

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ISSN 0005-2337

№ 9 • 1994



1994г. № 9

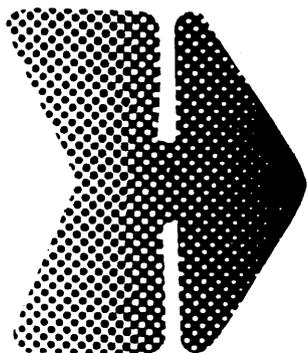
НПО
АВТО
ЭЛЕКТРОНИКА

Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

ВНИМАНИЮ ВЛАДЕЛЬЦЕВ АВТОМОБИЛЯ АЗЛК-21412

МП "Автоэлектроинформ" предлагает современную микропроцессорную систему зажигания (МПСЗ)

МПСЗ позволяет:



- улучшить характеристики двигателя: повысить до 10 % топливную экономичность; на 3-5 % увеличить мощность и крутящий момент; в 2 раза снизить выбросы CO и CH

- облегчить пуск двигателя (двигатель надежно пускается при напряжении питания 6 В), особенно при пониженных температурах

- исключить подергивания и "провалы" тяги на автомобилях (например, с двигателем УЗАМ-331.10)

- получить стабильные на протяжении всего срока службы (более 200000 км пробега) оптимальные для двигателя УЗАМ-331.10 характеристики угла опережения зажигания

- повысить (в несколько раз по сравнению с классической системой зажигания), энергетические характеристики искрового разряда, что особенно важно при больших нагрузках двигателя, когда требуется значительная энергия для надежного воспламенения топливовоздушной смеси

- дополнительно защитить автомобиль от угона путем блокировки системы зажигания

В системе использованы следующие датчики:

- индукционный начала отсчета (точка отсчета — специальный штифт на маховике)
- индукционный угловых импульсов для измерения углового положения коленчатого вала и скорости его вращения
- микроэлектронный разряжения во впускной трубе для измерения нагрузки двигателя (встроен в блок управления — контроллер)
- полупроводниковый температуры охлаждающей жидкости

Реализуется трехмерная функция зависимости угла опережения зажигания (УОЗ) от нагрузки и частоты вращения коленчатого вала двигателя с коррекцией по температуре охлаждающей жидкости (две независимые характеристики УОЗ: для горячего и холодного двигателя). Используются 32 точки по нагрузке и свыше 200 точек по частоте вращения (в классической системе — две и три точки соответственно).

В контроллере МПСЗ применены электронные приборы ведущих западных фирм: датчик разряжения (Honeywell, США); силовые транзисторы, защитные диоды (SGS-Thomson, Франция); микросхемы (National Semiconductor, США).

Контроллеры МПСЗ прошли полный цикл доводки и испытаний в исследовательских лабораториях АЗЛК и ВАЗа; в процессе производства подвергаются жесткому выходному контролю. Техническое обслуживание сводится к проверке надежности соединений проводов.

Адрес МП "АВТОЭЛЕКТРОИНФОРМ":
105187, Москва, ул. Кирпичная, 41. Тел.: 366-06-26

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.113:621.38

Программа повышения топливной экономичности и экологизации автотранспорта

Кандидаты техн. наук В.К. СЕНЬКО
и Ю.А. КУПЕЕВ, В.Т. ПЕРЧАН
НИИАЭ, АО "МЗАТЭ-2"

Сейчас уже ни у кого не вызывает сомнения, что электронные системы и приборы управления — это мощнейшее средство повышения технического уровня автомобильной техники, снижения расхода топлива и уменьшения объемов выброса вредных веществ с отработавшими газами. Именно поэтому зарубежные фирмы устанавливают на выпускаемые ими автомобили самые различные электронные устройства, начиная с довольно простых, управляющих, например, зажиганием или подачей топлива (выполняющих одну-две функции), до сложных (семь-восемь функций) и комплексных, управляющих двигателем, силовым агрегатом в целом, тормозами и т.д. На электронике работают также позисторные устройства для предварительного подогрева двигателя перед пуском, каталитические нейтрализаторы и т.д. В итоге расход топлива снижен на 4–25 %, а выбросы вредных веществ — на 20–800 %.

Ведутся аналогичные работы и у нас. Отечественные автозаводы в последние годы определенную часть АТС оборудуют электронной бесконтактной системой зажигания повышенной энергии, микропроцессорной системой управления зажиганием и экономайзером принудительного холостого хода, нейтрализатором. Причем доля таких АТС в общем их выпуске непрерывно увеличивается, а по мере завершения НИОКР количество и разнообразие внедряемых в массовое производство электронных систем будет, несомненно, возрастать. В частности, к микропроцессорной системе управления зажиганием добавятся

комплексные системы (управление зажиганием, одноточечным и многоточечным электронным впрыскиванием топлива; управление подачей топлива, зажиганием и трехкомпонентным нейтрализатором; управление подачей топлива, зажиганием, нейтрализатором и трансмиссией).

Программу таких работ давно уже создали НИИ "Автоэлектроника" и НПП "Экоавтоэлектроника" с участием специалистов ведущих предприятий автомобильной промышленности. Главным ее содержанием — варианты комплектации автомобильной техники электронными системами управления и антитоксичными устройствами.

Для легковых автомобилей, в частности, эта программа предусматривала последовательное внедрение бесконтактной системы зажигания (БСЗ) повышенной энергии плюс ЭПХХ; микропроцессорной системы управления зажиганием плюс ЭПХХ; микропроцессорной системы управления одноточечным впрыскиванием топлива, зажиганием и трехкомпонентным нейтрализатором; микропроцессорной системы управления многоточечным впрыскиванием топлива, зажиганием и трехкомпонентным нейтрализатором; комплексной системы управления подачей топлива, зажиганием, нейтрализатором и трансмиссией.

В качестве базового взят (для сравнения) вариант 1987 г., т.е. традиционная контактная система в сочетании с электронно-механическим экономайзером принудительного холостого хода (ЭПХХ).

Для грузовых автомобилей и автобусов варианты (их семь) несколько отличаются. Например, для таких АТС с бензиновыми двигателями ЗИЛ точка отсчета та же (1987 г.), но базовый вариант другой — сочетание контактно-транзисторной системы зажигания с ЭПХХ. Он же сохраняется в серии и после 1987 г. Однако получают применение и другие варианты: бесконтактная система зажигания повышенной энергии плюс ЭПХХ; микропроцессорная система управления зажиганием плюс ЭПХХ; контактно-транзисторная система зажигания плюс нейтрализатор с электронным управлением плюс ЭПХХ; мик-

ропроцессорная система управления зажиганием, ЭПХХ и нейтрализатором; комплексная система управления зажиганием, подачей топлива и нейтрализатором.

Часть из перечисленных вариантов систем уже выпускаются; часть находятся в стадии подготовки производства, в отношении некоторых завершается стадия НИОКР. Это говорит о том, что возможность выпуска автомобильной техники с различными вариантами комплектации непрерывно возрастает. Значит, у производителя и покупателя АТС появляется возможность выбора варианта их оснащения электронными системами управления и антиоксидными устройствами. И прежде всего — с точки зрения технико-экономической целесообразности. В частности, объемов выбросов вредных веществ в отработавших газах, причиняемого ими ущерба, размеров предотвращенного ущерба, экономии топлива, изменения затрат на эксплуатацию.

Без расчетов здесь, очевидно, не обойтись. Причем, если говорить о нынешнем отечественном автопарке, то обобщать нужно более чем 150 моделей и модификаций автотранспортных средств, кроме того, группы и отдельные АТС каждой модели с учетом условий и интенсивности эксплуатации, экологических требований в регионе, ряда других изменяющихся исходных данных. Более того, расчеты не могут быть одноразовыми: их следует систематически повторять по мере изменения технического уровня машин и условий эксплуатации, появления новых законченных и внедренных конструкторских усовершенствований и т.п.

Такие расчеты для большинства вариантов электронных систем выполнены в НПО "Автоэлектроника". Однако понятно, что таким же делом будут заниматься как автозаводы, так и потребители их продукции. Поэтому несколько слов о методике расчетов.

При определении удельных выбросов оксидов углерода и азота, а также углеводородов специалисты НПО "Автоэлектроника" использовали "Временную типовую методику определения природоохранных мероприятий и оценки экономического ущерба, причиняемого народному хозяйству загрязнением окружающей среды" и "Методические рекомендации по комплексной оценке эффективности мероприятий, направленных на ускорение научно-технического прогресса в автомобилестроении", а также результаты НИОКР, стендовых, дорожных и эксплуатационных испытаний, проведенных в НПО, АО "МЗАТЭ", "АвтоВАЗ", АМО "ЗИЛ" и НПО "НАМИ" и опыт работы ряда зарубежных фирм. При этом автомобильная техника делилась, как это общепринято, на две группы.

К первой из них отнесены автомобили с полной массой не более 3500 кг и автобусы с числом мест для сидения, включая водителя, не более 12, оборудованные четырехтактными двигателями внутреннего сгорания с искровым зажиганием. Удельные вредные выбросы рассчитываются в г/км. В качестве базовых для нее приняты показатели по удельным выбросам, полученные на автомобилях ВАЗ с контрольной полной массой от 1020 до 1250 кг. И если полная масса

рассматриваемого легкового автомобиля отличается от массы ВАЗов, величины удельных выбросов умножаются на коэффициент коррекции, рассчитанный с учетом данных стендовых, дорожных и эксплуатационных испытаний.

В расчетах также учитывается, что удельные вредные выбросы в отработавших газах АТС с двумя ведущими мостами увеличиваются при массе до 2000 кг в 1,25 раза, а при более 2000 кг — в 2 раза.

Во вторую группу АТС включены автомобили с полной массой более 3500 кг и автобусы с числом мест более 12, оснащенные четырехтактными двигателями внутреннего сгорания с искровым зажиганием. Удельные выбросы рассчитываются в г/(кВт·ч).

В качестве базового был взят грузовой автомобиль ЗИЛ-431410 с двигателем ЗИЛ-508.10, а также другие автомобили и автобусы, на которые установлены восьмицилиндровые двигатели ЗИЛ-508.10 и ЗИЛ-509.10 и их модификации. Удельные выбросы рассчитывались в г/(кВт·ч).

Использование их результатами разработчиками, техническими и экономическими подразделениями предприятий, изготовляющих автомобильную технику, а также специалистами автотранспортных хозяйств позволяет обеспечить очень высокую эффективность при решении задач по снижению расхода топлива, улучшению экологичности и других показателей, повышающих технический уровень автотранспортных средств. В том числе за счет более правильного выбора вариантов совершенствования изготавливаемой автомобильной техники или модернизации находящихся в эксплуатации машин. Причем сделать это в течение нескольких минут (достаточно ввести в персональный компьютер данные об автотранспортном средстве и условиях его эксплуатации). Компьютер выдаст величины удельных выбросов вредных веществ и их абсолютных объемов за любой период (например, за год), причиняемого ими народному хозяйству ущерба; оценит предотвращенный ущерб и экономию топлива по всем сравниваемым вариантам; установит эффективность принимаемого к внедрению варианта, в том числе окупаемость произведенных затрат.

Выполненные в НПО "Автоэлектроника" расчеты показывают: при оснащении легковых автомобилей электронными системами управления, которые выполняют все больше и больше функций, количество вредных выбросов с отработавшими газами можно сократить, по сравнению с базовым (1987 г.) вариантом, в 10 раз, а по грузовым автомобилям и автобусам — в 4,5, даже в 8 раз и более. Уменьшение расхода топлива не столь значительно — от 5 до 17 %, но, учитывая величину автопарка страны, в сумме весьма существенно.

Приведем (см. таблицу) пример расчета по грузовому автомобилю ЗИЛ-431410, эксплуатируемому в условиях Москвы. В качестве исходных для него были такие данные: контрольный расход топлива — 40 л/100 км; коэффициент использования автомобиля — 0,68; мощность двигателя, необходимая для обеспечения средней скорости 50 км/ч, — 32,5 кВт (44,1 л.с.); время работы в сутки — 9 ч; норма простоя под нагрузкой и выгрузкой 1 т груза — 4 мин; среднегодовая производительность на городских пере-

| № варианта электронной системы | Годовые | | | |
|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------|--|---------------------|
| | количество выбросов CO/OH, кг | ущерб от вредных выбросов, % | предотвращенный ущерб от вредных выбросов, % | экономия топлива, л |
| 1 | 453/792 | 100 | — | — |
| 2 | 425/757 | 93,5 | 100 | 0 |
| 3 | 340/679 | 83,5 | 256 | 1424 |
| 4 | 275/621 | 75,6 | 524 | 2849 |
| 5 | 113/170 | 24,4 | 1131 | 0 |
| 6 | 113/170 | 23,3 | 1195 | 2670 |
| 7 | 79/170 | 21,5 | 1222 | 6232 |

(для столиц и курортных зон). Кроме того, в число исходных данных входят стоимость изделий, входящих в комплект, эксплуатационные затраты, стои-

мость 1 л топлива; плата за выбросы вредных веществ и ее снижение за их уменьшения.

Если условия эксплуатации другие, то расчет выполняется при исходных данных, измененных в соответствии с новыми условиями.

В качестве примера можно привести результаты расчета по грузовому автомобилю ЗИЛ-431410 при замене первого варианта комплектации на третий (контактно-транзисторной системы зажигания на бесконтактную систему зажигания повышенной энергии): выбросы вредных веществ сокращаются более чем на 1,5 т, расход топлива — на 1,4 т. Затраты на замену окупаются за три месяца.

В настоящее время НПО "Экоавтоэлектроника" совместно с АО "МЗАТЭ-2" освоило выпуск 10 наименований комплектов бесконтактных систем зажигания повышенной энергии, которыми можно заменить устаревшие системы на 108 моделях и модификациях АТС (автомобили с двигателями ВАЗ, ЗИЛ, ЗМЗ, МсМЗ и УМЗ).

УДК 629.07:621.384

Перспективы электронизации специальных АТС

Д-р техн. наук Н.А. ЗАУЛИН,
кандидаты техн. наук
А.Н. ЕЛИСЕЕВ, В.П. КАШТАНОВ

Анализ технических возможностей, состояния и тенденций развития электроники в нашей стране и за рубежом показывает, что интенсивная электронизация автомобильной техники в текущем десятилетии становится одним из главных факторов, определяющих научно-технический прогресс в автомобилестроении.

Естественно, эта тенденция проявляется и на военной автомобильной технике (ВАТ). Почему — понятно: внедрение систем и приборов электрооборудования на электронной базе, электронных и микропроцессорных систем управления существенно повышает техническую, а значит, и боевую готовность ВАТ.

К сожалению, уровень электронизации отечественной не только коммерческой, но и военной автомобильной техники пока ниже, чем техники развитых зарубежных стран, — по конструкторско-технологическому развитию, номенклатуре и технико-экономическим показателям электронных и микропроцессорных систем управления и приборов, их элементной базе и датчикам. Ликвидировать это отставание, как показывает опыт создания образцов военных АТС, не только нужно, но и можно. Путь очевиден — широкое использование современных отечественных электронных и микропроцессорных систем и приборов, рассчитанных именно на военное применение.

Задел в этом смысле уже есть. У нас разработаны, введены в действие и разосланы на заводы и в заинтересованные организации "Общие технические требования к электронным и микропроцессорным системам управления и приборам военной автомобильной

техники". Кроме того, завершается разработка концепции и комплексной программы развития электронных и микропроцессорных систем управления и приборов для военной автомобильной техники, другими словами, документов, которые содержат требования к этой технике, отличающейся от техники хозяйственного назначения.

Первое из таких требований — само собой разумеющееся: АТС должны обладать живучестью, т.е. свойством сохранять работоспособность (или быстро восстанавливаться) при любых внешних воздействующих факторах, включая и воздействие различных видов оружия противника.

Чтобы обеспечить это требование, микропроцессорные системы управления, отказ которых может привести к потере подвижности техники, должны иметь резервирование, обеспечивающее их работоспособность. Причем при резервировании можно пойти на снижение каких-то второстепенных характеристик АТС — лишь бы оно не сказалось на подвижности объекта и возможности выполнить основную (боевую) задачу.

Второе требование к электронным микропроцессорным системам управления — неизмеримо большая, чем на обычных АТС, стойкость к воздействию внешних факторов — механических, климатических, термических, электромагнитных и радиационных, которые возможны в реальных условиях боевого применения.

В остальном же требования к специальным АТС не отличаются от требований к АТС обычным.

Понятно, что эти специфические требования нельзя не учитывать. И они учитываются. Например, сейчас уже разработан (табл. 1) примерный перечень электронных и микропроцессорных систем управления с учетом возможного применения последних на перспективных образцах АТС. Выбран он из условий возможного и целесообразного повышения технического уровня и эффективности использования специальной автомобильной техники и с учетом отечес-

| Наименование системы (прибора) | Назначение | Устройства, работающие в комплекте с электронным блоком |
|--|---|--|
| Комплексная многофункциональная система управления двигателем (управление топливоподачей и зажиганием) | Установка оптимального угла опережения зажигания на всех режимах работы; обратная связь по параметрам детонации; самодиагностика | Датчики температуры охлаждающей жидкости, угловых импульсов, массового расхода воздуха, содержания кислорода, детонации; топливные форсунки |
| Микропроцессорная система управления цикловой подачей топлива | Регулирование цикловой подачи топлива и момента впрыска на всех режимах работы; самодиагностика | Датчики угловых импульсов, положения рейки, атмосферного давления, температуры рабочих жидкостей и газов; механизм управления опережения впрыска; аварийный сигнализатор |
| Система выбора оптимальной передачи для трансмиссий с 14- и 16-ступенчатыми коробками передач | Экономия топлива 4—10 %; повышение срока службы коробки передач | Датчики температуры, давления, линейного перемещения |
| Адаптивная микропроцессорная система управления трансмиссией автомобиля | Повышение надежности трансмиссии и коробки передач; снижение физических и психологических нагрузок на водителя | Датчики температуры, линейного перемещения; электронные блоки управления |
| Комплексная микропроцессорная система управления дизельным силовым агрегатом (двигателем и трансмиссией) | Выбор оптимального момента переключения передач; экономия топлива; снижение токсичности отработавших газов | Бесступенчатая коробка передач |
| Антиблокировочная и противобуксовочная системы (АБС и ПБС) | Активная безопасность за счет улучшения устойчивости и управляемости при торможении; повышение скорости движения колонн | Датчики частоты вращения колеса; модулятор; электронный блок |
| Комплексная система управления движением военной автомобильной техники в колоннах | Повышение скорости движения колонн; обеспечение безопасной дистанции между машинами | АБС, ПБС, система предупреждения столкновения, задний обзор, маршрутный компьютер, система управления колонной |
| Система предупреждения столкновений | Активная безопасность одиночного автомобиля и в составе колонны | Датчик линейного расстояния, скорости, ускорения |
| Автомобильная система заднего и бокового обзора | Активная безопасность автомобиля; расширение зон обзора | Монитор, телекамера, лазерный излучатель |
| Маршрутный компьютер | Выдача параметров движения на маршруте и на месте парковки | Датчики расхода топлива, скорости, температуры |
| Бортовая система контроля | Контроль температур, давлений, количеств рабочих жидкостей и основных эксплуатационных параметров в узлах и агрегатах | Блок обработки информации; датчики уровня жидкости поплавкового типа, остальные — релейного типа |
| Автоматизированная система отображения интегральной информации (электронный щиток приборов) | Выбор оптимального режима движения; повышение безопасности движения; измерение и индикация основных параметров движения автомобиля и работы двигателя | Датчики скорости движения, частоты вращения коленчатого вала, уровня топлива, температуры охлаждающей жидкости, давления масла и др. Дисплеи. Звуковые и речевые сигнализаторы |
| Навигационная система | Обеспечение определения местонахождения | Компас, радиомаяк, спутниковая связь; комплекс обработки информации |
| Мультимедийная система связи | Уменьшение длины и количества проводки на борту | Датчики, обеспечивающие и контролирующую работу двигателя |
| Комплексная микропроцессорная система управления маскировочными режимами (средствами) ВАТ | Обеспечение скрытности на местности в оптическом и радиолокационном диапазонах | Датчики температуры поверхности, освещенности, радиолокации; высокочастотные преобразователи |
| Комплексная система повышения работоспособности экипажа | Обеспечение микроклимата, комфортных условий, уменьшение вредных воздействий | Датчики различного назначения; интеллектуальные ключи |

твенного и зарубежного опыта применения аналогов на коммерческой и военной автомобильной технике.

Рассмотрим отдельные системы управления с точки зрения важности задач, решаемых с их помощью на ВАТ, а также состояния их разработки.

Предъявляемые к современным автомобилям высокие требования по токсичности отработавших газов, топливной экономичности, надежности работы в жестких условиях войсковой эксплуатации выполняемы лишь при наличии на шасси систем, обеспечивающих оптимальное управление силовой установкой на всех режимах работы, а также встроенной в блок

управления системы самодиагностики и резервирования на случай аварийного режима. Поэтому в перечень и включены такие системы, как комплексная многофункциональная система управления двигателем, микропроцессорная система управления цикловой подачей топлива и система управления трансмиссией автомобиля, комплексная микропроцессорная система управления дизельным силовым агрегатом и т.д.

По первым двум системам НПО "Автоэлектроника" уже отработаны тактико-технические требования и проработан технический заданием на ОКР, вопросы

элементной базы и датчиков. По остальным системам различными организациями проведены поисковые НИР. Так что задел уже есть.

Важнейшие проблемы — повышение безопасности движения ВАТ, их устойчивости и управляемости при торможении, повышение проходимости. Кроме того, возрастающие требования к мобильности войск обуславливают высокую актуальность разработки и внедрения на технике комплексной системы управления движением в колоннах, которая должна интегрировать все достоинства систем управления движением, управления силовым агрегатом, дополнив их функциями, обеспечивающими безопасность при движении в колонне, связи и управления.

Решению этих проблем будут способствовать включенные в перечень АБС и ПБС, комплексная система управления движением в колоннах, система предупреждения столкновения, автомобильная система заднего и бокового обзора, маршрутный компьютер. По ним тоже исходные документы уже разработаны.

Для обеспечения постоянной технической готовности, повышения эксплуатационных качеств, эффективности контроля технического состояния в эксплуатации наших автомобилей необходима бортовая система контроля, предназначенная для автоматического контроля состояния узлов и агрегатов автомобиля перед началом и во время движения, формирования рекомендаций по предотвращению эксплуатации с неисправностями, пополнения данных о неисправностях агрегатов и последующего их анализа на внешнем переносном компьютере. Работы по созданию таких систем начаты и продолжаются.

Усложнение системы электрооборудования, насыщение борта автомобиля электронными системами обычно ведут к увеличению протяженности электропроводки и — одновременно — к снижению надежности этой системы. Чтобы этого избежать, нужно переходить на мультимплексную систему связи. Поэтому работы в данном направлении тоже предусмотрены.

Серьезной проблемой для военной автомобильной техники всегда было и остается обеспечение скрытности в оптическом и радиолокационном диапазонах. Перспективны в этом смысле системы, автоматически изменяющие цветовые и частотные характеристики специальных маскирующих покрытий на поверхности автомобиля.

Решению проблемы повышения эффективности ВАТ поможет и комплексная система повышения уровня работоспособности экипажа. Она должна обеспечить высокий уровень автоматизации управления микроклиматом, снижением (компенсацией) воздействия шума и вибраций на экипаж, а также контроль загазованности кабин, кузовов и салонов автомобиля. Здесь на уровне НИР проработаны пока лишь отдельные подсистемы (управление микроклиматом, загазованностью). Да и то применительно не к ВАТ, а к легковым автомобилям ВАЗ и ГАЗ.

Специальные исследования показывают, что приоритетной целью развития электронных систем управления должно быть внедрение в конструкцию ВАТ тех систем, которые имеют максимальные степени разра-

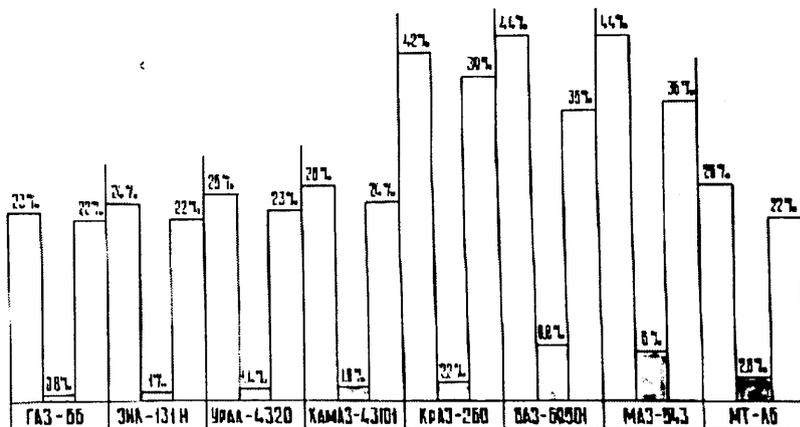
ботки, материально-технического обеспечения, производственно-технических возможностей промышленности. К числу таких систем относятся системы управления бензиновым двигателем и дизелем, АБС и ПБС, маршрутный компьютер, бортовая система контроля и диагностики. Но они же — и системы, обладающие значительным влиянием на технический уровень автомобиля, что служит дополнительным резонансом в пользу придания им приоритетности.

Ко второму приоритетному направлению следует отнести ЭМПСУП, степень разработки которых находится в пределах от поисковой НИР до завершенной НИР (испытаны макетные образцы), но работы по которым в силу различных причин временно приостановлены. Это комплексная система управления силовым агрегатом, системы управления трансмиссией, система заднего и бокового обзора и предупреждения столкновений, система управления климатической установкой, автоматизированная система отображения интегральной информации, комплексная система управления движением ВАТ в колоннах, мультимплексная система связи, а также детектор физической усталости и невнимательности водителя.

Все перечисленные системы уже сейчас обеспечены комплектующими изделиями (ИЭТ, датчики, исполнительные механизмы) на 50—90 %. Правда, часть имеющейся отечественной элементной базы, как сказано выше, пока не в полной мере отвечает требованиям перечня, разрешающего ее применение на военной технике.

К третьему приоритетному направлению следует отнести электронные и микропроцессорные системы управления, которые имеют весьма важное военно-техническое значение для повышения технического уровня и военно-технической эффективности ВАТ, однако степень их разработки находится либо на нулевом уровне, либо на уровне незавершенных поисковых НИР. Большинство из них комплектующими изделиями обеспечено лишь частично, а производственно-технические возможности промышленности отрасли ограничены. В число таких ЭМПСУП входят комплексная микропроцессорная система управления маскировочными режимами (средствами) ВАТ и комплексная система повышения уровня работоспособности экипажа. Ориентировочные сроки их разработки и внедрения — 1995—2005 гг.

