

АЛГОРИТМ АДАПТАЦИИ ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ К РАЗЛИЧНЫМ ХИМИЧЕСКИМ СОСТАВАМ ГАЗОВОГО ТОПЛИВА

© 2011 В. А. Шишков

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва
(национальный исследовательский университет)

Предложен алгоритм автоматической адаптации для системы электронного управления двигателем внутреннего сгорания (ДВС), работающего на газовом топливе с различным химическим составом.

Двигатель внутреннего сгорания, электронная система управления двигателем, алгоритм адаптации, газовое топливо, химический состав.

В реальной технике пока ещё не определён в полной мере и не реализован оптимальный алгоритм адаптации к различным видам топлив. Есть отдельные фрагменты данного алгоритма, позволяющие в узком диапазоне химических составов топлив решать задачи электронного управления рабочим процессом в двигателе внутреннего сгорания. Часто из-за несовершенства этих алгоритмов адаптации приходится вводить коэффициент предполагаемой зоны эксплуатации конкретного автомобиля, где используется топливо известного химического состава, имеющего стабильное качество. Этот коэффициент можно изменять на сервисной станции или у дилера по продаже автомобилей с помощью диагностического прибора.

Это приводит к тому, что конкретный автомобиль во время дальнего путешествия в отдельных регионах может работать не в оптимальном режиме с точки зрения мощности, крутящего момента, токсичности отработавших газов и расхода топлива.

Кроме этого, различные страны увеличивают номенклатуру видов топлив и добавок к ним, которые предлагаются на заправочных станциях [1]. Из-за удорожания топлив на основе нефтепродуктов всё большее распространение получают возобновляемые виды топлив

на основе растительных материалов. Двигатель автомобиля должен сам адаптироваться к соответствующему виду топлива (его химическому составу) и не иметь значительных переделок и доработок.

Управление составом смеси по сигналу обратной связи с датчика содержания кислорода в отработавших газах позволяет поддерживать стехиометрический состав смеси на любом виде топлива с точки зрения минимальной токсичности отработавших газов, но не оптимальных значений в отношении мощности, крутящего момента двигателя и расхода топлива. В развитых алгоритмах управления двигателем имеется раздел по управлению крутящим моментом, но он не связан с его оптимизацией при использовании топлив различного химического состава.

Поэтому задача разработки оптимального алгоритма адаптации к различным химическим составам топлива, химический состав которых изменяется в широком диапазоне, является актуальной.

В настоящее время многие фирмы, выпускающие автомобили и двигатели, занимаются этой тематикой. Разрабатываются алгоритмы управления рабочим процессом двигателя внутреннего сгорания на основе использования в качестве основных параметров:

– ионных токов на свече зажигания, их изменения во времени, динамики (ускорения изменения) и уровня в процессе горения топливовоздушной смеси;

– давления в камере сгорания, его изменения во времени, динамики (ускорения изменения) и уровня в процессе рабочего цикла;

– температуры в процессе горения топливовоздушной смеси, а также других параметров по их изменению во времени, динамике (ускорению изменения) и их уровню и т.д.

Эти алгоритмы могут быть развиты до адаптации к химическому составу топлива.

1. Химический состав и низшая теплота сгорания природного газа с различных месторождений и производств

В состав природного газа обычно входят следующие составляющие:

– различные углеводороды, %: C_nH_{2n+2} ;

– двуокись углерода, %: CO_2 ;

– азот, %: N_2 ;

– водород, %: H_2 ;

– кислород, %: O_2 ;

– другие газообразные вещества, содержание которых не превышает 0,1%.

В соответствии со стандартами на компримированный природный газ (КПГ), в качестве моторного топлива во многих странах мира принято содержание метана от 80 до 100%. Соответственно низшая теплота сгорания газообразных топлив различного состава может отличаться до 10...12%. Если учитывать различные составы попутных газов, биогаза и газов, полученных в результате различных производств, то содержание метана в них колеблется в ещё большем диапазоне от 29 до 99,6%, содержание азота от 0,1 до 30%, а значит и отличие в низшей теплоте сгорания может достигать 30% и более.

