

АНАЛИЗ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ВПРЫСКА ТОПЛИВА ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Канд. техн. наук, проф. САВИЧ Е. Л., асп. ГУРСКИЙ А. С.

Белорусский национальный технический университет

Развитие систем питания дизельных двигателей с электронным управлением связано главным образом с экологическими нормами, принятыми в большинстве развитых стран мира. В соответствии с европейскими стандартами выбросы токсичных веществ и твердых частиц дизельными двигателями должны резко снижаться (табл. 1).

Таблица 1

Нормы выбросов токсичных веществ по европейским стандартам

Год	Норма	Выбросы автотранспортными средствами, работающими на дизельном топливе, г/км			
		суммарный углеродоводородов и оксидов азота	оксидов углерода	оксидов азота	твердых частиц
2000	«Евро-3»	0,56	0,64	0,50	0,10
2005	«Евро-4»	0,30	0,50	0,26	0,025

Конструкторы столкнулись с серьезной проблемой: большинство изменений рабочего процесса дизеля снижает выбросы лишь одного из названных выше двух компонентов, и экологические нормы не могут быть выполнены регулировками или изменением параметров дизеля. Например, увеличение угла опережения впрыска топлива уменьшает эмиссию твердых частиц, но увеличивает выбросы окислов азота. Разрешить эту проблему позволили высокое давление впрыска и электронное управление системой подачи топлива. Благодаря повышению давления впрыска улучшается распыление топлива, что способствует более быстрому и полному сгоранию.

В настоящее время топливные насосы высокого давления (ТНВД) с механическими регуляторами постепенно снимают с производства. Переход на новый уровень давления и электронное управление потребовал пересмотра традиционных конструкций. В ряду распределительных насосов высокого давления самая популярная в мире модель «Бош-VE» вытесняется более современными электроуправляемыми ТНВД фирм «Бош», «Лукас», «Зексель»,

«Станадайн». Их характеризует гибкость управления, самодиагностика, использование резервных программ. Появились и собственные опции: питание каждого цилиндра в соответствии с его техническим состоянием и особенностями изготовления, отключение цилиндров, управление параметрами впрыска и др. Уже к 2006 г. фирма «Бош» планирует сократить долю распределительных насосов до 15 %; ранее не выпускавшиеся электроуправляемые насосфорсунки и индивидуальные ТНВД завоюют 19 % всего объема, а 62 % объема выпуска планируется на системы постоянного давления «коммон-рейл». Электронное управление позволяет на всех режимах работы дизеля гибко изменять характеристику, величину подачи, давление и опережение впрыска. В итоге снижаются вредные выбросы, шумность, расход топлива, улучшается пуск дизеля. Автомобиль становится более скоростным и динамичным. Процесс управления дизельным ДВС заключается в изменении (регулировании) значений некоторого числа входных параметров для достижения необходимых значений некоторого числа выходных параметров (рис. 1).

К выходным параметрам относятся мощность, крутящий момент, частота вращения коленчатого вала, содержание токсичных компонентов в отработавших газах и др. Входные параметры – положение педали акселератора, момент впрыска топлива в цилиндрах, закон подачи топлива. В зависимости от режима и условий работы двигателя необходимо изменять их значения. Например, при движении автомобиля водитель изменяет положение педали акселератора, а также передаточное отношение в коробке передач (для автомобилей, оборудованных механической коробкой передач) и получает от двигателя необходимые в данном режиме движения мощность и крутящий момент. Таким образом, изменение одного из входных параметров системы – положения педали акселератора – задается водителем. Соответственно этому положению необходимо изменять как минимум еще два входных параметра – количество подаваемого в цилиндры топлива и момент впрыска.

