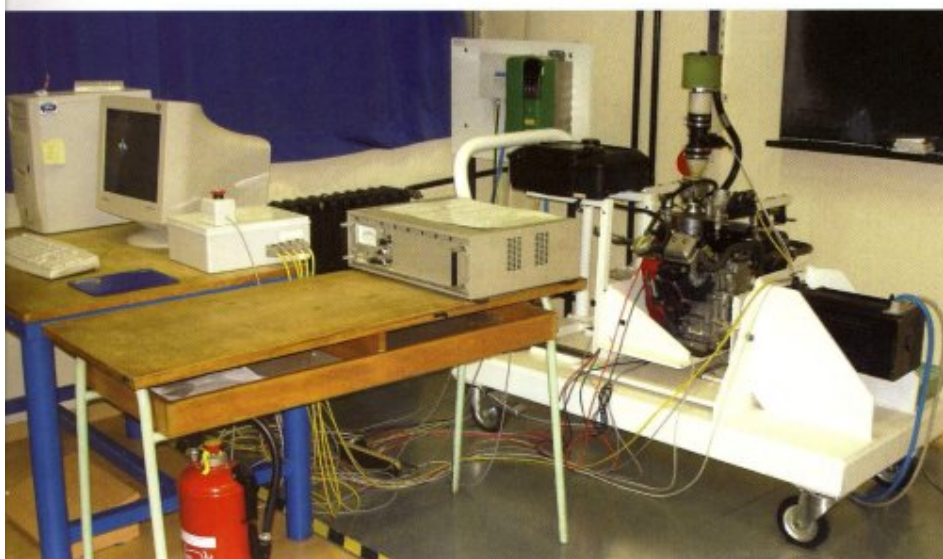


Istraživanje automobilskih mehatroničkih sustava na FSB-u

34 ISTRAŽUJEMO



1 Istraživači FSB-a i ispitno električno vozilo



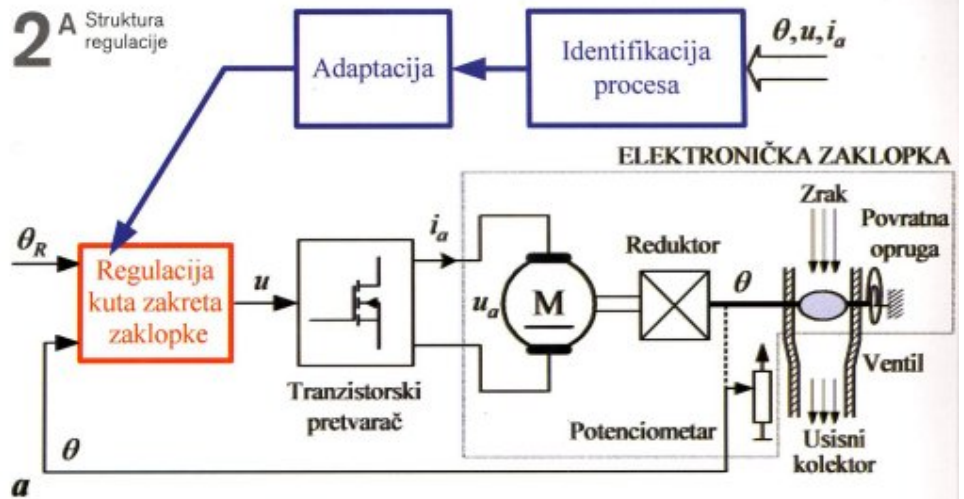
3 Eksperimentalni postav računalom upravljanoj Otto motoru

Znanstveno-istraživačke aktivnosti obuhvaćaju široko područje automobilske mehatronike, počevši od mehatroničkih sustava Ottovog motora, preko mehatronike prijenosnih mehanizama, do upravljačkih sustava dinamike vozila poznatih pod skraćenim nazivima ABS, TCS, ESP, ARC, i slično.

2B Fotografija elektroničke zaklopke



2A Struktura regulacije



Što je to automobilska mehatronika?

