

## Posudek oponenta disertační práce ing. Petra Bárty

### „Nové koncepty nadřazených řídicích systémů kolejových vozidel městské hromadné dopravy“

Předložená disertační práce ing. Petra Bárty se věnuje tématu řešení úlohy moderního nadřazeného řízení souprav tramvajových vozidel a je podloženo praktickou realizací na vozidlech v projektech Brno a Berlín.

V současné době je významným trendem provozovatelů kolejových vozidel městské hromadné dopravy preferovat více vozové soupravy. Jejich nasazováním do provozu se získává výrazně vyšší dopravní účinnost a snižují se poměrné náklady na přepraveného cestujícího na jednotku vzdálenosti. Využívání těchto vozidel pro provozovatele přináší řadu dalších témat, jako jsou:

- přenos dopravních informací pro cestující mezi dispečinkem a vozidlem
- průběžné sledování pohybu souprav, optimalizace provozu
- zajištění přenosu provozních i servisních informací v soupravě
- vzdálená diagnostika, plánování krátkodobých ošetření a oprav

To přináší stále větší nároky na objem a kvalitu přenášených informací a dat.

Z výše uvedených důvodů představuje předložená disertační práce významný příspěvek v oboru nadřazených řídicích systémů trakčních vozidel, zejména pak svým komplexním rozsahem – od vstupní analýzy, stanovení koncepce řešení, jeho praktickou realizaci, testy, zkoušky a finální nasazení na reálná vozidla. Zvolený komunikační standard EPL (Ethernet PowerLink) není pro tuto problematiku obvyklý (užívají se sběrnice CAN, WTB/MVB, SIBAS atp.) a představuje **inovativní řešení**. Rozpracované řešení nabízí do budoucna možnosti realizace i náročnějších úloh strategie SmartCity.

Disertační práce má toto přibližné členění: cca 15 % textu je věnováno popisu současného stavu problematiky a techniky (kapitola 2), třetina návrhu koncepce řešení řízení vozidla resp. soupravy (kapitoly 5 resp. 6), ¼ textu pak realizaci (kap. 7), testům (kap. 7, 8) a užití v projektech reálných vozidel MHD (kap. 8). Z uvedeného je zřejmé, že autor zaměřil těžiště textu své práce k dosažení **reálných výsledků** – což ostatně deklaroval i stanovením těchto cílů:

- návrh koncepce nadřazeného řídicího systému vozidla
- návrh spolupráce nadřazených systémů ve více vozových soupravách
- ověření navržených řešení praktickou realizací

Nicméně se domnívám, že by v úvodní kapitole (věnované popisu současného stavu techniky) bylo vhodné věnovat více prostoru tématu nadřazeného řízení *souprav* vozidel.

Disertant jako základ pro řešení stanovených cílů zvolil využití průmyslové verze komunikačního standardu dle IEEE 802.3 Ethernet PowerLink a technických prostředků z produkčního portfolia firem AmiT resp. Cegelec. Vycházel ze znalostí jiných sběrnice řešení (CAN/CANOpen, TCN). V rámci řešení byla navržena, zhotovena a testována jednotka CETVCE systému CETCOMM. Z popisu návrhu i realizace jsou zřejmé praktické znalosti autora z řešení problematiky (např. otázky propojovacích konektorů na spřáhlech: metody eliminace oxidace povrchu (užit přístup „fritting“, inspirovaný standardem WTB), otázka délky a frekvenčních parametrů kabelů síťových segmentů, atd.). Je nepochybné, že práce uvádí původní autorské výsledky.

