

# Възможности за управление и изследване на процесите в дизеловите двигатели с Common Rail горивна система при използването на PXI базирана система за управление в реално време

д-р инж. Пламен Пунов, доц. д-р инж. Теодоси Евтимов  
Технически университет – София  
Катедра „Двигатели, автомобилна техника и транспорт”

*В публикацията са разгледани възможностите за управление и изследване на процесите в дизеловите двигатели при използването на PXI контролер на фирмата National instrument. Показани са основните елементи на системата, както и софтуерът за управление. Анализирани са предимствата и недостатъците на система спрямо предлаганите на пазара свободно програмируеми блокове за управление на двигатели с Common rail горивни системи.*

## **1. 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 рециркулация на отработилите газове, системата за регенериране на филтрите за твърди частици и системата за селективна каталитична редуция [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 целеят 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.

## 2. Особенности 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].



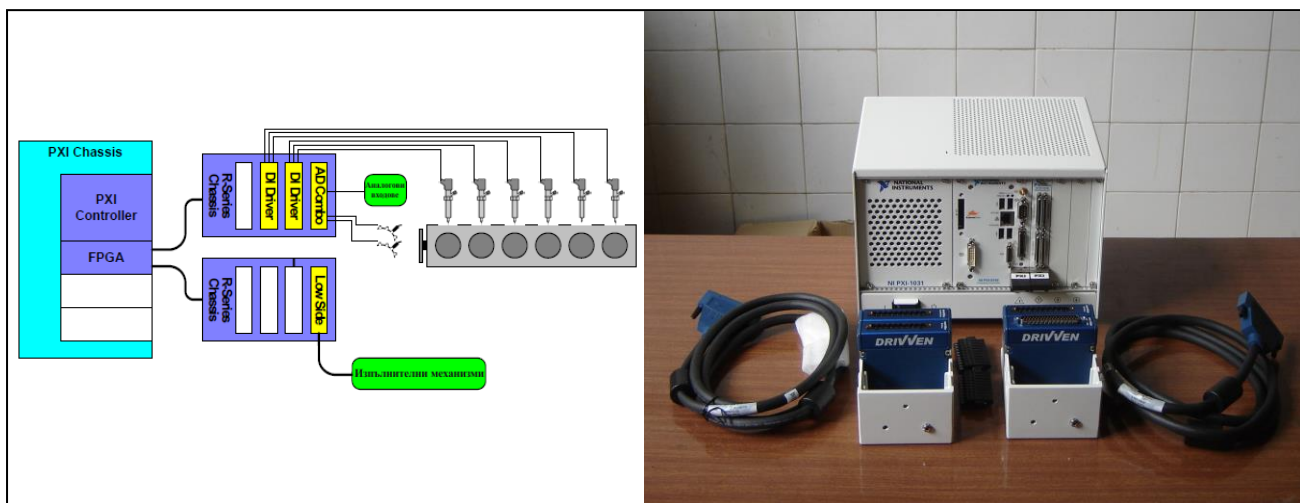
Фиг.1. Общ вид на 8-слотово PXI шаси с вграден системен контролер и периферни модули.

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.

## 3. 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 закупихме 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.



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

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 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 *kps* 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.

Модулет *Low Side*, се използва за управление на различни електромагнитни клапани или релета със сравнително ниска консумация на енергия, чрез които се контролират системите за рециркулация на отработилите газове, наля-

гането на пълнене, дроселовата клапа и др. изпълнителни механизми. Модулът има следните възможности:

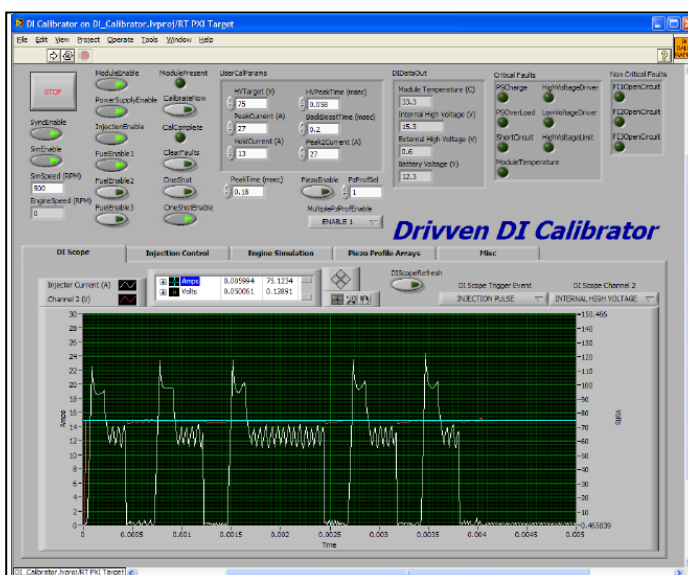
- ✓ 8 канала за управление на електромагнитни клапани;
  - ❖ 4 канала с максимален големина на тока  $1,2A$  при непрекъснат сигнал за управление;
  - ❖ 4 канала с максимална големина на тока  $2A$  при непрекъснат сигнал за управление;
  - ❖ възможности за широчинно-импулсно модулиране на сигналите 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 пръсквача;
- ✓ управление на 2 броя пиезовпръсквачи 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 захранване автоматично се прекратява вътрешното захранване на модула;
- ✓ защита при неправилно електрическо свързване и възможност за диагностика;
- ✓ възможност за калибриране на изходящия ток чрез *Driven DI Calibrator*;
- ✓ възможност за осъществяване на 5 управляващи импулса към пръсквачите.

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

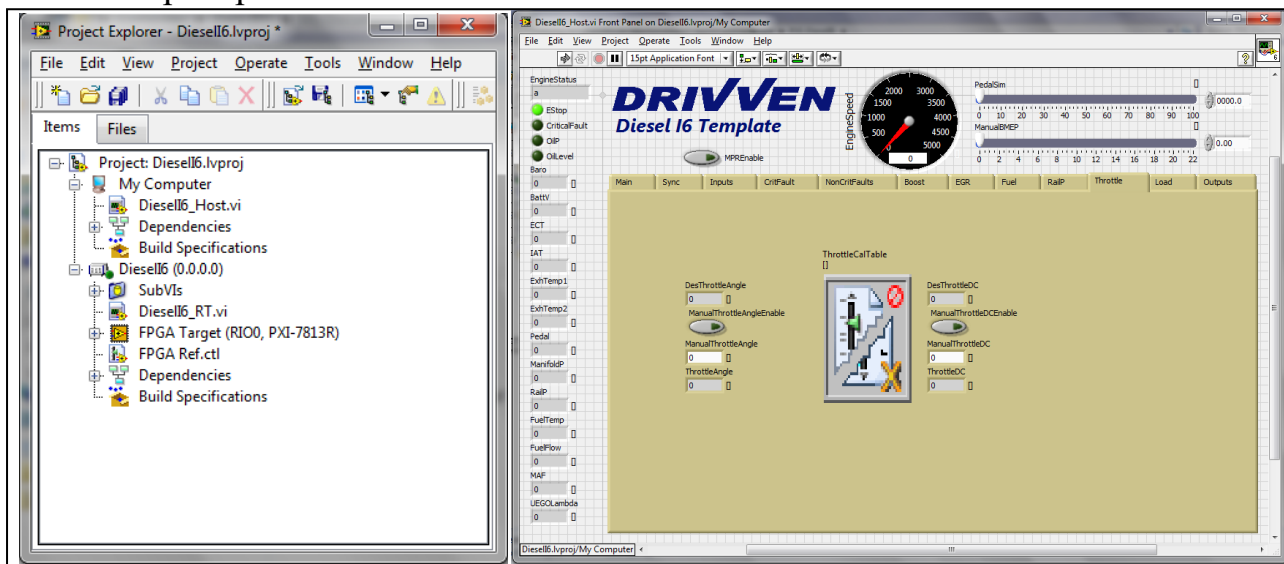
Допълнително тя може да се използва и за управление на пръсквачи на двигатели с директно пръскване на бензин в цилиндъра, които имат подобни изисквания към управляващите сигнали.



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

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



Фиг.4. Общ вид на LabView проекта и основната програма *Diesell6\_Host.vi*

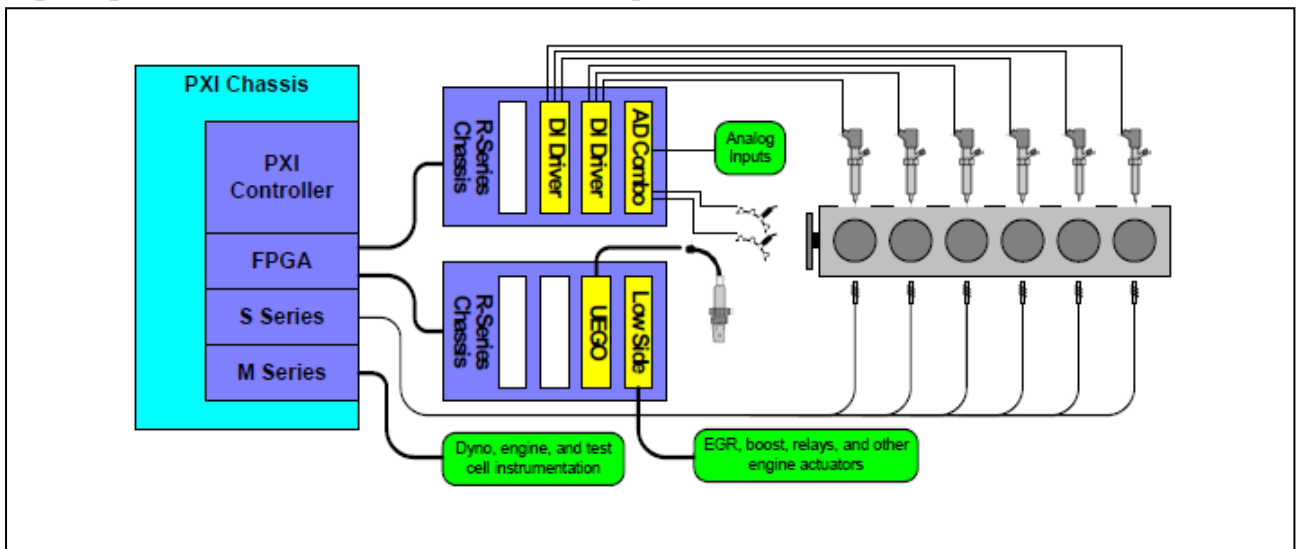
Допълнителните модули на програмата *Diesell6\_RT.vi* и *Diesell6\_FPGA.vi* се инсталират на операционната система на контролера за управление в реално време и се използват за конфигуриране на FPGA модула и самият контролер.

