

MATLAB a Simulink pomáhá Hitachi

V současné době je u automobilů běžný moderní a výkonný motor s řídicí jednotkou (ECU – Engine Control Unit), která průběžně zajišťuje nastavení vstřikování paliva. V okamžiku, kdy dochází ve válci k zážehu palivové směsi, je doprovodným jevem klepání motoru. Ve válci vzniká tlaková vlna, která se šíří blokem motoru a mohla by motor poškodit. Z tohoto důvodu řídicí jednotka vznikající klepání průběžně monitoruje a ve zpětné vazbě reguluje předstih.



Zobrazení řídicí jednotky ECU, která ovládá vstřikování paliva do motoru na základě informací o klepání motoru

Firma Hitachi vyvinula a odladila algoritmy, které prostřednictvím řídicí jednotky ECU řídí časování ventilů a ovlivňuje tak klepání motoru v reálném čase. Při vývoji systému ECU byl použit software MATLAB a Simulink vyvíjený americkou firmou The Mathworks. Jedná se o univerzální výpočetní prostředí, jehož jádrem je program MATLAB a z něhož lze vytvářet také specializovaný systém pomocí nadstavbových modulů a knihoven nazývaných toolboxy. Významnou a rozsáhlou nadstavbou je Simulink, který slouží k simulaci dynamických systémů. Simulovaný dynamický systém je popsán funkčním schématem obsahující bloky s nastavitelnými parametry. Další výhodou MATLABu a Simulinku je možnost začlenit do modelu části HW (hardware in the loop) a simulovat tak dynamiku systému v reálném čase.

Vývojoví inženýři z firmy Hitachi America se zmiňují o snadnosti použití MATLABu a Simulinku, díky nimž včas splnili termín dokončení dvou souvisejících projektů.

Prvním z nich byl vývoj a návrh jednotky ECU, ve které jsou uloženy algoritmy pro ovládání množství vstřikovaného paliva do válců v závislosti na klepání motoru. Po odladění algoritmu bylo třeba vygenerovat zdrojový kód pro prototypový hardware.

Druhý projekt se týkal kalibrace a zdokonalení algoritmu v jednotce ECU, který shromažďuje data běžícího motoru v reálném čase s jejich následnou analýzou. Vývojový pracovník firmy Hitachi America sdělil, že zásadním úkolem pro vývojáře bylo úplné porozumění informacím o tlaku ve válcích, o spalování palivové směsi a také porozumění ostatním aerodynamickým vlivům. Všechny tyto údaje ve formě signálů bylo nutné zpracovat a připravit je jako vstupy do navržených algoritmů řídicí jednotky. Vývojový pracovník dále uvedl, že projekty řešené jinými vývojovými nástroji by bylo nutno řešit čtyři měsíce. Se softwarovými nástroji od MathWorks se vývojový cyklus zkrátil na dva týdny.

Ve firmě Hitachi byl pro rychlé vygenerování kódu pro řídicí jednotku ECU použit Simulink a Real-Time Workshop. V Simulinku bylo vytvořeno a odsimulováno funkční schéma řídicího algoritmu a pomocí nadstavby Real-Time Workshop bylo toto schéma přeloženo do zdrojového kódu v jazyce C. K analýze tlaku a dat z akcelerometru rotačních částí motoru získaných ze zkoušek byl použit vedle MATLABu a Simulinku také Signal Processing Blockset. Tato nadstavba obsahuje stejně jako Simulink knihovny bloků, které se začleňují do funkčního schématu a slouží k návrhu a zpracování

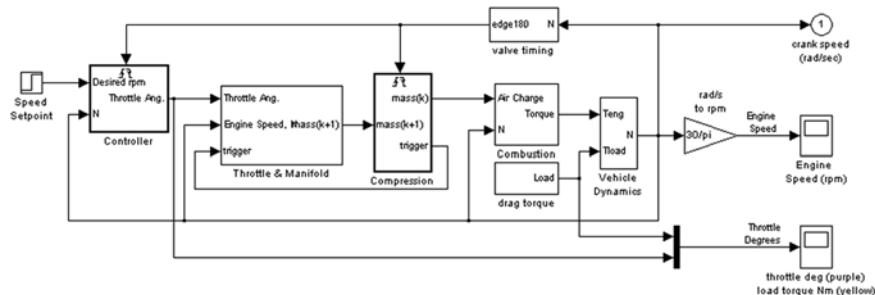


digitálních signálů v dynamických systémech. Jednotlivé bloky využívají různé typy algoritmů určených pro zpracování vybraného signálu. Signal Processing Blockset umožňuje vygenerovat také zdrojový kód.

