

Транспорт

УДК 621.436

DOI: 10.30987/article_5be14a23df8ad5.58441394

А.А. Обозов, Р.А. Новиков

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ДИЗЕЛЬНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Представлены данные, характеризующие уровень развития современных систем управления дизельными двигателями и направления их дальнейшего совершенствования. Описаны состав и

структура электронных систем управления, перечислены преимущества их применения.

Ключевые слова: дизельный двигатель, электронные системы управления, топливная аппаратура, датчики.

А.А. Obozov, R.A. Novikov

CURRENT TRENDS IN DEVELOPMENT OF SYSTEMS FOR DIESEL ENGINE CONTROL

The paper reports the basic functional potentialities of modern electronic systems for diesel engines control and directions for their updating. This information is considered to be urgent enough as electronic control systems are certainly referred to the number of the most efficient means for the improvement of ecological and economic characteristics of internal combustion engines. In the paper there is presented a com-

position, purpose and operation principles of the basic parts in the systems of engine electronic control. An attempt is undertaken to describe generally a state and trends in the development of these systems. There are shown effects formed in engines with the aid of use unique potentialities of electronic control systems.

Key words: diesel engine, electronic systems of control, fuel equipment, sensors.

В последнее время развитие дизеле- строения все в большей степени определя- ется постоянно ужесточаемыми законода- тельными нормами на дымность и токсич- ность отработавших газов (ОГ), уровень шумности и требованиями максимальной экономии топлива, что вызывает необхо- димость дальнейшего совершенствования дизельных двигателей. В ОГ дизелей при- сутствует большое количество химических веществ, из которых главное внимание уделяется токсичным составляющим: мо- нооксидам углерода (CO), оксидам азота (NO_x), углеводородам (CH) и саже (твер- дые частицы). Данные проблемы не могут более решаться при помощи использова- ния механических систем регулирования двигателя. Выполнение перечисленных выше требований возможно только с при- менением очень высокого давления впры- скивания топлива в цилиндры двигателя, сочетающегося с определенной характери- стикой подачи и точным дозированием.

Поставленные задачи эффективно реша- ются посредством электронного управле- ния работой дизеля, позволяющего точно и дифференцированно регулировать пара- метры процесса впрыскивания.

Применение электронной системы управления (ЭСУ) двигателем позволяет реализовать сложные алгоритмы управле- ния, основанные на большом количестве обрабатываемых входных сигналов, сфор- мировать оптимальные регуляторные ха- рактеристики, ввести необходимые кор- ректирующие поправки, характер которых определяются назначением двигателя и ус- ловиями его работы.

Современные ЭСУ работой дизеля принято делить на три системных блока (рис. 1): датчики, электронный блок управления (ЭБУ) и исполнительные ме- ханизмы.



Рис. 1. Общая схема ЭСУ работой дизеля

Датчики регистрируют рабочие состояния (например, частота вращения двигателя) и установочные/ожидаемые значения параметров управления (например, положение педали акселератора). Они преобразуют физические (например, давление) или химические (например, концентрация какого-либо вещества в ОГ) величины в электрические сигналы.

Современные датчики интегрируются в единые модули (например, композитный сальник коленчатого вала с датчиком частоты вращения - CSWS). В зависимости от уровня интеграции (рис. 2) формирование сигнала, аналого-цифровое преобразование и функции самокалибровки могут

быть объединены в одном датчике, в будущем к ним может быть добавлен микрокомпьютер для дальнейшей обработки сигналов [1]. Ниже перечислены преимущества такого объединения функций:

- ЭБУ в этом случае требуется более низкий уровень вычислительных возможностей;
- для всех датчиков становится возможным использовать унифицированный, гибкий и совместимый по шине интерфейс;
- возможность прямого подключения датчика через шину передачи данных;
- простая калибровка датчиков.

