

Dvouzdrojová vozidla pro regionální železnici

U3V – DFJP Pardubice
14. 11. 2017

Ing. Tomáš Lelek, Ph.D.



Obsah

- 1) Úvod
- 2) Popis dvouzdrojového vozidla s akumulátorem a jeho význam
- 3) Historický vývoj provozu akumulátorových a dvouzdrojových vozidel
- 4) Výzkum v oblasti dvouzdrojových vozidel na dopravní fakultě Jana Pernera:
 - a) Simulace jízdy vozidla – potvrzení životaschopnosti koncepce
 - b) Regulační algoritmy pro zvýšení účinnosti pohonné řetězce vozidla
- 5) Závěr

Úvod

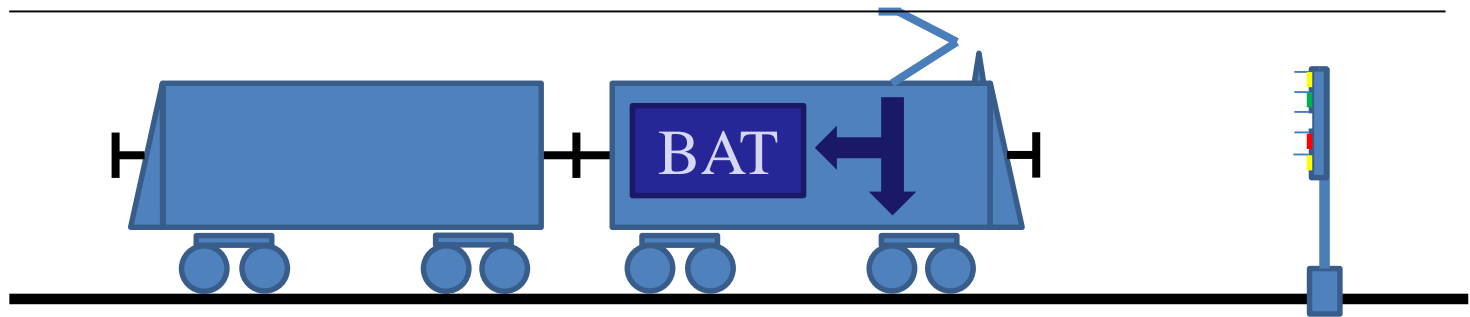
Dvouzdrojovým železničním vozidlem typu sběrač / akumulátor se rozumí vozidlo, jehož trakční i netrakční spotřeby jsou kryty z trolejového vedení nebo z trakční baterie – akumulátoru elektrické energie.

Motivace pro konstrukci takového vozidla:

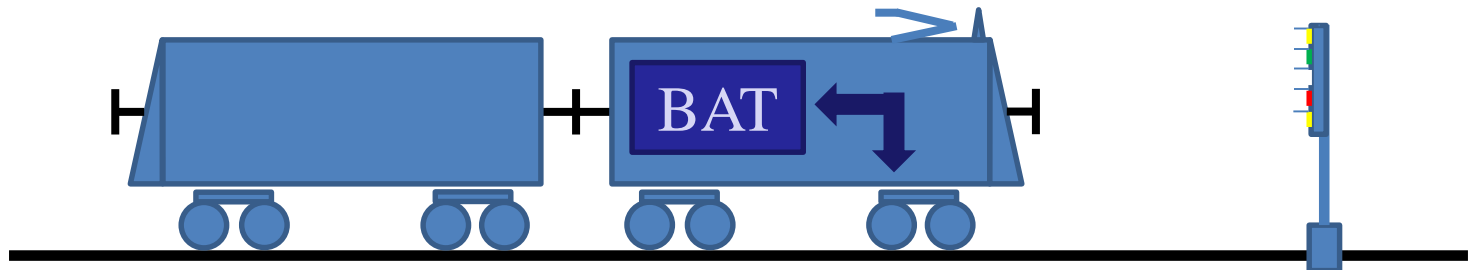
- Ekologizace dopravy
- Větší využití železniční napájecí infrastruktury
- Lepší přizpůsobení železnice přirozeným dopravním proudům
- Snížení nákladů na provoz vozidel se spalovacím motorem

