

OPONENETNÍ POSUDEK HABILITAČNÍ PRÁCE

Téma HP: **MODERNÉ PŘÍSTUPY K DIAGNOSTICE ZAPALOVACÍCH A VSTREKOVACÍCH SYSTÉMŮ V AUTOMOBILOVÉJ TECHNICE**

Autor HP: Ing. **Matej Kučera**, Ph.D.

ŽILINSKÁ UNIVERZITA V ŽILINĚ
FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A INFORMAČNÝCH TECHNOLOGIÍ

Studijní obor: **Elektrotechnika**
Obor HK a IK: **Silnoproudá elektrotechnika**

Došlo: **18-05-2026**

Oponent: doc. Ing. **Petr Šimoník**, Ph.D.
Katedra aplikované elektroniky
Fakulta elektrotechniky a informatiky
VŠB – Technická univerzita Ostrava
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba
Tel. +420 604 478 962, e-mail: petr.simonik@vsb.cz

Č. záznamu: **09890/2026** Pril.:
Č. spisu: Vyb:

Předložená Habilitační práce se v rozsahu 108 stran dle sdělení uchazeče věnuje problematice moderních přístupů k diagnostice zapalovacích a vstřikovacích systémů v automobilové technice.

Dle doporučení děkana Fakulty elektrotechniky a informačních technologií Žilinské univerzity v Žilině pro zpracování oponentských posudků hodnotím uvedenou práci z následujících níže uvedených hledisek.

1. ODPOVÍDÁ TÉMA PRÁCE OBORU HABILITACE

Ano, oblast koncových stupňů elektronických řídicích jednotek automobilů řeší úlohy tzv. výkonové elektroniky. Nicméně předložená práce řeší i jiné oblasti, např. automobilovou elektroniku (úroveň rozborů s vazbou na automobilovou diagnostiku odpovídá spíše automobilové opravárenské praxi).

2. JE PRÁCE AKTUÁLNÍ Z POHLEDU SOUČASNÉHO STAVU VĚDNÍHO OBORU

Aktuální vývoj a výzkum se v segmentech technického vývoje automobilů zaměřuje na tzv. evropské softwarově definované vozidlo (SDV). Problematika managementu spalovacích motorů je stále aktuální. Nicméně pokud chceme sledovat původní vědecký přínos, byť v oblasti výkonové elektroniky, pak by se mělo jednat o vědecké přístupy zaměřující se na nová provedení moderních koncových stupňů respektující transformací z tzv. signálově orientovaných architektur (E/E architektury s gateway) na architektury orientované na služby (zónové E/E architektury s vysoce výkonnými počítači, tj. HPC). Habilitační práce postrádá propojení na moderní přístupy řešící abstrakci HW vrstev právě pro nepřeberné množství nových „safety“ a non-safety“ aplikací, včetně diagnostických přístupů. Práce má spíše charakter kompilační, nicméně poskytuje autorovi znalostní bázi pro realizaci výzkumu a dosažení původní vědeckých výsledků. Zásadní je podle mého názoru spolupráce s aplikačním partnerem, např. společností BOSCH, Continental či s vývojovým oddělením

automobilky, které skutečně řeší implementaci nových přístupů pro management spalovacích motorů.

V oblasti automobilové elektroniky je zavedená definice jak pro automobilový elektronický systém (tvořen množinou snímačů a čidel požadovaných hodnot – řídicí jednotkou/doménovou jednotkou/zónovou jednotkou/HPC - akčních členů) a dále pro jeho jednotlivé části, tedy také v závorce zmíněný automobilový snímač. Ten převádí fyzikální veličinu na elektrický signál. **Akční člen může obsahovat také snímač, ale nazvat samotný akční prvek snímačem je podle mého názoru odborně zcela nevhodné.** Při běžné provozní stimulaci akčních členů zapalovací soustavy či sub-systému vstřikováním elektrickým napětím, resp. proudem, dochází k provozním stavům, které jsou samozřejmě ovlivněny jejich degradací. Tyto stavy jsou mnoho let, tedy již běžně, sledovány specifickými obvody patřičných řídicích jednotek. **Tzn. že vedle obvodů buzení jsou v řídicí jednotce již řadu let integrovány např. monitory průběhů napětí, resp. proudů a jejich úlohou je sledovat limity, disfunkce a další (např. MC33811 – obsahující „Waveform Detection Circuitry“ ve spojení s MC33810; výrobce NXP, dříve Freescale).**

