

Oponentský posudok habilitanta Ing. Pavla Makyša, PhD.
a posudok jeho habilitačnej práce na tému:
Progressívne metódy riadenia elektrických servopohonov



Zameranie a celkový prehľad práce

Habilitačná práca predstavuje ucelený prierez vedecko-výskumnou činnosťou autora. Ide o súbor jeho najvýznamnejších vedeckých príspevkov publikovaných v odborných a impaktovaných časopisoch a v konferenčných zborníkoch významných medzinárodných konferencií, ktoré sú poprepájané sprievodným textom. Svojim zameraním práca patrí do oblastí riadenia servopohonov s elektrickými motormi.

Práca obsahuje 28 strán sprievodného textu, kópie 14 článkov (8 časopiseckých a 6 konferenčných príspevkov). Ide o pôvodné práce – publikácie z obdobia rokov 2005 – 201,2 s ťažiskom v r. 2011. V nich sa autor zaoberá návrhom riadenia elektrických pohonov pre aplikácie v priemysle, vrátane eliminácie vplyvu nelinearít, pružnosti elementov pohonnej sústavy a kompenzácií vplyvu zmien parametrov pohonov na ich dynamické vlastnosti. Okrem toho autor dopĺňa vysvetľujúci text ďalšími poznatkami, ktoré získal z rozboru ďalších prameňov – je uvedený zoznam najdôležitejších 65 literárnych prameňov dopĺňajúcich danú problematiku. Týmto habilitačná práca získala aj na pedagogickej hodnote.

Prístup habilitanta k riešeniu vytypovaných problémov elektrických pohonov

Habilitant prácu rozčlenil na 3 hlavné časti, v ktorých vytypoval hlavné problémy riadenia pohonov a uvádza špecifické postupy ich riešenia. Id o:

- 1) elimináciu vplyvu zmeny parametrov pohonu na jeho kvalitu dynamiku pomocou predkorekčného riadenia,
- 2) riadenie pohonov s pružným spojením pomocou topológií riadenia založenými na riadení s vnútenou dynamikou a na kľzavom riadení,
- 3) bezsnímačové riadenie pohonov (bez snímača magnetického toku, polohy, resp. uhlovej rýchlosti).

Pred návrhom nových riadiacich štruktúr autor analyzuje možné spôsoby riadenia a pri riešení do úvahy berie predovšetkým praktickú implementáciu a efektivitu zvoleného spôsobu riadenia pomocou nízkonákladových procesorov. Je preto pochopiteľné, že pre riadenie nepoužíva aplikácie moderných metód umelej inteligencie (FL – fuzzy logiky a ANN – umelých neurónových sietí) vyžadujúce čas (učenia) a výkonné procesory, ale hľadá a analyzuje nové topológie. Tento prístup vidno napr. v podkap. 1.2 zaoberajúcou sa vplyvmi trenia na dynamické vlastnosti pohonu. Použitie predkorekčného riadenia v tomto prípade umožní zvýšiť pásmo priepustnosti, čo vedie k presnejšiemu sledovaniu referenčného signálu.

Z oblasti kompenzácie nelinearít presných servopohonov sa venuje nelinearitám, ktoré sú spôsobené vplyvom trecích síl. Zo známych metód na kompenzáciu nelinearít aplikuje metódu kľzavého riadenia, ktorá zabezpečuje určitú robustnosť pohonu (necitlivosti na zmeny parametrov). Túto metódu kľzavého riadenia konkrétne aplikoval (a výsledky publikoval) na riadenie linárneho synchronného motora s permanentnými magnetmi, kde v spätnej väzbe použil filtračný pozorovateľ.

Habilitant v ďalšej časti práci uvádza návrh riešenia regulačného obvodu pre prípad, ak regulačná odchýlka polohy presného servopohonu je taká malá, že pri kaskádnej regulácii podradená rýchlostná slučka v dôsledku malého rozlíšenia by nezareagovala a motor by tak nespôsobil žiadny akčný zásah. Tomuto sa habilitant vyhol návrhom adaptívneho zosilnenia regulátora polohy. Praktická realizácia tohoto riešenia poukázala na výhody ale aj nevýhody takého riešenia.

Druhá kapitola je venovaná problematike riadenia pohonu s pružným mechanickým spojením, ktoré sa môže vyskytovať nielen pri spojení pohonu s mechanizmom, ale aj v samotnom mechanizme. Problematiku obmedzenia vzniku oscilácií riešil zavedením limitu - obmedzením derivácie (nárastu) riadiacej veličiny predovšetkým pre signál trh (derivácia zrýchlenia). Aplikuje filtrovanie, použitie pozorovateľov a návrh riadenia v stavovom priestore, ale aj metódu kĺzavého režimu. Špecifické riešenie poskytuje aplikácia riadenia s vnútenou dynamikou doplnená dvoma estimátormi a pozorovateľom momentu, čím pohon získava na robustnosti nielen voči vonkajším poruchám, ale aj voči zmene parametrov regulovaného systému. Autor túto problematiku publikoval so svojim i spoluautormi vo významnom impaktovanom časopise COMPEL

Použitie pozorovateľov eliminuje potrebu použitia snímačov. Autorovi je táto problematika dobre známa a dobre ju ovláda, ako to dokazuje aj v niekoľkých príspevkoch (označené v práci ako P7 – P10). Súčasne analyzuje obmedzenia použitia pozorovateľov, filtrov i stavového riadenia.

