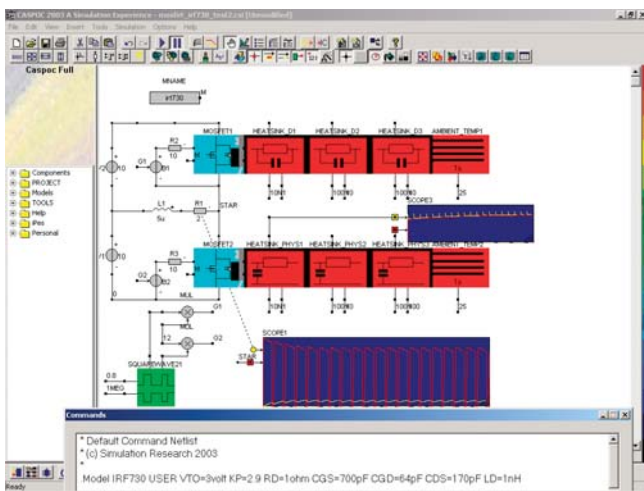


Pokrok a vývojové trendy v simuláciách obvodov výkonovej elektroniky a elektrických pohonov (2)

Pavol Bauer, Peter J. van Duijsen, Viliam Fedák

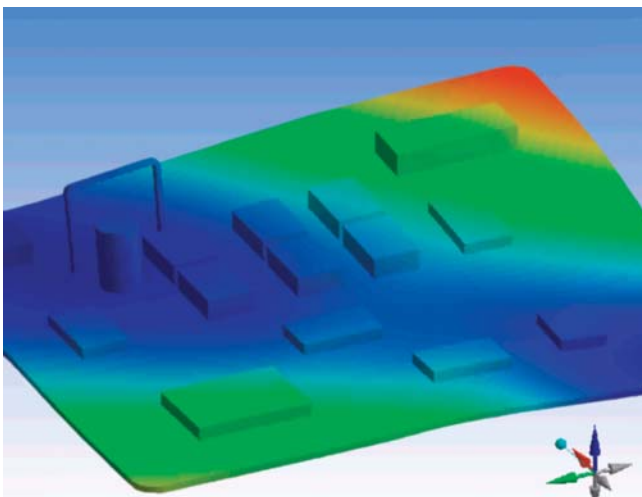
V ďalšom príklade vyšetříme tepelné deje. Tepelné a elektrické účinky sa často navzájom ovplyvňujú: elektrické charakteristiky výkonovej polovodičovej súčiastky závisia od distribúcie teploty a súčasne vytvorené teplo závisí od výkonovej straty tejto súčiastky (obr. 5, 6).



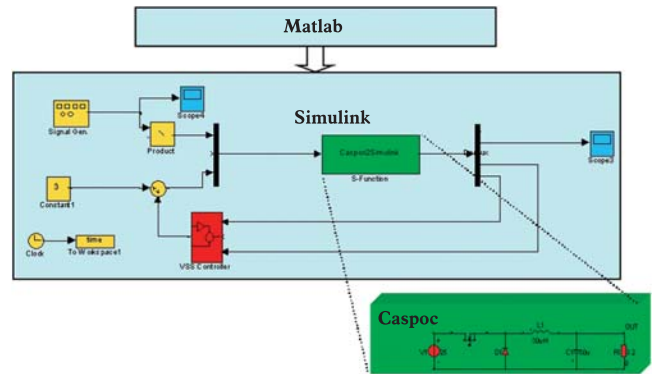
Obr.5 Tepelný model v programe Caspoc

Rôzna teplota súčiastok spôsobuje rozdiely v parametroch obvodu, predovšetkým odpor výkonového MOSFET-u [4] v priepustnom smere. Optimalizácia návrhu s uvažovaním tepelných pomerov sa doteraz pri rozsiahlych systémoch bežne neuskutočňovala vtedy, ak nebolo vyšetřovanie účinnosti stredobodom pozornosti. Avšak pri stále sa zmeňujúcich rozmeroch súčiastok a pri kompaktnějších rozmeroch meniča sa tepelný návrh stáva nevyhnutným krokom pri optimalizácii celkového návrhu. [4]

Pre spínané zdroje (Switched Mode Power Supplies (SMPS) s MOSFET-mi alebo IGBT teplota prechodu bezprostredne ovplyvňuje správanie a straty v polovodičovej súčiastke. Straty spôsobujú nárast teploty, ktorá spätne ovplyvňuje straty súčiastky.