Меньшее количество теплоты, полученное при сгорании топлива, приводит к снижению максимального давления в цилиндрах двигателя, а значит и потере мощности и крутящего момента.

Увеличивать количество топлива или его уменьшать для повышения количества теплоты можно только в узком диапазоне в соответствии с содержанием в топливе горючих (углеводородов, водорода, окиси углерода и т.д.) компонентов из-за условий по нормам токсичности отработавших газов, которые минимальны при стехиометрическом составе горючей смеси.

Разное содержание углеводородов и химических веществ в различных газовых топливах говорит о том, что эти топлива имеют различный стехиометрический коэффициент, т.е. для полного сгорания одной единицы топлива необходимо разное количество воздуха. Это сказывается на токсичности отработавших газов. То есть, если не иметь адаптируемое число состава смеси к применяемому топливу, то невозможно будет добиться жёстких норм по требованиям к токсичности отработавших газов. В настоящее время адаптация состава смеси во время работы ведётся по сигналу обратной связи с датчика содержания кислорода в отработавших газах. В таких системах используется узкополосный датчик кислорода, который не может охватить весь диапазон составов газового топлива. Поэтому необходимо для адаптации состава смеси использовать широкополосный датчик кислорода, который, в свою очередь, из-за более сложной конструкции удорожает всю систему управления двигателем, работающим на газовых видах топлива.

2. Основные направления адаптации к составу газового топлива:

– установка спектроскопического датчика состава газа и использование его сигнала в алгоритме управления ДВС;

– установка газоаналитического датчика состава газа и использование его сигнала в алгоритме управления ДВС;

– определение ускорения вращения коленчатого вала на определённом режиме работы двигателя при определённой его температуре или в зависимости от температуры;

– использование широкополосного датчика кислорода в отработавших газах, начинающего процесс измерения от любой начальной температуры (от -30 до +45°C);

– использование датчика давления в камерах сгорания в процессе горения топливной смеси;

– использование сигнала со свечи зажигания об ионных токах в процессе горения топлива в камере;

– использование сигнала оптического датчика мгновенной температуры в процессе горения топливной смеси в камере сгорания ДВС;

– использование лазерного датчика по определению количества метана, углеводородов, оксида углерода и водорода в топливе;

– другие возможные схемы и методы по определению качества процесса сгорания топливной смеси в камере сгорания ДВС или непосредственного определения химического состава топлива на входе в ДВС.

Рассмотрим достоинства и недостатки каждого из вышеназванных направлений.

Первое и второе направления с использованием датчика состава газа сложны и дорогостоящи из-за сложности самих датчиков и вторичной аппаратуры для обработки их сигналов.

Третье направление по определению ускорения вращения коленчатого вала не требует дополнительного датчика частоты вращения коленчатого вала, а требует только разработки соответствующего алгоритма управления, его проверки в виртуальном расчёте с последующей калибровкой настроечных коэффициентов для конкретных составов газовых топлив. Затруднение в использовании параметра ускорения вращения коленчатого вала осложнено тем, что на него влияют много различных факторов, начиная от параметров окружающей среды, параметров масляной системы, параметров износа деталей ДВС в процессе эксплуатации и т.д. Поэтому

алгоритм адаптации в данном случае должен быть комплексным и учитывать все эти факторы, что приводит к его значительному усложнению как в процессе разработки, так и в процессе доводки.

Четвёртое направление с использованием широкополосного датчика кислорода, работающего в широком диапазоне температур, пока невозможно реализовать, т.к. отсутствуют такие датчики содержания кислорода в отработавших газах. В настоящее время имеются широкополосные датчики кислорода, работающие в определённом прогретом диапазоне температур (от 250 до 950°C), которые можно устанавливать на автомобили. Частично этот вариант решает вопрос состава отработавших газов на стационарных режимах работы с прогретым до рабочей температуры датчиком кислорода. Учитывая возрастающие нормы по токсичности отработавших газов ДВС, когда замер токсичности начинается с момента пуска двигателя, этот вариант достаточен только для норм Евро-2 и не всегда приемлем для норм Евро-3 и выше. Кроме этого, данное направление не решает вопроса по оптимизации мощности, крутящего момента и расхода топлива при различных химических составах топливного газа.

