

УДК 004.65

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЕМ ПРИ ПИТАНИИ СЖИЖЕННЫМ ГАЗОМ

Б. Д. ЕФРЕМОВ¹, Д. М. РОК²

¹bef@front.ru, ²rokkk@mail.ru

¹ФГБОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет сервиса и экономики» (СПбГУСЭ)
²ООО «АБИТ»

Поступила в редакцию 22.03.2013

Аннотация. В статье рассмотрена схема управления двигателем при питании его сжиженным газом, позволяющая не только сохранить и использовать штатную схему управления двигателем, но и вводить необходимые корректировки в его программу управления.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания; сжиженный газ; система управления двигателем.

Системы управления двигателями (СУД) современных бензиновых автомобилей отличаются повышенной сложностью алгоритмов [1]. Блок управления двигателем (БУ) осуществляет постоянный обмен информацией, как правило, по CAN, с другими системами автомобиля, например АКП, ABS, JB, климатической установкой. Поэтому вмешательство в работу штатного БУ двигателем с целью тюнинга (индивидуальной настройки) или перевода питания двигателя на газовое топливо, может привести к фиксации «ошибок» и переходу в «аварийный режим» [2, 3]. Разработанная фирмой ООО «АБИТ» система управления альтернативной топливоподачей и углами опережения зажигания позволяет избежать подобных проблем, поскольку не нарушает структуры и алгоритма управления двигателем. Система поддерживает 2 проекта: M100G и M100B.

Назначение проектов

Проект M100G предназначен для управления исполнительными механизмами (ИМ) газобаллонного оборудования (ГБО) 4-го поколения, коррекции углов опережения зажигания (УОЗ) штатной бензиновой СУД при ее переводе на альтернативный вид топлива (например, метан или пропан-бутановую смесь). Управление основано на обработке информации, поступающей от датчиков ГБО и штатной СУД. Количество цилиндров двигателя – до 6.

Проект M100B предназначен для изменения топливоподачи и коррекции УОЗ бензиновых

СУД. Управление основано на обработке информации от штатных или дополнительно (опционально) установленных датчиков и исполнительных устройств. Количество цилиндров двигателя – до 8.

БУ M100 работает по принципу «проставки», специального модуля, расположенного между датчиками и штатным БУ бензинового двигателя. «Проставка» перехватывает необходимые сигналы датчиков штатной СУД и формирует скорректированные сигналы управления. Алгоритм работы выполнен таким образом, что штатный БУ «не подозревает» о вмешательстве «проставки» и продолжает работать в обычном режиме, обрабатывая поступающие сигналы с «проставки».

Блок управления M100G («проставка») подключается по следующей схеме (рис. 1). Сигналы, поступающие на штатный ЭБУ от ДПКВ 1 и ДФ 2 рвутся и заводятся на «проставку». Таким образом, M100G получает информацию о частоте вращения двигателя и фазе работы. «Проставка» формирует сигнал, аналогичный перехваченному, и возвращает его на штатный ЭБУ в неизменном или скорректированном виде. Коррекция фазы сигнала используется для управления УОЗ.

Сигнал, вырабатываемый штатным ЭБУ для бензиновых ЭМФ 3 рвется и заводится на «проставку». Таким образом, M100G получает информацию о длительности импульса. В зависимости от выбранного режима («бензин» или «газ») «проставка» либо транслирует в неизменном виде сигнал для ЭМФ, либо корректи-

рует сигнал по заложенным калибровкам и подает его через штатный блок управления на газовые дозаторы (14). Обычно газовые дозаторы (ГД) выпускаются с низкоомной обмоткой катушки, поэтому сигнал для них формируется с форсировкой тока в начальной стадии сигнала и последующим током удержания меньшей амплитуды.

ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА M100G

Подключение системы. Проставка подключается к бортовой сети автомобиля 6, на нее заводятся сигналы обязательных датчиков абсолютного давления в коллекторе 9, давления газа 13, температуры газа 12, температуры редуктора 10, переключателя режима 7 и дополнительных (опциональных) датчиков кислорода 4, положения дросселя 5. Сигналы дополнительных датчиков не влияют на работу «проставки», а выводятся для информации.

Работа системы. Подвод пропана. Независимо от положения переключателя 7 двигатель запускается всегда на бензине. Пропан в жидкой фазе через газовую трубку подается к электромагнитному клапану 15 редуктора испарителя 11. Редуктор подключен к системе охлаждения двигателя и прогревается вместе с ним. «Про-

ставка» по сигналу датчика 10 оценивает температуру редуктора и по достижении порогового значения (обычно $+25...+35^{\circ}\text{C}$) открывает клапан 15. Пропан, попадая в испаритель, переходит в паровую фазу, редуктор снижает давление до рабочего (в нашем случае до 1 атм, но бывают системы и до 9 атм), и пропан через фильтр подается к рампе ГД.

Испытания системы проводилось на двигателе в сравнении с двигателем, оборудованным ГБО итальянской фирмы «Ловато» [4] и в сравнении с двигателем при питании его бензином по штатной схеме автомобиля ВАЗ-2111.

Результаты сравнительных испытаний представлены в виде нагрузочных характеристик двигателя при трех значениях частоты вращения: 2000 об/мин, 3000 об/мин и 4000 об/мин. Выбранные значения практически перекрывают весь диапазон нагрузочных характеристик двигателя при эксплуатации автомобиля ВАЗ-2111.

Анализ результатов испытаний автомобиля с двигателем 1,5 л показывает, что по нагрузочным характеристикам для различных частот вращения имеется явно выраженное увеличение крутящего момента по сравнению с показателями двигателя, оборудованного ГБО фирмы «Ловато».

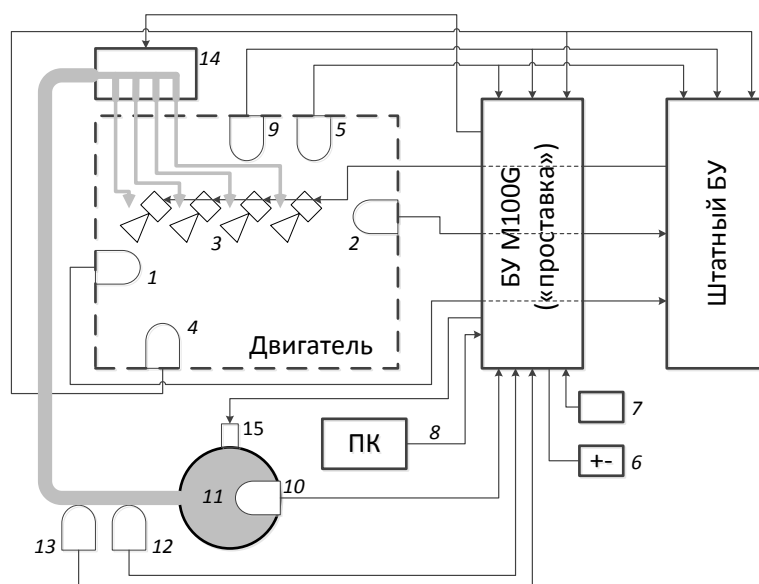


Рис. 1. Система управления двигателем при питании сжиженным газом:

1 – датчик положения коленчатого вала (ДПКВ, датчик оборотов); 2 – датчик фаз (ДФ); 3 – электромагнитные форсунки (ЭМФ); 4 – датчик кислорода (ДК, λ -зонд); 5 – датчик положения дроссельной заслонки (ДПДЗ); 6 – подключение к аккумуляторной батарее; 7 – переключатель режима «газ-бензин»; 8 – линия связи с ПК; 9 – датчик абсолютного давления (ДАД, MAP-sensor); 10 – датчик температуры редуктора; 11 – редуктор-испаритель; 12 – датчик температуры газа; 13 – датчик давления газа; 14 – блок газовых дозаторов (форсунок); 15 – электромагнитный клапан редуктора

На всех частотах вращения, где проводилась коррекция УОЗ, увеличение крутящего момента составляла 10–15 %. Там, где коррекция УОЗ не производилась, наблюдается достаточно близкое расположение нагрузочных характеристик.

