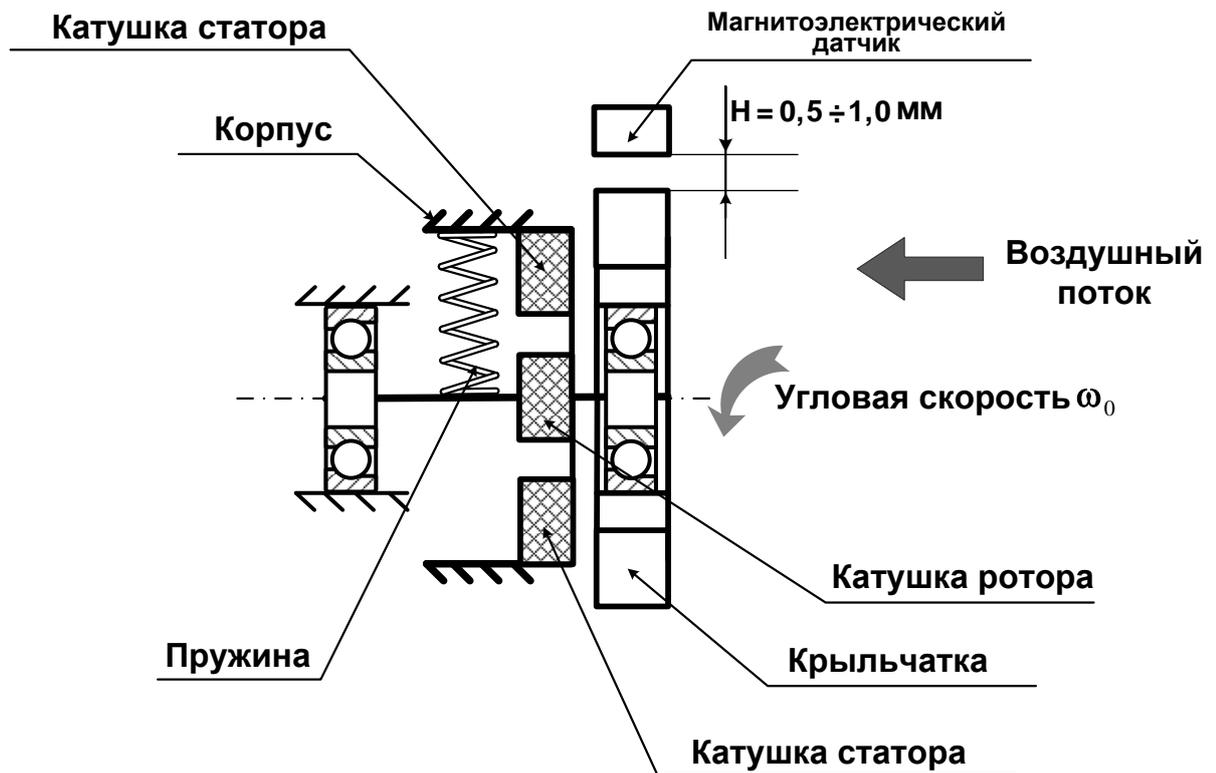


Рис. 1. Устройство датчика

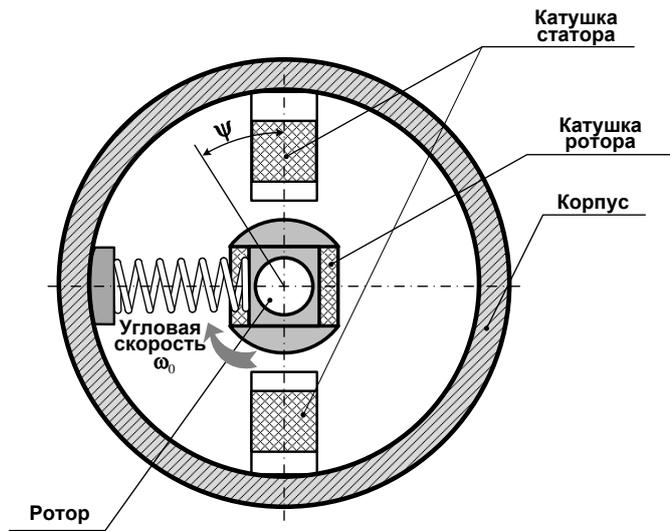


Рис. 2. Общий вид датчика

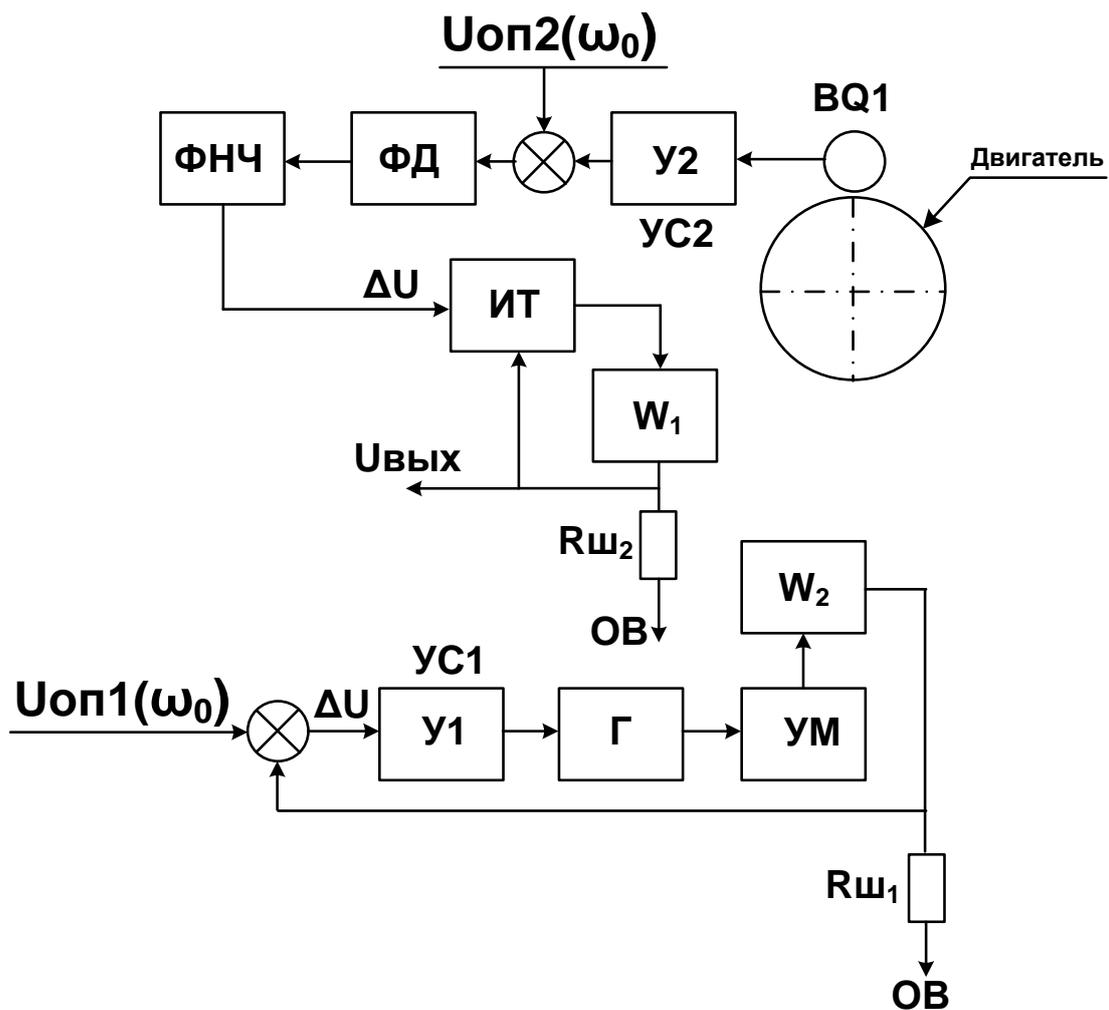


Рис. 3. Структурная схема измерителя массового расхода воздуха

На рисунке 3:

Г - генератор переменного тока;

ИТ - источник тока;

W1 – роторная обмотка двигателя;

W2 – статорная обмотка двигателя;

У1, У2 – усилители;

ФД – фазовый детектор;

ФНЧ – фильтр низких частот;

Uоп1 – источники опорного напряжения;

Uоп2 – опорный генератор ω_0 ;

Rш1 – шунт ротора;

Rш2 – шунт статора;

УМ – усилитель мощности;

УС1, УС2 – устройства сравнения

BQ1 – магнитоэлектрический датчик.

Работа расходомера воздуха осуществляется следующим образом.

Поток воздуха, проходя через датчик, уносит часть кинетической энергии колеблющейся крыльчатки. Это приводит к изменению угловой скорости её колебаний. Частота и амплитуда сигнала на выходе магнитоэлектрического датчика BQ1 уменьшается. Напряжение усиливается усилителем У2, сравнивается с опорной частотой в ФД и поступает на вход фильтра низких частот ФНЧ, где выделяется постоянная составляющая сигнала угловой скорости. Далее напряжение поступает на вход источника тока ИТ и преобразуется в ток. ИТ устанавливает такой ток J роторной обмотки W1, который приводит к тому, что угловая скорость ω_0 (с точностью до фазы 0-360°) становится равна заданному Uоп2.