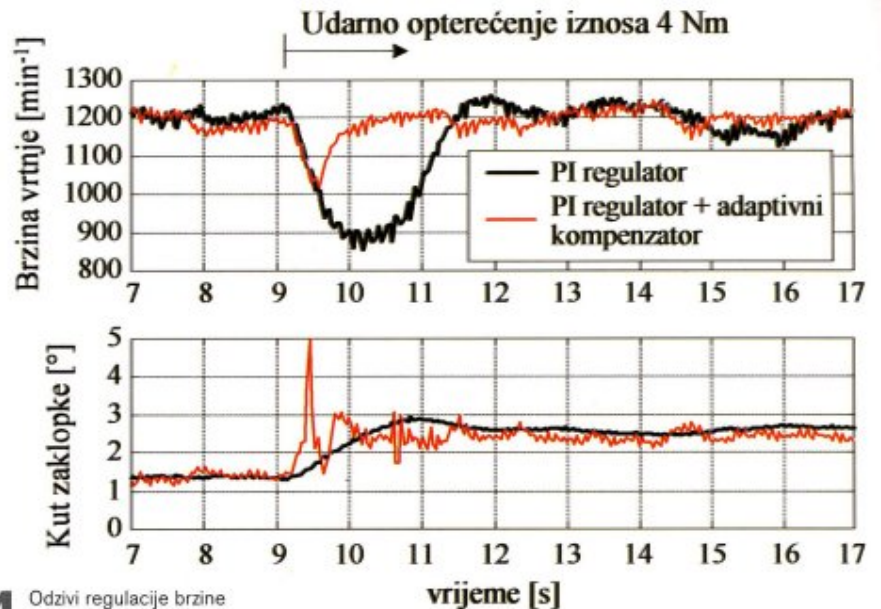
U vozila se ugrađuje sve više upravljačkih uređaja kako bi se unaprijedila vozna svojstva, smanjila potrošnja goriva i ispuštanje štetnih plinova, te poboljšala sigurnost i udobnost vožnje. Realizacija sustava upravljanja nameće nove pristupe u sintezi i numeričkom modeliranju mehaničkih sustava (posebice izvršnih članova, tzv. aktuatora), zahtijeva ugradnju naprednih senzora, te razvoj mikroproceorskog sklopovlja, programske potpore i upravljačkih i estimacijskih algoritama. Ove se multidisciplinarnne aktivnosti vrlo često prožimaju, te se svode pod zajednički nazivnik automobilske mehatronike.

Automobilska mehatronika na FSB-u

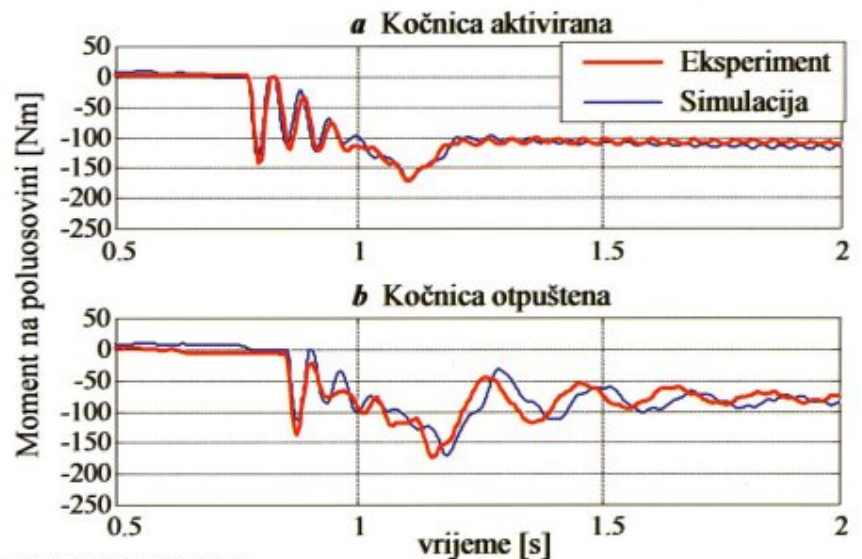
FSB istraživačku skupinu s područja automobilske mehatronike (www.fsb.hr/acg) osnovali su 2001. godine doc.dr.sc. Joška Deur i prof.dr.sc. Joško Petrić. Jedan od glavnih poticaja za osnivanje skupine jest iskustvo koje je doc. Deur stekao tijekom jednogodišnjeg postdokorskog usavršavanja u Istraživačkom centru tvrtke Ford Motor u Dearbornu, SAD, u 2000. godini, kao i projekti koje je Ford odobrio 2001. godine za početak istraživanja na FSB-u. U međuvremenu je uspostavljena i široka suradnja s Fordovim istraživačkim centrom u Aachenu, Njemačka, te istraživačkim centrom tvrtki Jaguar i Land Rover u Velikoj Britaniji.

Značajno unapređenje istraživačkih aktivnosti uslijedilo je 2004. godine nakon uspostavljanja uske suradnje s istraživačima Zavoda za motore i transportna sredstva, posebice s prof.dr.sc. Zvonkom Heroldom, prof.dr.sc. Ivanom Mahalecom i dr.sc. Milanom Kostelcem. Kroz ovu suradnju intenziviran je razvoj eksperimentalnih mehatroničkih sustava vozila, među kojima se posebno ističe eksperimentalno vozilo s električnim servomotorom visokog okretnog momenta, ugrađenim u pogonski kotač (slika 1).

