

Popis obsahu balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Vedoucí konsorcia podílející se na pracovním balíčku

České vysoké učení technické v Praze, zodpov. osoba doc. Ing. Pavel Mindl, CSc.

Členové konsorcia podílející se na pracovním balíčku

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava doc. Z. Foltá, dále z ČVUT Fakulta strojní – doc. J. Chyský, Fakulta dopravní Ing. J. Sadil.

Hlavní cíl balíčku

Sestavení spolehlivé simulační procedury, využívající experimentálně zjištěná data a parametry jednotlivých elektrických součástí pohonu (motory, frekvenční měniče, atd.). Problematika návrhu a výpočtů mechanických děličů výkonu založených na ozubených kolech zejména formou planetových převodů. Výzkum a optimalizace regulačního systému automobilního trakčního synchronního motoru s permanentními magnety zohledňujícího specifika elektrického pohonu pro silniční vozidla.

Dílčí cíle balíčku pro nejbližší období

Experimentálně ověřit programové prostředky. Vyvinuté řídicí a optimalizační procedury otestovat na reálném elektrickém pohonu. Základní programové prostředky zdokumentovat do

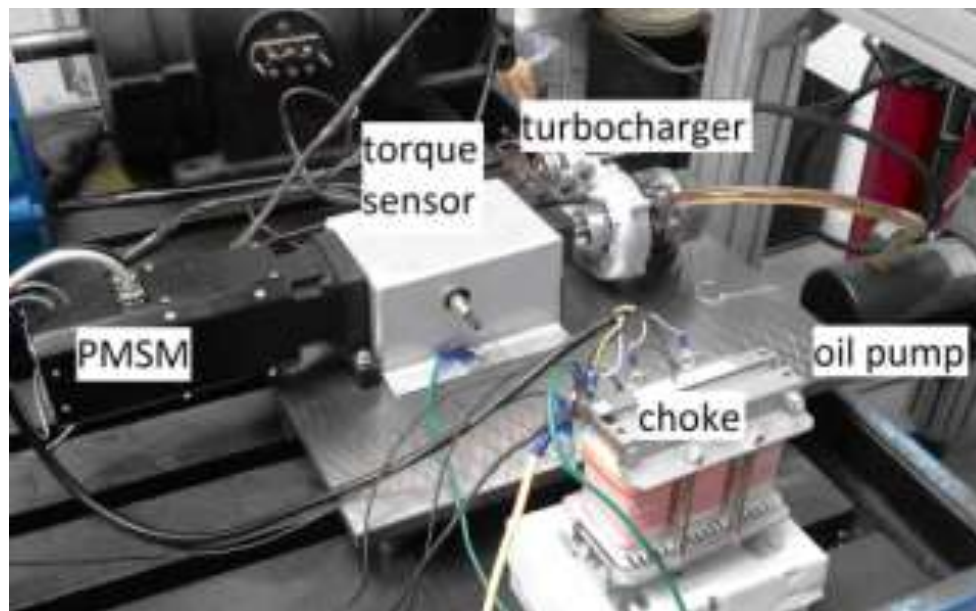
Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Měření a analýza dat vybraných perspektivních motorů pro použití v elektrickém pohonu vozidel a stanovení jejich bezpečné provozní oblasti. - doc. Chyský FS

Byl proveden výběr a analyzovány kritické stavy vybraných elektrických motorů.

Bylo zkoumáno řízení vysokootáčkového motoru z hlediska možnosti bezsenzorového vyhodnocení úhlového natočení rotoru.

Dále byly práce zaměřeny na vývoj prostředků pro řízení vysokootáčkových pohonů v reálném čase na bázi programovatelných polí (FPGA).



Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

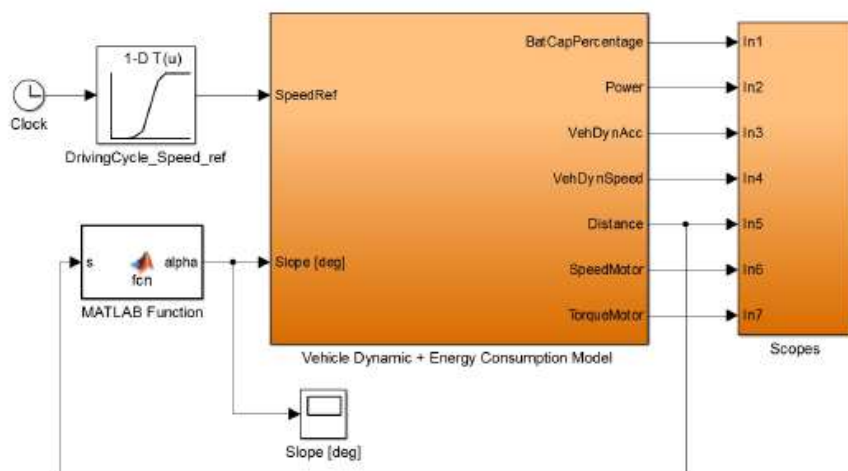
Vývoj a experimentální verifikace simulačního programu pro elektrické a hybridní pohonné systémy. doc. Mindl FEL

Byl zpracován a simulačně odladěn program pro řízení momentu elektrického pohonu automobilu v hardwarovém a softwarovém prostředí dSpace. Vstupními veličinami řídicího programu jsou informace o aktuální poloze a profilu předpokládané jízdní dráhy (zatím zadávané ve formě tabulky, do budoucna získávané z cloudu). Cílem řešení je minimalizace spotřeby energie akumulátoru a maximalizace dojezdu vozidla. Experimentální verifikace se připravuje na modelovém pohonu na pracovišti VTP Roztoky.



