

Управление в реално време на дизелови двигатели с Common Rail горивна система с помощта на PXI система за контрол и LabView

Теодоси Евтимов, Пламен Пунов

Real-time control of DI Common Rail diesel engines using PXI system and LabView. The opportunities of real-time control and research of DI diesel engines processes by PXI control system have been described in the publication. The main components of the system are shown. The advantages and disadvantages have been analyzed by comparison with stand-alone control systems.

Key words: Diesel engine, common rail, engine control system, PXI real-time controller, LabView.

ВЪВЕДЕНИЕ

Съвременните дизелови двигатели представляват една комплексна система за управление. За постигане на високи мощностните и икономични показатели при спазване на нормите за токсични компоненти в отработилите газове на двигателите с "Common rail" горивни системи се контролират едновременно параметрите на горивоподаване (налягането на впръскване, броят на впръскванията, моментите и продължителността на отваряне на електромагнитните впръсквачи), налягането на пълнене, степента на рецикулация на отработилите газове, системата за регенериране на филтрите за твърди частици и системата за селективна каталитична редукция [1]. Оптимизирането на управляемите параметри е трудоемка задача, извършването на която е свързана с провеждането на множество експериментални изследвания в стендови условия. За да се провежда подобна изследователска работа е необходимо използване на подходяща управляваща система, чрез която лесно да се изменят управляващите сигнали в цялото работно поле на двигателите. Използването на стандартните системи за управление от производителите на двигатели е нецелесъобразно, тъй като в тях са заложени фиксирани алгоритми и програми без възможност за външна намеса върху работата им. Частично решение на проблема с управлението на двигателите при стендови изпитания е използването на свободно програмируеми управляващи блокове, предназначени основно за дизелови двигатели за състезателни автомобили. Подобни блокове се предлагат от фирмите Bosch, SC и Control Systems [2]. Основните им недостатъци са свързани с възможността за управление само на един определен тип горивовпръсквачи и дори само на горивовпръсквачи на един производител при серията MS на Bosch. Друга тяхна особеност е използването на фиксиран брой входни сигнали и изходни сигнали, които са характерни за определен тип двигатели. Поради ограничените възможности на посочените електронни блокове за управление в настоящата публикация са разгледани възможностите за управление и изследване на процесите в дизеловите двигатели при използване на PXI базирана система на фирмата *National Instruments*.

ОСОБЕНОСТИ НА PXI СИСТЕМИТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ И СЪБИРАНЕ НА ДАННИ

PXI базираните системи на фирмата *National Instruments* (фиг.1) са изградени от три основни части – шаси, системен контролер и периферни модули [4]. PXI шасито осигурява модулната архитектура на системата. Фирмата *National Instruments* предлага шасита с 4, 6, 8, 14 и 18 слота с постоянно или променливо токово захранване. Обикновено първият слот от ляво на дясно е предназначен за системния контролер, а останалите се използват за монтиране на периферни модули, като: мултифункционални устройства за събиране на данни, осцилоскопи, цифрови мултиметри, генератори, RF устройства, спектрални анализатори, програмируеми захранващи блокове, контролери за управление на двигатели и др. В

задната част на шасито са разположени шините за пренос на данни (PCI шина и шина за синхронизация и задействане). При тези системи може да се използва контролер, който представлява промишлен компютър с възможност за инсталиране на *Windows* или *Real-Time* операционна система. По този начин *PXI* базираната система може да се използва като независима система за управление без необходимост от настолен или преносим компютър.