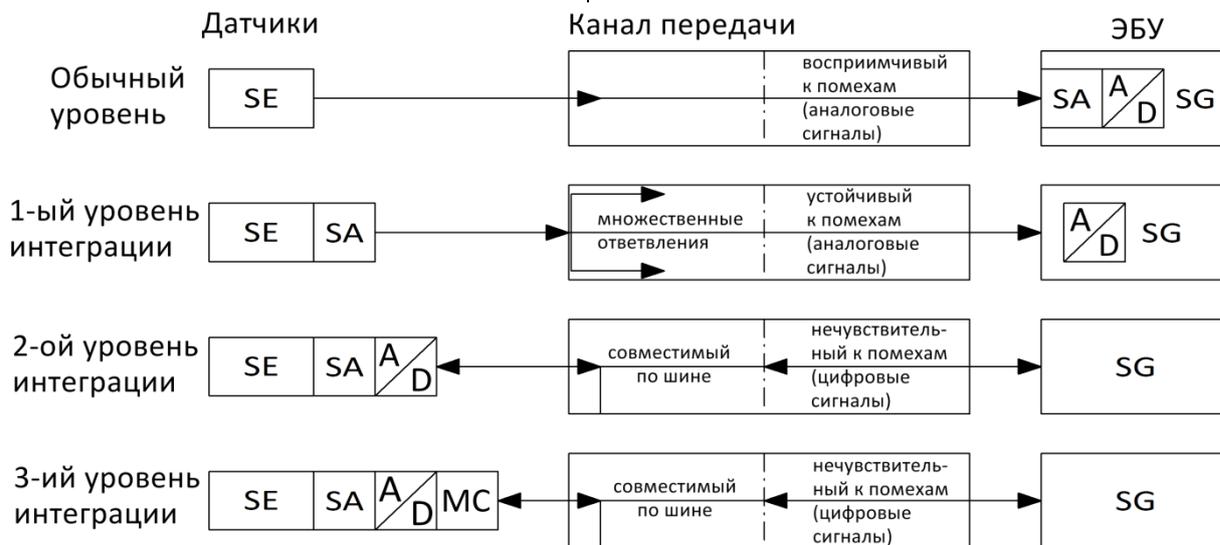


Рис. 2. Уровни интеграции датчиков:

SE – датчики; SA – обработка аналоговых сигналов; A/D – аналого-цифровой преобразователь; SG – цифровой ЭБУ; MC – микрокомпьютер

Номенклатура входных датчиков различается в зависимости от конструкции системы впрыска двигателя. Например, в работе системы управления дизельным двигателем с системой впрыска типа Common Rail используются сигналы следующих входных датчиков:

- датчика частоты вращения коленчатого вала;

- датчика положения педали акселератора;
- расходомера воздуха;
- датчика давления топлива;
- датчика температуры охлаждающей жидкости;
- датчика температуры топлива;

