

Model sériového hybridného pohonu automobilu v prostredí Matlab Simulink®

Matej Juraj · Elektrotechnika, MATLAB/Comsol, Strojárstvo

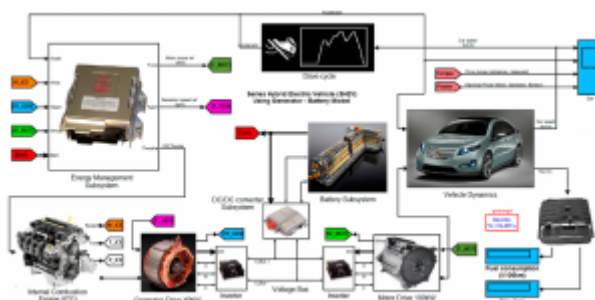
17.10.2012



Ako už bolo naznačené v predošlom článku „Možnosti spolupráce a riadenia sériového hybridného pohonu automobilu“ možností ako znížiť spotrebu paliva resp. produkciu plyných emisií vozidiel v hybridných pohonoch je niekoľko. Na overenie týchto poznatkov vychádzajúcich z charakteristík hnacích agregátov hybridného pohonu vozidla bol vytvorený model v prostredí Matlab Simulink. Nižšie v článku sú priblížené jednotlivé subsystémy komplexného modelu, pomocou ktorých sa vykonali simulácie overujúce vhodnosť kooperácie medzi spaľovacím motorom, elektromotorom, generátorom a akumulátormi.

Pohon vozidla zabezpečuje elektromotor, ktorý je výhradne napojený na hnaciu nápravu. Spaľovací motor poháňa generátor, ktorý zabezpečuje energiu pre pohon vozidla, pričom náhle zmeny, ktoré generátor nestíha zabezpečiť dopĺňajú akumulátory. V prípade vybitia akumulátorov pod stanovenú úroveň SOC, generátor časťou svojej energie dobíja akumulátory. Model využíva aj energiu z rekuperácie, čo umožňuje vrátiť časť energie spotrebovanej na rozbeh vozidla. Tieto procesy sú nasimulované v prostredí MATLAB Simulink. Model sa skladá z rôznych subsystémov, ktoré obsahujú vstupy a výstupy. Výsledky sú výstupmi daných subsystémov. Priamo z hlavnej schémy sú pozorovateľné údaje týchto veličín:

- Výsledný moment (Nm)
- Výsledné výkony (kW) (motora, generátora a akumulátorov)
- Výsledná rýchlosť automobilu (km/h)
- Poloha plynového pedálu (-1 až 0 brzdenie / 0 až 1 akcelerácia)
- Priemerná spotreba (l/100km)
- Prejdená vzdialenosť (km)

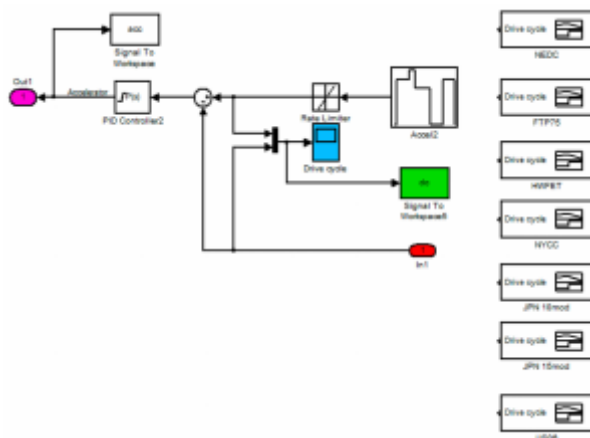


Obrázok 1: Schéma modelu sériového hybridného vozidla v programe Matlab -

Simulink

Subsystém - Jazdný cyklus

Aby bolo možné overiť správnosť spolupráce hnacích agregátov, bolo nutné tento model overiť na jazdnom cykle simulujúceho jazdu s meniacimi sa jazdnými odporami.

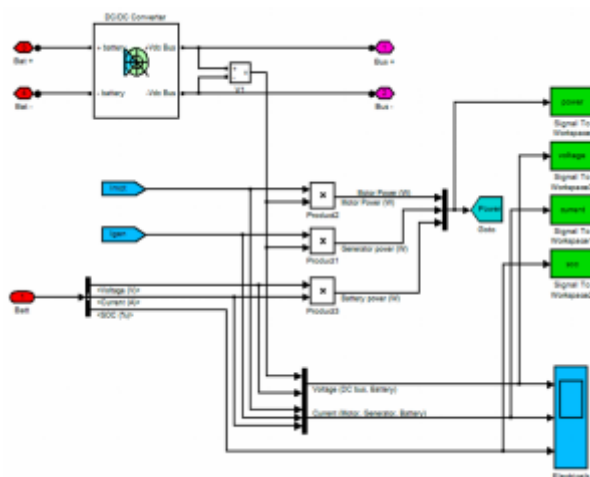


Obrázok 2: Výber jazdných cyklov a riadenie plynového pedálu

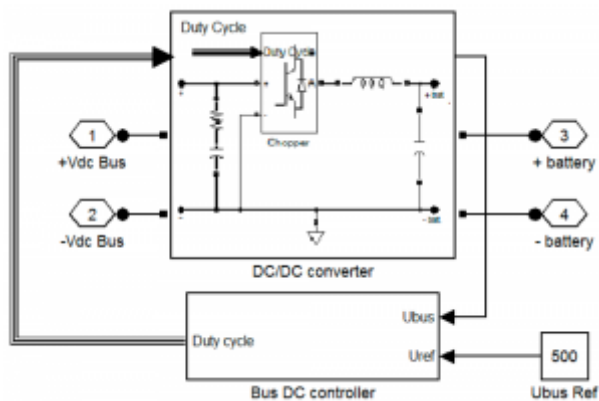
Tento subsystém obsahuje niektoré štandardné jazdné cykly, ktoré sa dajú medzi sebou zamieňať. Pri zvolenom cykle kontroler typu P mení polohu plynového pedálu v závislosti od spätnej väzby celého systému. Plynovým pedálom nastavuje zrýchlenie, aj požadovaný brzdný účinok. Ak je pedál v polohe 0 až 1, vozidlo sa snaží akcelerovať, ak je v polohe 0 až -1 tak sa snaží decelerovať.

Subsystém - DC/DC konvertor

Pre kompletnú ilustráciu uvádzame aj subsystém, ktorý má za úlohu previesť napätie z akumulátorov na požadované napätie zbernice.



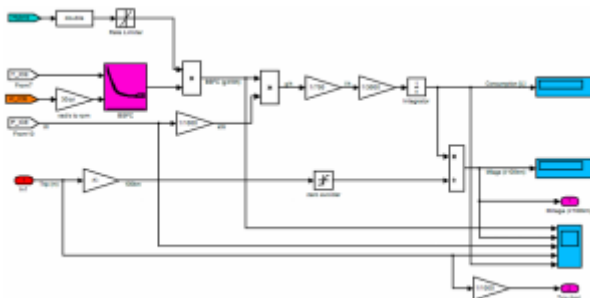
Obrázok 3: Subsystém DC/DC konvertor



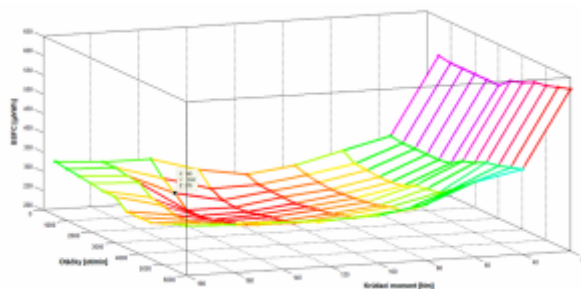
Obrázok 4: DC/DC konvertor

Subsystem - Spotreba

Subsystem počíta priemernú spotrebu v l/100km a spotrebu v litroch za hodinu. Využíva pritom mapu mernej spotreby spaľovacieho motora. Táto vlastnosť spaľovacieho motora je veľmi dôležitá z hľadiska optimalizácie spotreby paliva ako aj efektivity celého pohonu.



