

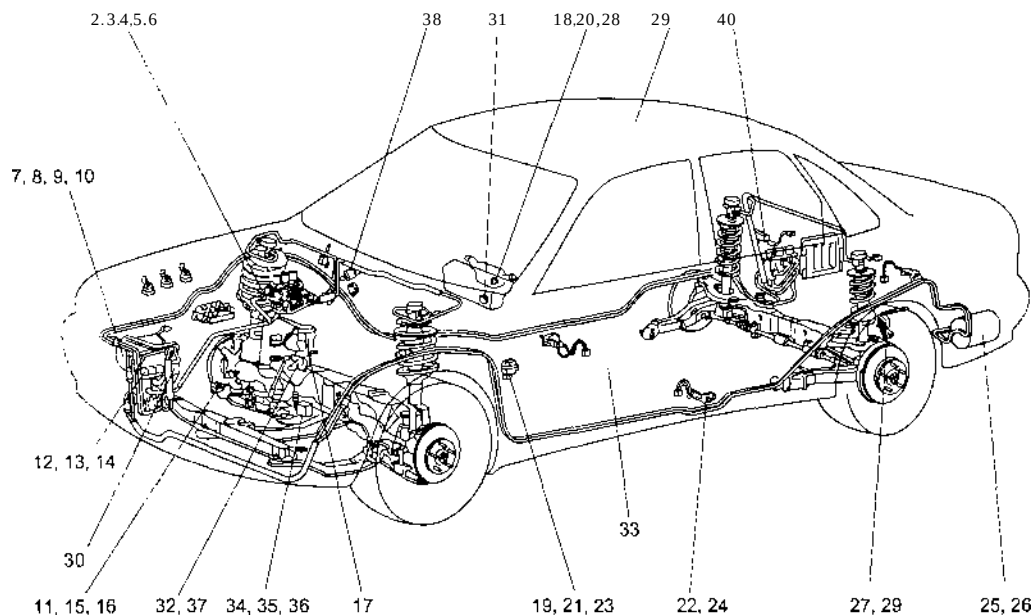


Рис. 1. Расположение датчиков на автомобиле

1 — датчик конфигурации впускного коллектора с управляемой геометрией, 2 — датчик тахометра, 3 — датчик положения распределительного вала, 4 — датчик нагрузки двигателя, 5 — датчик положения коленчатого вала, 6 — датчик крутящего момента двигателя, 7 — датчик количества масла, 8 — датчик температуры охлаждающей жидкости, 9 — датчик скорости автомобиля, 10 — датчик давления масла, 11 — датчик уровня охлаждающей жидкости, 12 — радарный датчик системы торможения, 13 — датчик атмосферного давления, 14 — радарный датчик системы предотвращения столкновений, 15 — датчик скорости вращения ведущего вала коробки передач, 16 — датчик выбранной передачи в коробке передач, 17 — датчик давления топлива в рампе форсунок, 18 — датчик скорости вращения руля, 19 — датчик положения педали, 20 — датчик скорости вращения автомобиля относительно вертикальной оси, 21 — датчик противоугонной системы, 22 — датчик положения сиденья, 23 — датчик ускорения при фронтальном столкновении, 24 — датчик ускорения при боковом столкновении, 25 — датчик давления топлива в баке, 26 — датчик уровня топлива в баке, 27 — датчик высоты кузова по отношению к шасси, 28 — датчик угла поворота руля, 29 — датчик дождя или тумана, 30 — датчик температуры забортного воздуха, 31 — датчик веса пассажира, 32 — датчик кислорода, 33 — датчик наличия пассажира в сиденье, 34 — датчик положения дроссельной заслонки, 35 — датчик пропусков воспламенения, 36 — датчик положения клапана рециркуляции выхлопных газов, 37 — датчик абсолютного давления в впускном коллекторе, 38 — датчик азимута, 39 — датчик скорости вращения колес, 40 — датчик давления в шинах.