Témata a otázky, ke kterým by bylo vhodné, aby se kandidát vyjádřil:

- Jsou odlišnosti vozidel MHD a železničních vozidel (např. příměstských jednotek) tak významné? Jaké by bylo ekonomické porovnání mezi zvoleným řešením (na bázi průmyslového Ethernetu) a „standardním drážním“ řešením dle TCN (WTB/MVB)?
- Lze porovnat *schéma* informačních toků (důležitost informace / objem dat – RT/NRT) pro uváděné typy vozidel v projektech Brno a Berlín – s jakým výsledkem?
- Pokud by bylo zvoleno řešení nadřazené řídicí vrstvy na bázi CAN, bylo by možno splnit požadavky kladené pro projekt Brno resp. Berlín? Jaká by to přinášelo *omezení*?
- Jsou známa některá další řešení uvedené problematiky se sběrnici na bázi průmyslového Ethernetu?
- Uváděný stavový diagram inaugurace sběrnice obsahuje hranu č. 4, její význam není zcela vysvětlen.
- Pokud dojde k výskytu chybových odpovědí při inauguraci, v jakém stavu se nakonec bude nacházet stavový diagram? Je úplný?
- Jednotka CETVCE má dle popisu rozhraní Ethernet určené pro NRT data. Bylo by možné (či za jakých podmínek) ji použít i v RT segmentu (např. obr. 5.3) síť?
- Závěrečná kapitola poněkud postrádá *explicitní* diskusi nad splněním jednotlivých bodů deklarovaných cílů práce (a to jednak z pohledu dosažených výsledků, tak z úhlu pohledu výhod resp. nevýhod zvolených postupů).

Vlastní text práce je psán dobrým českým slohem s minimem překlepů a jazykových chyb. K jistému grafickému zřehlednění práce (např. v kapitolách 6, 7) by dle mého názoru přispěla typografická úprava textů v tabulkách.

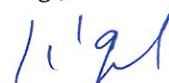
Uváděná publikační činnost autora je zčásti věnována odlišné problematice (z oblasti regulační techniky a regulace elektrických pohonů s dvojité napájeným strojem). Nicméně další práce autora (cca od roku 2007) již pak směřují do oblasti nadřazeného řízení trakčních výzbrojí a řízení kolejových vozidel fy. Cegelec (viz také **seznam realizovaných projektů**) – což jen podtrhuje praktickou orientaci disertanta.

Konkrétní a původní výstup práce disertanta je zřejmý – jde o navržení, otestování a úspěšné nasazení navržené mezivozové komunikace na reálných tramvajových vozidlech.

Předložená práce podle mého mínění splňuje požadavky kladené na disertační práci, a proto ji **doporučuji** k obhajobě.

V Předboji dne 28. 10. 2013

Dr. ing Jiří Gerlich



# **Oponentní posudek na disertační práci Ing. Petra Bárty na téma Nové koncepty nadřazených řídicích systémů kolejových vozidel městské hromadné dopravy**

## **1. Význam disertační práce pro obor**

Předložená práce je zaměřena na velmi dynamicky se rozvíjející oblast sběrníkových komunikací v dopravních prostředcích. Mikroprocesorová řídicí technika a pokročilé formy sběrníkových komunikací poskytují velmi široký prostor pro zdokonalování nejen systémů řízení a diagnostiky vozidel a vlakových souprav, ale i pro rozvoj komplexního inteligentního řízení rozsáhlých dopravních celků. Disertační práce Ing. Bárty je příspěvkem k řešení této problematiky zejména na úrovni komunikačních systémů pro řízení a diagnostiku tramvajových souprav. Předložené řešení nereprezentuje zcela obecné trendy vývoje sběrníkových komunikací v celém spektru drážních vozidel, lze jej ale chápat jako alternativu vycházející ze specifických poměrů současného provozu tramvajových vozidel a to jak po stránce technické, tak po stránce legislativní. Pro tuto oblast představují výsledky předložené práce řešení, které je v určitém časovém horizontu aplikovatelné jak po stránce technické funkčnosti, tak po stránce akceptovatelnosti ve schvalovacím procesu, v neposlední řadě jde evidentně o řešení cenově velmi příznivé.