Obrázok 5: Subsystem spotreba (l/100km)

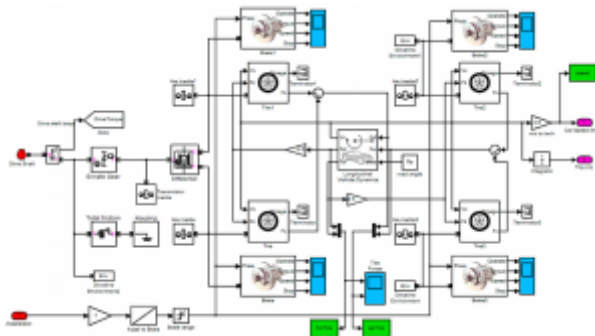


Obrázok 6: Merná spotreba spaľovacieho motora Zetec 2.0L vytvorená pomocou tabuľky Lookup 2D v prostredí Simulink

Podrobnejšie priebehy mernej spotreby paliva spaľovacieho motora boli priblížené v článku „Možnosti spolupráce a riadenia sériového hybridného pohonu automobilu“, na ktorý tento článok nadväzuje.

Subsystem - Dynamika vozidla

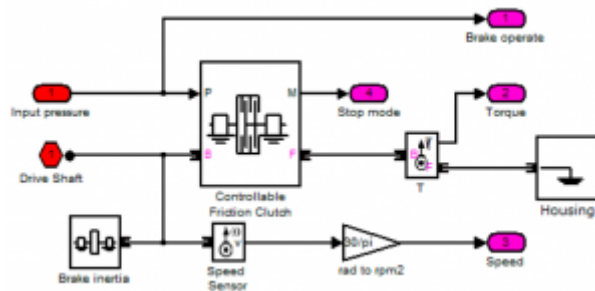
Tento subsystem simuluje prenos mechanickej energie z elektromotora cez jednoduchú prevodovku a diferenciál až na kolesá. Základom subsystemu je blok Longitudinal Vehicle Dynamics. Zahŕňa hmotnosť vozidla, polohu ťažiska, čelnú plochu a koeficient odporu vzduchu.



Obrázok 7: Subsystem dynamika vozidla

Subsystem - Brzdy

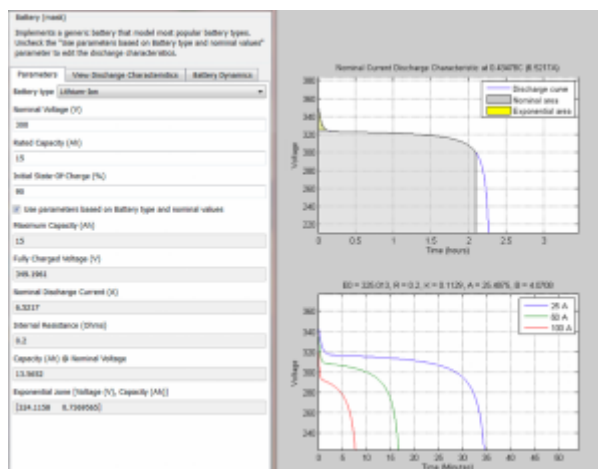
Brzda vychádza z modelu kontrolovateľnej spojky (Controllable Friction Clutch), pričom jedna strana je pripevnená o rám automobilu a druhá strana je pripojená priamo na polos kolesa. Výsledný brzdný tlak je vypočítaný zo zápornej polohy plynového pedálu. Brzdy sa začnú zapájať až pri polohe nižšej ako -0,3, dovtedy vozidlo brzdí len rekuperáciou.



Obrázok 8: Brzda

Subsystem - Akumulátor

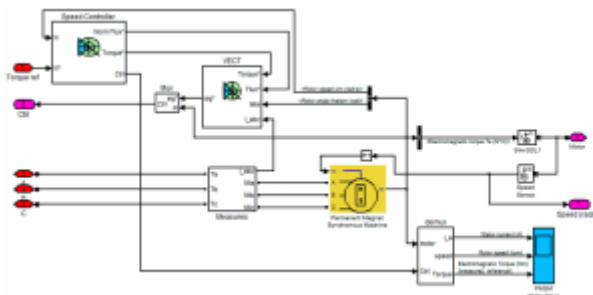
Model umožňuje meniť parametre akumulátorov ako typ, nominálne napätie, kapacitu a počiatkový stav nabitia. Na základe vhodnej voľby bolo možné optimalizovať parametre akumulátora na požadované hodnoty v závislosti od použitého jazdného cyklu.



Obrázok 9: Model Battery

Subsystem - Elektromotor

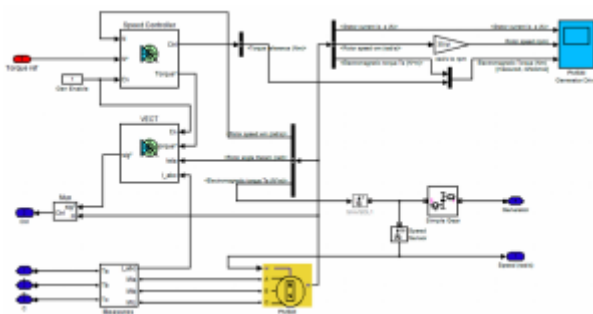
Elektromotor plní v sériovom hybridnom pohone úlohu hnacieho agregátu celého vozidla. Všetky sily potrebné na prekonanie jazdný odporov musí vynakladať elektromotor. Spalovací motor nie je v tejto koncepcii hybridného pohonu spojený s hnacími kolesami a slúži iba na pohon generátora, ktorým je vhodne zaťažovaný, aby pracoval jedine v optimálnych režimoch s nízkou spotrebou paliva, resp. s nízkou produkciou plynných emisií.



Obrázok 10: Elektromotor je založený na modeli AC6, využíva pritom model Synchronného Stroja s Permanentnými Magnetmi (PMSM)

Subsystem - Generátor

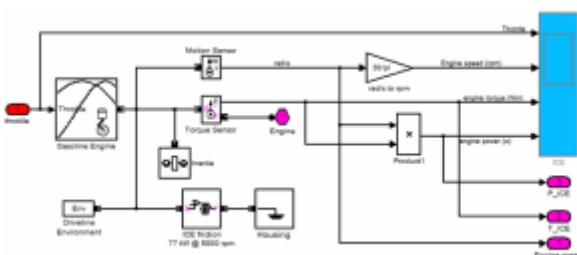
Generátor, ktorého pohon zabezpečuje spalovací motor slúži v našom prípade na dobíjanie akumulátorov resp. premenu mechanickej energie vychádzajúcej zo spalovacieho motora na elektrickú a následne elektromotorom premieňanú späť na mechanicú, ktorá sa ďalej využíva na pohon vozidla zadaným jazdným cyklom.



Obrázok 11: Generátor založený na modeli AC6

Subsystem - Motor (ICE)

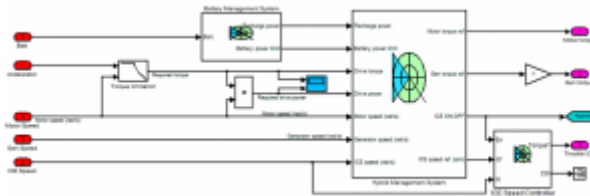
Základom modelu spalovacieho motora je jeho úplná charakteristika, teda priebeh mapy merných spotrieb. Na základe tejto mapy sa stanoví vhodný pracovný režim spalovacieho motora, pri ktorom pracuje efektívne. Každý spalovací motor ma svoje špecifiká vo svojej mape merných spotrieb, preto je potrebné pre každý spalovací motor hybridný pohon naladiť individuálne.



Obrázok 12: Model spalovacieho motora, základom je prvok Gasoline Engine

Subsystem - výpočtu a rozloženia energie

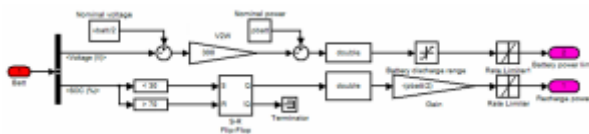
Tento subsystem sa skladá z blokov Battery Management System a Hybrid Management System. Riadi všetky výkonové prvky hybridného pohonu, stanovuje aký moment má dosahovať elektromotor, aký moment musí mať generátor, aby dodával dostatočné množstvo energie a riadi škrtiacu klapku spaľovacieho motora.



Obrázok 13: Subsystem rozloženia a výpočtu energie

Battery management system

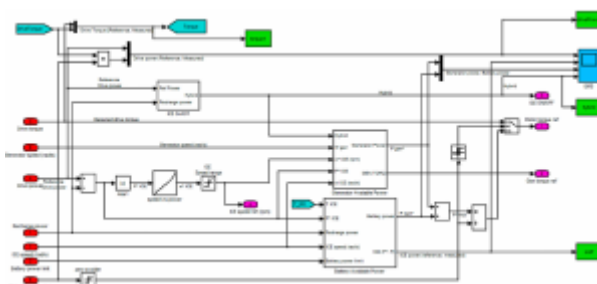
Akumulátory musia mať svoj manažment riadenia. Musia byť presne definované horné a dolné kapacitné limity nabitia a vybitia, ako aj výkony pri nabíjaní príp. ďalšie obmedzujúce parametre.



Obrázok 14: Nastavenie výkonového obmedzenia batérie, určenie nabíjania batérie a výkonu pri nabíjaní

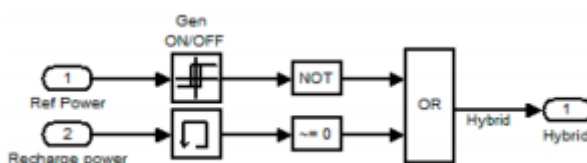
Hybrid management system

Spaľovací motor sa zapína ak požiadavka na výsledný výkon sústavy presiahne G_{on} , alebo akumulátory dosiahnu určenú minimálnu hodnotu SOC. Vypína sa keď požiadavka na výkon bude nižšia ako G_{off} , alebo akumulátory dosiahnu stav nabitia.



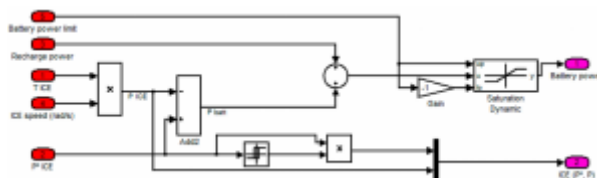
Obrázok 15: Hybrid management system

Subsystem počíta referenčné hodnoty momentov pre elektromotor a generátor.



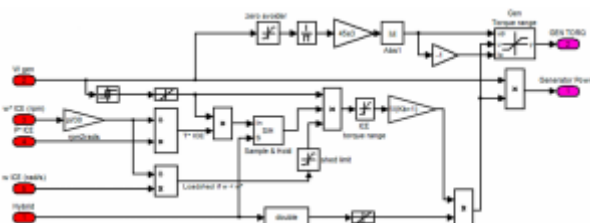
Obrázok 16: Hybrid (ICE On/Off) -

Blok na obr. 16 určuje kedy sa má spúšťať spalovací motor.



Obrázok 17: Výkon dodávaný batériou (Battery Aviable Power)

Tento blok (obr.17) počíta veľkosť výkonu, ktorý dodáva batéria.



Obrázok 18: Výkon dodávaný generátorom (Generator Aviable Power)

Tento blok (obr.18) počíta veľkosť výkonu, ktorý dodáva generátor (Generator Power) a tiež udáva moment ktorý má generátor dosahovať (GEN TORQ). Vypočítané simulácie a vyhodnotenie získaných výsledkov pomocou modelu popísaného v tomto článku budú prezentované v ďalšom príspevku.

Spoluautorom článku je Miloš Pagáč.