

**К** числу важнейших факторов, определяющих технический уровень современных автомобилей, относится степень их оснащённости электронными устройствами. Поэтому разработка электронных систем управления агрегатами автомобилей является весьма актуальной задачей для отечественного автомобилестроения.

В настоящее время накоплен значительный опыт применения электронной аппаратуры в автомобилях. Использование этого опыта является важным условием ускорения разработок новых, более совершенных электронных устройств.

В отличие от начального периода развития автомобильной электроники, для современного характерно наличие следующих четырех направлений:

- создание электронных устройств для замены ими традиционных узлов автомобильного электрооборудования (регуляторы напряжения, управление световой и звуковой сигнализацией, регуляторы систем отопления, кондиционирования, подогрева двигателя, тахометры, спидометры и т. д.);
- применение электронных устройств (в том числе с использованием ЭВМ) для непрерывного контроля и выдачи текущей информации об эксплуатационных показателях автомобиля (например, текущий расход топлива, целесообразность включения той или иной передачи, оптимальный режим движения и т. д.); к этой категории устройств следует отнести и системы диагностирования состояния агрегатов автомобиля;
- разработка электронной аппаратуры управления зажиганием, топливоподачей и системами, обеспечивающими снижение токсичности отработавших газов двигателя;

- создание электронных устройств для систем управления агрегатами трансмиссии, тормозными системами и другими узлами автомобиля (за исключением двигателя).

Применение электронной аппаратуры в системах управления агрегатами автомобиля в ряде случаев повлекло за собой целесообразность изменения конструкции самих агрегатов. Поэтому современная автомобильная электронная система управления фактически является комплексом собственно электронной аппаратуры и управляемых ею исполнительных устройств.

Электронные системы управления, создаваемые на базе дискретных элементов и интегральных микросхем, выполняющих какую-либо определенную задачу управления, относятся к системам с жесткой логикой, алгоритм их функционирования определяется схемотехникой системы. У микропроцессорных систем такое ограничение отсутствует, т. е. при одной и той же структуре данные системы могут реализовывать различные алгоритмы управления вследствие соответствующего изменения записи команд в элементах памяти системы. Благодаря этому микропроцессорные системы образуют особый класс электронных систем управления и обладают рядом уникальных возможностей с точки зрения реализации самых сложных задач управления.

Авторы

# ВВЕДЕНИЕ

## РАЗВИТИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ

**В** первых автомобилях все электрооборудование состояло из системы зажигания. Например, в автомобиле Карла Бенца (см. рис. 1) в качестве системы зажигания использовалось электрическое зажигание, основанное на применении батарей и индуктивной катушки.

Потом появились такие усовершенствования, как фары, стартер и другое электрооборудование. Применение в автомобиле собственно электроники началось в 1930-х гг. с ламповых автомобильных радиоприемников. Однако электронные лампы плохо переносили вибрацию, для их размещения требовалось много места, они потребляли много электроэнергии и, будучи по существу непригодными для такого использования, не нашли широкого распространения в автомобилях.

В 1948 г. был изобретен транзистор, а в 1958 г. появились интегральные схемы (ИС), однако по сравнению с другими областями их применение в автомобилях задержалось и началось только в 1960 г.

Первыми полупроводниковыми приборами, нашедшими применение в автомобильной технике, стали кремниевые диоды, используемые в качестве выпрямителей напряжения генераторов переменного тока. Затем в регуляторе напряжения и системе зажигания вместо электрических контактов стали использовать мощные транзисторы (см. рис. 2), что дало значительное улучшение параметров и надежности автомобиля.

После 1967 г. в автомобилях стали применяться ИС. Быстрыми темпами пошла электронизация электрооборудования двигателя, появились регуляторы напряжения на ИС (см. рис. 3), системы зажигания на ИС и т. д. Примерно в то же время на рынке появились устройства впрыска топлива, управления трансмиссией (см. рис. 4), тормозами, а также

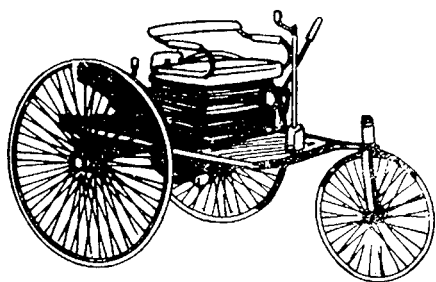


Рис. 1  
Первый автомобиль (Benz)



Рис. 2  
Транзисторный регулятор напряжения  
(Chrysler)

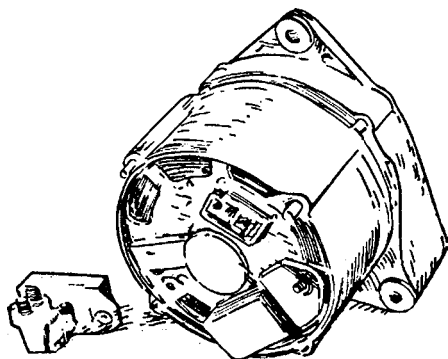


Рис. 3  
Генератор переменного тока  
с регулятором напряжения на ИС (Bosch)

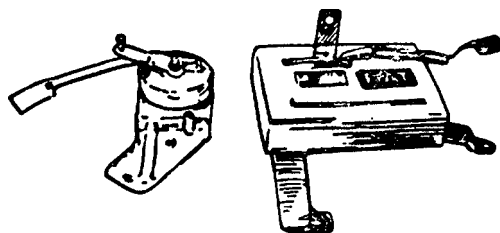


Рис. 4  
Основные блоки первых устройств  
управления трансмиссией: слева —  
позиционный выключатель, справа —  
электронный блок управления

устройства поддержания заданной скорости автомобиля и другие, в которых использовались аналоговые схемы.

В автомобили стали устанавливать электронные блоки управления (ЭБУ), однако из-за высокой стоимости они не нашли широкого распространения. В 1970-х гг. благодаря трем важным законодательным актам, которые впервые были приняты в США, электронизация автомобиля ускорилась. Так, в соответствии с правилами обеспечения безопасности стала обязательной система, препятствующая запуску двигателя, если на водителе и пассажирах не пристегнуты ремни безопасности. Поскольку при реализации этой функции для питания электронной системы необходима энергия и при выключенном зажигании, возникала задача снижения потребляемого тока аккумуляторной батареи, которая была решена путем применения КМОП (комплемментарные металл-окисел-полупроводники) логических ИС.

МикроЭВМ была изобретена в 1972 г., но только в 1976 г. была впервые применена в автомобиле для управления углом опережения зажигания (General Motors разработал систему, называемую Mizar). Благодаря высокой точности управления стало возможным значительное улучшение показателей двигателя.

Использование микроЭВМ в управлении резко увеличилось в связи с введением со второй половины 1970-х гг. ограничений на состав отработавших газов и расход горючего. Первые же попытки очищать отработавшие газы привели к увеличению расхода горючего и ухудшению характеристик двигателя. Удовлетворить же обоим требованиям одновременно оказалось сложной задачей.

Для того чтобы совместить экономичность и низкое содержание вредных примесей в отработавших газах, необходимо кроме совершенствования конструкции двигателя обеспечить:

- управление углом опережения зажигания;
- соотношение воздуха и горючего в горючей смеси;
- автоматическую поддержку низкой частоты вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу и т. д.

Все это стало возможным с введением комплексной цифровой системы управления двигателем, в которой эти функции одновременно осуществляет микроЭВМ.

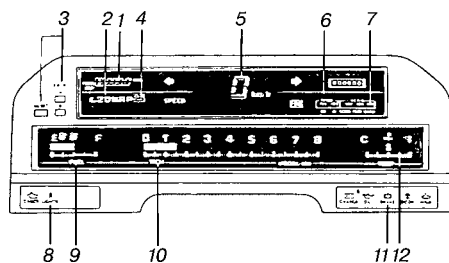
Для 1980-х гг. характерна общая тенденция применения новейшей технологии, в том числе и из-за многообразия требований пользователя. В связи с этим возникла необходимость повышения потребительской ценности автомобиля, и, как результат, появились автомобили, в которых применялись микроЭВМ и связанные с ними электронные приборные панели (рис. 5), системы управления подвеской, автоматические кондиционеры воздуха, радиоприемники с электронной настройкой, многофункциональные информационные системы с дисплеями на электронно-лучевых трубках и т. д.