## **2. Postup řešení problému, použité metody a splnění cílů práce**

Přístup disertanta k řešení dané problematiky je komplexní. V první části práce je proveden rozbor současného stavu řešení komunikačních sběrnic na drážních, zejména tramvajových, vozidlech. V další části práce je proveden návrh nové koncepce a architektury nadřazeného řídicího systému vozidla a jeho komunikačních struktur. Po stránce architektury je navržena kombinace kruhové topologie a topologie hvězda. Po stránce technických prostředků je navrženo použití průmyslového Ethernetu. Další část práce se detailněji orientuje na mezivozovou komunikaci v tramvajových soupravách. Je proveden principiální návrh funkčností mezivozové sběrnice, zejména s ohledem na tvorbu mezivozové sběrnice při sestavování soupravy vozidel, je navržena HW architektura komunikačního systému, jsou popsány funkčnosti SW komunikačních modulů. V poslední části práce jsou představeny dva reálné projekty tramvajových vozidel, na kterých byl disertantem navržený komunikační systém úspěšně aplikován. V závěru práce jsou rovněž prezentovány některé testy nového sběrníkového systému, jejichž výsledky demonstrují vlastnosti sběrnice jak po stránce technických parametrů, tak po stránce spolehlivosti. Jak bylo uvedeno výše, disertant se věnoval problematice velmi komplexně, počínaje analýzou současného stavu, přes koncepční návrhy, realizaci, zkoušky až po uplatnění v reálných projektech. Vytyčené cíle práce byly tímto splněny.

## **3. Stanovisko k výsledkům disertační práce a k původnosti řešení**

V práci prezentovaný koncept představuje původní řešení komunikační sběrnice pro tramvajová vozidla včetně její mezivozové úrovně. Tento koncept je implementován firmou Cegelec ve sběrnici CegNet. Sběrnice byla uplatněna na dvou projektech řídicích systémů tramvajů v městech Brno a Berlín. Úspěšné uplatnění výsledků disertační práce v reálných aplikacích je dokladem velmi dobrých předpokladů disertanta pro tvůrčí, vývojovou a vědeckou práci.

## **4. Formální úprava a jazyková úroveň disertační práce**

Po formální stránce je práce zpracována přehledně a pečlivě. Práce má logické uspořádání a dává dobrý přehled o zpracovávané problematice. Velmi dobrou úroveň mají obrázky a veškeré grafické části práce. Jen výjimečně lze v grafické části zaznamenat menší

srozumitelnost, například některé nevysvětlené zkratky v obr. 2.4. I když jsou v práci občasné překlapy a drobné jazykové chyby, lze po formální stránce práci hodnotit jako nadprůměrnou.

### 5. Publikační činnost disertanta


V disertační práci je uveden seznam, kde je 26 publikací, u kterých je Ing. Bárta spoluautorem. I když je samotný počet publikací dostatečný, není seznam publikací zcela vyvážený, neboť většina publikací se nevztahuje k tématu disertační práce a věnuje se problematice dvojitě napájeného elektrického stroje. S tématem disertace souvisí pouze 6 publikací na národních konferencích, ani jedna z těchto šesti publikací není tedy ani mezinárodní, ani v odborném periodiku. Podle mého názoru však tento nedostatek vyvažují nadprůměrné výsledky disertanta v realizační oblasti, kde se významně účastnil v projektech řídicích systémů pro tramvaje a trolejbusy, a to nejen v ČR, ale i v zahraničí.

K práci mám následující dotazy:

1. Zejména na str. 33 až 36 práce je uváděna argumentace pro použití sběrnice na bázi Ethernetu. Na str. 109 je uvedeno, že provedení sběrnice splňuje požadavky normy ČSN EN 50155. To je samozřejmě klíčová skutečnost. V oblasti drážních vozidel je zcela evidentní trend zpřísňování schvalovacích procesů a legislativy. Nakolik je koncepce nové sběrnice připravena v souladu s požadavky ČSN EN 50128 a ČSN EN 50129? V souvislosti s formulacemi perspektivních směrů dalšího výzkumu v závěru práce je na místě otázka: Je využití sběrnic na bázi Ethernetu na drážních vozidlech v kontextu se zpřísňující se legislativou perspektivní z hlediska delších časových horizontů?
2. Na str. 46 a 47 se jako zásadní důvod pro využití Ethernetu pro novou sběrnici uvádí nedostatečná přenosová kapacita sběrnic CAN a MVB. Tyto sběrnice se v současnosti běžně využívají i u složitějších železničních vozidel. Je přenosová kapacita těchto sběrnic pro jednodušší tramvajová vozidla skutečně nedostatečná?

