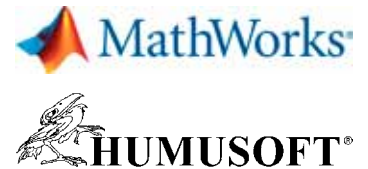


Softwarový simulátor stavebního stroje nahrazuje nákladné prototypy



Vývoj stavebních strojů bývá spojen se stavbou fyzických prototypů nových zařízení. Ty však vyžadují vysoké finanční náklady a množství času. **Efektivní řešení dnes nabízí softwarové simulátory. Společnost Volvo Construction Equipment zařadila do vývoje simulátor „Human-in-the-Loop“, který vyvinula v nástrojích MATLAB a Simulink firmy MathWorks.**

Nedílnou součástí vývoje kolových nakladačů, bagrů a dalších stavebních strojů se stala výroba prototypového zařízení. Cílem prototypu je vyhodnotit chování a výkonnost budoucího stroje s důrazem na jeho ovladatelnost a provozuschopnost. Stavba fyzických prototypů přináší výrobcům nemalé finanční náklady a měsíce práce vývojových týmů. Až dosud to však byla jediná cesta, jak efektivně odzkoušet ovládání a reakční schopnosti nového zařízení.

Společnost Volvo Construction Equipment (Volvo CE) se rozhodla změnit zavedené postupy a vyzkoušet zcela nový přístup k testování vyvíjených

simulátoru byla sestavena z knihoven modulu Simscape, nadstavby Simulinku pro fyzikální modelování soustav. Knihovny Simscape obsahují modely elementárních prvků reálného světa, ze kterých lze sestavovat modely mechanických, hydraulických a elektrických systémů na základě jejich fyzického uspořádání (obr.2). Vytvořené modely jsou v simulátoru připojeny

návrhu systému. To ve svém důsledku značně napomáhá efektivitě celého vývojového procesu.

POČÁTEK NOVÉ CESTY

Výkonným jádrem stavebních strojů Volvo jsou sofistikované hydraulické systémy. Ty sestávají z množství ventilů, čerpadel a rozvodů kapaliny, jakož i řídicích systémů a senzorů. Hydraulický systém doplněný pohonem odpovídající síly je optimalizován na maximální výkon a ekonomiku provozu. K optimalizaci je třeba přesné naladění parametrů řídicího systému, který je za funkci a souhrn jednotlivých částí systému zodpovědný.

Vývojoví pracovníci věděli již dříve, že řešit takto složitou úlohu na fyzickém prototypu je příliš nákladné. Jenže neměli k dispozici dostatečně přesnou simulaci hydraulických systémů běžící

v jednom prostředí a simulovat kompletní systém v reálném čase. Pak by bylo možné pracovat s návrhem, který bere v potaz nejen výkonnost a efektivitu stroje, ale také zpětnou vazbu od řidiče daného zařízení. Kromě toho by takové prostředí vhodně zapadalo do stávající koncepce vývoje, kdy dochází k souběžnému vývoji jednotlivých částí stroje, a společná simulace by ulehčila jejich integraci.

OD MYŠLENKY K REALIZACI

K realizaci simulátoru byl zvolen program MATLAB & Simulink, doplněný nadstavbou Simscape o fyzikální modelování.

Vývojový tým vytvořil modely hlavního rozvaděče, pojistných ventilů, hydraulických pohonů a okruhů prvního simulovaného stroje - hydraulického bagru. Knihovny Simscape poskytovaly

Díky simulátoru je možné nejen určit výkonnost a spotřebu paliva vyvíjeného stroje, ale také získat realistický pocit z jeho provozu a ovládání.

systémů. Vývojový tým sestavil softwarový „human-in-the-loop“ simulátor pracující v reálném čase, se kterým je možné vyhodnotit chování stavebního stroje ještě před stavbou fyzického prototypu. Zařízení s názvem Virtual Machine Simulator (VMS) poskytuje řidiči realistickou vizuální, sluchovou i pohybovou zpětnou vazbu, jako by seděl ve skutečném stroji (obr. 1).

Simulátor byl vytvořen v programu MATLAB & Simulink, grafickém prostředí pro modelování a simulaci dynamických systémů. Hlavní část



Obr. 1 „human-in-the-loop“ simulátor pro testování nových stavebních strojů

k ovládacím prvkům a simulace probíhá v reálném čase.

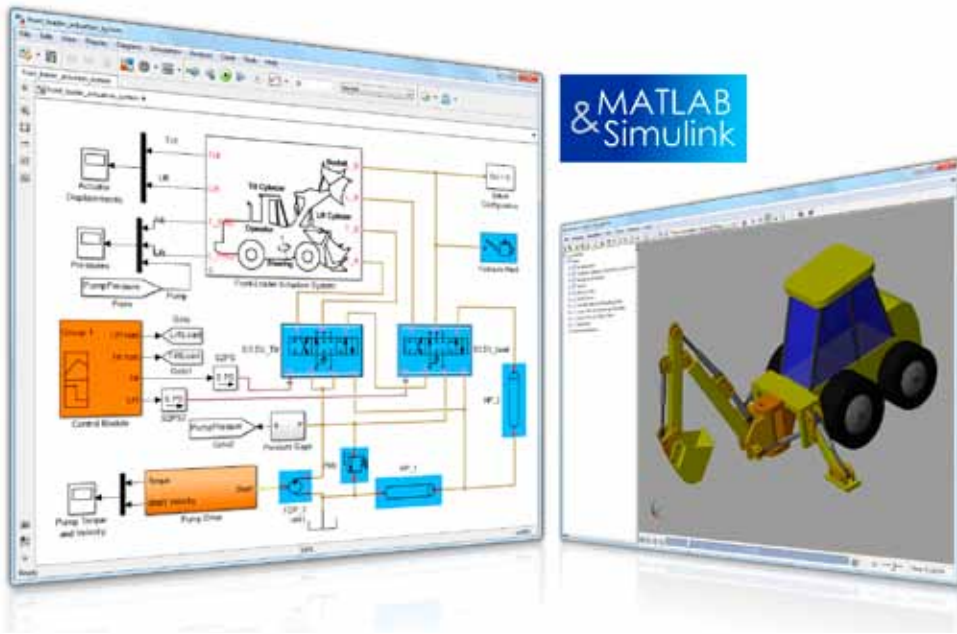
Díky simulátoru je možné nejen určit výkonnost a spotřebu paliva vyvíjeného stroje, ale také získat realistický pocit z jeho provozu a ovládání. Tedy vše, kvůli čemu byl dříve budován fyzický prototyp. Simulace je však dostupná mnohem dříve než první prototypy a umožňuje tak rozhodnout řadu návrhových otázek již v časných etapách

v reálném čase. Kromě toho specializované simulační nástroje umožňovaly modelovat pouze konkrétní fyzikální oblasti. Nebylo tak možné sestavit kompletní simulátor, který by zahrnoval celé zařízení napříč hydraulickými, mechanickými, elektrickými a elektronickými prvky.

Vývojový tým musel najít nový nástroj, jehož prostředky by mohl modelovat všechny typy subsystémů

k tomuto účelu množství připravených prvků, stačilo je tedy sestavit a vhodně nastavit jejich parametry. Následně byly modelovány mechanické části stroje, včetně ramene, násady a lžice, opět prostředky fyzikálního modelování.

Model hlavního pohonu byl propojen s modely hydraulických a mechanických částí do jednoho celku, simulujícího dynamické chování kompletního stroje.



Obr. 2 Model v prostředí Simulink/Simscape

Následoval návrh řídicího systému, realizovaný v Simulinku. Jeho ladění se opíralo o simulace zpětnovazebního propojení regulátorů s dynamickými modely stroje a jeho částí, získanými v předchozí fázi návrhu. Výsledky si-

mulační byly podrobně analyzovány v MATLABu a návrh regulátorů postupně zdokonalen. Simulačně bylo možné pokrýt velké množství testovacích scénářů a zvýšit tak kvalitu navrženého systému. Model stroje byl také verifiko-

ván na základě porovnání s testovacími daty z aktuálně vyráběných zařízení.

Jakmile byl návrh systému dokončen, bylo možné přejít k simulaci modelů v reálném čase. Nástroje Simulinku pro automatické generování kódu přeložily

model do zdrojového kódu v jazyce C, který byl nasazen na tři současně běžící simulátory.

SIMULACE VEDE K ÚSPORÁM

Simulátor je aktuálně používán ve vývoji hydraulických bagrů. Simulace umožňují včasné prověření různých koncepcí návrhu a hodnot parametrů řídicího systému, čímž snižují riziko oprav v pozdějších fázích vývoje. Jakmile je simulací nalezena optimální varianta, lze ji vyrobit ve formě fyzického prototypu. Ve výsledku lze očekávat 30-50% úspory při stavbě prototypů oproti předchozímu přístupu.