Таким образом, величина приращения J равна массовому расходу воздуха в соответствии с выражением (5). Ток и частота питания статорной обмотки W2 стабилизируется схемой, состоящей из устройств Г, УМ, УС1.

Генератор Г выполнен по схеме моста Вина и охвачен глубокой обратной связью по току, позволяющей поддерживать ток I в обмотке W2 постоянным, независимо от температуры и изменения напряжения питания.

Заключение

Данный датчик можно использовать не только для измерения расхода воздуха, но и для измерения расхода жидкости, а также как измеритель плотности различных газов и жидкостей. В качестве источника колебаний, возможно использование кварцевых пластин, но изменение частоты и амплитуды в этом случае становится затруднительно, особенно при низких частотах колебаний.

Список литературы

1. Бирюков, В.В. Измерение параметров потока, расхода, уровня, объёма веществ. Современные средства измерений и контроля. Расходомеры / В.В. Бирюков // Контрольно-измерительная техника. - 1990. - № 41 - С. 5;
2. Бар-Слива, В.И. Теоретическая модель турбинного расходомера с Т-образными лопатками / В.И. Бар-Слива // Измерительная техника. - 1989. - № 6. - С. 21.

References

1. Biryukov V.V. *Kontrolno-izmeritel'naya tekhnika*, 1990, no. 41, p. 5;
2. Bar-Sliva V.I. *Izmeritel'naya tekhnika*, 1989, no. 6, p. 21.

Рецензент: В.В. Галевко, канд. техн.наук, доц., ФГУП «НАМИ»