В результате быстрого совершенствования параметров полупроводниковых устройств, являющихся составными частями микроЭВМ, вполне

**Рис. 5**

Электронная приборная панель (Toyota):

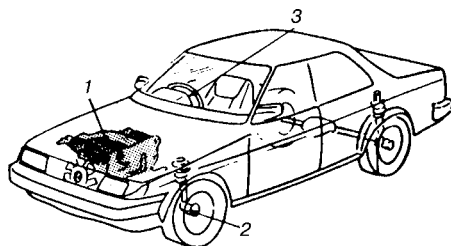
1 — двухфункциональный указатель ежедневного пробега; 2 — указатель включенной передачи; 3 — контрольный переключатель указателя ежедневного пробега; 4 — индикатор включения ускоряющей передачи; 5 — цифровой люминесцентный индикатор спидометра; 6 — индикатор TEMS; 7 — индикатор EST-S pattern; 8 — контрольные индикаторы; 9 — люминесцентный указатель количества топлива в баке зонного типа; 10 — тахометр с полосковым указателем; 11 — контрольные индикаторы; 12 — люминесцентный указатель температуры охлаждающей жидкости зонного типа.



**Рис. 6**

Классификация автомобильных электронных систем:

1 — управление силовым агрегатом: управление двигателем; управление трансмиссией; 2 — управление ходовой частью: управление подвеской; стабилизация заданной скорости движения; регулирование рулевого управления; блокирование колес при торможении; 3 — управление оборудованием салона: кондиционирование воздуха; электронная панель приборов; многофункциональная информационная система; навигационная система и т. д.



достижимыми стали высокая надежность, низкая себестоимость и малые размеры системы автомобильной электроники.

Охарактеризуем состояние автомобильной электроники в Японии и за рубежом в 1990-е гг. При этом, классифицируя автомобильные электронные системы, разделим их на три группы (см. рис. 6).

### УПРАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЕМ И ТРАНСМИССИЕЙ

Управление двигателем и трансмиссией объединяет управление системой впрыска топлива или карбюратором, углом опережения зажигания, частотой холостого хода, трансмиссией (системой передачи энергии), прочими системами двигателя, а также контроль детонации.

Комплексная система управления бензиновым двигателем, пример которой приведен на рис. 7, обеспечивает оптимальную работу двигателя путем управления впрыском топлива, углом опережения зажигания, частотой вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу и проведением диагностики.

На рисунке показана система распределенного впрыска, в которой форсунки установлены непосредственно перед каждым цилиндром. Управление карбюратором сводится к прецизионному регулированию состава горючей смеси. В результате повышается мощность, становятся чище отработавшие газы, улучшаются другие характеристики двигателя.

В Японии во многих автомобилях с двигателем рабочим объемом более 2 л, а также в мощных автомобилях применяется комплексная электронная система управления двигателем с впрыском топлива. Кроме того, многие автомобили с двигателем меньшего объема имеют электронную систему управления карбюратором. В США широко распространена комплексная система управления, в которой за основу принят метод центрального впрыска топлива, используемый, в частности, в моделях C3 фирмы General Motors и EEC-IV фирмы Ford. Поскольку в Европе требования на экономичность и чистоту отработавших газов не так жестки, как в Японии или в США, комплексная система управления не получила там широкого распространения. Однако ожидается, что по мере ужесточения этих требований электронное управление будет развиваться и здесь.

Электронные системы управления дизельными двигателями совершенствовались медленнее, чем бензиновыми, так как по сравнению с традиционной системой управления (где использовался механический центробежный регулятор) необходимость применения датчиков и исполнительных устройств сложной конструкции значительно удорожала всю систему. Однако после энергетического кризиса увеличился спрос на дизельные двигатели. В Японии стали применяться главным образом дизельные двигатели, параметры которых (дымность отработавших газов, шумность и уровень вибрации и т. д.) были существенно улучшены благодаря электронному управлению. Но поскольку впоследствии цены на топливо стабилизировались (и по ряду других причин), степень электронизации дизельных двигателей осталась ниже, чем у бензиновых, а в Европе по-прежнему в основном используются механические системы управления дизельными двигателями.

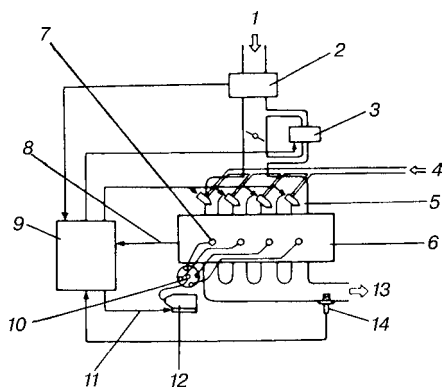


Рис. 7

Комплексная электронная система управления бензиновым двигателем:

1 — воздух; 2 — датчик расхода воздуха; 3 — исполнительное устройство управления частотой вращения коленчатого вала на холостом ходу; 4 — топливо; 5 — форсунка впрыска топлива; 6 — двигатель; 7 — свечи зажигания; 8 — частота вращения коленчатого вала двигателя; 9 — ЭБУ; 10 — распределитель зажигания; 11 — выходной сигнал; 12 — катушка зажигания (КЗ); 13 — отработавшие газы; 14 — датчик кислорода.

