



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

LPP-0075-09

Modelovanie a riadenie zážihového spaľovacieho motora pomocou lokálnych modelov

Zodpovedný riešiteľ **prof. Ing. Boris Rohaľ Ilkiv, CSc.,**

Príjemca

Slovenská technická univerzita v Bratislave, Strojnícka fakulta

Námestie slobody 17

812 31 Bratislava

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. Strojnícka fakulta STU v Bratislave
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Mimo štatútu spoluriešiteľskej organizácie, Supelec, Francúzsko, Paríž
- 2.
- 3.

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. Šimončíč, Peter - Kopačka, Matúš - Honek, Marek - Csambál, Jozef - Wojnar, Slawomir Stanislaw - Rohaľ-Ilkiv, Boris: Real-time air/fuel ratio control of a spark ignition engine using MPC. In JANČO, R. Mechanical Engineering 2010 : 13th international conference on the occasion of the 70th anniversary of the beginning of education of mechanical engineering students at the Slovak University of Technology in Bratislava. Bratislava, 21.10. 2010. Proceedings of the papers. Bratislava: Slovak University of Technology in Bratislava, 2010, s. 6-66. ISBN 978-80-227-3304-5.
2. Kopačka, Matúš - Šimončíč, Peter - Lauko, Martin - Polóni, Tomáš - Rohaľ-Ilkiv, Boris:

Model Predictive Controller of the Air/Fuel Ratio in ACADO Toolkit. In: Selected Topics on Constrained and Nonlinear Control. Preprints of the NIL workshop. - Bratislava : STU v Bratislave, 2011. - ISBN 978-80-968627-2-6. - S. 110-115

3. Honek, Marek - Wojnar, Slawomir Stanislaw - Šimončič, Peter - Rohaľ-Ilkiv, Boris

Control of electronic throttle valve position of SI engine. In KOZÁK, Š. - KOZÁKOVÁ, A. - ROSINOVÁ, D. Kybernetika a informatika : Medzinárodná konferencia SSKI SAV, Vyšná Boca, SR, 10.-13.2.2010. Vydavateľstvo STU, 2010, s. 7. ISBN 978-80-227-3241-3. Tiež uverejnené v časopise Journal of Cybernetics and informatics, ISBN 1336-4774.

4. Kopačka, Matúš - Šimončič, Peter - Csambál, Jozef - Honek, Marek - Wojnar, Slawomir Stanislaw - Polóni, Tomáš - Rohaľ-Ilkiv, Boris: Real-time air/fuel ratio model predictive control of a spark ignition engine. In: Process Control 2011 : Proceedings of the 18th International Conference. Tatranská Lomnica, Slovakia, 14.-17.6. 2011. - Bratislava : Nakladateľstvo STU, 2011. - ISBN 978-80-227-3517-9. - S. 457-462

5. Takács, Gergely - Polóni, Tomáš - Rohaľ-Ilkiv, Boris - Šimončič, Peter - Honek, Marek - Kopačka, Matúš - Csambál, Jozef - Wojnar, Slawomir Stanislaw: Implementation of MPC techniques to real mechatronic systems. In: Selected Topics on Constrained and Nonlinear Control. Workbook. - Bratislava : STU v Bratislave, 2011. - ISBN 978-80-968627-3-3. - S. 171-224

Uplatnenie výsledkov projektu

Zámerom projektu bolo overiť možnosti využitia techniky modelovania nelineárnych dynamických systémov pomocou sietí lokálnych modelov a túto metodiku priamo aplikovať pri návrhu multi-modelového prediktívneho riadenia súčiniteľa prebytku vzduchu spaľovacieho motora. Výsledky dosiahnuté počas riešenia projektu sa uplatnia pri návrhu a vývoji nových riadiacich funkcií a algoritmov elektronických počítačových riadiacich jednotiek spaľovacích motorov. V porovnaní s doteraz používanými metódami riadenia motora, postavenými najmä na aplikácii množstva dopredu stanovených vyčítavacích tabuliek, pri multi-modelovom návrhu možno počítať s významným skvalitnením činnosti motora najmä v jeho prechodových režimoch pri súčasnom udržiavaní priaznivých podmienok pre katalytickú redukciu emisií vo výfukových plynách a pre znižovanie spotreby motora. Výraznou praktickou výhodou navrhnutých algoritmov je ich schopnosť aktívne rešpektovať dopredu známe fyzikálne a konštrukčné obmedzenia na rôzne prevádzkové veličiny motora a pritom garantovať stabilitu riadenia. Predložené riešenia takto umožňia zvýšiť celkovú efektívnosť fungovania motora tým, že jeho stavy neopustia dopredu stanovenú množinu.

CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV

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

Boli navrhnuté a experimentálne testované pôvodné algoritmy multi-modelového prediktívneho riadenia súčiniteľa prebytku vzduchu zážihového spaľovacieho motora s garanciou stability na báze siete lokálnych modelov a rešpektujúce zadné fyzikálne obmedzenia na rozsah pohybu sledovaných veličín procesu. Bola prevedená analýza robustnej stability navrhnutého výsledného sieťového modelu. Za účelom garantovania stability riadenia boli využité polytopické cieľové zlučiteľné a invariantné množiny maximálneho objemu. Pre použitú multi-modelovú reprezentáciu boli navrhnuté efektívne spôsoby ich výpočtu a aplikácie, minimalizujúce objem výpočtov nutných vykonávať v reálnom čase počas riadenia. Okrem symetrických cieľových množín, bol vyriešený tiež prípad výpočtu nesymetrických maximálne prípustných cieľových množín, umožňujúci v praxi používať nesymetrické ohraničenia na procesné veličiny motora. Na elimináciu účinku šumov a neurčitostí na odhad stavu motora bola pre použitú multi-modelovú reprezentáciu navrhnutá a overená nová metodika Kálmanovskej filtrácie. Na odstránenie možných trvalých

regulačných odchýlok v horizonte riadenia, bola úspešne vyriešená úloha zavedenia integračnej zložky do navrhnutého prediktívneho regulátora. Za účelom ďalšieho zvýšenia kvality navrhnutého prediktívneho riadenia najmä v prechodových režimoch práce motora bola úspešne riešená úloha odhadu okamžitého množstva nasatého vzduchu, uzatvoreného vo valci motora. Na jej báze bol navrhnutý spôsob korekcie dát meraných hmotnostným prietokomerom v sacom potrubí motora. Táto korekcia, ktorá bola úspešne testovaná a experimentálne overená na motorovej stolici, bola zabudovaná do navrhnutého systému prediktívneho riadenia motora.

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

During the project the original multi-model predictive control algorithms were designed and experimentally tested for spark ignition combustion engine air-fuel ratio control with stability guarantee. The control loop is based on a local model network and respects given physical constraints placed on the engine process quantities. The analysis of robust stability of the resulting network model was performed. In order to guarantee the closed loop stability the polytopic target invariant and feasible maximum admissible sets were employed. For the used multi-model representation there were proposed efficient ways of the target sets calculation, minimizing the amount of calculations required to perform during the real-time application. In addition to the symmetrical target sets, there was also solved the case of calculating the non-symmetrical maximum allowable target sets, allowing the practice to use asymmetric limits on the engine process variables. To eliminate the effect of noise and uncertainties in the engine state estimation for the used multi-model representation there has been designed and verified a new methodology of the Kalman filtration. To eliminate the possible offsets during control an integral action was successfully introduced into the proposed predictive controller. In order to further improve the quality of predictive control especially during the transient engine regimes there has been successfully solved and tested a procedure for the in-cylinder air mass flow estimation. On the basis of the proposed procedure a correction technique for data measured by the mass flow meter in the engine intake manifold was designed. This correction, which has been successfully tested and experimentally validated on the engine test bench as well, was applied in the proposed engine predictive control scheme.

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

Zodpovedný riešiteľ

prof. Ing. Boris Rohaľ Ilkiv, CSc.,
V Bratislave 24.09.2012

Štatutárny zástupca príjemcu

prof. Ing. Ľubomír Sooš, PhD.,
V Bratislave 24.09.2012

.....
podpis zodpovedného riešiteľa

.....
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu