

## Optimální řízení hybridního pohonu s cílem minimalizace spotřeby paliva

Zdeněk Franče<sup>1</sup>

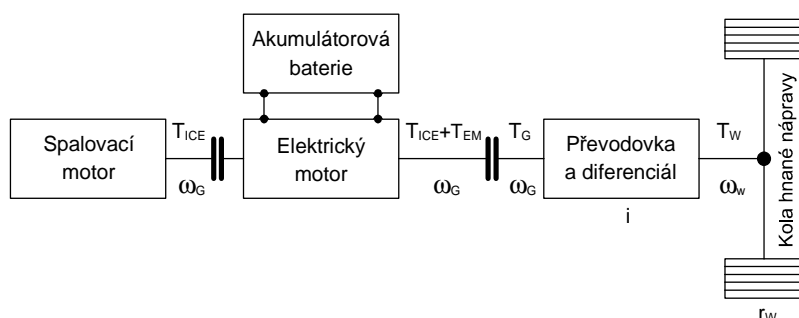
### 1 Úvod

Rapidní zvýšení ceny ropy, které přichází v roce 2000 společně se zpřísnujícími se emisními normami vede mnohé automobilky k vývoji vozů s nižší spotřebou produkujících méně výfukových exhalací. Kromě optimalizace účinnosti standardních spalovacích motorů je úsilí věnováno vývoji vozů, které ke svému pohonu využívají více zdrojů energie najednou, všeobecně označovaných pojmem hybridní. Nejčastěji se k pohonu hybridních vozidel používá kombinace spalovacího motoru a elektromotoru čerpajícího energii z akumulátorové baterie. Výhodou takových vozů oproti vozidlům poháněných pouze elektromotorem je zachování dojezdu, který běžně poskytují vozidla poháněná spalovacím motorem a možnost rekuperace kinetické energie pro její pozdější využití.

K dosažení nejvyšší možné úspory paliva je nutné navrhnout optimální řídicí strategii, která bude na základě aktuální požadované rychlosti, zrychlení a zařazeného rychlostního stupně definovat míru, jakou se v každém časovém okamžiku mají oba motory podílet na uspokojení těchto požadavků.

### 2 Model paralelního hybridního pohonu a optimální řídicí strategie

Prvním krokem je vytvoření matematicko-fyzikálního modelu vozidla, který je složen z jednotlivých částí, z kterých vozidlo poháněné paralelním hybridním pohonem sestává (viz. Obrázek 1). Jednodušší modely se opírají o základní fyzikální a elektrotechnické zákony, modely složitějších systémů jako jsou spalovací motor a elektromotor jsou vytvořeny na základě Willansovy aproximace a tabelovaných charakteristik. Willansova aproximace je velmi efektivní metoda vedoucí ke snížení výpočetní náročnosti modelu spalovacího motoru bez závažných dopadů na jeho přesnost. Výsledkem je stavový model pro úroveň nabití akumulátorové baterie a omezení na stav a řídicí signál.



**Obrázek 1:** Schéma hnací soustavy vozidla s paralelním hybridním pohonem

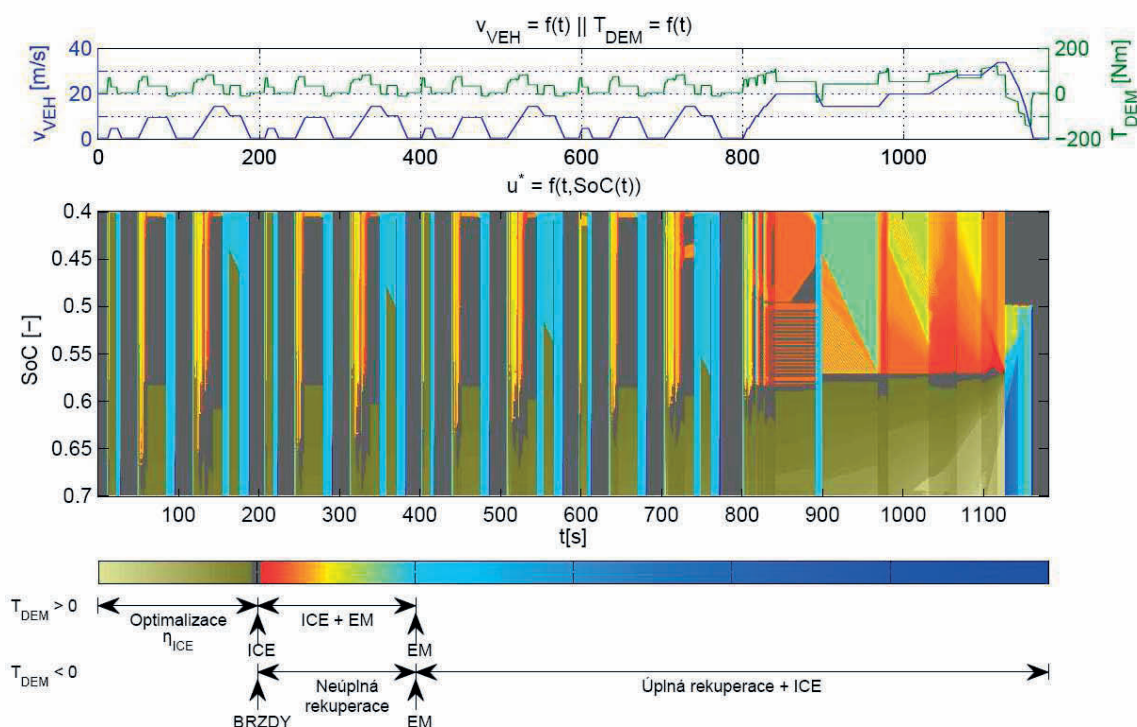
Návrh optimální strategie řízení s cílem nejefektivnějšího možného využití paliva je řešen metodou dynamického programování, jež je nástrojem syntézy optimálního řídicího systému navržené v druhé polovině padesátých let 20. století Richardem Bellmanem.

<sup>1</sup> student navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Kybernetika, specializace Kybernetika a řídicí technika, e-mail: france@students.zcu.cz

## 4 Simulace a výsledky

Výpočet optimálního řízení, spotřeby vozidla s optimálně řízeným hybridním pohonem a její srovnání se spotřebou vozidla poháněného spalovacím motorem byl proveden pro tři standardizované testovací cykly a testovací cykly získané z reálného provozu. Testovací cyklus je bodová sekvence hodnot požadované rychlosti vozidla, kterou lze chápat jako normovaný jízdní plán reprezentující různé charakteristiky trasy. Za účelem zvýšení objektivnosti srovnání spotřeby paliva vozidla poháněného spalovacím motorem a vozidla poháněného hybridním pohonem byly uvažovány důsledky vyšší hmotnosti a většího celkového momentu setrvačnosti rotačních součástí hybridního vozidla oproti stejnému vozidlu poháněného spalovacím motorem.

Obrázek 2 zobrazuje vypočtenou mapu optimální strategie řízení pro testovací cyklus NEDC. Tabulka 1 shrnuje základní údaje o použitých testovacích cyklech a dosažené úspory paliva v procentech.



**Obrázek 2:** Průběh standardizovaného cyklu NEDC a příslušná optimální strategie řízení

	NEDC	US06	JN1015	My1	My2
Celková ujetá vzdálenost [m]	10931	12970	4164	18861	5516
Celkový čas jízdy [s]	1180	601	661	1599	1007
Úspora paliva HEV/ICE [%]	<b>15.10</b>	<b>8.20</b>	<b>19.61</b>	<b>6.26</b>	<b>9.92</b>

**Tabulka 1:** Charakteristika testovacích cyklů a dosažená úspora paliva

### Poděkování

Príspevek byl podpořen grantovým projektem SGS-2013-041

### Literatura

SUNDSTRÖM O., Guzzella, L., Soltic, P. Optimal Hybridization in Two Parallel Hybrid Electric Vehicles using Dynamic Programming. In: *Proceedings of the 17th IFAC world congress*. 2008. p. 4642-4647.