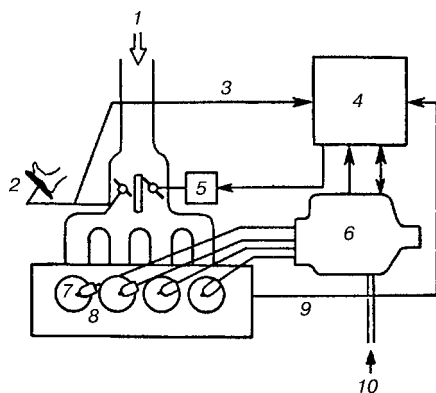


Рис. 8

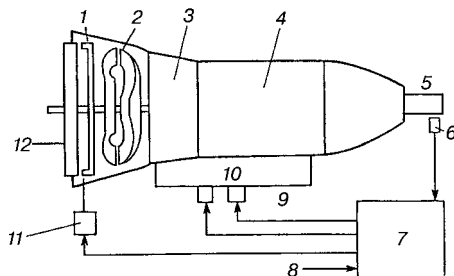
Комплексная электронная система управления дизельным двигателем:

1 — воздух; 2 — датчик открытия дроссельной заслонки; 3 — степень открытия дроссельной заслонки; 4 — ЭБУ; 5 — исполнительное устройство; 6 — топливный насос высокого давления; 7 — форсунка впрыска топлива; 8 — двигатель; 9 — частота вращения коленчатого вала двигателя; 10 — топливо.

Рис. 9

Пример системы управления трансмиссией:

1 — сцепление; 2 — диски сцепления; 3 — механизм ускоряющей передачи; 4 — механизм изменения передаточного числа; 5 — выходной вал; 6 — датчик скорости автомобиля; 7 — ЭБУ; 8 — угол открытия дроссельной заслонки; 9 — электромагнитный клапан изменения передаточного числа; 10 — гидравлическая система; 11 — электромагнитный клапан сцепления; 12 — маховик двигателя.



Система электронного управления дизельным двигателем контролирует количество впрыскиваемого горючего, момент начала впрыска, ток факельной свечи и т. п. На рис. 8 представлена система управления топливным насосом высокого давления, переделанная из механической в электронную.

На этом примере видно, что поскольку насос работает на принципах механики, данная система существенно отличается от электронной системы впрыска бензинового двигателя.

В электронной системе управления трансмиссией объектом регулирования является главным образом автоматическая трансмиссия. При этом микроЭВМ на основании сигналов датчиков угла открытия дроссельной заслонки и скорости автомобиля выбирает оптимальное передаточное число передачи и время включения сцепления. Кроме того, система, посылая в ЭБУ двигателя необходимые сигналы, может обеспечивать смягчение ударов и толчков, возникающих при переключении передач и срабатывании сцепления. На рис. 9 представлен пример такой системы.

Электронная система управления трансмиссией по сравнению с применявшейся ранее гидромеханической системой повышает точность регулирования передаточного числа, дает бóльшие возможности при проектировании, а также позволяет упростить механизм управления, повысить экономичность, управляемость и другие параметры автомобиля. Поэтому ЭБУ трансмиссией начинают применяться не только в автомобилях высшего класса, но и в серийных моделях. Комплексные системы, которые управляют как двигателем, так и трансмиссией, сейчас распространены и в Японии, и в Европе.

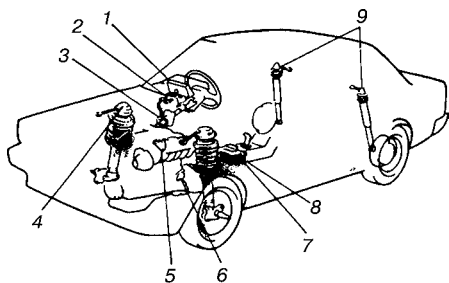
## УПРАВЛЕНИЕ ХОДОВОЙ ЧАСТЬЮ

Под управлением ходовой частью понимается управление процессами движения, изменения траектории и торможения автомобиля. Электронные системы улучшают управляемость, устойчивость и комфортабельность автомобиля, выполняя управление подвеской, колесами, тормозами, поддержание заданной скорости движения и т. п.

