

Oponentní posudek disertační práce:

Testování elektronických systémů automobilu

Autor disertační práce: **Ing. Michal Kubík**, ZČU v Plzni, fakulta elektrotechnická

Stručný popis disertační práce:

Disertační práce má celkem 115 stran, z toho 93 stran vlastního textu a dalších 22 stran obsahuje přehled literatury a přílohy.

Doktorand Ing. Michal Kubík ve své disertační práci řeší problematiku testování elektronických systémů používaných v automobilním průmyslu. Zaměřil se zejména na testování hardware ve smyčce, tzv. HiL (Hardware in a Loop) testování. Dále se zaměřil na postup vytváření modelů okolí řídicích jednotek a vytvořil modely okolí dvou řídicích jednotek, a to: okolí řídicí jednotky klimatizace a okolí řídicí jednotky centrálního zamykání.

Doktorand svůj úkol rozdělil do logických správně navazujících celků. Začal studiem vybrané literatury a analýzou současného stavu dané problematiky.

V úvodní kapitole (1) definoval doktorand cíle disertační práce a popsal její strukturu. V navazující druhé kapitole jsou vysvětleny základní pojmy testování rozsáhlých systémů. Dále je zde uvedeno rozdělení různých druhů testování, a je zde uveden stručný popis vybraných metod testování elektronických systémů a programového vybavení. Ve třetí kapitole popisuje doktorand proces vývoje elektronických řídicích systémů automobilu a popisuje principy testování ve smyčce (HiL), v tzv. V-modelu procesu vývoje. V následující čtvrté kapitole se doktorand zabývá modelováním dynamických systémů a popisuje způsob vytváření modelu okolí testované elektronické řídicí jednotky, který je provozován v reálném čase na HiL testovací platformě. Pátá kapitola je věnována popisu vybraných elektronických řídicích systémů současných automobilů. Jsou zde popsány současné systémy a je zde uvedena i úvaha o systémech blízké budoucnosti. Podrobně je zde popsána funkcionality vybraných řídicích jednotek, a to jednotky automatické klimatizace a jednotky centrálního zamykání. V navazující šesté kapitole doktorand shrnuje současné technické vybavení testovacích systémů. Sedmá kapitola obsahuje implementaci systému dSPACE pro HiL testování. V poslední osmé kapitole uvádí doktorand závěr předkládané disertační práce. Dále navazuje přehled citovaných článků a jiných publikací.

Formální připomínky:

1. Výběr klíčových slov by mohl být proveden pečlivěji. Chybí např. výraz „řídicí jednotka“, který je v práci často uveden.
2. Mohl by být věnován větší důraz drobným překlepům a nepřesnostem. Například na str. 15, obr. č. 3.3. je v popisu činností uvedeno „Testování na plaubě“, má být na „palubě“.
3. Postrádám v závěru předkládané disertační práce jednoznačné vyjádření ke splnění cílů práce uvedených na straně 2.

Věcné připomínky:

1. Doktorand uvádí v seznamu termínů a zkratk na straně VI, že Corner je funkce předních mlhových světel. Ve skutečnosti je Corner samostatná funkce systému předních světel vozidla. Integrace této funkce do předních mlhových světel je specifikum pro vozy Škoda.
2. V závěru není jednoznačně shrnut přínos předkládané disertační práce.

Doplňující otázky:

1. Můžete přehledně shrnout přínosy předkládané disertační práce a potenciál jejího dalšího rozvoje?
2. Uveďte příklady konkrétního využití výsledků Vaší práce.

Celkové zhodnocení předložené disertační práce:

- a) Disertační práce se zabývá velmi významnou problematikou testování elektronických systémů automobilu. Je zaměřena zejména na komplexní simulaci okolí pro testované řídicí jednotky.
- b) Práce byla vypracována na dobré odborné úrovni a získané poznatky byly prakticky ověřeny.
- c) Doktorand zvolil správný postup řešení vedoucí k cíli. V úvodu provedl potřebnou rešeršní přípravu, dále zvládl potřebnou teorii, kterou v závěru aplikoval na konkrétních příkladech.
- d) Výsledky práce byly a jsou aplikovány v praxi, což je nejlepším důkazem jejich užitečnosti. Významný je také přínos v systémovém a systematickém přístupu k řešené problematice.
- e) Doktorand prokázal během své práce i schopnost týmové spolupráce, kterou projekt tohoto typu vyžaduje.
- f) Disertační práce je po formální i obsahové stránce vypracována celkem kvalitně.
- g) Práce je vypracována na základě víceleté praktické činnosti doktoranda. Rozsáhlá publikační činnost je dostatečně doložena v příloze disertační práce.
- h) Na závěr konstatuji, že doktorand prokázal schopnost samostatné tvůrčí práce podle zákona č.111/1998 Sb. §47, a proto **předloženou práci doporučuji k obhajobě** a po jejím úspěšném obhájení navrhuji udělit předkladateli akademický titul doktor.