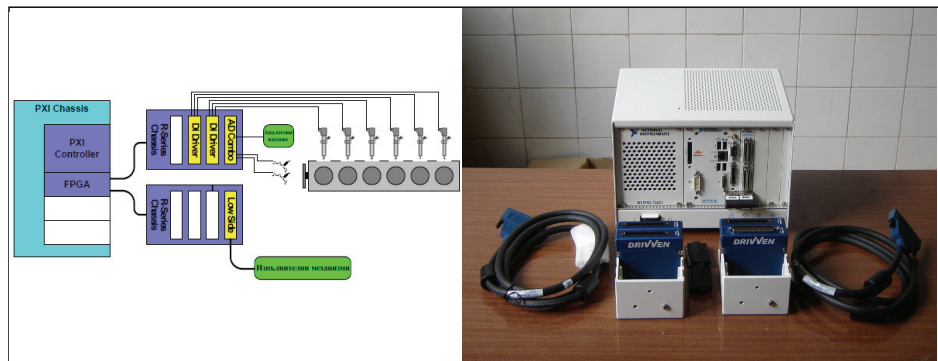


Фиг.1. Общ вид на 8-слотово *PXI* шаси с вграден системен контролер и периферни модули.

КОНФИГУРИРАНЕ НА *PXI* СИСТЕМА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ДИЗЕЛОВИ ДВИГАТЕЛИ С COMMON RAIL ГОРИВНА СИСТЕМА

Изхождайки от възможностите на *PXI* системите и особеностите при управление на съвременните дизелови двигатели конфигурирахме и закупахме система състояща се от: *PXI* шаси с 4 слота и променливо токово захранване – *NI PXI-1031*, системен контролер с процесор *2,16GHz Intel Core 2 Duo T7400* – *NI PXI-8106RT*, *FPGA* периферен модул с 160 програмируеми дигитални канала *NI PXI-7813R*, две периферни шасита *NI CRIO-9151*, модул за входни сигнали от различен тип възприематели *AD Combo* на фирмата *Drivven*, модул за управление на изпълнителни механизми *Low Side*, два модула за управление на *Common rail* впръсквачи *DI Driver* и необходимите кабели между основното и периферните шасита.

На *фиг.2* са показани елементите на конфигурираната системата и схематично е дадено начина на свързването им. Подбраният *FPGA* модул разполага с 160 цифрови канали, всеки от които може да се програмира като вход или изход с честота на дискретизация на сигнала до *40MHz*. Използването му значително разширява възможностите за управление, като броят на каналите е няколко пъти по-голям от тези използвани при стандартните електронни блокове за управление на



Фиг.2. Система за управление на дизелови двигатели с *Common rail* горивна система, базирана на *PXI* система за управление в реално време

дизеловите двигатели.

Обработването на информацията от възприемателите на двигателя и преобразуването им в цифров вид се осъществява с помощта на т.н. *AD Combo* модул [3]. Той се монтира в периферното шаси и има следните възможности:

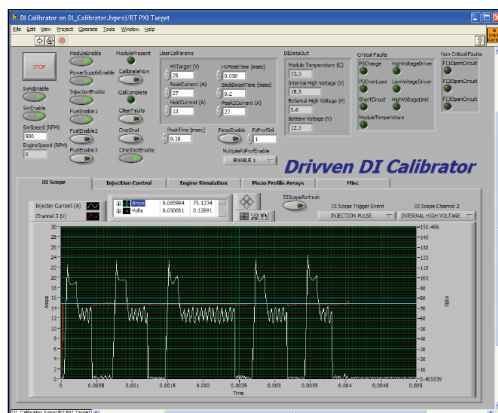
- ✓ 21 аналогови входа (3 входа за измерване на напрежение в диапазона 0-33V, 13 входа за потенциометрични възприематели и 5 входа за термосъпротивителни възприематели);
 - ❖ 12-bit аналого-цифров преобразувател;
 - ❖ 3 ksp/s на канал честота на дискретизация;
 - ❖ филтри за изглаждане на сигнала;
- ✓ 2 канала за индуктивни възприематели за честота на въртене;
 - ❖ $\pm 150V$ входящо напрежение;
- ✓ 2 канала за възприематели на Хол;
 - ❖ защита срещу късо съединение;
 - ❖ аналогов филтър срещу смущения;
- ✓ захранване на възприемателите;
 - ❖ 5V, 100mA.