**Управление подвеской** обеспечивает ее оптимальную работу при различных скоростях и массе груза автомобиля.

**Управление высотой кузова** относительно дороги обеспечивает постоянство этого параметра независимо от загрузки автомобиля. Уменьшение высоты кузова при движении с высокой скоростью приводит к снижению аэродинамических потерь и повышению устойчивости автомобиля на дороге. Системы с ручным заданием высоты применялись и ранее на автомобилях Citroen и др. Использование электронной системы управления автоматически обеспечивает оптимальную высоту кузова над дорогой. Сигналы от датчиков высоты кузова и скорости поступают на вход ЭБУ, выходной сигнал из которого подается в исполнительный механизм, который обычно представляет собой диафрагму, перемещающуюся под действием сжатого воздуха, подаваемого насосом.

**Управление упругими элементами подвески и демпфированием амортизаторов** повышает устойчивость автомобиля и препятствует изменениям положения кузова при резких поворотах, ускорениях и торможениях. С одной стороны, для повышения комфортабельности движения подвеска должна быть мягкой, но с другой — для лучшей устойчивости она, напротив, должна быть достаточно жесткой. Поэтому ЭБУ, получая на вход сигналы от датчиков скорости, угла поворота рулевого колеса, угла открытия дроссельной



**Рис. 10**  
Система управления  
демпфированием амортизаторов:

1 — индикаторная лампа, управляемая сигналом с датчика скорости; 2 — датчик включения стоп-сигнала; 3 — датчик угла поворота рулевого колеса; 4 — исполнительные устройства амортизаторов передних колес; 5 — датчик угла открытия дроссельной заслонки; 6 — переключатель коробки передач; 7 — переключатель режимов работы подвески; 8 — ЭБУ; 9 — исполнительные устройства амортизаторов задних колес.



заслонки, а также от концевого переключателя педали тормоза, управляет исполнительными устройствами, которые соответственно изменяют параметры упругих элементов подвески и амортизаторов каждого из колес. Обычно это осуществляется с помощью электромагнитных клапанов или малогабаритных электродвигателей, которые изменяют сечения отверстий в пневматических упругих элементах, изменяя тем самым их упругость, или в гидравлических амортизаторах, варьируя их демпфирование. На рис. 10 показана схема такой системы.

Системы управления подвеской в Японии начали особенно широко применяться в 1980-е гг., в США — несколько позже и только частью компаний, в Европе же такие системы пока почти не используют.

**ЭБУ в рулевом управлении** регулирует усилие на рулевом колесе (при наличии гидроусилителя) или поворот четырех колес и т. п. Управление усилием сводится к его уменьшению, когда автомобиль стоит или движется с малой скоростью, и, наоборот, к его увеличению при больших скоростях, что обеспечивает курсовую устойчивость и управляемость. Возможно также изменение усилия на руле по желанию водителя.

С начала 1980-х гг. автомобильные компании Японии стали применять системы управления, состоящие из ЭБУ, датчиков скорости и угла поворота рулевого колеса, переключателя режимов работы рулевого управления, а также гидроцилиндра с электромагнитным клапаном, используемого в качестве исполнительного устройства.

**Система управления тормозами** главным образом предотвращает блокирование колес при торможении, тем самым обеспечивая повышение устойчивости автомобиля при торможении. Такая система называется антиблокировочной. Состояние блокирования колеса можно определить, сравнивая поступательную скорость автомобиля и угловую скорость колеса. Но так как скорость автомобиля определить трудно из-за проскальзывания колес, вместо нее в качестве базовой обычно используется расчетная средняя скорость колес.

На основании сигналов датчиков скорости вращения колес ЭБУ выявляет состояние блокирования какого-либо колеса и посылает сигнал исполнительному устройству, которое снижает давление тормозной жидкости в тормозном цилиндре данного колеса. Как только скорость колеса увеличится, давление тормозной жидкости снова возрастает и процесс повторяется.

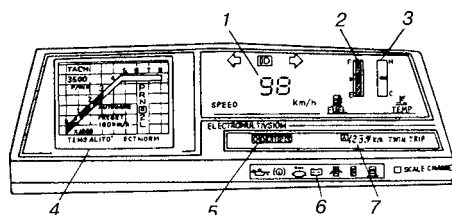
Контроль проскальзывания колес при торможении применяется с 1968 г. Вначале предотвращалось блокирование только двух задних колес автомобиля, но в последние годы в связи с использованием микроЭВМ в основном применяются системы управления тормозами всех четырех колес. При этом, поскольку предотвращается блокирование и передних (управляемых) колес, повышается не только устойчивость к заносам, но и управляемость автомобиля.