Popis provozu dvouzdrojového drážního vozidla typu sběrač / akumulátor

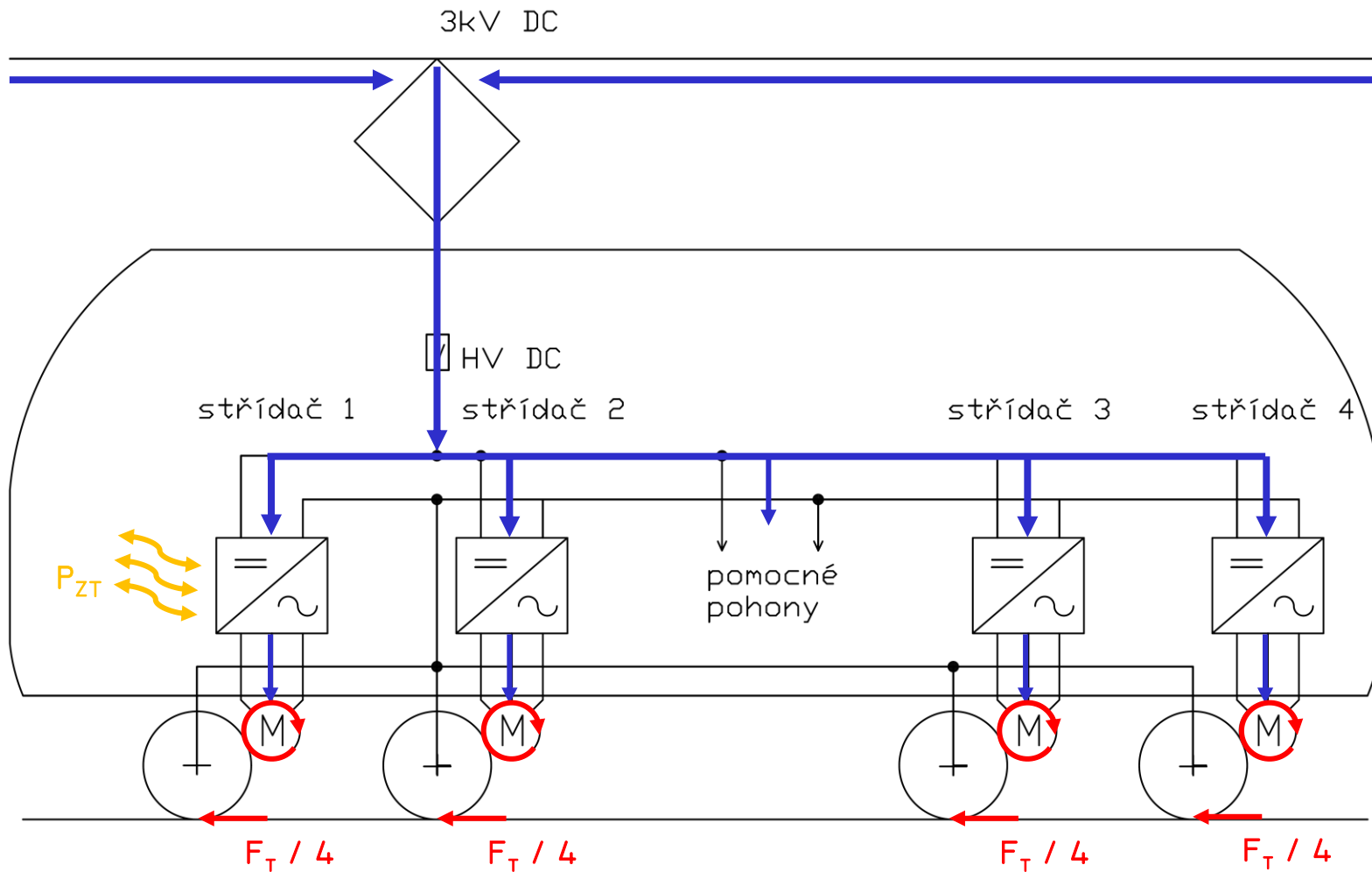
a) Jízda pod trolejí



b) Jízda po nezatrolejovaném úseku

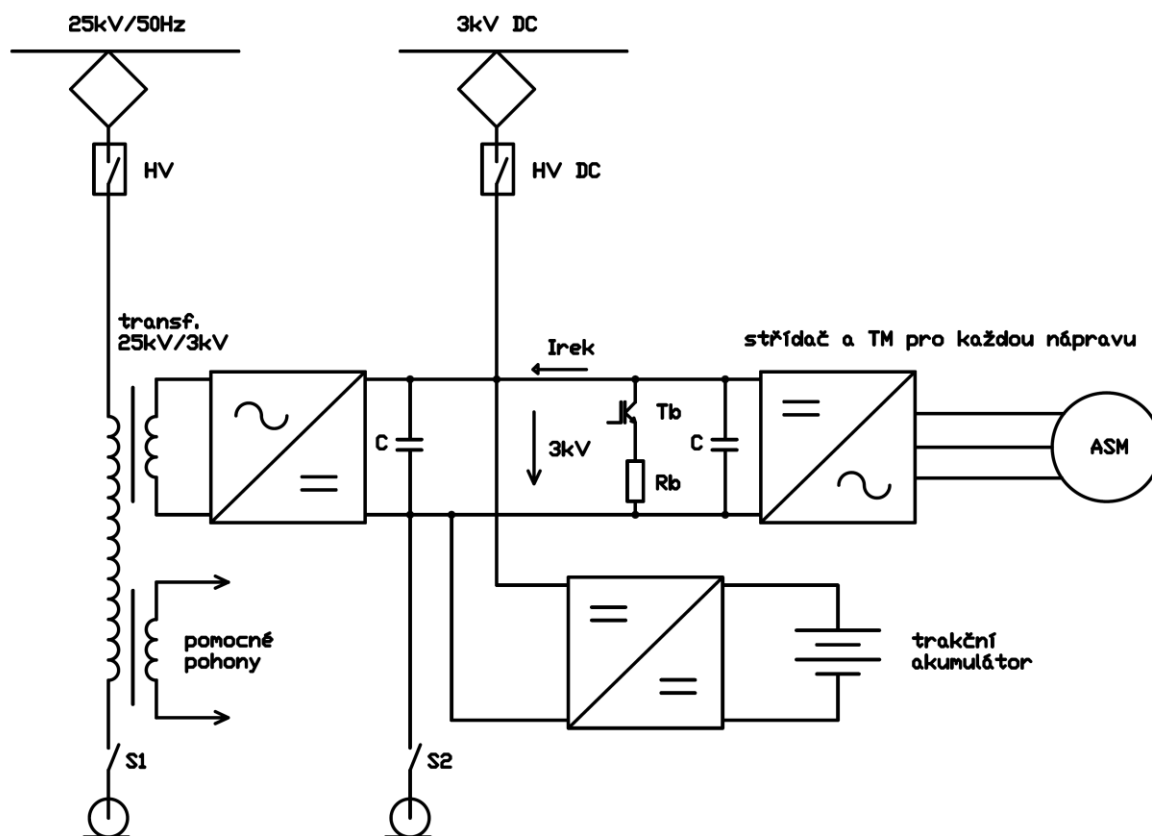


Koncepce silových obvodů moderního drážního vozidla stejnosměrné trakce



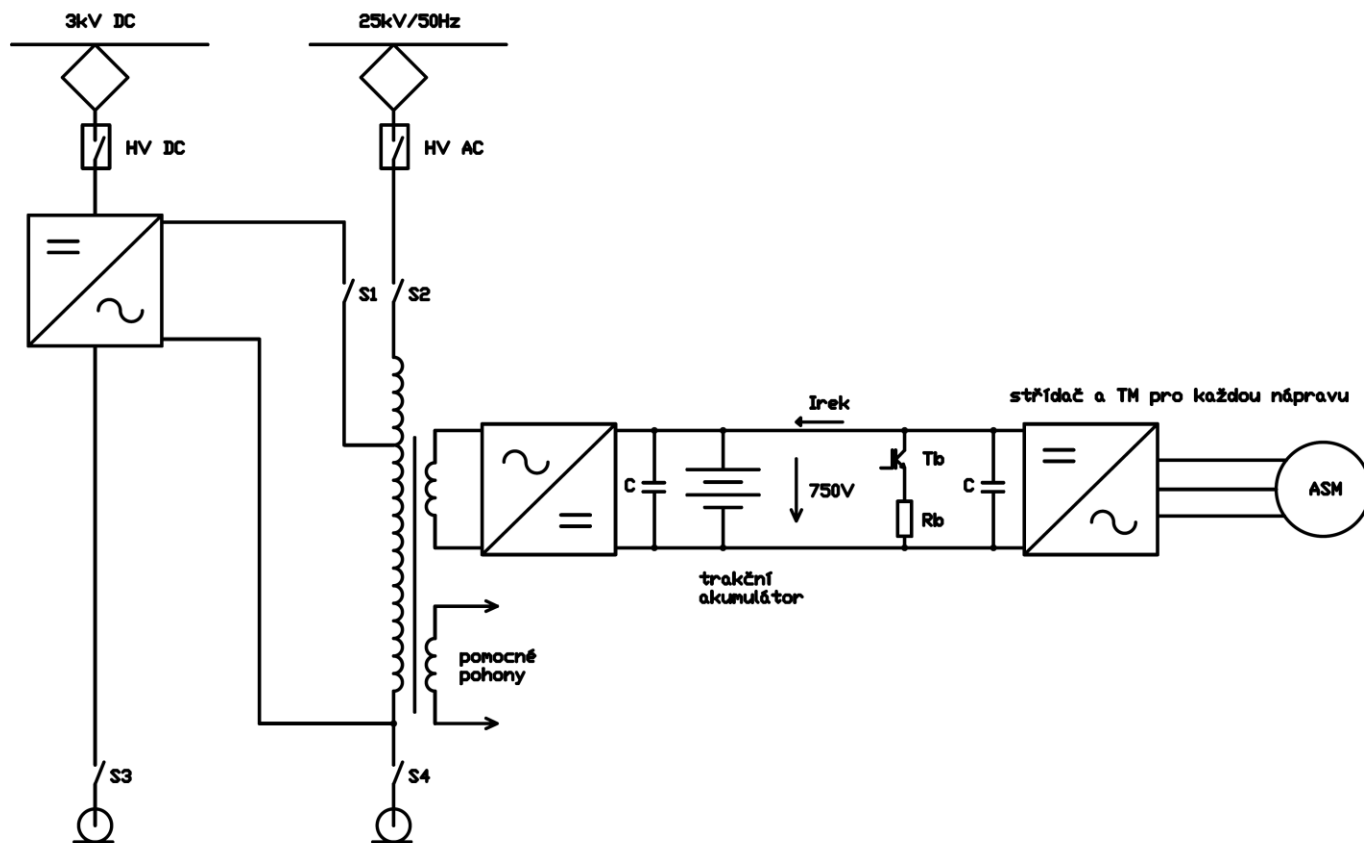
Koncepce silových obvodů dvouzdrojového drážního vozidla typu sběrač / akumulátor

a) Drážní vozidlo s akumulátorem připojeným do meziobvodu pomocí oddělovacího měniče