Poseban zamah istraživanjima davali su mladi istraživači, i to dvojica znanstvenih novaka financi-



4 Odzivi regulacije brzine vrtnje Ottovog motora u praznom hodu



5 Rezultati validacije modela automatskog prijenosnika



6 A Aktivni diferencijal



6 B Odgovarajući eksperimentalni postav

ranih od strane Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa (MZOŠ), te dvojica novaka financiranih iz sredstava međunarodnih projekata. Među njima valja istaknuti mr.sc. Danijela Pavkovića koji je dobio Državnu nagradu za znanost u kategoriji znanstvenih novaka za područje tehničkih znanosti za 2005. godinu, i dipl.ing. Vladimira Ivanovića koji je u konkurenciji od oko 150 članaka na prestižnom XIX simpoziju Vehicle System Dynamics (Milano, 2005. godina) dobio nagradu za najbolji članak.

Istraživanja su se odvijala kroz tri znanstveno-istraživačka projekta i jednog tehnološkog projekta, koji su odobreni od strane MZOŠ-a, te oko desetak projekata financiranih od međunarodnih automobilskih kopmanija.

U skorijoj se budućnosti očekuje i intenziviranje istraživačkih aktivnosti kroz Europske projekte, te uspostavljanje projekata s izvornim dobavljačima automobilske opreme.

Znanstveno-istraživačka djelatnost

Znanstveno-istraživačke aktivnosti obuhvaćaju široko područje automobilske mehatronike, počevši od mehatroničkih sustava Ottovog motora, preko mehatronike prijenosnih mehanizama, do upravljačkih sustava dinamike vozila poznatih pod skraćenim nazivima ABS, TCS, ESP, ARC, i slično.

Tijekom prvog uvođenja elektroničke zaklopke u Fordova vozila u Europi (2002 Ford Fiesta) uspostavljena je uska suradnja na modeliranju, eksperimentalnoj identifikaciji i regulaciji pogona zaklopke. Zadatak elektroničke zaklopke je da ostvari upravljivo otvaranje usisne zaklopke Ottovog motora pomoću istosmjernog servopogona male snage (slika 2).

Poseban je naglasak dan na modeliranje i adaptivnu kompenzaciju učinaka trenja i dvostruke povratne opruge u mehanizmu zaklopke, s ciljem postizanja visokih upravljačkih svojstava karakteriziranih točnošću pozicioniranja boljom od 0.05o i vremenom odziva pozicioniranja manjim od 70 ms [1,2].

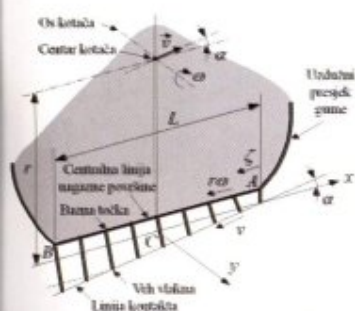
Istraživanje dinamike Ottovog motora uključuje tvorbu usrednjenih matematičkih modela motora, razvoj algoritama procjena momenta tereta u realnom vremenu i regulaciju brzine vrtnje motora. Za potrebe eksperimentalnog istraživanja razvijen je računalom upravljani eksperimentalni postav V2 Ottovog motora terećenog električnim servo-motorom (slika 3). Pri razvoju matematičkih modela poseban je naglasak dan na toplinske prijelazne pojave u usisnom kolektoru [3], koje su ključne za razvoj naprednih sustava ubrizgavanja goriva. Algoritam adaptivne procjene momenta tereta primijenjen je za značajno smanjenje propada brzine vrtnje motora pri udarcima momenta tereta kod regulacije brzine vrtnje motora u praznom hodu [4] (slika 4).

Razvijen je vjeran matematički model automatskog prijenosnika s planetarnim reduktorima [5]. Neki od rezultata eksperimentalne provjere modela za prebacivanje stupnja prijenosa iz 'mirovanja' u 'naprijed' prikazani su na slici 5.