Předloženou disertační práci **doporučuji k obhajobě a po jejím úspěšném obhájení doporučuji udělení titulu Ph.D.**

V Pardubicích dne 11.10. 2013

  
prof. Ing. Jaroslav Novák, CSc.

Západočeská univerzita v Plzni

Doručeno: 17.10.2013

ZCU 033447/2013

listy:4  
druh:

přílohy:



zcupesc70122

# Oponentní posudek disertační práce

Název: **Nové koncepty nadřazených řídicích systémů kolejových vozidel městské hromadné dopravy**

Autor: **Ing. Petr Bárta**

Školitel: prof. Ing. Zdeněk Peroutka, Ph.D.

Oponent: doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.  
Katedra elektroniky  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
VŠB-Technická univerzita Ostrava  
17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba  
Tel. 597 324 276, e-mail: [petr.palacky@vsb.cz](mailto:petr.palacky@vsb.cz)

Předložená disertační práce se v rozsahu 130 stran věnuje problematice nadřazených řídicích systémů vozidel s více soupravami, jejich komunikací s autonomními jednotkami regulátorů ve vozidle i mezi vozy soupravy. Dosažené výsledky jsou v práci dokumentované jednak pomocí testovacích programů vyvinuté jednotky a jednak experimentálními ověřeními ve zkušebním provozu mezivozové komunikace několika typů vozových souprav. Obsahově je práce rozdělena do dvanácti kapitol včetně seznamu literatury, autorových publikací a příloh. Dle doporučení pro zpracování oponentských posudků hodnotím uvedenou práci z následujících hledisek:

## a) Zhodnocení významu disertace pro obor

Téma disertační práce je velice aktuální, neboť je zaměřeno do oblasti elektromobility jejíž význam se v poslední době dostává do popředí zájmu výzkumu. Obzvláště v městských oblastech se v dnešní době připravuje infrastruktura pro nasazení i akumulátorových typů vozidel. Vzhledem ke zvyšujícím se nárokům na snížení spotřeby energií, zlepšování informovanosti cestujících ale i dispečinku o aktuálnosti dopravní situace a polohy vozidla a také možné diagnostiky poruch těchto vozidel, rostou také požadavky na nadřazené řídicí systémy vozidla. Tyto požadavky plynou ze stále zvětšující se elektronizace vozidla a tím i z nároků na bezchybnou komunikaci těchto zařízení. Vzhledem k tomu, že se práce věnuje právě problematice komunikace nadřazeného systému s dalšími technologickými celky ve vozidle, považuji její význam pro obor za zcela zásadní.

## b) Vyjádření k postupu řešení problému, použitým metodám a ke splnění stanoveného cíle

Zvolený postup řešení je dle mého názoru plně v souladu s obecnými zvyklostmi i se stanovenými cíli.

Vlastní řešení je obsahem kapitol 5 až 8. Práce je logicky členěna od úvodu do problematiky nadřazených řídicích systémů vozidel městské hromadné dopravy spolu s popisem současného stavu, přes návrh konkrétní koncepce řídicího systému a řešení vozové

komunikace, až k realizaci konkrétního vzorku jednotky vozové komunikace. Navržená a realizovaná řešení jsou pak následně experimentálně ověřena v reálném provozu na různých soupravách. Tím jsou naplněny i cíle disertační práce.

Některé uvedené metody jsou známé a v dostupné literatuře zpracované, některé naopak nejsou běžně publikované a v praxi ověřené.