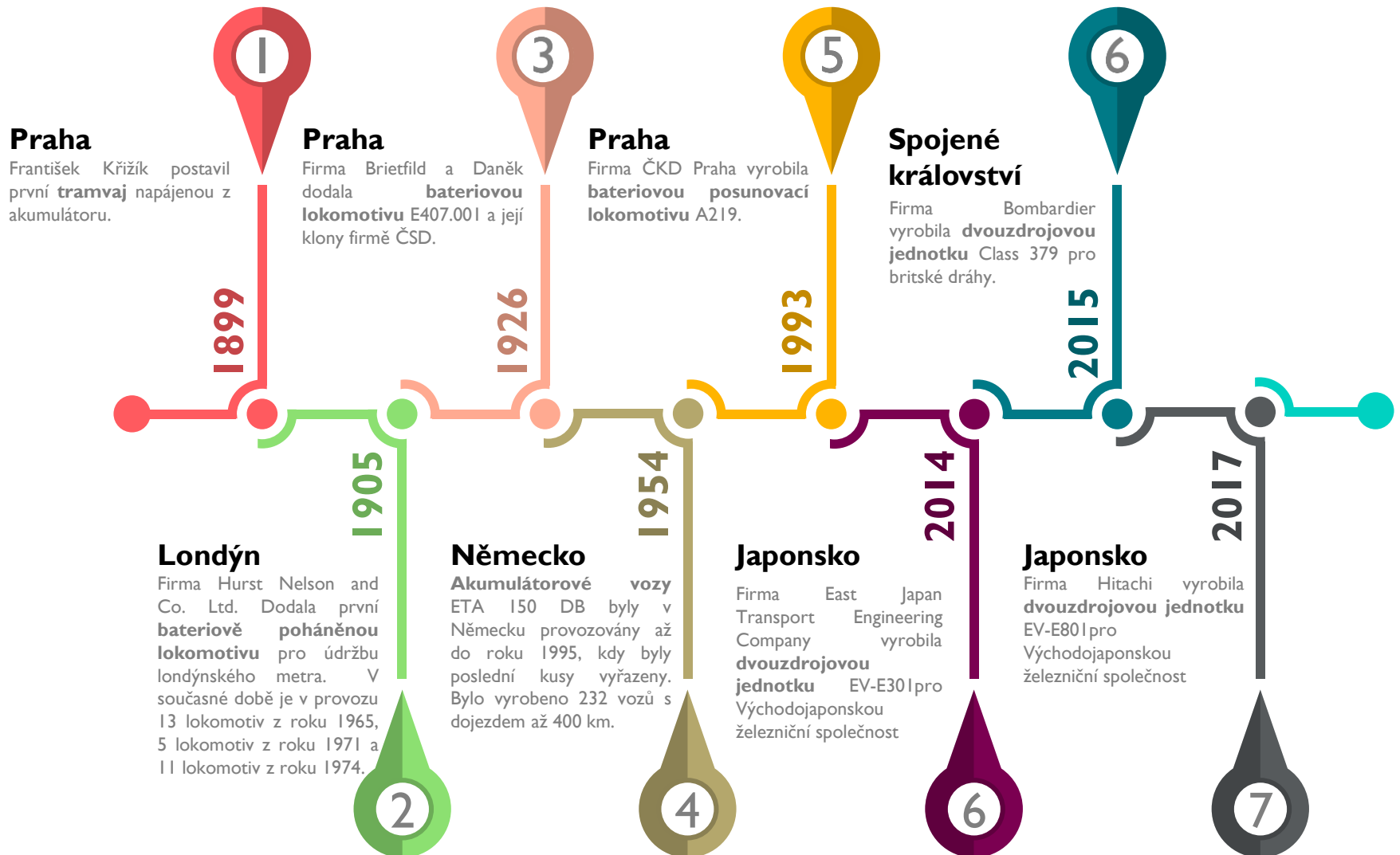


Koncepce silových obvodů dvouzdrojového drážního vozidla typu sběrač / akumulátor

a) Drážní vozidlo s akumulátorem přímo připojeným do meziobvodu

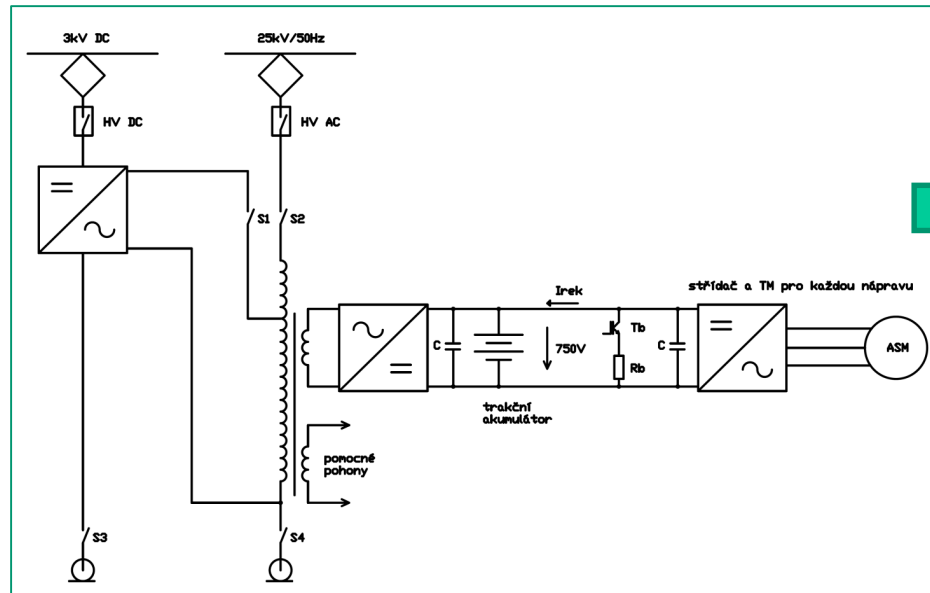


Historický vývoj provozu akumulátorových a dvouzdrojových vozidel



Výzkum v oblasti dvouzdrojových vozidel na Dopravní fakultě Jana Pernera

Návrh dvouzdrojového vozidla



Návrh dvouzdrojového vozidla

Parametry vozidla použitého při simulacích jsou následující:

Dvouvozová souprava

Maximální rychlost 160 km/h

Hmotnost 110 t (55 t adhezních)

Trakční výkon 1600kW

Uspořádání Bo' 2' + 2' Bo'

Napájecí systém 25kV/50Hz, 3kVDC, aku

Kapacita akumulátoru 750kWh

Typ a uspořádání akumulátoru KOKAM LIPOL SLPB80460330H; 0,55mΩ
na článek, 203 článků/10 paralelních větví