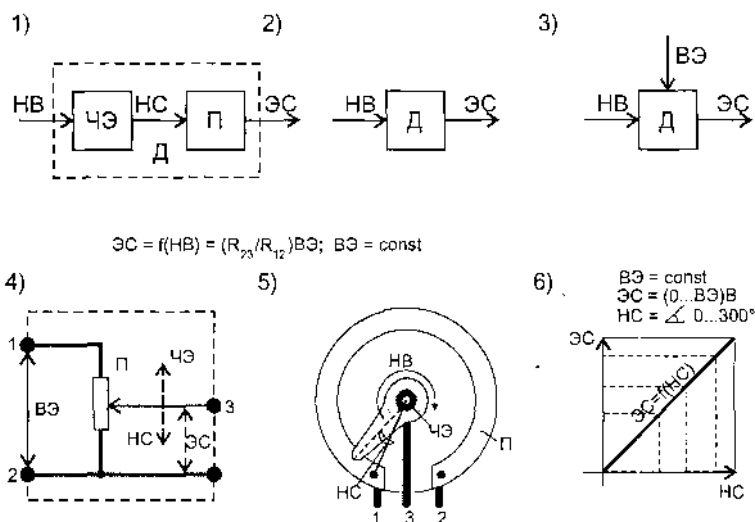


Рис. 2. Модели датчиков ЭСАУ

Из приведенного примера ясно, что любой датчик всегда состоит, как минимум, из двух частей — из чувствительного элемента (ЧЭ), способного воспринимать входное неэлектрическое воздействие (НВ), и из преобразователя (П) промежуточного неэлектрического сигнала (НС) от чувствительного элемента в выходной электрический сигнал (ЭС).

По назначению датчики классифицируются по типу управляющего неэлектрического воздействия: датчики крайних положений, датчики угловых и линейных перемещений, датчики частоты вращения и числа оборотов, датчики относительного или фиксированного положения, датчики механического воздействия, датчики давления, датчики температуры, датчики влажности, датчики концентрации кислорода, датчик радиации и др.

Новые конструкции датчиков давления

Мембранные потенциометрические датчики

Чувствительным элементом является гибкая диафрагма или мембрана. При изменении давления ее перемещение преобразуется в положение движка потенциометра. Для потенциометрических датчиков характерны повышенный уровень шума, износ, статическое трение затрудняет регулирование в диапазоне менее 0,5% от номинала.

Резистивный проволоочный потенциометр со скользящим контактом — один из наиболее простых и эффективных преобразователей перемещения. Для его использования нужно лишь соединить скользящий контакт (движок) с движущимся объектом, а остальную часть потенциометра закрепить неподвижно. Но движок потенциометра контактирует с отдельными витками на катушке, поэтому выходной сигнал (напряжение) преобразователя изменяется не непрерывно, а в виде перемежающихся малых и больших скачков. Малый скачок имеет место, когда движок замыкает два соседних витка, большой скачок соответствует моменту перехода движка к следующему витку и размыкания контакта с предыдущим витком. Таким образом, разрешение этого преобразователя зависит от диаметра намоточного провода и может быть улучшено путем использования более тонкого провода. Для потенциометра с

плотностью намотки 50 витков на миллиметр, что близко к практическому пределу, предельное разрешение составляет 20 мкм.

Сегодня в потенциометрических датчиках используется пленочное покрытие резистивной дорожки.

Датчики давления на основе линейных дифференциальных трансформаторов (ЛДТ)

В этих датчиках смещение диафрагмы преобразуется в перемещение сердечника ЛДТ. Такие датчики ранее на автомобилях не применялись.

Линейный дифференциальный трансформатор — это электромеханическое устройство, вырабатывающее выходной электрический сигнал, пропорциональный перемещению ферромагнитного сердечника. ЛДТ состоит из первичной и двух вторичных обмоток, симметрично расположенных на цилиндрическом каркасе. Свободно движущийся внутри обмоток ферромагнитный сердечник в форме стержня обеспечивает связь этих обмоток через магнитный поток. На рис. 2.8 показана конструкция ЛДТ и приведена его принципиальная электрическая схема.

При возбуждении первичной обмотки с помощью внешнего источника переменного напряжения в двух вторичных обмотках наводятся ЭДС взаимной индукции. Вторичные обмотки включены последовательно и встречно, поэтому результирующий выходной сигнал преобразователя представляет собой разность этих напряжений и равен нулю, когда сердечник находится в центральной (или в нулевой)

позиции. При уходе сердечника из этой позиции напряжение, индуцируемое в той вторичной обмотке, к которой движется сердечник, возрастает, а напряжение, индуцируемое в другой вторичной обмотке, уменьшается. В результате вырабатывается дифференциальный выходной сигнал, величина которого линейно зависит от

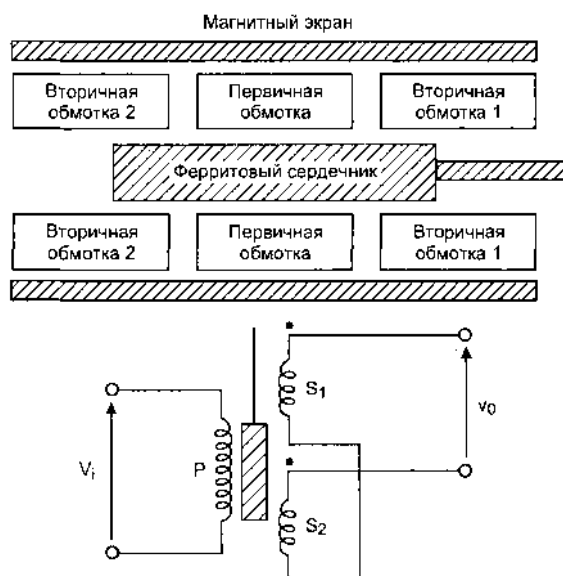


Рис. 3. Линейный дифференциальный трансформатор и его принципиальная схема

положения сердечника. Фаза выходного напряжения изменяется скачком на 180° при переходе через нулевую позицию.

Полезную информацию о перемещении несут амплитуда и фаза выходного сигнала. Приходится использовать фазочувствительные демодуляторы, они имеются в интегральном исполнении.

Емкостные датчики давления

В таких датчиках одна из обкладок конденсатора является диафрагмой, которая прогибается при изменении давления. В качестве чувствительных элементов используются кремниевые или керамические диафрагмы.

На рис. 2.9. показан емкостной датчик с кремниевым чувствительным элементом для измерения разрежения (Ford).

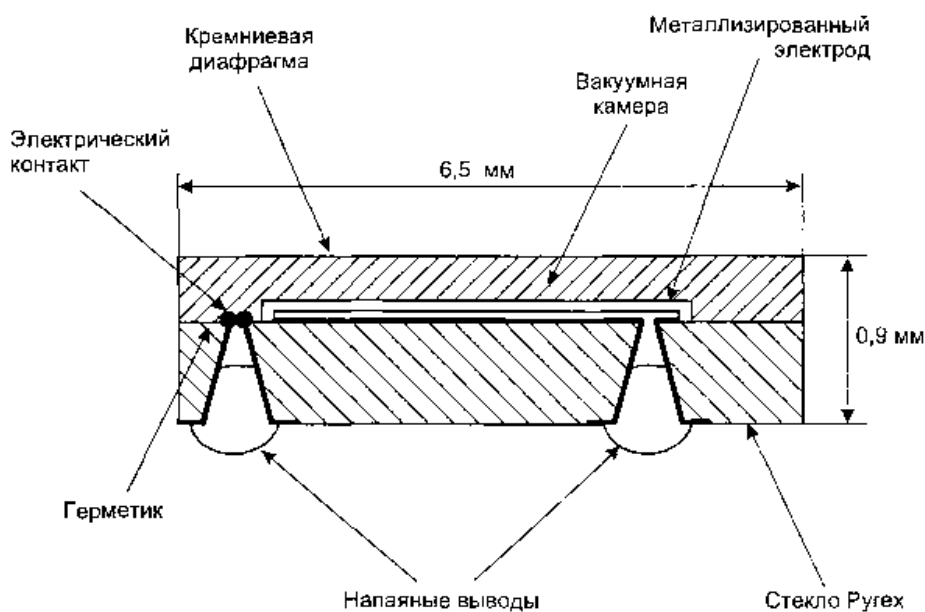


Рис. 2.9. Емкостной датчик

Кремниевая диафрагма закреплена на корпусе из стекла *Pyrex*, поверхность стекла металлизирована для создания обкладки конденсатора методом фотолитографии. После закрепления кремниевой диафрагмы на стеклянной основе специальным герметиком в полости создается вакуум, отверстия запаиваются припоем, который образует выводы конденсатора для монтажа на печатную плату или керамическую подложку. Емкость конденсатора меняется линейно примерно от 32 до 39 пФ при изменении давления от 17 до 105 кПа. Размеры датчика 6,7 x 6,7 мм, коэффициент ТКЕ — $(30...80) \cdot 10^{-6}$ на $^\circ\text{C}$, нелинейность менее 1,4%, время установления показаний менее 1 мс. Выходной сигнал датчика для подключения к ЭБУ обычно преобразуют в частоту.

Аналогично устроены и керамические датчики.