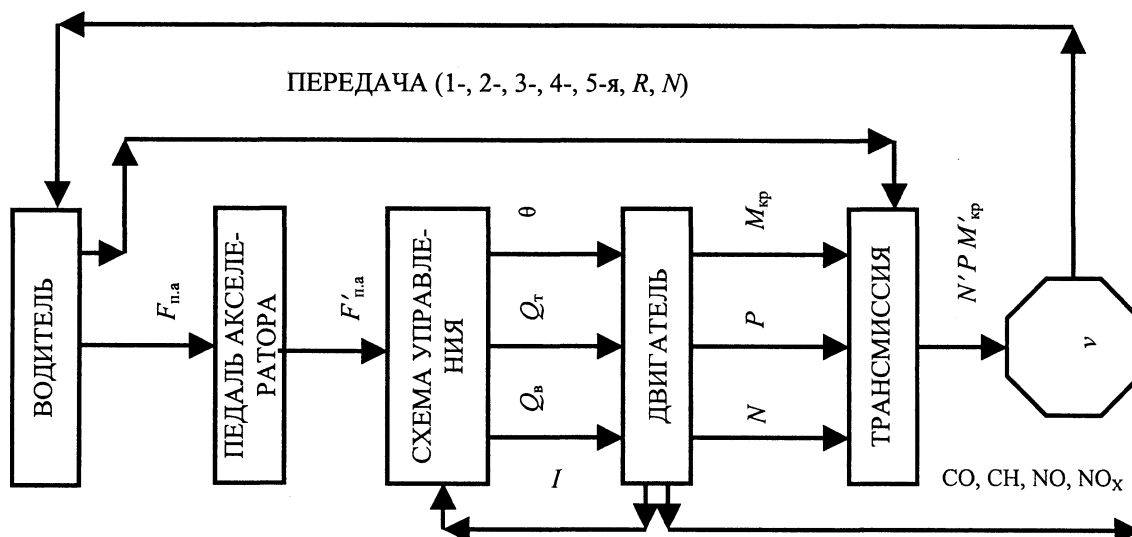


Рис. 1. Упрощенная схема управления двигателем: $F_{п.а}$ – угол положения педали акселератора; $F'_{п.а}$ – сигнал датчика угла положения педали акселератора; θ – закон подачи топлива; Q_t – масса топлива; Q_v – масса воздуха; I – информация с датчиков; P – мощность на коленчатом валу; $M_{кр}$ – крутящий момент на валу; N – частота вращения коленчатого вала; P' – мощность на колесах; $M'_{кр}$ – крутящий момент на колесах; N' – частота вращения колес автомобиля; v – скорость движения автомобиля

Большая часть входных параметров должна изменяться автоматически в соответствии с режимом и условиями работы двигателя. Прежде всего это относится к таким параметрам, как момент впрыска и количество подаваемого в цилиндры топлива, что выполнимо только электронными системами управления. Типовая схема системы электронного управления ТНВД показана на рис. 2.

Основными параметрами ТНВД, регулируемые электронными системами управления, являются цикловая подача и угол опережения впрыска топлива. Основу системы составляет электронный блок управления (микроЭВМ) 14. Количество впрыскиваемого топлива и время его впрыска зависят от сигнала, подаваемого блоком управления. В блок управления поступает информация о частоте вращения коленчатого вала от датчика 2; о температуре двигателя – от датчика 7; о давлении наддува – от датчика 4; о температуре воздуха, поступающего во впускной трубопровод, – от датчика 5; о степени нажатия на педаль акселератора – от датчика 1; о скорости движения автомобиля – от датчика 9 и др. С блоком управления связан и ТНВД. От ТНВД в блок управления поступает информация о положении устройства дозирования топлива и частоте вращения вала ТНВД. Блок управления перерабатывает поступающую информацию и выдает определенный сигнал на исполнительные механизмы ТНВД, которые в зависимости от величины напряжения и силы тока могут перемещать, по-

ворачивать, наклонять и т. д. на определенную величину элементы исполнительных механизмов. За счет изменения положения элементов исполнительных механизмов автоматически регулируются порции подаваемого топлива и начало впрыска. Четкое понимание процесса работы современного двигателя как сложного комплекса, включающего механическую часть, различные вспомогательные подсистемы, электронную систему управления с сетью входных (информационных) и выходных (исполнительных) элементов, является решающим условием для эффективного поиска неисправностей, качественного ремонта и квалифицированного технического обслуживания автомобиля.

В настоящее время критериями совершенства топливоподачи служат показатели экономичности, мощности и шумности работы, динамичности транспортного средства, надежности пуска, выбросов токсичных веществ, соблюдение ограничений по давлению в цилиндре, жесткости сгорания, тепловым нагрузкам, температуре газов перед турбиной и прочее.

Для получения заданных показателей к системам питания предъявляется комплекс требований:

- достижение гибкого регулирования цикловой подачи в соответствии с заданным скоростным режимом двигателя; обеспечение необходимой внешней скоростной характеристики (не обязательно жестко заданной);

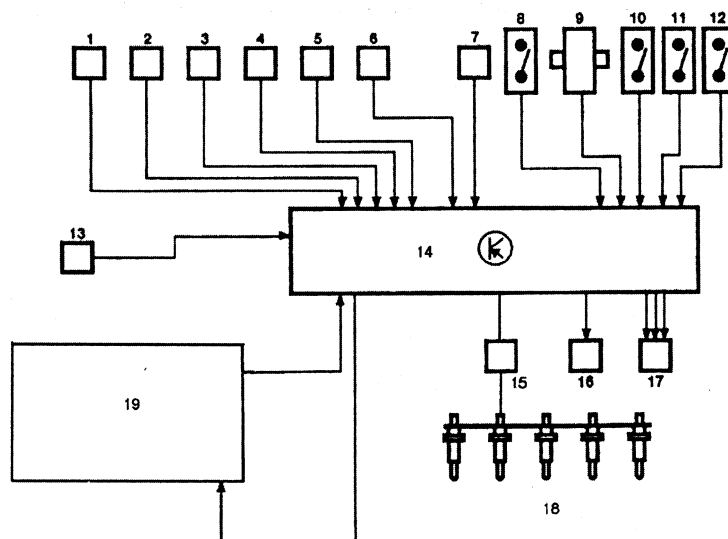


Рис. 2. 1 – датчик педали акселератора; 2 – датчик частоты вращения коленчатого вала двигателя; 3 – датчик подъема иглы форсунки; 4 – датчик давления наддува; 5 – расходомер воздуха; 6 – реле подачи топлива; 7 – датчик температуры охлаждающей жидкости; 8 – компрессор кондиционера воздуха; 9 – датчик скорости автомобиля; 10 – выключатель тормозной педали; 11 – выключатель стоп-сигнала; 12 – выключатель сцепления; 13 – датчик абсолютного давления воздуха; 14 – электронный блок управления; 15 – реле свечей накаливания; 16 – двухпозиционный клапан; 17 – диагностический разъем; 18 – свечи накаливания; 19 – ТНВД

- достижение минимальной неравномерности подачи по цилиндрам или, напротив, оптимальной неравномерности подачи и угла опережения впрыска для каждого цилиндра в соответствии с его особенностями конструкции, изготовления и текущего технического состояния;
- оптимальное регулирование угла опережения впрыска в соответствии с режимом работы;
- автоматизация пуска, необходимое обогащение при пуске, выключение подачи на принудительном холостом ходу, регулирование на переходных режимах;
- отключение цилиндров и циклов на частичных режимах;
- диагностирование датчиков и исполнительных устройств и компенсация выбывших из строя с помощью резервных программ.

Эти условия вызвали широкое применение достижений микроэлектроники и вычислительной техники для управления ДВС, что в ряде случаев позволило осуществить управление на программно-адаптивном уровне, т. е. реализовать регулирование с обратной связью. В каче-

стве примера можно привести способность некоторых блоков управления поддерживать стабильными выходные параметры при изменении свойств системы в процессе эксплуатации. Помимо использования электронного управления в современной топливной аппаратуре обеспечиваются повышенные давления впрыска: с роторными ТНВД – до 160...180 МПа, в насос-форсунках и индивидуальных ТНВД – до 200 МПа, в «коммон-рейл» первого поколения – до 135, а второго поколения – 160 МПа. Наряду с расширением возможностей электронного управления ставится вопрос о целесообразности повышения давления впрыска до 1800 МПа.

Развитие автомобильной техники неизбежно движется по пути совершенствования комплексных систем управления, причем не только разнообразием систем автомобиля (например, антиблокировочная система тормозов, круиз-контроль, управление двигателем и трансмиссией), но также их совокупностью, а в перспективе – автомобилем как единой системой.