#### 5. 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 коляновия вал, като това е не-

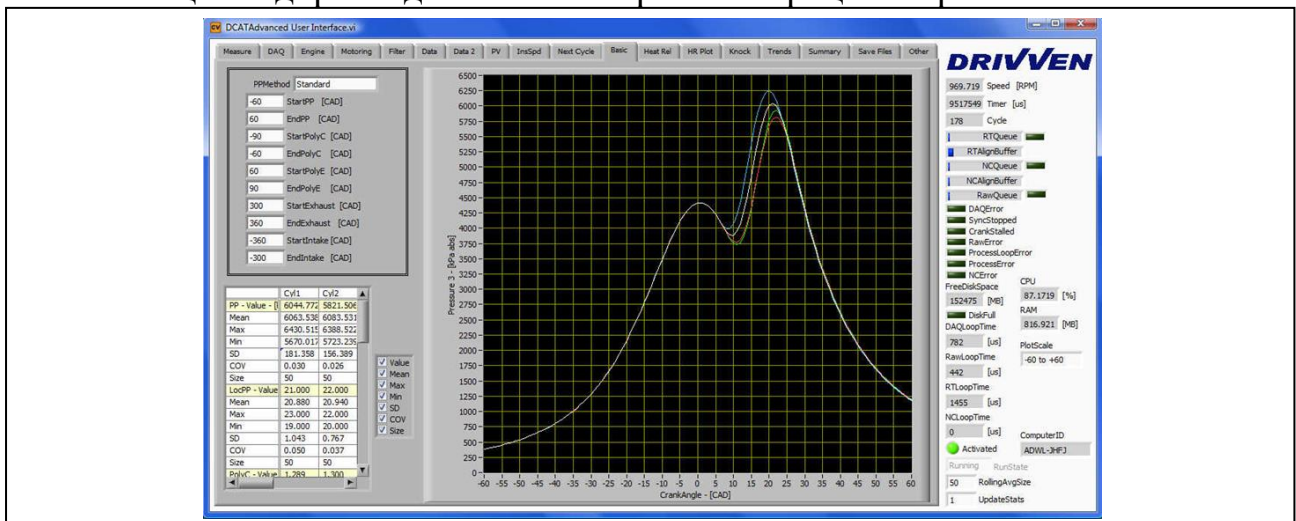
обходимо да се получи с висока степен на дискредитация на сигнала. Обикновено за снемането на т.н. индикаторна диаграма се използва специализирана апаратура, която включва подходящите пиезокварцови възприематели за налягане, усилватели на изходящия сигнал, възприемател за ъгловото положение на колянвия 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 използва контролера за управление в реално време и се добави необходимия 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 *фиг.5*.



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

За визуализиране и обработване на сигналите от възприемателите за налягане е разработен софтуер *DCAT* *фиг.6* в работната среда на *LabView*. Този софтуерен продукт и цялата система имат възможност за автоматична промяна в управлението на двигателя, така че той да постига зададени стойности на налягането в цилиндъра на двигателя по време на процеса горене.



Фиг.6. Общ вид на програмата DCAT за визуализиране и обработване на налягането в цилиндрите

## ***6. Използвана 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](http://www.bosch-motorsport.com)

[3] [www.drivven.com](http://www.drivven.com)

[4] [www.ni.com](http://www.ni.com)

### ***Благодарности***

Изследванията са извършени/подпомогнати по Договор № BG051PO001/07/3.3-02/8 „Механизми за осигуряване качествено израстване на научните кадри”, финансиран по схема "Подкрепа за развитие на докторанти, постдокторанти, специализанти и млади учени" на ОП “Развитие на човешките ресурси” на “Европейския социален фонд”.

This work is a part of the project BG051PO001/07/3.3-02/8–“MEQSIIS”, funded by scheme “Support of the development of PhD students, postdoctoral, post-graduate and young scientists” from the program “Development of human resources” of the “European social fund”.