Vlastnosti zmíněných prvků uvedených sub-soustav jsou známé v oblasti automobilové elektroniky řadu let a tzv. dodavatelé automobilek (zejména Tier-1 a Tier-2 společnosti, tedy přímý dodavatelé řídicích jednotek, snímačů, akčních členů, ve spolupráci s výrobcí čipů, např. NXP, Infineon) řadu let pracují na vylepšování obvodů buzení a obvodů ochrany. Přínos v oblasti zkoumané problematiky dle předložené habilitační práce je tak silně diskutabilní a po prostudování práce nejasný. Např. vytvoření modelu zapalovacího systému a propojení s LabVIEW jsou zcela běžnými výstupy bakalářských a diplomových prací. Autor jej zmiňuje jako základ pro budoucí aplikaci „inteligentní diagnostických algoritmů“. Právě přístupy aplikující např. modely strojového učení (klasifikační a regresní úlohy) by právě splňovaly vědecký přínos u disertačních a habilitačních témat.

Uvedení odborných informací a diskuze výsledků uvedená v kapitolách 4.5 ZÁVER, 5.2 EXPERIMENTÁLNE MERANIE, 5.3 DISKUSIA A INTERPRETÁCIA VÝSLEDKOV představuje odborně známé poznatky, vycházející z vlastností akčních členů zapalovací a vstřikovací soustavy v dynamickém provozním režimu. Přesto tímto nezpochybňuji výsledky prováděných analýz a jejich správnost.

Myšlenka habilitanta je z vědeckého pohledu relevantní, ale měla by být implementována s aplikací strojového učení. Což ostatně autor zmiňuje jako další logický krok pro pokračování jeho vědecké činnosti a okrajově se problematiky v textu dotýká. Konstatuji, že díky teoretickému a prakticky prováděnému výzkumu vznikla znalostní báze, která může přinést nové vědecké poznatky při řešení navazujících témat s aplikacemi např. umělé inteligence.

V práci se vyskytuje větší počet nepřesných odborných vyjádření, kontext je mnohdy nejasný. Vybral jsem jen několik málo z nich, viz níže.

- „Z hľadiska riadenia systém OBD operuje v uzatvorenej spätnej väzbe, kde analyzuje súčinnosť dvoch hlavných kategórií komponentov: senzorov a aktuátorov.“

KONSTATOVÁNÍ OPONENTA - Systém spalovacího motoru pracuje např. v režimu „zahřívání“ v otevřené regulační smyčce (využívá po tuto dobu pole statických konstant). Po zahřátí pak v dalších režimech (zde je více segmentů) a jedním z nich je např. režim „v uzavřené smyčce“.

- Str. 15 posledních odstavců, citují: „Z hlediska vývoje komunikačních systémů v automobilové technice došlo k postupnému přechodu od sériových protokolů (ISO 9141-2, ISO 14230) k diferenciální zbusnici CAN (Controller Area Network) (obrázek 2.3).

KONSTATOVÁNÍ OPONENTA - ISO 9141-2 a ISO 14230 nejsou jen „sériové protokoly“, jelikož ISO 9141-2 definuje také fyzickou vrstvu diagnostické komunikace. ISO 14230 (KWP2000) je vyšší komunikační protokol nad K-Line. CAN není „nástupce“ těchto protokolů ve stejném významu. CAN je obecná komunikační sběrnice pro distribuované řídicí systémy vozidla. ISO 9141/14230 byly primárně diagnostické komunikační standardy a správnější je uvést, že v diagnostice došlo k přechodu od K-Line ke CAN „based“ diagnostice. ISO 11898 skutečně definuje CAN na fyzické a linkové úrovni. Ale ISO 14230 zahrnuje i vyšší vrstvy komunikace. Věta vytváří dojem přímého srovnání stejné úrovně abstrakce.