Стекловолоконный датчик давления

Для измерений больших давлений или при высоких температурах применяются специальные методы. Стекловолоконный датчик возможно будет использоваться для непосредственного измерения давления в камере сгорания на серийных автомобилях. Это нужно для управления двигателем и контроля процесса воспламенения рабочей смеси.

Стекловолоконный, иногда говорят волоконно-оптический, датчик (рис. 2.10) выдерживает температуры до 550 °С (больше, чем пьезоэлектрический), рабочий диапазон давлений 0...1000 psi (7000 кПа) с перегрузками до 3000 psi.

Световое излучение от источника проходит через оптическое волокно и попадает на диафрагму расходящимся пучком.

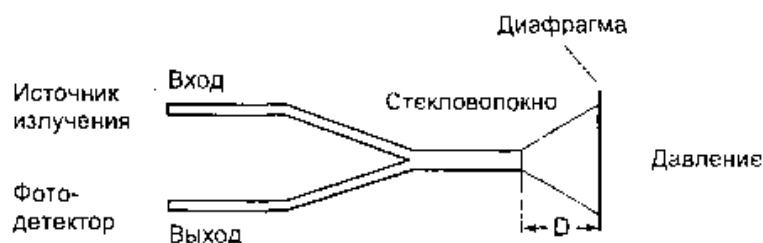


Рис. 2.10. Стекловолоконный датчик давления

Отраженное от диафрагмы излучение проходит по другому каналу кабеля. Интенсивность обратного светового излучения зависит от зазора D и положения диафрагмы. Опытные образцы датчиков монтировались непосредственно в свечу зажигания и имели погрешность менее 5%.

В качестве датчиков аварийного давления и для выполнения прочих несложных функций в современных автомобильных системах, наряду с вышеописанными, по-прежнему применяются простейшие контактные датчики.

Узлы автомобиля, в которых производится измерение температуры

Во многих узлах автомобиля необходимо производить измерение температуры на этапе доводки опытного образца. На серийных автомобилях датчики температуры необходимы для обеспечения штатной работы двигателя, систем управления и диагностики. В табл. 2.6 перечислены основные системы автомобиля, в компонентах которых производится измерение температуры и возможно будет производиться измерение влажности в ближайшее время.

Таблица 2.6

Узел/система	Параметр
Система управления двигателем	Температура воздуха во впускном коллекторе
	Температура охлаждающей жидкости в двигателе
	Влажность воздуха во впускном коллекторе
	Температура заборного воздуха
	Температура топлива
Система управления климатом в салоне	Влажность воздуха в салоне
	Температура воздуха в салоне
	Температура заборного воздуха
Информационная система водителя	Температура охлаждающей жидкости в двигателе
	Температура тормозной жидкости в колесных тормозных цилиндрах
	Температура заборного воздуха
	Температура воздуха в салоне
	Температура воздуха в шинах
	Температура электролита
	Наличие дождя (осадков)
	Интенсивность солнечной радиации

Термисторы

Термисторы наиболее часто используются для измерения температуры на автомобилях. При изменении температуры меняется электрическое сопротивление термистора и выходной сигнал датчика в виде тока или напряжения.

В основном термисторы имеют отрицательный температурный коэффициент сопротивления. Термисторы, используемые в автомобильной промышленности, имеют сопротивление от нескольких килоом при 0 до сотен ом при 100 °С. Такой динамический диапазон изменения сопротивления считается удовлетворительным для всех автомобильных нужд.

Термисторы изготавливаются из полупроводников, например, окиси никеля или окиси кобальта. При увеличении температуры в полупроводнике растет количество свободных электронов и уменьшается электрическое сопротивление. Система измерения температуры на основе термистора имеет высокую чувствительность, так как относительно небольшие изменения температуры приводят к значительным изменениям сопротивления.

На рис. 2.11 показана простейшая схема преобразователя температуры в напряжение. Напряжение питания должно быть стабильным, рабочий ток не должен нагревать термистор, иначе возникают дополнительные погрешности.

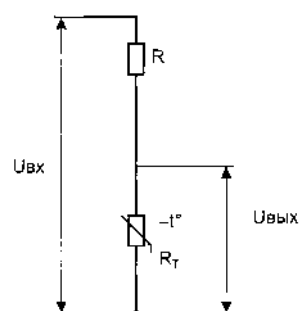


Рис. 2.11. Схема включения термистора R_T

Температура термистора увеличивается на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ на каждые $1,3\text{ мВт}$ рассеиваемой мощности.

