

## Термопленочный датчик массового расхода воздуха HFM5

### Применение

Для получения оптимального сгорания в рамках установленных нормами параметров токсичности ОГ необходимо обеспечить точный контроль за массовым расходом воздуха независимо от рабочего режима двигателя.

Этот контроль может обеспечить термопленочный датчик массового расхода воздуха, который с большой точностью измеряет парциальную массу воздуха, действительно проходящего через воздушный фильтр или измерительную трубку. Он также учитывает пульсации и обратные потоки, вызываемые открытием и закрытием впускных и выпускных клапанов. Изменения температуры всасываемого воздуха не оказывают влияния на точность измерений.

### Конструкция

Датчик HFM5 вместе со своим корпусом 5 (рис. 1) входит в измерительную трубку 2, которая может иметь разные диаметры в зависимости от потребного для двигателя массового расхода воздуха (370–970 кг/ч). Измерительная труба установлена в тракте впуска за воздушным фильтром. Существуют также сменные датчики, которые располагаются в воздушном фильтре.

Существенными конструктивными элементами датчика являются измерительный элемент 4, обтекаемый воздушным потоком 8, и интегрированная схема 3 предварительной обработки результатов.

Детали измерительного элемента напылены на полупроводниковую подложку, а компоненты электронной схемы предварительной обработки результатов (гибридная схема) — на керамическую подложку. За счет этого возможно получение очень миниатюрных конструкций. В свою очередь электронная схема предварительной обработки результатов посредством электрических соединений 1 связана с блоком управления. Измерительный канал парциального потока 6 имеет такую форму, что воздух без завихрения может проходить через измерительный элемент на выход 7, а затем обратно в измерительную трубу. За счет этого улучшаются характеристики датчика при сильно пульсирующих потоках и, наряду с прямыми потоками, распознаются также обратные потоки (рис. 2).

### Принцип работы

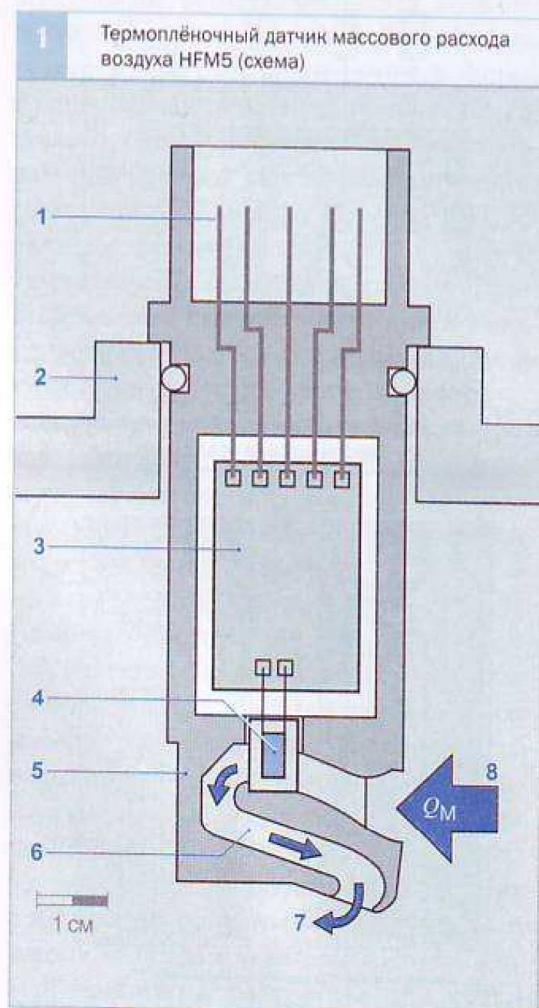
Датчик HFM5 является тепловым.

На измерительном элементе 3 (рис. 3) датчика центрально расположенный нагревательный резистор обеспечивает нагрев микромеханической мембраны 5 и поддерживает постоянной ее температуру. Вне регулируемой нагревательной зоны 4 температура резко падает.