Пятое направление с использованием датчика давления газов в камере сгорания ДВС и шестое направление с использованием сигнала со свечи зажигания об ионных токах в процессе горения топлива в камере – одни из перспективных, т.к. измерение давлений практически в настоящее время не составляет труда, а по измерению ионных токов ведутся исследования. Необходимо только разработать алгоритм расчёта и управления ДВС при адаптации к различным составам топливного газа, выполнить виртуальные расчёты и провести калибровку настроечных коэффициентов для конкретного типа двигателя.

В седьмом направлении с использованием оптического датчика температуры возможно искажение сигнала в процессе работы из-за сажевых накоплений в камере сгорания. Целесообразнее использовать малоинерционные датчики температуры с измерением средней интегральной температуры газов в камере сгорания за определённый временной интервал. В этом случае также необходимо разработать алгоритм расчёта и управления топливоподачей при адаптации к различным составам топливного газа, выполнить виртуальные расчёты и провести калибровку настроечных коэффициентов для конкретного типа двигателя.

Восьмое направление по использованию лазерного датчика по определению количества метана и других углеводородных составляющих в топливе перспективно, т.к., во-первых, не требует вмешательства в камеру сгорания, во-вторых, измерение можно производить в непосредственной близости от входа в газовые форсунки и оперативно корректировать топливоподачу в цилиндры ДВС.

Во всех рассмотренных случаях управление процессом адаптации осуществляется в основном по двум, трём или четырём параметрам:

- длительность открытия клапана газовой форсунки (ширина импульса) – определяет количество топлива в цикловой подаче;

- изменение угла опережения зажигания – определяет оптимальные скорости горения топливовоздушной смеси;

- изменение расхода воздуха на входе в цилиндр двигателя для систем с электрическим приводом дроссельной заслонки. Для двигателей, оборудованных механическим приводом воздушной заслонки, управление расходом воздуха можно осуществить электрическим регулятором расхода воздуха только на холостом ходу;

- изменение фазы газораспределения – оптимизируют расход топлива в зависимости от режима и нагрузки ДВС.

Длительность открытия клапана газовой форсунки определяет количество циклового топлива, поступившего в цилиндр двигателя. Соответственно это определяет количество топлива в топливовоздушной смеси и её отличие от стехиометрического значения для различных химических составов топлива. Аналогичное влияние на состав топливовоздушной смеси оказывает и управление расходом воздуха.

Изменение угла опережения зажигания необходимо из-за того, что каждый химический состав топлива имеет свою скорость горения в смеси с воздухом. Соответственно, если не изменять угол опережения зажигания, то не будут оптимальные по мощности и крутящему моменту параметры двигателя на конкретном составе топлива. Из-за этого увеличится расход газового топлива по сравнению с оптимальным значением при оптимальном угле опережения зажигания.

При переходе от топлива с низким содержанием водорода к топливу с его высоким содержанием или от топлива с низким содержанием тяжёлых углеводородов к топливу с высоким содержанием тяжёлых углеводородов произойдёт увеличение пикового давления в камере сгорания, при этом его максимальное значение отклонится от положения поршня в верхней мёртвой точке (ВМТ) в сторону раннего сгорания, т.е. до верхней мёртвой точки по углу положения коленчатого вала. Всё это произойдёт из-за увеличения скорости сгорания топливной смеси для данного химического состава топлива. Увеличение пикового значения давления в камере сгорания двигателя приведёт к более жёсткой его работе, что, в свою очередь, снизит надёжность. В данном случае необходимо немного уменьшить угол опережения зажигания для удержания пика давления в камере сгорания в

оптимальном положении относительно ВМТ.

При переходе от топлива с высоким содержанием водорода или тяжёлых углеводородов к топливу с высоким содержанием метана произойдёт обратный процесс. Скорость горения топливной смеси уменьшится. Пиковое значение давления в камере сгорания уменьшится, а сам пик переместится за ВМТ по углу положения коленчатого вала. Это улучшит мягкость работы двигателя, но для оптимизации его по мощности, крутящему моменту и расходу топлива необходимо увеличить угол опережения зажигания.

