

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV – 0772 – 12**

Moderné metódy riadenia s využitím FPGA štruktúr

Zodpovedný riešiteľ **Doc. Ing. Alena Kozáková, PhD.**

Príjemca **Fakulta elektrotechniky a informatiky STU v Bratislave**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Ústav automobilovej mechatroniky
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Electronics Research Institute, Cairo, Egypt
2. Faculty of Automation, TU Sofia, Bulharsko
3. VŠB-TU Ostrava, Fakulta strojní

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- 1.
- 2.
- 3.

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. Kozáková A., Krasňanský R.: Development of FPGA Based Control Structure for Switched Systems, IFAC-PapersOnLine 49-4 (2016) 061–066
2. Kozák Š., Kajan S., Cigánek J., Ferencey V., Bélai I.: Advanced Information System for Safety-Critical Processes, Computing and Informatics, 2014, Vol. 33, no. 6, 1001-1018, ISSN 1335-9150
3. Kozáková A., Bucz Š.: Multiloop Control of a Drum Boiler, Journal of Electrical Systems and Information Technology 1 (2014) 26–35, Elsevier
4. Kozáková A., Krasňanský, R.: Hybrid control structures of complex dynamic systems. Slovak Chemistry Library - Slovak University of Technology in Bratislava, 2016. ISBN 978-80-89597-39-0

Uplatnenie výsledkov projektu

Výsledky riešenia projektu sú teoretického a praktického charakteru. V teoretickej oblasti boli vypracované nové originálne postupy na realizáciu algoritmov riadenia s použitím FPGA obvodov. Inovativnosť výsledkov riešenia potvrdzuje najmä kvalita publikácií a ohlasy vo vedeckej komunite doma a v zahraničí. Praktické využitie dosiahnutých výsledkov spočíva najmä v návrhu a hardvérovej implementácii algoritmov riadenia na FPGA obvodoch a štruktúrach. Významným benefítom navrhovaného riešenia je vysoká kvalita a rýchlosť realizácie algoritmov riadenia v porovnaní s klasickými prístupmi realizovanými prostredníctvom klasických prístupov na báze mikropočítačovej techniky. Dosiahnuté výsledky jednoznačne potvrdzujú možnosť širokého uplatnenia v priemyselnej praxi pre procesy s rýchlou dynamikou (hydraulické procesy, automobilové mechatronické systémy - ABS, EPS, atď.)

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Počas riešenia projektu (10/2013 - 09/2017) boli vyvinuté originálne metódy a algoritmy číslicového riadenia pre priemyselné aplikácie s rýchlou dynamikou, ktoré boli efektívne implementované do FPGA štruktúr riadenia a overené na laboratórnych fyzikálnych modeloch. Konkrétne sa jedná o:

- PID algoritmy pre jedno- a viacrozmerové systémy (klasické, robustné, gain scheduled PID algoritmy a PID algoritmy s prepínaním). Principiálne je možné na FPGA implementovať ľubovoľné PID štruktúry realizované v rekurzívnom tvare s použitím fixed-point aritmetiky;
- algoritmy automatického riadenia implementované v hybridnej decentralizovanej štruktúre pre spojité systémy s prepínaním;
- IMC algoritmy robustného riadenia na báze reflexných polynómov;
- algoritmy automatického riadenia diskretných udalostných a hybridných systémov s využitím inovatívneho prístupu na báze Petriho sietí vyšších úrovní;
- algoritmy stavového riadenia so sledovaním referenčnej premennej realizovaného ako dynamický kompenzátor s rekonštruktorom stavu;
- metódy rozpoznávania snímok zvarov na báze metód výpočtovej inteligencie
- algoritmus explicitného prediktívneho riadenia a GPC pre viacrozmerový systém

Z dosiahnutých výsledkov riešenia je zrejmé, že realizácia algoritmov automatického riadenia na báze FPGA prináša významné skvalitnenie procesu riadenia z pohľadu dosiahnutej kvality ako aj jednoduchosti hardvérovej realizácie, a tým aj úspory na realizáciu riadenia. Navrhnutá metodika ponúka široké možnosti využitia pre priemyselné aplikácie.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

During project solution in the period 10/2013 - 09/2017, new original digital control methods and algorithms were developed for industrial applications with fast dynamics, effectively implemented on FPGA control structures and verified on laboratory physical plants. In particular, following control algorithms were implemented:

- PID algorithms for SISO and MIMO systems (standard, robust, gain scheduling PID and switched PID controllers). Practically, any PID structure realized in recursive form can be implemented on FPGA using fixed-point arithmetics;
- control algorithms implemented in hybrid decentralized structures for continuous-time

switching systems;

- robust IMC algorithms based on reflection polynomials;
- control algorithms for discrete-event and hybrid systems using an innovative approach based on Petri nets of higher levels;
- state-space control algorithms (observer-based dynamic compensator for reference tracking);
- algorithms for automatic weld recognition based on soft computing methods;
- algorithms of explicit predictive control and generalized predictive control for multivariable systems;

The achieved outcomes have proved that FPGA realization of control algorithms brings about a significant improvement in terms of performance, simplicity and thus also cost effectiveness of HW realization. The proposed methodology is applicable for a broad range of industrial applications.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

Zodpovedný riešiteľ

Doc. Ing. Alena Kozáková, PhD.

V Bratislave 26. 10. 2017

Štatutárny zástupca príjemcu

Prof. Dr. Ing. Miloš Oravec

V Bratislave 26. 10. 2017

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu