

УДК 621.43.052

РЕЗУЛЬТАТЫ АДАПТАЦИИ МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ К МОДЕРНИЗИРОВАННОМУ ДВИГАТЕЛЮ 1Ч3,5/3,5

А.Н. Врублевский, проф., д.т.н., А.П. Кузьменко, ас., к.т.н., С.О. Подлешук, асп.,
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

Аннотация. Поданы результаты выбора микропроцессорной системы для микролитражного двигателя, пути адаптации системы к двигателю рабочим объемом 35 см³, выбор регулировочных параметров в системе управления.

Ключевые слова: микропроцессорная система управления, цикловая подача, датчики двигателя, характеристические карты, режимы работы двигателя.

РЕЗУЛЬТАТИ АДАПТАЦІЇ МІКРОПРОЦЕСОРНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ДО МОДЕРНІЗОВАНОГО ДВИГУНА 1Ч3,5/3,5

О.М. Врублевський, проф., д.т.н., А.П. Кузьменко, ас., к.т.н., С.О. Подлішук, асп.,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Подано результати вибору мікропроцесорної системи для мікролітражних двигунів, шляхи адаптації системи до двигуна об'ємом 35 см³, вибір регульовальних параметрів у системі керування.

Ключові слова: мікропроцесорна система керування, циклова подача, датчики двигуна, характеристичні карти, режими роботи двигуна.

RESULTS OF ADAPTATION OF A MICROPROCESSOR CONTROL SYSTEM FOR MODERNIZED ENGINE 1CH3,5/3,5

O. Vrublevskiy, Prof., D. Sc. (Eng.), A. Kuzmenko, T. Asst., D. Sc. (Phil.),
S. Podlischuk, P. G., Kharkiv National Automobile and Highway University

Abstract. The results of microprocessor selection for the micro engine, ways to adaptation the system to the engine volume of 35 cm³, the choice of control parameters in the control system are presented.

Key words: microprocessor control system, cyclic flow, engine sensors, characteristic maps, modes of operation.

Введение

Одними из основных требований к микролитражным двигателям, используемым в бытовой технике, мотор-генераторах, являются низкая стоимость, надежность, малые массогабаритные показатели. Выполняя данные требования, производители оснащают двигатели простейшими системами подачи топлива и зажигания с магнитными катушками, чем обеспечивается простота эксплуатации, высокая ремонтпригодность и надежность.

В таком случае для работы двигателя не требуется дополнительного источника электропитания, необходимого различным системам двигателя, таким как электрический стартер и электронная система зажигания. В случае применения микролитражного двигателя для соревнований на экономичность, простота не является залогом успеха. Улучшение показателей двигателя требует внедрения новых технологий, позволяющих эффективно контролировать его работу и тем самым реализовать максимум возможностей. В работе

предлагается установка микропроцессорной системы управления двигателем, которая позволит:

- снизить эффективный расход топлива;
- повысить мощность;
- улучшить пусковые свойства двигателя;
- снизить количество вредных выбросов с отработавшими газами.

Следующим важным фактором является возможность обеспечения оптимальной настройки стационарных и переходных режимов, включая пуск, и выхода на требуемый режим работы. Указанные преимущества являются основанием для применения на двигателе спортивного автомобиля, что и определяет актуальность данной работы.

Анализ публикаций

Болиды участников соревнований на экономичность имеют различные силовые установки, что и разделяет их по классам [1]. Классификация двигателей внутреннего сгорания проводится по следующему признаку: по типу используемого топлива, бензиновые, дизельные и альтернативное [2] (спирт, природный газ, рапсовое масло и т.д.). Класс электромобилей [3] и отдельный класс с силовой установкой, включающей топливные элементы, для которых источником энергии является водород [4]. Подавляющее большинство автомобилей участников оборудованы микропроцессорной системой управления (МПСУ), так как только в этом случае возможен полный контроль процессов в энергоустановках любого типа на всех режимах работы. Очевидно, что система управления должна обладать минимальными размерами, обеспечивать максимальную гибкость управления, иметь возможность изменять регулировочные параметры в широких пределах, иметь малое энергопотребление для минимизации массы источника энергии.

Цель и постановка задачи

Целью данного исследования является адаптация МПСУ для работы в составе модернизированного двигателя 1Ч 3,5/3,5.

Для ее достижения необходимо выполнить следующие задачи:

1. Провести выбор системы управления двигателя;

2. Разработать методику оснащения двигателя выбранной системой;

3. Определить параметры и характеристики системы зажигания и подачи топлива;

4. Отработать наиболее важный переходной режим пуска двигателя.

Выбор системы управления двигателя

Необходимость установки МПСУ на двигатель 1Ч3,5/3,5 объемом 35 см³ и максимальной цикловой подачей 1,2 мм³/цикл определяет круг поиска подходящих систем управления. Большинство МПСУ создаются для применения на автомобильных двигателях, в которых режимы работы не соответствуют требуемым для микролитражного двигателя, который участвует в соревнованиях на экономичность. Возможны два пути внедрения МПСУ в рассматриваемом случае:

1. Создание оригинальной системы управления, включающей поисковый инженерный и программный комплекс работ;

2. Поиск и адаптация серийно выпускаемых систем, для двигателей мототехники и малой механизации.

Реализация первого варианта проблематична, так как для успешного решения необходимы большие материальные затраты и время для доводки системы. Эффективнее произвести адаптацию МПСУ, применяемой при тюнинге мототехники. Реализация данного варианта включает неизбежную перенастройку программного комплекса и проведение работ по адаптации элементов такой системы к микролитражному одноцилиндровому двигателю, что связано, в первую очередь, с проблемами масштабирования конструктивных и регулировочных параметров.

Второй путь предпочтительней, поскольку в такой МПСУ отработаны алгоритмы для двигателей, максимально близких по параметрам (рабочий объем двигателя – от 50 см³, режимные параметры пуска, включающие цикловую подачу инжектора и угол опережения зажигания). Очевидно, требует модернизации дроссельный узел. Работа МПСУ также должна быть согласована с системой пуска, которая в данном случае всегда будет оригинальной.

Возможный выбор из таких МПСУ на рынке не велик. Фирмой Ecotron [5] предлагается

МПСУ для двигателей рабочим объемом от 35 см³ до 150 см³. Фирма VEMS [6] предлагает свои услуги по изготовлению и адаптации МПСУ под требуемый двигатель. МПСУ фирмы Delphi Multec Electronic Fuel Injection [7] предлагает комплект элементов, включая блок управления, для установки на одноцилиндровый четырех- или двухтактный двигатель скутера. Но данные системы имеют очень высокую стоимость, которая зависит от марки компании.

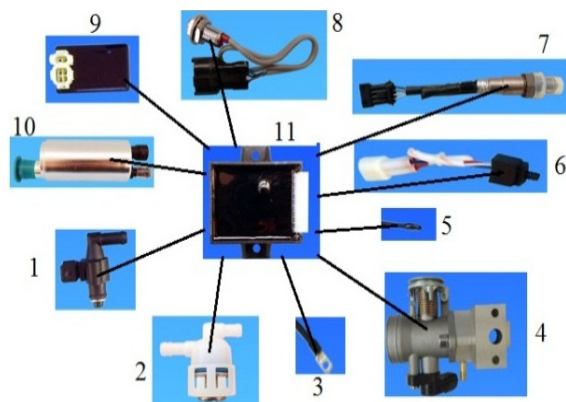


Рис. 1. Микропроцессорная система управления Ecotrons: 1 – форсунка; 2 – регулятор давления топлива; 3 – датчик температуры двигателя; 4 – дроссельный узел; 5 – датчик температуры воздуха; 6 – MAP сенсор; 7 – датчик кислорода; 8 – датчик Холла; 9 – модуль управления зажиганием CDI; 10 – топливный насос; 11 – блок управления

В связи с этим на модернизированный двигатель 1Ч3,5/3,5 выбрана МПСУ Ecotrons (рис. 1) как наиболее приемлемая по критерию «цена-качество». С подробным описанием системы можно ознакомиться в [5].