В связи со всем сказанным выше возникает вопрос: для каких конкретных образцов ВАТ планируется применение рассмотренного перечня ЭМПСУП? Если коротко, то ответ сводится к следующему. Перечень



| Электронная система | Технико-экономический, эргономический и экологический эффект | | Прогнозируемое повышение свойств ВАТ | |
|---|---|---------------------|--|------------------------------|
| | Показатель | Значение показателя | Показатель | Значение показателя |
| Микропроцессорная система управления подачей топлива | Экономия топлива, % | 8—15 | Увеличение запаса хода, км/л | 0,3 (+36 км без заправки) |
| Комплексная многофункциональная система управления двигателем | Экономия топлива, % | 10—15 | Увеличение запаса хода, км/л | 0,8—1,2 (60—90 км) |
| | Снижение токсичности ОГ, раз | 2—3 | | |
| АБС или комбинация АБС и ПБС | Повышение, %: | | Повышение безопасности и средней скорости движения, раз | 13—15 |
| | безопасности и скорости движения | 15 | | |
| Бортовая система контроля и диагностики | надежности | 20 | Снижение эксплуатационных расходов, % | 29 |
| | безаварийности и безопасности | 25 | Повышение, %: технической готовности, эффективности движения, безопасности технической готовности | 15—20 10 |
| | безопасности движения, безаварийности | 5—10 | | Снижение аварийности, % |
| Автомобильная телевизионная система заднего обзора | надежности, безаварийности, работоспособности водителя | 15—20 | Повышение: безопасности движения, % эффективности движения, % | 7—10 15 |
| Система предупреждения столкновений | безопасности движения, безаварийности | 10—15 | | эффективности движения, км/л |
| Маршрутный компьютер | безопасности движения; экономия топлива; выбор оптимального режима вождения | 3—5 | увеличение запаса хода, км | 10—15 |
| | | 20—30 | Повышение: средней скорости до, км/ч безопасности, % | 120 25—30 |

представительных образцов всех основных групп ВАТ, подлежащих электронизации в соответствии с ранее названными приоритетными направлениями, есть. Есть также данные по среднему изменению основных характеристик и показателей ВАТ (табл. 2) после внедрения на них систем электроники. Но еще

более наглядный ответ на вопрос даст рисунок, на котором приведены расчеты изменения эффективности (первый столбец), стоимости (второй столбец) и приведенной эффективности (третий столбец) серийных ВАТ при условии, что они дооборудуются такими системами.

Уважаемые читатели!

*По всем вопросам размещения рекламных материалов в журнале "Автомобильная промышленность" звоните по телефону 298-89-18 или направляйте по адресу:
103012, Москва, Ветшинский пер., 13, комн. 424.*

В последние годы развитие автомобильных дизелей во многом определяется постоянно ужесточаемыми нормами на их топливную экономичность, токсичность и дымность отработавших газов. Сказывается и дефицит жидких моторных топлив, что заставляет переводить дизели на альтернативные топлива ненефтяного происхождения и на работу по газодизельному циклу. Решений здесь очень много, поскольку топливная экономичность дизеля, а также дымность и токсичность его отработавших газов зависят от большого числа факторов.

ДИЗЕЛЬ, ГАЗОДИЗЕЛЬ И ЭЛЕКТРОНИКА

УДК 629.4.063.6/330.113.656

Законы управления топливоподачей

Канд. техн. наук М.В. МАЗИНГ
НАМИ

Топливная экономичность, дымность и другие показатели двигателя, действительно, зависят от значительного числа факторов. В том числе от оптимальности регулировок топливной аппаратуры, совершенства ее конструкции и параметров. В первую очередь, от закона подачи топлива, угла опережения и момента окончания впрыскивания, точности дозирования и равномерности распределения топлива по цилиндрам, стабильности параметров топливоподачи в условиях эксплуатации, возможности ее корректирования в зависимости от изменения внешних условий и режима работы дизеля и т.д. Однако направления работ уже определились.

Так, эффективность рабочего процесса дизеля улучшают главным образом путем повышения давления впрыскивания топлива и оптимизации фаз впрыскивания. Причем уже общепризнано, что для удовлетворения требований перспективных норм по токсичности и дымности отработавших газов давление впрыскивания топлива необходимо увеличивать до 120 МПа (1200 кгс/см²) и даже (при соответствующей настройке камеры сгорания и впускного канала) — до 150–160 МПа (1500–1600 кгс/см²), а момент начала впрыскивания изменять в соответствии с изменением частоты вращения нагрузки и температурного режима дизеля.

Очевидно, что все это требует радикального совершенствования дизельной топливной аппаратуры. И прежде всего — систем регулирования подачи топлива и начала его впрыскивания, так как топливный насос высокого давления и насос-форсунка плунжерного типа достаточно доведены, и каких-то особых усовершенствований здесь ожидать, в течение по крайней мере ближайшего десятилетия, вряд ли следует. А вот широко применяемые механические системы управления и контроля подачи топлива себя явно изжили — они учитывают влияние лишь ограниченного числа факторов, а значит, не обладают необходимой гибкостью регулирования. Особенно это

проявляется в модификациях двигателей, работающих по газодизельному циклу, где требуется именно гибкое регулирование величины запальной дозы дизельного топлива и расхода газа, а в идеале — угла опережения и состава рабочей смеси. Высокие давления впрыскивания в сочетании с гибким регулированием фаз впрыскивания такие системы тоже не обеспечивают.

Механическим системам альтернатива, как известно, уже есть. Это системы электронные. За рубежом налажено даже серийное их производство (немецкая фирма "Бош", английская "Лукас", японские "Ниппонденсо" и "Зексель" и др.). Более того, выпускаются уже электронные системы второго поколения, в которых конструкция нагнетательных секций значительно упрощена, а высокая точность регулирования обеспечивается электроникой.

Совершенствование электронных систем управления дизелями одновременно идет по двум направлениям: по топливоподаче и процессу впрыскивания. Причем первое из них, управление топливоподачей, т.е. управление дозирующим органом топливного насоса, — это, по существу, самый начальный шаг в электронном управлении двигателем: насосная секция и форсунка не меняются, но дозирующий орган перемещается с помощью не механического, а электромеханического или электрогидравлического исполнительного механизма, управляемого электронным микропроцессорным блоком по сигналам датчиков. Кроме того, центробежный механизм опережения впрыскивания заменяется гидромеханическим, что приводит к значительному усложнению его конструкции. Управление процессом впрыскивания — уже следующий шаг в развитии дизельной топливной аппаратуры, требующий ее радикального изменения (пример такого изменения — насос-форсунка с электромагнитными клапанами и механическим или гидравлическим приводом плунжера).

Основными режимными параметрами при управлении являются частота вращения коленчатого вала и нагрузка двигателя, задаваемая водителем, а также команды пуска и останова. На их основе формируются: внешняя скоростная характеристика с регуляторной ветвью и частичные регуляторные характеристики; характеристики пусковой подачи и команда на выключение подачи топлива (останов двигателя).

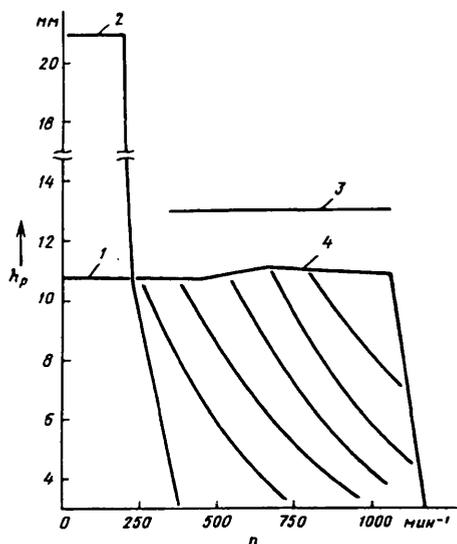


Рис. 1. Законы управления рейкой топливного насоса турбонаддувной модификации дизеля ЯМЗ-238:
 1 — $t_m < 278 \text{ К}$ (5 °C); 2 — $t_m > 323 \text{ К}$ (50 °C); 3 — $P_k \geq 60 \text{ кПа}$ ($0,6 \text{ кгс/см}^2$); 4 — $P_k \leq 0,10 \text{ кПа}$ ($0,1 \text{ кгс/см}^2$)

Максимальная подача топлива (или крайнее положение рейки) по внешней характеристике в рабочем диапазоне режимов ограничивается, как видно из рис. 1 (здесь показано поле рабочих режимов ТНВД в виде зависимости положения рейки от частоты вращения вала насоса, реализуемое электронной системой управления для турбонаддувной модификации двигателя типа ЯМЗ-238), допустимым уровнем дымности отработавших газов (участок обратного корректирования) и заданными мощностью и максимальным крутящим моментом. Точный, с помощью электроники, контроль формы внешней характеристики позволяет более полно использовать энергетические возможности двигателя, т.е. повысить эффективность его работы. По частоте вращения вала насоса поле рабочих режимов справа ограничено номинальным скоростным режимом и внешней регуляторной ветвью с наклоном 8—10 %, а слева — минимальной частотой вращения холостого хода, которая может корректироваться в зависимости от температурного состояния двигателя. Причем электронный регулятор может автоматически поддерживать режим минимальной частоты вращения с точностью $\pm 2 \%$. Благодаря этому частоту вращения коленчатого вала, например, дизеля КамАЗ-740 оказалось возможным снизить до 150 мин^{-1} . Это, конечно, по условию организации рабочего процесса не нужно, однако показывает: электронное управление топливоподачей позволяет получить экономию топлива за счет снижения частоты вращения холостого хода на $150\text{—}200 \text{ мин}^{-1}$, что особенно важно для двигателей, длительное время работающих на таком режиме.

Корректирование подачи топлива на режиме пуска производится в зависимости от температурного состояния двигателя, оцениваемого по температуре масла. При холодном двигателе (температура масла ниже 278 К , или 15 °C) пусковая подача устанавливается примерно в 2 раза больше номинальной, при прогретом (температура выше 323 К , или $+50 \text{ °C}$) — равной

максимальной. Коэффициент корректирования положения рейки насоса в указанном диапазоне температур — $0,22 \text{ мм/°C}$. (Такая коррекция позволяет экономить топливо на режиме пуска и снижать выбросы токсичных веществ с отработавшими газами.)

При работе с турбонаддувом положение рейки для режима полной подачи топлива корректируется по давлению наддува, что ограничивает дымность отработавших газов в зоне низких частот вращения коленчатого вала, т.е. на режимах, где имеется недостаток воздуха, вызванный малой производительностью турбокомпрессора. Степень корректирования зависит от форсировки двигателя и для каждой модели двигателя своя. В рассматриваемом случае (дизель ЯМЗ-238) дополнительное (Δh_p) перемещение рейки в сторону увеличения подачи топлива при изменении давления наддува от 10 до 60 кПа (от 0,1 до $0,6 \text{ кгс/см}^2$) составляет 2 мм. При большем же увеличении давления наддува рейка насоса остается в неизменном положении.

Коррекция максимальной подачи топлива, учитывающая уменьшение плотности топлива при увеличении его температуры от 263 до 353 К ($-10\text{+}80 \text{ °C}$), сводится к перемещению рейки в пределах $1,0 \pm 0,05 \text{ мм}$; коррекция по атмосферному давлению (точнее, разрежению) при работе в горных условиях (нужна для снижения дымности отработавших газов) составляет $\sim 1 \%$ от изменения атмосферного давления.

Все перечисленное, безусловно, важно. Но еще важнее то, что электронное управление позволяет улучшить топливную экономичность дизеля на частичных режимах его работы. Дело в том, что регулятор, дизель и автомобиль образуют замкнутую систему автоматического регулирования, которая представляет собой сложную колебательную систему. При сохранении у частичных характеристик такого же наклона, как и у внешней регуляторной ветви, при небольших (в пределах 10 % диапазона) изменениях положения рычага управления рейка перемещается из одного крайнего положения в другое. Возникает нестабильный колебательный процесс, который и вызывает перерасход топлива и увеличивает дымность отработавших газов. Поэтому желательно, чтобы наклон частичных регуляторных характеристик был возможно меньшим. Исследования показали, что из трех возможных типов частичных регуляторных характеристик (двухрежимные, всережимные и гиперболические) этому условию в наибольшей степени удовлетворяют последние: топливная экономичность дизеля КамАЗ-740, например, улучшается на 4—6 %, а удельная производительность автомобиля (в $\text{т} \cdot \text{км}^2/\text{л} \cdot \text{ч}$) при различных условиях движения (городских, горных, магистральных) возрастает от 1,5 до 11 %.

Удачные эксперименты позволили разработать электронный регулятор, предназначенный для дизеля ЯМЗ-8224.10 большегрузного грузового автомобиля по проекту "Тайфун". В качестве базы был взят многоплунжерный рядный топливный насос типа "Компакт-40", применяемый на этом дизеле, но в качестве исполнительного механизма использовали прецизионный линейный электромагнит с унифици-

рованным бесконтактным датчиком положения рейки и устройством отключения подачи топлива при нарушении электропитания от бортовой сети. Механизм разместили в корпусе ТНВД на месте штатного регулятора и соединили с рейкой через двуплечий рычаг, второе плечо которого управляет устройством выключения подачи топлива. Механизм при ходе якоря соленоида 10 мм развивает усилие на рейке до 50 Н и потребляет ток 5–7 А. Управление — с помощью датчика потенциометрического типа, установленного на педали акселератора; предусмотрена коррекция по температуре, давлению наддува и т.д.

Бортовой блок управления с МП-контроллером выполнен на базе восьмиразрядного МП 1816 ЦЕ 35. Он устанавливается в кабине водителя и соединен с бортовой сетью автомобиля разъемами повышенной надежности.

Большие перспективы у электронного управления топливоподачей с точки зрения его применения на газодизельных модификациях двигателей. В простейшем случае в газодизеле после его пуска в дизельном режиме ограничивается величина запальной дозы дизельного топлива до 10–12 % максимальной, и нагрузочный режим поддерживается регулированием расхода газа, воспламеняемого этой дозой (ее энергия в ~1000 раз выше, чем энергия искры свечи зажигания). Но бедные газозвушные смеси сгорают хуже, чем смеси на основе дизельного топлива, поэтому и эквивалентный удельный расход топлива газодизеля больше. Больше у него и выбросы углеводородов и оксида углерода с отработавшими газами. Проблему позволяет решить устройство регулирования состава рабочей смеси, т.е. устройство, обеспечивающее переход к количественно-качественному принципу регулирования и ограничение максимального коэффициента избытка воздуха на уровне, близком к оптимальному.

Такая система управления подачей газа, величиной запальной дозы дизельного топлива и расходом газозвушной смеси разработана. Она включает электронный блок управления; газовую заслонку и электромагнитный клапан в магистрали подачи газа; заслонку во впускном трубопроводе после смесителя; кулачок-ограничитель для регулирования запальной дозы дизельного топлива (при работе с механическим регулятором частоты вращения); исполнительные механизмы управления заслонками и кулачком-ограничителем, выполненные на базе электродвигателя ДПР-62-Н4-02, цилиндрического редуктора и потенциометра обратной связи СПК-8В; датчики частоты вращения коленчатого вала, разрежения во впускном трубопроводе после заслонки дозирования смеси.

Законы управления положениями заслонок смеси (α) и газа (β), подобранные на основании регулировочных характеристик по критериям токсичности и топливной экономичности, имеют три явно выраженные зоны регулирования (рис. 2). Так, при самых малых нагрузках (зона I) работает только газовая заслонка, регулируя подачу газового топлива; при малых и средних нагрузках (зона II) газовая заслонка неподвижна, работает заслонка смеси; при максимальных нагрузках (зона III) снова работает только газовая заслонка. Границы между зонами I и II определяются величиной разрежения ($\Delta P_{\text{отт}}$) во впускном

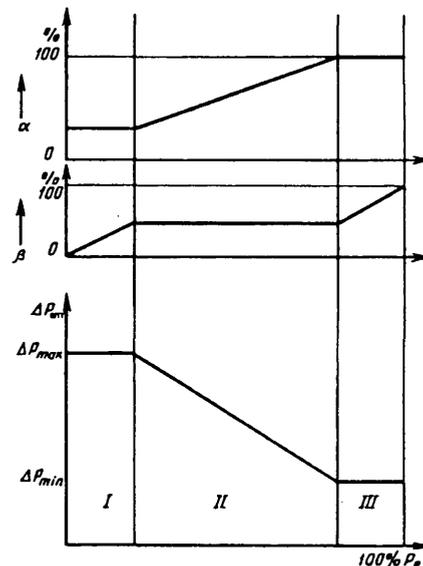


Рис. 2. Законы управления заслонками регулирования подачи смеси (α) и газа (β) и изменение разрежения во впускном трубопроводе газодизеля со смешанным регулированием

трубопроводе после заслонки смеси и зависят от скоростного режима работы.

Стендовые испытания газодизеля КамАЗ со смешанным регулированием и переменной запальной дозой топлива, проведенные по 13-ступенчатому циклу, показали: он полностью удовлетворяет нормам ЕЭК 49.01 и имеет в 4–5 раз меньшую эмиссию углеводородов и в 2 раза меньшую эмиссию оксида углерода, чем "стандартный" газодизель. Очевидно, что количество вредных выбросов уменьшается по двум причинам: из-за улучшения рабочего процесса и уменьшения массы отработавших газов в связи с количественным регулированием.

В данной системе пока сохранен механический регулятор частоты вращения коленчатого вала. Но он будет заменен на электронный. Более того, система регулирования газодизеля будет дополнена и устройством управления углом опережения впрыскивания, т.е. станет комплексной. Однако перед этим потребуются уточнить законы управления топливоподачей на частичных режимах.

УДК 629.1.056.32/62-5

Система регулирования угла опережения впрыскивания топлива

А.Г. КУЗНЕЦОВ, В.А. МАРКОВ,
В.Л. ТРИФОНОВ, В.И. ШАТРОВ
МГТУ имени Н.Э. Баумана

Наиболее токсичная компонента отработавших газов — оксиды азота. На большинстве режимов работы дизелей на их долю приходится 80–90 % суммарной токсичности, в то время как на оксиды углерода — не более 12 %. Поэтому задача снижения выбросов оксидов азота — из числа важнейших. Принципы ее решения вытекают из самого рабочего процесса дизеля.

Особо интенсивное образование оксидов азота наблюдается, как известно, в первой фазе сгорания

дизельного топлива, т.е. до момента, когда температура во фронте пламени достигает своего максимума. И особенно — в период задержки воспламенения. Значит, чтобы уменьшить выбросы оксидов азота, нужно сократить этот период. Например, путем уменьшения угла опережения впрыскивания топлива (УОВТ).

Такой путь уже реализуется рядом зарубежных двигателестроительных фирм. Для этого им приходится значительно изменять конструкции традиционных топливоподающих систем. В частности, отказываться от центробежных муфт опережения впрыскивания и создавать либо муфты, регулирующие УОВТ в зависимости от частоты вращения коленчатого вала, нагрузки на дизель и от некоторых других параметров, либо электронно-управляемые форсунки, насос-форсунки, топливные насосы высокого давления (ТНВД) с встроенными в них устройствами регулирования УОВТ. Причем предпочтение отдается, как показывает анализ разработанных конструкций, топливоподающим системам ТНВД, что обусловлено, по всей видимости, их отработанностью, высокой точностью дозирования, надежностью в работе, простотой регулировок.

Так, японская фирма "Дизель Кики" разработала опытный образец рядного ТНВД с устройством управления УОВТ, выполненным в виде фазированной втулки, которая поступательно перемещается вдоль плунжера. Немецкая "Бош" сделала две модифика-

ции опытного рядного ТНВД, выполненные по такой же конструктивной схеме. У первой из них (РР 39) диаметр плунжера 12 мм, полный его ход — 18 мм; у второй (РР 43) диаметр плунжера тот же, а полный ход — 14 мм. Полное перемещение фазированной втулки вдоль плунжера у обеих модификаций составляет 5,5 мм, что позволяет изменять УОВТ в диапазоне 12° п.к.в.

Главный недостаток и японского, и немецких ТНВД — значительно большая, чем у обычных насосов, высота, обусловленная поступательным перемещением втулки вдоль плунжера и, следовательно, увеличенным ходом плунжера.

В МГТУ имени Н.Э. Баумана тоже создан ТНВД (а.с. 1781446, 1778338, 1772384, СССР), обеспечивающий регулирование количества подаваемого топлива и УОВТ.

Насос одноплунжерный, с диаметром плунжера 9 мм и полным его ходом 10 мм. Спроектирован он применительно к дизелю КамАЗ.

Дозирующая втулка 5 этого насоса (рис. 1) установлена на плунжере 6 и совершает только вращательные движения относительно оси плунжера. УОВТ изменяется за счет перемещения фазированной рейки 14 и поворота втулки 3 вокруг оси плунжера 6. Эта втулка через направляющую поверхность 15 плунжера поворачивает последний вокруг оси, в результате чего косая кромка 9 смещается относительно дополнительного отверстия 10 гильзы 11. Это и приводит к изменению момента начала подачи топлива (УОВТ), соответствующего полному перекрытию дополнительного отверстия 10 косой кромкой 9 при движении плунжера вверх под действием набегающего кулачка 1 кулачкового вала 16 ТНВД.

Величина цикловой подачи топлива изменяется за счет как перемещения дозирующей рейки 13, так и поворота дозирующей втулки 5 вокруг оси плунжера 6: косая кромка 12, выполненная на внутренней цилиндрической поверхности дозирующей втулки 5, смещается относительно отсечного отверстия 4, выполненного в плунжере 6, поэтому момент окончания подачи топлива (величина цикловой подачи), который соответствует началу открытия отсечного отверстия 4 плунжера косой кромкой 12 дозирующей втулки при движении плунжера вверх, тоже изменяется.

Следует отметить, что УОВТ и величина цикловой подачи топлива не зависят друг от друга, поскольку косые кромки 9 и 12 (соответственно плунжера 6 и дозирующей втулки 5) эквидистантны.

В разработанном ТНВД ход дозирующей рейки ТНВД выбран таким (6 мм), что позволяет изменять цикловую подачу топлива от 90 мм³ (полная подача) до нуля (выключение подачи), а ход фазированной рейки (4 мм) — изменять УОВТ в диапазоне 10° п.к.в. (рис. 2).

Работоспособность нового ТНВД и возможность реализации его характеристик оценивались в ходе его безмоторных испытаний, а также экспериментальных исследований в составе одноцилиндровой установки. Выявлено: насос вполне работоспособен; качество распыливания топлива на всех режимах практически такое же, как и в случае серийного

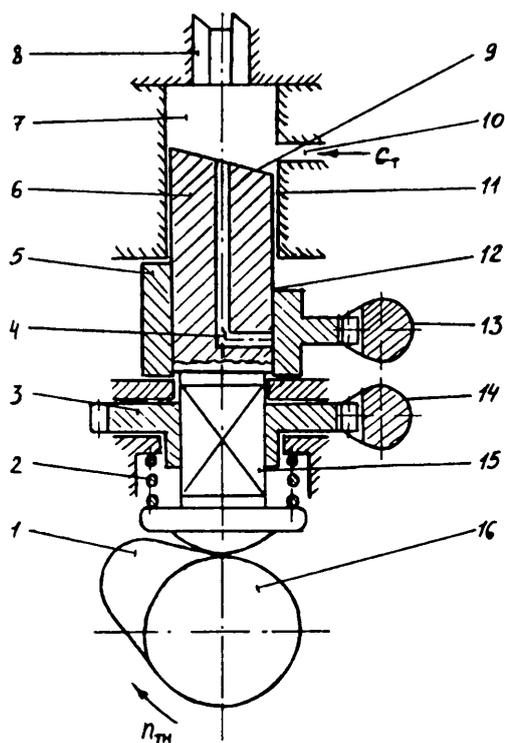


Рис. 1. Схема ТНВД:

1 — кулачок вала насоса; 2 — пружина плунжера; 3 — фазированная втулка; 4 — отсечное отверстие плунжера; 5 — дозирующая втулка; 6 — плунжер; 7 — надплунжерная полость; 8 — нагнетательный клапан; 9 и 12 — косые кромки плунжера; 10 — дополнительное отверстие гильзы; 11 — гильза; 13 — дозирующая рейка; 14 — фазированная рейка; 15 — направляющая поверхность плунжера; 16 — кулачковый вал насоса

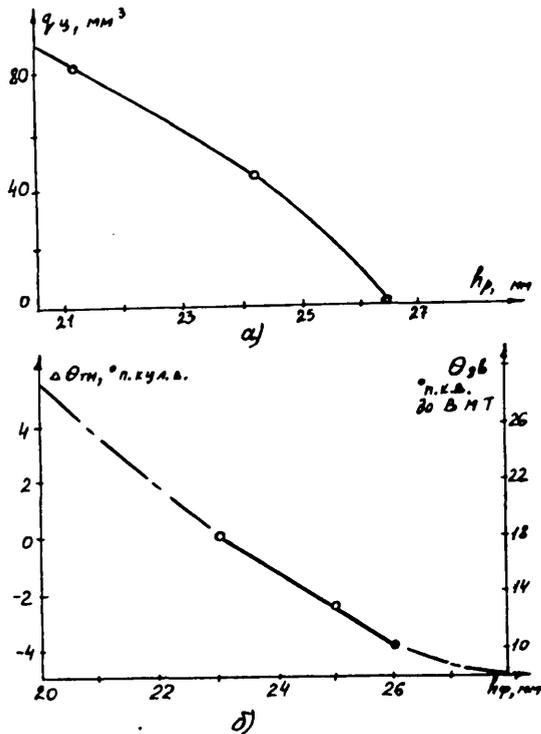
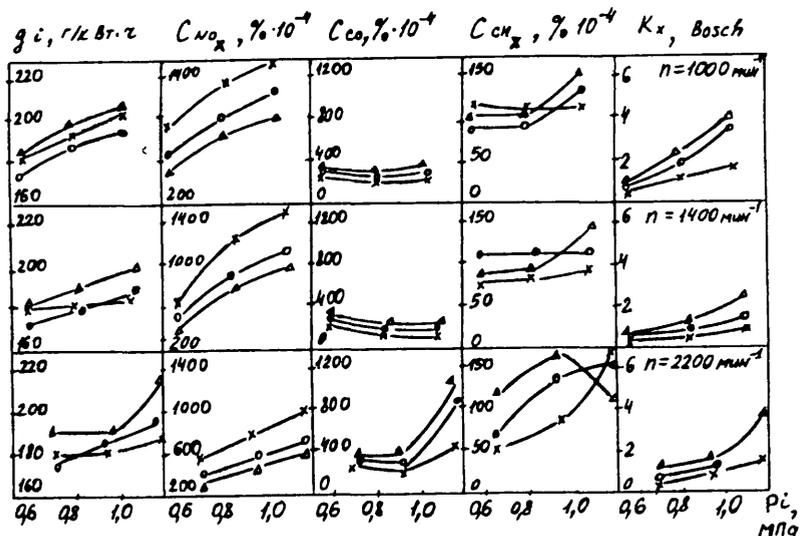


Рис. 2. Зависимость цикловой подачи q_u топлива от положений дозирующей рейки h_p (а) и угла опережения впрыскивания по коленчатому валу двигателя $\theta_{дв}$ и по кулачковому валу ТНВД от положений фазировочной рейки $h_{ф}$ (б)

ТНВД, лишь при значительном уменьшении частоты вращения коленчатого вала давление впрыскивания уменьшается с 45 МПа, или 450 кгс/см² (номинальный скоростной режим) до 31,5 МПа, или 315 кгс/см² (режим холостого хода). Вместе с тем содержание оксидов азота в отработавших газах уменьшилось, по сравнению со штатным топливным насосом с центробежной муфтой опережения, на 30–40 %. И это — при сохранении уровня топливной экономичности (рис. 3).