Скорость нарастания давления в камере сгорания в процессе окисления топлива также изменяется в зависимости от скорости горения топливовоздушной смеси. Чем выше скорость горения, тем больше скорость нарастания давления и наоборот. Параметр нарастания давления в камере сгорания в процессе окисления также является одним из применяемых параметров управления рабочим процессом двигателя внутреннего сгорания, т.к. давление можно измерять в реальном времени с высокой точностью и соответственно вести расчёт его влияния в электронном блоке управления.

Фазы газораспределения, если они присутствуют в конструкции ДВС, необходимо менять при различном химическом составе топливного газа для улучшения наполнения цилиндров топливовоздушной смесью, т.к. плотность и низшая теплота сгорания этих газов также различны.

Заправка автомобильного газового баллона природным газом на автозаправочных газонаполнительных компрессорных станциях, питающихся с разных газовых месторождений, приводит к неопределённости требуемого количества топлива в момент пуска двигателя после заправки и при его движении до начала адаптации по сигналу датчика кислорода в отработавших газах.

3. Алгоритм адаптации пуска двигателя для различного состава природного газа должен включать: ограничения по диапазонам измеряемых параметров ДВС, ограничения по управлению отдельными системами ДВС и зависимости управления от конкретных выбранных прямых или косвенных параметров, определяющих химический состав газового топлива.

Ограничения по измеряемым параметрам могут быть как полные, так и частичные в определённых диапазонах, которые определяют условия возможной адаптации к составу газового топлива. Например, запрет на адаптацию по составу топлива при температурах двигателя ниже -30°C и выше $+45^{\circ}\text{C}$, или, например, изменение коэффициента адаптации от порядкового номера попытки пуска двигателя в течение заданного времени, или, например, возврат к началу адаптации после факта продувки цилиндров воздухом, или, например, запрет на адаптацию при температуре или давлении газового топлива ниже или выше требуемого рабочего диапазона. Запрет на адаптацию при наличии ошибки в электронной системе управления двигателя или напряжении бортового питания, например, ниже 6В или выше 24В и т.д.

Ограничения по управлению системами ДВС обычно предусматривают запрет на управление во время адаптации алгоритма управления по составу газового топлива. Это делается, во-первых, для исключения неопределённостей, которые могут повлиять на адаптацию, во-вторых, для сокращения времени адаптации и улучшения её точности.

Основные факторы измерения и управления при адаптации алгоритма управления по химическому составу газового топлива (рис. 1):

- ограничения для параметров:
 - а) наличие заправки или замены газового топлива в баллоне;
 - б) по температуре ДВС;
 - в) по количеству попыток пуска;

г) по факту продувки цилиндров воздухом;

д) по температуре и давлению газа на входе в газовые форсунки;

е) по фактору наличия ошибок в системе ЭСУД;

ж) по напряжению в бортовой сети автомобиля и т.д.;

– ограничения по управлению следующими системами ДВС:

а) клапаном рециркуляции отработавших газов (ОГ);

б) клапаном вторичного воздуха;

в) термостатом системы охлаждения;

г) вентилятором системы охлаждения;

д) системой улавливания паров топлива;

е) управлением кондиционером;

ж) отключением цилиндров и т.д.;

– зависимость управляемого параметра от конкретно выбранного параметра измерения, например:

а) величины ускорения нарастания частоты вращения коленчатого вала в процессе пуска двигателя;

б) величины состава смеси в случае, если широкополосный датчик кислорода перед нейтрализатором начинает работать с начала момента прокрутки коленчатого вала;

в) величины ионного тока, его скорости изменения и ускорения в газовой смеси в процессе сгорания топливовоздушной смеси и повышения частоты вращения коленчатого вала;

г) величины давления в камере сгорания, его скорости изменения и ускорения;

д) величины и скорости изменения сигнала с хроматографического датчика;

е) величины сигнала с лазерного датчика состава газового топлива и по другим возможным параметрам и критериям и их совокупностям.

Данный список может пополниться в процессе совершенствования ДВС и его систем измерения и управления.