Следует отметить, что по сравнению с характеристиками, снятыми на бензине, значения крутящего момента практически совпадают, что свидетельствует об оптимальном регулировании состава смеси и УОЗ с аппаратурой «Абит» применительно к питанию газом.

С ростом частоты вращения двигателя тенденция сохраняется, и только при частоте более 3000 об/мин становится очевидным преимущество при питании двигателя бензином, что связано с вытеснением газом части воздуха на режимах, близких к полной мощности и соответствующим снижением наполнения цилиндров, приводящем к падению крутящего момента.

Анализ нагрузочных характеристик при частоте вращения 2000 об/мин (рис. 2), показывает, что значения крутящего момента двигателя с системой «Абит» имеет прирост в по сравнению с показателями крутящего момента двигателя с системой «Ловато» порядка 10 % при малых открытиях дросселя и более 15 % при открытии дросселя более 50 %. Такое увеличение крутящего момента обеспечивается применением коррекции угла опережения зажигания (УОЗ), величины которой показаны на том же графике.

Анализ нагрузочных характеристик показывает, что при частоте вращения 3000 об/мин (рис. 3) значения крутящего момента с системой

Абит имеет прирост по сравнению с показателями с системой Ловато порядка 7 %, при открытии дроссельной заслонки – более 40 %, т. е. на больших нагрузках. Это также связано с введением коррекции УОЗ. По сравнению с питанием двигателя бензином имеется незначительное снижение крутящего момента на 2–3 %, что связано со снижением наполнения цилиндра воздухом в связи с вытеснением его части подаваемым газом. Для питания двигателя бензином такого эффекта не имеется, поэтому значения крутящего момента при питании двигателя бензином имеют более высокие значения.

При частоте вращения двигателя 4000 об/мин (рис. 4) соотношение показателей крутящего момента имеет ту же тенденцию, что и при частоте 3000 об/мин, но менее ярко выраженную.

Поскольку значения частоты вращения двигателя при эксплуатации автомобиля в смешанном цикле в среднем находится между 2000 об/мин и 3000 об/мин, показатели автомобиля могут иметь наилучшие эксплуатационные значения при использовании блоков управления «Абит».

Дорожные испытания при скоростях движения от 90 до 120 км/час с системой Абит показали, что средний расход газа находится в пределах 8,5–10,5 л/100 км. Средний расход бензина на тех же скоростях составляет 6,75 л/100 км.