Posledná časť práce je venovaná návrhu a aplikáciám využitia bezsnímačových algoritmov v elektrických pohonoch so striedavým motorom. Týmto je možné vyhnúť sa nemerateľným/ťažko merateľným veličinám pohonu (magnetický tok motora), či eliminovať samotný snímač polohy, resp. uhlovej rýchlosti. Pre riešenie tejto problematiky autor do habilitačnej práce zo svojich publikácií vybral vzorku 4 typických článkov, v ktorých sa zaoberá metódami využívajúcimi matematický model motora (za predpokladu kompenzácie zmien parametrov spätnoväzobnými slučkami) s použitím estimátorov, pozorovateľov a filtrov. Podrobne rozoberá modifikovanú metódu INFORM, dávajúcej dobré výsledky polohového servopohonu s asynchrónnym motorom pracujúcim pri veľmi nízkych rýchlostiach. Tu sú uvedené tiež cenné informácie získané pri jej praktickej realizácii.

Otázky ku práci

Popisovaná problematika je uvedená v požadovanej hĺbke. K obsahu i spracovaniu práce nemám nijaké pripomienky. Otázky pre podrobnejšiu rozpravu:

- 1) Aké sú možnosti a obmedzenia aplikácie pozorovateľov filtrov a stavového riadenia pohonov (možno to zahrnúť do prezentácie).
- 2) Porovnajte vlastnosti i metódy riešenia elektrických servopohonov s hydraulickými (otázka pre širší záber problematiky).

Profil habilitanta vyplývajúci z prehľadu publikovaných prác

Riešená problematika kladie vysoké požiadavky na medziodborové vedomosti z elektrotechniky, elektrických pohonov, výkonovej elektroniky, mikroelektroniky, návrhu a realizácii algoritmov riadenia pomocou mikropočítača, tiež z oblasti nových metód riadenia systémov, i z mechaniky (pohonu). Sprievodný text habilitačnej práce je spracovaný prehľadne a starostlivo vybraný a zoradený výber najvýznamnejších publikovaných článkov dokazuje, že téma habilitačnej práce je aktuálna z hľadiska súčasného stavu vedného odboru a svojím spracovaním táto práca preukazuje dobré didaktické schopnosti uchádzača. V práci uvedená problematika je vysokoaktuálna a má vysoký aplikačný potenciál.

Vysoko si cením nielen teoretický prístup k riešeniu problémov riadenia, ale tiež k implementácii navrhnutých algoritmov riadenia do mikroprocesorov. Treba uviesť, že k získaniu praktických skúseností s návrhom a realizáciou striedavých pohonov a asynchrónnymi a synchronnými pohonmi habilitantovi výrazne pomohla činnosť na spoločnom realizačnom pracovisku EF UNIZA s EVPÚ Nová Dubnica, i výskumný pobyt na univerzite v Nottinghamu.

Plnenie predpísaných kritérií v jednotlivých oblastiach

- I. Pedagogická oblasť. Habilitant je spoluautorom dvoch vysokoškolských učebníc. Publikovaná problematika nachádza odraz tiež v jeho pedagogickej práci pri výučbe 5 predmetoch súvisiacich so zameraním habilitačnej práce i s obsahom študijného odboru 5.2.11 Silnoprúdová elektrotechnika (Elektrické pohony „EP“ I, EP II, Bezsnímačové riadenie EP, EP v energetike, Úvod do EP). V prvých dvoch z vymenovaných predmetov ide o inováciu obsahu predmetov, zatiaľ čo pri ďalších troch o zavedenie nových predmetov, v ktorých náplni sa odrážajú výsledky výskumnej činnosti a publikačnej aktivity habilitanta.
- II. Vedecký výskum a publikačná aktivita. Habilitant je autorom vyše 50 vedeckých prác, z toho 4 v karentovaných časopisoch, 26 evidovaných v db WoS/Scopus a 24 ostatných vedeckých článkov publikovaných v odborných časopisoch a prednesených na konferenciách. V tejto oblasti vysoko prekračuje požadované kritérium.
- III. Uznanie vedeckou komunitou. Habilitant má 57 citácií 7 článkov v db WoS/Scopus a dostatočný počet iných foriem uznania vedeckou komunitou, ako je členstvo vo výboroch medzinárodných konferencií (3), získavanie grantov, ocenenia výsledkov svojej práce, vedenia a účasti na riešení projektov, záverečných prác (21 bakalárskych, 16 diplomových prác a pôsobil tiež ako školiteľ-špecialista pre 6 dizertačných prác). Podieľal sa tiež na výstavbe 3 výučbových a odborných laboratórií.

Konštatujem, že habilitant spĺňa, resp. vysoko prekračuje každé z požadovaných kritérií na vyhodnotenie splnenia podmienok pre získanie titulu „docent“ na EF UNIZA.

Záver

Predložená habilitačná práca plne zodpovedá študijnému odboru 5.2.11 Silnoprúdová elektrotechnika, v ktorom sa habilitant uchádza o habilitáciu.

Doterajšie výsledky uchádzača a ich ohlas zodpovedajú požiadavkám habilitačného konania a potvrdzujú odborné, vedecké a pedagogické schopnosti uchádzača, Ing. Pavla Makyša, PhD. Dokazujú, že habilitant predstavuje vyzretú osobnosť, a to ako v oblasti výskumu, tak aj vzdelávania.

Odporúčam preto, aby habilitant bol pripustený k jej obhajobe a aby v prípade úspešnej verejnej rozpravy mu bola udelená hodnosť

docent.

V Košiciach, 30.8.2017

.....
doc. Ing. Viliam Fedák, PhD.
oponent habilitačného konania