Адаптация компонентов МПСУ на двигателе 1Ч3,5/3,5

Штатный дроссельный узел МПСУ Ecotrons спроектирован для установки на двигатели рабочим объемом от 50 см³. Для двигателя 35 см³ данный узел является переразмеренным. Так, диаметр дроссельной заслонки равен 27 мм, а диаметр впускного канала – 9 мм. В случае установки штатного дросселя сужение потока воздуха создает неблагоприятные условия для образования топливовоздушной смеси, связанное с проявлением газодинамических явлений при дросселировании. Проблемы возникают на переходных

режимах, так как переменное сечение канала после дроссельной заслонки затрудняет процесс корректировки подачи воздуха в требуемом диапазоне.

Для обеспечения подачи топлива инжектором, дросселирования воздуха и установки MAP сенсора в процессе адаптации МПСУ Ecotrons спроектирован оригинальный узел (рис. 2).



Рис. 2. Установка дроссельного узла на двигатель 1Ч3,5/3,5

Для мониторинга состава смеси в штатную систему выпуска двигателя 1Ч3,5/3,5 устанавливается датчик кислорода (рис. 3).



Рис. 3. Установка датчика кислорода

Для определения угла опережения зажигания МПСУ использует сигнал, сформированный датчиком Холла (рис. 4).

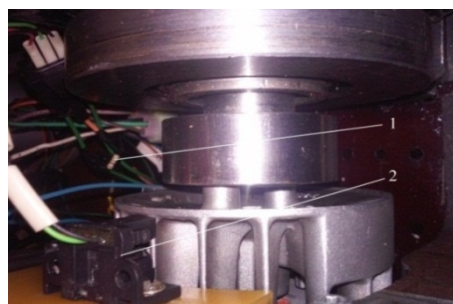


Рис. 4. Установка датчика Холла

Питание МПСУ осуществляется от 12-вольтового аккумулятора модели Leoch DJW 12-9.0 емкостью 9 Ач, параметры которого также позволяют обеспечить работу системы электрического запуска.

Выбор параметров и характеристик для управляющих элементов системы

МПСУ Ecotrons обеспечена оригинальным программным комплексом со встроенными алгоритмами, обеспечивающими работу двигателя на различных режимах. Реализация алгоритма запуска двигателя (рис. 5) позволяет определить цикловую подачу топлива

при пуске в зависимости от частоты вращения коленчатого вала (КВ), температуры окружающей среды и других параметров.

В алгоритм вводится параметр – стартовый коэффициент обогащения впрыска, с помощью которого учитывается:

- длительность работы стартера;
- частота вращения КВ, температура окружающей среды;
- показания MAP сенсора;
- частота управляющих импульсов инжектора;
- фактор амплитуды, стабилизирующий работу форсунки.