Два терморезистора, симметрично расположенных в потоке воздуха на мембране до и после нагревательного резистора

Рис. 1

1. Электрическое соединение (разъем)
2. Измерительная трубка или стенка корпуса воздушного фильтра
3. Электронная схема предварительной обработки результатов (гибридная схема)
4. Измерительный элемент
5. Корпус датчика
6. Измерительный канал парциального воздушного потока
7. Выход измерительного парциального потока  $Q_M$
8. Вход измерительного парциального потока  $Q_M$





(точки измерения  $M_1$  и  $M_2$ , рис. 3), регистрируют распределение температуры на этой мембране. При отсутствии потока воздуха температурная характеристика 1 (рис. 3) — одинаковая с обеих сторон зоны нагрева ( $T_1 = T_2$ ).

Если воздух обтекает измерительный элемент, то постоянство распределения температуры на мембране сдвигается (2, рис. 3). На стороне входа характеристическая кривая температуры имеет более крутой вид, т. к. протекающий мимо воздух охлаждает эту зону. На противоположной стороне, обращенной к двигателю, измерительный элемент сначала охлаждается, а затем постоянно нагревается от воздуха, проходящего через зону подогрева мембраны. Изменения в распределении температуры приводят к возникновению разности температур ( $\Delta T$ ) между точками измерений  $M_1$  и  $M_2$ .

Теплоотдача в воздух и связанное с этим изменение температуры измерительного элемента зависит от массового расхода воздуха. Разность температур (независимо от абсолютной температуры протекающего воздуха) является мерой массового расхода воздуха; к тому же она зависит от воздушного потока, поэтому датчик HFM5 может определять как массу воздуха, так и направление воздушного потока. Благодаря очень тонкой микромеханической мембране датчик реагирует очень быстро на изменения температуры ( $< 15$  мс). Это особенно важно при наличии сильно пульсирующих воздушных потоков. Разность сопротивлений в измерительных точках  $M_1$  и  $M_2$  в электронной схеме предварительной обработки результатов, интегрированной в датчик, преобразуется в аналоговый сигнал напряжения от 0 до 5 В, пригодный для ввода в блок управления. С помощью характеристики датчика, введенной в качестве программного параметра в блок управления (рис. 2), измеренное напряжение преобразуется в величину массового расхода воздуха (кг/ч).

Характеристическая кривая датчика имеет такой вид, что диагностическая схема, интегрированная в блок управления, мо-

жет распознавать сбои в работе, например, обрывы электропроводников. В термопленочный датчик может быть встроен датчик температуры для дополнительных ее замеров. Он располагается на измерительном элементе перед зоной нагрева.

2

Термопленочный датчик массового расхода воздуха (зависимость напряжения на выходе от измерительного парциального потока воздуха)



3

Термопленочный датчик массового расхода воздуха (принцип измерения)

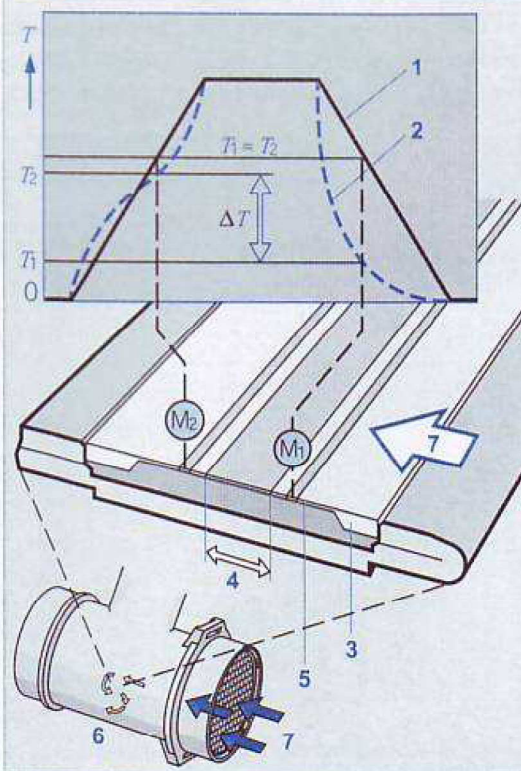


Рис. 3

1. Изменение температуры при отсутствии обтекания воздушным потоком измерительного элемента
  2. Изменение температуры при обтекании измерительного элемента воздушным потоком
  3. Измерительный элемент
  4. Зона нагрева
  5. Мембрана
  6. Измерительная трубка с датчиком массового расхода воздуха
  7. Вход потока всасываемого воздуха
- $M_1, M_2$  — точки измерения  
 $T_1, T_2$  — температуры в точках измерения  $M_1$  и  $M_2$   
 $\Delta T$  — разность температур



Для определения массы воздуха датчик температуры не требуется. Для применения на автомобилях специальных типов существуют дополнительные меры для лучшего отделения от потока воздуха воды и грязи (внутренняя измерительная труба, защитная решетка).