Еще одним преимуществом системы управления тормозами является наличие устройства, поддерживающего постоянным давление тормозной жидкости при торможении, после остановки (до начала движения), что удобно на уклонах и т. п.

**Система поддержания заданной скорости движения** управляет дроссельной заслонкой, обрабатывая сигналы датчика скорости, выключателя и указателя режима, а также исполнительным устройством, связанным с дроссельной заслонкой. В исполнительных устройствах используются вакуумный привод, малогабаритные электродвигатели и т. п.

### УПРАВЛЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЕМ САЛОНА И КУЗОВА

Системы управления оборудованием салона и кузова призваны повысить комфортабельность и потребительскую ценность автомобиля. В зависимости от класса автомобиля используются такие устройства с электронным управлением, как кондиционер воздуха, панель приборов, multifunctionальная информационная система на базе электронно-лучевой трубки (ЭЛТ), компас, фары, стеклоочиститель с прерывистым режимом работы, индикатор перегоревших ламп, устройство обнаружения препятствий при движении задним ходом, противоугонные устройства, аппаратура связи, централизованная блокировка замков дверей, стеклоподъемники, сиденья с изменяемым положением, ремни безопасности и т. д. Все они обеспечивают автоматизацию работы водителя, повышая удобство автотранспортного средства и уменьшая трудности управления им. На рис. 11 показана электронная панель приборов с дисплеем на ЭЛТ.



**Рис. 11**  
Электронная панель приборов с дисплеем на ЭЛТ (Toyota):

1 — спидометр; 2 — указатель количества топлива в баке; 3 — указатель температуры охлаждающей жидкости; 4 — дисплей на ЭЛТ; 5 — указатель пробега; 6 — сигнальные лампы предупреждений; 7 — указатель ежедневного пробега.

В дальнейшем по мере снижения себестоимости ожидается быстрое развитие разновидностей систем управления оборудованием салона и кузова, разработка изделий с новыми функциями и высокой потребительской ценностью.

### ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕХАТРОНИКИ, МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ И МИКРОПРОГРАММНЫХ СПОСОБОВ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМАМИ И АГРЕГАТАМИ АВТОМОБИЛЕЙ

Применение электронных систем привело к возникновению новой области техники — автомобильной электроники. В иностранной и отечественной литературе в качестве синонима автомобильной электроники используются также термины «мехатроника», «микроэлектромеханика» (объединение слов «механика» и «электроника») или «автоника» (объединение слов «автомобильная электроника»).

Одним из перспективных направлений мехатроники в автомобилестроении является использование пьезокерамики.

Несмотря на то что пьезоэффект был открыт еще в XIX в., а со второй половины XX в. активно развивалась теория и технология создания пьезоэлектрических материалов, считается, что пьезокерамика — один из перспективных материалов XXI в., так как замечательные свойства, присущие пьезокерамике, до сих пор не в полной мере востребованы наукой, техникой и технологиями.

Активное использование пьезокерамики в различных областях началось в 1960–1970 гг. Достаточно хорошо были изучены и использованы свойства пьезокерамических датчиков и преобразователей. В настоящее время пьезокерамика широко применяется для ультразвуковой диагностики в медицине, на авиационном и железнодорожном транспорте, в энергетике, нефтегазовом комплексе; силовая пьезокерамика — в ультразвуковой сварке, чистке поверхностей, нанесении покрытий, сверлении и т. д. В то же время пьезокерамика еще недостаточно используется для создания генераторов, актюаторов и в комбинированных системах. Однако современные требования по энергосбережению, миниатюризации, адаптивности к компьютерным системам управления и контроля все чаще заставляют производителей техники и оборудования обращаться к производителям пьезокерамики с целью совместного поиска тех или иных технологических решений. В результате появляются новые типы пьезокерамики, создаются новые и совершенствуются известные пьезокерамические элементы и компоненты. Особое внимание в настоящее время уделяется пьезокерамическим трансформаторам и актюаторам.

**Пьезотрансформаторы.** Одним из направлений является их использование в бытовых и производственных газонаполненных осветительных приборах в качестве резонансных конверторов. В основу перспективных осветительных приборов уже заложены принципы, позволяющие экономить до 80% электроэнергии по сравнению с ныне используемыми, поэтому единственный параметр, которому должны отвечать перспективные конверторы, — минимальные геометрические размеры, позволяющие устанавливать их в цоколе лампы.