Типичный пример применения термисторов на автомобиле — датчик температуры охлаждающей жидкости (рис. 2.12). Датчик ввернут в выпускной патрубок охлаждающей жидкости, закрепленный на головке блока цилиндров или непосредственно в головку блока, т. е. находится в потоке охлаждающей жидкости.

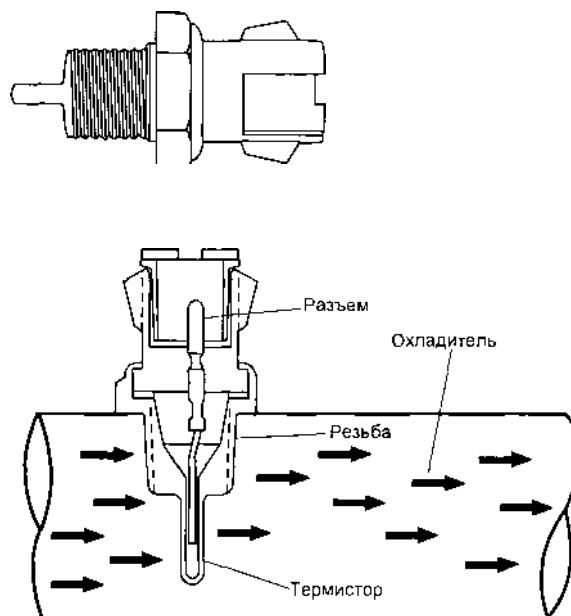


Рис. 2.12. Датчик температуры охлаждающей жидкости

При низкой температуре охлаждающей жидкости датчик имеет высокое сопротивление (100 кОм при $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$), а при высокой температуре — низкое (70 Ом при $130\text{ }^{\circ}\text{C}$). Электронный блок управления подает к датчику через сопротивление определенной величины напряжение 5 В (образуя таким образом делитель напряжения) и измеряет падение напряжения на датчике. Оно будет высоким на холодном двигателе и низким, когда двигатель прогрет. По падению напряжения блок управления определяет температуру охлаждающей жидкости. Эта температура влияет на работу большинства систем, которыми управляет электронный блок управления.

Термисторный датчик температуры воздуха имеет аналогичную конструкцию. Размещен в системе подачи и очистки воздуха. Рабочий диапазон температур — $40\ldots120\text{ }^{\circ}\text{C}$.

В некоторых случаях, с целью повышения чувствительности, предусматривается шунтирование добавочного сопротивления R в схеме показаний на рис. 2.11.

Термопары

Термопара представляет собой устройство, состоящее из двух проводников из разнородных металлов или сплавов со сварным контактом на одном из концов. На другом конце два проводника соединяют друг с другом, так что образуется замкнутая цепь. Если температуры, при которых находятся два противоположных контакта, различны, то в замкнутой цепи будет протекать ток. Этот ток существует в цепи до тех пор, пока существует разница температур. Электродвижущая сила, вызывающая наблюдаемый ток, называется термоЭДС Зеебека. Если замкнутую цепь разорвать посередине, то напряжение между ее разомкнутыми свободными концами будет функцией разности между температурой сварного контакта и температурой свободных концов и будет зависеть от конкретной комбинации материалов в термопаре.

Термопары используются обычно для измерения высоких температур. Например, термопара, выполненная из сплава 70% платины и 30% родия или 94% платины и 6% родия, работает в диапазоне температур 0...1500 °С. Такой датчик устанавливается в выпускном трубопроводе.

Другие типы датчиков температуры

В датчике температуры на основе биметаллического чувствительного элемента (рис. 2.13) используется свойство различных металлов по-разному изменять свои линейные размеры в зависимости от температуры. Изгиб (перемещение) пластины используется для замыкания или размыкания контактов или перемещения движка потенциометра. В первом случае получается дискретный, а во втором — аналоговый датчик температуры.

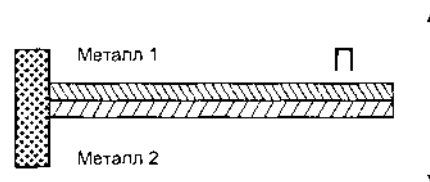


Рис. 2.13. Биметаллический чувствительный элемент

В датчиках температуры, реализованных на *p-n-переходе*, используется свойство перехода изменять падение напряжения в зависимости от температуры при постоянном токе, например, в качестве датчика используется переход база-эмиттер кремниевого транзистора с малым током коллектора (около 0,1 мА) для предотвращения саморазогрева. В диапазоне температур -40...+150 °С напряжение на переходе изменяется от 730 до 300 мВ с нелинейностью ± 3 мВ. Подобные датчики размещаются непосредственно в микросхемах силовых преобразователей и стабилизаторов.

Термостат — это механический датчик температуры. Расширяющийся элемент приводит в действие клапан, перенаправляющий поток охлаждающей жидкости в радиаторе.

Термоиндикаторы — материалы, температура плавления которых калибруется с точностью до $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$, при этом меняется цвет. Используются в виде краски или аппликаций, которые наносятся на поверяемую поверхность во время испытаний автомобиля.

Инфракрасные термометры (пирометры) определяют температуру тел по их тепловому излучению. Метод бесконтактный.

Датчики влажности

Этот тип датчиков интенсивно используется во время климатических испытаний автомобиля. На серийных автомобилях пока не устанавливаются.

В основном используются датчики относительной влажности — резистивные и емкостные. В емкостных влажность изменяет диэлектрические свойства изолятора (полимерной пленки). Такие датчики стабильны, работают до $180\text{ }^{\circ}\text{C}$. В резистивных датчиках меняется сопротивление объемного полимера в зависимости от относительной влажности. Например, при изменении относительной влажности в пределах $10\ldots 100\%$ сопротивление датчика меняется в диапазоне $2 \cdot 10^7 \ldots 2 \cdot 10^3\text{ Ом}$.

Потенциометрические датчики

Потенциометры применяются на автомобиле в качестве датчиков положения (например, датчик положения дроссельной заслонки и т. п.). Современные автомобильные потенциометрические датчики имеют наработку на отказ больше, чем срок эксплуатации среднего автомобиля, выдерживают вращение движка со скоростью до 1000 оборотов в минуту в течение более 1000 часов.

Проволочные потенциометры характеризуются числом витков намотки на градус: от 1 до 8. Сопротивление проволочных потенциометров лежит в пределах

$10 \ldots 10000\text{ Ом}$, оно задается с погрешностью 5%. Достоинство проволочных потенциометров — возможность реализации низкоомных датчиков. Недостатки: нелинейность, дискретность, быстрый износ (около 10^5 оборотов).

Чаще используются в качестве датчиков положения непроволочные потенциометры с напыленным на пластике или керамике резистивным покрытием. Щетки движка демпфируются для устойчивости к вибрациям. Сопротивление автомобильных непроволочных потенциометрических датчиков положения лежит в пределах $50 \ldots 20000\text{ Ом}$, с погрешностью $10 \ldots 20\%$. Потенциометры используются в режиме делителя напряжения, погрешность их номинала не имеет большого значения. Линейность и разрешающая способность высокие.

Потенциометры с пластиковой дорожкой, покрытой резистивным слоем, выдерживают более 10^7 оборотов для датчиков угловых перемещений и 10^7 ходов «вперед — назад» для датчиков линейных перемещений.

Хорошими примерами использования резистивных потенциометрических преобразователей на автомобиле являются датчики положения дроссельной заслонки и высоты кузова.

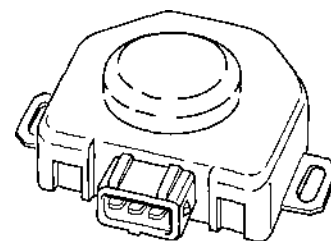


Рис. 2.23. Датчик положения дроссельной заслонки

Датчик положения дроссельной заслонки — ДПДЗ (рис. 2.23) установлен сбоку дроссельного патрубка на оси дроссельной заслонкой.

Данные о положении дроссельной заслонки необходимы для расчета длительности импульсов управления форсунками. При повороте дроссельной заслонки (движением педали акселератора) изменяется напряжение на подвижном контакте ДПДЗ. При закрытом положении дроссельной заслонки выходной сигнал ДПДЗ ниже 0,7 В. При открытии дроссельной заслонки выходной сигнал соответственно возрастает. Полностью открытой заслонке соответствует выходное напряжение не менее 4 В.