Таким образом, новый ТНВД задачу, поставленную его разработчиками, решает. Но у него два регулирующих органа. Следовательно, ему нужен регулятор, обеспечивающий два независимых друг от друга воздействия на эти органы. Между тем возможности механических регуляторов частоты вращения коленчатого вала и УОВТ ограничены: они не могут в полной мере реализовать достаточно сложные законы управления топливоподачей. Кроме того, законы работы механических регуляторов при изменении условий эксплуатации не меняются.

Рис. 3. Зависимости удельного индикаторного расхода топлива (g_i), концентраций оксидов азота (C_{NO_x}), оксида углерода (C_{CO}), углеводородов (C_{CH_x}) и дымности (K_x) отработавших газов от частоты вращения коленчатого вала (n) и нагрузки (среднего индикаторного давления P_i) дизеля семейства КамАЗ при различных углах опережения впрыскивания топлива: х — $\theta = 18^\circ$; о — $\theta = 13^\circ$; Δ — $\theta = 10^\circ$ п.к.в. до ВМТ



Поэтому специалисты МВТУ оснащают новый ТНВД специально созданным для него электронным регулятором.

Этот регулятор имеет два исполнительных механизма: для перемещения рейки цикловой подачи и рейки угла опережения впрыскивания топлива.

Датчики положения реек и частоты вращения коленчатого вала, а также исполнительные механизмы расположены на корпусе ТНВД; датчик давления наддувочного воздуха — во впускном патрубке двигателя. Все детали — выпускаемые серийно. Так, датчики положения реек топливного насоса — стандартные, резисторного типа; для измерения регулируемого параметра — частоты вращения применен обычный индукционный датчик, который и расположен стандартным образом, около зубчатого диска, установленного на валу ТНВД; чувствительный элемент датчика давления наддувочного воздуха представляет собой кремниевую пластину, деформация которой соответствует давлению и вызывает изменение величины протекающего через пластину тока.

Сигналы с датчиков поступают в электронный блок, где преобразуются соответствующими частями схемы в двоичные коды.

В качестве исполнительных механизмов перемещения реек угла опережения и цикловой подачи использованы шаговые электродвигатели. Такой выбор объясняется в основном двумя причинами. Первая — высокая стабильность работы, чего трудно добиться для электромагнитов и гидравлических серводвигателей. (Например, перемещение якоря электромагнита, связанного с рейкой, определяется взаимодействием сил магнита и пружины, и здесь трудно обеспечить необходимое позиционирование рейки. Характеристика же гидравлических устройств в значительной степени зависят от параметров рабочей жидкости, например, температуры и давления. Поэтому для создания при пуске и поддержания при работе дизеля стабильного давления рабочей жидкости приходится делать автономную систему питания серводвигателя жидкостью. Шаговый двигатель свободен от этих недостатков.)

Вторая причина — простота управления шаговым двигателем и удобство его сопряжения с цифровым электронным блоком регулятора.

Схемы электроуправляемых топливных систем

Д-р техн. наук Ф.И. ПИНСКИЙ
Филиал ВЗПИ, г. Коломна

Для преобразования поворота вала двигателя в поступательное перемещение рейки цикловой подачи использован механизм типа "винт—гайка". Механизм связи второго шагового двигателя устроен таким образом, что пружина прижимает рейку угла опережения впрыскивания через упор к кулачку, установленному на валу двигателя. При повороте вала шагового двигателя кулачок устанавливает рейку в положение, соответствующее необходимому углу опережения впрыскивания. Профиль кулачка может обеспечить линейную зависимость перемещения рейки от угла поворота вала шагового двигателя.

Электронный блок построен на базе однокристалльной микроЭВМ K1816 BE31, в состав которой входят процессор, порты ввода-вывода, два таймера-счетчика, мощная аппаратура прерываний, а также все необходимые схемы управления шиной обмена информацией с другими частями блока. Выбор данной микроЭВМ для управляющего электронного блока объясняется ее высокой (до 1 млн. операций в 1 с) производительностью и широким набором функциональных возможностей микропроцессора, достаточных для реализации управления двигателем. Однокристалльные микроЭВМ характеризуются также малыми габаритами и низкой потребляемой мощностью.

Поиск базовых поверхностей настройки УОВТ может быть осуществлен на этапе предварительного исследования. В этом случае строится программная система управления, и значения ее настроек для различных режимов работы в виде таблицы помещаются в постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) управляющей микроЭВМ. В процессе эксплуатации двигателя после определения режима работы они извлекаются из ПЗУ и реализуются исполнительными механизмами системы управления. Установка настроек может производиться либо разомкнутыми, либо замкнутыми контурами системы, причем последнее предпочтительнее: точность установки получится более высокой. Но эта, как и любая другая программная система управления, не может адаптироваться к каждому конкретному образцу дизеля, что вызывает необходимость корректировки таблицы настроек.

В этом смысле адаптивные (самоадаптирующиеся) системы управления, безусловно, лучше: они способны находить оптимальную настройку непосредственно в процессе эксплуатации. (Суть адаптации заключается в том, что на каждом режиме работы система самостоятельно ищет экстремум критерия качества. Делается это путем тестовых изменений настройки, например, УОВТ). Однако реализовать такую систему трудно. В частности, потому, что она требует оперативного автоматизированного измерения многих параметров (к примеру, тех же показателей токсичности отработавших газов при работе двигателя). Поэтому в разработанной системе использован именно принцип программного управления УОВТ по базовым поверхностям, которые получены в результате оптимизации характеристик дизеля по критерию качества, отражающему показатели экономичности и токсичности.

Сейчас уже никто не сомневается в том, что традиционные механические и гидромеханические топливные и управляющие системы исчерпали свои возможности и что радикальное совершенствование технических, экономических и особенно экологических характеристик дизелей возможно только при использовании микропроцессорных систем управления. Ибо только такие системы способны обеспечить оптимальное управление рабочим процессом в каждом цикле каждого цилиндра как в установившихся, так и на переходных режимах. Причем главная роль принадлежит здесь именно электроуправляемой топливной системе.

Именно из этого исходили фирмы "Детройт Дизель", "Камминз", "Станадайн Аутомотив", "Лукас", "Бош" и др., когда начинали разработку, а затем и серийное изготовление электроуправляемых (с импульсным индивидуальным для каждого цикла и цилиндра) топливных систем. Более того, некоторые фирмы (например, "Детройт Дизель") уже объявили, что они прекратили разработку новых серий дизелей с неэлектронными топливными системами.

Из сказанного следует очевидный для создателей (да и потребителей) дизелей вывод: в ближайшие годы все новые дизели (или, по крайней мере, хотя бы одна модификация базовой модели) будут иметь электроуправляемую топливную и микропроцессорную управляющую системы. Вопрос в другом: как реализуется этот вывод?

Ответ на него даст практика. И вот о чем она свидетельствует.

В общем случае дизельная топливная система с электронным управлением в любом варианте представляет собой совокупность электрогидравлических преобразователей, благодаря которым электрические управляющие импульсы, формируемые электронным управляющим устройством, вызывают изменение гидравлических импульсов давления впрыскивания топлива. Причем в простейших ее вариантах роль этих преобразователей играют форсунки с электромагнитным или электрогидравлическим приводом затвора (иглы), которые представляют собой электромагнитный клапан, формирующий (непосредственно или через гидравлический усилительный привод главного затвора) из давления топлива в аккумуляторе импульсы давления впрыскивания.

Однако аккумуляторные системы не могут обеспечить высокие (150—250 МПа, или 1500—2500 кгс/см²) давления впрыскивания топлива. С этой точки зрения более удобны системы, в которых высокое давление создается только на время впрыскивания топлива в соответствующий цилиндр. Его источником служит ТНВД (или одна секция ТНВД), работающий на один канал впрыскивания. Такой насос или секция, а также форсунка и управляющий модуль в виде электромагнитного клапана или устройства, содержащего электромагнитный

клапан, могут быть объединены в отдельно устанавливаемый узел — электроуправляемую насос-форсунку.

Такая компоновка выгодна, поскольку высокое давление топлива действует не только в течение минимально необходимого времени, но и в минимально необходимой части топливной системы, из нее исключаются высоконагруженные трубопроводы, сокращается число соединений, требующих сложного уплотнения. Поэтому схемы электроуправляемых топливных систем ниже будут рассматриваться именно на примере систем с электроуправляемыми насос-форсунками.

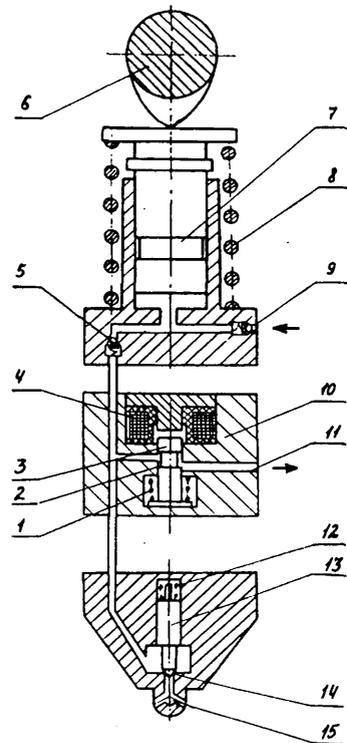
Электроуправляемые насос-форсунки различают по типу привода нагнетательного плунжера ТНВД: он может быть механическим, гидравлическим или пневматическим. Причем с точки зрения функциональных возможностей (способности регулировать продолжительность и опережение впрыскивания, подачу топлива по параметрам рабочего процесса дизеля, ограничивать количество вредных выбросов, улучшать топливную экономичность, обеспечивать равномерность нагрузки работающих цилиндров и минимальную устойчивую частоту вращения коленчатого вала на холостом ходу, сохранять работоспособность дизеля при смене марки топлива и т.д.) все три типа топливных систем практически равноценны. Правда, система с гидравлическим приводом нагнетательного плунжера уступает двум другим по числу управляемых форсунок и форме характеристики впрыскивания, но имеет одно принципиальное преимущество: давление впрыскивания у нее не зависит от его продолжительности и опережения. Отсюда — и более широкие ее возможности с точки зрения программной и поисковой адаптивного управления. У нее также ниже рабочее давление (в аккумуляторе среднего давления и на управляющих клапанах), минимальная длительность работы при высоком давлении и число высоконагруженных элементов. Зато у систем с пневматическим и механическим приводами меньше число каскадов повышения давления топлива и аккумуляторов. Кроме того, у системы с пневмоприводом меньше объем системы высокого давления топлива, а каналы впрыскивания отдельных цилиндров дизеля автономны (нет общих для системы элементов).

Достоинства системы с механическим приводом тоже не ограничиваются меньшим числом каскадов. Она хорошо освоена производством, имеет доведенную конструкцию основных элементов, высокую степень приспособленности к различным типоразмерам дизелей и резервную гидромеханическую систему регулирования частоты вращения коленчатого вала дизеля, сохраняющую его работоспособность при любых отказах в электронной управляющей системе. Поэтому ведущие зарубежные дизелестроительные фирмы для серийного производства берут именно системы с механическим приводом.

Схема одного из вариантов электроуправляемых топливных систем с таким приводом показана на рисунке. Она содержит три основных модуля — насос высокого давления, форсунку и управляющий нормально открытый клапан с непосредственным электромагнитным приводом, которые, как сказано выше,

могут быть объединены попарно или все вместе в виде насос-форсунки.

ТНВД, как обычно, состоит из кулачкового вала 6, гладкого плунжера 7, возвратной пружины 8, обратных клапанов 9 в канале всасывания и 5 в канале нагнетания; форсунка имеет иглу 13 с коническим затвором 14 в канале подвода топлива к сопловым отверстиям 15 и возвратную пружину 12; управляющий клапан 10 включает электромагнит соленоидного типа с обмоткой 4, якорем 3, представляющим собой часть золотника с затвором в виде управляющей кромки 2, перекрывающей проход из подводящего канала в сливной канал 11, и пружину 1.



С началом движения нагнетательного плунжера 7 клапан 9 закрывается. Если электромагнитный управляющий клапан выключен (обмотка обесточена), вытесняемое плунжером топливо из ТНВД идет на слив. Если электронное управляющее устройство подает электрический импульс на обмотку 4 электромагнита, якорь 3 втягивается и перекрывает слив. Давление топлива под плунжером повышается, клапан 5 открывается, и давление, создаваемое ТНВД, подается на иглу 13. Когда оно станет равным давлению открытия иглы, последняя поднимается и пропускает топливо в цилиндр дизеля. При выключении электромагнита пружина 1 возвращает золотник 3 в исходное положение, и клапан слива 11 снова открывается. Давление в насос-форсунке падает, игла возвращается в исходное положение, впрыскивание топлива прекращается.

Поскольку давление топлива в любой момент времени предопределяется характеристиками насоса и условиями его работы, фаза электрического управляющего импульса задает опережение начала впрыскивания топлива, а продолжительность этого импульса — длительность впрыскивания, т.е. величину подачи топлива.

Электроуправляемая топливная система с механическим приводом разработана и в России. Предназначена она для дизелей, устанавливаемых на автомобили-самосвалы БелАЗ и отличается от зарубежных аналогов более широкими возможностями управления характеристикой впрыскивания, более эффективным быстродействующим силовым электромагнитным приводом управляющих клапанов в каналах впрыскивания топлива. Результаты безмоторных ее испытаний, расчеты и конструктивные проработки показали, что эта система может служить прототипом

адаптивных электроуправляемых топливных систем для более быстроходных автомобильных дизелей. В частности, на основе ее элементов уже собран макетный образец — система с форсункой ФД-22 для дизеля УК-2 Алтайского моторного завода. При испытаниях установлено, что расходная характеристика (зависимость цикловых подач от длительности электрического управляющего импульса) форсунки ФД-22 в зоне минимальных подач (прокрутка дизеля на частоте вращения коленчатого вала 850 мин^{-1}) достаточно линейна, свидетельствует о более чем двойном запасе в сторону уменьшения подач. Увеличение же цикловых подач, как и во всех электроуправляемых топливных системах с механическим

приводом, с ростом частоты вращения затруднений не вызывает.

Другие характеристики, в том числе фазовая (зависимость цикловых подач от опережения электрического импульса), свидетельствуют о возможности изменения опережения впрыскивания при неизменной цикловой подаче на 3 мс. Для систем с механическим приводом это очень хороший результат.

В заключение отметим, что испытания топливных систем различных схем подтвердили: электроника снижает расход топлива и количество вредных выбросов с отработавшими газами, увеличивает мощность дизеля и равномерность нагрузки его цилиндров.

СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

Возможности любой конструкции, как известно, имеют свой предел. Так, достигнув за свою долгую жизнь максимального совершенства, карбюратор вынужден уступить место более прогрессивным на данном этапе развития техники и технологии системам впрыскивания топлива. Преимущества последних очевидны, причем теоретические выводы специалистов уже подтверждены практическим опытом зарубежных автомобильных фирм.

В последние годы ряд отечественных автозаводов и научно-исследовательских институтов усиленно работают над созданием конкретных конструкций таких систем для современных, а не только перспективных АТС.

УДК 629.113:621.43.038

Для автомобилей ЗАЗ

Ю.М. АПУХТИН, А.А. РЕБРОВ

Системами электронного управления впрыскиванием топлива и зажиганием двигателей легковых автомобилей Харьковское КБМ имени Морозова занимается с 1992 г.: тогда здесь была начата работа по созданию такой системы для автомобиля "Таврия".

В основу разработки был положен доминирующий на предприятиях оборонного комплекса принцип создания всех без исключения составных частей системы на базе собственного задела, без заимствования импортных элементов и узлов. Эта цель была достигнута, и в результате получены образцы системы, полностью состоящей из отечественных узлов.

При анализе различных вариантов построения была выбрана схема (см. рисунок) с моновпрыском, обеспечивающая для данного класса двигателя (рабочий объем 1,1 л) достаточно хорошее качество управления при сравнительной простоте и невысокой стоимости системы. Она обеспечивает автоматический прогрев двигателя, пуск двигателя в диапазоне температур от 258 до 303 К (от -15°C до $+30^\circ\text{C}$) за время не более 1,5 с, управление впрыском топлива и зажиганием двигателя. Кроме того, по желанию водителя на приемлемых участках трассы система может работать в режиме автоматического поддержания заданной скорости автомобиля при отпущенной педали акселератора (режим "Темпостат"), который мгновенно снимается при нажатии на любую из педалей управления.

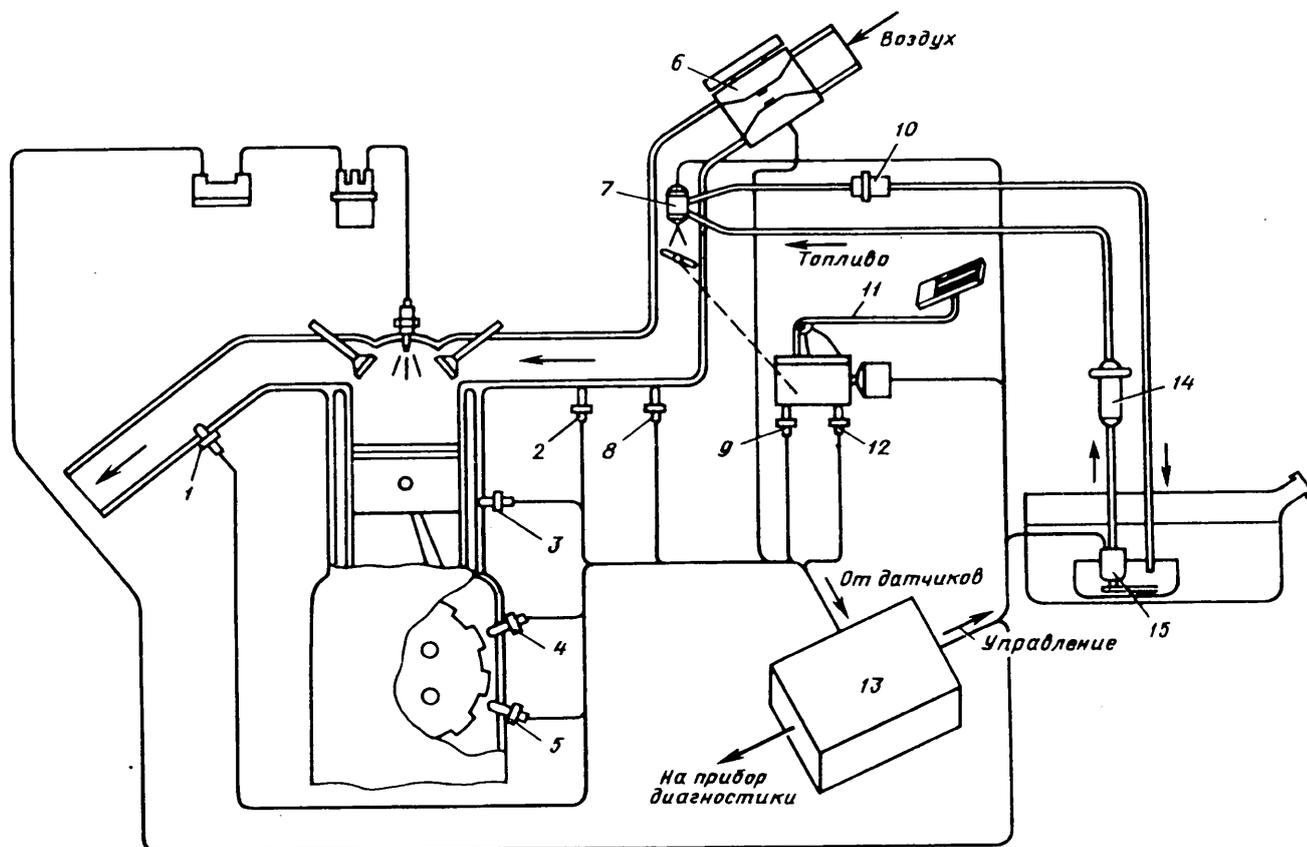
В системе используется датчик детонации, обеспечивающий совместно с другими элементами бездетон-

ационную работу и благоприятный режим работы двигателя в любых условиях эксплуатации.

Система может управлять впрыскиванием топлива по сигналам датчиков: положения дроссельной заслонки, абсолютного давления либо массового расхода воздуха. С этой целью в блоке управления предусмотрен унифицированный вход, к которому можно подключать любой из этих датчиков. Закон управления в зависимости от выбранного типа датчика задается изменением бортовых программ.

Испытания показали, что при регулировании подачи топлива в зависимости от положения дроссельной заслонки и частоты вращения коленчатого вала двигатель на режимах холостого хода и постоянных нагрузок работает устойчиво. Однако для обеспечения качественного управления на переходных режимах нужно измерять и ряд дополнительных параметров — такие, как атмосферное давление, температура и плотность воздуха и др., что существенно усложняет систему управления.

При регулировании по изменению абсолютного давления за дроссельной заслонкой и частоты вращения коленчатого вала с учетом плотности воздуха и атмосферного давления система хорошо выполняет свое предназначение на всех режимах. Более того, данная зависимость обеспечивает возможность реализации гибкого закона регулирования подачи топлива во всем диапазоне эксплуатационной характеристики двигателя. При этом названные характеристики в основном соответствуют характеристикам, полученным с карбюратором, а по некоторым показателям (экономичность на максимальном крутящем моменте, максимальная мощность, устойчивость работы двигателя на режиме холостого хода) наблюдается их улучшение.



Система впрыскивания топлива для автомобиля ЗАЗ:

1 — λ-зонд; 2 — датчик детонации; 3 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 4 — датчик частоты вращения коленчатого вала; 5 — датчик ВМТ; 6 — датчик расхода воздуха; 7 — форсунка; 8 — датчик давления; 9 — датчик положения заслонки; 10 — регулятор давления; 11 — привод заслонки; 12 — датчик положения педали; 13 — блок управления; 14 — топливный фильтр; 15 — бензонасос

Как недостаток необходимо отметить наличие запаздывания в системе регулирования цикловой подачи на переходных режимах, что обусловлено процессами изменения давления во впускном трубопроводе при изменении нагрузки, приводящими к ухудшению разгона двигателя и снижению качества сгорания топливовоздушной смеси. Кроме того, использование данной зависимости предполагает управление цикловой подачей по картограмме, заранее построенной на основе статических характеристик двигателя и занесенной в память бортового компьютера, вследствие чего эта система требует наличия автоматической подстройки под сортность бензина и техническое состояние двигателя.

Наиболее эффективна, по результатам исследований, третья зависимость — регулирование подачи топлива по массовому расходу воздуха и частоте вращения коленчатого вала. Причина очевидна: для образования топливовоздушной смеси в этом случае используется прямой метод измерения и управления весовым соотношением масс топлива и воздуха, что обеспечивает оптимальный состав смеси, улучшение наполнения цилиндров и повышение термодинамического КПД двигателя в целом.

Дорожные испытания системы с датчиком массового расхода воздуха подтвердили ее эффективность с точки зрения повышения мощности и крутящего момента, снижения (на 2 %) расхода топлива и выполнения норм по токсичности отработавших газов.

Системы доводились в такой последовательности. На первом этапе были выполнены сравнительные стендовые испытания двигателя МсМЗ-245, оборудованного сначала макетным образцом системы впрыскивания, а затем — серийным карбюратором. Оказалось, что система обеспечивает более приемлемые нагрузочные характеристики двигателя, чем карбюратор. Поэтому ее оснастили двигатель, установленный на автомобиле, и приступили ко второму этапу — ходовым (дорожным) испытаниям и отработке алгоритма управления.

На третьем этапе автомобиль испытывали на беговых барабанах испытательной базы МсМЗ. Одновременно узел дроссельной заслонки проходил сравнительные испытания с аналогичными узлами других предприятий, в том числе и фирмы "Сименс". При этом выявились весьма любопытные факты.

Так, оказалось, что все узлы, независимо от их "происхождения", дают большую, чем карбюратор, неравномерность распределения топливовоздушной смеси по цилиндрам двигателя. Но у узла, разработанного ХКБМ, она наименьшая. Например, для узла фирмы "Сименс" она составляет 12—25, для узлов некоторых других — 18—40, а для узла ХКБМ — 7—18 %. Кроме того, при установке узла дроссельной заслонки разработки ХКБМ на серийный двигатель МсМЗ-245 максимальная мощность последнего возросла до 38 кВт (52 л.с.) при 5800 мин⁻¹, т.е. на 2,5 %. При этом в диапазоне от 3000 до

6000 мин⁻¹ двигатель на внешней характеристике имеет наилучшие показатели по удельному расходу топлива.

К настоящему времени проведены некоторые конструктивные доработки узла, которые сохраняют высокие мощностные показатели двигателя и еще больше улучшают, причем во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала, его топливную экономичность и тяговые качества в непрогретом состоянии.

Испытания дроссельного узла, проведенные в ХКБМ, показали принципиальную возможность использования шагового двигателя одновременно в системе регулирования холостого хода и механизма темпостата. При этом точность поддержания частоты вращения коленчатого вала на режиме холостого хода составляет ± 80 мин⁻¹, точность поддержания скорости автомобиля в режиме "Темпостат" — ± 5 %.

Автомобиль, оснащенный первым компонентом системы впрыска топлива, в настоящее время проходит предварительные испытания, которые включают доработку алгоритмов управления подачей топлива на режимах холодного пуска и прогрева двигателя и холостого хода. Одновременно контролируется функционирование всех составных элементов системы в условиях реальной эксплуатации, проводятся предварительные замеры эксплуатационного расхода топлива.

По уже полученным результатам видно, что эксплуатационный расход топлива при использовании бензина А-76 на частично дефорсированном двигателе не превышает аналогичных показателей в случае хорошо отрегулированного карбюратора, а на некоторых режимах расход топлива значительно снижается (например, на режиме принудительного холостого хода, некоторых стационарных режимах). При этом следует особо отметить, что при сравнении за "точку отчета" принимается исправный двигатель с хорошо отрегулированным карбюратором, хотя в реальной эксплуатации расход топлива растет с ростом пробега, что связано с изменением регулировочных характеристик карбюратора (изменение сечений каналов и жиклеров, неисправность клапана и блока управления ЭПХХ, привода пускового устройства и т.д.) и параметров рабочего процесса двигателя. Система же впрыскивания благодаря электронному блоку управления и датчикам обеспечивает ее автоматическую подстройку к изменяющимся условиям эксплуатации, параметрам рабочего процесса двигателя и тем самым — стабильность эксплуатационного расхода топлива на протяжении как минимум 140 тыс. км пробега.

Система, как видно из рисунка, включает 12 элементов. Коротко остановимся на них.

Форсунка — с пылящей частью вихревого типа. Ее техническая характеристика: сопротивление обмотки — 2,5 Ом; статическая производительность — $20 \cdot 10^3$ см³/ч; рабочее давление — 0,2—0,35 МПа (2—3,5 кгс/см²); минимальная длительность одиночного цикла — 2,5 мс (в том числе время включения — 1,2 и время выключения — 1,3 мс).

То есть по своим характеристикам эта форсунка не уступает форсунке ЕУ 1.3 фирмы "Бош", наиболее часто используемой на зарубежных автомобилях. Что

же касается ее безотказности, то приведем лишь одну цифру: новая форсунка отработала на стенде свыше 200 млн. циклов без отклонений от начальных параметров, что соответствует 140 тыс. км пробега автомобиля.

