

режим управления. Применение предлагаемого способа управления не влечет изменения принципа передачи крутящего момента используемого в механических коробках передач, а значит, может применяться во всех сферах их назначения.

Таблица 1. Фрагмент алгоритма управления на режиме «Разгон автоматический маневровый».

№	Условия	Описание действия	Индикация
1	Выполнение алгоритма «Запуск двигателя»	Переключатель манёвренности переводится водителем в положение «М» - маневровый.	На дисплее режима движения активируется значение «М» - маневровый
2	Выполнение алгоритма «Запуск двигателя»	Переключатель режима движения переводится водителем из положения «Р» - парковка в положение «D» - движение.	На дисплее режима движения активируется значение «D» - движение.
3	Выполнение алгоритма «Запуск двигателя»	Джойстик касанием водителя перемещается влево в положение «А» - автоматический режим переключения.	На дисплее режима движения активируется значение «А» - автоматический режим переключения.
...	...	...	...

Таким образом, определены логические взаимосвязи систем управления силовым агрегатом, проведён анализ последовательности переключения передач, создан алгоритм работы системы управления силовым агрегатом для различных режимов движения. В алгоритме предусмотрены режимы работы, обеспечивающие: экономию топлива; максимальную производительность силового агрегата; ручной режим переключения.

#### **Литература:**

1. Хрящёв Ю. Е. Жаров А. В. Блаженнов Е. И. Конспекты по современной автоэлектронике. Ярославль.: Уч. пособие. – Ярославль : Изд-во ЯГТУ, 1999. – 127 с.
2. Боярских С. Ю. АКПП - Автоматическая коробка переключения передач: Электронный ресурс – Режим доступа: <http://www.car4u.ru/pages.php?cid=2241>
3. Туренский И. С. Теория автомобиля: Учебное пособие – М.: Высш. шк., 2005. – 240 с.
4. Поляков К. Ю. Основы теории цифровых систем управления: Учеб. пособие: СПбГМТУ. – СПб.: 2006. – 161 с.
5. Бесекерский В. А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления – 4-е изд. СПб.: Профессия, 2003. – 752 с.

### **УПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЬНЫМ ДИЗЕЛЕМ НА ХОЛОСТОМ ХОДУ**

**Хрящёв Ю.Е., Епанешников Д.А.** (Ярославский государственный технический университет)

Достижение оптимального управления дизелем на режиме холостого хода затруднено как вследствие отсутствия практической возможности подробного математического описания процессов, протекающих в двигателе, так и из-за многомерности, многопараметричности, нелинейности, неопределенности характеристик и

импульсного характера работы. Заранее не предвидимы и отклонения внешних условий работы дизеля. Поиск решений, позволяющих достигнуть в этих условиях результатов, близких к оптимальным, является актуальной проблемой.

Несмотря на предпринятые попытки решения упомянутых проблем в производстве дизелей, оснащаемых любыми системами управления, периодически появляются причины, приводящие к определенным сложностям регулирования частоты вращения на некоторых эксплуатационных режимах, таких как холостой ход, холодный пуск, маневровые режимы и тому подобные.

Конкретной целью данной работы является - устранение неустойчивости частоты вращения на режимах холостого хода (рис. 1).

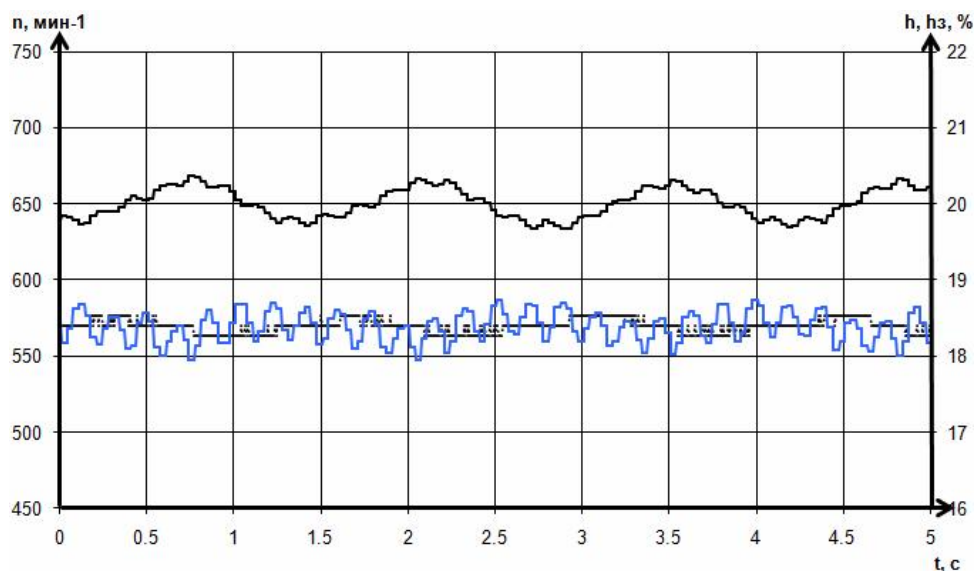


Рис. 1. Зарегистрированные колебания частоты вращения на режиме холостого хода, на графике: — n, мин-1 ..... h, % — hз, %

Проблема регулирования частоты вращения дизеля на режиме минимального холостого хода является достаточно сложной и требует системного решения с реализацией мероприятий конструктивных, технологических и алгоритмических. Для исследования возможных подходов к данной проблеме создана математическая модель системы управления дизелем ЭСУ-1А[1] в среде MATLAB Simulink, на которой были проанализированы причины, приводящие к неустойчивости.

Используемый в ЭСУ-1А исполнительный механизм представляет собой поворотный реактивный шестиполусной электромагнит ЭМП01-30, кинематически соединенный с рейкой топливного насоса, управляемый электронным блоком управления на основе МП SAB-C167CR-L Siemens. Аппроксимируя тяговые характеристики электромагнита, полученные экспериментально, получаем функциональные зависимости для определения крутящего момента, создаваемого исполнительным механизмом М, Нм при угле поворота рычага  $\varphi$ , рад.

Для тока  $I=3A$  получим:

$$M = (2.6 \cdot 10^{-10}) \cdot j^7 + (-3.3 \cdot 10^{-8}) \cdot j^6 + (1.07 \cdot 10^{-6}) \cdot j^5 + (1.5 \cdot 10^{-5}) \cdot j^4 + (-0.000985) \cdot j^3 + (0.000375) \cdot j^2 + (0.26) \cdot j + (1.37) \quad (1)$$

Для тока  $I=-3A$  получим:

$$M = (1.8 \cdot 10^{-11}) \cdot j^7 + (-5.2 \cdot 10^{-9}) \cdot j^6 + (-2.6 \cdot 10^{-8}) \cdot j^5 + (2.8 \cdot 10^{-5}) \cdot j^4 + (-0.00089) \cdot j^3 + (0.0048) \cdot j^2 + (0.025) \cdot j + (-2.49), \quad (2)$$

Момент сопротивления равен  $M_c = I\Omega$ .

Исполнительный механизм находится во время работы в состоянии безразличного равновесия, таким образом для его позиционирования применяется широтно-импульсная модуляция. Управление положением исполнительного механизма осуществляется при помощи ПИД-регулятора.

Якорь электромагнита движется вращательно, поэтому основным уравнением для моделирования его движения должно быть уравнение вращательного движения (рис. 2).

$$M - M_c = Jj'' \quad (3)$$

где  $M$  – крутящий момент, создаваемый в ИМ,  $M_c$  – суммарный момент сопротивления исполнительного механизма.

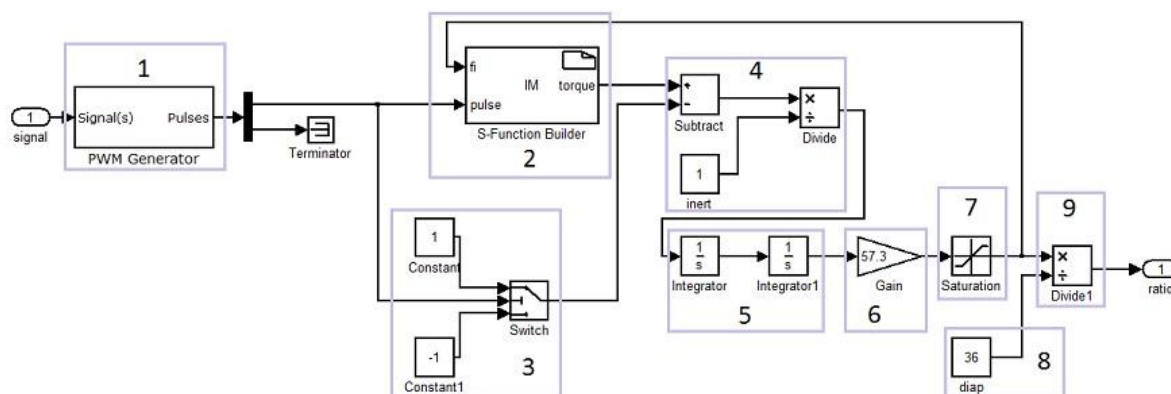


Рис. 2. Модель ИМ в Simulink: 1 – ШИМ, 2 – модуль расчета крутящего момента по силе тока и углу поворота; 3 – блоки расчета момента сопротивления; 4 – блоки расчета ускорения; 5 – блоки интеграторы; 6 – блок усиление; 7 – блок ограничения диапазона работы; 8 – блок, задающий диапазон работы; 9 – блок, в котором осуществляется операция деления для определения координаты рейки в долях от полного хода

Основной составляющей модели дизеля является расчет рабочего процесса, выполненный по методу, предложенному Вибе [2]. В результате теплового расчета вычисляется крутящий момент, создаваемый дизелем, далее по уравнению вращательного движения определяется частота вращения коленчатого вала дизеля, для упрощения расчета момент инерции дизеля считается постоянным.

$$M - M_c = Jw' \quad (4)$$

Поддержание заданного скоростного режима осуществляется ПИД-регулятором (рис. 3).

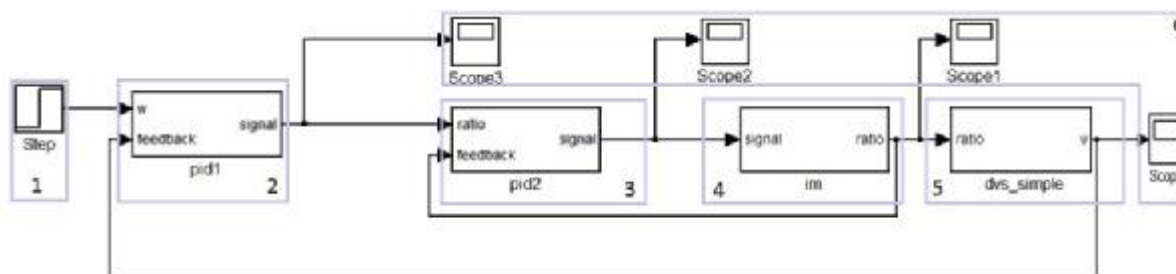


Рис. 3. Модель дизеля с электромагнитным ИМ управления частотой вращения: 1 – блок задатчик скоростного режима, 2 – регулятор частоты вращения, 3 – регулятор позиционер рейки, 4 – модель исполнительного механизма, 5 – модель дизеля, 6 – блоки графопостроители

На модели была произведена имитация возможных причин неустойчивой работы дизеля на холостом ходу: заедание рейки, люфт в приводе рейки, задержка при прохождении сигнала от регулятора к ИМ при помощи имеющихся в инструментариим Simulink блоков. По результатам испытаний сделан вывод, что в случае люфта или заедания рейки возможно добиться устойчивой работы путем настройки значений коэффициентов, а при наличии задержки изменение коэффициентов ПИД регулятора не способно существенно улучшить регулирование.

Для решения этой проблемы предложен способ работы с компенсацией задержки управляющего воздействия (рис. 4). Для дизеля осуществляется расчет или измерение величины ускорения коленчатого вала, затем по величине текущей частоты вращения  $w_m$ , рад/с, времени задержки  $t_3$ , с и величине ускорений  $a$  рад/с<sup>2</sup>, измеренной или вычисленной

$$a = (w_m - w_{m-\Delta t})/\Delta t \quad (5)$$

где  $\Delta t$ , с – шаг квантования,  $w_{m-\Delta t}$  – предыдущее значения частоты вращения, измеренное в момент времени  $t_n - \Delta t$

вычисляется частота вращения коленчатого вала с учетом задержки

$$w_{m+t_3} = w_m + t_3(w_m - w_{m-\Delta t})/\Delta t \quad (6)$$

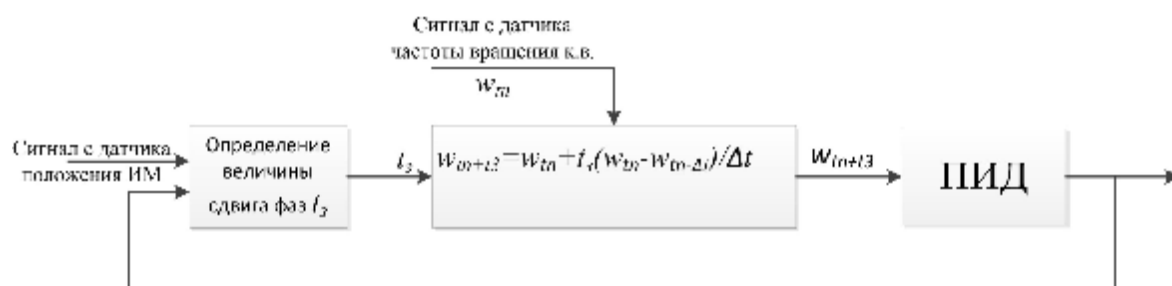


Рис. 4. Работа системы управления с компенсацией задержки

Для коррекции возникающих на холостом ходу колебаний частоты вращения дизеля, описанных ранее можно использовать алгоритм работы, при котором на рейку ТНВД подаются колебания, вызывающие колебания частоты вращения дизеля той же частоты что и зарегистрированные, но в противофазе существующим, с амплитудой достаточной для их коррекции.