Ukázka výstupního panelu simulace jízdy elektromobilu v programovém prostředí dSpace ControlDesk

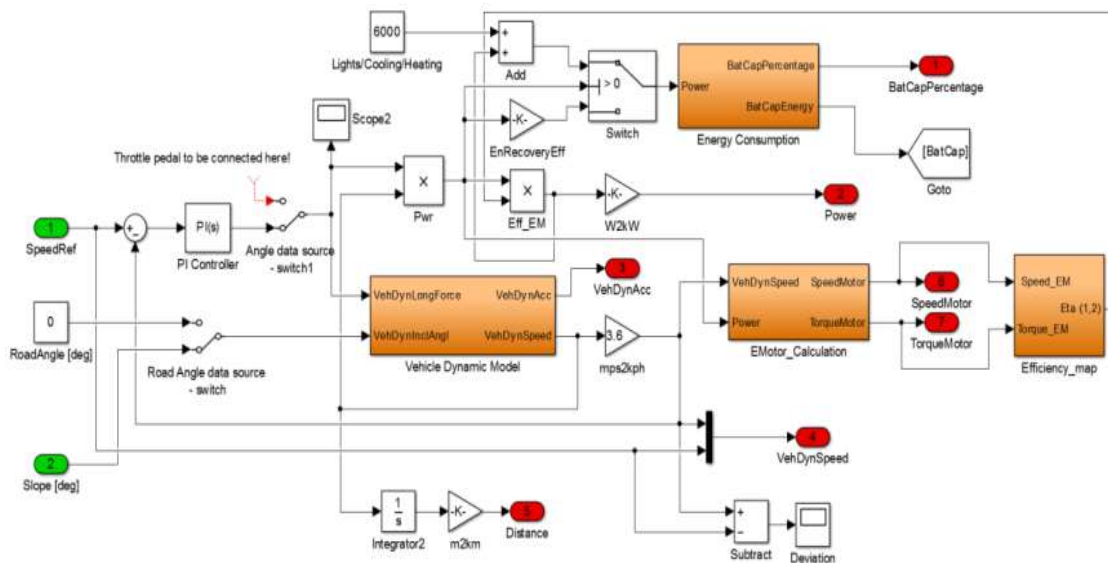
Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla



Model vozidla se vstupy pro zadávání jízdní trasy a požadované rychlosti jízdy.

Výstupy jsou údaje o zbytkové kapacitě baterie, okamžitém výkonu, rychlosti akceleraci, ujeté vzdálenosti, otáčkách a momentu motoru.

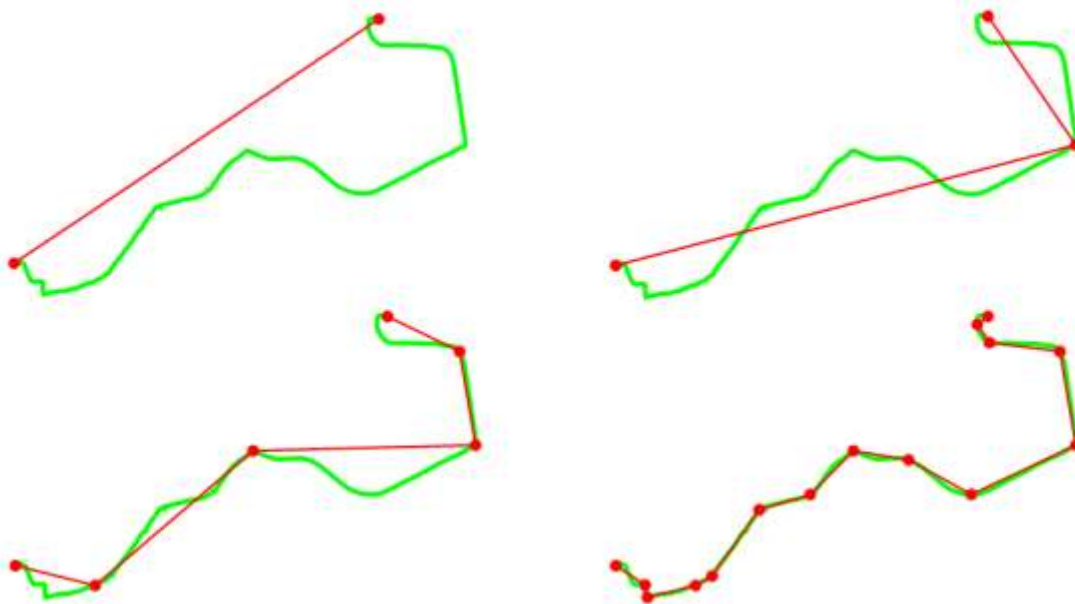
Informace o momentu je použitelná pro řízení elektropohonu.



