

рабочих гипотез, новых методик и технологий, включая исследования и использование механизмов уменьшения износов и механических потерь в сопряжении поршень-гильза; влияния мгновенных тепловых потоков, каталитического воздействия, электретов, совокупности физико-химических процессов на бездетонационное протекание рабочего процесса в двигателях, работающих на шахтном газе.

Список литературы:

1. Шехурдин А.В. Горное дело. –М.: Недра, 1979.
2. Энергетические установки и окружающая среда /

Под общ. ред. В.А.Маляренко. Х.:ХГАГХ, 2002.
3. Карп И.Н. Метан угольных пластов / Экотехнологии и ресурсосбережение, 2005. №1. С. 5-8. 4. Paper Study on the Effect of Varying Fuel Composition on Cummins Gas Engines. M. Landau, Southern California Gas Company, 2005. 5. G. Brecq, J. Bellettre, M. Tazerout, T. Muller Knock prevention of CHP engines by addition of N₂ and CO₂ to the natural gas fuel. Applied Thermal Engineering. Vol. 23, Issue 11, 2003, P.P. 1359-1371. 6. Final Report "Biomass Gasification Evaluation of Gas Turbine Combustion". U.S. Department of Energy. 2003.

УДК 621.436

А.А. Лисовал, канд. техн. наук

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ МИКРОПРОЦЕССОРНОГО РЕГУЛЯТОРА С ПРОГРАММНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫМ КОМПЛЕКСОМ В ЕГО СОСТАВЕ

Введение

Постоянное ужесточение европейских норм на выбросы токсичных компонентов с отработавшими газами (ОГ) в атмосферу способствует широкому применению на автомобильных дизелях и на автомобилях электронных регуляторов и бортовых микропроцессорных систем управления. Такие системы могут быстро обрабатывать достаточно большое количество входящих сигналов от датчиков, осуществлять оптимальную настройку двигателя на эксплуатационные режимы, постоянно осуществлять бортовую диагностику систем, которые непосредственно влияют на токсичность ОГ, и сигнализировать водителю о неполадках.

Микропроцессорные системы управления для транспортных дизелей необходимо разрабатывать и производить на современной электронной элемент-

ной базе. Программное обеспечение необходимо разрабатывать самостоятельно.

Обзор публикаций

Началом работ в данном направлении послужили разработки систем питания и электронного регулирования подачи газа для газодизеля [1].

Выполнено теоретическое обоснование необходимости связанного управления подачей топлива и давлением наддувочного воздуха для дизелей с газотурбинным наддувом [2]. Реализация связанного управления осуществляется по разработанной методике с помощью микропроцессорного регулятора (МР) на базе микроконтроллера серии PIC 16 фирмы Microchip [3]. Архитектура основана на концепции отдельных шин и областей памяти для данных и для команд (Гарвардская архитектура). Шина данных и

память данных (ОЗУ) - имеют ширину 8 бит, а программная шина и программная память (ПЗУ) имеют ширину 14 бит. Такая концепция обеспечивает простую, но мощную систему команд, разработанную так, что битовые, байтовые и реестровые операции работают с высокой скоростью и с перекрытием по времени выборок команд и циклов выполнения. 14-битовая ширина программной памяти обеспечивает выборку 14-битовой команды в один цикл. Двухступенчатый конвейер обеспечивает одновременную выборку и исполнение команды. Все команды выполняются за один цикл, исключая команды переходов.

Цель и задачи исследования

Целью данного исследования является проверка правильности функционирования и отладки составленного программного обеспечения, испытания программно-измерительного комплекса (ПИК) как неотъемлемой составной части МР дизеля. Испытания ТНВД совместно с разработанным микроконтроллерным регулятором, получение внешней скоростной и частичных характеристик ТНВД и сопоставление их с характеристиками ТНВД, оснащенного механическим регулятором.

Разработка МР с программно-измерительным комплексом

Экспериментальный образец МР разработан для дизеля СМД-23.07 и состоит из: электронного блока управления (ЭБУ), который управляет положением органа топливоподачи через исполнительный механизм (ИМ); резервной системы регулирования (РСР); ПИК.

На рис.1 показана структурная схема МР с ПИК, на основе которой разработан экспериментальный образец МР. ЭБУ имеет электрический выход приёма-передачи, к которому можно присоединить компьютер и измерить параметры дизеля в режиме реального времени, осуществить настройку характеристик регулятора изменением данных в про-

грамме управления. ЭБУ с датчиками, с блоком приёма-передачи, компьютером и разработанным программным обеспечением мы назвали программно-измерительным комплексом. Применение ПИК позволяет существенно упростить процедуры отладки программ, обеспечивает запись в компьютер динамических характеристик ТНВД, существенно сократить время, необходимое на разработку МР, уменьшить затраты на изготовление экспериментального образца.

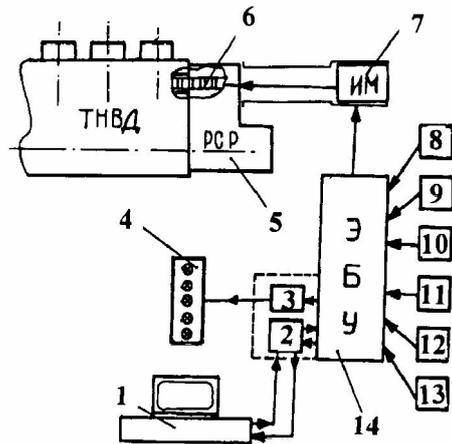


Рис. 1. Структурная схема МР с ПИК:

1 - компьютер; 2 - блок приёма-передачи данных; 3 - блок согласования; 4 - панель световой индикации технического состояния дизеля и регулятора; 5 - РСР, которая кинематически связана с рейкой 6; 6 - рейка ТНВД; 7 - ИМ на базе сервоэлектродвигателя постоянного тока с обратной связью по положению вала; 8 - датчик частоты вращения коленчатого вала дизеля; 9 - датчик положения педали акселератора; 10 - датчик давления наддува; 11 - датчик температуры наддувочного воздуха; 12 - датчик положения рейки топливного насоса высокого давления (ТНВД); 13 - датчик температуры топлива; 14 - ЭБУ

Разработанный экспериментальный образец МР с ПИК защищен патентом Украины [4].

В экспериментальном МР загрузка исходными данными микроконтроллера ЭБУ, контроль за его работой, внесение изменений в программы управления осуществляется через компьютер 1, который через блок 2 подсоединяется к ЭБУ.

Алгоритм управления

Основной алгоритм управления в микроконтроллере разбит на модули (подпрограммы), которые обеспечивают выполнение следующих функций:

- пуск холодного дизеля;
- регулирование пусковой цикловой подачи в зависимости от температуры охлаждающей жидкости;
- переход на устойчивую работу на минимальном холостом ходу с учетом температуры охлаждающей жидкости;
- устойчивая работа в диапазоне от минимального до максимального холостого хода;
- формирование внешней скоростной характеристики с учетом давления наддува и необходимости положительного корректирования топливоподачи;
- формирование частичных скоростных характеристик горизонтального вида или с пологим наклоном;
- ограничение максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля;
- штатная остановка дизеля;
- остановка дизеля по аварийным параметрам или при переходе на РСР.

В алгоритм управления ЭБУ введена дополнительная функция – постоянное диагностирование технического состояния систем топливоподачи, наддува и электронной части регулятора. Результаты тестирования выводятся на панель световой индикации.

Методика, этапы и результаты испытаний

Методика проведения испытаний предусматривает коррекцию калибровок датчиков, запись с помощью ПИК характеристик ТНВД, чтение кодов неисправностей из памяти МР.