На основе данных алгоритмов предложен способ работы, который выполняется в два этапа.

На первом этапе исключается задержка при расчете управляющего сигнала и передаче его в исполнительный механизм. Это достигается применением описанного выше алгоритма компенсации задержки.

В том случае если в результате этого этапа колебания частоты вращения не прекратились, то осуществляется второй этап.

На втором этапе работа ПИД-регулятора корректируется таким образом, чтобы ликвидировать колебания частоты вращения. Модуль блока управления производит гармонический анализ по данным текущего положения коленчатого вала и текущей частоты, определяет частоту колебаний первой гармоники. Далее производится расчет коррекции движения ИМ для создания в двигателе колебаний частоты вращения с амплитудой равной рассчитанной, но находящихся в противофазе имеющимся. Полученная коррекция суммируется с сигналом от ПИД-регулятора, затем подается на исполнительный механизм, в соответствующий момент времени.

Применение данного способа работы позволит повысить стабильность частоты вращения дизеля на холостом ходу, улучшить работу дизеля на данном режиме во время приработки, однако совершенствование конструкции, улучшение качества изготовления и сборки топливной аппаратуры и системы управления являются основными мероприятиями по устранению причин рассматриваемой проблемы и могут кардинально улучшить качество регулирования частоты вращения двигателя, особенно на режиме минимального холостого хода.

Применение способов адаптивной подстройки параметров системы управления и коррекции подачи топлива, описанные в работе, способны улучшить качество регулирования частоты, несмотря на проблемы, связанные с неточностью изготовления, несовершенством конструкции и износом.

#### **Литература.**

1. Хрящев Ю.Е., Антошин Р.О., Тихомиров М.В. Уровень EURO-3 с системами ЭСУ-1 // Электроника и электрооборудование транспорта. – 2006,

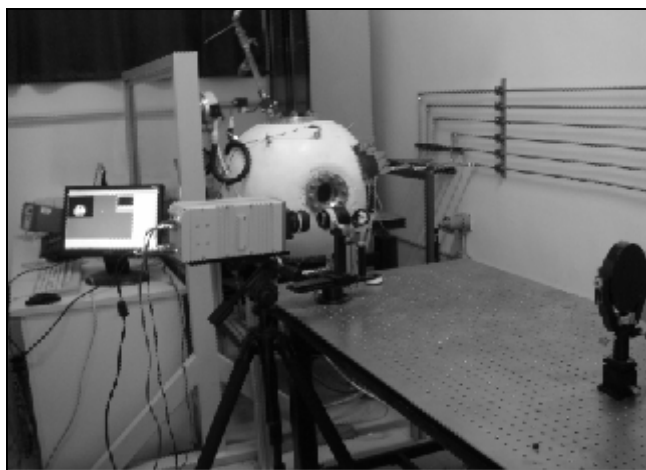
№3-4. – С

2. Вибе И.И. Новое о рабочем цикле двигателей. Скорость сгорания и рабочий цикл двигателей. – Свердловск: МАШГИЗ, 1962. – 265с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СКОРОСТИ И СТАБИЛЬНОСТИ ПЛАМЕНИ ВОДОРОДА**

**Чажо ЦзяньХуэй , Сун Бай Ганн** (Пекинский политехнический университет, г.Пекин)

В автомобильном двигателестроении продолжают активные поиски новых видов экологически более чистых топлив, способных обеспечить двигателям внутреннего сгорания достижение новых показателей их качества. Одним из таких топлив является водород. Скорость сгорания смесей водорода с воздухом выше, чем скорость сгорания смесей воздуха и нефтяного топлива. Поэтому используя водород в качестве топлива двигателя, следует ожидать повышенную эмиссию NOx. Управление выбросами NOx оказывается одной из ключевых проблем создания современного водородного двигателя.



Скорость распространения сгорания водорода влияет на скорость мгновенной теплоотдачи, а так же на максимальную температуру рабочего тела в цилиндре, которая определяет интенсивность образования NOx. Поэтому исследование характеристик сгорания водорода имеет существенное значение.

Рис. 1. Экспериментальная установка

На основании анализа предыдущих исследований процесса сгорания воздушно-водородных смесей сконструирована установка, приведенная на рис.1, состоящая из следующих компонентов: бомба сгорания постоянного объема, система