

МИКРОПРОЦЕССОРНЫЙ РЕГУЛЯТОР ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ ДИЗЕЛЯ

Применение современных конструктивных мероприятий по совершенствованию дизелей в направлении улучшения топливной экономичности и снижения выбросов вредных веществ с отработавшими газами (ОГ) тесно связано с применением микропроцессорных систем для управления подачей топлива, наддувом, системами нейтрализации ОГ и рабочими процессами дизеля в целом. Аккумуляторные топливные системы типа Common Rail вообще не могут работать без микропроцессорного управления.

Поэтапное введение для дизелей европейских норм на выбросы вредных веществ ОГ, которые постоянно ужесточаются, послужило стимулирующим фактором для развития микропроцессорного регулирования системами и работой дизеля в целом.

Научная тематика национального транспортного университета (НТУ) уже многие десятилетия связана с разработкой и совершенствованием топливных систем и автоматических систем регулирования дизелей и газодизелей. Базируясь на накопленном опыте разработок и исследованиях механических, гидравлических регуляторов частоты вращения коленчатого вала дизеля и электронного регулятора управления подачей газового топлива для газодизеля поставлена задача – разработать микропроцессорный регулятор (МР) для дизеля 4ЧН12/14.

Применение микропроцессорных систем, разработанных и изготовленных в Украине, позволит избежать зависимости от зарубежных производителей при настройке дизелей на эксплуатационные режимы и переходе на альтернативные топлива.

В статье представлены результаты разработки и принцип работы экспериментального МР для дизеля 4ЧН12/14, которая выполнена в сотрудничестве с Институтом газа НАН Украины.

Общая методика создания МР дизеля опубликована в работе [1]. Согласно этой методике электронный регулятор состоит из трёх структурных составляющих: датчиков с измерительной частью; электронного блока управления (ЭБУ) с программным обеспечением; исполнительного механизма (одного или нескольких). Наиболее трудоёмким является создание работоспособного программного обеспечения для ЭБУ.

Этапы разработки экспериментального образца МР показаны на рис. 1, где специально выделены этапы отладки программного обеспечения.

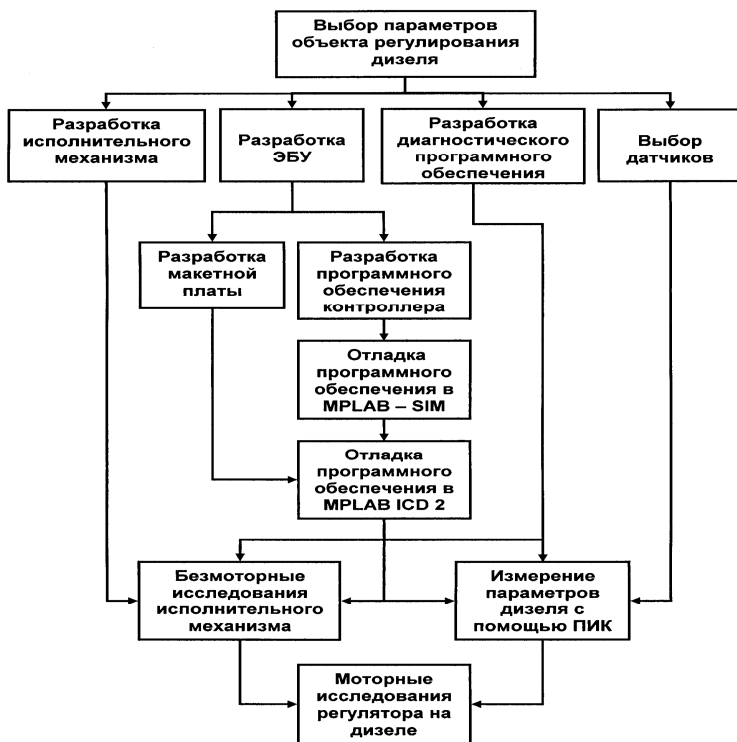


Рис. 1. Этапы разработки МР дизеля

В основу создания программного обеспечения положено два метода. Первый – пошаговое ограничение перемещений исполнительного механизма в зоне работы дизеля. Второй - метод линейной интерполяции для получения пологих двухрежимных частичных характеристик.

Для экспериментального МР частоты вращения коленчатого вала дизеля были выбраны датчики, которые изготавливаются в Российской Федерации и используются в автомобильной промышленности. Критериями выбора были доступность и цена датчиков. Электронные датчики для экспериментального МР приведены в табл. 1. Датчики температуры и положения электронной педали имеют нелинейные характеристики выходных сигналов, все остальные – линейные.