Nejnižší rychlost el. brzdění 5km/h

Trvalý příkon pomocných spotřeb 50kW

Součinitel rotujících hmot 1,045

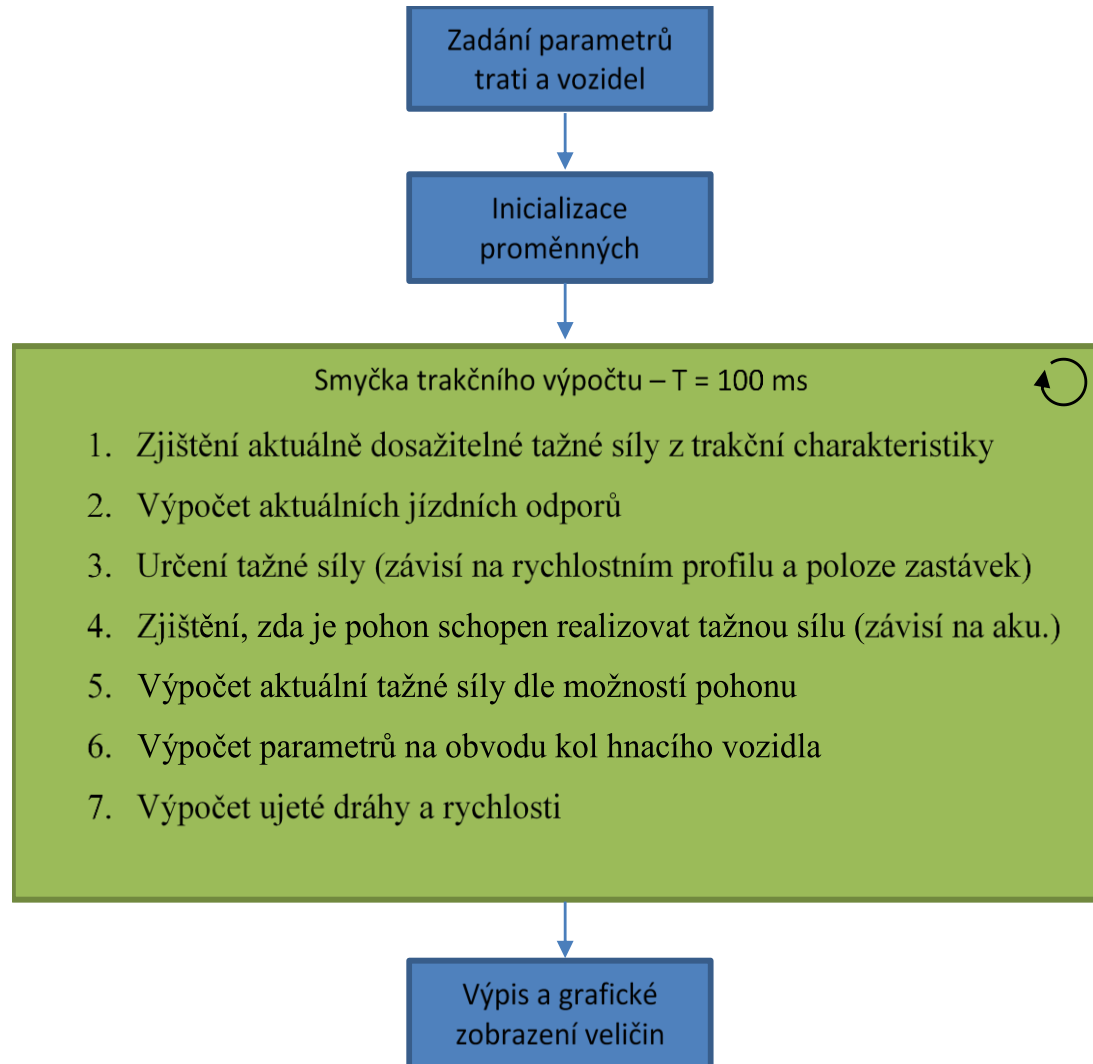
Průměr kol 0,81m

Převod nápravové převodovky 3,875

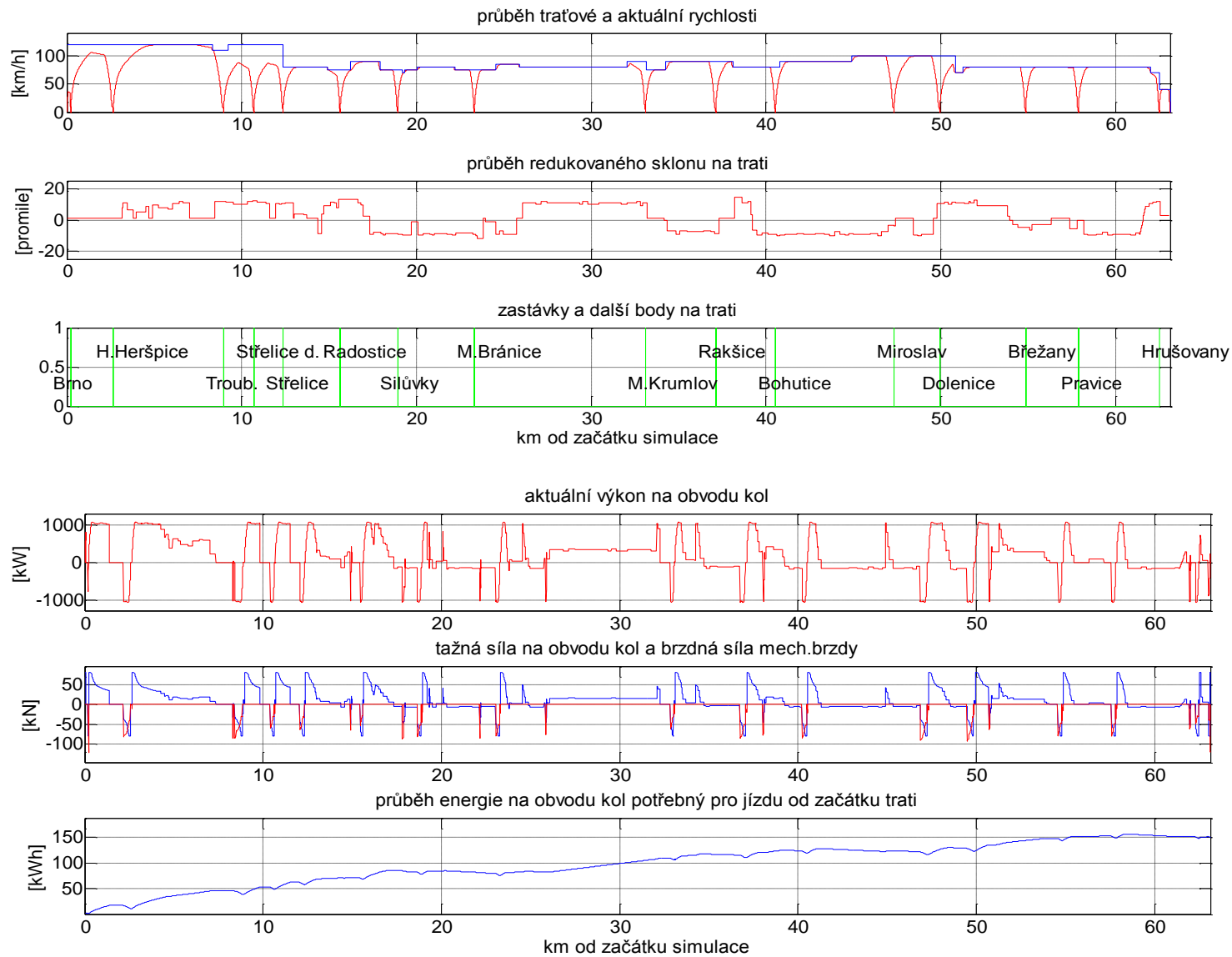
Jízdní odpor vlaku $0.752 + 0.0022 v + 0.0003 v^2$



Simulace dvouzdrojového vozidla



Výsledky simulací



Závěry plynoucí ze simulací

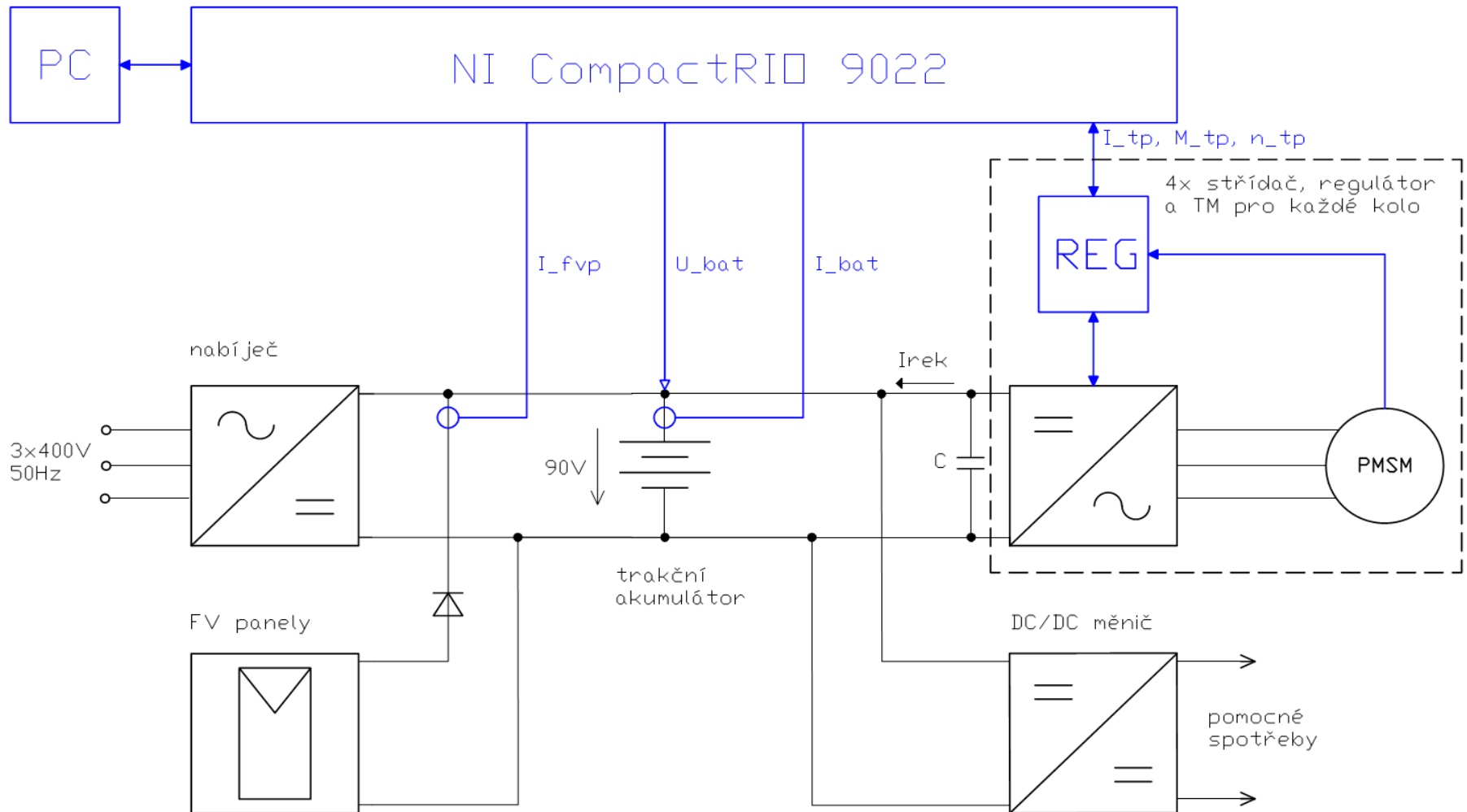
Trakce		Brno Moravské Bránice Hrušovany nad Jevišovkou
Spalovací motor	Spotřeba nafty u srovnatelného vozidla na jeden obrat	186 l
	Cena za provoz srovnatelného vozidla s dieselelektrickým přenosem výkonu	5822 Kč
Sběrač / akumulátor	Celková energie odebraná z troleje (pro jízdu pod trolejí i na dobíjení akumulátoru)	630,3 kWh
	Spotřeba energie z akumulátoru na jeden obrat	357,3 kWh
	Celková cena za energii u hybridního vozidla (cena při vybití 80%)	3275 Kč