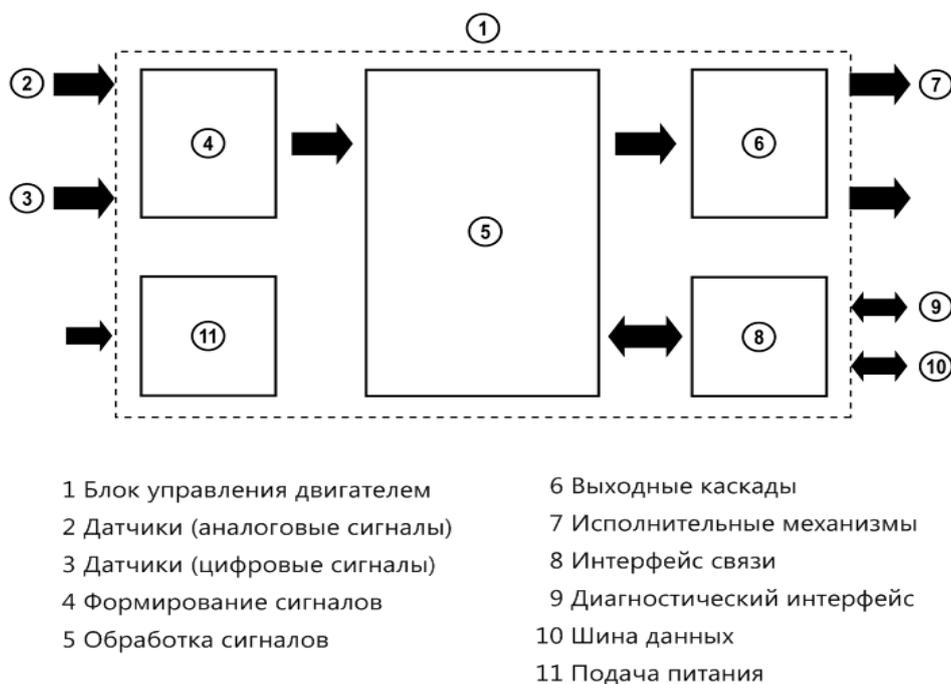


Рис. 3. Электронный блок управления двигателем

- датчиков температуры воздуха на впуске и давления наддува;
- лямбда-зонда (датчик содержания кислорода в ОГ).

На двигателе, оборудованном системой впрыска с распределительным ТНВД, можно увидеть и другие датчики, например датчик момента начала впрыска (датчик хода иглы распылителя).

Электронный блок управления (рис. 3) в принципе функционирует как персональный компьютер, т.е. в нем производятся необходимые вычисления и генерируются выходные сигналы. Как и у персонального компьютера, ядром блока управления является печатная плата с микропроцессором, изготовленная по прецизионной микроэлектронной технологии. Разработка ЭБУ в настоящее время не представляет значительных трудностей. Для этого имеются достаточно известные программно-аппаратные средства поддержки, серийно выпускаемые различными фирмами. Наиболее известные из них – Intel, Motorola, Siemens (Infineon). При этом одной из наиболее важных проблем является разработка алгоритма управления, объединяющего в себе различные функции, в том числе:

- регулирование продолжительности, опережения и давления впрыскивания;
- диагностика и самодиагностика двигателя;
- работа двигателя в экстремальных и аварийных режимах;
- предупредительные и сигнальные функции;
- корректирование топливоподачи в зависимости от режимных параметров и параметров состояния;
- дублирование функций.

Программное обеспечение (ПО) современного ЭБУ двигателя – многоуровневое.

Первый уровень ПО – функции управления, например реализация процесса впрыскивания топлива. Второй уровень ПО – функции электронного резервирования основных сигналов управления при отказе управляющих систем. Третий уровень – бортовая самодиагностика и регистрация неисправностей в основных электрических и электронных узлах и блоках двигателя. Четвертый уровень – диагностика и самотестирование в тех ЭСУ двигателем, неисправность в работе которых может привести к увеличению выбросов токсичных веществ с ОГ [2].

Для выполнения главной задачи электронного управления дизелем – оптимизации его параметров во всем диапазоне режимов работы применяются алгоритмы, выполнимые с помощью адаптивных ЭСУ. При этом необходима переделка как общей конструкции дизелей, так и, прежде всего, их систем, влияющих на рабочие процессы в цилиндрах; такие изменения выражаются главным образом в восприятии электрических управляющих сигналов. Чем большим числом систем дизеля возможно управлять, тем больше возможность оптимизации. В современном понимании адап-

тивными считают управление, при котором автоматическое изменение настроек, алгоритмов, критериев качества и даже целей управления осуществляется вплоть до самообучения электронной системы [3].

Исполнительные механизмы преобразуют исходные электрические сигналы блока управления в механические величины, например положение клапана рециркуляции ОГ (рис. 4) или лопаток направляющего аппарата турбокомпрессора (рис. 5).

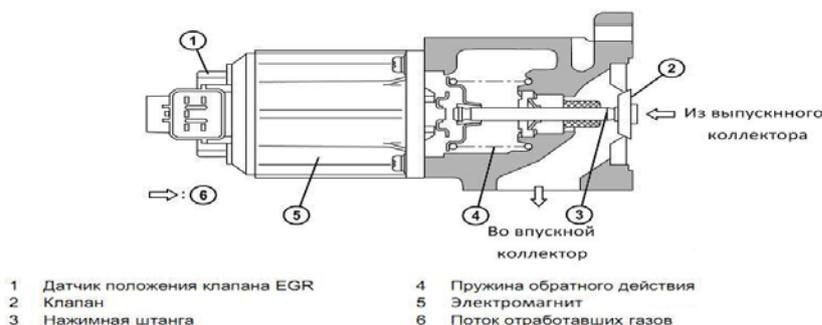


Рис. 4. Клапан рециркуляции отработавших газов EGR (Exhaust Gas Recirculation)

Воздействия на исполнительные устройства (игольчатый клапан распылителя форсунки, управляющий клапан на сливе, регулятор давления в аккумуляторе) могут осуществляться различными способами: механическим, гидравлическим и электрическим [4]. В настоящее время рассматривается только электрический способ, как наиболее приспособленный для электронного управления. Топливная система рассматривается в качестве исполнительной части общей комплексной электронной системы автоматического управления дизелем.

Электронные системы управления дизелем позволяют также осуществлять обмен данными с другими системами управления. Наряду с электронным обменом данными в настоящее время существуют оптические системы. Эти шины позволяют осуществлять весьма быстрый

обмен данными и могут передавать большие массивы информации.

Благодаря взаимодействию независимых прежде систем могут решаться совершенно новые задачи, связанные с управлением работой дизельных двигателей. Одной из таких задач является использование дизельных двигателей в составе гибридной силовой установки (ГСУ), эффективность которой решающим образом зависит от ЭСУ, определяющей перераспределение потоков мощности между основными её агрегатами в зависимости от тягово-скоростного режима движения и текущего состояния. ГСУ, как правило, включает в себя, помимо двигателя внутреннего сгорания (ДВС), вспомогательный тяговый электродвигатель и контур рекуперации энергии, использующий тяговую аккумуляторную батарею в качестве накопителя энергии.

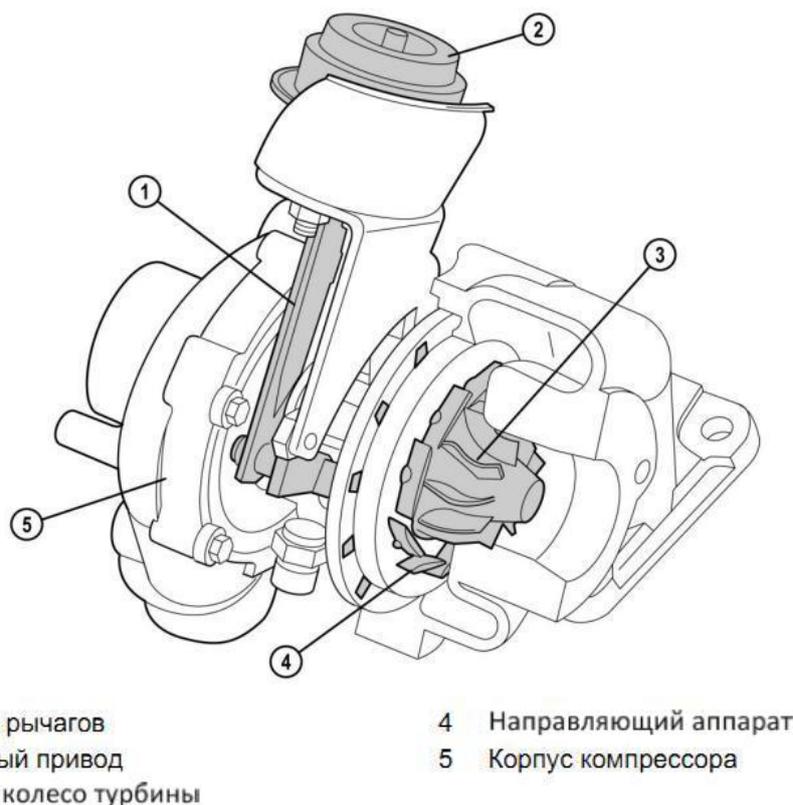


Рис. 5. Турбокомпрессор с изменяемой геометрией турбины

Нагрузкой ДВС выступает генератор, при этом выбирается наиболее экономичный режим работы ДВС. Энергия, вырабатываемая генератором, подается либо на тяговый электродвигатель, либо в накопитель энергии и на тяговый электродвигатель, либо только в накопитель энергии. Тяговый электродвигатель обеспечивает все необходимые силовые и скоростные режимы транспортного средства, а при замедлении работает в режиме генератора, обеспечивая рекуперацию кинетической энергии.