V Mladé Boleslavi, 1.1.2012


Doc.Ing. Jaroslav Machan, CSc

Technický vývoj, Škoda Auto a.s.

Posudek disertační práce ing. Michala Kubíka

K posouzení byla předložena disertační práce ing. Michala Kubíka o rozsahu 93 stran plus 12 stran příloh.

První kapitola práce se věnuje úvodu do problematiky testování řídicích jednotek automobilů, definování jednotlivých cílů práce a plánovanému rozčlenění disertační práce do jednotlivých kapitol. Následující kapitola se zabývá důvody, úkoly a komplexním nástinem problematiky testovacího procesu a tím i tedy definuje prostor problematiky předložené disertační práce. Samotný testovací proces je pak podrobně rozebírán v kapitole třetí, kde je prostor věnován jak jednotlivým modelům vývojového procesu, tak i technologickým požadavkům na HW vybavení. Pro testování systémů je samozřejmě zapotřebí vytvořit dynamický matematický model. Možnosti matematického modelování jsou shrnuty v kapitole čtvrté. Pátá kapitola popisuje elektronickou architekturu vozu a to včetně popisu rozdílu mezi vozy nižší a vyšší třídy. V další části této kapitoly se pak bod zájmu zaměřuje na vysvětlení principu činnosti jednotlivých systémů, jimž bude v následující části práce věnován další prostor. Šestá kapitola se zabývá otázkou komerčně nabízených možností pro testování a to jak po HW, tak i SW stránce. Postupně jsou vyjmenovány standardní produkty všech významných firem aktivních v této oblasti. V sedmé kapitole je následně představen výsledek této disertační práce, jímž je Zkušební stav na bázi technologie firmy dSPACE, doplněný vyvinutým matematickým modelem. Dosažené výsledky jsou shrnuty v závěru, jenž lze nalézt v osmé kapitole.

Práce je provedena ve velmi kvalitní grafické formě s odpovídajícím množstvím obrázků a tabulek. Po jazykové stránce platí, že práce obsahuje minimum překlepů je psána velmi kvalitní, pečlivou češtinou se zřejmým cílem nepoužívat cizí slova a zvýšit tak čitelnost práce. Snad jediná výjimka je použití slova firmware na straně 67.

Z hlediska významu disertační práce pro praktické použití platí, že zvolené téma v posledních deseti letech prodělalo velmi prudký vývoj a výrazným trendem posledních tří až pěti let je zaměření se především do oblasti strategie testovacího procesu. Z technologického hlediska však stále platí, že tzv. integrační HiL zkušební stavy, jejichž vývoji se práce věnuje, jsou v současné době technologickým vrcholem.

Při řešení problematiky návrhu a zprovoznění zkušebního stavu pro testování řídicích jednotek je třeba vždy nejdříve analyzovat technologické možnosti, jenž jsou k dispozici, jejich vhodnost použití, následně zvolit vhodné SW vybavení a pro takto definovaný zkušební stav v další fázi vytvořit matematický model, jenž umožní oživení tohoto stavu. Tato logická

posloupnost operací je plně respektována také v předložené práci. Všechny metody analýzy řešeného problému vycházejí z respektování vzájemných souvislostí a vazeb.

Toto je také jeden z hlavních přínosů této práce, neboť se nezabývá pouze jediným konkrétním problémem v oblasti funkční bezpečnosti, ale v jejím zorném poli se vyskytuje oblast testování řídicích jednotek jako komplexní vývojový proces vycházející z definice konkrétního problému, vedoucí až k laboratorní realizaci integračního zkušebního stavu, jako nejvyšší úrovně laboratorního testování.

V předložené práci je uvedeno, že v souvislosti s řešením disertační práce vzniklo 22 publikací. U některých z nich však není zcela jasná souvislost s řešeným tématem (především se jedná o publikace z let 2009 a 2010). Dále platí, že autor vypracoval publikace související i s vlastním používáním zkušebního stavu – testování. Této oblasti však v práci již není věnován ani minimální prostor. Předpokládám, že pokud by tomu bylo opačně – testování by byla věnována část prostoru, vedlo by to výraznému zvýšení přínosu práce, jelikož by došlo ke kompletnímu pokrytí všech aktivit spojených s problematikou testování elektronických systémů automobilu.