Obr.6 Teplotná analýza pomocou programu Ansys/Workbench



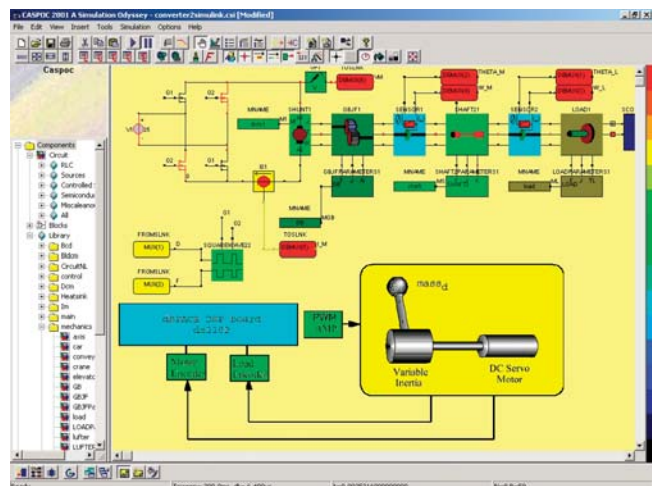
Obr.7 Väzba medzi simulátormi Matlab/Simulink a Caspoc

Ustálený stav nemožno vopred predpovedať, a preto presnú teplotu prechodu treba vypočítavať počas simulácie.

Silným nástrojom a výhodou programu Matlab/Simulink sú toolboxy, napr. Control Toolbox, ktorý rozširuje inštrukčnú sadu o metódy, umožňujúce riešiť úlohy teórie riadenia. Simulink sa v posledných rokoch stal určitým štandardom na simuláciu zložitých systémov. Výpočty a modelovanie regulačných obvodov v prostredí Matlab v spojení so simulátorom obvodov Simulink poskytuje voči iným simulačným programom určité výhody.

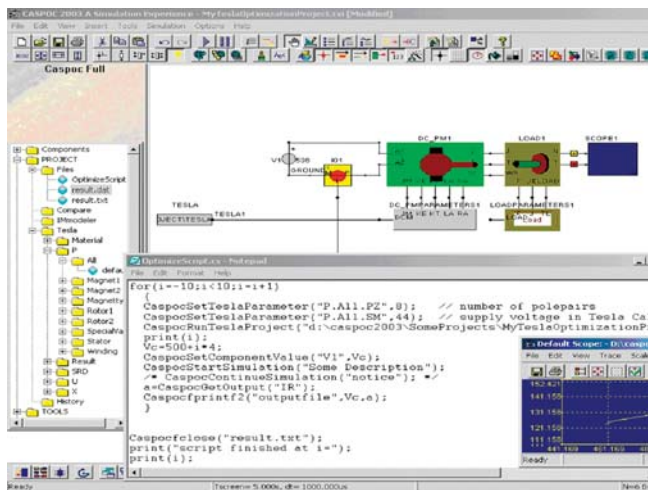
Preto program Caspoc umožňuje importovať simulačnú schému zostavenú v tomto prostredí do prostredia Matlab/Simulink (obr. 7). Takéto prepojenie využíva vlastnosti a výhody oboch simulátorov, aj Matlab/Simulink, aj Caspoc.

Simulátor Caspoc obsahuje aj ďalšie interfejsy. Napr. na obr. 8 je demonštrovaná simulácia riadenia s premenlivou štruktúrou (VSS – Variable Structure System) dvojhmotnostného mechanického systému. Ide tu o diskretný mód VSS s diskretným sklzovým riadením [5], realizovaným pomocou dsPACE DSP board ds1102.



Obr.8 Simulácia regulačného systému na riadenie pohybu pomocou výkonového meniča, jednosmerného stroja a dvojhmotnostného mechanického systému





Obr.9 Integrácia RAD nástroja Tesla do prostredia Caspoc – prístup z optimalizačného skriptu

Na obr. 9 je prezentované prepojenie simulátora Caspoc s elektrickým strojom, kde sa návrh stroja realizoval pomocou programu Tesla [3].