Obr. 6 Subsystém Vehicle Dynamic + Energy Consumption model

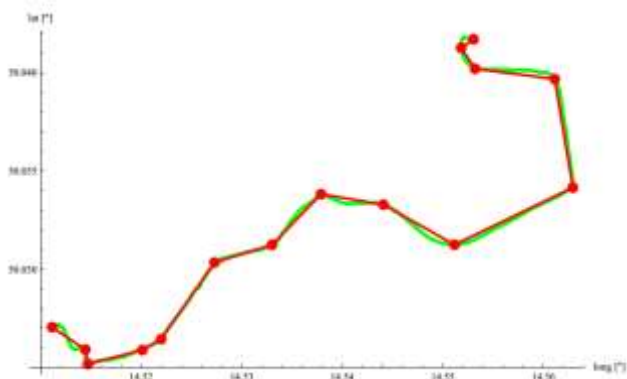
Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

- Řešené dílčí problémy
- 1. Vývoj a implementace algoritmu pro zpracování dat z GPS senzoru
 - Rekurzivní algoritmus hledající aproximaci křivky křivkou definovanou méně body, než původně
 - Algoritmus má parametr tolerance ϵ definující vzdálenost od úsečky, která bude tolerována.

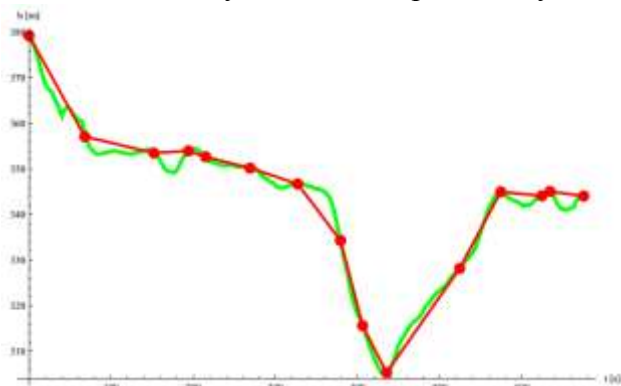


Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Implementace algoritmu pro zpracování dat z GPS senzoru – výsledky algoritmu



Diskretizovaný horizontální profil trasy



Diskretizovaný vertikální profil trasy

*Časová náročnost
výpočtu parametrů
trasy v závislosti
na hustotě zlomových
bodů a velikosti
odchylky ϵ od skutečné
trasy*

$$n_1 = 676, n_2 = 1105$$

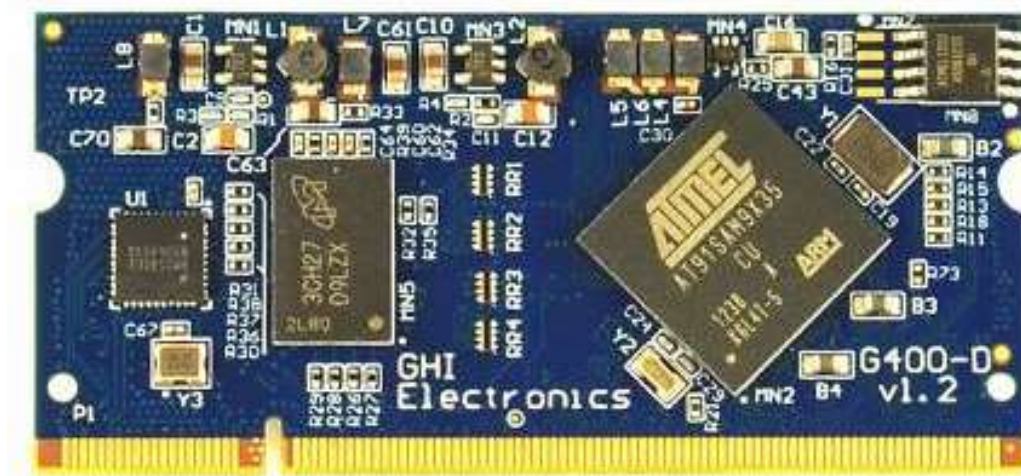
ϵ	n_1		n_2	
	Redukce	Čas	Redukce	Čas
$1 \cdot 10^{-5}$	37,5 %	6,7 s	7 %	21,5 s
$5 \cdot 10^{-5}$	84,3 %	3,5 s	69,8 %	8,5 s
$1 \cdot 10^{-4}$	91,1 %	3 s	81,4 %	7 s
$3 \cdot 10^{-4}$	95,3 %	2,5 s	90,8 %	5,7 s

Trajectory	Elevation	Length	Distance traveled	Speed	Angle	Elevation rate
STRAIGHT	DOWN	0.268	0	25.8	0	8.9
CURVE	NONE		0.268	22.5	51	0
STRAIGHT	DOWN	0.084	0.268	33.0	0	4.9
CURVE	NONE		0.352	41.2	77	0
STRAIGHT	NONE	0.394	0.352	35.8	0	0
CURVE	NONE		0.746	37.5	9	0
STRAIGHT	NONE	0.147	0.746	46.2	0	0
CURVE	NONE		0.893	38.0	20	0
STRAIGHT	NONE	0.576	0.893	39.5	0	0
CURVE	NONE		1.468	42.9	27	0
STRAIGHT	NONE	0.422	1.468	26.1	0	0
CURVE	NONE		1.889	28.3	19	0
STRAIGHT	DOWN	0.450	1.889	31.1	0	2.4
CURVE	NONE		2.334	10.9	33	0
STRAIGHT	DOWN	0.447	2.339	27.5	0	4.4
CURVE	NONE		2.787	30.1	11	0
STRAIGHT	DOWN	0.553	2.787	50.2	0	2.1
CURVE	NONE		3.339	52.9	30	0
STRAIGHT	UP	0.900	3.339	68.7	0	2.6
CURVE	NONE		4.239	47.6	94	0

Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Vývoj algoritmu pro optimalizaci volby poháněcího momentu motoru (sešlápnutí plynového pedálu) optimalizující účinnost elektrického pohonu. Horizontální i vertikální trajektorie pohybu vozidla je předem známa.

Algoritmus implementován v C# užitím .NET microFramework pro embedded modul G400 firmy GHI Electronics

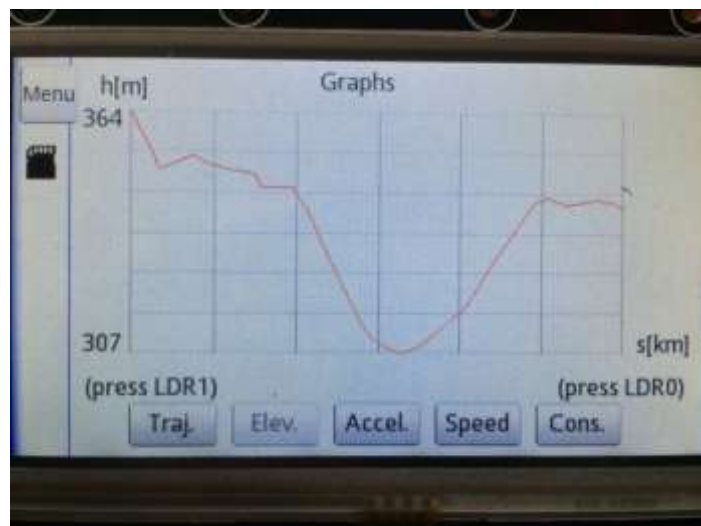


- Kritérium pro maximální dobu výpočtu proložení trasy a optimalizace jízdy (s ohledem na požadovaný čas průjezdu trasy) – **30 sekund při predikované trase v délce cca 2 km**
- Vstupní data o trajektorii jsou předzpracována výše uvedeným algoritmem
- Použit zjednodušený nelineární model vozidla

Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Výsledky algoritmu

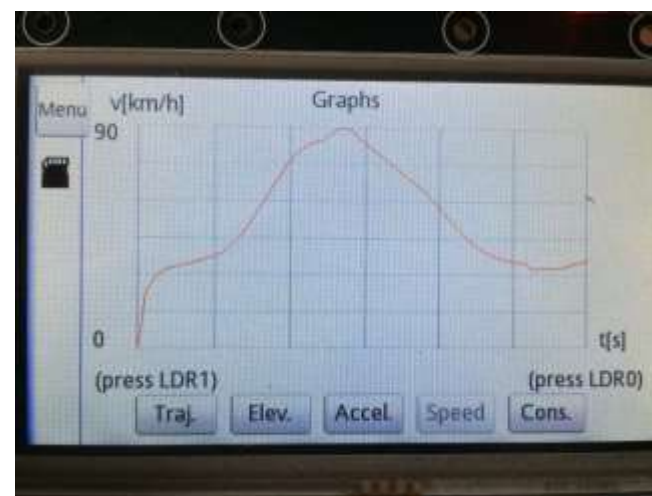
Alfa- požadovaný krouticí moment



Výškový profil trasy

Vytvořený program umožňuje optimalizovat energetickou spotřebu elektrického pohonu využitím akumulované kinetické energie vozidla a predikce vertikálního profilu jízdní trasy při respektování požadavku na rychlost jízdy.

Rychlostní profil trasy



Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Systém rychlé kontroly koncepce návrhu pohonu a jeho proveditelnosti. (VŠB-TUO) – prof. Němček

V rámci komplexního posouzení jak nově navržených diferenciálů osobních automobilů tak aplikací pro dělení výkonu hybridního pohonu a jeho rychlé kontroly, byla vytvořena skupina 3 podpůrných programů.

Jde o programy:

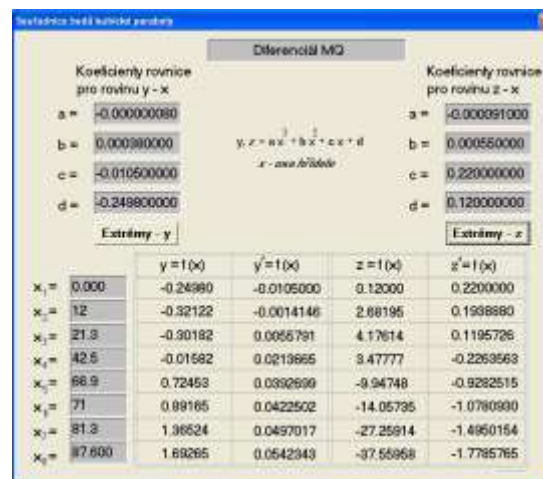
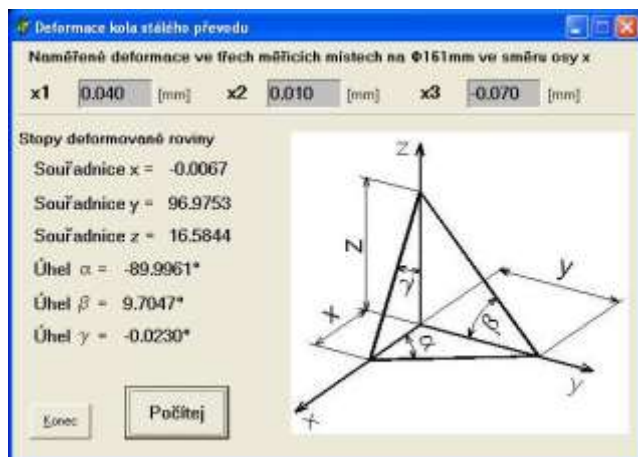
PRUHYBY, který z naměřených dat deformací hřídele ve dvou rovinách na sebe kolmých vykresluje průhybovou křivku (kubická parabola) a počítá i úhel jejího sklonu v požadovaném místě.

ROVINA z naměřených tří bodů na velkém kole stálého převodu diferenciálu program počítá souřadnice roviny procházející těmito body. Tato rovina je rovinou velkého kola stálého převodu. Tato data jsou také nezbytná pro tvorbu modifikací funkčních ploch boků zubů ozubených kol stálého převodu (převodovka – diferenciál).

REGRESE. Umožňuje provádět aproximace naměřených a graficky znázorňovaných dat. Program má celou řadu grafických možností.

Umí prokládat až 256 bodů lineární funkcí, exponenciální funkcí, Lagrangeovou aproximací a polynomickou funkcí libovolného stupně.

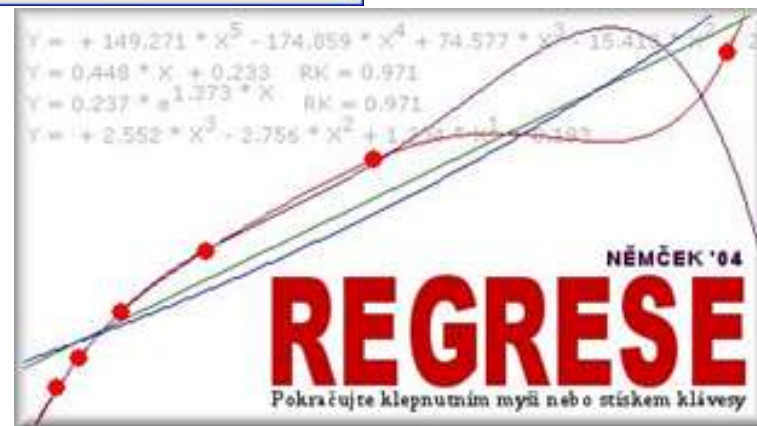
Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla



Vstupní okno programu PRŮHYBY

Vstupní okno programu ROVINA

Uvedené programy vedou k efektivnímu návrhu mechanických převodových systémů využitelných při konstrukci diferenciálů a mechanických děličů výkonu v hybridních pohonech. Směřují tak k naplnění cíle – optimalizace elektrických a hybridních pohonů automobilů a jejich rychlé kontroly proveditelnosti.



Program REGRESE

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Plnění dílčích cílů, milníků a výstupů

Na základě teoretických a experimentálních postupů bylo dosaženo zamýšlených cílů. Byly analyzovány kritické provozní stavy pohonů elektromobilů, využívajících synchronní motory s permanentními magnety, zejména pak rizik jejich demagnetizace.

Byla navržena optimalizovaná strategie řízení elektrického motoru, určeného pro pohon elektromobilu. Její součástí je návrh a realizace metody řízení elektrického pohonu automobilu na základě predikce výkonových a momentových nároků jízdní trasy s optimalizací energetické spotřeby při dosažení požadovaných dob průjezdu. Metoda je implementována v programovém prostředí Matlab Simulink.

Pro potřebu rychlé kontroly proveditelnosti dílčích částí pohonu elektrických a hybridních vozidel byl vytvořen soubor programů, umožňujících z naměřených dat deformací hřídele ve dvou rovinách na sebe kolmých vykreslit průhybovou křivku a vypočítat úhel jejího sklonu v požadovaném místě (program PRUHYBY). Z naměřených tří bodů na velkém kole stálého převodu diferenciálu vypočítat souřadnice roviny procházející těmito body (program ROVINA). REGRESE. Umožňuje Provádět aproximace naměřených a graficky znázorňovaných dat (program REGRESE).

Všechny výše uvedené cíle směřují k dosažení optimalizovaného návrhu konstrukce a řízení vozidel s elektrickým či hybridním pohonem a maximalizaci jeho dojezdu.