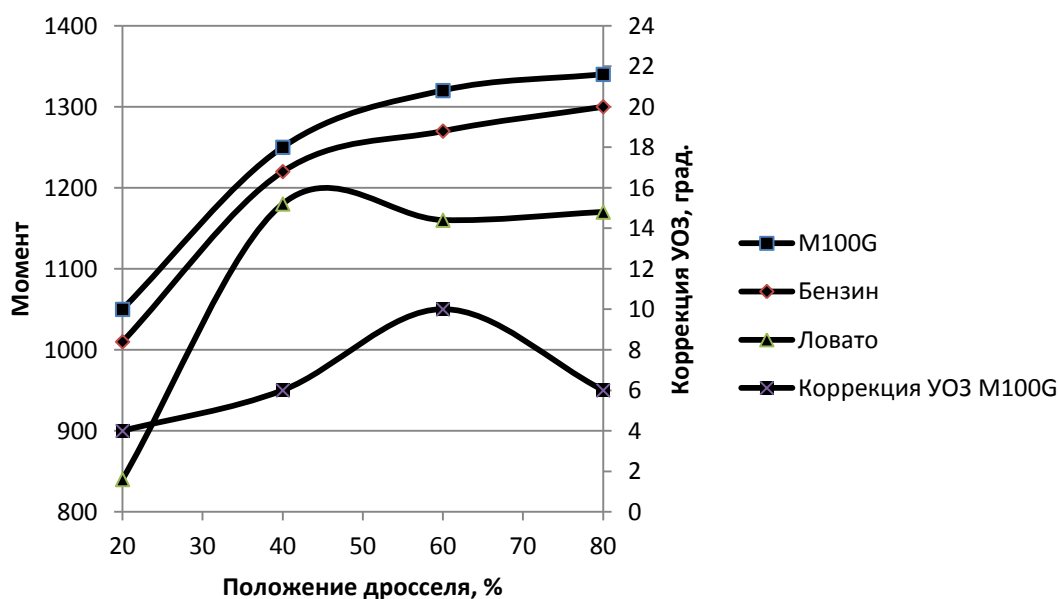


Рис. 2. Нагрузочные характеристики ВА3-2111 при 2000 об/мин

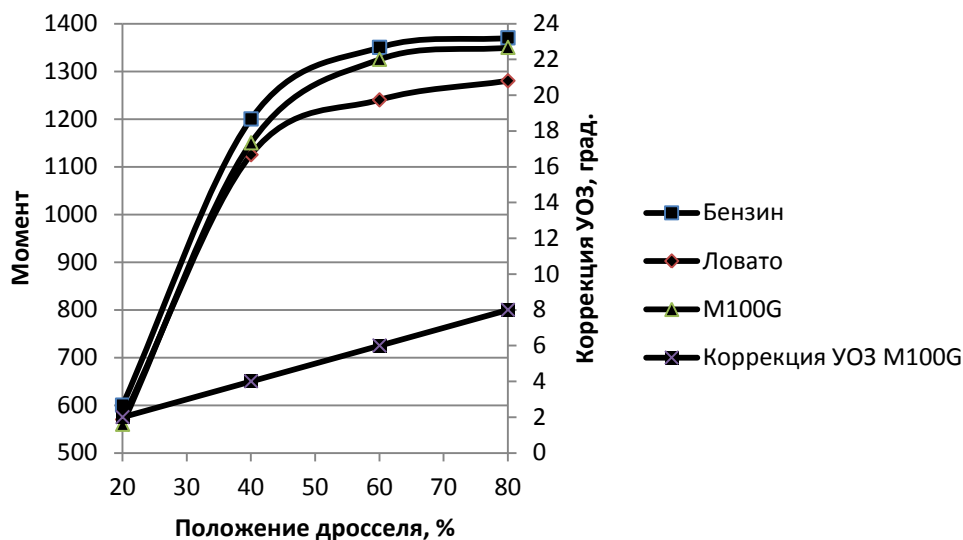


Рис. 3. Нагрузочные характеристики VAZ-2111 при 3000 об/мин

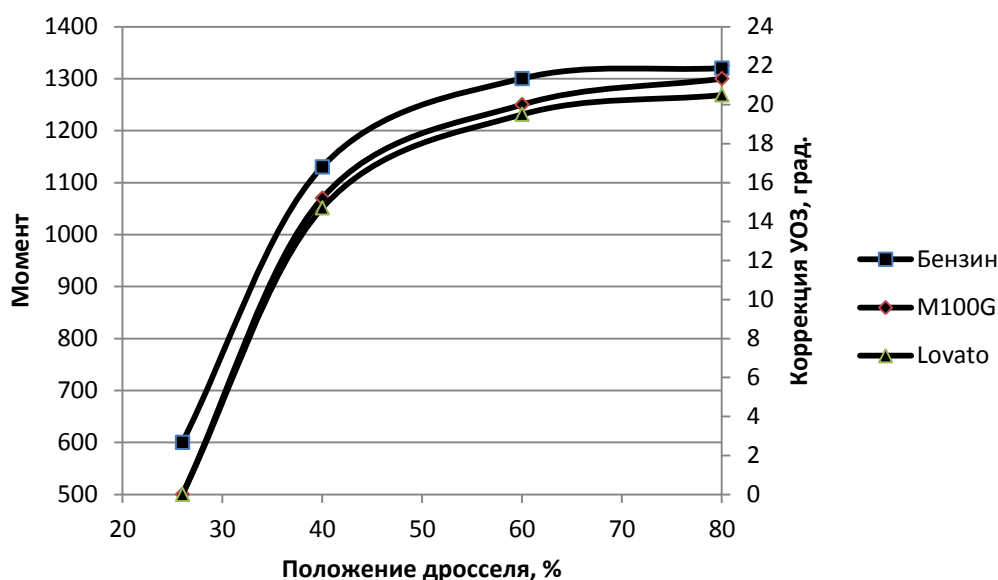


Рис. 4. Нагрузочные характеристики VAZ-2111 при 4000 об/мин

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При средних значениях цен на бензин и пропан-бутановую смесь, стоимость километра пробега автомобиля составляет: для бензина – 1,9 руб., а для газа – 1,06 руб.