Společnost Volvo CE plánuje nasazení simulátoru do vývoje kolových nakladačů a kloubových dampedrů. Vývojový tým také nedávno obohatil simulátor o možnost simulací „controller-in-the-loop“ a „rapid control prototyping“, které urychlují vývoj a testování řídicího software. ↪

Distributor produktů společnosti MathWorks v České republice a na Slovensku:
HUMUSOFT s. r. o.
Pobřežní 20, 186 00 PRAHA 8
Česká republika
tel.: 284 011 730, fax: 284 011 740
www.humusoft.cz

Fyzikální modelování v prostředí Simulink/Simscape

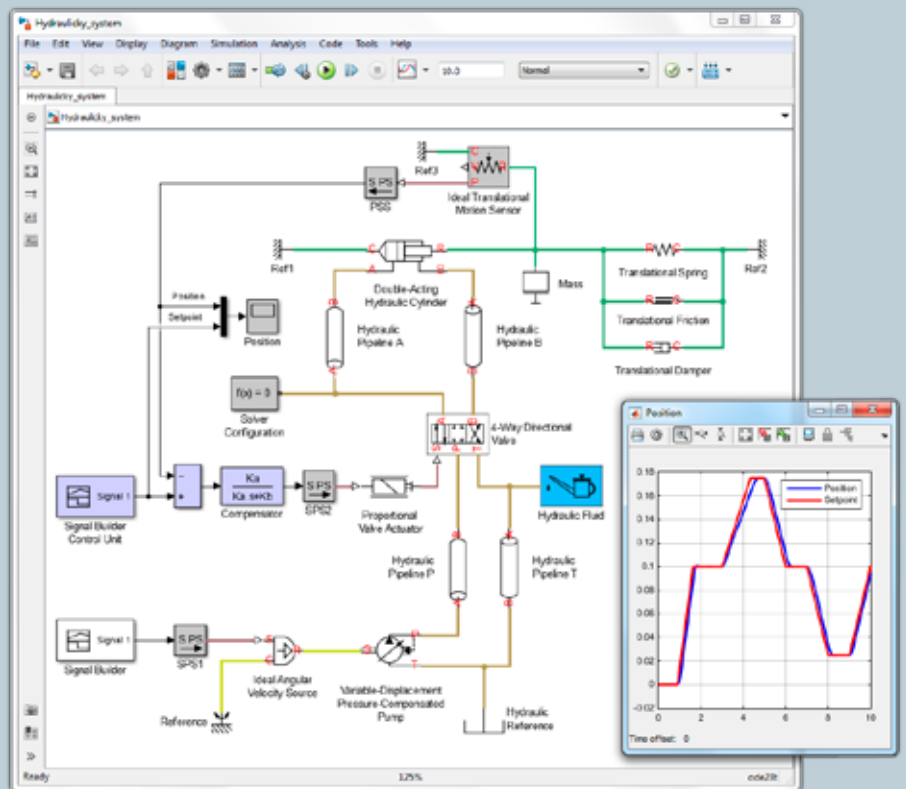
Nástroje pro fyzikální modelování usnadňují stavbu modelů a simulace tzv. „multi-domain“ systémů obsahujících propojení mechanických, elektrických, hydraulických a dalších komponent. Je zde využíván přirozený přístup k modelování systémů, který zavádí do simulačních schémat reálné fyzikální veličiny jako jsou síly, momenty, napětí, proudy, tlaky, průtoky atd.

Podobně jako při montáži reálného systému vzniká model grafickým propojením bloků, které přímo odpovídají jeho fyzickým prvkům. Bloky se spojují do sítě, ve které spojení mezi elementy odpovídají přenosům energie (obr.3). Přístup umožňuje modelovat systémy přímo popisem jejich fyzické struktury a odbourává se tak potřeba odvozování příslušných matematických vztahů mezi sledovanými veličinami. Vztahy pro simulaci se generují automaticky.

V prostředí MATLAB & Simulink jsou k dispozici knihovny nástroje Simscape, které umožňují modelovat mechanické systémy, převodové soustavy, hydraulické a pneumatické obvody, elektronické a elektromechanické prvky a systémy pro výrobu, distribuci a spotřebu elektrické energie.

Uživatel si také může definovat vlastní prvky, nebo i celé fyzikální oblasti, pomocí vestavěného objektového jazyka Simscape Language.

Využití fyzikálních modelů je velmi široké, uplatnění najde v automobilovém průmyslu, letectví, obraně, návrhu průmyslových a stavebních strojů a podobně.



Hydraulická soustava s řídicím systémem

V grafickém editoru lze snadno propojit fyzikální modely s modely řídicích systémů nebo systémů pro zpracování signálu. Ve výsledku tak můžeme modelovat nejen fyzikální část, ale též spojitě

a diskrétní výpočetní algoritmy. Pomocí simulací lze tyto algoritmy nastavovat, ladit je na míru dané soustavě a optimalizovat tak chování celého systému.