Experimentální kolejové vozidlo Dopravní fakulty Jana Pernera



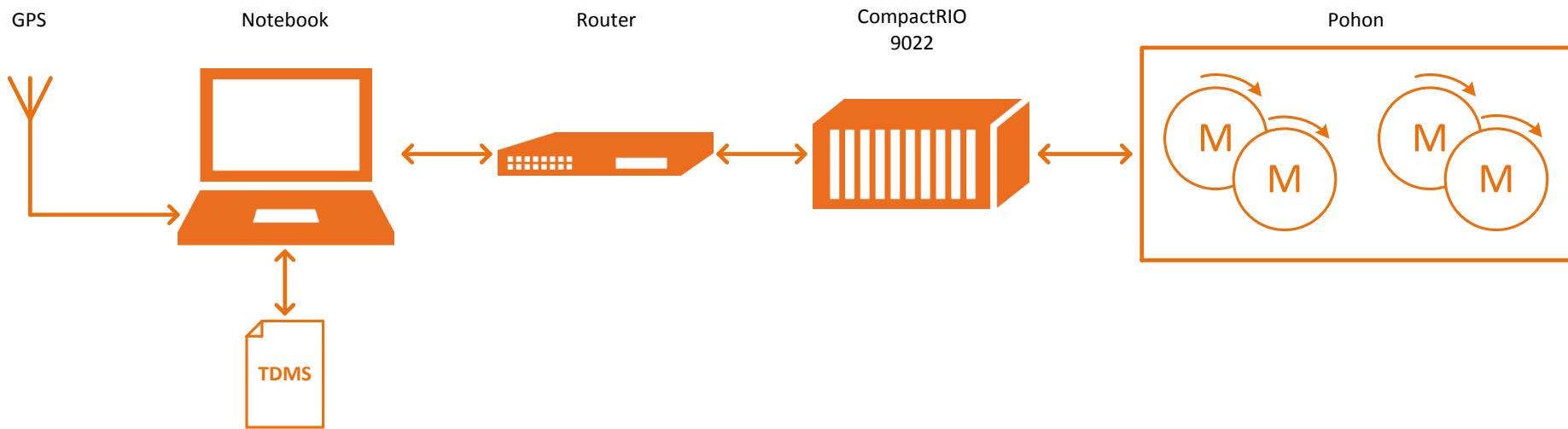
Experimentální kolejové vozidlo Dopravní fakulty Jana Pernera

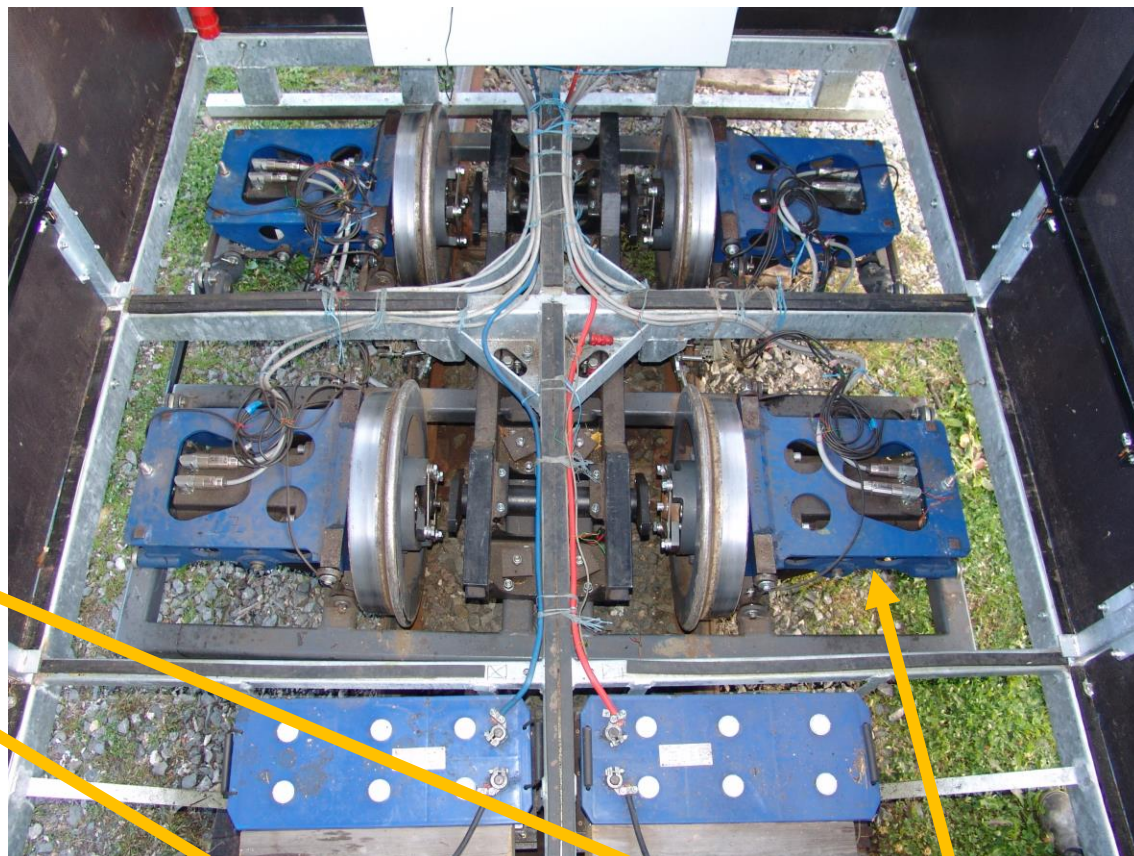
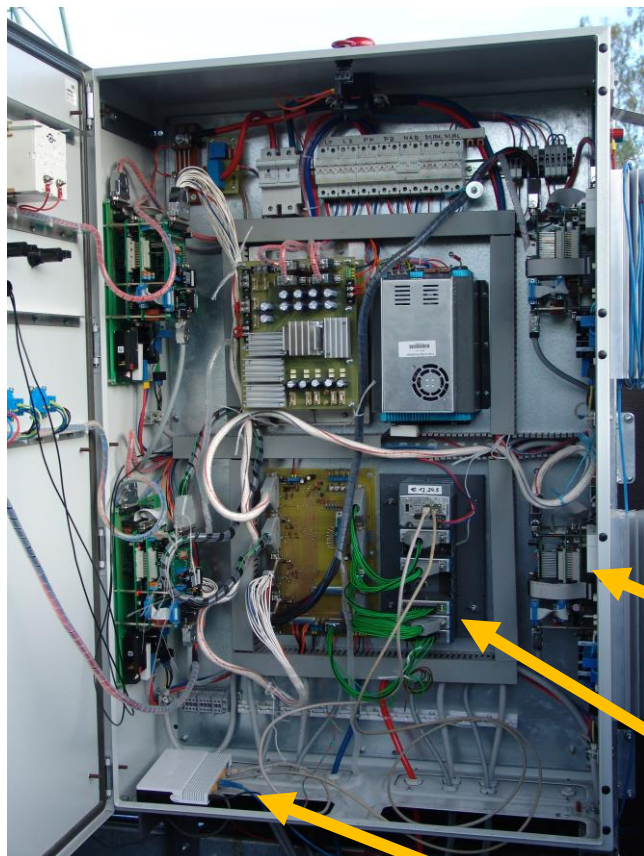
Funkční schéma elektrické výzbroje experimentálního vozidla



Experimentální kolejové vozidlo Dopravní fakulty Jana Pernera

Koncepce regulace a řízení experimentálního vozidla





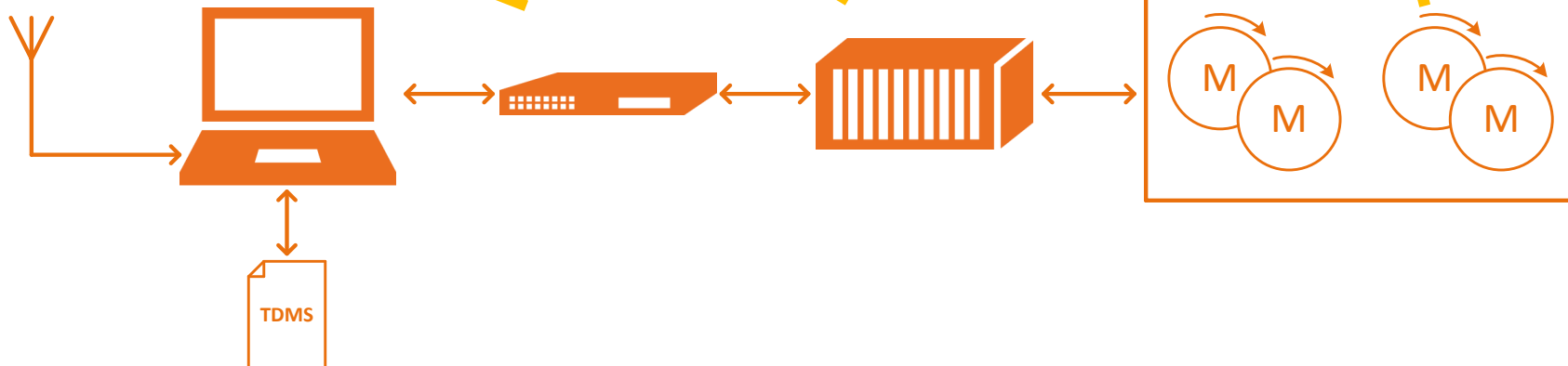
GPS

Notebook

Router

CompactRIO
9022

Pohon



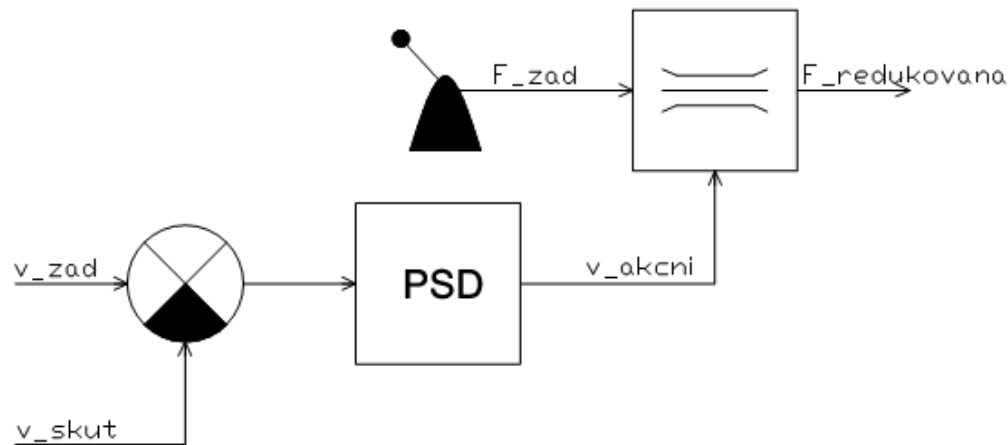
Optimalizace regulace pohonu vozidla

Cíl:

- Navrhnout algoritmus pro zmenšení spotřeby energie z baterie pomocí nových regulačních struktur v řízení vozidla => zvětšit dojezd vozidla při zachování kapacity baterie

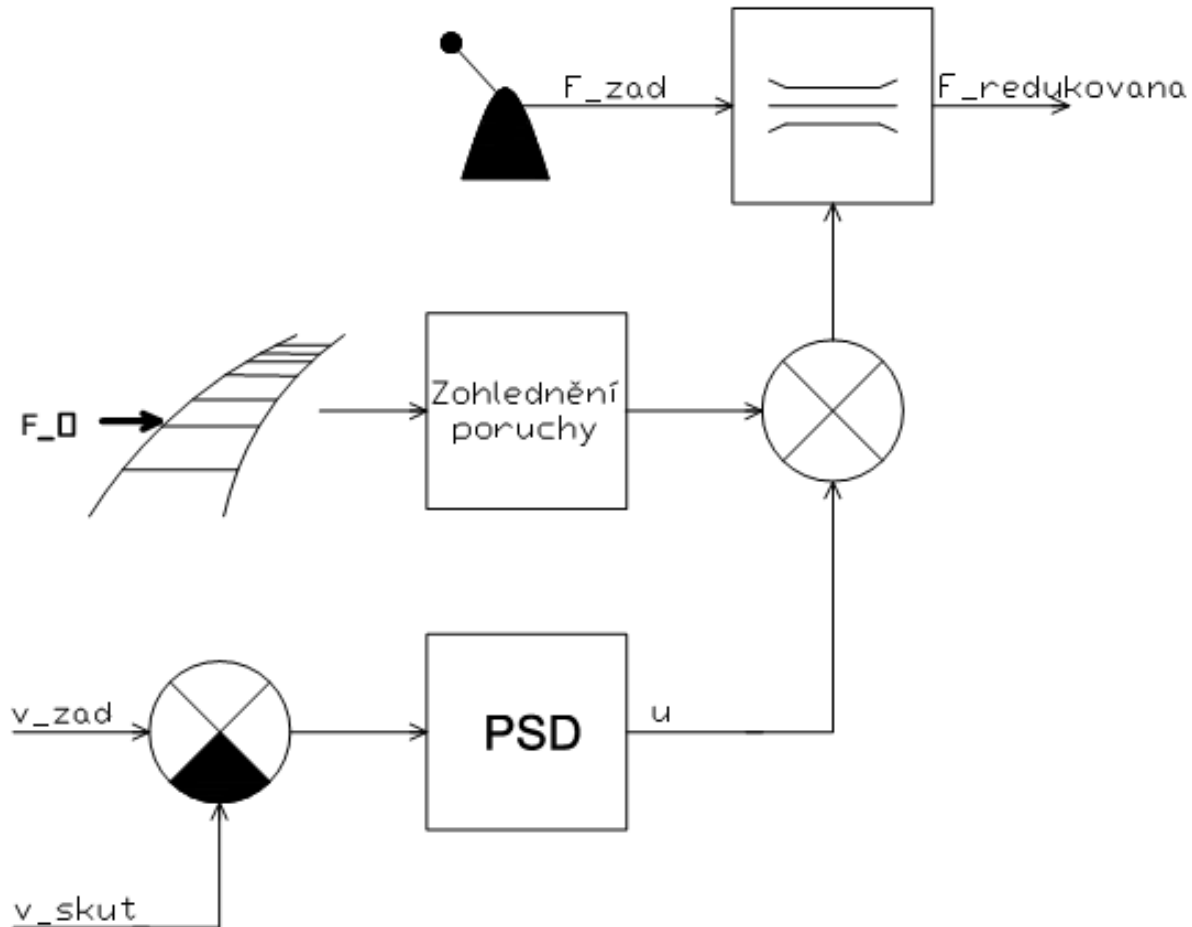
Regulační struktury pro řízení vozidla

a) Klasický PSD regulátor rychlosti



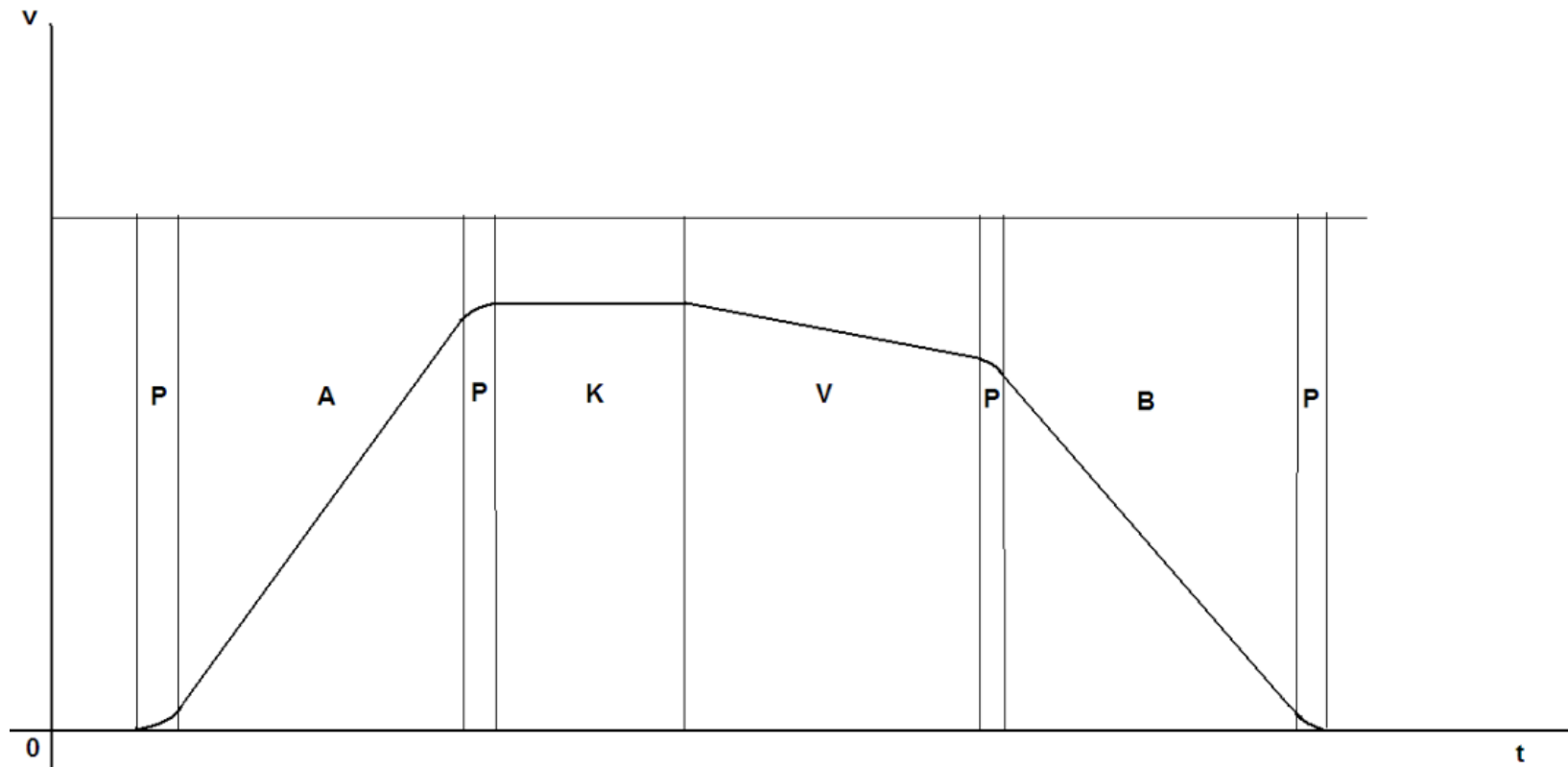
Regulační struktury pro řízení vozidla

b) PSD regulátor rychlosti s dopřednou větví pro optimalizaci regulace tažné síly



Regulační struktury pro řízení vozidla

c) Optimální jízdní trajektorie vozidla

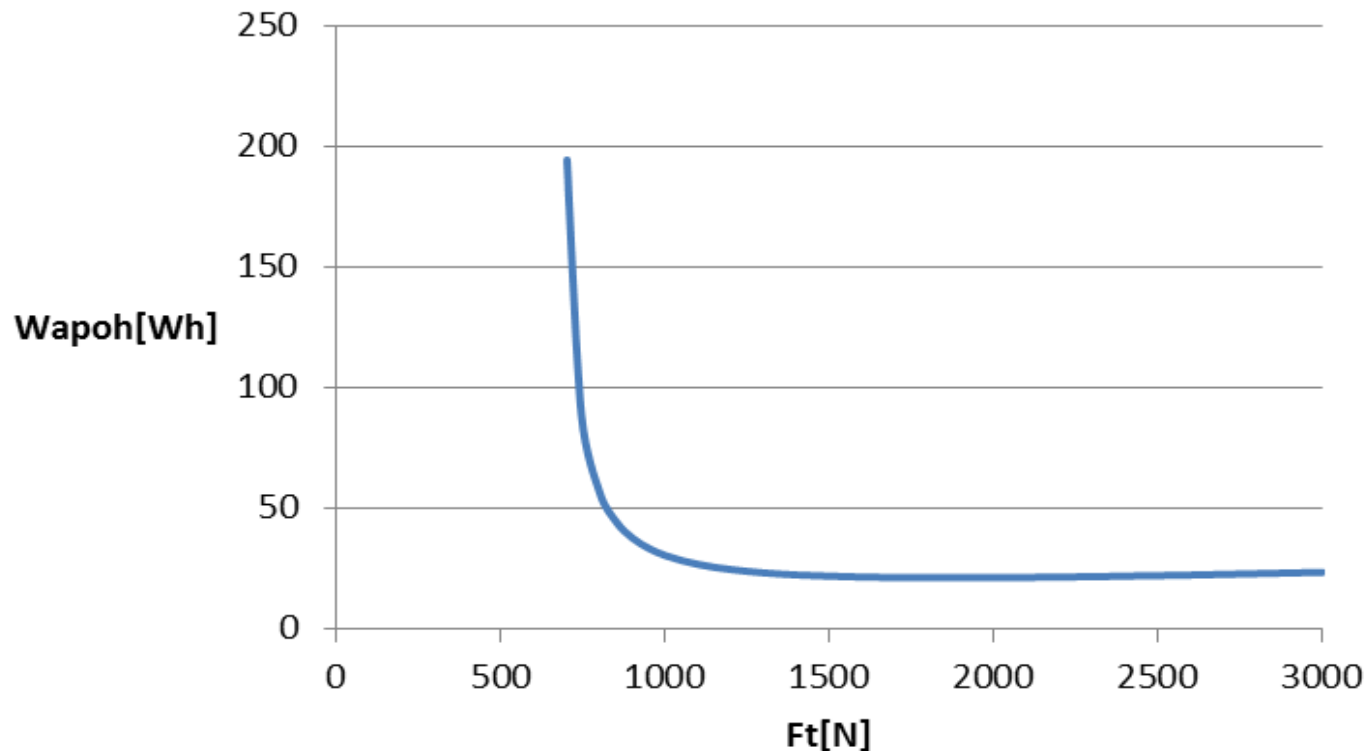


Dynamický rychlostní profil vozidla; P – interval s výrazným uplatněním ryvu, A – zrychlování, K – jízda konstantní rychlostí, V – výběh, B – brzdění

