

Oponentský posudek diplomové práce

Bc. Jindřicha Jurigy:

ELEKTROMECHANICKÝ POSILOVAČ ŘÍZENÍ A JEHO VLIV NA SPOTŘEBU PALIVA.

V Mladé Boleslavi dne 14. června 2010

Oponent:

Ing. Pavel Nedoma, Ph.D.

K posouzení jsem přijal diplomovou práci v celkovém rozsahu 55 stran a 30 obrázků, členěnou do šesti kapitol. Po obsahu následuje seznam použitých zkratek a přehled použitých značek. Seznam literatury, obrázků, tabulek, přehled použitých značek a obsah CD je uveden samostatně na konci práce. CD nebylo dodáno. Práce je určena k obhajobě v oboru *Mechatronika*.

Formální hodnocení:

- Práce působí dojmem povrchnosti a uspěchanosti.
- V textu se vyskytuje spousta nepřesností a chybných informací (např. str. 9, Seznam použitých zkratek „... SAV – Sport Activity Vehicle ...“; str. 10, 2. odstavec „... měnit dynamicky převodový poměr řízení ...“; str. 19, 1. odstavec „... generátor vibrací, pro realističtější pocit ...“; str. 32, 4. odstavec „... elektrický výkon 1 kWh ...“; str. 39, 4. odstavec „... data doggeru ...“, ...)
- Grafický projev je průměrný, údaje v některých tabulkách jsou nesmyslné (např. str. 30, tab. 3.1 – „Přehled spotřeby elektrických spotřebičů“, 2. sloupec, 5. řádek – „Rekuperativní brzdění“, 8 kW; str. 35, tab. „Vliv elektrických spotřebičů na spotřebu“ – uveden rozdíl ve spotřebě paliva s vypnutou a zapnutou klimatizací u

vozidel, která mají mechanicky poháněný klima-kompresor, ...), u některých grafů chybí popis jednotek (např. str. 48 obr. 5.1, str. 49 obr. 5.2).

- Kapitola řešící č. 1 degradovala na neúplný popis posilovačů řízení a netýká se přímo metod a modelů pro určování vlivu použitých posilovačů na spotřebu paliva, tedy cíle diplomové práce.
- Chybí bližší popis použitých metod pro identifikaci systému elektromechanického posilovače řízení vozů Škoda Octavia II.
- V poslední 6. kapitole je v prvním odstavci konstatováno úspěšné vytvoření modelu pro odhad spotřeby paliva vozidla s daným EPS, ale model není nikde popsán.
- Studium práce je dále znesnadněno tím, že popisky proměnných nejsou uváděny přímo u uvedených matematických výrazů (např. str. 26, 29, 32, 45) a navíc je přehled použitých značek neúplný.
- Seznam literatury je obsáhlý, ale omezuje se často na uvedení jednoho obrázku, tabulky nebo matematického výrazu.

Formální chyby pramení zřejmě z povrchního přístupu k dané problematice a nesoustředění se na hlavní cíl práce. Ze 40 stran textu (kapitoly 1 – 6) jsou vlastní identifikaci modelu věnovány pouze podkapitoly 4.2 a 5.1 na cca pěti stranách.

Věcné hodnocení:

Abstrakt popisuje dělení diplomové práce na dvě hlavní části, kdy první část obsahuje základní charakteristiky používaných posilovačů řízení a jejich energetické bilance. Dále je vysvětlena metodika měření spotřeby paliva u osobních automobilů. Druhá část se soustředí na elektromechanický posilovač vozu Škoda Octavia II. Hlavním cílem by mělo být vytvoření modelu spotřeby elektrické energie pro všechny jízdní režimy a jeho porovnání s reálnými hodnotami.

V úvodu a první kapitole autor krátce zmiňuje historii zavádění posilovačů řízení a jejich členění podle druhu pohonu (pneumatický, hydraulický, elektrický).

Druhá kapitola, nejrozsáhlejší, je věnována elektromechanickým posilovačům řízení (EPS) se zaměřením na posilovač vozidla Škoda Octavia II. Varianty a komponenty EPS obsahují podkapitoly 2.1 a 2.2. Jak bylo již zmíněno ve formálním hodnocení, diplomová práce vykazuje velké množství nepřesností a chyb. Matematickým výrazům schází popis

proměnných, což velmi znesnadňuje jejich analýzu. Např. „odvození“ jednoduchého výrazu, 2.1 na str. 26, který má asi vyjadřovat matematický přepočtení mezi úhlovou rychlostí volantu a otáčkami motoru EPS. Běžně se pro úhlovou rychlost používají jednotky [rad/s], zde [°/s]. To se dá zjistit např. z grafu na obr. 4.3, kde je však značení ω , a ne $\dot{\omega}$, jako v textu. V podkapitole 2.3 – „Princip regulace“ je uvedeno zjednodušené regulační schéma EPS a bez jakékoliv bližší analýzy regulované soustavy se konstatuje, že nejvhodnějším typem regulátoru je tzv. LQG regulátor, jehož popis je, dle názoru autora, nad rámec této diplomové práce. V diplomové práci, v rámci oboru „Mechatroniky“, považuji problematiku regulace elektromechanického posilovače řízení za klíčovou a očekával bych, že tvorba modelu pro zjišťování energetických potřeb této soustavy bude vycházet z definice servomechanismu, jako zvláštního případu regulačního obvodu. Porovnání výhod a nevýhod EPS vůči ostatním používaným principům obsahuje podkapitola 2.7, kde u EPS převažují výhody nad nevýhodami s možností spolupráce s asistenčními systémy vozidla.

Metodice měření spotřeby paliva osobních automobilů je věnována 3. kapitola. Opět je zde na str. 29 uveden matematický vzorec 3.2 bez komentáře. Navíc se jedná o podíl dvou integrálů, které se integrují podle času, ale čas ani funkce času se ve výrazu neobjevují, takže se asi integruje konstanta nezávislá na čase. Tabulka 3.1 na str. 30 uvádí potřebný výkon (zřejmě příkon) pro svoji funkci ve vozidle v kW. Téměř všechny údaje mají přemrštěnou hodnotu (např. Zábava – 1 kW), ovšem pro potřebný výkon pro rekuperativní brzdění 8 kW nemám rozumné vysvětlení. Naopak chybí potřebný příkon pro osvětlení a řídicí jednotky a jejich akční členy. Je nutné si uvědomit, že 120 A alternátor dává do el. sítě vozidla při 14 V max. výkon 1,68 kW. Výpočet spotřeby paliva pro výrobu 1 kWh elektrické energie (autor zaměňuje pojmy práce a výkon) řeší podkapitola 3.2.1. Vzorce opět bez úplných komentářů a popisů. Spotřeba paliva pro výrobu 1 kWh elektrické energie alternátorem vozidla byla zjištěna výpočtem a z grafů měrných spotřeb - pro benzinový motor 0,55 l/kWh a pro naftový motor 0,42 l/kWh. V podkapitole 3.3.1 o evropské metodice měření spotřeb osobních automobilů na válcové zkušebně autor uvedl zajímavý postřeh, že se během testu nepoužívá řízení a tím se vliv EPS na zvýšení spotřeby minimalizuje. Zbylé podkapitoly 3. kapitoly se věnují odhadu energetických nároků jednotlivých druhů posilovačů řízení.

Praktická měření EPS ve vozidle Škoda Octavia II a identifikace systému EPS představuje hlavní téma pro 4. kapitolu. Pro identifikaci systému autor postupně použil tři metody: Subspace, ARMAX a tabulku hodnot, kde posledně jmenovaná údajně vykazala shodu naměřených a simulovaných dat přes 97 %. Při pohledu na obr. 4.3 na str. 42 zní tento výsledek velmi neuvěřitelně, protože vytvořit interpolováním naměřených dat (levý graf) tak

rozsáhlou 3-D mapu (pravý graf) považuji za nemožné. Graf posilovacího účinku v závislosti na úhlu natočení kol na obr. 4.4 na str. 43 je zavádějící. Na první pohled posilovač, např. při úhlu natočení 200° , posiluje moment řidiče na volant cca 2,5 x, ale při bližší analýze je posilovací účinek násobkem cca 23, což graficky neodpovídá. Matematický výraz 4.4 na str. 46 vyjadřuje integraci funkce $p(t)$ resp. $s(t)$ podle času (jejich význam není uveden). Pokud má tento výraz souviset s vyhodnocením testu v podkapitole 4.5 v délce trvání 1300 s, pak by tomu měla odpovídat dolní a horní mez integrálu.

V úvodu 5. kapitoly, nazvané „Zhodnocení“, autor vyslovil domněnku, že ESP je schopno rekuperace elektrické energie. Tabulka 5.1 na str. 47 uvádí výsledky simulace kombinovaného testu spotřeby paliva, kdy údajně použití ESP proti ostatním posilovačům řízení přináší snížení CO_2 o více jak 300 g. V podkapitole 5.1 jsou uvedeny na obr. 5.1 – 5.3 výsledky identifikace systému EPS. Studium výsledků v této kapitole ztěžuje neúplný popis veličin a jejich jednotek. Pokud obr. 5.1 – 5.3 zobrazují průběhy ovládacího momentu na volantu v závislosti na čase (měřené a simulované), pak nevidím souvislost s hodnocením naměřených a simulovaných dat. Zde bych očekával hledání shody mezi naměřeným a simulovaným proudem (eventuelně i napětím) EPS, který přes alternátor zatěžuje spalovací motor a tím zvyšuje spotřebu paliva.

V závěru (6. kapitola) autor nešetří samochválou a konstatuje úspěšné prokázání úspor EPS proti ostatním posilovačům řízení. Navržený model údajně dokáže dobře posloužit pro odhad spotřebované elektrické energie, která údajně může být za některých okolností špatně měřitelná. K tomuto tvrzení jsem v diplomové práci nenašel dostatek informací a důkazů.

K práci mám následující otázky:

1. Popis algoritmu pro vytvoření tabulky hodnot z naměřených dat pomocí interpolace uvedené v podkapitole 4.2.3 a na obr. 4.3 na str. 42 a vysvětlení souvislostí s grafem na obr. 5.3 na str. 49.
2. Objasnění grafů na obr. 5.1 – 5.3 na str. 48 – 49 a popis použité metodiky pro stanovení shody naměřených a simulovaných dat s důrazem na splnění cílů diplomové práce.

Závěr:

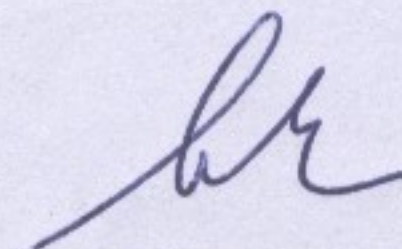
Diplomová práce působí velmi nevyrovnaným dojmem, obtížně se studuje z důvodů chybějících popisů použitých metod, matematických vzorců, proměnných a jejich jednotek. Některé údaje v tabulkách nedávají smysl. Práce působí dojmem jen povrchní znalosti řešené problematiky a uspěchanosti. Posouzení splnění zadání komplikuje absence bližších informací o identifikaci a vytvoření modelu, včetně jeho použití a verifikace. Na druhé straně práce vykazuje logické globální uspořádání postupů do jednotlivých kapitol a podkapitol.

Z těchto důvodů hodnotím diplomovou práci známkou

DOBŘE,

pokud budou uspokojivě zodpovězeny výše uvedené otázky.

V Mladé Boleslavi dne 14. 6. 2010



Ing. Pavel Nedoma, Ph.D.