Коэффициент K влияния каждого параметра является функцией данного « i » параметра измерения, т.е. $K_i=f_i$.

Суммарный коэффициент влияния можно выразить следующей зависимостью:

$$K_{\Sigma} = \left(1 \pm \sum_{i=1}^{i=n_{адит}} K_{i_{адит}} \right) \sqrt{\sum_{i=1}^{i=n_{мультип}} K_{i_{мультип}}^2},$$

где $n_{адит}$, $n_{мультип}$ – число аддитивных и мультипликативных параметров измерения, соответственно; $K_{i_{адит}}$, $K_{i_{мультип}}$ – коэффициенты влияния для аддитивных и мультипликативных параметров измерения, соответственно.

Суммарный коэффициент влияния для каждого управляемого параметра (ширина импульса впрыска топлива, опережение угла зажигания, угол положения дроссельной заслонки или число шагов регулятора холостого хода и фазы газораспределения) будет иметь своё значение, т.к. влияние основных параметров двигателя на них различное. Необходимо учитывать, что суммарный коэффициент влияния не всегда правильно отражает суммарное воздействие всех факторов в совокупности. В этом случае оптимум функции (максимальные мощность, крутящий момент и минимальны расход топлива) может не соответствовать суммарному коэффициенту влияния.

Для более точного определения оптимальных характеристик ДВС при вычислениях управляющего параметра лучше использовать не суммарный коэффициент влияния K_{Σ} , а непосредственно каждый вычисленный коэффициент K_i . В этом случае может возрасти число вычислений, что приведёт к увеличению времени расчёта. Это не всегда приемлемо из-за, например, низкой частоты процессора электронного блока управления двигателем.

Каждый коэффициент влияния представляется в виде соответствующей функции, которую необходимо определить или опытным путём, или с помощью вычисления по известным физическим зависимостям. Опытный путь требует проведения большого количества

испытаний и определения значения коэффициентов влияния в широком диапазоне изменяемого параметра. В первом приближении функции f_i могут быть выбраны из известных функций с учётом предполагаемого физического процесса влияния. В дальнейшем проводится их коррекция по результатам отдельных испытаний.

Для высокочастотных процессоров, применяемых в электронных блоках управления двигателем, алгоритм адаптации может быть ещё более усложнён, т.к. время вычислений уменьшается. В этом случае возможно использование алгоритма адаптации по химическому составу газового топлива в виде математического алгоритма поиска оптимума или так называемой «нейронной сети» с использованием имеющихся сигналов с датчиков двигателя [2].

Алгоритм и программа может содержать как все параметры измерения и управления адаптацией, так и часть из них, достаточные для соответствующих норм по токсичности отработавших газов в целях удешевления электронной системы управления двигателем. При этом при проведении калибровочных работ на автомобиле может быть использована только часть функций алгоритма в зависимости от конкретного типа двигателя и требований, предъявляемых к нему. То есть поправочные коэффициенты неиспользуемых функций будут равны 0 при аддитивном влиянии (арифметическая операция сложения) или 1 при мультипликативном влиянии (арифметическая операция умножения). Для случая ограничения независимой от энергопитания памяти электронного блока управления и его удешевления неиспользуемая часть функций не транслируется в выполняемый модуль программы управления двигателем.

4. Алгоритм адаптации для стационарных режимов работы ДВС

Процесс адаптации на стационарном режиме работы ДВС на природном газе

различного химического состава аналогичен алгоритму при пуске, за исключением некоторых динамических и переходных процессов, и включает практически те же ограничения по параметрам и органам управления, а также те же основные параметры измерения и управляемые параметры.

Ограничения по параметрам для холодного или горячего пуска ДВС и при его работе на стационарном или переходном режимах могут иметь разные диапазоны. Ограничения по управлению ДВС могут быть одинаковыми как для пуска, так и для стационарного или переходного режимов работы. Осуществить адаптацию алгоритма управления на переходном режиме работы значительно сложнее, чем на стационарном, поэтому она редко применяется.