- Obr. 2.3. v názvu je uvedeno *Fyzikálna vrstva zbernice CAN*.

KONSTATOVÁNÍ OPONENTA - Správně fyzická vrstva.

- Obr. 2.16. Schematická reprezentácia elementárnej konfigurácie systému zapalovania s duálnym výbojom (DFS – Double Fire System)

KONSTATOVÁNÍ OPONENTA – Obrázek popisuje chybně zapalovací dvojice, jelikož párování vychází z pořadí zapalování čtyřválcových motorů 1–3–4–2 a z toho, že písty 1 a 4 jsou současně v horní úvrati, 2 a 3 také současně v horní úvrati.

- „Obrázok 2.21. 1- signál otáčok /referenčnej značky kľuky, 2- signál polohy vačky.“

KONSTATOVÁNÍ OPONENTA – Obrázek obsahuje nesprávnou informaci o hodnotě stupňů pro jednu otáčku klikové hřídele, správně je 360 °.

- Str. 18; Sériová diagnostika OBD je základne členená na značkovo viazanú a multiznačkovú OBD. Príkladom **značkovo viazanej (OEM) OBD** diagnostiky je VCDS pre VW group (**Chyba! Nenašiel sa žiaden zdroj odkazov.**). Ide o diagnostický systém vyvinutý výrobcem vozidla pre konkrétnu značku alebo koncern.

KONSTATOVÁNÍ OPONENTA - Nejedná se o systém vyvinutý výrobcem vozidla ani koncernu, není to OEM diagnostika, ta se jmenuje ODIS.

- Str. 108; V rámci analýzy vstrekovacího systému bola potvrdená vysoká diagnostická hodnota prúdových priebehov, ktoré poskytujú detailný obraz o elektrických a mechanických vlastnostiach vstrekovača. Zmeny tvaru prúdovej krivky, oneskorenie zdvihu ihly či útlm špičkovej hodnoty umožnili jednoznačne identifikovať typy porúch, ako napríklad zvýšený odpor, zmenu tlaku paliva alebo mechanické zlyhanie. Tento

přístup umožňuje preventivnu údržbu systému a snižuje riziko náhlých poruch počas prevádzky.

KONSTATOVÁNÍ OPONENTA – Toto jsou již zavedené a implementované přístupy u řídicích jednotek spalovacích motorů (ECU spalovacích motorů) v aplikacích řízení zapalování a vstřikování paliva. Popsanou problematiku zavedla např. společnost Freescale, později NXP s integrovanými obvody MC33810/MC33811, které představují generaci výkonových budičů umožňující analýzu průběhů v časové a amplitudové ose. Pro ECU spalovacích motorů došlo k jejich masivnímu zavádění do sériových automobilových aplikací přibližně od roku 2006, nicméně již v dřívější dekádě byly tyto přístupy odborně využívány společnostmi např. Bosch, Continental a dalšími Tier-1 společnostmi včetně výrobců integrovaných obvodů.

- V kapitole „3.4 ANALÝZA A INTERPRETÁCIA VÝSLEDKOV NA FYZIKÁLNO MODELI ZAPAĽOVANIA“ uvádíte, cituji „Vďaka súboru vykonaných meraní na fyzikálnom modeli je možné vytvoriť referenčné prevádzkové a chybové limitné hodnoty, ktoré môžeme použiť na identifikáciu prevádzky reálneho systému motora.“

KONSTATOVÁNÍ OPONENTA – Pro relevanci a vědeckou správnost uváděných vyjádření postrádám stanovení specifických provozních stavů. Provádění diskutovaných analýz pro vědecké účely, a to na úrovni motoru vozidla je nevhodné (ať už na měřicím motorovém dynamometru; ve stavu volnoběhu, resp. zvýšených ustálených otáček; či na válcovém dynamometru). Pro opakovatelnost experimentů musí být stanoven správný experimentální setup. A to důvodu dynamických změn v časové i amplitudové ose (změny teplot, napětí palubní sítě, zatížení a další korekční parametry určující tzv. 1. skutečný úhel sepnutí, 2. skutečný předstih). Pro vědecké účely by tedy bylo vhodné vyvinout zkušební experimentální stanoviště s náhradními obvody emulující zapalovací soustavu. Nicméně je nutné zvážit, zda vědecké výsledky mají šanci na aplikační implementaci u sériových vozidel. To musí posoudit vývojová oddělení zabývající se vývojem spalovacích motorů.