Týmto spôsobom možno vykonať optimalizáciu celého pohonnárskeho systému. Táto optimalizácia vyžaduje simuláciu elektrického stroja, výkonového polovodičového meniča, záťaže a riadiaceho systému, pričom každý z uvedených podsystémov je iného charakteru. Model celého pohonu použitého na simuláciu v prostredí Caspoc využíva parametre z programu Rapid Application Development (RAD), ktorý sa používa na rýchle navrhovanie prototypu elektrických strojov (obr. 10).

Modely z prototypu môžu byť využité v softvéroch na automatizovaný návrh (CAD), na metódu konečných prvkov a na simuláciu. Elektromechanické charakteristiky možno získať pomocou nástroja RAD, čo umožňuje riešiteľovi optimalizovať návrh za veľmi krátky čas a nízke náklady.

Dôležitou fázou pri návrhu je realizácia riadiacich obvodov. Obvody vloženého riadenia (embedded control) vo výkonovej elektronike a elektrických pohonoch stále viac nahrádzajú tradičné obvody elektronického riadenia [6]. Algoritmy pre tieto obvody sa obvykle realizujú vo vývojovom prostredí na programovanie mikroprocesora, mikroregulátora alebo DSP. Najdôležitejším bodom pri ich návrhu je interakcia s obvodmi výkonovej elektroniky (obr. 11). Preto sa vyžaduje prepojenie medzi programom vo vývojovom prostredí a simulátorom výkonovej elektroniky. Generovanie C/C++ kódu súčasne automaticky a nezávisle od simulačných blokov zrýchľuje návrh systému.

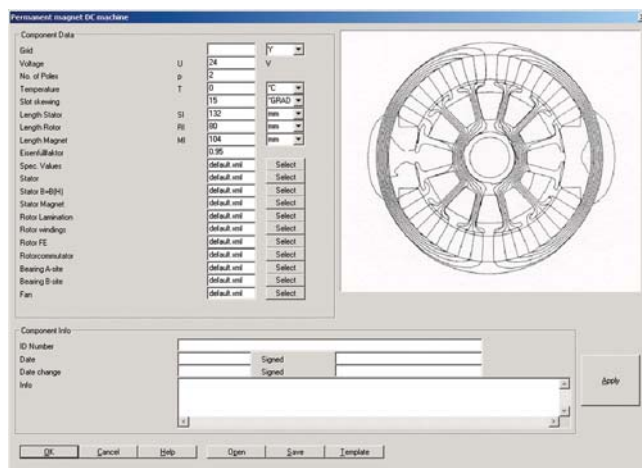
Záver

Tak, ako sa výkonové polovodičové a pohonné systémy stávajú stále zložitejšími, od moderného simulačného programu sa požaduje, aby mal stále viac funkcií a poskytovali používateľovi nové možnosti a nový rozmer pohľadu na simulovaný obvod.

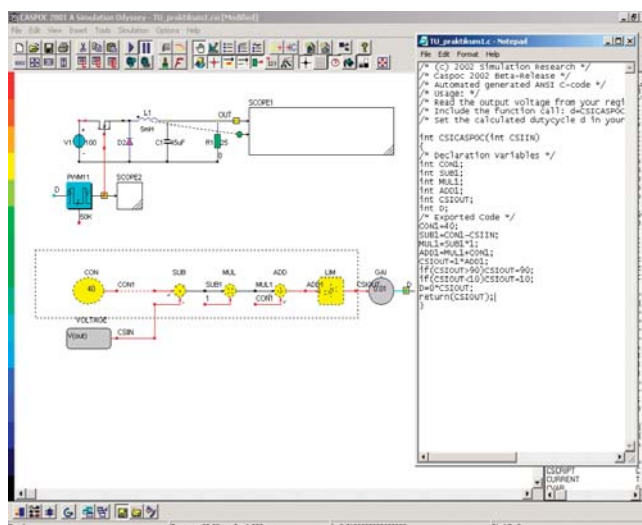
V článku sú analyzované dva hlavné smery rozvoja simulačných a animačných nástrojov. Prvý smer sa týka integrovaného simulačného prístupu, ktorý je dôležitý z hľadiska multidisciplinárneho pochopenia i celkovej integrácie systémov. Druhý smer sa týka animácií, ktoré sú dôležité z hľadiska vyšetrovania princípu činnosti systému, ktorý je založený na princípe zmrazenia stavu a spätného vyšetrovania (pomocou funkcie „freeze and go back“ spojenej s animáciou).