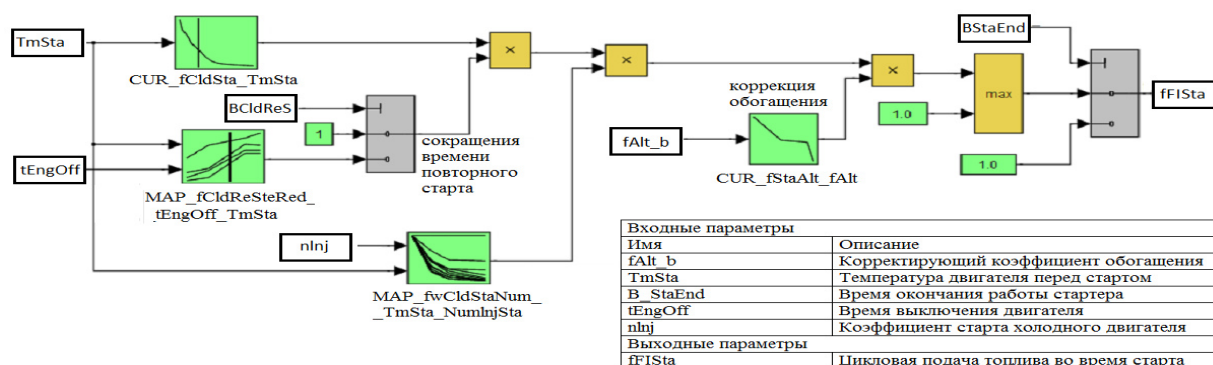


Рис. 5. Алгоритм, реализуемый МПСУ во время пуска

Программный комплекс Ecotrons обеспечивает регистрацию и запись сигналов, поступающих с датчиков и сформированных для исполнительных элементов системы (рис. 6). Данные представляются в графическом виде, что позволяет в реальном времени оценить работу двигателя. Возможность наблюдения за каждым параметром двигателя как в отдельности, так и комплексно, позволяет определить параметр, требующий корректировки, а также оценить его влияние на работу двигателя.

В результате обработки результатов испытаний определены коэффициенты, обеспечивающие стабильную работу двигателя (рис. 7, 8, 9).

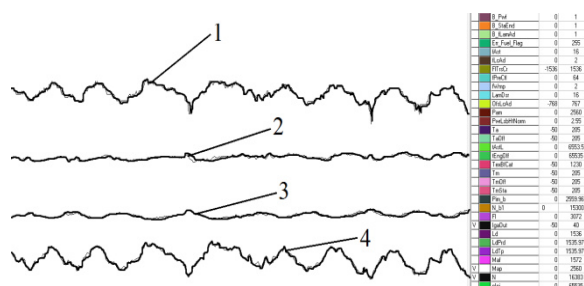


Рис. 6. Окно регистрации сигналов МПСУ: 1 – изменение угла опережения зажигания; 2 – длительность впрыскивания; 3 – давление во впускной системе; 4 – частота вращения КВ

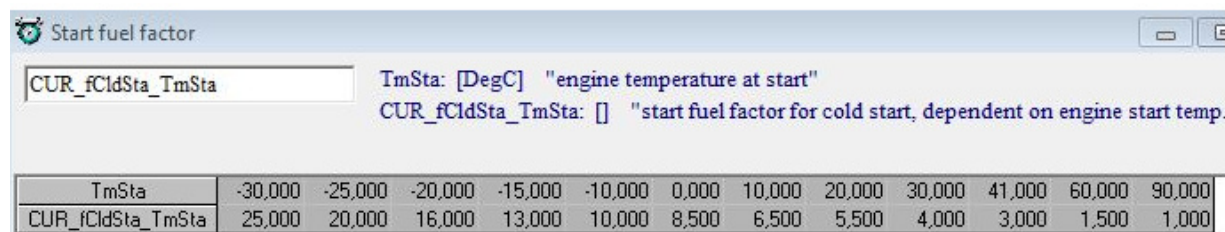


Рис. 7. Окно задания стартового коэффициента обогащения

Fuel injector characteristics			
Name	Value	Unit	Description
VAL_Qstat	38,004	g/min	"Injector static flow rate, in g/min"
RAM_VAL_fFIApp	0,7031		"fuel enrichment factor, user defined"

Рис. 8. Окно задания статического расхода форсунки и главного топливного коэффициента

Pickup to TDC angle			
Name	Value	Unit	Description
VAL_dIgaGap2TdcAdj	-25,000	CrA	"Ignition angle adjustment from GAP to TDC,

Рис. 9. Окно задания начального угла опережения зажигания

Угол опережения зажигания (УОЗ) задается по характеристическим картам для базового (рис. 10) и минимального угла зажигания, корректировка которых не предусмотрена. Поэтому основным способом изменения УОЗ является изменение положения датчика Холла относительно отметки на маховике (определен экспериментально – 25 град. п.к.в. до в.м.т.).