- Další text na str. 108, začínající odstavcem „Na základě výsledkov možno konštatovať, že kombinácia metód časovej analýzy, prúdovej analýzy a SFRA vytvára základ pre univerzálny diagnostický rámec automobilových elektrických systémov. Tento rámec je možné rozšíriť aj na iné komponenty, ako sú elektromagnetické ventily, senzory alebo aktuátory, čím sa posilní spoľahlivosť a efektivita spaľovacích systémov ako celku“.

KONSTATOVÁNÍ OPONENTA – vyjádření nevhodně kombinuje množiny základních skupin automobilových elektronických systémů s konkrétními představiteli komponentů. Text odstavce a praktický celý další text považuji za konstatování již známých a historicky implementovaných přístupů. Práce navíc neřeší žádnou realistickou implementaci na úrovni abstrakce HW vrstev senzorických prvků.

Po formální stránce mám k předložené práci dalších několik výhrad.

Klíčová slova odborných vědeckých prací mají jednoznačně vystihovat odborné zaměření práce, pokrývat hlavní výzkumné pojmy, metody a oblast aplikace a zejména mají usnadnit vyhledání práce v databázích a repositářích. Také mají odpovídat terminologii používané v

daném oboru. Klíčová slova v předložení habilitační práci toto nesplňují, zejména „*experimentálna a simulačná analýza, prúdové a napäťové charakteristiky, bezkontaktné a meranie*“. **Jak v klíčových slovech, tak dále v odborném výkladu by neměla být zapalovací svíčka označena snímačem – cituji „*zapaľovacia sviečka – senzor*“, protože jako snímač není technologicky provedena. Jedná se o akční člen, bez ohledu na aplikovanou metodu analýz.**

Grafická stránka řady obrázků je nevhodná. A to jak z pohledu jejich čitelnosti (např. obr. 2.13., obr. 2.15.) tak z pohledu dodržování zásad pro kreslení elektrických schémat, tj. znázornění uzlů propojených vodičů, nesoulad v symbolech prvků el. obvodů a další (např. obr. 2.20., obr. 3.4., obr. 3.5., obr. 4.3, obr. 5.1.). U obr. 2.10. až 2.11. chybí parametry časové základny i nastavené zesílení osciloskopu a nelze posoudit měřené průběhy.

3. BYLO JÁDRO HABILITAČNÍ PRÁCE PUBLIKOVANÉ V RELEVANTNÍCH ODBORNÝCH VÝSTUPECH

Autor publikoval jádro práce v časopise vydavatele MDPI, časopise Sensors v r. 2025. Jádro práce tedy prošlo recenzním řízením. Ponechám na posouzení komise, zda nálezy oponentského posudku zakládají na kvalitní vědeckou práci přinášející nové poznání v oblasti zkoumané problematiky. Podle mého názoru je vědecký přínos v tomto stavu prezentovaných výsledků silně diskutabilní.

4. PROKAZUJE HABILITAČNÍ PRÁCE DIDAKTICKÉ SCHOPNOSTI UCHAZEČE

V práci se vedle dobrých částí nachází řada problematických částí, které bez korekcí nejsou vhodné jako zdroj informací pro vzdělávání. Autor se podle mého názoru orientuje spíše v oblasti automobilové diagnostiky. Dosažená poznání umožní rozšíření znalostí také do oblasti automobilové elektroniky, kam spadá také výkonová elektronika řídicích systémů. Včetně aplikací např. strojového učení, které je v současné době úrovní poznání, kterou automobilový vývojáři implementují do automobilů a vzdělávání v této oblasti je vysoce žádané.

