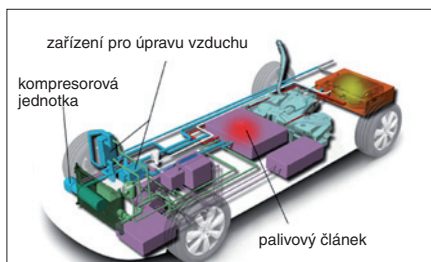


Návrh systému řízení pohonu kompresoru pro automobil s palivovými články

Jednou z nezbytných komponent pohonného systému automobilů založeného na palivových článcích je výkonná kompresorová jednotka. Společnost ATB Technologies musela při realizaci elektrického pohonu pro takovou jednotku splnit striktní požadavky zadavatele na technické parametry i termín dodání zařízení. Pohon byl úspěšně vyvinut při použití nástrojů Matlab® a Simulink® od firmy MathWorks®.

Společnost ATB Technologies měla za úkol vyvinout a dodat výkonnou kompresorovou jednotku pro automobil s palivovými články, které slouží jako zdroj elektrické energie pro trakci (obr. 1). Kompresorová jednotka se skládá z pohonu, tvořeného elektromotorem, řídicím softwarem a elektronikou motoru, a dále obsahuje vlastní kompresor a ostatní mechanické komponenty.

Při vývoji byl kladen důraz na striktní dodržení veškerých technických i termínových požadavků zákazníka. K dosažení nadstandardních dynamických vlastností a účinnosti kompresorové jednotky bylo nezbytně nut-

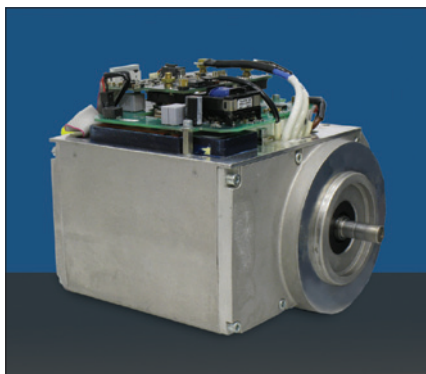


Obr. 1. Výrobci automobilů ve snaze snížit spotřebu fosilního paliva a emise vyvíjejí vozidla s pohonnými systémy s palivovými články; palivové články vyžadují pro svou činnost sekci řízení přívodu vzduchu, jejíž součástí je i kompresorová jednotka

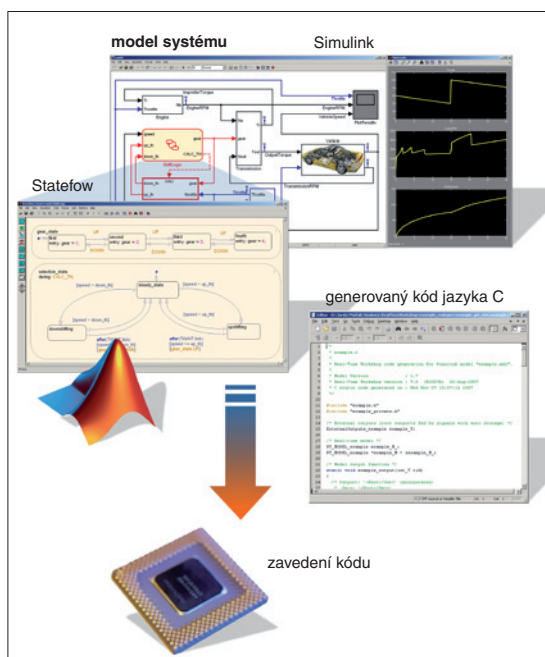
né zajistit vedle kvalitních komponent i jejich dokonalou součinnost. Pozornost zde byla soustředěna především na pohon kompresoru a jeho řídicí systém.

Od pohonu kompresoru jsou v daném případě požadovány zejména velký kroutící moment, značná akcelerace a maximální otáčky až $20\,000\text{ min}^{-1}$. Požadavkům nejlépe vyhovuje bezkartáčový synchronní elektromotor s permanentními magnety (obr. 2). K dosažení maximální výkonnosti pohonu je nutné použít pokročilé řídicí algoritmy zahrnující vektorové řízení a metody zeslabování magnetického pole.