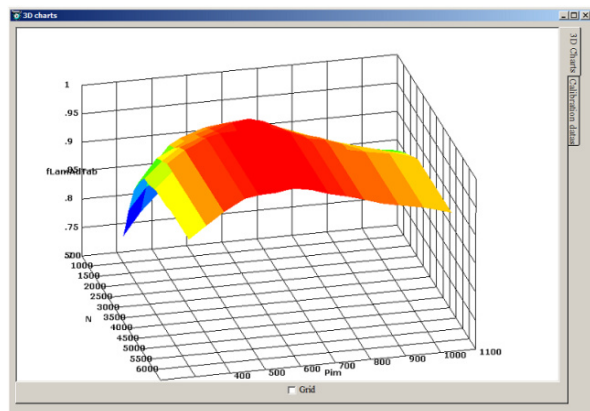


Рис. 10. Характеристическая карта для определения текущего УОЗ

Встроенный в систему дополнительный модуль зажигания CDI позволяет производить корректировку угла опережения зажигания по напряжению на аккумуляторной батарее и сигналу датчика кислорода. После прогрева двигателя МПСУ работает по закрытому контуру с обратной связью по сигналу датчика кислорода. Работа в таком режиме дает возможность осуществить режим самонастройки, при котором производится коррекция всех параметров. Данный процесс имеет

достаточную длительность и в работе не рассматривается. Программа МПСУ вычисляет топливный коэффициент, определяющий для каждого режима работы двигателя количество топлива, подаваемое форсункой. Установленный диапазон изменения топливного коэффициента – от 0,4 до 4. По результатам испытаний для двигателя 1Ч3,5/3,5 данный коэффициент равен 0,7031. Статический расход топлива на форсунке был задан 38 г/мин. Топливный насос производительностью 26 мл/с обеспечивает давление на входе форсунки 0,3 МПа.

Выводы

Для обеспечения электронного регулирования микролитражного двигателя 1Ч3,5/3,5 выбрана система МПСУ фирмы Ecotrons, так как она наиболее приемлема по критерию «цена-качество» и обеспечивает большой диапазон изменения параметров.

Произведена адаптация системы на двигатель 1Ч3,5/3,5. Спроектированы и изготовлены оригинальные элементы для согласования со штатными узлами.

В программный комплекс МПСУ Ecotrons на основании результатов испытаний введены параметры, обеспечивающие эффективную работу двигателя на режимах пуска, разгона автомобиля – участника соревнований на экономичность и останова. Угол опережения зажигания составил 25 град. п.к.в. до ВМТ. Топливный коэффициент – 0,7031. Статический расход инжектора – 38 г/мин.

Литература

1. Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті: (офіційний сайт компанії Shell результати соревнований EcoMarathon) / режим доступа к сайту:
<http://www.shell.com/global/environmentsociety/ecomarathon/events/americas/media/sem-americas-120415.html>.
2. Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті: (Информационный блог университета Боулд г. Колорадо, США) / режим доступа к сайту:
<https://www.pinterest.com/pin/366761963378477986/>.
3. Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті: (Информационный блог команды mater dei supermileage) / режим доступа к сайту:
<http://mdsupermileage.weebly.com/prototype-battery-electric-car.html>.
4. Абрамчук Ф.И. Выбор и обоснование топливного элемента для экомобиля / Ф.И. Абрамчук, А.Н. Врублевский, А.П. Кузьменко, С.О. Подлещук // Автомобильный транспорт: сб. науч. тр. – 2013. – Вып. 33. – С. 50–54.
5. Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті: (Официальный сайт компании Ecotrons) / режим доступа к сайту: <http://www.ecotrons.com/>.
6. Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті: (Система управления двигателя фирмы VEMS для оборудования на автомобиль Megameter) / режим доступа к сайту: <http://www.vems.hu/wiki/index.php?page=MebersPage%2FShellEcoMarathon>.
7. Бібліотека і доступність інформації у сучасному світі: електронні ресурси в науці, культурі та освіті: (Журнал Все о скутерах, страница тюнинг двигателя, установка МПСУ) / режим доступа к сайту:
<http://nepehkom.ru/inzhektor-na-skuter-50-100-ss-dvigatel-139-qmbqma.html>.

Рецензент: Ф.И. Абрамчук, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 5 марта 2015 г.