Для проверки работоспособности МР и правильности функционирования программного обеспечения были выполнены этапы испытаний:

1. Выбор и калибровка на двигателе датчиков для экспериментального МР.

2. Определение динамических характеристик сервоэлектродвигателя (ИМ) при “мгновенной” подаче и последующем сбросе цифрового сигнала управления и различной нагрузке на выходном валу ИМ.

3. Безмоторные испытания ПИК на ТНВД типа ЛСТНФ 410010, установленном на топливном стенде, для проверки написания программного обеспечения.

4. Замена всережимного механического регулятора на ТНВД экспериментальным МР с ПИК и определение в ходе безмоторных испытаний характеристик ТНВД: с фиксированной рейкой (фиксацию рейки осуществлял ИМ); частичных скоростных характеристик горизонтального вида и с пологим наклоном; внешней скоростной характеристики.

5. Моторные испытания ПИК на дизеле СМД-23.07 с серийным механическим всережимным регулятором для исследования переходных процессов дизеля и в его системах регулирования топливоподачи и газотурбинного наддува.

6. Моторные испытания экспериментального МР с ПИК на дизеле СМД-23.07 для отладки подпрограмм, которые обеспечивают функции пуска, остановки, ограничения максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля, устойчивую работу в режиме холостого хода.

7. Моторные испытания экспериментального МР с ПИК на дизеле СМД-23.07 под нагрузкой на тормозном стенде.

На сегодняшний день начаты работы по седьмому этапу испытаний. На рис. 2 показана фотография ЭБУ, установленного на тормозном стенде с дизелем СМД-23.07, на рис. 3 – фотография ИМ, установленного на ТНВД типа ЛСТНФ 410010 в ходе безмоторных испытаний.

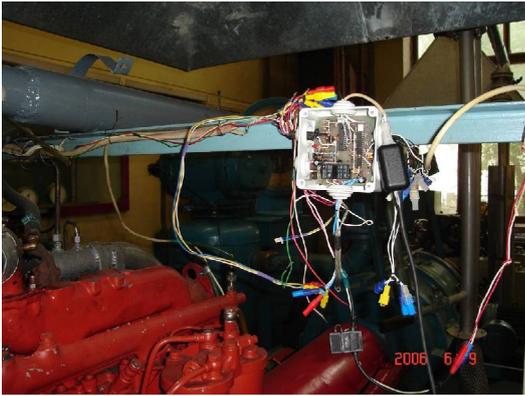


Рис. 2. Экспериментальный образец ЭБУ микропроцессорного регулятора для дизеля СМД-23.07

Результаты испытаний

На рис. 4 показаны внешняя и частичные скоростные характеристики ТНВД типа ЛСТНФ 410010 с экспериментальным МР, полученные в ходе безмоторных испытаний. На рис. 4 обозначено: n_n - частота вращения кулачкового вала ТНВД; $V_{ц}$ - цикловая подача топлива; φ - положение электронной педали управления (акселератора) в процентах.



Рис. 3. Экспериментальный образец исполнительного механизма МР на ТНВД

Пунктирной линией нанесена внешняя скоростная характеристика ТНВД с серийным механическим всережимным регулятором.

В ходе моторных испытаний поле скоростной характеристики было разбито на зоны и после изменения настройки программы частичные характери-

стики в диапазоне $\varphi = 0...75\%$ приняли более пологий вид, подобно показанным частичным характеристикам при $\varphi = 0\%$ и 25% .

Моторные испытания ПИК на дизеле СМД-23.07 проведены для цифровой записи переходных процессов при разгонах и замедлениях дизеля под нагрузкой и в режиме свободного ускорения. Исследовали различные варианты настройки турбокомпрессора ТКР-7,5ТВ. ПИК опрашивал и обрабатывал информацию от датчиков: частоты вращения коленчатого вала; положения рычага управления регулятором ТНВД (аналог электронной педали); давлений в системе турбонадува; положения вала исполнительного механизма МР; и приборов для определения: дымности ОГ; отметки времени начала и конца расхода 50 г топлива.