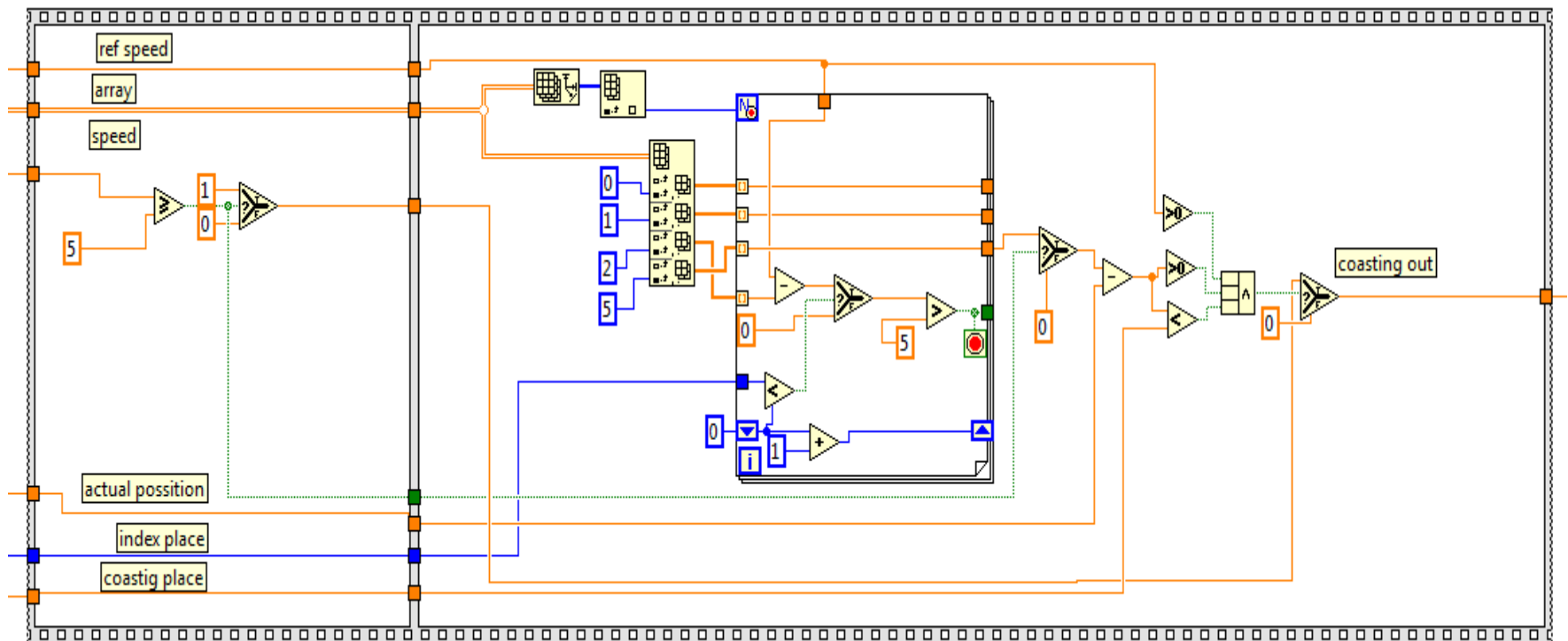
Regulační struktury pro řízení vozidla

c) Optimální jízdní trajektorie vozidla

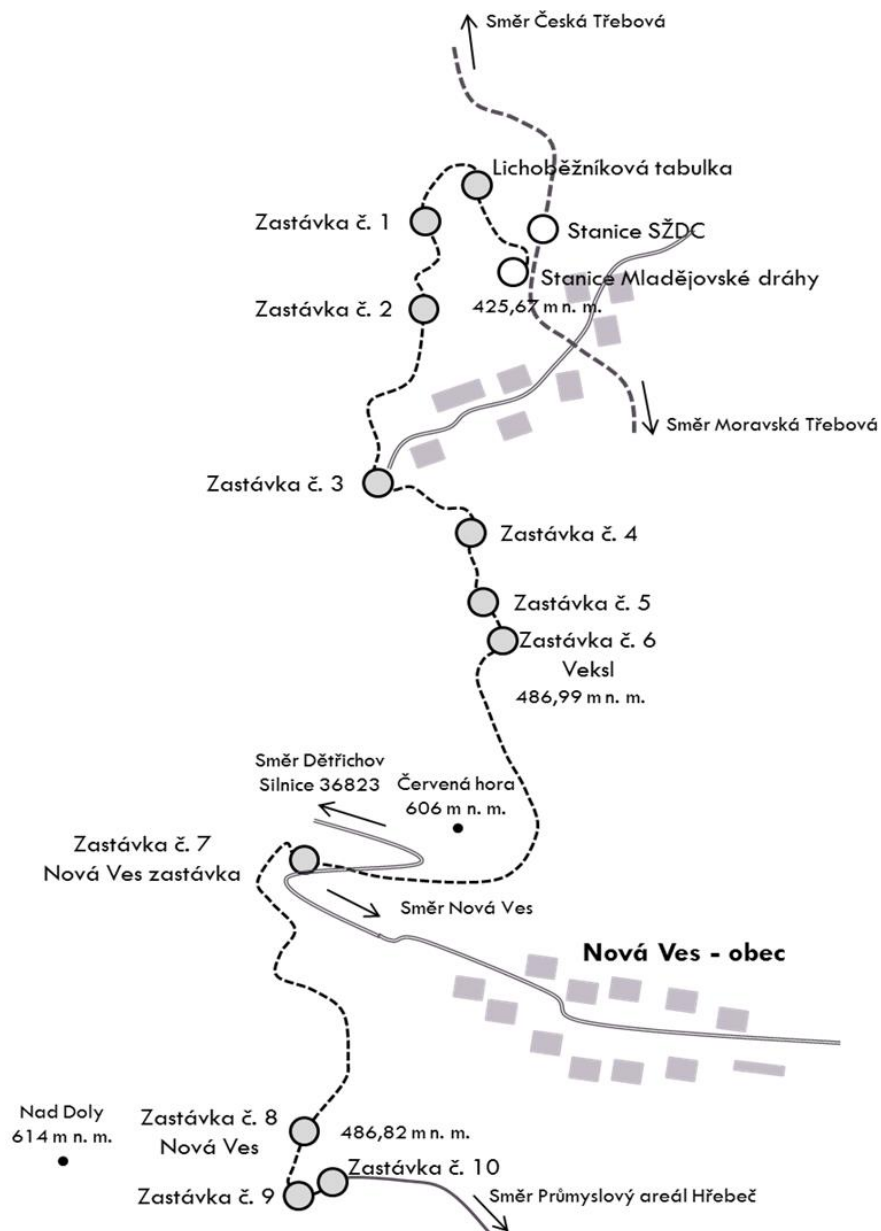
Závislost energie při rozjezdu vozidla z 0 na 16km/h na tažné síle na přímé trati na sklonu 24% prezentuje následující obrázek.



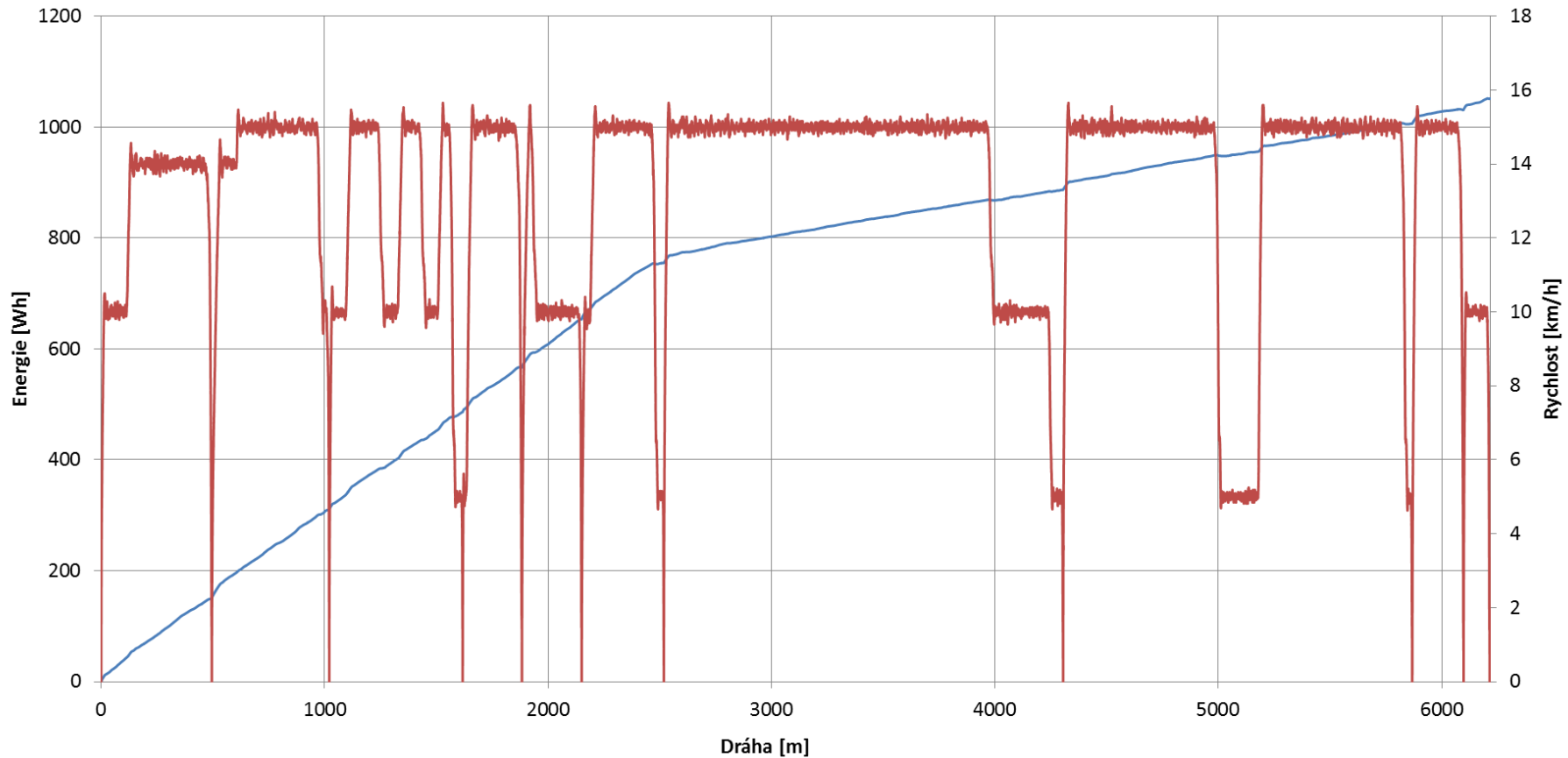
Implementace regulačních struktur do řídicího systému vozidla



Průběh experimentálních měření



Ukázka průběhů vzešlých z experimentálních měření



Výsledky experimentálních měření

typ regulátoru	nastavení regulátoru	spotřeba [Wh] Mladějov - Nová Ves
PSD	0.5; 0.01	1087.82
	1; 0.005	1089.57
PSD + dopředná regulace s predikcí podle referenční jízdy	1; 0.005; intervence 80 %	1070.68
	1; 0.005; int 100%	1076.94
	0.5; 0.01; int 100%	1081
	0.5; 0.01; int 80%	1062
	0.5; 0.01; int 60%	1075
PSD + dopředná regulace s predikcí podle odporu stoupání	0.5; 0.01; int 80%	1051
	0.5; 0.01; int 100%	1043
Trajektorie podle stavového automatu	1; 0.005; výběh 10 m	1064