## Двухступенчатый лямбда-зонд (датчик концентрации кислорода)

### Применение

Эти датчики используются в бензиновых двигателях с двухступенчатым лямбда-контролем. Они располагаются в выпускной трубе между выпускным трактом двигателя и каталитическим нейтрализатором ОГ и определяют содержание кислорода в ОГ, выходящих из каждого цилиндра двигателя. Благодаря нагреву лямбда-зонда, он может быть установлен на сравнительно большом расстоянии от двигателя, что позволяет двигателю работать на режиме полной нагрузки в течение долгого времени. Датчик типа LSF4 также применяется в системах снижения токсичности ОГ совместно с рядом других датчиков (например, в системе бортовой диагностики OBD II).

Двухступенчатые лямбда-зонды сравнивают концентрацию остаточного кислорода в ОГ с содержанием контрольной ат-

мосферы внутри этого датчика. Затем они определяют состав рабочей смеси в ОГ — богатая ( $\lambda < 1$ ) или бедная ( $\lambda > 1$ ). Резкое изменение характеристической кривой этих датчиков позволяет регулировать состав рабочей смеси до  $\lambda = 1$  (рис. 1).

### Конструкция

Датчик LSH25 трубчатого (пальцевого) типа

Твердый электролит представляет собой газонепроницаемый керамический материал и состоит из диоксида циркония и оксида иттрия. Внутренние и наружные поверхности имеют покрытия из пористой платины, которые служат электродами. Датчик выполнен в форме трубки, закрытой с одного конца (палец).

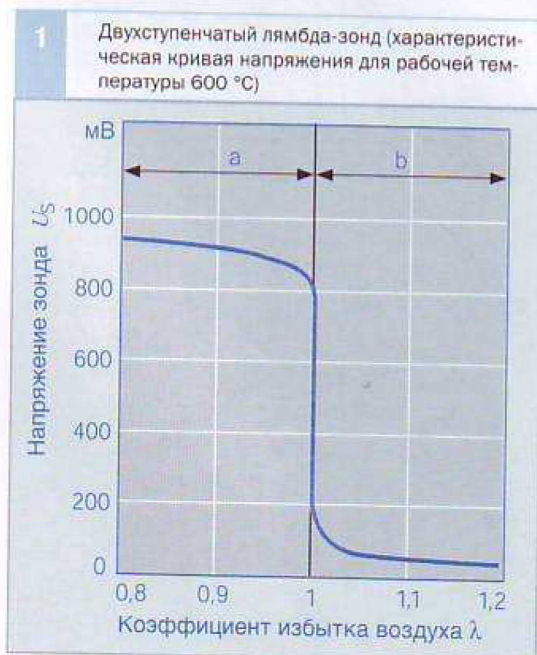
Платиновый электрод на наружной поверхности керамического тела входит в выпускную трубу и действует как нейтрализатор в миниатюре. Воздействующие на этот электрод ОГ проходят химическую обработку и доводятся до стехиометрического равновесия ( $\lambda = 1$ ). Дополнительно на стороне, подвергающейся воздействию ОГ, нанесен пористый керамический слой (слой шпинели) для защиты от загрязнения. Металлическая трубка с прорезями защищает керамическое тело от механических ударных нагрузок (толчков) и от тепловых ударов. Несколько пазов специальной формы в защитной

Рис. 1

- а — богатая смесь (недостаток воздуха)  
б — бедная смесь (избыток воздуха)

Рис. 2

1. Керамический элемент зонда
  2. Электроды
  3. Контакты
  4. Контакт корпуса
  5. Выпускная труба
  6. Керамический защитный слой (пористый)
  7. Отработавшие газы
  8. Атмосферный воздух
- $U_s$  — напряжение зонда



2 Расположение лямбда-зонда трубчатого (пальцевого) типа в выпускной трубе