Разработанная форсунка имеет и еще одно достоинство: она пригодна для изготовления на отечественном оборудовании с использованием недорогих материалов (всего три детали требуют высокой степени точности при изготовлении и последующей селективной сборки).

Узел дроссельной заслонки — со смесительной камерой диаметром 36 мм, регулятором холостого хода (выполнен на базе шагового двигателя) и потенциометрическими датчиками положения педали управления дроссельной заслонки и самой заслонки.

Регулятор давления — мембранного типа, работающий при давлении 0,35 МПа, или 3,5 кгс/см². (Такое давление обеспечивает хороший распыл топлива в смесительной камере и снижает неравномерность распределения топливовоздушной смеси по цилиндрам.)

Топливный фильтр — с бумажным фильтрующим элементом и чистой очистки топлива 8 мкм.

Бензонасос — роликовый или гироторный, погружного типа, его производительность 90 л/ч, развиваемое давление — 0,45 МПа (4,5 кгс/см²).

Блок управления построен на базе однокристалльной микроЭВМ МК-51, имеет два варианта — с преобразователем входных сигналов на микроЭВМ МК-48 и стандартном АЦП.

λ -зонд — твердотельный, с подогревом, работает при коэффициенте избытка воздуха от 0,9 до 1,2. Проводятся работы по нанесению на чувствительный элемент специального покрытия, обеспечивающего работу λ -зонда при этилированном бензине.

Датчик расхода воздуха — термоанемометрического типа, в качестве чувствительного элемента использована платиновая нить. Работает в диапазоне расходов от 6 до 200 кг/ч, погрешность измерения — 2—4 %.

Датчик абсолютного давления — полупроводниковый, тензометрического типа, работает в диапазоне от 20 до 102 кПа, погрешность измерения — 1—3 %.

Датчик детонации — резонансного типа, с резонансной частотой $8,2 \pm 0,5$ кГц.

В качестве датчика частоты вращения коленчатого вала используется серийный датчик 141.3847, а датчика температуры охлаждающей жидкости — серийный датчик 19.3828.

Опытные комплекты системы, предназначенные для предварительных испытаний на нагрузочных стендах и в составе автомобилей, а также для межзаводских и государственных испытаний, уже либо изготовлены, либо близки к завершению сборки. Так что с этим проблем не будет. Однако для того чтобы начать крупномасштабное производство таких систем, нужно, во-первых, наладить серийный выпуск форсунок, отвечающих всем требованиям по рабочим характеристикам (технологический разброс не более ± 1 %) и по себестоимости (судя по зарубежным ценам, не более 10—15 долл. США). Во-вторых, повысить стабильность работы и достоверность сигналов датчика абсолютного давления. Наконец, в-третьих,

снизить стоимость (не более 60 долл. США) и массогабаритные характеристики электронного блока управления, а его надежность, наоборот, повысить.

Все перечисленные проблемы можно снять, если использовать импортные форсунки и датчики абсолютного давления. Однако этот выход — временный.

УДК 621.43-43

Для двухтактного ДВС

В.И. ТИМОНЧИК, А.И. КАЛИТАК,
С.М. ДЮКАРЕВ, В.В. КЛЕНИСКИЙ
НПП "Рапид", Минский мототехнологический завод

Научно-производственное предприятие "Рапид" (г. Луганск) и Минский мотоциклетный и велосипедный завод провели опытно-конструкторские работы по оборудованию двухтактного бензинового двигателя электронной системой впрыска топлива. Объектом был выбран двигатель класса 125 см³, отличавшийся от серийного только наличием насоса для раздельной подачи масла и фланцевым креплением цилиндра. В остальном, даже в геометрии дроссельного патрубка, были выдержаны присоединительные размеры серийного двигателя, что позволило провести сравнительные испытания карбюраторной и электронной систем питания.

Основу системы питания составили разработанные НПП "Рапид" ультразвуковые топливные форсунки с высокими динамическими характеристиками. Кроме того, в нее вошли блок управления форсунками, электробензонасос, регулятор давления, датчик частоты вращения коленчатого вала (он же датчик стартовых импульсов), дроссельная заслонка гильотинного типа с датчиком ее положения.

Форсунок две, т.е. их число соответствует числу продувочных каналов. Но две их еще и потому, что они решают и такую задачу, как обеспечение достаточной цикловой подачи топлива на больших частотах вращения коленчатого вала, когда продолжительность впрыскивания весьма мала.

Давление топлива перед форсунками поддерживалось регулятором давления постоянным и равным 0,2 МПа (2 кгс/см²). Увеличивать его больше нельзя, поскольку возрастают затраты энергии на привод насоса, а ее на борту мотоцикла и так не в избытке.

Практической проверке подвергались два варианта расположения форсунок: непосредственно в цилиндре и в продувочных окнах. Полученные результаты сравнивались с теми, которые давал серийный двигатель с карбюратором.

Первый вариант расположения форсунок себя не оправдал. Хотя, казалось бы, небольшой диаметр цилиндра, размер факела распыленного топлива, соизмеримый с этим диаметром, и ориентация форсунок распылителем на камеру сгорания должны были исключить или свести к минимуму осаждение топлива на стенках цилиндра. На практике же получалось, что двигатель работал неустойчиво, слабо реагировал на изменение продолжительности впрыска. Причину определили визуальным (с применением стробоскопической подсветки) наблюдением процесса смесеобразования. Оказалось, что факелы распыленного топлива струями продувочного воздуха прижимаются к

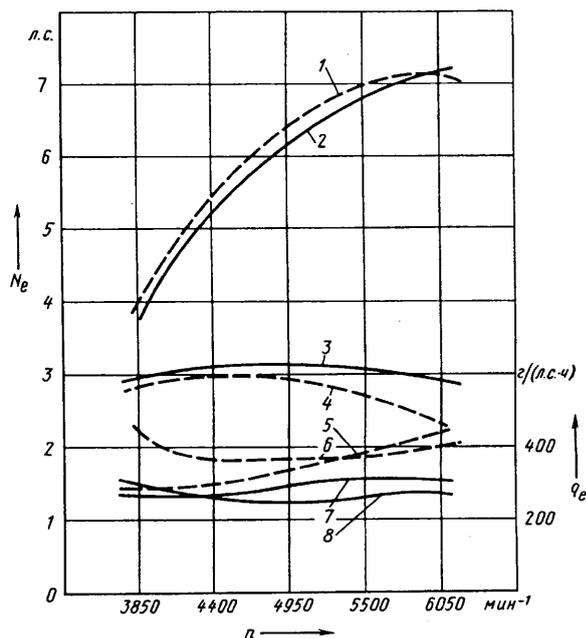
стенкам цилиндра и частично концентрируются в крупные капли. Естественно, при таком смесеобразовании получить устойчивую и экономичную работу двигателя нельзя.

Второй вариант был гораздо удачнее. При нем двигатель работал надежно и устойчиво. Испытания проводились методом снятия частичных скоростных характеристик при изменении высоты подъема дроссельной заслонки от 6 мм до полного (26 мм) дросселя. Эти характеристики приведены на рисунке (сплошные линии на нем — характеристики двигателя, оборудованного системой впрыска топлива, штриховые — серийного двигателя).

Как видно из рисунка, экономичность и мощность двухтактного двигателя с системой впрыска топлива зависят от интенсивности процесса продувки, которая, в свою очередь, зависит от скоростного и нагрузочного режимов. Качество же распыла топлива форсунками остается практически постоянным, так как оно определяется только конструкцией форсунок и давлением топлива.

Заметим, что на рисунке приведены данные сравнительных испытаний двух систем питания в диапазоне 3850—6050 мин⁻¹. Это вызвано особенностями данного двигателя с карбюраторным смесеобразованием: на режимах от холостого хода (1000 мин⁻¹) и до 3850 мин⁻¹ двигатель в реальных условиях эксплуатации практически не работает.

Для создания бортового варианта системы питания потребовалось снять зависимость количества впрыскиваемого топлива за цикл во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала и во всем диапазоне положений дроссельной заслонки. В результате была построена матрица данных, содержащая необходимый объем информации для регулирования данного двигателя. Она и "зашивается" в ПЗУ электронного блока.



Характеристики двигателя:

1 и 2 — мощность на нагрузочном режиме; 3 и 4 — мощность на скоростном режиме; 6 и 8 — удельный расход топлива на нагрузочном режиме; 5 и 7 — удельный расход топлива на скоростном режиме

По результатам стендовых испытаний силового агрегата, оборудованного электронной системой впрыска топлива, уже можно сделать некоторые практические выводы.

Первый состоит в том, что моторные испытания подтвердили работоспособность ультразвуковых топливных форсунок, т.е. такие форсунки открывают возможность для формирования нового класса топливной аппаратуры.

Второй: система впрыска топлива с электронным управлением позволяет улучшить топливную экономичность и мощностные показатели двухтактных двигателей.

Третий: в связи с тем, что двухтактные двигатели дешевле, обладают лучшими массо-габаритными показателями, проще в обслуживании, чем четырехтактные, система впрыска может сделать их наиболее перспективными для транспортных средств класса 125—1000 см³.

И, наконец, четвертый вывод: форсунки в такой системе выполняются на ферритах и клее. Это означает, что их можно выпускать по практически безотходной технологии, максимально удовлетворяющей требованиям массового производства.

УДК 629.05/622.478

БЛОКИ ЗАЩИТЫ БОРТОВОЙ СЕТИ ОТ ИМПУЛЬСНЫХ ПЕРЕНАПРЯЖЕНИЙ

Л.Н. КРУТЯКОВ, Н.А. ПУНГИН,
А.А. САПОЖНИКОВ

Согласно нормативно-технической документации при резком сбросе нагрузки, коммутации индуктивных и емкостных нагрузок в бортовой сети АТС допускаются отдельные или периодические импульсы напряжений амплитудой до ±160 В при длительности от 0,3 мс до 0,3 с. Очевидно, что надежная работа устройств автомобильной электроники возможна лишь в двух случаях: либо тогда, когда комплектующие изделия способны выдержать эти нагрузки, либо когда каждое устройство защищено специальной схемой. Но в последнее время появился и третий вариант: разработаны силовые ограничители напряжения — варисторы и ограничительные диоды, которые позволяют подавлять перенапряжения непосредственно в бортовой сети. Правда, конструктивное исполнение и варисторов, и ограничительных диодов таковы, что они не выдерживают экстремальных условий работы на автомобиле. Но принцип, безусловно, верный. Поэтому возникла идея: на основе ограничительного диода разработать специальное устройство, блок защиты бортовой сети, который, с одной стороны, обладал бы заданными электрическими параметрами, с другой — обеспечивал бы возможность сохранения этих параметров при эксплуатации в моторном отсеке автомобиля.

При реализации идеи пришлось решать довольно сложную задачу обеспечения оптимального теплового режима диода при воздействии как многократных импульсных перенапряжений при мощности импульса до 2 кВт и длительности до 3 мс, так и одиночных при мощности 1,5 кВт и длительности 0,3 с. Решить ее помогло математическое моделирование. Благодаря ему удалось выбрать такой вариант конструкции блока, при котором перегрев ограничительного элемента (варистора) составляет не более 25 К.

Испытания на автозаводах АЗЛК, ВАЗ, ЗАЗ и Ижмаш блока защиты сети, выполненного на его базе, показали: блок защиты позволяет повысить надежность системы электропитания и улучшить качество напряжения в сети. Поэтому ЗАЗ уже уста-

навливает (с 1992 г.) этот блок (БЗС 28.3722) на своих серийных автомобилях ЗАЗ-1102.

Сейчас (по предложению ВАЗа и ЗАЗа) возможности БЗС решено расширить. В частности, снизить напряжение ограничения до 18—20 В. Это позволит уменьшить вероятность перегорания нитей накаливания ламп световых приборов.

И решение реализуется: уже разработаны два новых блока (БЗС1 32.3722 и БЗС2 321.3722), база которых — мощные ограничительные диоды, обладающие, как видно из табл. 1, рядом преимуществ перед варисторами: у них меньше напряжение ограничения и токи утечки, слабее зависимость параметров от внешних факторов.

Рассмотрим БЗС на основе ограничительных диодов несколько подробнее.

Для того чтобы обеспечить необходимый теплоотвод, ограничительный диод устанавливается на теплоотводящем основании, которое одновременно служит "минусовым" выводом БЗС. Положительное напряжение при помощи стандартного автомобильного штекера подводится к верхнему электроду диода. Для защиты от воздействия механических и климатических факторов диод покрывается слоем гермети-

Таблица 1

| Параметр | Варистор | | Ограничительный диод | |
|--|-----------------------|-----------------------|----------------------|------|
| | 12 В | 24 В | 12 В | 24 В |
| Напряжение ограничения импульсов положительной полярности U50 при токе 50 А, В | 36 | 60 | 22 | 40 |
| Напряжение ограничения импульсов отрицательной полярности U30 при токе 30 А, В | 32 | 56 | 0,8 | 0,8 |
| Ток утечки, мА, при напряжении в бортовой сети: | | | | |
| 14 В | 1,5 | — | 0,2 | — |
| 28 В | — | 1,0 | — | 0,1 |
| Время восстановления параметров после воздействия импульса перегрузки при мощности 1,5 кВт и длительности 0,3 с, с | 7,2 · 10 ² | 7,2 · 10 ² | 0,1 | 0,1 |

| Блок защиты | Нормальные климатические условия | | | Температура 323 К (80 °С) | | | После импульсного воздействия (1 кВт в течение 0,3 с) | | |
|-------------|----------------------------------|---------|----------------|---------------------------|---------|----------------|---|----------|----------------|
| | U50, В | U30, В | Ток утечки, мА | U50, В | U30, В | Ток утечки, мА | U50, В | U30, В | Ток утечки, мА |
| БЗС-1 | 17—18 | 1,3—1,4 | 0,06—0,22 | 17,2—18,2 | 1,2—1,3 | 0,02—0,15 | 17,2—18,3 | 1,3—1,35 | 0,03—0,2 |
| БЗС-2 | 32—37 | 1,2—1,3 | 0,3—0,8 | 33—38 | 1,1—1,2 | 4—8 | 32—36 | 1,2—1,3 | 0,3—1,0 |

ка КЛТ-30 и заливается термопластиком. К бортовой сети БЗС подключается следующим образом: основное крепится на корпусе автомобиля, причем возможно ближе к генератору (для уменьшения сопротивления подводных проводов); плюсовой вывод подключается к выводу "плюс" генератора.

При нормальной работе генераторной установки к БЗС прикладывается номинальное напряжение бортовой сети, и через блок протекает ток утечки, не превышающий величин, приведенных в табл. 1. Импульсы перенапряжения положительной полярности за счет лавинного пробоя обратно смещенного *p-n* перехода диода ограничиваются на уровне U50 (величина U50 зависит от мощности импульса и типа ограничительного диода); импульсы отрицательной полярности — за счет включения диода в прямом направлении и того, что величина U30 при токе 30 А обычно не превышает 1,5 В.

Таким образом, основными параметрами БЗС, характеризующими их использование, являются: напряжение ограничения импульсов положительной полярности U50 при заданном токе 50 А, напряжение ограничения импульсов отрицательной полярности U30 при заданном токе 30 А, а также ток утечки при заданном напряжении бортовой сети автомобиля. Их величины в БЗС-1 и БЗС-2 приведены в табл. 2.

Таковы результаты испытаний. Из них следует, что оба БЗС улучшают качества бортовой сети автомобилей и обеспечивают безотказную работу электронных систем и радиотехнических устройств; что

Т а б л и ц а 3

| Параметр | БЗС-1 (бортовая сеть напряжением 12 В) | БЗС-2 (бортовая сеть напряжением 24 В) |
|--|--|--|
| Напряжение ограничения импульсов положительной полярности U50, В, не более | 22 | 36 |
| Напряжение ограничения импульсов отрицательной полярности U30, В, не более | 1,5 | 1,5 |
| Максимальный ток утечки, мА, при напряжении, В: | | |
| 14 | 0,5 | |
| 28 | | 0,2 |

эксплуатационные воздействия на них незначительно и хорошо согласуется с "физикой" процессов при работе ограничительного диода.

В качестве параметров БЗС с учетом технологического разброса параметров ограничительных диодов и их изменений при воздействии внешних факторов целесообразно принять значения, приведенные в табл. 3.

БЗС 1 32.3722 и БЗС 2 321.3722 выпускаются со второго квартала 1994 г. Новгородским ПО "Старт" по техническим условиям ИДЯУ 435 724.002 ТУ.

ДАТЧИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Внимательный читатель, наверное, заметил, что журнал "АП" часто и много сообщает о разрабатываемых отечественными специалистами новых и, самое главное, довольно современных электронных устройствах для автомобилей. Но в реальной жизни наблюдается другое: электроника внедряется чрезвычайно медленно. Причин тому немало. В том числе технико-производственных. И одна из них — отсутствие хороших датчиков. Ведь любая электронная система — это система регулирования, качество работы которой зависит прежде

всего от качества измерения исходной информации. И если качества нет, то никакие устройства обработки сигналов, никакие исполнительные элементы, сколь бы совершенными они ни были, делу не помогут.

Сейчас, несмотря на всякого рода неурядицы, переживаемые отраслью, положение начинает исправляться: промышленность уже приступила к выпуску многих типов датчиков, необходимых электронщикам. Об этом и пойдет речь ниже.

УДК 621.13.049.77

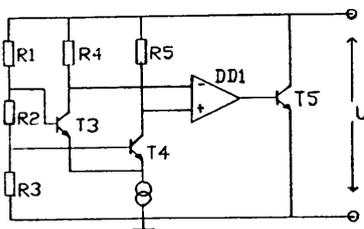
Интегральные микросхемы-датчики температуры

И.С. КИРЮХИН, В.М. ХАЛИКЕЕВ

В современной прецизионной электроизмерительной аппаратуре, системах управления и регулирования широко используются датчики температуры.

Основные требования к ним, как и всяким приборам, — это максимальная точность определения температуры при минимуме затрат на производство и эксплуатацию. Однако им удовлетворяют не все датчики.

Так, с помощью термопар различного типа можно измерять температуры от 3 до 2773 К (от —270 до 2500 °С). Термоэлектрические свойства различных сплавов хорошо известны, поэтому термопарные



зонды, изготовленные из одних и тех же сплавов, взаимозаменяются. Но для точного (0,2–2 К) определения температуры приходится применять специальные методы компенсации

температуры холодного спая (например, метод погружения опорного спая в ванну с тающим льдом). Большинство из них пригодны только для лабораторных условий. Правда, в последние годы начали применять компенсирующие схемы, которые корректируют отличия, связанные с тем, что температура на опорном соединении не равна 273 К (0 °С). В этом случае требуется прецизионный датчик температуры, работающий в промышленном температурном диапазоне.

Второй тип датчика температуры — термистор. Он представляет собой полупроводниковое устройство, у которого температурный коэффициент сопротивления отрицателен и обычно близок к минус 4 %/1 К. Такой датчик очень удобен в эксплуатации. Вместе с тем термисторы обладают довольно существенными недостатками. У них, во-первых, в широком диапазоне температур значительна нелинейность изменения сигналов; во-вторых, значительны деградации характеристик во времени; в-третьих, они чувствительны к саморазогреву, хрупки.

Третий тип — платиновые термометры сопротивления. Выполняются в виде катушки из платиновой проволоки с практически тем же по абсолютной величине температурным коэффициентом сопротивления, что и термисторы, но — положительным. Платиновые термометры чрезвычайно стабильны во времени и имеют кривую, точно (0,02–0,2 К) совпадающую со стандартной. С ними можно работать в весьма широкой (от 73 до 1270 К, или от –200 до +1000 °С) области температур. Недостаток у них один: высокая стоимость.

Как видно, ни один из перечисленных типов датчиков массового применения (скажем, на автомобилях) применяться не может. Поэтому специалисты пытаются решить данную проблему с помощью электроники. И решают: уже есть образцы так называемых интегральных датчиков температуры. Создается и у нас прецизионный интегральный калибруемый датчик температур с выходным напряжением, прямо пропорциональным измеряемой абсолютной температуре. Один из его вариантов работает как двухвыводной интегральный стабилитрон с опорным напряжением, пропорциональным температуре с коэффициентом 10 мВ/К. Его дифференциальное сопротивление не более 2 Ом в диапазоне рабочего тока от 400 мкА до 5 мА. Предусмотрена как внутренняя (на кристалле) подстройка выходного напряжения в диапазоне ±3 К, так и внешняя (с помощью третьего вывода) плавная подстройка выходного напряжения в диапазоне ±10 К. После калибровки при 298 К (25 °С) типовая погрешность определения температуры не превышает 1 К. Выходной сигнал — линейный.

Рассмотрим работу прецизионного интегрального датчика по его принципиальной электрической схеме (см. рисунок).

| Параметр | Мин | Тип | Макс |
|---|------|------|------|
| Выходное напряжение, В, при $T = 298 \text{ К}$ (25 °С) и $I_p = 1 \text{ мА}$ | 2,95 | 2,98 | 3,01 |
| Некалиброванная температурная ошибка, К, при: | | | |
| $T = 298 \text{ К}$ (25 °С) и $I_p = 1 \text{ мА}$ | | 1 | 3 |
| $213 \text{ К} < T < 398 \text{ К}$ и $I_p = 1 \text{ мА}$ | | 2 | 5 |
| Температурная ошибка после калибровки при $T = 298 \text{ К}$ (25 °С), К; измерение при $213 \text{ К} < T < 398 \text{ К}$ | | 0,5 | 1,5 |
| Изменение выходного напряжения, мВ, при $400 \text{ мА} < I_p < 5 \text{ мА}$ | | 2,5 | 10 |
| Динамическое сопротивление, Ом, при $I_p = 1 \text{ мА}$ | | 0,5 | 2 |
| Постоянная времени, с, при измерении в: | | | |
| спокойном воздухе | | 80 | |
| воздухе, движущемся со скоростью 0,5 м/с | | 10 | |
| масле | | 1 | |

Пусть в начальный момент времени от источника питания в схему поступает ток I_p , который распределяется между элементами схемы. При этом формируется ток смещения дифференциального каскада (Т3, Т4), прямо пропорциональный абсолютной температуре. Выходное напряжение U определяется суммой падения напряжения на резисторах $R1, R2, R3$. Если рабочий ток I_p возрастает, то возрастает и ток через резистор $R2$, что ведет к увеличению разности падения напряжения на $p-n$ -переходах "эмиттер-база" транзисторов Т3 и Т4, образующих схему дифференциального каскада, и напряжения смещения на входах усилителя ДД1. Выходной ток последнего возрастает, а следовательно, увеличивается и ток коллектора транзистора Т5, который, таким образом, "поглощает" на себя все увеличение рабочего тока I_p . Поэтому величина тока через резисторы $R1, R2, R3$ при изменении рабочего тока меняется слабо, а значит, практически остается постоянным и выходное напряжение.

Теперь возьмем второй случай. Пусть при неизменном рабочем токе начинает возрастать температура внешней среды. Площади транзисторов дифференциального каскада Т3 и Т4 соотносятся как 2/20, а поскольку ток коллектора транзистора Т3 приблизительно равен коллекторному току транзистора Т4, то транзисторы Т3 и Т4 работают на разных плотностях тока эмиттера. При этом разность падений напряжений на $p-n$ -переходах "эмиттер-база" транзисторов Т3 и Т4 прямо пропорциональна температуре, и величина ее зависит только от соотношения площадей эмиттеров этих транзисторов. Поэтому с ростом температуры разность падения напряжения на их $p-n$ -переходах "эмиттер-база" растет. Это ведет к перераспределению коллекторных токов между транзисторами в пользу транзистора Т3. Соответственно

уменьшается дифференциальное напряжение на входах усилителя ДД1, а значит, коллекторный ток транзистора Т5. "Излишек" тока направляется через резисторы R1, R2, R3 и тем самым увеличивает выходное напряжение схемы.

Выходное напряжение данной схемы практически не зависит от технологического разброса номиналов ее элементов и весьма стабильно во времени (по предварительным оценкам, величина этой нестабильности не превысит 0,2 К за месяц). Но температурный коэффициент этого напряжения устанавливается подбором резисторов R1, R2, R3 (он равен 10 мВ/К).

Основные электрические параметры рассматриваемого датчика приведены в таблице.

удк 629.067:621.3.084.2

Датчики соударения для систем пассивной безопасности

А.А. БАЖЕНОВ, В.В. СМЕРНОВ,
В.И. ЯРОВИКОВ
АО "Глобалтест"

Системы пассивной безопасности (например, надувные подушки) срабатывают, как известно, по сигналу от одного или нескольких датчиков соударения: эти сигналы поступают в блок управления, который оценивает аварийную ситуацию и затем включает исполнительный механизм системы.

Схем и конструкций датчиков соударения существует достаточно много: инерционные контактные замыкатели, индуктивные датчики перемещения, пьезоакселерометры, тензодатчики ускорений, комбинированные датчики, кремниевые сенсоры. Во многих из них предусмотрены элементы определенной селекции сигнала или алгоритма идентификации аварийной ситуации (демпфирование, интегрирование и др.), но наиболее перспективными считаются именно кремниевые сенсоры (или микроэлектронные датчики ускорения), которые выполняются на одном чипе с микропроцессором (пример — датчик ADXL 50 американской фирмы "Энелодж Девайсез"). Перспективными в первую очередь потому, что такое конструктивно-технологическое решение позволяет наладить массовое производство и довести стоимость датчика с микропроцессором до 15–20 амер. долл.

У нас пока работают над электромеханическими датчиками соударения. В частности, уже создан селективный датчик, способный отличать аварийную ситуацию от дестабилизирующих факторов, возникающих при движении автомобиля (тряска, вибрация и др.).

Надо сказать, его разработчикам пришлось начинать не с собственно конструкции, а с требований к ней, поскольку такие требования наукой пока, по существу, либо не сформированы, либо не имеют четкого обоснования. Хотя их, в принципе, должно быть достаточно много: ведь нужные характеристики датчика соударения зависят от места его установки, типа автомобиля, характеристик системы пассивной безопасности и т.д.

Однако требования (в крайнем случае, основные) сформулировать удалось. Сводятся они к следующему.

Во-первых, датчик должен быть быстродействующим, т.е. срабатывать за 3–15 мс после начала соударения (в зависимости от силы соударения или скорости встречи автомобиля с преградой).

Во-вторых, он должен срабатывать при любых дорожных авариях любого современного отечественного автомобиля в диапазоне скоростей движения 50–150 км/ч.

В-третьих, датчик не должен срабатывать в условиях эксплуатации автомобиля, безопасных с точки зрения получения травм (тряска, вибрация при движении и др.).

В-четвертых, вероятность безотказного срабатывания датчика за период эксплуатации должна быть не ниже 0,999–0,9998, а вероятность ложного срабатывания — не выше $2 \cdot 10^{-3}$.

В-пятых, стоимость датчика соударения должна быть приемлемой.

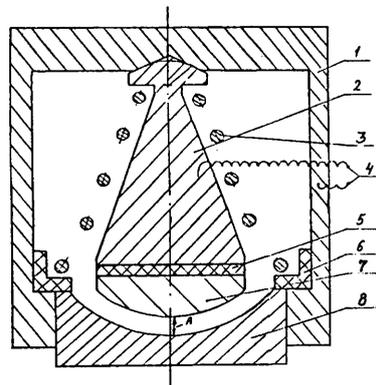
Как видим, два из требований (о свосвременном и надежном срабатывании датчика и о большой устойчивости) — взаимоисключающие. Поэтому предпочтение приходится отдавать устойчивости срабатывания. Так сделала, например, фирма "Дженерал Моторс". Она последовательно включила два датчика, уменьшив тем самым вероятность самопроизвольного срабатывания системы в 50 раз, а вероятность надежного срабатывания — лишь в 2 раза.

Имеются и другие способы повышения устойчивости системы в целом и датчика в частности: усложнение алгоритма идентификации аварийной ситуации, введение устройств предохранения (например, датчики соударения подключаются к системе только при определенной скорости автомобиля) и др. Однако, повторяем, в любом случае необходимо находить оптимальное соотношение между быстродействием и устойчивостью датчика.

На основании и с учетом перечисленных требований и была предложена простая конструктивная схема селективного датчика соударений, которая позволяет реализовать довольно сложный алгоритм обработки сигнала, что значительно упрощает дальнейшее преобразование последнего (не требуется микропроцессор).

Датчик работает следующим образом.

При действии ускорения торможения с амплитудой ниже порога отрыва (регулируется за счет предварительного поджатия пружины 6 и составляет 4–7 g) инерционный элемент 2 от корпуса 1 (см. рисунок) сигнал на выходе датчика отсутствует (выводы 6 замкнуты). Если это ускорение выше порога отрыва, чувствительный элемент, состоящий из инерционного элемента 2, пьезоэлемента 3 и бойка 4, отрывается от корпуса 1 и, преодолевая усилие пружины 6, начинает передвигаться в сторону основания 5 со скоростью, близкой к скорости начала тор-



можения. При этом электрический сигнал на выходе датчика снова отсутствует, поскольку разомкнута электрическая цепь, соединяющая нижнюю обкладку пьезоэлемента 3 и корпус 1. Спустя некоторое время чувствительный элемент выпуклой поверхностью бойка 4 сталкивается с основанием 5, и на выходе датчика формируется электрический сигнал, пропорциональный скорости боя к моменту его соударения с основанием.

Элемент алгоритма селекции, предотвращающий срабатывание датчика от коротких импульсов вибрации, — это величина межконтактного зазора А. Третий элемент — пороговая величина скорости движения бойка (пока боек не наберет эту скорость, на выходе датчика не будет сигнала с требуемой амплитудой напряжения).

Расчеты показали, что датчик удовлетворяет всем перечисленным выше требованиям, если порог отрыва чувствительного элемента по ускорению равен 7 g, зазор А — 2 мм, а амплитуда напряжения на выводах б не меньше 3 В.

УДК 681.586

Датчики детонации

В.В. СМЕРНОВ, В.А. СТЕПАНОВ,
В.И. ЯРОВИКОВ
АО "Глобалтест"

Одним из элементов современного облика автомобиля является наличие "гасителя" детонации, включающего, как минимум, первичный преобразователь ускорения в электрическое напряжение (датчик детонации) и блок управления зажиганием.

Реализация такой системы управления зажиганием — дело довольно сложное. Ведь импульсы детонации (явление, слышимое как металлические стуки) слабо выделяются на фоне механического шума двигателя, поэтому чувствительные элементы системы (датчики детонации) должны быть очень совершенными в отношении величины выходного сигнала, рабочего диапазона частот (или полосы пропускания), погрешности преобразования и, в ряде случаев, массы, габаритных размеров и стоимости. Нельзя не учитывать и чрезвычайно широкий спектр конструкций двигателей и их систем управления зажиганием.

Как показал опыт, с точки зрения перечисленных условий наиболее интересны пьезоэлектрические датчики детонации. Поэтому именно их и разрабатывает АО "Глобалтест", а серийно выпускает Уральский электромеханический завод.

Таких датчиков два типа — широкополосные и резонансные.

Датчики детонации широкополосного типа (СТ-305) предназначены для регистрации детонации в широком (от 5 до 10 кГц) рабочем диапазоне частот. Их конструктивная особенность — использование деформаций сжатия пьезоэлемента и предварительного пружинного поджатия, благодаря чему их собственная частота составляет 25—45 кГц, что позволяет использовать один тип датчика на различных двигателях.

Коэффициент преобразования ускорения в электрическое напряжение датчика СТ-305 составляет 20—35 мВ/g (у модифицированного варианта — 30—50 мВ/g), электрическая емкость 1000 пФ, причем оба параметра остаются практически постоянными при изменении температуры от 228 до 423 К (от —45 до +150 °С), и допускает кратковременный прогрев до 523 К (250 °С).

Неравномерность частотной характеристики этого датчика — не более 0,1 дБ. Корпус и соединитель датчика изготавливаются из пресс-материала, допускающего воздействие температуры до 470 К (200 °С), что позволяет устанавливать его на двигателе даже в самых теплонагруженных местах. Масса датчика — 40 г.

Датчики детонации резонансного типа (ГТ-300) имеют чувствительный элемент в виде тонкого диска с центральной цилиндрической опорой, который испытывает деформации изгиба, что позволило получить весьма высокую чувствительность. Коэффициент преобразования ускорения в электрическое напряжение на резонансной частоте на электрической нагрузке 3,9 кОм и С = 300 пФ составляет не менее 600 мВ/g, полоса пропускания — 250—400 Гц. Конструктивно датчик выполнен в трех модификациях, отличающихся значением резонансной частоты (7,5; 8,2 и 5,7 кГц), размерами резьбового хвостовика. Температурный диапазон работы всех модификаций — от 228 до 423 К (от —45,0 до 150 °С), допускается кратковременный прогрев до 523 К (250 °С). Электрическая емкость датчика — 6000 пФ, рабочий частотный диапазон — 7,3—7,7 кГц.

Сравнение широкополосного СТ-305 и резонансного ГТ-300 датчиков показывает: у второго чувствительность выше, он проще в обращении и в изготовлении, не требует фильтров верхних и нижних частот на входе в блок управления. Однако он настроен на заранее заданную частоту детонации конкретного типа двигателя, т.е. он не универсален. Датчик же СТ-305 обладает широким рабочим диапазоном частот, допускает установку на различные типы двигателей. Но он сложнее в изготовлении, в системе управления необходимы фильтры, формирующие рабочую область частот, сигнал в отдельных случаях приходится усиливать.

Уважаемые читатели!

Подписные индексы нашего журнала: 70003 — для предприятий, 70017 — для индивидуальных подписчиков.

Стоимость подписки на второе полугодие 1994 г.: на один месяц — 600 руб., на три месяца — 1800 руб.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ПРИБОРОВ ЦИФРОВОЙ ИНДИКАЦИИ

Л.Н. ГРУДЕВА, С.В. САМОЙЛЕНКО
НПО "НИИТавтопром"

В автомобильной промышленности широко применяются приборы цифровой индикации для измерения линейных перемещений подвижных узлов металлообрабатывающих станков и отображения в цифровом виде их положения. Такие приборы включают в себя преобразователь (чаще всего фотоэлектрический растровый) линейных перемещений, выдающий информацию о величине и направлении перемещения, и устройства цифровой индикации текущей координаты.

Практика эксплуатации таких приборов показала, что точность их показаний зависит от степени износа направляющих станков: износ даст дополнительные погрешности отсчета перемещений подвижных органов. Отсюда — необходимость поиска средств, сводящих к минимуму величины таких погрешностей.

Возможности здесь есть. Вытекают они из самого принципа действия фотоэлектрических преобразователей.

Работа преобразователя основана на пропускании света через промежуток между растрами, которые представляют собой непрозрачные, расположенные на прозрачной основе штрихи с определенным шагом (обычно 20 мкм). Ширина прозрачного и непрозрачного штрихов одинакова, т.е. коэффициент пропускания растров составляет 0,5. При наложении двух растров под некоторым углом возникают комбинационные полосы, хорошо видимые невооруженным глазом.

Известные формулы, описывающие семейство комбинационных муаровых полос, а также зависимость шага этих полос от шага растра, позволяют оценить связь между перемещением растра и перемещением муаровой полосы: малому перемещению одного растра по нормали к его штрихам относительно второго растра будет соответствовать значительное перемещение муаровых полос.

Погрешности растрового сопряжения складываются из погрешностей растровых мер и погрешностей их расположения. Но первые зависят в основном от точности изготовления стеклянных растров, т.е. к станку и преобразователю не имеют отношения, а погрешности расположения растров обусловлены конструкцией, монтажом и эксплуатацией фотоэлектрических преобразователей. Поэтому именно в них и нужно искать резерв повышения точности измерений.

Суммарная погрешность расположения растров, влияющая на точность измерительных систем, в принципе, может быть обусловлена тремя факторами: непараллельностью плоскостей измерительного и индикаторного растров; изменением зазора между растрами; перекосом штрихов.

Непараллельность плоскостей измерительного и индикаторного растров при их установке в преобразователь, хотя и искажает световой поток, проходящий через растровое сопряжение, и влияет на величину

полезного электрического сигнала, не вносит погрешностей в измерение. Просто при возрастании непараллельности значительно уменьшается контрастность муаровых полос. Изменение же непараллельности в процессе перемещения одного растра относительно другого оказывает влияние на ширину комбинационных муаровых полос, что эквивалентно погрешности ширины штрихов растра.

Аналогичное влияние на ширину полос и их контрастность оказывает изменение зазора между измерительным и индикаторным растрами.

Наибольшее влияние на погрешность расположения растров оказывает, как установлено, перекос штрихов растра в его собственной плоскости.

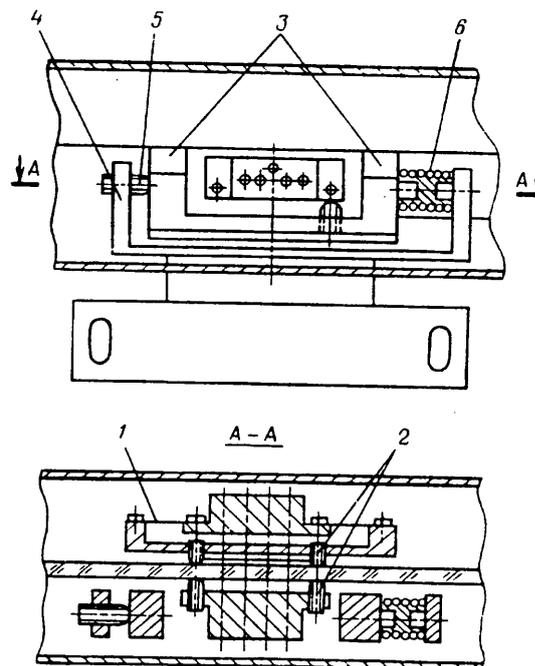
Так, перекос штрихов измерительного растра в результате неправильной установки преобразователя на станке вызывает систематическую погрешность, выражающуюся в уменьшении шага растра. При перемещении измерительного растра относительно индикаторного не по нормали к своим штрихам возникает переменная ошибка шага растрового сопряжения.

Отсюда следует: конструкция преобразователя и его монтаж на станке на всем диапазоне измерения должны обеспечивать постоянство зазора между растрами, параллельность плоскостей штрихов и разворот штрихов индикаторного растра относительно штрихов измерительного растра без перекоса.

Известные фотоэлектрические преобразователи конструктивно выполняются в виде линейки прямоугольного сечения, внутри которой закреплен измерительный растр. По поверхности штрихов растра, как по направляющей, перемещается считывающая головка, состоящая из индикаторного растра, свето- и фотодиодов и жестко связанная с движком, который выступает из линейки.

Линейка и движок закрепляются соответственно на подвижной и неподвижной частях станка.

Перемещение от подвижного органа к индикаторному растру и всей считывающей головке передается



пространственным пружинным шарниром, который одновременно поддерживает через скользящие опоры постоянный зазор между растрами.

Недостаток таких устройств состоит в том, что из-за изгибных деформаций измерительного растра под односторонним воздействием пружинного шарнира точность измерений снижается. Кроме того, на нее отрицательно влияет и то обстоятельство, что направляющая станка служит одновременно дополнительной направляющей для преобразователя. Значит, погрешности направляющих станка и возникающие при его работе вибрации могут искажать положение индикаторного растра относительно измерительного.

Для уменьшения влияния погрешностей направляющих станка и его вибраций на точность измерения в НИИТавтопроме создан фотоэлектрический преобразователь линейных перемещений (см. рисунок), в котором считывающая головка при помощи пружинных нитей 1 может самоустанавливаться относительно поверхности штрихов измерительного растра.

УДК 621.314

ВЫСОКОДИНАМИЧНЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Д-р техн. наук В.К. СОКОВИКОВ
МАМИ

При автоматизации управления системами АТС, как известно, широко применяются электрогидравлические устройства: с их помощью обеспечивается дистанционное управление муфтой сцепления, подъемом и опусканием кузова автомобиля-самосвала и прицепа, клапанами механизма газораспределения ДВС и т.д. И всем им присущ один общий элемент — электромеханический преобразователь электрических сигналов в линейное перемещение штока исполнительного механизма.

Данные исполнительные элементы могут выполняться по разным конструктивным схемам и даже работать на разных принципах. Например, на свойстве ртути изменять свой коэффициент поверхностного натяжения в зависимости от величины электрического сигнала на границе раздела "ртуть—электролит".

Такой преобразователь и разработан в МАМИ.

При его создании специалисты исходили из того, что кривая зависимости поверхностного натяжения ртути от потенциала имеет экстремум (максимум), причем на ниспадающем участке ее вид — квазилинейный. Значит, преобразователь может работать не только как релейное, т.е. по пороговому потенциалу, но и как устройство пропорциональное, т.е. когда перемещение штока относительно нейтрального его положения пропорционально изменению потенциала относительно потенциала, который

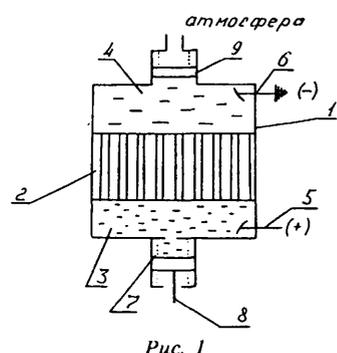


Рис. 1

Опирается она на эту поверхность противонаправленными сферическими опорами 2 с минимальным натягом, не изгибая измерительного растра и обеспечивая постоянное усилие прижима растров. Считывающая головка прижимается к дополнительной направляющей с помощью постоянных магнитов 3, что исключает люфты даже при значительном износе направляющих станка в процессе эксплуатации, т.е. обеспечивает высокую стабильность положения плоскости штрихов растра.

Компенсатор (скоба 4 с винтом 5 и пружиной 6) исключает влияние погрешностей направляющих станка и его вибраций, а также реверса подвижного органа станка на изменение усилия прижима растров.

Сравнительные испытания разработанного преобразователя и зарубежных аналогов, выполненные на трехкоординатной измерительной машине с дискретностью отсчета 1 мкм, подтвердили, что точность измерения повышается на 20—30 %.

располагается в середине выбранного участка кривой и, следовательно, равен 0,95 В. (Соответствующее ему поверхностное натяжение ртути на границе раздела с электролитом составляет 0,37 Н/м.)

Таким образом, на выбранном участке кривой потенциал может изменяться (по отношению к центру участка) на $\pm 0,25$ В. Изменение поверхностного натяжения ртути при этом равно $\pm 2,5 \cdot 10^{-2}$ Н/м.

Рабочая схема преобразователя (рис. 1) выглядит так. Это блок цилиндров 2, закрепленный в средней части корпуса 1. В верхней и нижней частях корпуса предусмотрены полости 4 и 3 соответственно. Нижняя заполнена ртутью, а верхняя — электролитом (фтористым натрием, раствором хлорида натрия и т.д.). Здесь же располагаются электроды 5 и 6.

Выходным звеном преобразователя служит рабочий поршень 7, соединенный с управляемым устройством штоком 8. Поршень 9 компенсирует изменение давления в полости 4.

Работает преобразователь следующим образом.

При напряжении $-0,95$ В ртутный мениск располагается (по высоте) в середине капилляра (задается конструкцией, т.е. подбором объемов ртути и положением поршня 7). Остальную часть капилляра занимает электролит. С изменением потенциала ртуть перемещается по капилляру, поскольку, как сказано выше, меняется ее поверхностное натяжение. При этом часть ртути или электролита (в зависимости от изменения потенциала) вытесняется из капилляра в свою полость, повышая давление в ней. Во второй полости давление соответственно снижается. В результате изменяют свое положение рабочий и компенсирующий поршни. Давление (оно, как видно из табл. 1, зависит от диаметра капилляров) вполне достаточно для того, чтобы создать на выходном звене (штоке 8) усилие, необходимое для привода несилевых устройств.

В рассмотренной конструкции, как видим, используется только половина давления, так как компенсирующий поршень полезной работы не выполняет. Однако этот недостаток легко устранить: следует

| Параметр | Величина параметров | | | | | |
|------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| $d_k, \text{ м}$ | $5 \cdot 10^{-6}$ | $1 \cdot 10^{-5}$ | $1,5 \cdot 10^{-5}$ | $2 \cdot 10^{-5}$ | $2,5 \cdot 10^{-5}$ | $3 \cdot 10^{-5}$ |
| $P, \text{ МПа}$ | $3,8 \cdot 10^{-2}$ | $1,9 \cdot 10^{-2}$ | $1,27 \cdot 10^{-2}$ | $9,5 \cdot 10^{-3}$ | $7,6 \cdot 10^{-3}$ | $6,3 \cdot 10^{-3}$ |

лишь соединить каналом полость за рабочим поршнем с полостью, наполненной электродом, а от второго поршня вообще отказаться. В этом случае система становится замкнутой.

Разработанный в МАМИ электромеханический преобразователь может хорошо работать как самостоятельно, так и с гидроусилителями. Например, он удобно komponуется с золотниковым гидрораспределителем (рис. 2). Как видно из рисунка, здесь поршень 1, управляющий заслонкой 2, соприкасается со ртутью в полости 3, а поршень 4 — с электролитом в полости 5. Перемещение поршня 4 вызывает изменение давления жидкости в канале 6, что приводит в движение поршень 7, управляющий заслонкой 8.

Аналогичная схема, но с двумя преобразователями, расположенными соосно с золотником, показана на рис. 3. В ней поршнем, связанным с заслонкой, является сам капиллярный элемент. Развиваемое усилие такого преобразователя в 2 раза выше, чем у предыдущего.

Как уже говорилось, характеристика электромеханического преобразователя существенно зависит от величины капилляров, которые могут быть цилиндрическими, коническими и спиральными. Причем спиральные с эластичной стенкой между ними позволяют обеспечить наибольшую площадь на границе раздела "ртуть—электролит", повысить КПД и уменьшить габаритные размеры преобразователя.

Для элементов систем автоматического управления особо важна малая инерционность. Теоретически максимальная частота перемещения (колебаний уровня) ртути в капиллярах может достигать нескольких килогерц, практически же у преобразователя она, разумеется, меньше, так как зависит от общей массы подвижных элементов. Однако в малоинерционных гидроусилителях типа "сопло—заслонка" или "струйная трубка" перемещения исполнительных элементов незначительны, невелики массы ртути и электролита, поэтому расчетная допустимая частота работы этих преобразователей без искажения амплитуды

Таблица 2

| Диаметр капилляра, мм | Перемещение штока, мм | Развиваемое усилие, Н | Суммарная площадь капилляров, $10^{-4} \cdot \text{ м}^2$ | Частота работы, Гц | Максимальная скорость перемещения, см/с |
|-----------------------|-----------------------|-----------------------|---|--------------------|---|
| 0,2 | 0,1 | 5,12 | 102,4 | 70 | 1,4 |
| 0,2 | 0,1 | 10,24 | 204,8 | 70 | 1,4 |
| 0,4 | 0,2 | 5,12 | 204,8 | 52 | 2,8 |
| 0,4 | 0,2 | 10,24 | 409,6 | 52 | 2,8 |
| 0,7 | 0,35 | 5,12 | 358,4 | 33 | 4,9 |
| 0,7 | 0,35 | 10,24 | 716,8 | 33 | 4,9 |
| 1,1 | 0,55 | 5,12 | 563,2 | 22 | 7,7 |
| 1,1 | 0,55 | 10,24 | 1126,4 | 22 | 7,7 |
| 1,6 | 0,8 | 5,12 | 819,2 | 16 | 11,2 |
| 1,6 | 0,8 | 10,24 | 1638,4 | 16 | 11,2 |
| 2,2 | 1,1 | 5,12 | 1126,4 | 12 | 15,4 |
| 2,2 | 1,1 | 10,24 | 2252,8 | 12 | 15,4 |

вполне может достигать 1000 Гц и более. При этом габаритные размеры преобразователя получатся сравнительно небольшими. Например, электромеханический преобразователь, работающий совместно с гидроусилителем "сопло—заслонка" с частотой до 500 Гц, может иметь диаметр не более 30, а осевой размер — не более 16 мм. Для меньших потребных мощностей его диаметр может быть еще меньше (8—10 мм).

Если же преобразователь используется непосредственно в качестве силового устройства (или работает с гидроусилителями других типов), его размеры, разумеется, будут больше — с ростом развиваемого усилия, перемещения исполнительного штока и скорости его движения. Уменьшить их можно, перейдя на многосекционное исполнение преобразователя.

Некоторое представление о возможностях электромеханических преобразователей данного типа даст табл. 2, где приведены некоторые расчетные данные

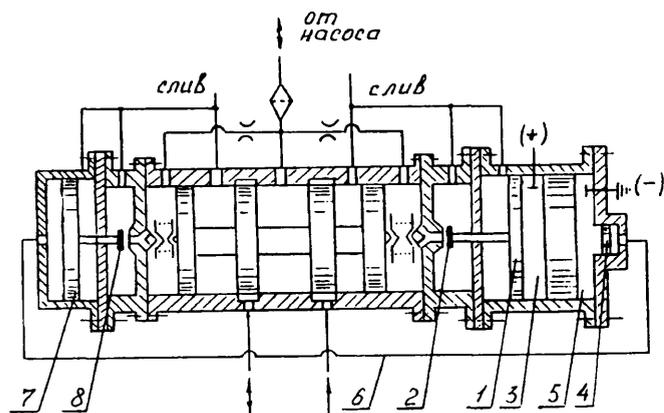


Рис. 2

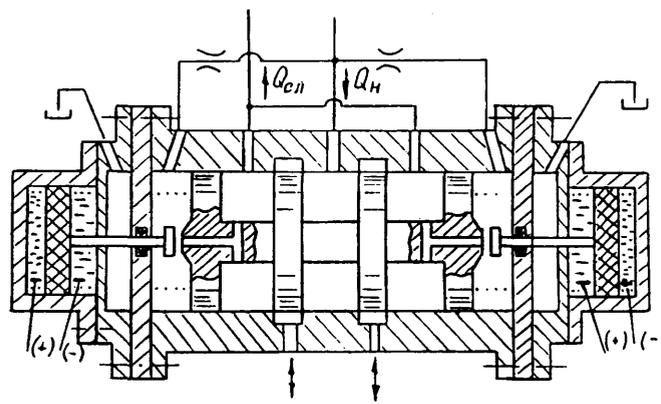


Рис. 3

преобразователей с различными развиваемыми усилиями, ходами, капиллярами и рабочими частотами.

Следует отметить, что максимально допустимый ток, протекающий в преобразователь, не должен превышать 0,3 А, так как при больших его значениях начинается разложение одного электрода и выделение металла на другом.

Электромагнитный преобразователь работает в диапазоне температур от 370 до 234 К (100 ± -39 °С), т.е. в пределах, где, с одной стороны, поверхностное

натяжение ртути достаточно велико, а с другой, она еще не замерзает. Конечно, при необходимости диапазон рабочих температур можно расширить. Но для этого придется либо применять средства охлаждения и подогрева ртути, либо переходить на амальгаму ртути с талием, температура замерзания которой 214 К (-59 °С).

Рассмотренный преобразователь надежен и безопасен, поскольку в нем мало подвижных деталей и ртути, которая к тому же абсолютно не контактирует с атмосферой.

УДК 629.1.018.7

ТРАНСПОРТНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА

Канд. техн. наук Б.А. ПАВЛОВ
Укравтобуспром

Конструкторским бюро "Звукотехника" по заказу ВКЭИ автобуспрома разработана унифицированная система информационного обеспечения "Былина 328". Она обеспечивает трансляцию (в салоне автобуса, троллейбуса или вахтового автомобиля) радиопрограмм, магнитофонных записей, а также информации водителя.

Система создана на базе автомагнитолы "Былина 317" и содержит радиоприемный тракт средних и ультракоротких волн, стереомагнитофон-проигрыватель, магнитофон-информатор, стереоусилитель низкой частоты, комплект (от двух до 10 шт.) акустических головок. Кроме того, она комплектуется одним или двумя микрофонами: для водителя (на гибкой трубке) и для экскурсовода (на шнуре).

Магнитофон-информатор с автоматическим отключением по паузе в записи позволяет объявлять остановки, проводить рекламные передачи, не отвлекая водителя от управления АТС. Так как амплитудно-частотная характеристика усилителя оптимизирована с точки зрения максимальной разборчивости речи в салоне, есть возможность, не увеличивая его выход-

ную мощность, сохранить однопроводную схему подключения акустических головок.

Выполнен прибор в корпусе магнитолы, за исключением блока фильтрации сигнала с гнездом подключения микрофона, который прикреплен к корпусу снаружи. В целом прибор довольно компактен.

Органов управления на панели немного, но их вполне достаточно для того, чтобы реализовать все возможности системы.

Так, при включении прибора сразу начинает работать радиоприемник в УКВ-диапазоне. Нажатием кнопки его можно переключать на СВ-диапазон, а установив кассету в окно кассетоприемника, включить магнитофон.

Режимов работы магнитофона два (для их переключения предусмотрена отдельная клавиша): воспроизведение обычной аудиозаписи или специальной информационной. В последнем случае лентопротяжный механизм по окончании объявления отключается автоматически, а включается нажатием на кнопку.

Режим работы системы — от микрофона — включается кнопкой, расположенной на его корпусе. При этом радиоприемник и магнитофон отключаются.

Питание системы — от бортовой сети напряжением 12 или 24 В, работает она при температурах до 310 К (-40 °С).

Новая информационная система была испытана на предприятии "Калугавтотранс" и Муромском АТП. Она получила хорошие отзывы эксплуатационников и теперь выпускается серийно Муромским радиозаводом.

АВТОТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ

УДК 629.1.066:621.318.2/.3

ВО ИЗБЕЖАНИЕ РАЗМАГНИЧИВАНИЯ МАГНИТОВ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

С.В. АКИМОВ, В.В. МОСКАЛЕВ
МАМИ

Силовым элементом современных автомобильных сервоприводов служит чаще всего электродвигатель с возбуждением от постоянных магнитов (или магнитоэлектрический двигатель): он почти полностью вытеснил применяющийся ранее двигатель электромагнитного возбуждения. Причины такой "смены поколений" хорошо известны. У двигателей с возбуждением от постоянных магнитов проще конструкция; он более надежен; у него нет электрических

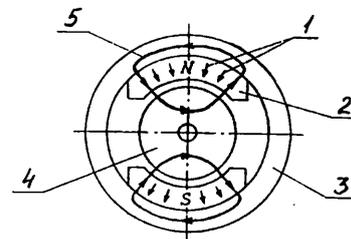
потерь на возбуждение и, как следствие, меньший нагрев и выше КПД. Лучше у него и массогабаритные показатели, и механические характеристики, и пусковой момент. Однако у автомобильных магнитоэлектрических двигателей есть одна особенность конструкции, неучет которой может свести на нет их достоинства. И состоит эта особенность в том, что полюса их магнитов имеют малую длину и сравнительно большую площадь рабочей поверхности. (Это обусловлено характеристиками материала, из которого выполняются данные магниты.) Но такая геометрия делает магниты склонными к размагничиванию. Поэтому реализация всех перечисленных выше преимуществ электродвигателей с постоянными магнитами возможна лишь в случае грамотного проектирова-

ния последних. Иными словами, при условии, что конструктор предусмотрел меры, исключаящие их размагничивание под действием магнитодвижущей силы реакции якоря при любых возможных режимах эксплуатации привода, в том числе и при полностью заторможенном роторе (например, при заклинивании привода).

И такая возможность есть. Например, эксперименты показывают, что в магнитоэлектрических двигателях течения магнитных потоков, наводимых силовой обмоткой якоря, имеет свою специфику. Если в традиционных конструкциях электрических машин потоки замыкаются поперек полюса (поперечная реакция якоря), то в рассматриваемых электродвигателях, ввиду малой длины магнитных полюсов, эти потоки проходят вдоль полюса (аналогично продольной реакции якоря) и замыкаются (см. рисунок) по корпусу двигателя. Причем под одной половиной полюса потоки магнита и якоря направлены согласно, а под другой встречно. То есть фактически возникает ситуация, при которой одна поперечная реакция якоря замещается двумя продольными. При этом, судя по экспериментальным данным, возможно частичное размагничивание той области магнита, которая наиболее удалена от его оси, где наблюдается наибольшее действие размагничивающего фактора. Именно такое местное размагничивание и нужно учитывать, используя для этой цели широко применяемый при расчетах конструкций на прочность принцип разбивки их на так называемые "конечные элементы". В нашем случае "конечными элементами" служат условные участки магнитного полюса — микромагниты. Здесь для облегчения расчета используются электрические схемы замещения, где каждый микромагнит как источник магнитного потока замещается своим электрическим аналогом — источником тока, каждое магнитное сопротивление — электрическим сопротивлением и т.д.

Магнитная система автомобильного электродвигателя с возбуждением от постоянных магнитов:

1 — поток магнита;
2 — полюс; 3 — корпус;
4 — якорь; 5 — поток реакции якоря



Проверочные расчеты, проведенные с использованием стандартных прикладных пакетов программ расчета электрических и магнитных цепей, показывают достаточно высокую степень точности данного метода. Но главное — он позволяет оценить все возможные пути и варианты предотвращения местного размагничивания полюсов. В частности, расчеты свидетельствуют, что наиболее простой из способов избежать размагничивания полюсов — это увеличение длины магнитов. Однако он ведет к возрастанию размеров и массы электродвигателя, что неприемлемо.

Второй способ — делать магниты составными, с участками, имеющими различные свойства. Например, ту половину магнита, где основной магнитный поток и поток реакции якоря направлены встречно, выполнять из материала с повышенной коэрцитивной силой. И чем дальше от оси полюса расположен его участок, максимально подверженный размагничивающему фактору, тем данная сила должна быть больше.

Третий способ — выполнение полюса из двух полуколец с осевым воздушным зазором. При его использовании размагничивающее воздействие реакции якоря тоже уменьшается.

Каждая из перечисленных конструкций полюсов рассчитывается методом их разбиения на микромагниты.

УДК 629.1.066:621.43.019.8

КОРРЕКТИРОВКА ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ЗАЖИГАНИЯ ЕМКОСТНЫМ НАКОПИТЕЛЕМ

Д-р техн. наук М.Н. ФЕСЕНКО, ДО ВАН ЗУНГ
МГААТМ

На рынки стран СНГ, в том числе России, поступает большое количество автомобилей как отечественного, так и зарубежного производства. Причем практически каждый автозавод и каждая фирма устанавливают на свой автомобиль систему зажигания, чем-то отличающуюся (чаще всего конструкцией и характеристиками датчиков, коммутаторов, катушек зажигания и т.д.) от других. Даже на одном и том же автомобиле по мере увеличения его пробега и сроков эксплуатации система зажигания изменяет свои характеристики, причем всегда в худшую сторону. В результате ухудшаются экологические показатели и топливная экономичность автомобиля. Мало того, все системы зажигания, в которых используются индуктивные накопители энергии (катушки зажигания), обладают весьма существенным "врожденным" недостатком: их вторичное напряжение на вы-

соких частотах вращения колесчатого вала двигателя падает, что снижает энергию искрообразования на свечах.

Из сказанного очевидно, что как при эксплуатации, так и при ремонте автомобильной техники характеристики систем зажигания необходимо корректировать, "подгонять" под оптимальные.

Однако сразу же возникает вопрос: чем и как? Ответ на него и пытаются дать авторы предлагаемой вниманию читателя статьи.

Анализ характеристик существующих систем зажигания показал, что наиболее универсальным параметром, позволяющим корректировать эти характеристики, является ток разрыва, именно его изменение оказывает наибольшее и одновременное влияние на вторичное напряжение, энергию, запасаемую в магнитном поле катушки, и на скорость изменения вторичного напряжения.

Что касается второй части вопроса, то для ответа на него пришлось выполнить специальные исследования, которые показали: изменить ток разрыва можно многими способами, однако из них наиболее эффективен и не требует существенной переделки системы зажигания один — с помощью емкостных накопите-

| Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин ⁻¹ | Ток разряда, А, при серийной системе зажигания | | Ток разряда, А, при системе с С2 = 2000 мкФ | | Ток разряда, А, при системе с С2 = 3000 мкФ | | Рассеиваемая на катушке зажигания мощность, Вт, при серийной системе зажигания | | Рассеиваемая на катушке зажигания мощность, Вт, при С2 = 2000 мкФ | | Рассеиваемая на катушке зажигания мощность, Вт, при С2 = 3000 мкФ | |
|--|--|----------|---|----------|---|----------|--|----------|---|----------|---|----------|
| | отечественная | "Тойота" | отечественная | "Тойота" | отечественная | "Тойота" | отечественная | "Тойота" | отечественная | "Тойота" | отечественная | "Тойота" |
| 500 | 5,33 | 3,88 | 5,33 | 3,88 | 5,33 | 3,88 | 13,27 | — | 14,72 | — | 15,58 | — |
| 1000 | 5,33 | 3,88 | 5,32 | 3,89 | 5,21 | 3,88 | 12,33 | — | 15,11 | — | 16,49 | — |
| 2000 | 5,31 | 3,40 | 5,63 | 3,90 | 6,14 | 3,95 | 10,45 | — | 15,21 | — | 16,15 | — |
| 3000 | 5,21 | 3,24 | 6,33 | 3,72 | 6,69 | 3,80 | 8,71 | — | 12,78 | — | 12,77 | — |
| 4000 | 5,01 | 2,97 | 6,27 | 3,32 | 6,43 | 3,41 | 7,24 | — | 10,03 | — | 9,85 | — |
| 5000 | 4,77 | 2,59 | 5,91 | 2,91 | 5,98 | 2,95 | 6,04 | — | 7,91 | — | 7,75 | — |
| 6000 | 4,52 | — | 5,49 | — | 5,52 | — | 5,08 | — | 6,36 | — | 6,24 | — |
| 7000 | 4,26 | — | 5,08 | — | 5,10 | — | 4,32 | — | 5,22 | — | 5,13 | — |

лей энергии (конденсаторов), включаемых параллельно вторичной обмотке катушки и коммутатору. Принципиальная схема его реализации приведена на рис. 1 (на нем КЗ — катушка зажигания; К — коммутатор; Д — датчик; R_д — добавочное сопротивление катушки; С1 — конденсатор, шунтирующий коммутатор (в традиционных системах — контакты прерывателя); С2 — корректирующий конденсатор, шунтирующий первичную обмотку катушки зажигания и коммутатор; АБ — аккумуляторная батарея; ВК — замок зажигания; S1 — клемма реле стартера, шунтирующая R_д при пуске двигателя).

Схема работает следующим образом.

В начале пуска двигателя, т.е. при повороте ключа в замке зажигания, конденсатор практически не влияет на процесс протекания тока в первичной обмотке катушки зажигания, так как падение напряжения на электростартере велико. После пуска он периодически заряжается через добавочное сопротивление (при закрытом выходном транзисторе или разомкнутых контактах прерывателя) и разряжается через катушку зажигания (при открытом транзисторе или разомкнутых контактах прерывателя). Тем самым увеличивается ток разрыва и, следовательно, вторичное напряжение.

Такова качественная сторона дела. Количественную же дали расчеты, выполненные с помощью ЭВМ. Расчеты, в частности, позволили выявить зависимость тока разрыва, напряжения на конденсаторе и

рассеиваемых мощностей на добавочном сопротивлении и катушке зажигания от частоты вращения коленчатого вала двигателя и емкости конденсатора. Их подтвердили эксперименты. Например, в таблице и на рис. 2 приведены результаты расчета и экспериментальной проверки тока разрыва и рассеиваемой на катушке мощности для отечественной системы зажигания с параметрами: активное сопротивление первичной обмотки катушки зажигания — 0,75 Ом, ее индуктивность — 4 мГн, добавочное сопротивление катушки — 1,5 Ом. Время накопления энергии в катушке принималось равным частному от деления 80 на произведение частоты вращения коленчатого вала двигателя и числа его цилиндров, а время разряда — вдвое меньшее. Емкость конденсатора С2 составляла 2000 и 3000 мкФ.

Как видно из таблицы и рисунка (кривая 1), при отсутствии конденсатора С2 и ток разрыва, и энергия катушки зажигания по мере роста частоты вращения коленчатого вала (следовательно, времени протекания тока в первичной обмотке катушки) заметно уменьшаются. Значит, падает и мощность искры на свече. Естественно, это отрицательно сказывается на полноте сгорания топлива, а значит, на экологичности отработавших газов и топливной экономичности двигателя. Например, при увеличении частоты вращения коленчатого вала с 500 до 7000 мин⁻¹ ток

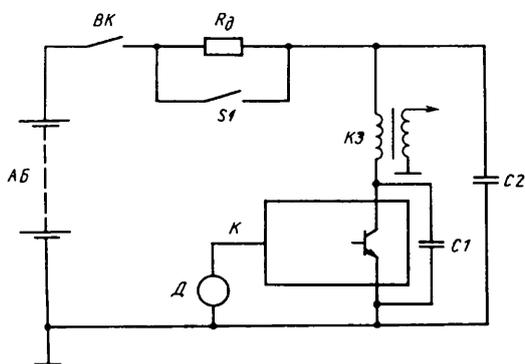


Рис. 1

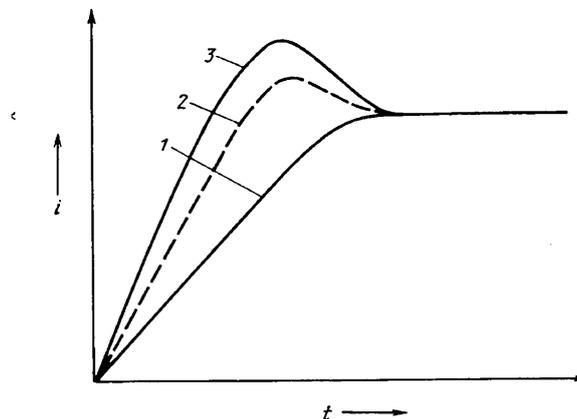


Рис. 2

разрыва уменьшается с 5,33 до 4,26 А, т.е. на 20 %, а рассеиваемая на катушке мощность — с 13,27 до 4,32 Вт, т.е. в 3,1 раза.

Закономерность сохраняется и при подключении конденсатора С2 (кривые 2 и 3), однако сохраняется лишь частично. Действительно, с ростом частоты вращения коленчатого вала ток разрыва и мощность, рассеиваемая на катушке зажигания, все равно падают. Однако характер этого падения иной. Так, при том же, что и в предыдущем случае, росте частоты вращения конденсатор емкостью 2000 мкФ даст уменьшение тока разрыва с 5,33 до 5,08 А или 4,7 %, а на конденсатор емкостью 3000 мкФ — с 5,33 до 5,1 А (на 4,3 %).

Такая же картина и с мощностью, рассеиваемой на катушке: она уменьшается соответственно с 14,72 до 5,22 Вт (в 2,8 раза) и с 15,58 до 5,13 (в 3 раза).

Это хорошо иллюстрирует и объясняет рис. 2. Но он, как и таблица, показывает и еще одно: оба параметра улучшаются на средних (особенно) и даже высоких частотах вращения коленчатого вала, т.е. там, где дела в серийных системах зажигания обстоят особенно плохо. Причем на кривых 2 и 3 есть максимум, в области которого система достигает своего оптимума.

Все сказанное относится не только к какой-то одной системе зажигания, но и к любой другой. Это

подтверждает результат исследования системы зажигания японского легкового автомобиля "Тойота Королла", приведенный в той же таблице. У этой системы параметры другие: сопротивление первичной обмотки катушки зажигания — 1,5 Ом, ее добавочное сопротивление — 1,2 Ом, индуктивность — 9 мГн. Но и здесь дополнительный конденсатор улучшает параметры системы. Например, при частоте вращения коленчатого вала 3000 мин⁻¹ ток разрыва возрастает на 15 %. В таблице данные по энергии не приведены, но они известны: энергия увеличивается на 32 %.

Из всего сказанного вытекают ряд практических выводов.

Первый: конденсатор, шунтирующий вторичную обмотку катушки зажигания, и коммутатор всегда улучшают энергетические показатели системы зажигания.

Второй: с помощью такого конденсатора можно корректировать характеристики систем зажигания при замене в них элементов на те, которые имеют более низкие энергопоказатели.

Третий: использование дополнительного конденсатора целесообразно даже в серийных системах зажигания, поскольку он заметно повышает вторичное напряжение (следовательно, и качество зажигания) при высоких частотах вращения коленчатого вала. В том числе и на изношенных двигателях.

За два года эксплуатации устройства не было ни одного отказа в системе питания ДВС (например, таких, как засорение штатных фильтров, трубопроводов, жиклеров, эмульсионных каналов и т.д.). Даже контрольный слив топлива через нижнюю пробку отстойника бензобака показал, что отстой и конденсат в нем полностью отсутствуют, как и признаки коррозии самого бака.

УДК 629.113:62-73

"ПРИЗ-5" ДЛЯ БЕНЗОБАКА

Н.Л. ЕГИН

Технология заправки автомобилей топливом на наших автозаправочных станциях, к сожалению, еще далека от совершенства. Топливо, часто загрязненное различными примесями, поступает в бак нерегулярно, точность дозировки низкая. Длинные очереди и отсюда — понятное желание каждого водителя заправить бак "до упора". Но возникает вопрос, готовы ли наши транспортные средства, а точнее, их системы питания, противостоять существующим трудностям или, наоборот, создают собственные.

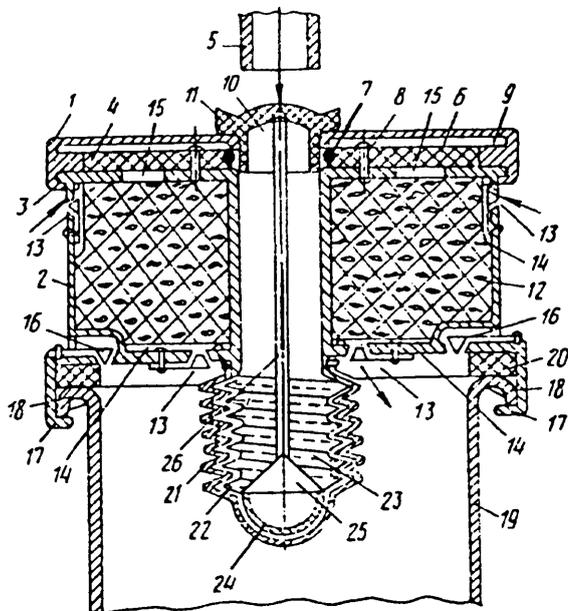
Проследив технологическую цепочку заправки автомобиля топливом на автозаправочных станциях, видим следующее. Во-первых, в соответствии с требованиями Правил пожарной безопасности перед заправкой бака топливом надо выключить замок зажигания, при этом отключается измеритель уровня (остатка) топлива. Во-вторых, точность самого измерителя небольшая: цена деления около 10 л. Точность контроля остатка топлива тоже невелика, например, для автомобилей семейства ВАЗ его предел точности составляет от 4 до 6,5 л. Все это может привести к перезаливу бака, т.е. выбросу топлива, причем весьма значительному (0,4—2 л за одну за-

правку в зависимости от производительности заправочного средства и опыта водителя). Поэтому автомобилисты чаще, чем следует, перекрывают клапан ствола заправочного механизма, что увеличивает время заправки, а если оборудование изношено, то приводит к частичному "стравливанню" топлива насосом и недозаправке бензобака на 0,5—2 л и более.

Однако потери топлива и времени на заправку происходят еще раньше. Так, открыв крышку бензобака, водитель устанавливает узкий ствол заправочного механизма в его широкую горловину, в которой он ничем не удерживается и стремится упасть. Тем более нельзя устанавливать ствол в положение "открыто" и идти расплачиваться за бензин, поскольку гидравлическая волна в шланге и напор струи на выходе ствола легко выбрасывают топливо и даже сам заправочный пистолет из горловины бака.

Из сказанного следует, что не только топливоподающая система автозаправочных станций, но и топливопринимающая часть системы питания АТС несовершенны.

Кроме того, сама штатная крышка бензобака неудобна в обращении и зачастую причиняет большой ущерб. Например, в холодное время года через воздушный клапан крышки в бензобак вместо израсходованного топлива поступает холодный воздух, насы-



щенный водяными парами. В результате этого образуется конденсат, создающий ледяные пробки в бензопроводах и вызывающий коррозию металла. Вода в карбюраторе и хлопья ржавчины нарушают работу системы питания автомобиля, засоряют ее каналы и жиклеры. В ненастную же погоду через открытую горловину в бак проникают пыль, капли дождя и снег.

Как видим, проблем много. Решить хотя бы часть из них попытались в автоклубе при Рязанской городской станции техников.

Здесь с целью снижения потерь топлива при заправке и улучшения очистки поступающего в бак воздуха разработана конструкция затвора топливного бака — "ПРИЗ-5" (программно-избирательный затвор). Все выполняемые им функции разделены на отдельные подпрограммы: подготовка, заправка, хранение, транспортировка и расход, предотвращение выбросов топлива. Причем подпрограмма "Подготовка" избирается самим водителем, а "Заправка" работает автоматически.

Конструкция затвора проста и надежна, большинство его деталей изготовлено из цветной пластмассы на термопластавтомате по точно заданным размерам (а.с. № 1684107).

Затвор состоит (см. рисунок) из колпака 1, крышки 2, отбортовки 3, фиксатора 4, ствола заправочного механизма 5, сектообразных кулачков 6, манжеты 7, осей 8, внутренних выступов 9, отверстий 10, пробки 11, внутренней полости 12, впускных воздушных клапанов 13, сетчатых фильтров 14, окон 15, выпускного парового клапана 16, выступов 17, бортика 18, горловины бака 19, уплотняющей прокладки 20, сифонов наружного 21 и внутреннего 22, щелевых прорезей 23, грязевлагоборника 24, ребер жесткости 25, ручки привода 26. Работает он следующим образом.

Когда бак заполнен и двигатель работает, спиралевидные сифоны 21 и 22 под действием собственных упругих сил сжаты. Поэтому через щелевидные прорези 23 бака атмосферный воздух в него не поступает. Пробка 11 препятствует проникновению влаги и

грязи в полости сифонов 21 и 22. По мере расходования топлива освободившиеся объемы бака заполняются воздухом, который проходит сначала через воздушные клапаны 13 в боковой стенке крышки 2, а затем (через полость 12, заполненную силикагелем) — в нижней стенке. Влага, содержащаяся в атмосферном воздухе, сорбируется силикагелем, и в бак поступает сухой воздух, следовательно, конденсата на стенках и дне бака не образуется.

При частично заполненном баке и неработающем двигателе над топливом образуются его пары. Если их давление достигает определенного предела, срабатывает выпускной паровой клапан 16, и пары удаляются в атмосферу, защищая бак от деформации. В этом случае впускные воздушные клапаны в днище крышки под действием собственных упругих сил остаются в закрытом состоянии, предохраняя силикагель от загрязнения топливным конденсатом. Впускные воздушные клапаны в боковой стенке крышки также закрыты и предохраняют силикагель от загрязнения влагой.

В момент заправки бака топливом с горловины 19 снимается не крышка 2, а пробка 11, и ствол 5 заправочного пистолета устанавливается в центральное отверстие 10 колпака 1. Когда оператор поворачивает колпак 1 по часовой стрелке, выступы 9 начинают взаимодействовать с боковой поверхностью кулачков 6 и перемещают их относительно осей 8 в центр отверстия 10. Манжета 7, выполненная из бензостойкой резины, плотно охватывает ствол 5 по периметру и удерживает его в заданном неподвижном положении. Таким образом, ствол 5 заправочного пистолета топливной колонки автозаправочной станции фиксируется в горловине бака автомобиля.

Введенный в бак ствол 5 через ребра жесткости 25 взаимодействует с сифонами 21 и 22, которые раздвигаются, а щелевые прорези 23 в наружном сифоне 21 принимают форму отверстий. При подаче топлива под давлением оно занимает объем между внутренними стенками сифона 22 и наружными стенками ствола 5, проходит через сетчатые стенки внутреннего сифона 22, очищается от механических примесей и воды, которые по спиральным участкам сифона 22 опускаются и собираются в легкосъемном грязеводосборнике 24. Чистое же топливо через отверстие 23 в стенках наружного сифона 21 поступает по горловине 19 в бак. Поскольку зона повышенного давления топлива находится внутри сифонов и изолирована от окружающей среды герметичной манжетой 7, выброса топлива не происходит. Воздух, вытесняемый из бака по мере заполнения последнего топливом, проходит через выпускной паровой клапан 16 в атмосферу.

После заправки оператор поворачивает колпак 1 против часовой стрелки, что приводит к снижению усилия манжеты 7 на ствол 5 посредством фиксатора 4 и вытеснению этого ствола из горловины бака.

Сифоны 21 и 22 сжимаются под действием собственных упругих сил и возвращаются в исходное положение. При этом спиральные их участки полностью вытесняют остатки профильтрованного топлива из горловины бака, а остатки механических примесей и воды вытесняются в грязеводосборник. От-

верстия 23 в наружном сильфоне 21 также сжимаются и препятствуют проникновению влаги и различных загрязнений из окружающей среды через отверстие 10 в топливный бак.

Оператор ручкой 26 привода вынимает грязеводосборник из отверстия и удаляет из него конденсат и отстой. При этом топливо проникает через латунную сетку грязеводосборника и остается в баке. А так как механические примеси и вода имеют большие удельный вес и поверхностную силу натяжения, то при подъеме из бака они остаются на дне грязеводосборника и потом удаляются. Затем грязеводосборник устанавливают на прежнее место и отверстие 10 закрывают пробкой 11.

Снабженный таким затвором бензобак автомобиля стал четко выполнять все основные и дополнитель-

ные программы, предусмотренные системой питания ДВС. Теперь ни влага, ни пыль не попадают в бак как в подготовительный период, так и во время заправки топливом, а ствол заправочного механизма надежно удерживается от выпадания даже в положении "Открыто". Кроме того, по мере расхода топлива на его место в бак поступает всегда осушенный и профильтрованный воздух, что обеспечивает оптимальные условия для работы всей системы питания автомобиля.

Техническое обслуживание устройства "ПРИЗ-5" так же, как и его работа, несложное. После влажной и холодного осенне-зимнего сезона крышку разбирают, высыпают гранулы силикагеля и высушивают их. Затем устройство вновь собирают и устанавливают на автомобиль.

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ

УДК 621.43.044.7

РАСЧЕТ СИСТЕМ ПУСКА С ЕМКОСТНЫМИ НАКОПИТЕЛЯМИ ЭНЕРГИИ

Кандидаты техн. наук
Ю.П. ЧИЖКОВ и Р.А. МАЛЕЕВ
МАМИ

Информация о возможном использовании емкостных накопителей в системах пуска привлекла внимание специалистов, занимающихся разработкой и эксплуатацией ДВС различного назначения: во многих организациях проводятся теоретические и экспериментальные исследования систем пуска как с низковольтными, так и высоковольтными накопителями. Однако работы проводятся бессистемно, что приводит подчас к противоречивым результатам. Поэтому назрела необходимость выработки четких и достоверных методик расчета и исследования систем пуска с емкостными накопителями.

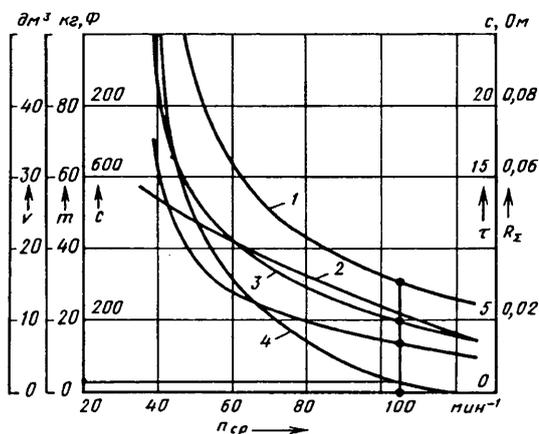
Одна из таких методик подбора накопителя для системы пуска рассмотрена ниже.

Технология подбора состоит в следующем. Сначала, как обычно, оценивается целесообразность применения накопителя в системе пуска данного ДВС, и работа сводится к определению параметров накопителя, обеспечивающих пуск ДВС со штатным электростартером в конкретных заданных условиях. Однако здесь есть одна трудность: до настоящего времени нет пусковых характеристик ДВС, оборудованных системами пуска с емкостными накопителями. Поэтому приходится использовать то, что есть, — пусковые характеристики ДВС с обычной системой пуска. Другими словами, в начальной стадии пуска ДВС система с накопителем рассчитывается на прокручивание коленчатого вала в течение времени, взятого из обычной пусковой характеристики ДВС.

Конечно, это своего рода "натяжка". Ведь процесс пуска при питании электростартера от емкостного накопителя существенно отличается от процесса

пуска при питании от аккумуляторной батареи. Ему свойственно, прежде всего, отсутствие этапов прокручивания с постоянной средней частотой вращения, так как напряжение накопителя по мере разряда снижается. Кроме того, при пуске ДВС от накопителя время разгона двигателя гораздо меньше общего времени прокручивания. Но в первом приближении можно считать, что вал ДВС нагружен средним статическим моментом сопротивления. Полученные таким образом расчетные величины мгновенных параметров системы на некоторых режимах, разумеется, будут заметно отличаться от экспериментальных. Однако, если исходить из баланса энергии, то средние значения основных параметров систем (частота вращения коленчатого вала, время прокручивания, механическая энергия, КПД и т.д.) оказываются близкими, так как механическая и электрическая энергии, накопленные в период разгона системы, затем практически полностью возвращаются в нее, и это оправдывает ту самую "натяжку".

Теперь о самом расчете параметров системы пуска с емкостным накопителем. Исходными данными для него, как и при системах с аккумуляторной батареей, служат тип ДВС, его пусковые и механические характеристики, марка моторного масла, расчетная температура пуска; тип электростартера, его суммарное активное сопротивление и номинальные рабочие характеристики, соотношение чисел зубьев маховика и шестерни стартера. Аккумуляторная батарея для традиционной системы подбирается, как известно, исходя из необходимости прокручивания коленчатого вала ДВС с номинальной пусковой частотой вращения в течение заданного промежутка времени. Зависимость же параметров системы с накопителем от средней пусковой частоты вращения коленчатого вала двигателя (n_{cp}) должна быть, если исходить из особенностей работы батареи и накопителя, более сложной. Но она пока неизвестна. Поэтому рассчитывать параметры системы следует для нескольких значений средней пусковой частоты. Удобнее всего —



Зависимость параметров системы пуска с емкостным накопителем энергии от средней пусковой частоты вращения коленчатого вала двигателя ВАЗ-21081:

1 — масса системы пуска; 2 — суммарное сопротивление системы пуска; 3 — объем емкостного накопителя; 4 — постоянная времени системы

от 30—40 до 200 мин⁻¹, причем через каждые 10—20 мин⁻¹.

Чтобы уменьшить затраты времени, можно воспользоваться программой для ПЭВМ, которая разработана в МАМИ. Результаты одного из таких расчетов требуемой емкости (C) и объема накопителя (V), суммарного сопротивления цепи разряда R_Σ, постоянной времени (τ) и суммарной массы системы (m) (двигатель ВАЗ-21081; масло Н-6_з/10Г1, при температуре 253 К (-20 °С); электростартер 35.3708 с передаточным числом редуктора 11,62; начальное зарядное напряжение накопителя 12 В; сопротивление проводов на участке "накопитель-стартер" отсутствует) приведены на рисунке. Механическая и пусковая характеристики двигателя — в табл. 1.

Как видно из рисунка, с увеличением средней пусковой частоты требуемая емкость накопителя, суммарное сопротивление цепи разряда и постоянная времени уменьшаются, а следовательно, уменьшаются объем накопителя и общая масса системы. Таким образом, со всех точек зрения высокие пусковые частоты — частоты выгодные, и к ним нужно стремиться. Однако на практике может оказаться, что система создается под конкретный накопитель. Тогда, задаваясь различными цепями разряда, можно для каждой из них обеспечить пуск ДВС только с одной средней пусковой частотой вращения коленчатого вала. Она и будет искомой для каждой такой цепи. Например, если цепь имеет постоянную времени, равную 1 с, то средняя пусковая частота равна 105 мин⁻¹, нужная для пуска емкость равна 150 Ф, а сопротивление цепи — 0,008 Ом.

При увеличении средней пусковой величины частоты вращения коленчатого вала активное сопротивление системы пуска должно быть меньше, так как

Таблица 1

| Параметр | Величина параметров | | | | | | | | |
|---------------------------|---------------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|
| | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| $n_{ср}, \text{мин}^{-1}$ | 40 | 45 | 50 | 55 | 60 | 70 | 75 | 80 | 85 |
| $M_c, \text{нм}$ | 35 | 36 | 36,8 | 37,9 | 38,5 | 39,5 | 40,1 | 40,4 | 40,8 |
| $t_n, \text{с}$ | 11 | 8,7 | 7,9 | 7,4 | 7,2 | 6,85 | 6,75 | 6,6 | 6,4 |

Таблица 2

| Параметр системы пуска | Начальное зарядное напряжение, В | | | | |
|---|----------------------------------|-------|-------|-------|-------|
| | 10 | 12 | 14 | 16 | 18 |
| Средняя частота вращения, мин ⁻¹ | 82,8 | 103,3 | 122,5 | 139,9 | 155,4 |
| Время пуска, с | 6,49 | 5,63 | 4,83 | 4,10 | 3,46 |
| Емкость накопителя, Ф | 196,3 | 140,7 | 104,5 | 79,5 | 61,5 |
| Масса накопителя, кг | 28,3 | 20,3 | 15,1 | 11,4 | 8,9 |
| Объем накопителя, дм ³ | 14,1 | 11,4 | 7,5 | 5,7 | 4,4 |
| Требуемая емкость аккумуляторной батареи, А·ч | 11,6 | 9,9 | 8,6 | 7,5 | 6,5 |
| Объем аккумуляторной батареи, дм ³ | 1,98 | 2,05 | 2,07 | 2,05 | 2,01 |
| Масса аккумуляторной батареи, кг | 3,97 | 4,09 | 4,14 | 4,11 | 4,03 |
| Суммарный объем источников питания, дм ³ | 16,1 | 12,2 | 9,6 | 7,8 | 6,4 |
| Суммарная масса системы пуска, кг | 39,7 | 31,9 | 26,7 | 23,1 | 20,4 |

возрастает момент сопротивления ДВС, преодолеть который можно только за счет увеличения тока якоря электростартера. Но при этом потребная для создания повышенной средней пусковой частоты емкость накопителя уменьшается, поскольку снижаются электрические потери на сопротивление стартера и кратность его рабочего тока.

Помимо расчета основных параметров системы пуска с накопителем методика позволяет определить параметры аккумуляторной батареи, необходимой для заряда накопителя, сравнить систему пуска с накопителем и традиционную систему, а также исследовать влияние различных факторов на основные параметры новой пусковой системы.

В частности, при решении последней из задач установлено, что на параметры системы с накопителем влияют: номинальное напряжение и удельная энергия накопителя, постоянная времени системы; число попыток пуска, соотношение числа зубьев шестерни электростартера и маховика.

Для примера в табл. 2 приведены результаты расчета влияния начального зарядного напряжения емкостного накопителя на основные параметры системы пуска для двигателя ВАЗ-21081.

Из таблицы следует, что при заданной постоянной времени (в данном случае она принята равной 1 с) увеличение начального зарядного напряжения накопителя приводит к росту средней пусковой частоты вращения коленчатого вала и уменьшению времени пуска, что, в свою очередь, ведет к снижению требуемой емкости накопителя, его массы и габаритных размеров. По той же причине уменьшается требуемая емкость аккумуляторной батареи в зарядной цепи, а следовательно, и суммарные габаритно-массовые показатели системы электростартерного пуска в целом. Кроме того, увеличение пусковой частоты вращения позволяет повысить надежность пуска ДВС. Однако при значительном увеличении начального зарядного напряжения накопителя необходим преобразователь напряжения, что усложняет систему пуска.

ПРОГРАММА ПОВЫШАЕТ ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ

Канд. техн. наук О.А. МАХАНЬКОВ, В.М. СТАСКЕВИЧ,
д-р техн. наук А.И. ГРИШКЕВИЧ
Белорусская политехническая академия

Характерная особенность любой микропроцессорной системы управления состоит, как известно, в том, что отказы значительной части элементов возникают внезапно, приводя к скачкообразному изменению ее работоспособности. Последнее вызывает у оператора чувство психологического дискомфорта: он понимает, что физически не в состоянии мгновенно оценить сложившуюся ситуацию и принять адекватное неисправности решение. Это особенно опасно, если система управления — автомобильная и в роли оператора выступает водитель. Поэтому идеология построения микропроцессорных систем управления автомобилем, работающих в реальном масштабе времени и влияющих на безопасность движения, должна исходить из неизбежности возникновения отказов — в нее должна быть заложена способность сохранения присмелего качества управления в нештатных режимах работы. Другими словами, такая система должна восприниматься оператором либо как вообще отказобезопасная, т.е. способная правильно функционировать в любой ситуации, либо отказоамортизирующая, т.е. способная по мере прогрессирующего накопления отказов функционировать, хотя и с постепенным снижением показателей эффективности.

И то и другое наиболее часто достигается за счет структурной и информационной избыточности, предусматривающей общес, поэлементное или скользящее резервирование, мажорирование аппаратных средств микропроцессорной системы, дублирование в памяти управляющей микроЭВМ наиболее важных программ и данных и т.п. Однако автомобиль — изделие массового производства. Поэтому затраты на резервирование, даже если на одном изделии они и не очень велики, при массовом выпуске становятся просто неприемлемыми. Кроме того, традиционное

резервирование снижает, в определенном смысле, и эксплуатационную надежность АТС, поскольку резервные элементы и сами не обладают абсолютной надежностью.

Все это заставляет переходить на программные методы повышения отказоустойчивости микропроцессорных систем управления. Примером такого решения может служить разработанная Белорусской политехнической академией и Конструкторско-экспериментальным институтом автобусной промышленности микропроцессорная система автоматического управления механической трансмиссией (МП САУМТ) для перспективных автобусов семейства ЛАЗ.

Закон переключения передач, в соответствии с которым МП САУМТ выбирает момент и направление переключения передач, формируется на основе вектора из пяти информационных параметров: скорости (v_a) автомобиля, знака его ускорения ($\text{sign } \dot{v}_a$), угловой скорости вращения ($\omega_{дв}$) коленчатого вала двигателя, положения ($\alpha_{дв}$) педали подачи топлива (рейки ТНВД) и признака (M_B) организации режима движения накатом.

Его вид приведен в первой строке табл. 1. Из нее видно, что в многочлен входят также коэффициенты $a_1^{в(н)}$, $a_2^{в(н)}$ и $a_3^{в(н)}$, величины которых меняются в зависимости от направления переключения передач (вверх или вниз), и функции v_1 и v_2 , корректирующие информационные параметры $\text{sign } \dot{v}_a$ и M_B .

Вектор возможных функциональных структур МП САУМТ можно представить в виде матрицы, элементы которой равны единице в том случае, когда вектор конкретного информационного параметра участвует в формировании конкретной же функциональной структуры, и равны нулю, когда не участвует. Это означает, что при отказах информационных каналов МП САУМТ имеется возможность реконфигурации структуры системы путем ее последовательной деградации, т.е. сужения вектора информационных параметров (исключения из нее отдельных параметров). Причем возможная глубина деградации ограничивается тем минимальным набором информационных параметров, при котором система еще способна выполнять закон переключения передач, т.е.

Т а б л и ц а 1

| Вектор информационных параметров | Закон переключения передач | |
|--|---|---|
| | на смежную высшую | на смежную низшую |
| $u_1 = (v_a, \omega_{дв}, \alpha_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a, M_B)^T$ | $\omega_{дв}^в = [a_1^в + a_2^в \alpha_{дв} + a_3^в \alpha_{дв}^2] \times v_1(\text{sign } \dot{v}_a) v_2(M_B)$ | $\omega_{дв}^н = [a_1^н + a_2^н \alpha_{дв} + a_3^н \alpha_{дв}^2] \times v_1(\text{sign } \dot{v}_a) v_2(M_B)$ |
| $u_2 = (v_a, \omega_{дв}, \alpha_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a)^T$ | $\omega_{дв}^в = [a_1^в + a_2^в \alpha_{дв} + a_3^в \alpha_{дв}^2] v_1(\text{sign } \dot{v}_a)$ | $\omega_{дв}^н = [a_1^н + a_2^н \alpha_{дв} + a_3^н \alpha_{дв}^2] \times v_1(\text{sign } \dot{v}_a)$ |
| $u_3 = (v_a, \omega_{дв}, \alpha_{дв}, M_B)^T$ | $\omega_{дв}^в = [a_1^в + a_2^в \alpha_{дв} + a_3^в \alpha_{дв}^2] v_2(M_B)$ | $\omega_{дв}^н = [a_1^н + a_2^н \alpha_{дв} + a_3^н \alpha_{дв}^2] v_2(M_B)$ |
| $u_4 = (v_a, \omega_{дв}, \alpha_{дв})^T$ | $\omega_{дв}^в = a_1^в + a_2^в \alpha_{дв} + a_3^в \alpha_{дв}^2$ | $\omega_{дв}^н = a_1^н + a_2^н \alpha_{дв} + a_3^н \alpha_{дв}^2$ |
| $u_5 = (v_a, \omega_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a, M_B)^T$ | $\omega_{дв}^в = a_0^в \omega_{двNmax} v_1(\text{sign } \dot{v}_a) v_2(M_B)$ | $\omega_{дв}^н = a_0^н \omega_{двMmax} v_1(\text{sign } \dot{v}_a) v_2(M_B)$ |
| $u_6 = (v_a, \omega_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a)^T$ | $\omega_{дв}^в = a_0^в \omega_{двNmax} v_1(\text{sign } \dot{v}_a)$ | $\omega_{дв}^н = a_0^н \omega_{двMmax} v_1(\text{sign } \dot{v}_a)$ |
| $u_7 = (v_a, \omega_{дв}, M_B)^T$ | $\omega_{дв}^в = a_0^в \omega_{двNmax} v_2(M_B)$ | $\omega_{дв}^н = a_0^н \omega_{двMmax} v_2(M_B)$ |
| $u_8 = (v_a, \omega_{дв})^T$ | $\omega_{дв}^в = a_0^в \omega_{двNmax}$ | $\omega_{дв}^н = a_0^н \omega_{двMmax}$ |

| Вектор информационных параметров | Оценочный измеритель | | | | Критерий эффективности | Закон переключения передач |
|--|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|---|------------------------|----------------------------|
| | Средняя скорость движения, км/ч | Средний расход топлива, л/100 км | Число переключений передач | Удельный расход топлива, 10 пасс.× км ² /(л·ч) | | |
| $u_1 = (v_a, \omega_{дв}, \alpha_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a, M_B)^T$ | 42,08 | 30,90 | 18 | 6,809 | 7,022956 | Динамический |
| $u_2 = (v_a, \omega_{дв}, \alpha_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a)^T$ | 41,75 | 31,06 | 21 | 6,721 | 7,055462 | |
| $u_3 = (v_a, \omega_{дв}, \alpha_{дв}, M_B)^T$ | 41,10 | 31,65 | 58 | 6,494 | 7,126524 | |
| $u_4 = (v_a, \omega_{дв}, \alpha_{дв})^T$ | 41,08 | 32,01 | 54 | 6,417 | 7,135332 | |
| $u_5 = (v_a, \omega_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a, M_B)^T$ | 41,92 | 31,07 | 19 | 6,745 | 7,040662 | |
| $u_6 = (v_a, \omega_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a)^T$ | 41,27 | 31,69 | 20 | 6,512 | 7,111409 | |
| $u_7 = (v_a, \omega_{дв}, M_B)^T$ | 40,04 | 31,21 | 50 | 6,415 | 7,220713 | |
| $u_8 = (v_a, \omega_{дв})^T$ | 40,41 | 31,84 | 54 | 6,345 | 7,196454 | |
| $u_1 = (v_a, \omega_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a, M_B)^T$ | 39,98 | 28,59 | 36 | 6,991 | 7,178046 | Экономический |
| $u_2 = (v_a, \omega_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a)^T$ | 40,20 | 30,01 | 36 | 6,699 | 7,182140 | |
| $u_3 = (v_a, \omega_{дв}, M_B)^T$ | 41,76 | 29,38 | 82 | 7,107 | 7,023383 | |
| $u_4 = (v_a, \omega_{дв}, \alpha_{дв})^T$ | 41,44 | 30,48 | 99 | 6,799 | 7,072964 | |
| $u_5 = (v_a, \omega_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a, M_B)^T$ | 40,43 | 29,25 | 21 | 6,751 | 7,158500 | |
| $u_6 = (v_a, \omega_{дв}, \text{sign } \dot{v}_a)^T$ | 41,14 | 30,46 | 25 | 6,753 | 7,100478 | |
| $u_7 = (v_a, \omega_{дв}, M_B)^T$ | 41,47 | 29,72 | 49 | 6,977 | 7,056372 | |
| $u_8 = (v_a, \omega_{дв})^T$ | 41,09 | 30,33 | 58 | 6,773 | 7,103303 | |

¹Дана в ценах 1990 г.

переключать передачи без нарушения условий безопасности движения или каких-либо иных заданных условий.

Конкретные направления и глубина деградации структуры МП САУМТ автобусов ЛАЗ, а также соответствующие им изменения закона переключения передач приведены в строках 2—8 табл. 1. Из нее, в частности, видно, что исходная структура системы предусматривает, как уже упоминалось, формирование алгоритмов управления трансмиссией на основе вектора всех информационных параметров. Момент и направление переключения передач выбираются на основе двухкоординатного закона переключения передач с учетом корректирующих информационных параметров $\text{sign } \dot{v}_a$ и M_B , а при организации процесса переключения передач совместно обрабатывается информация об угловых скоростях коленчатого вала двигателя $\omega_{дв}$ и выходного вала коробки передач $\omega_{в.в}$ (скорости автомобиля v_a).

Если в каналах датчиков корректирующих информационных параметров $\text{sign } \dot{v}_a$ и (или) M_B возник отказ и он идентифицирован системой самодиагностирования МП САУМТ, то эти информационные параметры исключаются из обработки. Система переходит на резервный алгоритм управления трансмиссией (строки 2—4 в табл. 1).

Если отказ произошел в канале датчика положения педали подачи топлива $\alpha_{дв}$ (рейки ТНВД), то система переходит на однокоординатный закон переключения передач, при котором переключения на смежную высшую передачу производятся при частоте вращения коленчатого вала двигателя, близкой к частоте максимальной мощности ($\omega_{дв/макс}$), а на сме-

жную низшую передачу — при частоте, близкой к частоте, соответствующей максимальному крутящему моменту ($\omega_{дв/Ммакс}$) при работе двигателя по внешней скоростной характеристике (строка 5 в табл. 1). Если в этом случае произошли и отказы элементов информационных каналов корректирующих параметров, то они также исключаются из алгоритмов управления трансмиссией, а закон переключения передач соответствующим образом корректируется (строки 6—8).

Таким образом, при выходе из строя одного или нескольких информационных каналов и своевременном обнаружении этого системой самодиагностирования МП САУМТ автоматически восстанавливает свою работоспособность за счет адекватной отказам реконфигурации своей функциональной структуры. Имеющее при этом место некоторое снижение качества управления трансмиссией носит временный характер (до устранения неисправности) и не может рассматриваться как ограничивающий фактор.

Движение автомобиля, оборудованного рассматриваемой МП САУМТ, было исследовано с помощью имитационной модели системы "водитель—автоматическая система управления механической трансмиссией—автомобиль—дорога". При этом в систему вводились различные неисправности. Результаты моделирования работы МП САУМТ в резервных режимах управления трансмиссией при динамическом (обеспечивающем максимальную среднюю скорость движения пригородного автобуса ЛАЗ-42021, оборудованного дизелем КамАЗ-7402 и механической ступенчатой коробкой передач КамАЗ-141, по типизированному маршруту) и экономическом (обеспечивающем мини-

| Диапазон изменения передач | Оценочный измеритель | | | | Критерий эффективности | Закон переключения передач |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------------|----------------------------|--|--|----------------------------|
| | Средняя скорость движения, км/ч | Средний расход топлива, л/100 км | Число переключений передач | Удельный расход топлива, (10 пасс. км ²)/ (лч) | Удельная стоимость ¹ перевозок, коп./ (10 пасс. км) | |
| II—V | 42,08 | 30,90 | 18 | 6,809 | 7,022956 | Динамический |
| II—IV | 42,08 | 30,90 | 18 | 6,809 | 7,022956 | |
| II—III | 40,32 | 31,08 | 20 | 6,486 | 7,190631 | |
| II | 39,62 | 36,29 | 0 | 5,459 | 7,358869 | |
| I | 12,37 | 61,53 | 0 | 1,006 | 16,665100 | |
| II—V | 39,98 | 28,59 | 36 | 6,991 | 7,178046 | Экономический |
| II—IV | 39,61 | 29,43 | 36 | 6,798 | 7,225282 | |
| II—III | 40,24 | 30,87 | 19 | 6,518 | 7,195277 | |
| II | 39,62 | 36,29 | 0 | 5,459 | 7,358869 | |
| I | 12,37 | 61,53 | 0 | 1,006 | 16,665100 | |

¹Дана в ценах 1990 г.

мальный расход топлива) законах переключения передач приведены в табл. 2.

Из таблицы видно, что моделирование подтвердило высказанные выше соображения. Но оно выявило и кое-что новое.

Во-первых, при наличии неисправности в канале датчика режима движения накатом обработку соответствующего сигнала из алгоритмов функционирования системы можно исключить, поскольку данный режим задается в реальной системе водителем.

Во-вторых, при отказе в канале датчика ускорения и реализации соответствующего резервного алгоритма управления имеет место циклическое переключение передач, что приводит к снижению долговечности трансмиссии и ухудшает комфортность поездки. Поэтому данную функциональную структуру тоже следует исключить. Наиболее выгодно, с точки зрения как аппаратной реализации, так и надежности МП САУМТ, данный информационный сигнал получать не от отдельного датчика ускорения, а от датчиков угловой скорости элементов силового агрегата (угловой скорости коленчатого вала двигателя или угловой скорости выходного вала коробки передач) с их последующей обработкой в управляющей микроЭВМ.

В-третьих, если отказ произошел в канале датчика положения педали подачи топлива (рейки ТНВД), то целесообразен переход от двух- к одноординатному закону переключения передач. Этот переход, правда, несколько ухудшает оценочные измерители и критерий эффективности, но зато позволяет в резервном режиме добиться приемлемого качества управления. Для его реализации в алгоритм выбора момента и направления переключения передач нужно ввести подпрограмму диагностирования канала датчика положения педали подачи топлива и резервный закон переключения передач.

Это — что касается самой МП САУМТ. Но ее работоспособность зависит и от элементов исполнительной подсистемы. Однако и здесь подходы останутся прежними.

Например, если отказала коробка передач или привод управления, результатом чего стало невозможно включить ту или иную передачу, то в качестве выхода из положения также предусмотрено автоматическое сужение диапазона, но уже передаточных чисел. И в данном случае новый диапазон, в котором будет работать МП САУМТ, будет представлять собой отношение передаточного числа наивысшей передачи, возможной к включению при данном техническом состоянии коробки передач или привода управления ею, к передаточному числу низшей передачи.

Следовательно, получится переменный, зависящий от технического состояния коробки передач и привода ее управления диапазон передаточных чисел. Он позволяет сохранить способность автомобиля к движению без аппаратного резервирования каналов управления. То есть резервирование алгоритмов управления трансмиссией заменяет собой резервирование аппаратное. Причем это особенно выгодно при использовании составных коробок передач с тремя или четырьмя степенями свободы, содержащих кроме базовой коробки дополнительные передний и (или) задний редукторы.

Моделирование работы автобуса с МП САУМТ при переменном диапазоне передаточных чисел проводилось путем принудительной блокировки включения передач. Его результаты приведены в табл. 3. Из нее видно, что практически во всех случаях показатели эффективности МП САУМТ ухудшаются. Исключение составляет лишь динамический закон переключения передач при блокировании включения пятой передачи. Почему — понятно: пятая передача не используется и при исходном законе, поскольку на рассматриваемом автобусе характеристики системы "двигатель—трансмиссия" недостаточно согласованы применительно к параметрам типизированного маршрута, на которых, как известно, максимальные скорости движения ограничены.

Однако, несмотря на ухудшение показателей эффективности, все рассмотренные выше режимы упра-

вления при отказах коробки передач или ее привода могут быть использованы в качестве резервных, так как носят временный характер и позволяют сохранить подвижность автомобиля. Чтобы система могла выполнять данные режимы, в ее алгоритм организации процессов трогания и переключения передач нужно ввести подпрограммы диагностирования привода управления и коробки передач, а в алгоритмы выбора момента и направления переключения передач и выбора передачи трогания —

подпрограммы резервных режимов управления трансмиссией, адекватных имеющейся в системе неисправности.

В заключение можно сказать, что рассмотренные выше резервные режимы управления трансмиссией при отказах информационных каналов, коробки передач и ее привода позволяют добиться повышения отказоустойчивости МП САУМТ уже при составлении алгоритмов управления и обойтись без дополнительных аппаратных затрат.

УДК 629.113.681.534

АКУСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС

Кандидаты техн. наук С.А. ВОРОНЦОВ и Ю.В. ГАЛЕВКО,
Т.В. ИВАНОВА, А.Л. ДУБЯНСКИЙ
НИЦИАМТ

В 1990 г. вступил в строй акустический комплекс НИЦИАМТа, предназначенный для исследований и доводки автомобилотехники по акустическим показателям. Он — первый в России, но включает все оборудование, необходимое для выполнения таких работ на самом современном уровне.

Основной элемент комплекса (рис. 1) — большая полузаглушенная камера 1. Ее объем — 1070 м³, внутренние размеры — 15,4×12,4×5,6 м. Предназначена она для акустических исследований, в том числе идентификации источников внутреннего и внешнего шума автомобилей; доводки АТС по внешнему и внутреннему шумам; экспериментального определения виброакустических характеристик пневматических шин и т.п.

Камера — со звукопоглощающими стенами и потолком и звукоотражающим полом. В ней установлен стенд с беговыми барабанами и специальной акусти-

ческой характеристикой (фирма "Шенк"), который позволяет имитировать все те режимы движения автомобиля (разгон, постоянная скорость, движение по циклам и т.д.), которые нужны для полномасштабных акустических его исследований.

Основные характеристики стенда с беговыми барабанами таковы: диаметр барабанов — 2,54 м; максимальная мощность привода — 333 кВт; максимальная имитируемая скорость движения автомобиля — 250 км/ч; максимальное тормозное (тяговое) усилие — 60 кН (6 тс), максимальная нагрузка на ось АТС — 15 т, уровень звука на расстоянии 0,1 м от поверхности барабанов при скорости их вращения 100 км/ч — 61 дБА.

На стенде можно испытывать практически все автомобили, выпускаемые в странах СНГ (рис. 2 и рис. 3).

Второй из элементов конструкции акустического комплекса — малая полузаглушенная камера. Она тоже имеет звукопоглощающие стены и потолок; ее объем — 300 м³, внутренние размеры 7,5×7,0×5,6 м. В ней проводятся (рис. 4) моторные и безмоторные виброакустические исследования двигателей.