Модулът *Low Side*, се използва за управление на различни електромагнитни клапани или релета със сравнително ниска консумация на енергия, чрез които се контролират системите за рецикулация на отработилите газове, налягането на пълнене, дроселовата клапа и др. изпълнителни механизми. Модулът има следните възможности:

- ✓ 8 канала за управление на електромагнитни клапани;
 - ❖ 4 канала с максимален големина на тока 1,2A при непрекъснат сигнал за управление;
 - ❖ 4 канала с максимална големина на тока 2A при непрекъснат сигнал за управление;
 - ❖ възможности за широчинно-импулсно модулиране на сигналите от 0 до 100%;
 - ❖ разпознаване на отворена верига или късо съединение;
- ✓ външно захранване между 6 и 32V.

Подаването на управляващите сигнали към горивовпръсквачите се осъществява чрез модулите *DI Driver*. Основните възможности на един модул са следните:

- ✓ управление на 3 броя електромагнитни впръсвача;
- ✓ управление на 2 броя пиезовпръсвачи на *Siemens*;
- ✓ до 150V управляващо напрежение;
- ✓ до 15A максимална стойност на тока и до 30A максимална пикова стойност;
- ✓ захранващо напрежение от 6 до 32V;
- ✓ възможност за външно захранване до 150V;
 - ❖ при разпознаване на външно високоволтово



Фиг.3. Общ вид на програмата за калибриране на управляващия сигнал към

захранване автоматично се прекратява вътрешното захранване на модула;

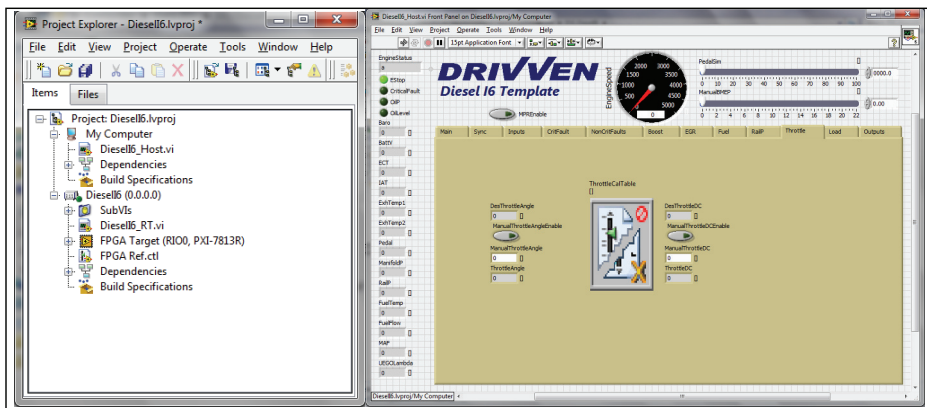
- ✓ защита при неправилно електрическо свързване и възможност за диагностика;
- ✓ възможност за калибриране на изходящия ток чрез *Drivven DI Calibrator*;
- ✓ възможност за осъществяване на 5 управляващи импулса към впръсквачите.

Със закупената система се предвижда управление на 4-ри цилиндров двигател, поради тази причина е окомплектована с два модула. Възможността за калибриране на тока през впръсквачите *фиг.3* прави системата универсална и позволява използването и за управление на всякакъв вид електромагнитни впръсквачи без значение от производителя.

Допълнително тя може да се използва и за управление на впръсквачи на двигатели с директно впръскване на бензин в цилиндъра, които имат подобни изисквания към управляващите сигнали.

СОФТУЕРНО ОСИГУРЯВАНЕ НА СИСТЕМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ДИЗЕЛОВИ ДВИГАТЕЛИ

Софтуерът за управление е разработен от фирмата *Drivven* и се предлага заедно с конфигурираната система. Той е създаден в работната среда на *LabView*, като са използвани модулите *LabView Real Time* и *LabView FPGA*. *LabView* и неговите модули по своята същност представляват програмна среда за разработване на приложения, но използвайки графичен програмен език G. Конкретната програма за управление е разработена като *LabView* проект *фиг.4*, като основната програма (*Diesell6_Host*) се използва за визуализиране на сигналите от възприемателите на двигателя и за задаване на функционалните зависимости, по които се определят управляващите сигнали към двигателя. За да могат да бъдат наблюдават в реално време показателите от възприемателите и да се променя начина на управление на двигателя е необходимо използването на компютър с



Фиг.4. Общ вид на LabView проекта и основната програма *Diesell6_Host.vi*

монитор и осъществяване на *Ethernet* връзка между него и *Real Time* контролера.