5. NAZNAČUJE VEDECKÁ A PUBLIKAČNÍ ČINNOST UCHAZEČE VÝRAZNOU ODBORNOU ERUDICI

Habilitační práce má poskytnout nový, původní a samostatný vědecký přínos v daném oboru. Zde mám silné výhrady s ohledem na již odborně známé poznatky, jelikož prezentované výsledky jsou shrnutím odborně známých vlastností akčních členů zapalovací a vstříkovací soustavy a jejich chování v dynamickém provozním režimu. V habilitační práci nemá jít o shrnutí známých poznatků, ale o důkaz, že autor je schopný samostatně rozvíjet vědeckou disciplínu, obsahující původní vědecké poznání, systematizaci a syntézu – zde bych doporučil zaměřit se v budoucí činnosti na HW abstraktní vrstvu a na úrovni např. výkonného výpočetního systému „HPC“ implementovat nové přístupy pro detekci disfunkcí sub-systémů spalovacích motorů (ideálně s využitím strojového učení).

Autor má ukázat schopnost zasadit vlastní výsledky do širšího kontextu s důkazem vědecké samostatnosti – zde autor prokázal požadované.

Habilitace má ukázat, že habilitant je samostatná odborná autorita schopná navrhovat výzkum, vést projekty, formulovat vědecké směry. Má prokázat přínos pro obor nebo prakticko-teoretický přínos, metodologický přínos, technologickou inovaci s pedagogickým nebo aplikačním dopadem – teoretický přínos např. pro pedagogickou činnost je zřejmý.

6. DOPORUČENÍ

Bohužel v doméně automobilové elektroniky je poměrně obtížný přístup k hluboce odborným datům k HW a SW částem elektronických systémů. Byť mám k předložené práci řadu výhrad jak po odborné, tak po formální stránce (zejména k novosti, resp. aktuálnosti odborného téma a kvalitě formální stránky textu a grafiky), tak na druhou stranu mohu konstatovat, že **uchazeč prokázal, že má schopnost samostatně i v týmu vytvářet a dlouhodobě rozvíjet vědecké poznání. Předloženou habilitační práci**

doporučuji k obhajobě.

V Ostravě, dne 17. 5. 2026

Petr Šimoník

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta elektrotechniky a informatiky

Katedra aplikované elektroniky

PŘÍLOHA

Otázky k obhajobě habilitační práce

1. Vysvětlete důvod rozdílné amplitudy průběhů zapalovacích pulzů pro: *Obrázok 2.18. Priebehy vysokonapäťových impulzov na sviečkach jednotlivých valcov pri DSF riadení*
2. U modelů vozidel současné doby se upouští od využívání induktivních snímačů otáček, jehož průběh uvádíte na „*Obrázok 2.21. 1- signál otáčok /referenčnej značky kľuky, 2- signál polohy vačky*“. Obrázek obsahuje nesprávnou informaci o hodnotě stupňů pro jednu otáčku klikové hřídele, správně je 360 °. Prosím, vysvětlete důvod, proč moderní koncepce upouští od využití induktivních snímačů otáček, resp. polohy klikové hřídele. Jaké koncepce se využívají a proč.
3. Na „*Obrázok 3.15. Priebeh napätia na sekundárnej strane zapalovacieho modulu, a) skutočný a b) simulovaný*“ není uvedena legenda objasňující parametry simulovaného a skutečného průběhu. Nelze ověřit správnost. Prosím o detailní objasnění s představením skutečně naměřeného průběhu. V obou případech není zřejmý amplitudový ani časový rozsah v průběhu.
4. Jaký mají přínos prováděná měření dle kapitol 3.3.2 *Bezkontaktné meranie EM poľa v blízkosti systému zapalovacích sviečok* a 3.3.3 *Analýza zapalovacích sviečok pomocou termovízie*? Není jasné co mají úvahy a naměřené výsledky za přínos pro moderní vnitřní diagnostické služby na úrovni elektronických systémů (HW a SW) automobilu. Prosím vysvětlete.
5. Z předložených výsledků není zřejmé nové poznání. Objasněte zcela konkrétní nová poznání v oblasti zkoumané problematiky, kterých bylo dosaženo.
6. Jakým konkrétním způsobem hodláte využít dosaženou znalostní bázi pro výzkum, tj. za účelem dosažení nových, původních vědeckých výsledků.