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

WP18V003: Popis kritických stavů vybraných elektrických motorů. Výstup: X-jiné

- Flah, A. - Novák, M. - Lassaad, S - Novák, J.: Estimation of motor parameters for an electrical vehicle application. In: International Journal of Modelling, Identification and Control. 2014, vol. 22, no. 2, p. 150-158. ISSN 1746-6172.
- Novák, M. - Novák, J. - Schmirler, M.: Combined-Heat and Power Generator with High-Speed Permanent Magnet Synchronous Machine. In: Proceedings of the 2014 International Conference on Electrical Machines (ICEM). Berlin: IEEE, 2014, p. 2519-2524. ISBN 978-1-4799-4775-1.
- Novák, Z. - Novák, M. - Chyský, J.: Development Of A FPGA-Based Speed Control Of Permanent Magnet Synchronous Motor. In: Sborník příspěvků ze semináře Nové metody a postupy v oblasti přístrojové techniky, automatického řízení a informatiky 2014. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2014, p. 60-64.
- Novák, Z. - Chyský, J. - Novák, M.: FPGA-Based V/F Control Of Permanent Magnet Synchronous Motor. In: Mezinárodní konference učitelů elektrotechniky SEKEL 2014, sborník příspěvků. Prague: Czech University of Agriculture, 2014, p. 54-59. ISBN 978-80-213-2480-0.

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

WP18V004: Algoritmus řízení elektrického nebo hybridního pohonu vozidla.

Výstup: SW

Vypracován a simulačně odladěn optimalizační program pro řízení elektrického pohonu automobilu, jehož součástí je:

- Vývoj algoritmu pro optimalizaci řízení elektrického pohonu optimalizující spotřebu elektrické energie.
- Vývoj a implementace algoritmu pro zpracování dat z GPS senzoru.
- Implementace řídicího algoritmu v C# užitím .NET microFramework pro embedded modul G400 firmy GHI Electronics

Publikační výstup:

Haubert, T., Mindl, P., Čeřovský, Z.: Design of Control and Switching Frequency Optimization of DC/DC Power Converter for Super-capacitor

Článek v impaktovaném časopisu AUTOMATICA (v recenzním řízení)

Plnění cílů, milníků a výstupů, splněné výsledky balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Přehled splatných výsledků a jejich plnění

WP18V005: Kontrolní výpočet návrhu pohonu a jeho proveditelnosti.

Výstup: SW

Pro kontrolu základní komponenty hybridního pohonu – děliče výkonu, převodovky a diferenciálu byla vytvořena skupina programů PRUHYBY, ROVINA, REGRESE, umožňující operativně propočítávat jejich různé převody.

Tato skupina doplňuje a kompletuje dříve vytvořený program PLANETA.

Celkově výstupy balíčku WP18 představují komplex SW nástrojů, jejichž implementací v reálném pohonu bude dosaženo úspory jejich energetických nároků. (Dle kvalifikovaného odhadu 5 – 10 % v závislosti na vertikálním profilu projížděné trasy).

Teoretické a SW výstupy jsou výchozím materiálem pro využití v dalších pracovních balíčcích, zejména pak ve WP19.

Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Návrh dalšího postupu včetně návrhů na spolupráci a realizaci výstupů

WP18 v roce 2014 končí. Jeho výstupy budou dále používány zejména ve WP19 a dalších pracovních balíčcích.

Budou zpracovávány podklady pro vklad do DASY.

Existuje těsná návaznost na WP 19 – aplikace SW na reálném pohonu elektromobilu na experimentálním pracovišti VTP Roztoky a následná aplikace ve funkčním vzorku elektromobilu, realizovaném ve Škoda –Auto. (Tým Ing. Nedomy

Děkuji všem spolupracovníkům, podílejícím se na řešení WP18.

S řadou z nich se těším na pokračování spolupráce při řešení problémů ve WP19.

Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Přílohy

Výstupy, realizované v rámci potřeby dosažení plánovaných cílů, které nebyly původně plánovány.

Nová metoda

Čeřovský Z.: NOVÁ METODA EXPERIMENTÁLNÍHO URČENÍ REAKTANCÍ (INDUKČNOSTÍ) V PODÉLNÉM A PŘÍČNÉM SMĚRU SYNCHRONNÍCH STROJŮ S PERMANENTNÍMI MAGNETY.

Nová metoda umožňuje stanovit vlastní indukčnost statorového vinutí v podélné a příčné ose přímým experimentem. Přínosem metody je skutečnost, že je použitelná na všechna dnes známá konstrukční uspořádání permanentních magnetů bez ohledu na použitý materiál permanentních magnetů. (Plastické ferro-durrové materiály, Sintrované ferro-durrové materiály, Sintrované materiály ze vzácných zemin a podobné.)

Článek v odborném časopisu

Lesso,M- Sadil,J.: Analýza a návrh aplikace akumulátorů pro elektromobil
ELEKTRO 6/2013

Popis plnění balíčku WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla

Děkuji za pozornost

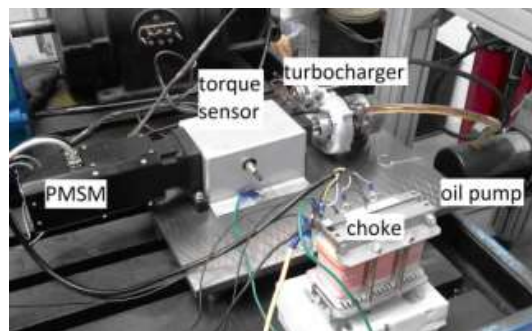
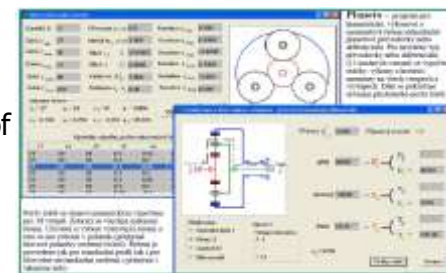
Za WP 18 Pavel Mindl, ČVUT v Praze