Оптические датчики

В оптических датчиках относительного углового положения используются светомодулирующие (кодирующие) диски с симметричными прозрачными и непрозрачными секторами. Для прецизионных датчиков диски стеклянные, для обычных — металлические, которые стоят дешевле. Кодированный диск освещается с одной стороны, с другой располагают фотоприемники. Кодированный диск может иметь от 16 до 6000 позиций на оборот. Сектора часто располагают на двух радиусах, смещая их на половину длины отверстия, что в четыре раза увеличивает разрешающую способность. Используется и третья дорожка для размещения маркера. На рис. 2.25 в качестве примера оптического датчика углового положения показан датчик положения рулевого колеса. Датчик содержит вращающийся диск с прорезями и три неподвижных оптоэлектронных пары. Диск вместе с рулем вращается между светодиодами и фототранзисторами. При повороте руля на фототранзисторах вырабатываются последовательности электрических импульсов, по которым ЭБУ определяет угол и скорость поворота. Для определения направления поворота необходимо иметь два фотопрерывателя ST-1 и ST-2. Третий прерыватель ST-N фиксирует центральное положение рулевого колеса.

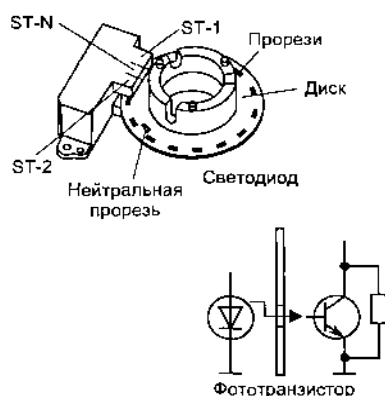


Рис. 2.25. Датчик положения рулевого колеса

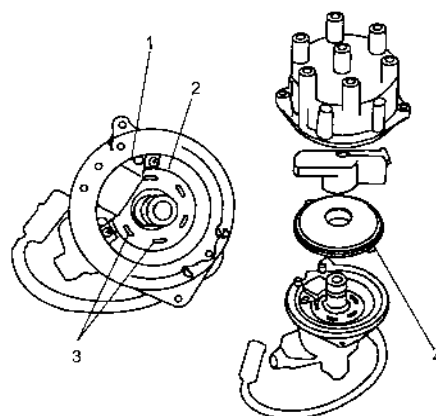


Рис. 2.26. Распределитель автомобиля Chrysler с оптическим датчиком: 1 — оптический датчик с интегральной микросхемой, 2 — задающий диск, 3 — прорези, 4 — защитная кассета

Магнитоэлектрические датчики

Наиболее распространенным типом магнитоэлектрического датчика является генераторный датчик коммутаторного типа с пульсирующим магнитным потоком. Принцип действия такого датчика заключается в изменении магнитного сопротивления магнитной цепи, а следовательно, и магнитного потока в ней, при изменении зазора с помощью ферромагнитного зубчатого ротора (коммутатора).

На рис. 2.29 показана принципиальная схема магнитоэлектрического датчика коммутаторного типа. При вращении зубчатого ротора в обмотке статора в соответствии с законом электромагнитной индукции возникает переменное напряжение с частотой, соответствующей частоте вращения зубчатого ротора.

Когда зубцы ротора 4 приближаются к полюсам 5 статора, в обмотках 2, включенных последовательно и согласованно, нарастает напряжение. При совпадении фронтов зубцов ротора с полюсами статора (со средней их линией) напряжение U_{ou} , достигает максимума, затем быстро меняет знак и при

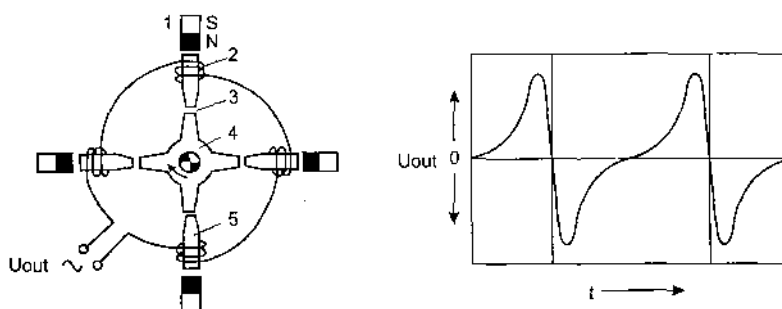


Рис. 2.29. Принципиальная схема коммутаторного датчика и осциллограмма выходного сигнала

удалении зубцов увеличивается в противоположном направлении снова до максимума. Такие датчики еще и по настоящее время применяются в распределителях зажигания, в которых зубчатый ротор устанавливается на распределительный вал и изготавливается из мягкой стали. Число зубцов зависит от числа цилиндров двигателя. Необходимое магнитное поле создают постоянные магниты 1.