Допълнителните модули на програмата *Diesell6_RT.vi* и *Diesell6_FPGA.vi* се инсталират на операционната система на контролера за управление в реално време и се използват за конфигуриране на FPGA модула и самият контролер.

ДОПЪЛНИТЕЛНИ ВЪЗМОЖНОСТИ НА СИСТЕМАТА ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА РАБОТНИТЕ ПРОЦЕСИ В ДИЗЕЛОВИТЕ ДВИГАТЕЛИ

При експерименталните изпитания на дизеловите двигатели в стендови условия е необходимо да се изследват процесите, които протичат в тях. По този начин се получава информация за влиянието на управляващите сигнали върху работните процеси в цилиндъра и върху индикаторните показатели на двигателя. Тези изследвания имат за цел също да дадат оценка за нивата на токсични компоненти на отработилите газове, ефективността на двигателя като енергийна система, нивата на шум вследствие на горивния процес и др. Оценката на протичането на работните процеси се получава след снемане на налягането в цилиндъра във функция от ъгъла на завъртане на колянвия вал, като това е необходимо да се получи с висока степен на дискредитация на сигнала. Обикновено за снемането на т.н. индикаторна диаграма се използва специализирана апаратура, която включва подходящите пиезокварцови

възприематели за налягане, усилватели на изходящия сигнал, възприемател за ъгловото положение на колянвия вал, аналого-цифрови преобразуватели и съответния софтуер за визуализиране и обработване на сигналите.

От фирмата *Drivven* предлагат възможност за обединяване в една обща апаратура на системите за управление и изследване на процесите, като се добави аналого-цифров преобразувател *PXI-6123* в свободните слотове на *PXI* шасито. С използването на още един допълнителен модул *PXI-6221* може да се автоматизира и работата на изпитателния стенд *fig.5*.

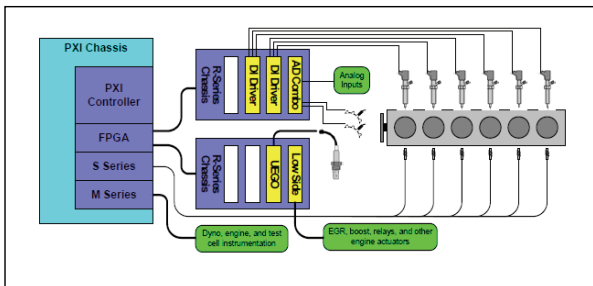


Fig.5. Схема на комплексна система за управление и изпитване дизелови двигатели с Common rail горивна система в стендови условия.

управление и изследване на процесите, като се добави аналого-цифров преобразувател *PXI-6123* в свободните слотове на *PXI* шасито. С използването на още един допълнителен модул *PXI-6221* може да се автоматизира и работата на изпитателния стенд *fig.5*.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Пунов П., Евтимов Т., „Системи за неутрализиране на токсичните компоненти в отработилите газове на дизелвите двигатели“, XVI Международна научно-техническа конференция trans&MOTAUTO'09, Слънчев бряг, 2009, Том 1, стр. 42-45.
- [2] www.bosch-motorsport.com
- [3] www.drivven.com
- [4] www.ni.com

За контакти:

Доц. д-р Теодоси Евтимов, Катедра “Двигатели, автомобилна техника и транспорт”, Технически университет - София, тел.: +359 2 965 39 77, e-mail: tevtimov@tu-sofia.bg

ас. д-р Пламен Пунов, Катедра “Двигатели, автомобилна техника и транспорт”, Технически университет - София, тел.: +359 2 965 39 77, e-mail: plamen_punov@tu-sofia.bg

Благодарности

Изследванията са проведени по договор ДО 02-47/10.12.2008 г., финансиран от Министерството на образованието, младежта и науката.

Докладът е рецензиран.