Řídicí software byl vytvořen metodou návrhu s použitím modelu (Model-Based Design – MBD) softwarovými nástroji od firmy MathWorks. Vývojový cyklus MBD byl použit ve všech fázích návrhových prací, od modelování a simulací systému, které umožnily řídicí software včas ověřit, až po automatic-



Obr. 2. Synchronní motor s permanentními magnety použitý k pohonu kompresorové jednotky (foto: ATB Technologies)



Obr. 3. Model-Based Design – od modelu algoritmu ke konečné realizaci

ké generování kódu v jazyce C pro zvolený řídicí mikroprocesor TI C2000.

Dosavadní postup při realizaci projektu

Techniky modelování a simulace využívala společnost ATB Technologies již v minulosti. Po ověření funkce modelů však dosud

následoval ruční přepis algoritmů do zdrojového kódu pro zvolenou cílovou výpočetní platformu. Ruční zápis zdrojového kódu je ale časově náročný a často při něm vznikají chyby. Také je obtížné prokázat zákazníkovi, že byly dodrženy veškeré požadavky, a to včetně souladu se standardy řady MISRA C.

Konstruktéři ve firmě ATB Technologies proto potřebovali vývojové prostředí umožňující nejen včas verifikovat řídicí algoritmy, ale také automaticky generovat kód pro zvolený cílový procesor a realizovat rychlé iterace návrhu v průběhu vývojových prací. Rozhodli se pro vývojové a výpočetní prostředí Matlab & Simulink od firmy MathWorks, které jim dovoluje postupovat při realizaci projektu způsobem podle obr. 3.

Realizace projektu

Jako první krok byl v grafickém nástroji Simulink sestaven model dynamického chování pohonu, do kterého byly zahrnuty experimentálně zjištěné hodnoty jeho fyzikálních parametrů. Výchozí podoba řídicího systému byla vytvořena pomocí softwarového modulu Stateflow, určeného k modelování řídicí logiky a stavových automatů. Funkceschopnost takto navrženého řídicího algoritmu byla ověřena simulací zpětnovazebního zapojení modelu řízení s regulátorem.

Při vylepšování modelu regulátoru byly přidány filtry pro redukci šumu a také zkontrolována stabilita výpočtů prováděných v pevné řádové čarce.

Po ověření modelu regulátoru počítačovými simulacemi byly použity generátory kódu, které přeložily řídicí algoritmy z modelů existujících v prostředí Simulink do podoby kódu pro cílový mikroprocesor TI C2000. Vedle kódu samotného řídicího algoritmu byly vygenerovány i kódy ovladačů pro vestavěné

periferie procesoru a jeho časování.

Správnost chodu funkcí realizovaných procesorem byla zkontrolována při použití tzv. kosimulačního rozhraní mezi procesorem a testovacími rutinami zapsanými ve formě modelů v prostředí Simulink. Filtry signálů byly naladěny na základě spektrální analýzy naměřených údajů.

Protože byl řídicí systém navržen dříve, než měli konstruktéři k dispozici vybraný motor, byly jeho počáteční zkoušky provedeny při použití srovnatelného motoru s obdobnou elektronikou. Později byla do programu zkoušek zakomponována finální elektronika a nakonec proběhly zkoušky sestavy s finálním motorem i jeho elektronikou. V každé z těchto iterací byly dále zpřesňovány řídicí algoritmy v prostředí Simulink a byl znovu generován výsledný kód.

Výsledky

Společnost ATB Technologies vyvinula kompresorovou jednotku, včas a v potřebné kvalitě. Pohon je nyní vyráběn sériově a dodáván jako jedna z komponent současných automobilů s palivovými články. Použití metody MBD při vývoji řídicího systému pohono přineslo následující poznatky.

Zkrácení doby vývoje na polovinu

Automatické generování kódu pro cílový procesor umožnilo vyvinout kompresorovou jednotku za polovinu doby potřebné k realizaci podobného projektu, kde byla také využita metoda MBD, ale pouze s ručním přepisem kódu. Iterační cykly byly mnohem kratší a postup od prvního prototypu k finálnímu zařízení mnohem progresivnější. Dále bylo možné realizovat modulární přístup, který umožňuje opakovaně používat jednou vytvořené modely také v jiných projektech.

Snazší ověření správnosti návrhu

S modely vytvořenými v nástrojích Simulink a Stateflow bylo možné zákazníkům prokázat, že navržené zařízení splňuje stanovené požadavky. Modely také zjednodušily posuzování návrhů uvnitř firmy, protože

jsou intuitivnější a snáze pochopitelné než zdrojový kód.