Таким образом, снижение расходов на топливо при переходе с бензина на пропан-бутановую смесь в среднем составляет около 40 %.

В статье рассмотрена схема управления двигателем при питании его сжиженным газом, позволяющая не только сохранить и использовать штатную схему управления двигателем, но и вводить необходимые корректировки в его программу управления. Применение схемы позволяет при минимальных затратах на переоборудование автомобиля снизить расходы на топливо при переходе с бензина на пропан-бутановую смесь в среднем на величину около 40 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бурцев Н. В., Бурцев В. А.** Многопливные газовые двигатели с элементами адаптивного управления // Газовая промышленность. 2008. № 13 (626). С. 68–73.
2. **Теремьякин П. Г.** Конструкция газобаллонного автомобиля для серийного производства // Журнал автомобильных инженеров. 2010. № 2 (61). URL: <http://www.aae-press.ru/j0061/art012.htm> (дата обращения 24.07.13).
3. **Теремьякин П. Г.** ГАЗель с ГБО: экологический оборотень? // АБС-Авто. 2009. № 3 URL: <http://www.abs.msk.ru/03.2009.htm> (дата обращения 24.07.13).
4. **Официальный сайт** компании «3 STARS AUTOGAS». URL: <http://www.autogasspb.ru/> (дата обращения 24.07.13).

ОБ АВТОРАХ

Ефремов Борис Дмитриевич, проф. каф. автосервиса. Дипл. инж. (Ленинградск. ин-т авиаприборостроения, 1967). Д-р техн. наук по тепл. двиг. (1997). Иссл. в обл. ДВС, топл. аппаратуры и систем управления ДВС.

Рок Дмитрий Маратович, вед. инж. Дипл. инж. (Автодор. ин-т, ЛИСИ, 1989). Иссл. в обл. сист. упр. ДВС.

METADATA

Title: Control system for LPG powered engines.

Authors: B. D. Efremov¹ and D. M. Rok²

Affiliation:

¹ Saint-Petersburg State University of Service and Economics (SPbGUSE), Russia.

² ABIT Ltd., Russia.

Email: bef@front.ru.

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 17, no. 4 (55), pp. 56-60, 2013. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: The engine control circuit for LPG powered engines is reviewed. The reviewed circuit allows keeping and using a stock control circuit yet allowing making necessary adjustments to its control logic.

Key words: Internal combustion engine; liquefied petroleum gas; engine control system.

References (in English):

1. N. V. Burtsev, V. A. Burtsev, "Multifuel LPG powered engines with adaptive control elements," (in Russian), *Gazovaya Promishlennost'* (Gas Industry journal), no. 13 (626), pp. 68-73, 2008.
2. P. G. Teremyakin, "Design of an LPG powered mass production car," (in Russian), *Zhurnal Avtomobilnih Inzhenerov* (Journal of Car Engineers), no. 2 (61), 2010. Available: <http://www.aae-press.ru/j0061/art012.htm>
3. P. G. Teremyakin, "An LPG powered GAZelle – an ecology werewolf?" (in Russian), *ABS-Avto*, March 2010. Available: <http://www.abs.msk.ru/03.2009.htm>
4. Official site of «3 STARS AUTOGAS» Company, (in Russian). Available: <http://www.autogasspb.ru>

About authors:

EFREMOV, Boris Dmitrievich, Prof., Dept. of Automotive Service. Dipl. Engineer (Leningrad Institute of Aviation Instrument Making - LIAP, 1967). Dr. of Tech. Sci. (1998).

ROK, Dmitry Maratovich, Lead Engineer. Dipl. Engineer (Leningrad Institute of Engineering and Construction – LISI, 1989).