V práci jsem dále našel dva formální nedostatky. Na straně 64 je uvedena věta „Vzhledem k nutnosti zachování kompaktnosti s nadřazeným subjektem a to jak z pohledu formátu vyjádřených modelů, tak i způsobu řízení provádění testů, byl zvolen testovací systém společnosti dSPACE“. Vzhledem k tomu, že se jedná o velmi zásadní rozhodnutí, bylo by dle mého názoru tomuto rozhodnutí vhodné věnovat více prostoru, než jedinou větu. Dále pak je na straně 68 uvedeno, že autorský podíl na disertanta na modelu automatické klimatizace je 50%. Tuto informaci nepovažuji za dostatečnou. Uvítal bych informaci, jaké bylo kritérium pro dělbu práce a tudíž, co lze považovat za vlastní díro autora a co za převzatou část. Jak jsem již ale uvedl výše, jedná se dle mého názoru o chyby formální.

Ve výše uvedených řádcích jsem se snažil vyjmenovat nedostatky, které jsem našel. Všechny další oblasti jenž nebyly zmíněny (a je jich většina) považuji za kvalitně a odborně zpracované na úrovni, jenž od disertační práce očekávám. Globálně lze prohlásit, že se jedná o velmi povedené a přínosné dílo. Předloženou disertační práci doporučuji k obhajobě.

V Praze 5. prosince 2011



Ing. Radek Manasek Ph.D.

OPONENTSKÝ POSUDEK DISERTAČNÍ PRÁCE

Autor práce: Ing. Michal Kubík

Název práce: Testování elektronických systémů automobilu

Předložená disertační práce je věnována studiu a rozvoji metod testování složitých elektronických celků, používaných v současných automobilech, automatizaci procesu testování a vytváření odpovídajících modelů okolí testovaných jednotek.

Za cíl práce si autor klade specifikaci testovací platformy pro danou sestavu řídicích jednotek (testovaného objektu), zvláště pak strategii HiL, její konfiguraci a vytvoření odpovídajících modelů řídicích jednotek.

Disertace se skládá z úvodu, šesti kapitol a závěru. Nakonec je uveden seznam použité literatury a tři přílohy. Celkem je napsána na 105 stránkách.

V úvodu (první kapitola) autor prezentuje svoji motivaci práce a cíle, které si vytyčil.

Druhá kapitola uvádí do problematiky současných metod testování a SW i HW prostředků, které se využívají. Čtenář je seznámen s různými druhy testů, jejich náročností, předpoklady a intuitivně i typy výsledků, kterých lze daným druhem testu dosáhnout.

Snahou autora je také podtrhnout rozdíly v testování různých typů obvodů, které se v elektronických subsystémech automobilů vyskytují, čímž jsou míněny číslicové obvody (kombinační nebo sekvenční), obvody analogové a také přímo celky, jako jsou například sběrnice. Tento popis je relativně povrchní a lze jej chápat jako rozšířený úvod. Otázkou je, zda jsou uvedené informace nutné pro pochopení zbytku práce.

Zbytek druhé kapitoly je věnován popisu metod testování té části programového vybavení, která zajišťuje funkcionalitu testovaného celku. Zde jsou velmi stručně zmíněny: *metoda tříd ekvivalence*, *metoda klasifikačního stromu*, *testy případů použití*, *metoda přechodu stavů*, *strukturální test*, *popř. modifikované pokrytí podmínek*.

Třetí kapitola má za úkol seznámit čtenáře se způsobem, jakým se v současnosti přistupuje k vývoji elektronických řídicích systémů. Je zde např. popsán klasický vodopádový model, spirálový model a V-model a z tohoto hlediska kapitola nepřináší nic nového.

Na závěr třetí kapitoly je vysvětlen princip testování HiL (Hardware in Loop), který v současné době představuje významný přístup pro testování v „reálném čase“ a jsou také uvedeny některé ekonomické úvahy, týkající se pořizovacích nákladů takového systému.