Последние исследования показали целесообразность использования многослойных пьезокерамических трансформаторов в новой осветительной технике. Были разработаны прототипы таких конверторов, удовлетворяющие практически всем требованиям, кроме цены. Поэтому производители пьезокерамики активно работают над технологией, которая позволила бы добиться снижения себестоимости.

Не менее перспективно применение пьезотрансформаторов в силовых устройствах. На рынке появились современные устройства, которые используют не традиционные однослойные пьезотрансформаторы, а многослойные трансформаторы. Примерами этого могут служить дисплеи обратного свечения на жидких кристаллах и системы управления холодным катодом флуоресцентного освещения. Среди достоинств многослойных пьезотрансформаторов по сравнению с традиционными можно отметить их малый размер (особенно толщина) и меньшее потребление энергии. Однако для современных многослойных трансформаторов, которые появились на рынке, определяющими

факторами по-прежнему являются цена и размеры, над снижением которых активно работают производители.

Существует большая вероятность использования пьезотрансформаторов в перспективных телевизионных и компьютерных дисплеях. Уже существуют прототипы таких дисплеев — ПЭД (полевые эмиссионные дисплеи) — плоские панельные дисплеи, имеющие более высокую разрешающую способность и четкость изображения. Однако уже сейчас разрабатывается новое поколение экранов с немерцающим изображением, для питания которых также предусматривается использование многослойных пьезокерамических трансформаторов.

**Актюаторы** условно подразделяются на мощные (пакетные) и маломощные, к которым относятся гибкие (биморфы и ленточные) и осевые, изготовленные по технологии многослойной пьезокерамики.

Пакетные актюаторы уже сейчас используются в космической, лазерной технике и оптических инструментах для настройки антенн и зеркал с нанометрической точностью. Считается, что они найдут широкое применение там, где важно развить движущее усилие при минимальном угле переключения.

Одним из перспективных направлений является их применение в точной настройке станков. Благодаря своей жесткой структуре пьезоприводы являются идеальным инструментом для быстрой и точной их настройки. Прилагая фиксированное напряжение к шаблону в фазе с вращением шпинделя, можно обеспечить высокую точность обработки детали рабочим телом станка.

В станкостроении планируется их использование и для подавления (компенсации) вибрации. Нежелательную вибрацию станков можно компенсировать с помощью многослойных актюаторов, работающих в противофазе с вибрационными колебаниями. Это, в свою очередь, будет способствовать повышению качества конечного изделия, а также позволит избежать чрезмерного износа инструмента и существенно снизит уровень шума станка. Компенсаторы вибрации могут найти применение не только в станкостроении, но и в других сферах.

Еще одним перспективным направлением использования пакетных актюаторов является управление гидравлическими клапанами. Примером этого могут служить последние разработки пьезокерамических высокоскоростных клапанов как для топливной аппаратуры дизельных двигателей легковых и грузовых автомобилей, так и для газораспределительных систем дизелей и двигателей внутреннего сгорания.

Гибкие актюаторы используются в пьезоэлектрических датчиках изгибающего момента электронных систем для слепых, читающих по методу Брайля, а также в качестве электронных переключателей.

Создание ленточных актюаторов существенно расширило их использование. Изначально ленточный актюатор был разработан по запросу текстильной промышленности для компьютерных систем подачи нитей в жаккардовых машинах. Благодаря высокой чувствительности, относительно большой блокирующей силе и величине отклонения новые пьезоэлементы позволяют использовать их в качестве сенсорных выключателей и контакторов, пьезоприводов, бесшумных успокоителей в электронном оборудовании, микропроцессорах, закрывающих и открывающих клапанов различного назначения, в том числе для программируемой дозированной подачи лекарств, вакуумных клапанов и т. п.

Весьма перспективным считается использование в микроэлектронике осевых актюаторов, разработанных на основе последних достижений в технологии многослойной композитной пьезокерамики. Размеры актюаторов составляют от единиц до десятых долей мм.

Примером комплексного использования пьезокерамических элементов, узлов и деталей на их основе могут служить совместные разработки американской компании APC International Ltd с производителями комплектующих для автомобильной промышленности.

Современные, технически сложные автомобили постоянно требуют внедрения дополнительной электроники для повышения надежности, безопасности и комфорта.