Наиболее важна первоначальная адаптация на стационарном режиме работы (возможно на одном из стационарных режимов с последующим первоначальным использованием полученных коэффициентов влияния во всём диапазоне работы ДВС) после заправки или замены топлива в баллоне, т.к. в этот момент времени различия по коэффициентам влияния будут максимальны и они важны для нормальной устойчивой работы ДВС. В дальнейшей работе ДВС можно выполнять или периодическую адаптацию к химическому составу топлива с проверкой величины изменения коэффициентов влияния. Если величина изменения коэффициентов влияния становится несущественной, то возможно автоматическое отключение адаптации алгоритма к химическому составу топлива до момента последующей заправки или замены газового топлива в баллоне.

Необходимо отметить, что в процессе сгорания топливовоздушной смеси её параметры изменяются нелинейно. Поэтому для анализа и вычисления коэффициентов адаптации алгоритма лучше использовать не скорости изменения этих параметров, а их

ускорения, т.е. вторые производные по времени. В данном случае используются зависимости вида:

$$K_n = f(dn_{\kappa}/dt^2);$$

$$K_i = f(dI_{ион}/dt^2);$$

$$K_p = f(dp_{\kappa\sigma}/dt^2).$$

Скорость изменения химического состава топливного газа в процессе работы двигателя после очередной заправки автомобиля значительно меньше. Поэтому можно принять линейные законы её изменения и достаточно определить зависимости коэффициентов влияния по первой производной, т.е. по скорости, например:

$$K_x = f(dX_{\sigma}/dt);$$

$$K_L = f(dL_{\sigma}/dt).$$

Для схемы, приведённой на рис. 1, с пятью измеряемыми параметрами и четырьмя управляемыми параметрами

получим 20 функциональных зависимостей коэффициентов влияния. Для упрощения можно использовать только те коэффициенты влияния, которые имеют существенное значение в коррекции управляемого параметра и достаточны для выполнения требуемых норм по токсичности отработавших газов.

На схеме: 3 – наличие заправки или замены газового топлива в баллоне; U_{δ} – напряжение бортового питания (в установленном диапазоне); $T_{ож}$ – температура охлаждающей жидкости ДВС (в установленном диапазоне); $T_{газ}$ – температура газового топлива на входе в газовую форсунку (в установленном диапазоне); $p_{газ}$ – давление газового топлива перед газовой форсункой (в установленном диапазоне); $K_{Ц}$ – количество попыток пусков за заданный промежуток времени с учётом их длительности; $K_{Ц}$ – наличие или отсутствие продувки цилиндров воздухом



Рис. 1. Принципиальная схема алгоритма адаптации к составу газового топлива с максимальным числом параметров измерения и управления

между попытками пуска ДВС; $\Phi_{ош}$ – фактор наличия ошибки в системе электронного управления ДВС; n_k – обороты коленчатого вала; dn_k^2/dt^2 – ускорение изменения оборотов коленчатого вала; K_n – коэффициент влияния скорости изменения оборотов коленчатого вала; $I_{ион}$ – ионный ток в камере в процессе сгорания газового топлива; $dI_{ион}^2/dt^2$ – ускорение изменения ионного тока в процессе сгорания газового топлива; K_i – коэффициент влияния скорости изменения ионного тока в процессе сгорания; $p_{кс}$ – давление в камере в процессе сгорания топлива; $dp_{кс}^2/dt^2$ – ускорение изменения давления в камере сгорания; K_p – коэффициент влияния скорости изменения давления в камере в процессе сгорания топлива; X_c – химический состав газа по хроматографическому датчику; dX_c/dt – скорость изменения химического состава газа по хроматографическому датчику; K_x – коэффициент влияния химического состава газа по значению хроматографического датчика; L_c – значение химического состава топливного газа по лазерному датчику; dL_c/dt – скорость изменения химического состава топливного газа по лазерному датчику; K_l – коэффициент влияния химического состава газа по значению лазерного датчика; $t_{фор}$ – расчётное значение ширины импульса газовой форсунки; α_3 – угол опережения зажигания; G_6 (или G_{xx}) – значение расхода воздуха через дроссельную заслонку (или регулятор холостого хода) или значение требуемого угла поворота дроссельной заслонки (или количества шагов регулятора холостого хода); φ – значение фазы газораспределения.