### **c) Stanovisko k výsledkům disertační práce a původního konkrétního přínosu disertanta**

Disertační práce se zaměřuje především na řešení nové koncepce nadřazeného řídicího systému kolejových vozidel městské hromadné dopravy a vzájemné komunikace řídicích systémů při spojení vozidel do vícevozových souprav. V úvodních částech je zde velmi dobře popsán současný stav struktur nadřazených řídicích systémů s uvedením jejich výhod a nevýhod s možností modifikace jejich řešení s ohledem na spolupráci těchto systémů u vícevozových souprav, vzdálený monitoring vozidla a taktéž na inteligentní dopravní systémy. Součástí úvodních částí je také popis rozhraní průmyslový Ethernet pro použití v RT systémech. Hlavní částí práce se zabývají návrhem nové koncepce nadřazeného řídicího systému vozidla s ohledem na současné trendy vývoje požadavků, jako jsou již zmíněné monitoring a diagnostika pomocí bezdrátového přenosu dat. Dále pak řeší spolupráci těchto systémů ve vícevozových soupravách. Autor zde podrobně rozebírá princip nové mezivozové sběrnice založené na sběrnici Ethernet. Uvádí zde jednotlivé principy příjmu a vysílání zpráv spolu s popisem komunikačních protokolů. Součástí je taktéž návrh a realizace konkrétní jednotky mezivozové sběrnice CETVCE s využitím řídicího systému CECOMM. Pro tuto jednotku vyvinul algoritmy. Za disertabilní jádro a tedy i konkrétní přínos disertanta považují právě navržené algoritmy komunikace po sběrnici Ethernet mezi jednotlivými moduly a procesu inaugurace mezivozové sběrnice. Realizovaná jednotka spolu s programovým vybavením byla pak následně experimentálně testována v laboratorním prostředí s hlediska zpoždění přenosu dat, virtuálního propojení konektorů mezivozové sběrnice a stability systému. Stejně tak bylo provedeno testování v reálných tramvajových soupravách. Navržené principy komunikace mohou sloužit pro další vývoj v oblasti průmyslové komunikace.

Poznámky k disertační práci a otázky pro disertanta v žádném případě nesnižují úroveň této práce a slouží především k diskusi při obhajobě.

### **d) Vyjádření k systematičnosti, přehlednosti, formální úpravě a jazykové úrovni**

Disertační práce má velmi dobrou formální úroveň. Jednotlivé kapitoly práce vytvářejí logickou návaznost řešených problémů umožňující dobré seznámení se s danou problematikou. Jazyková stránka práce má velmi vysokou úroveň, v práci se v podstatě nevyskytují jazykové nebo gramatické chyby, vysokou úroveň má rovněž grafické zpracování práce. V práci však postrádám detailnější blokovaná schéma celkové struktury systému, jehož součástí je realizovaná jednotka.

### **e) Vyjádření k publikacím disertanta**

Seznam publikací disertanta je uveden v kapitole 11 na stranách 122 až 124. Obsahuje celkem 26 titulů, na stranách 124 a 126 jsou uvedeny realizované projekty. Všechny uvedené projekty se zabývají problematikou, na které je postaveno jádro disertační práce.

## f) Doporučení

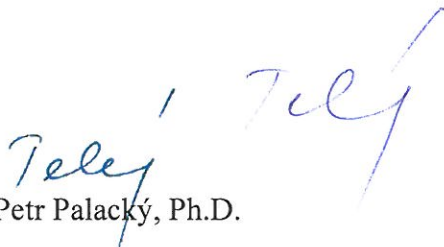
Disertační práce obsahuje řadu nových poznatků k problematice nadřazených řídicích systémů kolejových vozidel městské hromadné dopravy, jejich komunikace s autonomními jednotkami vozidel a mezivozové komunikace u vícevozových souprav.

Vzhledem k vysoké odborné úrovni, významnému přínosu pro obor a takéž preciznímu zpracování, disertační práci Ing. Petra Bárty s názvem „Nové koncepty nadřazených řídicích systémů kolejových vozidel městské hromadné dopravy“

*doporučuji k obhajobě*

a v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb. o vysokých školách, doporučuji po úspěšné obhajobě udělit titul Ph.D.

V Ostravě, dne 4. 11. 2013

  
doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.

VŠB-Technická univerzita Ostrava  
Fakulta elektrotechniky a informatiky  
Katedra elektroniky

## **Příloha**

### **Poznámky a dotazy k doktorské disertační práci**

1. Jakým způsobem je řešeno rozhraní mezi deterministickou a stochastickou částí sběrnice Ethernet?
2. Jak je ošetřena ztráta komunikace mezi vozovými nadřazenými systémy v případě poruchy na mezivozové sběrnici?
3. Jakým způsobem bude postupováno vzhledem k SIL certifikaci?