В настоящее время американские производители автомобильной техники активно используют устройства и узлы на базе пьезоэлектрической керамики. Примерами таких устройств могут служить:

- актюаторы-клапаны впрыска топлива;
- актюаторы-клапаны для газораспределительной системы двигателя;
- датчики поворота для определения угла положения дроссельной заслонки;
- датчики детонации;
- датчики уровня заправочных жидкостей;
- датчики давления для измерения давления в топливном баке с целью определения утечки топлива;
- пьезоприводы зеркал;
- пьезоприводы регулировки сидений;
- передние ультразвуковые дистанционные датчики (датчики предотвращения столкновений);
- боковые дистанционные датчики;
- задние (парковочные) ультразвуковые дистанционные датчики;
- датчики системы сигнализации и зуммеры оповещения;
- скоростные сенсоры в передней панели для подушек безопасности;
- боковые ударные сенсоры подушек безопасности;
- аварийные датчики-сенсоры подушек безопасности;
- актюаторы системы антиблокировки тормозов;
- пьезоприводы системы подвески;
- датчики угловой скорости и линейные акселерометры малых перегрузок, ориентированные по трем осям автомобиля, предназначенные для автоматизированного управления маршрутом;
- пьезоприводы регулировки фар;
- датчики и актюаторы положения фар для обеспечения динамического регулирования луча света передних фар в зависимости от профиля дороги и изменения величины полезной нагрузки автомобиля;
- пьезоакустические системы адаптивного регулирования скорости автомобиля.

Эффективность действия систем сигнализации, оповещающих зуммеров, биморфных и униморфных актюаторов (пьезоприводов), пьезоприводов зеркал и систем регулировки положения сидений, подъемников стекол, управления клапанами двигателя и ударных датчиков подушек безопасности

улучшилась благодаря созданию и использованию в производстве новых пьезокерамических материалов со сверхмалыми частицами.

Разработана также высокотемпературная и высокостабильная пьезоэлектрическая керамика, предназначенная для применения в топливных системах двигателей современных автомобилей. Весьма важным является то, что данная керамика обладает значительной стойкостью к высоким температурам и противударна. Единообразная частотная реакция делает датчики из данной керамики пригодной для любого типа автомобильного двигателя.

Проблема улучшения экономических показателей и острая необходимость значительного уменьшения выбросов вредных веществ двигателями внутреннего сгорания, возникшие в последние десятилетия, заставили ведущие (и прежде всего автомобильные) фирмы активно вести разработку микропроцессорных систем управления (МПСУ) как наиболее эффективных для решения поставленных задач наряду с необходимостью улучшения рабочих процессов и нейтрализации отработавших газов двигателей. За это время в США, Европе и Японии неоднократно принимались правительственные решения, в несколько раз ужесточающие нормы на выбросы вредных веществ.

Что касается экономичности двигателей, вводятся нормы на выбросы  $\text{CO}_2$  в качестве показателя расхода топлива.

Очевидно, что возможности совершенствования двигателей — как бензиновых, так и дизелей — далеко не исчерпаны. Улучшение их характеристик возможно за счет не только применения новых материалов и технологий, но и совершенствования систем автоматического управления ими.

Анализ состояния и тенденций развития двигателестроения показывает, что традиционные механические и гидромеханические управляющие системы исчерпали свои возможности и уже невозможно радикально усовершенствовать экономические, и в особенности экологические, характеристики двигателя. Простая замена всей механической или гидромеханической системы управления двигателем, а тем более только ее частей, электронными без внесения принципиальных изменений в конструкцию двигателя и прежде всего в системы, влияющие на рабочий процесс, не может значительно улучшить характеристики двигателя.

Сегодня управление двигателями требует обработки значительного объема информации по достаточно сложным алгоритмам. Это возможно только при использовании электронных цифровых систем управления, реализуемых главным образом на основе микропроцессорной техники.

Микропроцессорная система управления двигателем, безусловно, должна прежде всего более качественно выполнять все функции существующих автоматических систем, в их числе:

- автоматическое регулирование частоты вращения, мощности, крутящего момента, цикловой подачи и фаз впрыскивания топлива, состава смеси и опережения зажигания, температуры в системах смазки и охлаждения;
- обеспечение пуска, разгона, торможения и останова двигателя;
- контроль параметров (измерение и сигнализация о выходе за установленные пределы);
- аварийная защита и др.

Конец ознакомительного фрагмента.

Приобрести книгу можно

в интернет-магазине

«Электронный универс»

[e-Univers.ru](http://e-Univers.ru)