Малая камера аттестована в качестве образцового (класс 1) средства измерения и работает с динамометром, который, чтобы исключить влияние его шума на акустические характеристики двигателя, установлен за ее пределами. Основные характеристики этого динамометра следующие: измеряемые тормозная мощность — 180/211/211 кВт, тормозной момент — 430/366/3366 Н·м (43/36,6/33,6 кгс·м), мощность двигателя — 160/189/189 кВт (217/257/

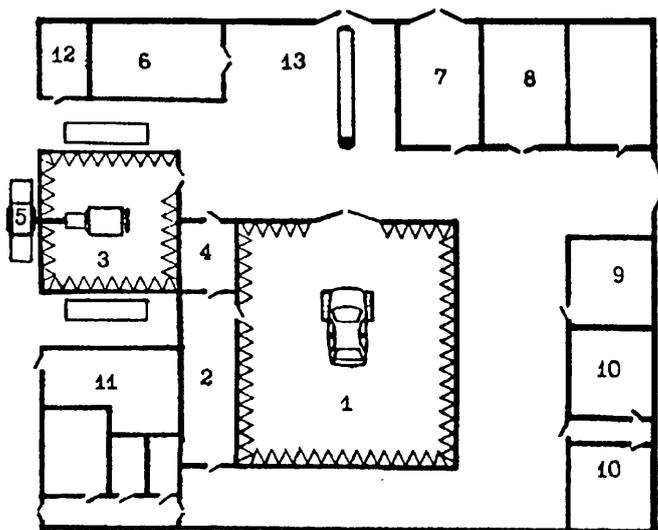


Рис. 1. Акустический комплекс НИЦИАМТа: 1 — большая полузаглушенная камера; 2 — ее операторская; 3 — малая полузаглушенная камера; 4 — ее операторская; 5 — динамометр постоянного тока; 6 — участок вибродинамических испытаний двигателей и трансмиссии; 7 — участок вибродинамических испытаний кузовов и кабин; 8 — участок испытаний звукоизоляционных материалов; 9 — участок подготовки измерительной аппаратуры; 10 — рабочие комнаты инженерно-технического персонала; 11 — тиристорная; 12 — компрессорная; 13 — участок подготовки автомобилей и двигателей к испытаниям

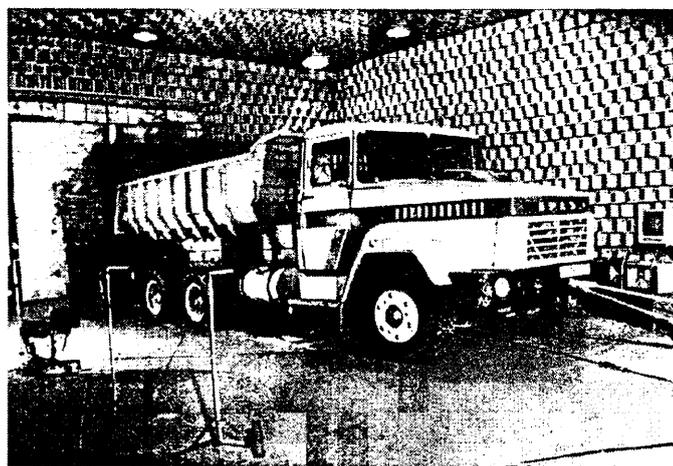


Рис. 2. Акустические испытания автомобиля в большой полузаглушенной камере

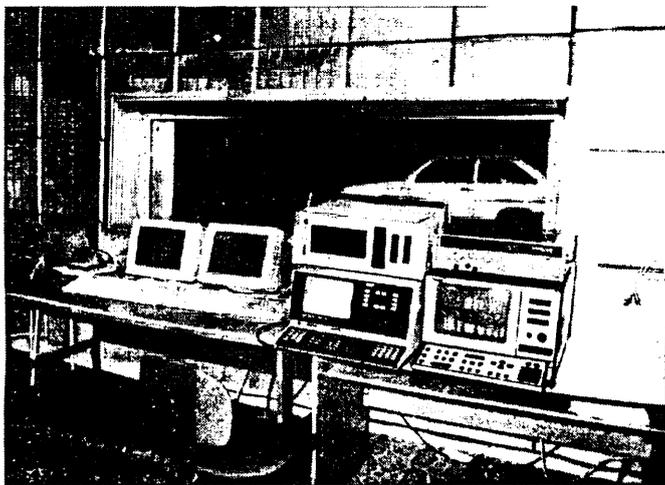


Рис. 3. Измерительно-анализирующая аппаратура при проведении виброакустических исследований в большой полузаглушенной камере

257 л.с), крутящий момент двигателя — 382/328/301 Н·м (38,2/32,8/30,1 кгс·м), частота вращения коленчатого вала двигателя — 4000/5500/6000 мин⁻¹.

Акустические камеры оснащены и другим современным измерительным оборудованием.

В НИЦИАМТе разработаны и широко применяются методы исследования шума автомобилей на разгонных режимах, что дает возможность сократить время исследований и приблизить режимы стендовых испытаний к методикам, регламентируемым нормативными документами. В частности, для ранжирования и локализации источников шума все большее применение получают интегриметрические методы.

В комплекс входят также лаборатории, которые оснащены современными измерительными приборами и вычислительной техникой, работающие в них специалисты применяют численные методы расчетов и анализа (МКЭ, МГЭ и др.), что позволяет сократить число опытных образцов при оптимизации конструкций по акустическим характеристикам.

Стендовые испытания дополняются в НИЦИАМТе испытаниями дорожными, которые проводятся в соответствии с такими нормативными документами, как

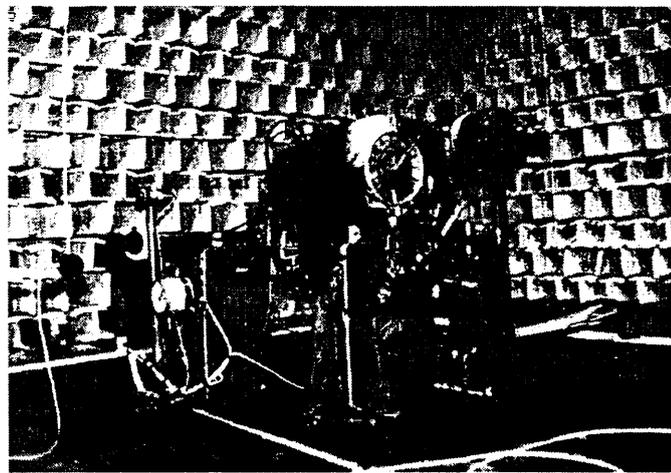


Рис. 4. Акустические испытания дизеля в малой полузаглушенной камере

Правила № 9, Правила № 28, Правила № 41, Правила № 51 и Правила № 63 ЕЭК ООН, а также ГОСТ 27435 и ГОСТ 27438.

За время функционирования акустического комплекса были выполнены работы по исследованию и доводке целого ряда автомобилей: ЗАЗ-1102, ЛуАЗ-969М, ТСК 2.01 ("Кубань"), МАЗ-64221, КамАЗ-54115, КамАЗ-5325, КамАЗ-54112, ГАЗ-3306, УАЗ-31512 и др. Результаты — всегда положительные. В ходе исследовательских и доводочных работ, выполненных на автомобиле ГАЗ-3306, например, его внешний шум, за счет экранирования силового агрегата и использования звукопоглощающих материалов, удалось снизить на 3—5 дБА, а внутренний шум грузопассажирского полноприводного автомобиля, за счет применения вибродемпфирующих и звукопоглощающих материалов, модернизации подвески силового агрегата и системы впуска, довести до нормативных показателей.

В настоящее время НИЦИАМТ решает проблему ускорения доводочных работ. Для этого создается аппаратно-методический комплекс, который позволит автоматизировать процесс стендовых акустических испытаний АТС в полузаглушенных камерах.

ИНФОРМАЦИЯ

ЗА РУБЕЖОМ

УДК 629.1.056.32:621.384

ФИРМА "ЛУКАС". ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ ВПРЫСКИВАНИЯ ТОПЛИВА

П. ЛАКИН

За последние 70 лет популярность дизельных легковых автомобилей в Западной Европе непрерывно возрастала. Так, если доля их продаж в 1970 г. составляла лишь 1,3 %, то в 1993 г. — уже 20 %, а к концу нынешнего десятилетия достигнет, по прогнозу, 25—30 %. Основные причины такого успеха хоро-

шо известны. Это более низкие, чем у автомобиля с бензиновым двигателем, расход топлива и токсичность отработавших газов, а также большая его удельная мощность. Причем как производителя, так и потребителя особенно привлекают именно низкие расход топлива и токсичность у дизелей. Например, сравнительные испытания 12 пар бензиновых и дизельных легковых автомобилей, работающих по различным ездовым циклам и при различной температуре окружающей среды, показали: и то и другое у бензиновых автомобилей при укорачивании ездового цикла и понижении температуры резко растет, а у дизельных — практически не изменяется, а если и увеличивается, то весьма незначительно. А с течени-

см времени, т.е. по мере увеличения наработки, эти преимущества усиливаются. Правда, дизельный автомобиль часто критикуют за более высокий, чем у бензинового, выхлоп оксидов азота, если бензиновый оснащен трехступенчатым нейтрализатором. Однако исследования не подтвердили правомерность такой критики: после 40000 миль (64000 км) пробега более высокий уровень содержания оксидов азота в отработавших газах оказался именно у автомобиля с бензиновым двигателем. И сравнивались бензиновые автомобили, оснащенные электронной системой впрыскивания топлива и нейтрализатором, а дизельные — с механической системой впрыскивания и без нейтрализатора. Значит, дизель с точки зрения дальнейшего снижения токсичности имеет гораздо больше возможностей, чем бензиновый двигатель, и в первую очередь — за счет электроники.

Вторая причина, которая заставляет оснащать дизели электронными системами управления, — это необходимость улучшения таких характеристик автомобиля, как уровни шумов и вибраций, жесткость подвески, а также крутящий момент и мощность.

Есть и еще одна, третья, причина: электронные системы очень хорошо взаимодействуют с другими автомобильными системами — такими, как система управления крейсерской скоростью, воздушным кондиционером; автоматической коробкой передач и т.д.

Электронных систем впрыскивания топлива, применяемых на дизельных легковых и легких грузовых автомобилях, существует достаточно много. Однако наиболее распространены в Западной Европе ротационные системы. Выпускает их и фирма "Лукас".

Предназначены они для двигателей как с прямым, так и с непрямым впрыскиванием. В частности, с 1991 г. фирма поставляет фирме "Форд" электронную систему прямого впрыска EPIC DI для фургона "Транзит", а в 1993 г. начала поставлять систему непрямого впрыска EPIC IDI фирме "Мерседес-Бенц", которую последняя применяет на легковых автомобилях класса "С".

Обе эти системы работают по одному и тому же принципу, но в системе прямого впрыскивания имеется четыре плунжера с насосами (в системе непрямого впрыскивания их два), что позволяет создавать более высокое давление впрыскивания.

Система EPIC обеспечивает управление топливоподачей, моментом впрыскивания топлива по замкнутому контуру и системой рециркуляции отработавших газов, а также выполняет некоторые другие функции. Состоит она из электронного блока управления, датчиков, измеряющих частоту вращения коленчатого вала и температуру двигателя, давление впускного воздуха и его температуру, а также положение педали управления подачей топлива, ТНВД и инжекторов (форсунок).

Электронный блок считывает до 250 показаний датчиков в 1 с. На основании этой входной информации и данных, хранящихся в запоминающем устройстве, он генерирует электрические выходные сигналы для управления различными исполнительными устройствами ТНВД.

В ТНВД применен хорошо зарекомендовавший себя насосный механизм с внутренним кулачком, адаптированный к номенклатуре насосов "Лукас DP". Принцип его работы довольно простой. Нагнетающие плунжеры насоса через ролики контактируют с кулачком, который либо уменьшает, либо увеличивает расстояние между ними. В первом случае давление топлива растет, во втором — уменьшается. Топливо под высоким давлением подается затем к инжекторам (форсункам). По инжекторам распределяет его специальный механизм. Он, когда ротор насоса вращается, закрывает впускные отверстия, а выпускные поочередно открывает, пропуская топливо к одному инжектору.

Каждый цикл впрыскивания топлива заканчивается, когда ролики проходят мимо "носика" кулачка и плунжеры начинают расходиться.

Так как положение кулачка регулируется под действием гидравлического давления на пружину, т.е. его контакт с роликами происходит раньше или позже, то регулируется и момент впрыскивания топлива в цилиндр.

Информация о реальном положении кулачка подается в электронный блок управления от индуктивного датчика.

Количество подаваемого в цилиндр топлива в системе EPIC регулируется посредством физического ограничения движения плунжеров, т.е. объема насосной камеры (межплунжерного пространства). Это достигается при помощи ротора, который скользит между наклонными поверхностями на ведущем валу и положение которого задается гидроцилиндром (через пружину). Заполнением и опорожнением этого гидроцилиндра, в свою очередь, управляют два электронных исполнительных устройства, а ими — электронный блок, воспринимающий сигналы индуктивного датчика.

В итоге подача топлива — это линейная функция положения ротора, а положение ротора — функция продолжительности импульса разомкнутого состояния исполнительного устройства.

В каждом расчетном цикле система измеряет разницу между действительным положением ротора и положением, которое требовалось в предыдущем цикле. Эта разница позволяет провести корректировку длины импульса между одним расчетным циклом и другим, следующим за ним.

Скорость корректирующего воздействия нужно выбирать очень тщательно, особенно на переходных режимах работы дизеля и на режиме холостого хода. В частности, на режиме холостого хода она должна быть такой, чтобы подача топлива от цилиндра к цилиндру обеспечивала возможно большую равномерность частоты вращения коленчатого вала. Поэтому на четырехцилиндровом дизеле система измеряет эту частоту не по одной, а по четырем меткам (флажкам) на венце маховика и проверяет, чтобы она соответствовала характеру сгорания топлива в каждом цилиндре. Если обнаруживается разница между эталонной и реальной скоростями движения цилиндра, то система поэтапно корректирует подачу топлива в требуемой магистрали до тех пор, пока не будут сбалансированы скорости, характеризующие каждый цилиндр.

На переходных режимах система реализует тот факт, что в течение короткого времени двигатель без опасности для себя может развивать увеличенные, по сравнению с номинальными, крутящий момент и мощность. Обнаружив начало переходного режима (например, водитель резко нажал на педаль "газа"), она резко увеличивает подачу топлива, т.е. переводит двигатель на форсированный по мощности режим. Благодаря этому динамика автомобиля существенно улучшается.

За счет применения специальной стратегии топливоподачи во время ускорения и замедления система улучшает и другие ездовые качества автомобиля. В частности, уменьшает рывки и вибрации в системе силовых агрегатов. Например, при резком нажатии на педаль подача топлива нарастает не сразу, а в два последовательных этапа. Причем ко второму она приступает лишь после того, как прекратятся колебания частоты вращения коленчатого вала, вызванные увеличением подачи топлива на первом этапе. Более того, система очень быстро гасит эти колебания, поскольку алгоритм топливоподачи таков, что она не совпадает по фазе с мгновенными изменениями частоты вращения коленчатого вала.

Система EPIC, конечно, сложнее и дороже традиционных механических систем, поэтому первоначально и предназначалась она для больших легковых автомобилей и автомобилей высшего класса. Для других же автомобилей, которые должны удовлетворять перспективным требованиям по токсичности, фирма "Лукас" разрабатывает электронный вариант механического ТНВД, оборудованный цифровой

системой управления только моментом впрыскивания топлива.

В этой системе (DPC) нет датчика положения педали управления рейкой ТНВД, но для управления системой рециркуляции отработавших газов используется сигнал о ее положении. Момент впрыскивания топлива задается по сигналам игольчатого датчика, имеющегося лишь на одном из инжекторов. Как и в системе EPIC, он изменяется поворотом кулачка под действием гидравлического давления, которым управляет электронное исполнительное устройство. Однако подача топлива на режимах частичных нагрузок регулируется, в отличие от системы EPIC, с помощью дозирующего клапана, соединенного с рейкой ТНВД. При полной нагрузке максимальную частоту вращения коленчатого вала ограничивает механический регулятор: он закрывает этот клапан.

Фирмой создана и полуэлектронная модификация системы DPC — система DPCN. Главное ее достоинство — снижение выбросов оксидов азота с отработавшими газами.

Сравнительные испытания механической (DPC), полуэлектронной (DPCN) и полностью электронной (EPIC) систем на одном и том же двигателе и автомобиле, проведенные фирмой, показали: электроника вполне оправдывает возлагавшиеся на нее надежды, особенно с точки зрения токсичности отработавших газов. Причем наиболее перспективны системы с числовым управлением рециркуляцией отработавших газов.



В составе АО "Автосельхозмаш-холдинг" действует "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-СОЦФОНД" — МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫЙ ФОНД СОЦИАЛЬНОЙ ЗАЩИТЫ

работников и ветеранов труда предприятий и организаций автомобильного и сельскохозяйственного машиностроения — общественное объединение, зарегистрированное в мае 1992 г. Министерством юстиции Российской Федерации.

В настоящее время решение о вступлении в фонд и о его поддержке приняли более 60 предприятий и организаций автосельхозмашиностроения, в том числе ВАЗ, УралАЗ, Курганский автобусный завод, Харьковский тракторный, Липецкий и Волгоградский тракторные заводы, ГПЗ-1, Люберецкий завод сельхозмашиностроения и др.

Фонд ведет свою работу по направлениям:

- оказание материальной помощи коллективам предприятий и организаций, пострадавшим в результате стихийных бедствий и аварий на производстве;
- финансирование социально значимых программ в области здравоохранения, образования, подготовки кадров;
- оказание финансовой, правовой и иной помощи работникам, уволенным с предприятий и организаций вследствие сокращения численности работающих;

• оказание помощи в строительстве жилья, садовых домиков, гаражей и других объектов соцкультбыта коллективам, работникам и ветеранам труда автосельхозмашиностроения — членам фонда;

• предоставление материальной помощи, в том числе постоянной пенсии пожизненно работникам и членам их семей — членам фонда, внесшим большой вклад в развитие фонда и автосельхозмашиностроения; организация лечебно-консультативной помощи, санаторного и стационарного лечения в ведущих лечебницах стран СНГ и дальнем зарубежье.

Наш фонд открыт к сотрудничеству со всеми гражданами, коллективами и организациями, желающими внести свой вклад в дело социальной защиты работников и ветеранов труда автомобильного, тракторного и сельскохозяйственного машиностроения.

Для благотворительных взносов нами открыт расчетный счет № 700019 в Автобанке г. Москвы (корр. счет № 161202 в ЦОУ ЦБ России, МФО 299112).

*Н а ш а д р е с: 103895, Москва, Кузнецкий мост, 21/5, "Автосельхозмаш-соцфонд".
Контактные телефоны: 925-45-30, 921-55-13*

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Сенько В.К., Купеев Ю.А., Перчян В.Т. — Программа повышения топливной экономичности и экологизации автотранспорта 1
- Зазулин Н.А., Елисеев А.Н., Каштанов В.П. — Перспективы электронизации специальных АТС 3

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

- Дизель, газодизель и электроника
- Мазинг М.В. — Законы управления топливоподачей 7
- Кузнецов А.Г., Марков В.А., Трифонов В.Л., Шатров В.И. — Система регулирования угла опережения впрыскивания топлива 9
- Пинский Ф.И. — Схемы электроуправляемых топливных систем 12
- Системы электронного впрыскивания топлива
- Алухтин Ю.М., Ребров А.А. — Для автомобилей ЗАЗ 14
- Тимончик В.И., Калита А.И., Дюкарев С.М., Кленикский В.В. — Для двухтактного ДВС 17
- Крутяков Л.Н., Пунгин Н.А., Сапожников А.А. — Блоки защиты бортовой сети от импульсных перенапряжений 18
- Датчики электронных систем
- Кирюхин И.С., Халикеев В.М. — Интегральные микросхемы-датчики температуры 19
- Баженев А.А., Смирнов В.В., Яровиков В.И. — Датчики соударения для систем пассивной безопасности 21
- Смирнов В.В., Степанов В.А., Яровиков В.И. — Датчики детонации 22
- Грудева Л.Н., Самойленко С.В. — Повышение точности приборов цифровой индикации 23
- Соколов В.К. — Высокодинамичные электрохимические преобразователи 24
- Павлов Б.А. — Транспортная информационная система 26

АВТОТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ

- Акимов С.В., Москалев В.В. — Во избежание размагничивания магнитов электродвигателей 26
- Фесенко М.Н., До Ван Зунг — Корректировка характеристик систем зажигания емкостным накопителем 27
- Егин Н.Л. — "ПРИЗ-5" для бензобака 29

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ

- Чижков Ю.П., Малеев Р.А. — Расчет систем пуска емкостными накопителями энергии 31

- Маханьков О.А., Стаскевич В.М., Гришкевич А.И. — Программа повышает отказоустойчивость микропроцессорной системы 33
- Воронцов С.А., Галевко Ю.В., Иванова Т.В., Дубянский А.Л. — Акустический комплекс 36

ИНФОРМАЦИЯ

- З а р у б е ж о м
- Лакин П. — Фирма "Лукас". Электронные системы впрыскивания топлива 37

Главный редактор В.П. МОРОЗОВ

Заместитель главного редактора В.Н. ФИЛИМОНОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И.В. Балабин, В.В. Барбашов, А.Я. Борзыкин, А.А. Быковский, Н.Н. Волосов, О.И. Гируцкий, В.И. Гладков, А.З. Горнев, М.А. Григорьев, Б.И. Гузов, Ю.К. Есеновский-Лашков, Р.А. Карачурин, Ю.А. Купеев, Е.Н. Любинский, А.А. Невелев, В.И. Пашков, В.Д. Полетаев, А.М. Серезенкин, Н.Т. Сорокин, В.Е. Спирин, А.И. Титков, Г.Б. Урванцев, Н.Н. Яценко

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство "Машиностроение"

Художественный редактор Т.Н. Галицина
Технический редактор И.Н. Раченкова
Корректор Л.И. Сажина

Сдано в набор 12.06.94. Подписано в печать 12.07.94.
Формат 60×88 1/8. Бумага кн.-журн. Печать офсетная.
Усл. печ.л. 4,9. Усл. кр.-отт. 5,88. Уч.-изд. 6,55
Тираж 1718. Зак. 717.

Адрес редакции: 103012, Москва, К-12, Ветошный пер., 13, 4-й этаж, комн. 424 и 427
Телефоны: 928-48-62 и 298-89-18

Набрано в ордена Трудового Красного Знамени издательстве "Машиностроение" на персональных ЭВМ

107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4
Отпечатано в Подольской типографии Чеховского полиграфического комбината

142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

ВЫПОЛНЯЕМ КЕРАМИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ МИКРОПЛАЗМЕННЫМ ОКСИДИРОВАНИЕМ

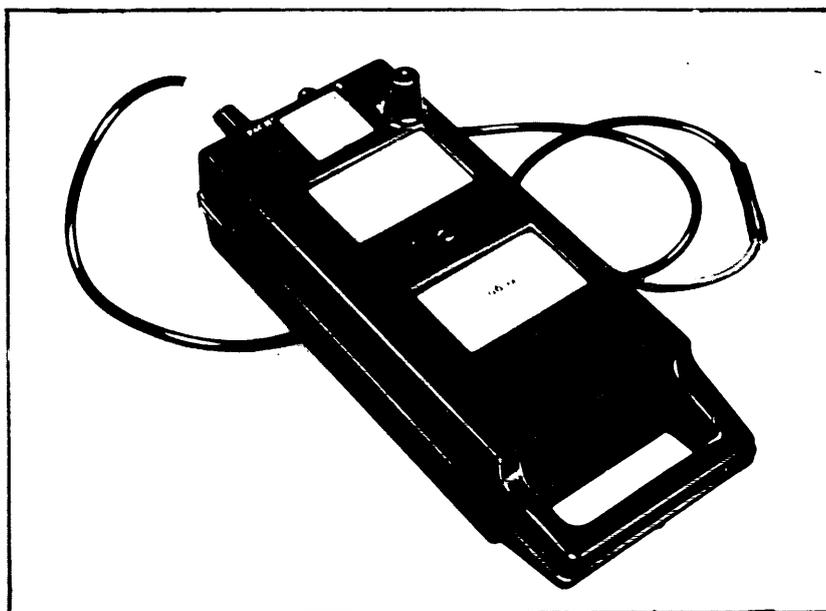
на изделиях из сплавов алюминия любой формы.

ПОКРЫТИЕ, БЛИЗКОЕ ПО ТВЕРДОСТИ К КОРУНДУ,

- повышает инносостоятельность в 3—5 раз, коррозионную стойкость — на порядок;
- не проводит электрический ток.

С предложениями обращайтесь по телефону в Москве: 392-12-83 или по адресу: г. Балабанов, Калужской обл. и телефону (08458) 2-23-93

МИКРОИОНИЗАЦИОННЫЙ ГАЗОАНАЛИЗАТОР ДВС



В ПТБ "Мострансавто" разработан анализатор состава отработавших газов ДВС, предназначенный для контроля выбросов не только оксидов углерода (СО), но и углеводородов (СН). Причем работает он без датчика (зонда) в выхлопной трубе.

Газоанализатор работает в автоматическом режиме. Пока содержание СО в отработавших газах меньше предельно допустимых норм, т.е. системы зажигания, питания и газораспределения и т.д. исправны, он фиксирует содержание СО; если же содержание СО больше нормы (двигатель работает на переобогащенной топливовоздушной смеси), он фиксирует содержание СН.

Новый газоанализатор исключает возможность неправильных измерения содержания выбросов, и оценки фактического состояния ДВС и его систем.

ТЕХНИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АНАЛИЗАТОРА

| | |
|----------------------------------|---------------------------------------|
| Исполнение | Переносной (шунтовой) |
| Пределы измерений | Регулируются по требованиям ТУ, ГОССТ |
| Габаритные размеры, мм | 250x75x100 |
| Масса, кг | 0,9 |

Обращаться по адресу: 141070, г. Калининград, Московской обл.,
ул. Калининградская, 30, ПТБ "Мострансавто".
Телефон для справок: (095) 512-45-38

РУКОВОДИТЕЛИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ВЛАДЕЛЬЦЫ АВТОМОБИЛЕЙ!

Научно-производственное предприятие "Экоавтоэлектроника" производит и продает бесконтактные системы зажигания (БСЗ) повышенной энергии для замены устаревших систем.

Это:

- | | |
|--|---|
| БСЗ-01 — для легковых автомобилей ВАЗ с двигателями ВАЗ-2103 и ВАЗ-2106 | БСЗ-05 — для автобусов с двигателем ЗИЛ-509.10 |
| БСЗ-02 — для легковых автомобилей ВАЗ с двигателями ВАЗ-2101 и ВАЗ-21011 | БСЗ-06 — для легковых автомобилей ГАЗ, автобусов РАФ, ЕрАЗ с двигателями ЗМЗ-402.10 и ЗМЗ-4021.10 |
| БСЗ-03 — для легковых автомобилей АЗЛК и Иж с двигателями УЗАМ-412 и УЗАМ-331.10 | |
| БСЗ-04 — для грузовых автомобилей и других специальных машин с двигателями ЗИЛ-508.10 и ЗИЛ-509.10 | БСЗ-07 — для легковых автомобилей ЗАЗ, грузопассажирских автомобилей ЛуАЗ с двигателями МеМЗ |

БСЗ повышенной энергии позволяет:

- обеспечить стабильность работы двигателя в течение всего периода эксплуатации
- повысить технический уровень машин
- на 3-5 % снизить расход топлива
- уменьшить (почти на 20 %) выброс вредных веществ с отработавшими газами
- улучшить пуск двигателя при отрицательных температурах

Кроме того, у БСЗ нет контактов прерывателя, значит, нет и работ по регулировке зазоров между ними.

Установить БСЗ на автомобиль можно в НПП "Экоавтоэлектроника", автохозяйствах, на станциях технического обслуживания и даже самостоятельно.

ГАРАНТИЯ — 12 МЕСЯЦЕВ.

ЦЕНЫ — ДОГОВОРНЫЕ. ФОРМА ОПЛАТЫ — ЛЮБАЯ.

Адрес НПП "Экоавтоэлектроника":

105187, Москва, ул. Кирпичная, 41. Телефоны: 366-06-26, 365-54-98. Факс: 365-25-44