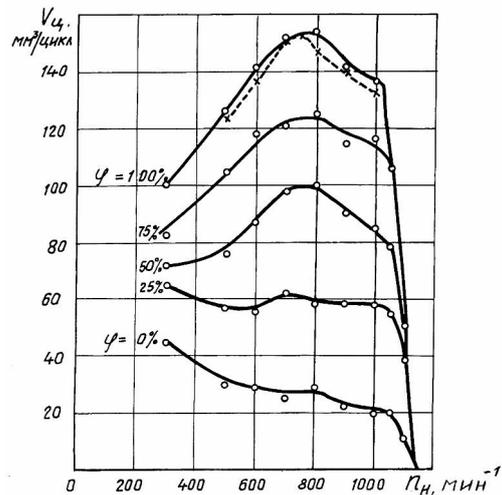


Рис. 4. Внешняя и частичные скоростные характеристики ТНВД

Пример цифровой записи разгона дизеля СМД-23.07 от 1000 мин^{-1} при начальной нагрузке 20Н до 1300 мин^{-1} при нагрузке 510 Н показан на рис.5.

На рис. 5 обозначено: 1 – частота вращения коленчатого вала дизеля; 2 – перемещение рычага управления ТНВД; 3 – давление наддува после компрессора; 4 – дымность ОГ; 5 – отметка времени расхода дизелем 50 г топлива; τ – реальное время изме-

рения (50 делений шкалы - 1с); V_i – цифровой код сигналов от датчиков.

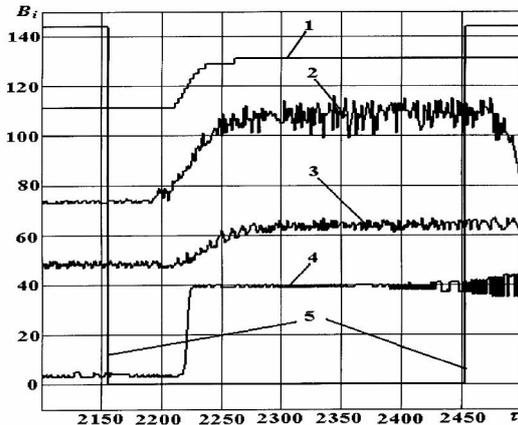


Рис. 5. Графическое изображение цифровой записи разгона дизеля СМД-23.07 под нагрузкой

Заключение

Разработан и испытан экспериментальный образец микропроцессорного регулятора для дизеля, в состав которого входит с программно-измерительный комплекс. Безмоторные и моторные испытания на дизеле СМД-23.07 подтвердили рабо-

тоспособность элементов МР и правильность функционирования программного обеспечения и ПИК как составной части МР. ПИК позволяет осуществлять цифровую запись переходных процессов при исследованиях и испытаниях систем регулирования.

Список литературы:

1. Долганов К.Е., Лисовал А.А., Майфет Ю.П., Вознюк И.С., Кострица С. В. Система питания и регулирования для автомобильного газодизеля // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004.- №5. – С. 66-69.
2. Лисовал А.А. Необхiднiсть зв'язаного управлiння подачею палива i повітря в дизелі з газотурбiнним наддувом // Автошляховик України.– 2006. – №2. – С. 17 – 19.
3. Лисовал А.А. К вопросу о методике разработки микропроцессорного регулятора //Двигатели внутреннего сгорания. – 2006. - №2. – С. 34 – 38.
4. Патент 21481 України на корисну модель, кл. F02D1/08. Регулятор частоти обертання дизеля з програмно-вимiрювальним комплексом /Лiсовал А.А., Костриця С.В., Гуменчук М.І. - №и2006 10575; Заяв. 06.10.2006; Опубл. 15.03.2007. Бюл. №3.