Urychlení verifikace a přenosu kódu do cílového procesoru

Reálný řídicí procesor se zavedeným kódem lze snadno propojit s prostředím Matlab & Simulink a poté v reálném čase ověřit jeho chování. Například bylo možné sledovat funkci konkrétního filtru a zkontrolovat, zda jsou správně zvoleny hodnoty jeho parametrů. Mnoho času bylo také ušetřeno využitím generovaných ovladačů pro vestavěné periferie a časování procesoru. Takto ověřený výsledný kód mohl být již přímo použit v cílovém procesoru.

Ing. Jaroslav Jirkovský,
Humusoft s. r. o.

Nabídka společnosti Distrelec v novém katalogu

Zásilková firma Distrelec představuje svůj nový a očekávaný katalog elektroniky na rok 2011. Katalog obsahuje širokou nabídku produktů od tisícovky výrobců aktivních a pasivních součástek, elektrotechniky, měřicí techniky, automatizace, nářadí a pájecí techniky. Mnoho skupin výrobků je v katalogu rozšířeno a vznikají i doplňkové skupiny výrobků. Zákazníci mohou také využít nákupní servis Katalog Plus, který otevře přístup k více než 1400 výrobcům. Standardní dodací lhůta je 24 hodin, cena za dopravu zásilky činí 5 eur plus DPH. Mimo tištěný katalog s elektronikou je možné najít veškerý sortiment v on-line obchodě (www.distrelec.cz). Nakupovat lze prostřednictvím elektronického obchodu (*e-commerce*).

Kalibrátor s měřicími funkcemi

Zájemci o měřicí a kalibrační techniku najdou v katalogu různé typy měřičů teploty a ostatních fyzikálních veličin a multimetrů.



Obr. 1. Kalibrátor s měřicími funkcemi digitálního multimetru U1401B

Pod číslem 915637 je v katalogu nabízen víceúčelový ruční kalibrátor do ruky s funkcemi digitálního multimetru. Kalibrátor U1401B pracuje se zdrojem napětí ± 15 V, zdrojem proudu ± 25 mA a generátorem pulzů $\pm 5/\pm 12$ V. Je vybaven simulátorem proudu 4 až 20/0 až 20 mA.

Tento přístroj měří skutečně efektivní (TRMS) hodnoty stejnosměrného i střídavého napětí a proudu, měří také frekvenci, teplotu a šířku pulzu. Základní přesnost měření je 0,03 %. Displej s podsvětlením má dvě oddělené zobrazovací části, jednu pro kalibrační a druhou pro měřicí funkci přístroje. Naměřené hodnoty jsou přenášeny do PC.

Tento víceúčelový přístroj je dodáván s NiMH dobíjecí baterií, síťovým adaptérem nebo nabíječkou a měřicím kabelem. Součástí dodávky jsou i tzv. krokodýlové svorky, kabel pro simulaci proudu, ochranný rám, návod Quick Start Guide, kalibrační certifikát (CoC) a CD se softwarem pro záznamník dat (*datalogger*).

(Distrelec)

► Invaze robotů z VUT v Brně do Galerie Vaňkovka

Od 21. května do 4. června 2011 měli obyvatelé Brna možnost seznámit se v Galerii Vaňkovka s minulostí, současností i vizemi do budoucnosti v oboru robotiky. Na volně přístupné interaktivní výstavě s názvem Století robotů byly uvedeny úsměvné detaily o předchůdcích dnešních počítačů. Na druhé straně se návštěvníci

seznámili s tím, co všechno dnes již roboty dokážou v průmyslu a ve vesmíru. Návštěvníci mohli porovnat dokonalost humanoidní ruky nebo robota BEN s lidským originálem. Roboti v Galerii Vaňkovka mluvili, mrkali a zájemci měli šanci si vlastního robota také sestavit.

Součástí výstavy byla interaktivní dílna, kde bylo možné si pod vedením lektorů vyzkoušet, jaké to je být konstruktérem robotů a experimentovat s robotickou stavebnicí.

V rámci výstavy Století robotů byly veřejnosti představeny naprosté novinky zkonstruované studenty VUT v Brně. Výstava byla zahájena 23. května ve 13 hodin v pasáži Galerie Vaňkovka za účasti zástupců VUT v Brně. Na víkend 28. až 29. května si VUT v Brně pro návštěvníky připravilo bohatý program. Byli zde představeni roboti-záchranáři v akci, návštěvníky obsloužil robotický vrchní, robotkreslič jim na požádání nakreslil portrét. Děti soutěžily o to, kdo robotem Brontes nejrychleji projede překážkovou dráhu. (ed)