Abstract of WP18:Development and design of electric transmissions and components (motors, frequency converters, energy accumulators) for automotive –Achieved 2012-2014



Experimental stand for electric drive components testing. (ČVUT Praha 2012) Construction and introduction to the services of experimental testing bench for electrical and mechanical parameters of electric motors. Tested motors are determinate for electric cars main drives. Nominal power of tested device 80 kW.

Design od Methodology for power splitting on the basis of the real driving power load spectrum of the e-mobile. (VŠB-TUO 2013) Design and calculation of mechanical power splitters based on the planetary gears.

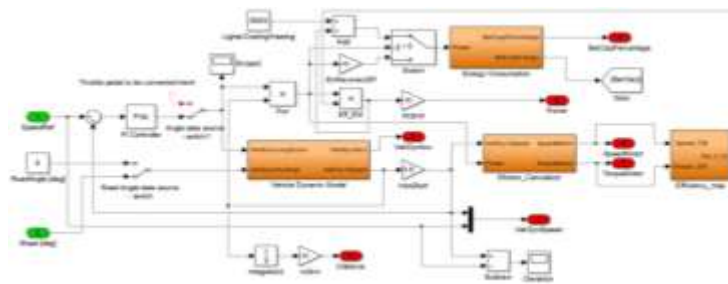


Critical states of selected electric motors description. (ČVUT Praha 2014)

Flah, A. - Novák, M. - Lassaad, S - Novák, J.: Estimation of motor parameters for an electrical vehicle application. In: International Journal of Modelling, Identification and Control. 2014, vol. 22, no. 2, p. 50-158. ISSN 1746-6172.

Fast system of the drive conception proposal and his practicability verification. (VŠB-TUO)

Electric or hybrid car drive control algorithm (ČVUT Praha 2014) It was created and debugged optimization program for electric car drive. Its implementation is given in embedded modulus G400 GHI Electronics company.

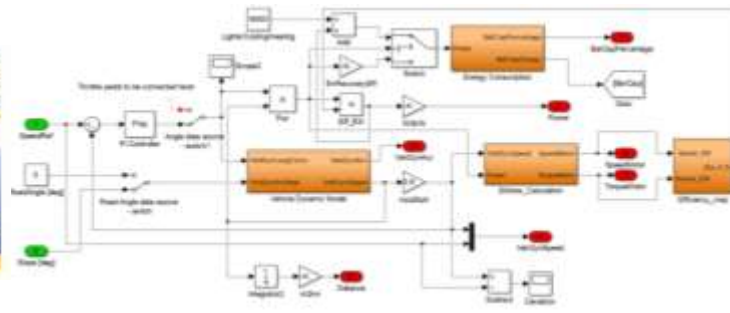
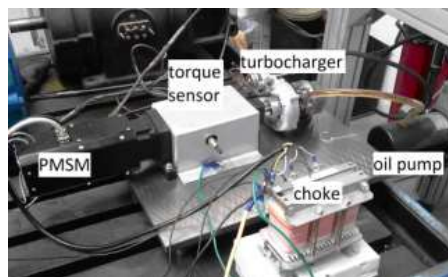


Obr. 6 Subsystém Vehicle Dynamic + Energt Consumption model



Parameter	Value	Unit
α_1	0.0001	1/s
α_2	0.0001	1/s
α_3	0.0001	1/s
α_4	0.0001	1/s
α_5	0.0001	1/s
α_6	0.0001	1/s
α_7	0.0001	1/s
α_8	0.0001	1/s
α_9	0.0001	1/s
α_{10}	0.0001	1/s

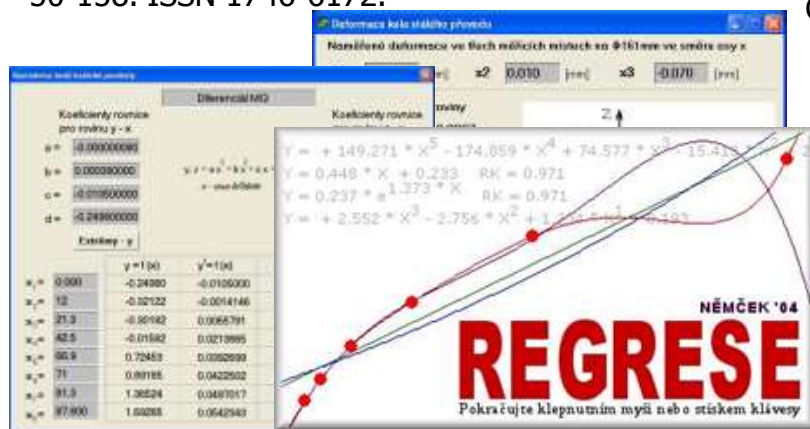
Výtah z prací 2014 na WP18: Vývoj a návrh elektrických přenosů a jejich komponent (motory, frekvenční měniče, akumulátory energie) pro silniční vozidla