Электронные датчики

Название датчика	Модель	Тип датчика	Границы измерения
Частоты вращения вала	ДС-1 406. 38470650-01	Индукционный	20...5000 мин ⁻¹
Температуры	192.3828	Интегральный на основе микро-схемы К 1019 ЕМ1	- 40...125° С
	233.3828	Терморезистивный	- 40...125° С
Давления наддува	23.3855	Интегральный на основе тензорезистора	50...320 кПа
Положения электронной педали	36.3855-20	Интегральный на основе магниторезистора	0...40 град

В качестве исполнительного механизма для МР был применён серводвигатель Servo C507. Данный серводвигатель (сервопривод) применяется в промышленной автоматике, в радиоуправляемых моделях самолётов и автомобилей. Напряжение питания +5 В. Принципиальная схема серводвигателя показана на рис. 2.

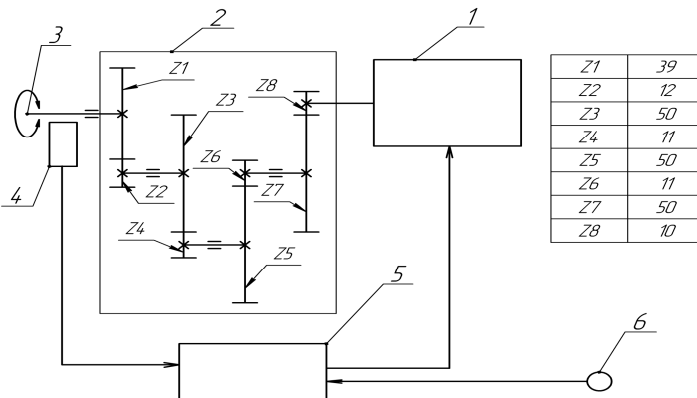


Рис. 2. Принципиальная схема исполнительного механизма

В состав серводвигателя входит: быстроходный многополюсный электродвигатель постоянного тока 1; шестерённый редуктор 2; выходной вал 3; датчик обратной связи 4 по положению вала; плата управления 5 с ПИ-законом.

Разработано кинематическое соединение исполнительного механизма с рейкой ТНВД (ЛСТНФ 410012). Управление серводвигателем осуществляется с помощью широтно-импульсного сигнала, который подаётся на клемму 6.

Выходной вал 3 серводвигателя поворачивается на угол от 0 до 90 град за 0,17 с. Рабочий ход составляет 80 град, что соответствует 14 мм перемещения рейки ТНВД. Крутящий момент на плече 10 мм составляет 30 Н. Технические характеристики исполнительных механизмов, которые использовались ранее в наших разработках и серводвигателя Servo C507, опубликованы в работе [2, 3].

Электронный блок управления преобразует и обрабатывает первичную информацию от датчиков, реализует алгоритмы управления и диагностики элементов МР. Разработанный ЭБУ принимает и обрабатывает такие сигналы: частоты вращения коленчатого вала дизеля, положения электронной педали, температур надвучного воздуха и охлаждающей жидкости, давление наддува, выключателя подачи топлива. По результатам обработки этих сигналов ЭБУ реагирует на них через исполнительный механизм или световую индикацию.

Главной составляющей ЭБУ является микроконтроллер. Для обеспечения функций экспериментального МР выбран микроконтроллер PIC 16 F876A фирмы Микрочип, встроенные модули которого позволяют через схемы согласования взаимодействовать с датчиками и исполнительным механизмом.

Основные особенности архитектуры микроконтроллера PIC 16 F876A: гарвардская архитектура, долгое слово команды, команда состоит из единого слова, конвейерная обработка команд, команды выполняются за один машинный цикл, небольшое количество команд, файловая структура данных, все команды ортогональные (симметричные) [1].

Разработано программное обеспечение МР, основная задача которого – расчет цикловой подачи топлива в зависимости от частоты вращения дизеля и положения электронной педали. Рассчитывается цикловая подача после запуска дизеля методом линейной двухмерной интерполяции между заданными граничными кривыми. На рис. 3 показаны графики расчётных граничных кривых. Координаты калибровочных точек, которые нанесены на рис. 3, введены в электронно-программируемое запоминающее устройство.