Датчики на эффекте Холла

Благодаря развитию микроэлектроники широкое распространение получили датчики углового положения на эффекте Холла. Эффект Холла возникает в плоской полупроводниковой пластине, внесенной в магнитное поле, при пропускании через нее электрического тока. Если поместить пластинчатый элемент толщиной H в магнитное поле таким образом, чтобы направление индукции B магнитного поля было перпендикулярно плоскости пластины, и пропустить ток I через пластину в продольном направлении, то в поперечном направлении между противоположными гранями пластины возникнет ЭДС Холла.

Датчики состояния электрических цепей

Состояние электрических цепей современного автомобиля постоянно контролируется ЭБУ. Датчиками состояния служат, как правило, резистивные шунты и делители напряжения, обмотки токовых реле. Например, для того чтобы можно было различить закрытое и открытое состояние ключа от неисправностей в проводке, в его цепь введены дополнительные резисторы (рис. 2.40).

На схеме исправной проводке соответствует сопротивление $R1 = 1 \text{ кОм}$ при разомкнутом ключе и $R2 = 39 \text{ Ом}$ при замкнутом. Любые иные значения ЭБУ воспримет как признак неисправности датчика и занесет в память соответствующий код ошибки.

На рис. 2.41 показана схема контроля исправности лампы в фаре.

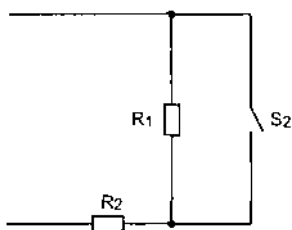


Рис. 2.40. Схема контроля состояния электрической цепи

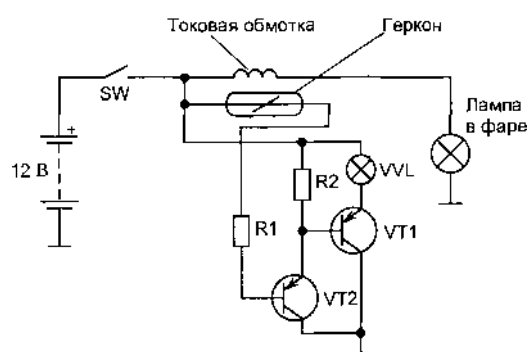


Рис. 2.41. Схема контроля исправности цепи лампы

Интеграция датчиков

Имеется тенденция интеграции автомобильных датчиков и увеличения их возможностей по переработке информации. По степени интеграции (рис. 2.42) датчики условно разделяются на следующие уровни.

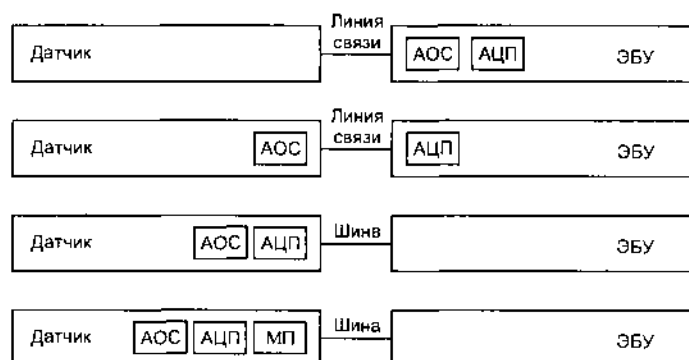


Рис. 2.42. Интеграция датчиков.

- Обычный нулевой уровень. Аналоговый сигнал с датчика передается по линии связи (проводам) в ЭБУ, где и производится вся необходимая обработка. Такой метод наименее помехозащищен.
- Уровень интеграции 1. В датчик включены цепи предварительной аналоговой обработки сигнала, улучшена помехозащищенность.
- Уровень интеграции 2. В датчик помимо аналоговой обработки сигнала встроен аналого-цифровой преобразователь. Датчик может быть подключен к цифровой коммуникационной шине, например CAN, улучшена помехозащищенность, сигнал датчика становится доступным локальной сети контроллеров.

АОС — аналоговая обработка сигнала, МП — микропроцессор, АЦП — аналого-цифровой преобразователь

- Уровень интеграции 3. Датчики получают интеллектуальные возможности за счет установки в них микропроцессоров. Цифровой сигнал хорошо помехозащищен, имеются возможности программной установки параметров датчиков под конкретную модель автомобиля, расширены диагностические возможности. Например, датчик положения дроссельной заслонки соответствует обычному уровню, интегральный датчик разрежения во впускном коллекторе соответствует первому уровню интеграции, а радарный датчик скорости и расстояния для целей адаптивного круиз-контроля соответствует третьему уровню.