Каждая из этих зависимостей требует проверки вида выбранной базовой функции влияния и экспериментальной корректировки функциональных коэффициентов и показателей для конкретной модели ДВС и системы его управления.

5. Определение погрешности метода адаптации алгоритма управления ДВС к химическому составу газового топлива

Погрешность адаптации алгоритма управления двигателем к различным химическим составам топлива складывается из следующих составляющих:

- погрешности измерения параметров, участвующих в расчётных моделях алгоритма адаптации, двигателя и его систем в процессе работы;
- погрешности методики алгоритма адаптации с учётом принятых допущений;
- погрешности элементов управления (точности дозирования топлива электромагнитными форсунками, точности дозирования расхода воздуха с помощью регулятора расхода воздуха или электрически управляемой дроссельной заслонки, точности задания угла опережения зажигания и точности управления фазами газораспределения).

Погрешности измерительных датчиков и элементов управления известны по паспортным данным этих устройств. Их суммарная среднеквадратичная погрешность обычно не превышает 6...10%. Для её снижения необходимо выбирать устройства с большей точностью, что, в свою очередь, может привести к значительному удорожанию всей системы управления двигателем.

Наибольшую часть погрешности на первом этапе разработки алгоритма адаптации составляет погрешность самой методики и принятые допущения. Для снижения погрешности обычно проводятся калибровочные испытания, в которых уточняются необходимые коэффициенты влияния. С помощью этих коэффициентов данную погрешность можно свести к допустимому значению.

С учётом диапазона изменения параметров топлива в 12...30% погрешность адаптации алгоритма управления двигателем к химическому составу топлива должна быть не более одной пятой от этого значения. Это достижимо для современных датчиков по

точности измерения параметров и точности задания управляемого параметра в устройствах управления.

Заключение

Представлены основные принципы алгоритма адаптации электронной системы управления двигателем к различным химическим составам газообразного топлива и показаны некоторые направления возможного его развития и совершенствования.

Библиографический список

1. Чернышёва, Н.Д. Альтернативные виды топлив и возможности их использования в России [Текст] / Н.Д. Чернышёва, Ю.В. Кожевникова, Е.А. Чернышёва // «АГЗК-АТ». – 2007. – №4(34). – 68 с.

2. Черняк, Б.Я. Перспективы развития самонастраивающихся контуров ЭСУ ДВС [Текст] / Б.Я. Черняк, Ф.С. Онищук, Э. Бездикиан, Э. Саркисиан // Тезисы докладов. 3-и Луканинские чтения. – ГТУ МАДИ, 30-31 января 2007.

References

1. Chernyshova, N.D. Alternative kinds of fuel and opportunities of their use in Russia [Text] / N.D. Chernyshova, Yu.V. Kozhevnikova, Ye.A. Chernyshova // "AGZK-AT". – 2007. – №4(34). – 68 p.

2. Chernyak, B.Ya. Prospects of development of self-adapting ECS contours of internal combustion engines [Text] / B.Ya. Chernyak, F.S. Onishuk, E. Bezdikian, E. Sarkisian // The theses of reports. 3 Lukanin readings. – STU MAD I, 30-31 January 2007.

ALGORITHM OF ADAPTATION OF AN ELECTRONIC CONTROL SYSTEM OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES TO VARIOUS CHEMICAL COMPOSITIONS OF GAS FUEL

© 2011 V. A. Shishkov

Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov
(National Research University)

An algorithm of automatic adaptation for the system of electronic control of internal combustion engines working on gas fuel with various chemical compositions is proposed.

Internal combustion engine, electronic system of engine control, algorithm of adaptation, gas fuel, chemical composition.

Информация об авторах

Шишков Владимир Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры машиностроения, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королёва (национальный исследовательский университет) Vladimir-Shishkov@yandex.ru. Область научных интересов: системы управления ДВС на альтернативных видах топлива.

Shishkov Vladimir Aleksandrovich, candidate of technical sciences, associate professor of the department machine building, Samara State Aerospace University named after academician S. P. Korolyov (National Research University), Vladimir-Shishkov@yandex.ru. Area of research: control systems of internal combustion engines using alternative kinds of fuel.