Čtvrtá kapitola nese název „Modelování dynamických systémů“. Autor se zde snaží na velmi elementárních příkladech (odporový dělič, RC článek) vysvětlit rozdíl mezi statickým a dynamickým systémem. Podobně zde lze nalézt i příklad sekvenčního logického obvodu,

který ale z hlediska dynamiky zůstává nezařazen. Uvedený příklad navíc není úplný a z hlediska použitého algoritmu není právě nejšťastnější. Jako vysvětlení důvodu zařazení této kapitoly by snad bylo možno chápat fakt, že se autor zároveň snažil na uvedených příkladech uvést čtenáře do problému testování pomocí prostředků Simulink a Modelica.

Pátá kapitola se opět věnuje popisu a to elektronických řídicích systémů automobilů různých tříd. Pozornost je věnována hlavně segmentaci celého elektronického systému, viz obr. 5.1 a obr. 5.3. a také popisu některých nových elektronických jednotek, kterými budou patrně v blízké budoucnosti automobily vybavovány.

Na celkem nenápadném místě odstavce 5.3 se čtenář dozví, které řídicí jednotky budou dále uvažovány pro testování. Jedná se o jednotku automatické klimatizace Climatronic a jednotku centrálního zamykání s alarmem. Popisu těchto jednotek je pak věnován zbytek kapitoly 5.

Šestá kapitola se zabývá technickými prostředky pro HiL. Autor zmiňuje pokus o vývoj vlastního testovacího systému (jeho popis se nachází v příloze A), jehož vývoj byl ale z různých důvodů zastaven. Pak se již věnuje popisu profesionálních testovacích systémů, jejich srovnání a vyhodnocení.

Sedmá kapitola představuje vlastní přínos autora a to modely okolí vybraných testovaných řídicích jednotek. Tyto modely byly vytvořeny pro systém dSPACE v prostředí Matlab Simulink. Současně byly v aplikaci ControlDesk navrženy ovládací a vizualizační panely. Jednotlivé modely jsou dokumentovány sérií obrázků, které vyjadřují propojení jednotlivých řídicích jednotek na signály simulovaného okolí. Modely jsou dokumentovány fyzikálními vztahy, které dokumentují některé teplotní závislosti (v případě jednotky Climatronic), podobně je tomu pak i u řídicí jednotky centrálního zamykání.

K práci mám několik kritických připomínek, které by měl student zodpovědět:

1. Na straně 67 se autor zmiňuje o možnosti implementovat specifické funkce v jazyce C a pak je zařadit do simulačního modelu. Nikde jsem ale v práci na uvedený postup nenarazil.
2. V kapitole 7 je také uvedena volba délky simulačního kroku 1 ms bez hlubší analýzy. V souvislosti s obsahem kapitoly 4 (popis dynamického systému odst. 4.2.2) bych očekával, že výstupem testů budou také nějaké dynamické projevy testovaného systému. Nic takového jsem v práci nenalezl.
3. Předpokládám, že např. v případě klimatizační jednotky by bylo zajímavé se dozvědět, že např. při určité venkovní teplotě dojde k dosažení požadované teploty uvnitř vozu za přiměřenou dobu.
4. Jednotlivé modely jsou vyjádřeny obrázkovou formou. Předpokládám, že by měla existovat i forma textová, včetně zahrnutí parametrů okolí. Tu jsem ale nikde nenalezl.
5. V kapitole 7 na straně 68 je velmi stručně uvedena celkem zásadní informace, a to 50% podíl kolegy na návrhu modelů okolí, které představují těžiště celé práce. Student by měl přesněji vymežit svoji část díla.

Po formální stránce je práce napsána přehledně a srozumitelně. Z hlediska teoretického je její přínos minimální, na druhé straně představuje konkrétní řešení konkrétního problému, který autor práce musel do detailů vypracovat.

Z hlediska rozvoje testovacích systémů by bylo možná přínosnější, kdyby se autor zabýval vlastní započatou koncepcí testovacího systému (příloha A), i když naděje na její prosazení je v současné době minimální. Mohl by tak v daleko větší míře uplatnit svoje myšlenky. To je ovšem obvykle v rozporu s požadavky zadavatele, který vyžaduje rychlé a standardní řešení.

Práce také navazuje na řadu publikací autora z uvedené oblasti, některé i mezinárodního charakteru.

Závěr:

Student by se měl uspokojivě vyjádřit k připomínkám, zvláště pak k bodu 5. Jinak předložená práce a výsledky, dle mého názoru, **prokazují tvůrčí schopnosti** autora a **splňují požadavky** kladeným na disertační práce doktorského studijního oboru: Elektronika, proto na tomto základě doporučuji disertační práci **Ing. Michala Kubíka** k obhajobě.



Doc. Ing. Vlastimil Vavříčka, CSc.

Plzeň 6. ledna 2012