Особенностями ГСУ как объекта управления являются переменная структура, неопределенность управляющих и возмущающих воздействий. Данное обстоятельство диктует необходимость придания системе управления ГСУ адаптивных свойств. Так, при исследовании процессов адаптации стратегии управления агрегатами ГСУ к изменяющимся условиям их

функционирования в настоящее время рассматривается использование искусственных нейронных сетей [5].

Из всего вышесказанного очевидно, что при наличии ЭСУ возможности совершенствования двигателей значительно расширяются. Данные системы позволяют сколь угодно оптимизировать выполняемые функции на основе сбора и обработки любой необходимой для управления информации. Ведущие двигателестроительные фирмы уже более 30 лет как начали выпуск своей продукции, оснащенной ЭСУ. В настоящее время автомобильную электронику производят как крупнейшие специализированные фирмы (Bosch, Siemens, Tomson, Toshiba, Texas Instruments и др.), так и специализированные дочерние предприятия, созданные различными фирмами (Delko Electronics, Ford Electronics, Renix и др.) [1].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы управления дизельными двигателями: [пер. с нем.]. – М.: «За рулем», 2004. – 480 с.
2. Борщенко, Я.А. Электронные и микропроцессорные системы автомобилей: учеб. пособие /

- Я.А. Борщенко, В.И. Васильев. – Курган: Изд-во Курган. гос. ун-та, 2007. – 207 с.
3. Пинский, Ф.И. Микропроцессорные системы управления автомобильными двигателями внутреннего сгорания / Ф.И. Пинский, Р.И. Давтян, Б.Я. Черняк. – М.: Легион-Автодата, 2004. – 136 с.

1. Systems of diesel engine control: [transl. from german]. – М.: “Driving a Car”, 2004. – pp. 480.
2. Borshchenko, Ya.A. *Motor Car Electronic and Microprocessor Systems*: manual / Ya.A. Borshchenko, V.I. Vasiliev. – Kurgan: Kurgan State University Publishers, 2007. – pp. 207.
3. Pinsky, F.I. *Microprocessor Systems for Internal Combustion Engine Control* / F.I. Pinsky, R.I. Dav-

4. Пинский, Ф.И. Адаптивные системы управления дизелей / Ф.И. Пинский, Г.Ф. Пинский. – М.: МГОУ, 1995. – 119 с.
5. Сериков, С.А. Многокритериальная задача оптимизации управления силовой установкой гибридного автомобиля / С.А. Сериков // Вестник ХНАДУ: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 55. – С. 37-43.

tyan, B.Ya. Chernyak. – М.: Legion-Autodata, 2004. – pp. 136.

4. Pinsky, F.I. *Adaptive Systems for Diesel Engine Control* / F.I. Pinsky, G.F. Pinsky. – М.: MSRU, 1995. – pp. 119.
5. Serikov, S.A. Multi-criterion problem of hybrid car power-plant control optimization / S.A. Serikov // *Bulletin of HNAU: Proceedings*. – 2012. – Issue. – 55. – pp. 37-43.

Статья поступила в редакцию 16.05.18.

Рецензент: д.т.н., профессор Брянского государственного технического университета

Анисин А.А.

Статья принята к публикации 10.10.18.

Сведения об авторах:

Обозов Александр Алексеевич, д.т.н., профессор кафедры «Тепловые двигатели» Брянского государственного технического университета, e-mail: obozov51@mail.ru.

Obozov Alexander Alexeevich, Dr. Sc. Tech., Prof. of the Dep. “Heat Engines”, Bryansk State Technical University, e-mail: obozov51@mail.ru.

Новиков Руслан Асланович, магистрант Брянского государственного технического университета, e-mail: ranowikow@gmail.com.

Novikov Ruslan Aslanovich, Master degree student, Bryansk State Technical University, e-mail: ranowikow@gmail.com.