Obr. 6 Subsystém Vehicle Dynamic + Energt Consumption model

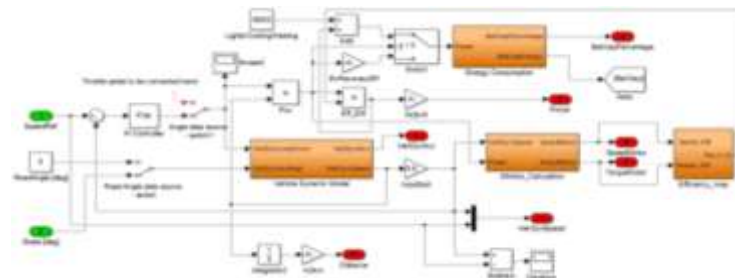
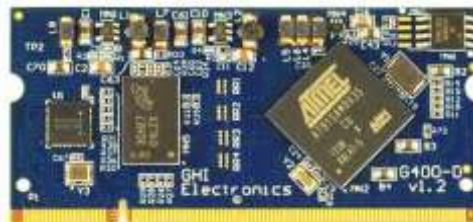
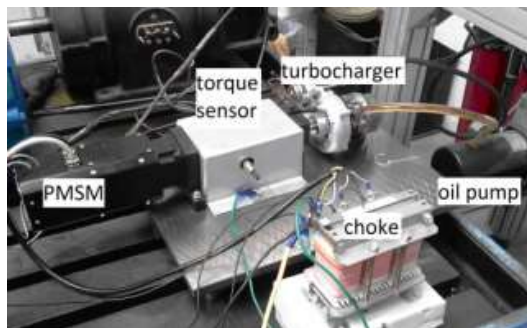
Popis kritických stavů vybraných elektrických motorů. (ČVUT Praha 2014) Publikace: Flah, A. - Novák, M. - Lassaad, S - Novák, J.: Estimation of motor parameters for an electrical vehicle application. In: International Journal of Modelling, Identification and Control. 2014, vol. 22, no. 2, p. 50-158. ISSN 1746-6172.

Algoritmus řízení elektrického nebo hybridního pohonu vozidla. (ČVUT Praha 2014) Vypracován a simulačně odladěn optimalizační program pro řízení elektrického pohonu automobilu. Jeho implementace v embedded modulu G400 firmy GHI Electronics.



Systém rychlé kontroly koncepce návrhu pohonu a jeho proveditelnosti. (VŠB-TUO). Byly vytvořeny programy: PRUHYBY, který z naměřených dat deformací hřídele ve dvou rovinách na sebe kolmých vykresluje průhybovou křivku (kubická parabola) a počítá i úhel jejího sklonu v požadovaném místě. ROVINA z naměřených tří bodů na velkém kole stálého převodu diferencíálu program počítá souřadnice roviny procházející těmito body. REGRESE. Umožňuje provádět aproximace naměřených a graficky znázorňovaných dat. Program má celou řadu grafických možností.

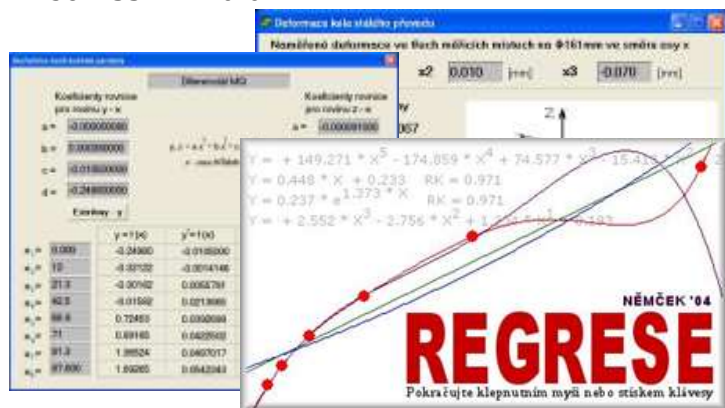
Abstract of WP18: Development and design of electric transmissions and components (motors, frequency converters, energy accumulators) for automotive – Achieved 2012-2014



Obr. 6 Subsystém Vehicle Dynamic + Energt Consumption model

Critical states of selected electric motors description.
(ČVUT Praha 2014)

Flah, A. - Novák, M. - Lassaad, S - Novák, J.:
Estimation of motor parameters for an electrical vehicle application. In: International Journal of Modelling, Identification and Control. 2014, vol. 22, no. 2, p. 50-158. ISSN 1746-6172.



Electric or hybrid car drive control algorithm (ČVUT Praha 2014) It was created and debugged optimization program for electric car drive. Its implementation is given in embedded modulus G400 GHI Electronics company.

Fast system of the drive conception proposal and his practicability verification. (VŠB-TUO). Three new programs has been created. PRUHYBY – from the shaft deformation data, measured in two mutually perpendicular planes calculates flexural curve and calculates its degree of incline.

ROVINA – from the three measured points on the big wheel of differential gear calculates coordinates of the plane, given by this three points.

REGRESE – Calculates approximation of measured and graphically expressed data.