Literatúra

[1] OTTO, J., KILLAT, U., VAN DUIJSEN, P. J.: Energy Based Model Synthesis for Electrical Actuators and Sensors. In: Proc. of



Obr.10 Návrh elektrického motora s permanentnými magnetmi pomocou programu Tesla



Obr.11 Ladiaci zdrojový kód počas simulácie

Power Conversion and Intelligent Motion Exhib. and Conf., PCIM 2002, Nürnberg.

[2] BAUER, P., OWSIANIK, D.: Integrated Computers Aided Design of a Flyback Converter. Power Electronics, Power Electronics Journal, April 2002.

[3] VAN DUIJSEN, P. J., BAUER, P., GOSPODARIC, D.: Simulation based Optimization of Electrical Drives. In: Proc. of Power Conversion and Intelligent Motion Exhib. and Conf., PCIM 2004, Nürnberg, s. 922 – 927. ISBN 3-928643-39-8.

[4] VAN DUIJSEN, P. J., BAUER, P., KILLAT, U.: Thermal Simulation of Power Electronics. In: Proc. of Power Conversion and Intelligent Motion Exhib. and Conf., PCIM 2004, Nürnberg, s. 881 – 886. ISBN 3-928643-39-8.

[5] BAUER, P., KORONDI, P., VAN DUIJSEN, P. J.: Integrated Control and Circuit Simulation for a Motion Control System. In: Proc. of European Power Electronics Conf., EPE 2003 Toulouse. ISBN 9075815-07-7.

[6] BAUER, P., VAN DUIJSEN, P. J.: Integrated Simulation of Embedded Controls in Power Electronics. In: Proc. of Power Conversion and Intelligent Motion Exhib. and Conf., PCIM 2002, Nürnberg. ISBN 3-928643-31-2.

[7] DROFENIK, U., KOLAR, J. W., VAN DUIJSEN, P. J., BAUER, P.: New Web-Based Interactive E-Learning in Power Electronics and Electrical Machines. Conf. Record of the 2001 IEEE Industry Applications Conference, 36th IAS Annual Meeting, Chicago (Illinois). USA, Vol. 3, s. 1858 – 1865.



[8] WEISS, H., SCHMIDHOFER, A., SCHMID, A., HÁJEK, V., DAVAT, B., MANIAS, S., NAGY, I., KORONDI, P., JÁRDÁN, R. K., MIKSIEWICZ, R., FEDÁK, V., SMÉKAL, P., BAUER, P., VAN DUIJSEN, P. J.: Animated and Interactive E-Learning, Concept and Realization. The IASTED Int. Conf. on Web-Based Education, WBE 2004, Innsbruck, Austria.

[9] DAVAT, B., BAUER, P., VAN DUIJSEN, P. J.: Teaching of Power Electronics: From Graphic Representation to Animation. 11th Int. Power Electronics and Motion Control Conf., EPE-PEMC 2004, Riga, Latvia.

[10] <http://www.caspoc.com>

dr. ir. Pavol Bauer

27

Delft University of Technology
Mekelweg 4, 2628 CD Delft
The Netherlands
P.Bauer@ewi.tudelft.nl
<http://www.tudelft.nl>

dr. ir. Peter J. van Duijsen

Simulation Research
P. O. Box 397
NL-2400 AJ Alphen aan den Rijn,
The Netherlands
e-mail: p.vanduijsen@caspoc.com
<http://www.caspoc.com>

doc. Ing. Viliam Fedák, PhD.

Katedra elektrických pohonov a mechatroniky FEI TU
Letná 9, 042 00 Košice
e-mail: Viliam.Fedak@tuke.sk
<http://www.tuke.sk/fei-kepm>