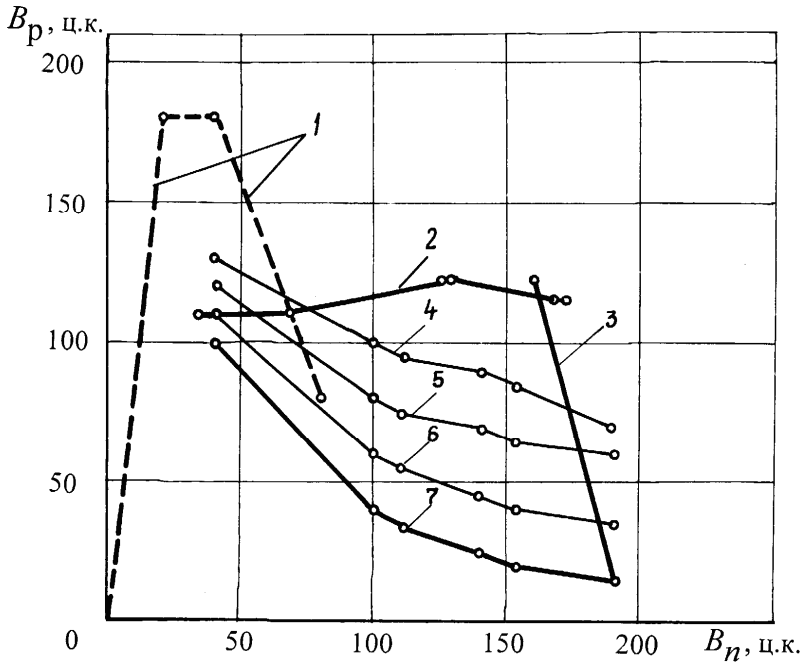


Рис. 3. Данные для расчёта подачи топлива с граничными кривыми: 1 – пусковая подача; 2 – внешняя скоростная характеристика; 3 – регуляторная ветка; 4 ... 6 – дополнительные кривые; 7 – холостой ход

Координаты графиков зависимости положения исполнительного механизма B_p от частоты вращения B_n и положения электронной педали показаны в цифровом коде (ц.к.) для электрических сигналов. Кривые 2 и 7 соответствуют нажатию электронной педали на 100 % и 0 %.

Для получения пологих двухрежимных частичных характеристик, наклон которых плавно возрастает по мере уменьшения частоты вращения дизеля, введено дополнительные граничные кривые 4 ... 6, которые соответствуют нажатию электронной педали на 75, 50 и 25 %.

При работающем двигателе ($600 \dots 2200 \text{ мин}^{-1}$) и нажатии оператором на педаль 85 % сигнал управления B_p для исполнительного механизма (расчета цикловой подачи) будет осуществляться методом линейной интерполяции между кривыми 2 и 4 с последующей проверкой ограничения по кривой 3.

Отладка программного обеспечения ЭБУ была начата ещё на стадии создания программно-измерительного комплекса (ПИК на рис. 1) и использования его для цифровой записи переходных процессов дизеля с механическим регулятором. ПИК является неотъемлемой частью МР. На принципиальную схему МР и его составляющую ПИК получены патенты [4, 5].

В процессе испытаний и отладки программного обеспечения существенное время было затрачено на обеспечение работы МР в режимах холостого хода, пуска и остановки дизеля.

Экспериментальный МР прошёл безмоторные и моторные стендовые испытания на дизеле 4ЧН12/14, которые подтвердили работоспособность регулятора и правильность написания программного обеспечения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лисовал А.А. Методика и результаты испытаний микропроцессорного регулятора с программно-измерительным комплексом в его составе / А.А. Лисовал // Двигатели внутреннего сгорания. – 2007. – №2. – С. 15 – 19.

2. Пат. 81160 Україна, МПК (2006) F02D 1/04. Дворежимний регулятор частоти обертання двигуна внутрішнього згорання / А.А. Лисовал, С.В. Костиця, Ю.П. Майфет, М.І. Гуменчук, А.В. Білай (Україна); заявник і патентовласник Національний транспортний у-т. – № а 200512272; заяв. 20.12.2005; опубл. 15.03.2007. – Бюл. №3. – 6 с.

3. Пат. 21481 на корисну модель Україна, МПК (2006) F02D 1/08. Регулятор частоти обертання дизеля з програмно-вимірювальним комплексом / А.А. Лисовал, С.В. Костиця, М.І. Гуменчук (Україна); заявник і патентовласник Національний транспортний у-т. – № u 2006 10575; заяв. 06.10.2006; опубл. 10.12.2007. – Бюл. №20.

4. Лисовал А.А. Виконавчі механізми для електронних регуляторів паливних насосів високого тиску дизеля / А.А. Лисовал, С.В. Костиця, О.В. Вербовський // Автошляховик України. – 2009. – №4. – С. 23.

5. Лисовал А.А. Виконавчі механізми для електронних регуляторів паливних насосів високого тиску дизеля (продовження) / А.А. Лисовал, С.В. Костиця, О.В. Вербовський // Автошляховик України. – 2009. – №5. – С. 18 – 20.