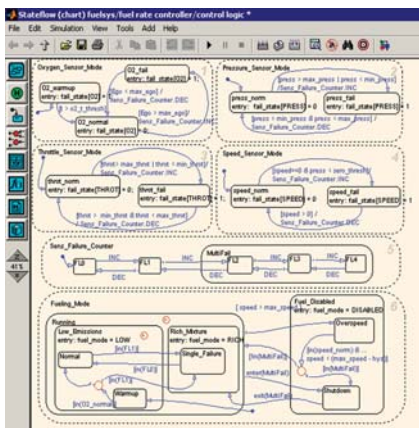
Hardwarové části jednotky ECU byly pomocí převodníkových modulů propojeny s počítačovým modelem v Simulinku (tzv. simulace Hardware-in-the-loop) a tak bylo možné snadno a rychle testovat elektrické i funkční vlastnosti přístrojové části jednotky. Potom byl v Simulinku navržen algoritmus pro ovládání motoru. Do jednotky ECU vstupuje informace o poloze motoru, která určuje, kdy má být zahájeno vstřikování paliva a jak dlouho má probíhat. Sensory klikové hřídele a vačky zajišťují digitální vstupy do jednotky ECU a její filtry odstraňují šum a určují rychlost a polohu rotačních částí motoru. Algoritmy ECU pro zpracování signálů přijímají informace o poloze klikového hřídele a vačky. Algoritmy pro řízení vstřikování a zapálení směsi paliva byly napsány v jazyce C jako S-funkce v Simulinku. Všechny algoritmy byly potom začleněny do modelu jednotky ECU. Pro řízení elektronické škrtící klapky byl v Simulinku vytvořen PID regulátor vyladěný v reálném čase.



Moderní motory již mají jednotku ECU



Schema modelu spalovacího motoru s regulací dodávky paliva v Simulinku



Schema logiky řízení spalovacího motoru ve Stateflow

Po vytvoření modelu celé jednotky ECU v Simulinku byl tento její model automaticky přeložen pomocí Real-Time Workshopu do C kódu, který v reálném čase následně běžel na simulačním hardware firmy dSPACE. V tomto kroku se ověřovaly všechny navržené algoritmy, které byly po doladění nakonec součástí jednotky ECU skutečného automobilového motoru.

V dalším kroku byla snímána při vysoké vzorkovací frekvenci data z tlakových snímačů umístěných v každém válci motoru při různých režimech klepání. Typické množství dat v jednom měřícím cyklu bylo v objemu nad 100MB. Všechna data byla ověřena a analyzována použitím pásmo-

vého filtru, který je definován v Signal Processing Blocksetu. Ověřená data byla dále zpracována pomocí další nadstavby Signal Processing Toolbox. Zde byla využita rychlá Fourierova transformace (FFT) pro zjištění korelace tlaku s daty poskytnutými snímačem klepání v celém rozsahu naměřených dat. Tyto výsledky umožnily kalibrovat a doladit algoritmy pro řízení klepání v sériové jednotce ECU.

V nedávné době firma Hitachi použila uvedenou analýzu klepání motoru provedenou systémem MATLAB znovu na šestiválcovém motoru stejného automobilového výrobce. Vývojoví pracovníci firmy Hitachi uvádějí, že při řešení stačilo od výrobce motoru zajistit pouze potřebná data a úpravami v některých souborech mohly být algoritmy pro jednotky ECU v novém motoru znovu použity.

Přínos MATLABu

Zkrácení etapy vývoje o několik měsíců. Použitím Simulinku a Real-Time Workshopu firma Hitachi zkrátila vývoj funkčního kontroléru víc jak o dva měsíce, přičemž většina času byla spotřebována na sestavení a testování příslušného hardware.

Ověření koncepce prototypu proběhlo za dva týdny. V průběhu projektu odbě-

ratel požadoval předvedení navržených algoritmů. Přestože byly tyto algoritmy ještě ve vývoji, bylo možné díky Simulinku zvolenou koncepcí ověřit, aniž bylo třeba napsat jediný řádek programu v jazyce C. Za týden bylo možné odběrateli algoritmus předvést v konfiguraci „dyno-engine“.

Snížení času pro analýzu dat na polovinu. Psaní programu v MATLABu je o 50 % rychlejší než zápis v jazyce C, protože většina funkcí pro analýzu dat je k dispozici v toolboxech.

Distributor produktů americké společnosti The MathWorks v ČR a na Slovensku:



Humusoft s. r. o.

Pobřežní 20
188 00 Praha 8, ČR
Tel.: +420 284 011 730
Fax: +420 284 011 740
e-mail: info@humusoft.cz
http://www.humusoft.cz