U posljednje vrijeme posebna je pažnja posvećena modeliranju i regulaciji aktivnih diferencijala. Aktivni diferencijal sadrži jednu ili više upravljivih spojki koje omogućuju upravljanje raspodjele okretnog momenta na lijevu i desnu poluosovinu. Time se mogu značajno unaprijediti vučne i vozne karakteristike vozila. Za potrebe ispitivanja dinamike aktivnog diferencijala razvijen je odgovarajući eksperimentalni postav (slika 6). Naglasak je na modeliranju uljno-lamelne spojke i njenog aktivacijskog mehanizma ostvarenog pomoću istosmjernog motora. Radi se i na izradi eksperimentalnog sustava i tvorbi numeričkih modela naprednih spojki zasnovanih na magnetoreološkim fluidima.

Široko je istraživano modeliranje dinamike trenja između autogume i raznih vrsta podloga. Razvijen je fizikalni 3D dinamički model trenja autogume (vidi ilustraciju na slici 7 i [6]). Pomoću električnog ispitnog vozila na slici 1, pokazano je da guma ima izraženi dinamički potencijal na ledenoj podlozi i malim brzinama gibanja vozila. Temeljem eksper-

7 Tzv. vlaknasti model trenja između autoguma i podloge



imentalnih uvida i postavljenih modela, razvijeni su inovativni sustavi regulacije vuče. U posljednje se vrijeme intenzivno istražuju sustavi upravljanja dinamikom vozila zasnovani na naprednim aktuatorima poput aktivnih diferencijala i aktivnog sustava skretanja. U tom se sklopu istražuju senzori i odgovarajući algoritmi procjene varijabli stanja dinamike vozila, što uključuje primjenu akcelerometara, žiroskopa i sustava globalnog pozicioniranja (GPS; slika 8). Konačni cilj je značajno unapređenje voznih svojstava i stabilnosti vozila u raznim manevrima skretanja.

Nastavna djelatnost

Prikazani istraživački rezultati i eksperimentalni sustavi uključeni su u nastavne aktivnosti na FSB-u, i to kroz razne kolegije i studentske i diplomske radove. Izravna mogućnost uključivanja studenata u područje automobilske mehatronike pruža se kroz izborni kolegij Automobilski mehatronički sustavi, koji je u svoje dvije godine izvođenja pohađalo desetak studenata godišnje.

Studenti, posebice diplomanti i poslijediplomanti općenito daju najsnažniji zamah sveučilišnim istraživanjima. Sve one koji su zainteresirani za automobilsku mehatroniku i šire područje transportnih mehatroničkih sustava, rado ćemo uključiti u naše istraživačke aktivnosti.

Zahvala

Autor bi želio izraziti zahvalnost dr.sc. Davoru Hrovatu, nekadašnjem studentu FSB-a, a sada nositelju najvišeg istraživačko-stručnog zvanja u tvrtki Ford (Ford Technical Fellow), na brojnim poticajima za istraživački rad na području automobilske mehatronike i dugogodišnjoj plodnosnoj suradnji.

Zahvalnost se upućuje i brojnim kolegama, suradnicima, studentima i upravi FSB-a na trajnoj potpori i dobroj suradnji.

/doc.dr.sc. JOŠKO DEUR



8 Senzori dinamike vozila na FSB-u

1. Žiroskop, Analog Devices
2. Akcelerometar, Analog Devices
3. GPS prijamnik, NovAtel
4. GPS antena, NovAtel
5. Akcelerometar, PCB
6. Žiroskop s integriranim akcelerometrom, Bosch

Publikacije

- 1 Deur, J., Pavković, D., Perić, N., Jansz, M., Hrovat, D., "An Electronic Throttle Control Strategy Including Compensation of Friction and Limp-Home Effects", IEEE Transactions on Industry Applications, Vol. 40, No. 3, pp. 821-834, 2004.
- 2 Pavković, D.; Deur, J.; Jansz, M.; Perić, N., "Adaptive Control of Automotive Electronic Throttle", Control Engineering Practice, Vol. 14, pp. 121-136, 2006.
- 3 Deur, J., Petrić, J., Asgari, J., Hrovat, D., "Recent Advances in Control-Oriented Modeling of Automotive Power Train Dynamics", IEEE/ASME Transactions on Mechatronics, Vol. 11, No. 5, pp. 513-523, 2006.
- 4 Pavković, D., Deur, J., Kolmanovsky, Ilya, "", IEEE Transactions on Control Systems Technology (submitted)
- 5 Deur, J.; Asgari, J.; Hrovat, D., "Modeling and Analysis of Automatic Transmission Engagement Dynamics - Nonlinear Case including Validation", ASME Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control, Vol. 128, pp. 251-262, 2006.
- 6 Deur, J., Asgari, J., Hrovat, D., "A 3D Brush-type Dynamic Tire Friction Model", Vehicle System Dynamics, Vol. 42, No. 3, pp. 133-173, 2004.

...