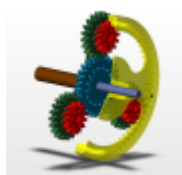


Možnosti vytvárania simulačných modelov transmisí v prostredí SimDriveline

Pitoňák Jaroslav · MATLAB/Comsol, Strojárstvo

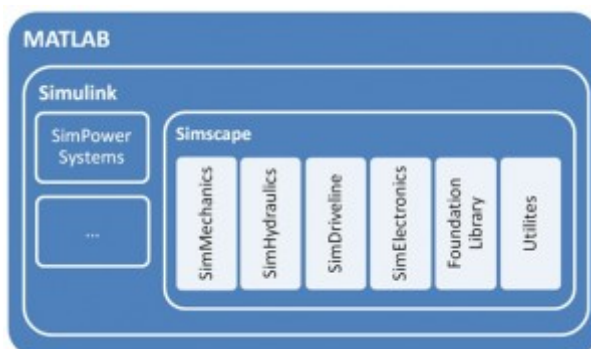
17.09.2010



Projektovanie a navrhovanie transmisí možno oproti klasickým postupom výrazne zjednodušiť a zdokonaľiť pri súčasnom využívaní softvérových prostriedkov založených na báze numerickej matematiky. Vznikajú tak široké možnosti pri vytváraní a skúmaní nových riešení v prostredí matematických modelov. Matlab je jedným z najrozšírenejších a najpoužívanejších programových balíkov určených pre technické výpočty v mnohých odboroch. Jeho súčasťou je množstvo modulov, ktoré nadobúdajú význam hlavne čo sa týka zjednodušenia zostavenia matematického modelu, vytvárania vzťahov medzi objektmi modelu, názornosti, prehľadnosti, prezentácie výsledkov a pod.

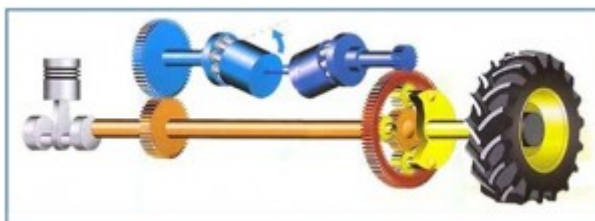
Simulink je jedna z najznámejších a najpoužívanejších nadstavieb Matlabu. Je štandardným nástrojom pre modelovanie, simulácie a analýzu dynamických systémov v prehľadnom grafickom prostredí [1,3]. Nakoľko obsahuje veľké množstvo preddefinovaných blokov, vytváranie matematického modelu riešeného problému je jednoduché a intuitívne.

Rovnako ako je Simulink jedným z modulov Matlabu, má aj Simulink ďalšie vlastné moduly (nadstavby). Jedným z nich je SimDriveline, ktorý je určený na modelovanie pohonov, prevodoviek a idealizovaných pohonných systémov. Riešenie takýchto problémov je pomocou softvéru SimDriveline jednoduchšie ako v nadradenom prostredí Simulinku alebo v prostredí samotného Matlabu [1,3]. Na obr. 1 je znázornené hierarchické usporiadanie modulov platformy Simulink Physical Modeling.



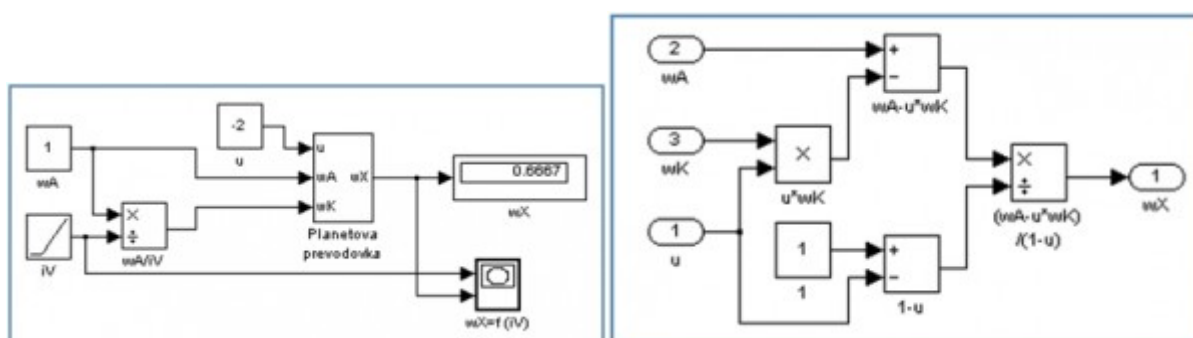
Obr. 1 - Usporiadanie modulov platformy Simulink Physical Modeling

Zostavovanie modelov pohonov v prostredí Simulinku možno ilustrovať na príklade matematického modelu na obr. 3. Jedná sa o jednoduchý model reprezentujúci variátorový prevod s diferenciálom na výstupe, pričom v diferenciálnej vetve je hydrostatický variátor. Na obr. 2 je jeho zjednodušená schéma usporiadania. Transmisia využíva spojenie hydrostatického prevodu a planétového diferenciálu, pričom hydrostatický prevod vystupuje vo funkcii variátora s plynulou zmenou prevodového pomeru [2].

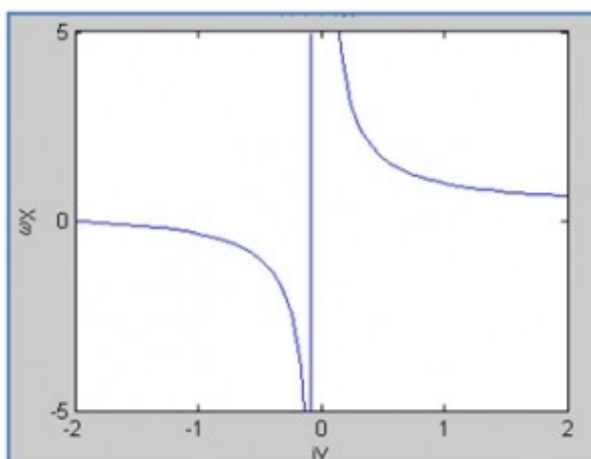


Obr. 2 - Schéma usporiadania modelu variátorového pohonu s diferenciálom na výstupe a hydrostatickým variátorom v diferenciálnej vetve

Uvedený matematický model je ale veľmi jednoduchý a pomocou neho možno sledovať len kinematické parametre, ako závislosť celkového prevodového pomeru od meniaceho sa prevodového pomeru variátora, a pod. (obr. 4). Z modelu je ale zrejmé, že sa jedná prakticky o zostavenie rovníc používaných pri návrhu pohonov do grafickej podoby reprezentovanej blokmi a signálmi medzi nimi. Ak sa ďalej uvaží, že Simulink umožňuje prepojenie blokov signálmi s jednosmernou interakciou, vznikajú pri vytváraní modelov transmisí obmedzenia.



Obr. 3 - Jednoduchý model variátorového pohonu s hydrostatickým variátorom v diferenciálnej vetve zostavený v Simulinku a model subsystému jeho planétovej prevodovky



Obr. 4 - Sledovaný kinematický parameter - závislosť výstupnej uhlovej rýchlosti ω_X

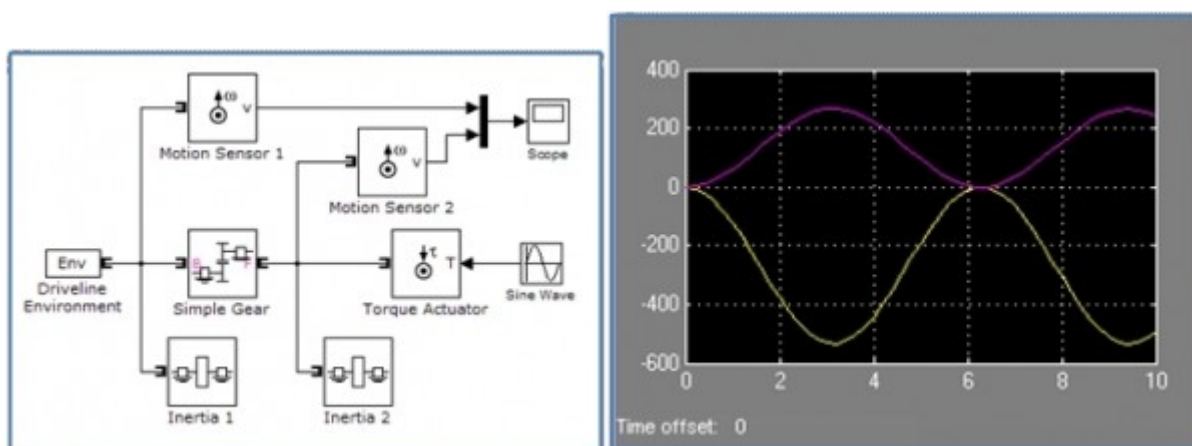
Prostredie SimDriveline

Podobne ako v Simulinku, aj v SimDriveline sa zostavuje matematický model pohonu pomocou blokového diagramu, ktorý v tomto prípade popisuje prostredie a usporiadanie jednotlivých častí transmisie [1]. Model pohonu simuluje usporiadanie komponentov otáčajúcich sa okolo pevných osí a ich pohyb je podmienený Newtonovými pohybovými zákonmi. Jednoduché a komplexné prevodové väzby prenášajú krútiaci moment medzi jednotlivými časťami pohonu, v kombinácii so spojkami (brzdami) vytvárajú model prevodovky. Knižnica SimDriveline obsahuje bloky reprezentujúce rotačné telesá, prevody medzi týmito telesami, dynamické elementy, spojky, hotové prevodovky, snímače a pod. Toto prostredie, rovnako ako Simulink, umožňuje vytvárať zo skupín blokov subsystémy.

Vytvorenie jednoduchého matematického modelu prevodu v SimDriveline

Pre zostavenie modelu je potrebné z knižnice blokov vybrať tie komponenty, ktoré bude model obsahovať, metódou chyt' a ťahaj ich umiestniť na požadované miesto v modeli a vhodne ich pospájať [1]. V tomto prípade sú potrebné bloky:

- „Driveline Enviroment“ - definuje prostredie pohonu
- „Sine Wave“ - pre zadanie vstupného parametra, ktorý má sínusový priebeh
- „Torque Actuator“ - mení vstupný signál na hnací moment
- „Simple Gear“ - definuje jednoduchý prevod medzi hnacím členom a hnaným členom pohonu
- dva bloky „Inertia“ - určujú momenty zotrvačností jednotlivých členov pohonu
- dva bloky „Motion Sensor“ - na zisťovanie hodnôt kinematických veličín
- „Mux“ a „Scope“ - na zobrazenie priebehu meraných veličín



Každý blokový diagram vytvorený v SimDriveline vyžaduje práve jeden blok Driveline Environment. V bloku „Simple Gear“ je potrebné zadať hodnotu prevodového pomeru, napr. 2, pričom je možné nastaviť jeho kladnú alebo

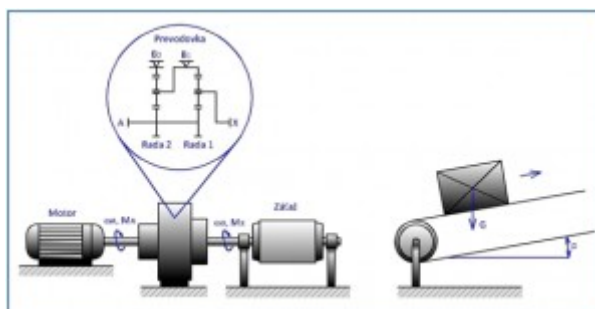
zápornú hodnotu.

Hodnotu vstupného parametra možno zadať viacerými spôsobmi. V uvedenom modeli je pre lepšiu názornosť sústava poháňaná hnacím momentom, ktorý má sínusový priebeh. To možno dosiahnuť spojením generátora sínusového priebehu „Sine Wave“ a bloku „Torque Actuator“.

Otvorením bloku „Scope“ získame po spustení simulácie priebeh zisťovaných veličín, teda uhlových rýchlostí hnacieho a hnaného hriadeľa.

Keďže SimDriveline je založený na prostredí Simscape, platforme pre Simulink Physical Modeling, návrh a modelovanie systémov je v súlade so základnými fyzikálnymi princípmi. Na rozdiel od Simulinku, ktorý operuje so signálmi, Simscape priamo reprezentuje fyzické komponenty a ich vzťahy medzi sebou navzájom. Spojenie jednotlivých blokov už nemožno chápať len ako prenos signálu medzi nimi, ale ako ich spojenie mechanickou, hydraulickou, alebo inou väzbou. Rovnako je možná aj spolupráca medzi jednotlivými modulmi na rovnakej úrovni, prípadne na rôznych úrovniach. Vzniká teda možnosť implementovať do modelu bloky z rôznych modulov Simulinku, podmienkou je ale ich správne spojenie s modelom [1].

Ako príklad možno uviesť model mechanickej sústavy pohonu pásového dopravníka pomocou asynchrónneho elektromotora a dvojstupňovej planétovej prevodovky s diferenciálom na výstupe. Motor prekonáva moment pasívnych odporov viskózneho trenia a moment od dynamických účinkov sústavy. Pre zjednodušenie modelu sa redukujú zotrvačné účinky posuvných hmôt na dopravnom páse na hnací bubon pásu – záťaž. Matematický model zostavený v prostredí SimDriveline predpokladá torzne tuhé členy mechanizmu a neuvažuje preklzávanie pásu na bubne dopravníka. Schéma pohonu je na obr. 5.

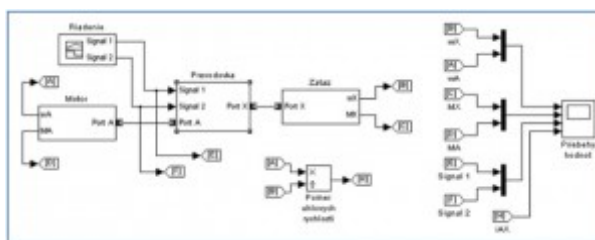


Obr. 5 – Schéma usporiadania modelu pohonu s uvažovanou dvojstupňovou planétovou prevodovkou

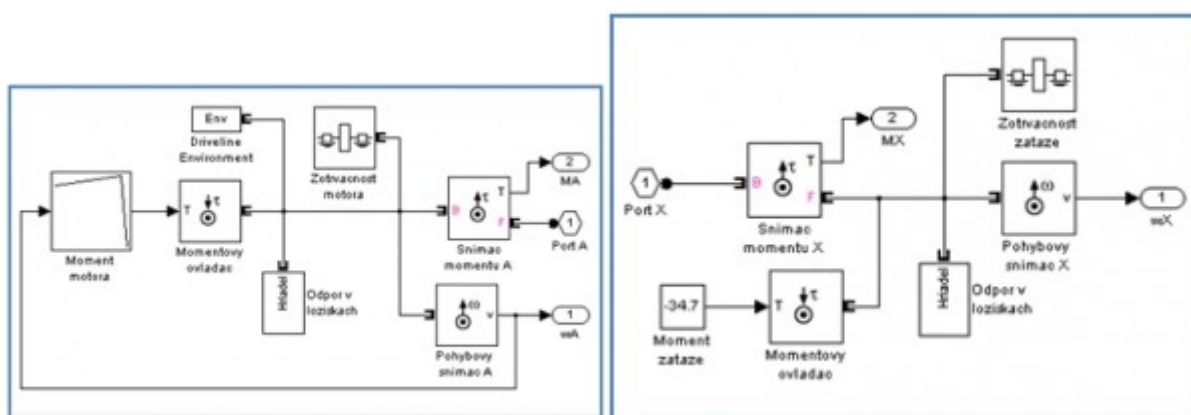
Využitie SimDriveline pri modelovaní riešeného pohonu

Ako už bolo uvedené, zostavenie modelu uvažovanej dvojstupňovej planétovej prevodovky a jej implementácia do modelu pohonu je v prostredí SimDriveline jednoduchšia, ako v prostredí Matlabu alebo Simulinku. Nakoľko bloky, s ktorými sa pri tvorbe modelu pracuje priamo popisujú vlastnosti konkrétnych častí transmisie, nie

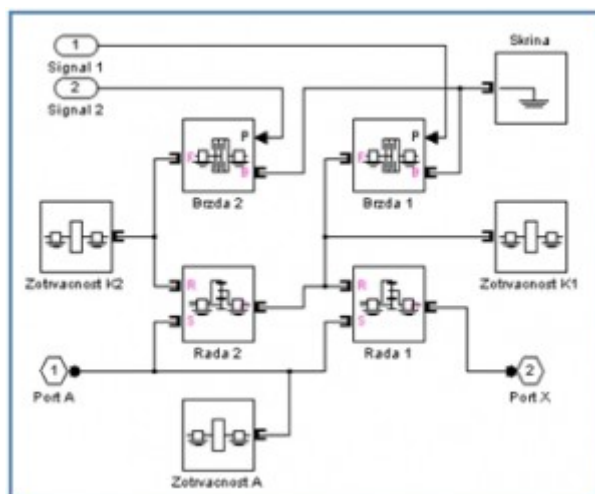
je potrebné matematicky formulovať vlastnosti daných objektov, vzťahy medzi nimi navzájom a pod. V tomto prostredí možno všetky potrebné vstupné údaje a parametre zadávať priamo do vlastností bloku. Rovnako vzťah medzi blokmi nie je definovaný ako spôsob prenosu signálu, ale ako mechanická väzba. Na obr. 6 až 8 je celkový model pohonu s planétovou prevodovkou a jeho jednotlivé subsystemy.



Obr.6 - Celkový model pohonu s uvažovanou prevodovkou s radením pod zatažením; Model pozostáva zo subsystemu motora, prevodovky, záťaže a riadenia. Sledované veličiny sa zobrazia ako grafické priebehy hodnôt



Obr. 7 - Model subsystemu motora a model subsystemu záťaže

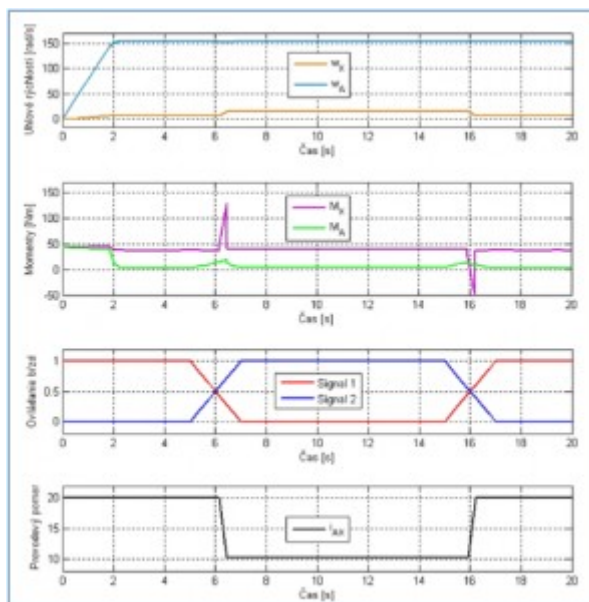


Obr. 8 - Model subsystemu uvažovanej planétovej prevodovky; Subsystem prevodovky sa pomocou portov spája so subsystemom motora a záťaže, vstupom pre ovládanie prevodovky sú riadiace signály

Základom riešeného matematického modelu je subsystem samotnej planétovej prevodovky. V ňom sú definované jednotlivé časti planétovej prevodovky a ich parametre, ich zapojenie a vzťahy medzi nimi a medzi ďalšími časťami modelu. Samotný subsystem, hoci je správne namodelovaný, nemôže fungovať a pri simulácii nemožno sledovať žiadne hodnoty. Rovnako ako reálna transmisia, k pohonu potrebuje

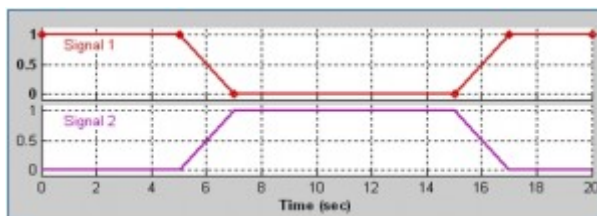
motor, k svojmu ovládaniu potrebuje riadiaci systém a na výstupe z prevodovky musí byť poháňané zariadenie, resp. záťaž.

Aby bolo možné sledovať požadované parametre, je potrebné do modelu implementovať snímače - senzory, ktoré sledujú dané parametre a následne ich, najlepšie graficky, zobrazia [1]. Tento princíp je ale už známy zo samotného Simulinku a v tomto prostredí funguje rovnako. Na obr. 9 sú priebehy sledovaných veličín a na obr. 10 sú riadiace signály pre ovládanie prevodovky.



Obr. 9 - Priebehy sledovaných veličín;

V danom prípade sa sledovali hodnoty krútiacich momentov a uhlových rýchlostí na výstupe z motora (M_A , ω_A) a na záťaži (M_X , ω_X) a prevodový pomer i_{AX}



Obr. 10 - Riadiace signály pre ovládanie prevodovky;

Brzdy prevodovky k zaradzovaniu príslušných prevodových stupňov sú ovládané signálmi z riadiacej jednotky. V tomto prípade sa uvažuje so zjednodušenými priebehmi pri zaradzovaní, resp. vyradzovaní príslušného stupňa

Zhrnutie výsledkov

Z priebehov je zrejmé ako sa menia otáčky motora pri rozbehu sústavy a pri ďalších zmenách ostávajú viac menej konštantné, v malom rozsahu sa menia len v okamihu preradenia. Priebehy riadiacich signálov názorne zobrazujú okamihy, kedy dochádza k rozopínaniu resp. zopínaniu jednotlivých brzd. Z priebehov sú taktiež zrejmé okamihy, pri ktorých jedna z brzd ešte preklzuje a druhá sa ešte úplne nerozopla. V týchto krátkych časových úsekoch dochádza ku zmenám hnacieho aj výstupného momentu.

Pri zostavovaní riešeného matematického modelu v SimDriveline sa ukázali výhody daného prostredia vyplývajúce hlavne z jednoduchosti zostavenia samotného modelu a

zmeny jeho parametrov. Jednoduchá zmena vstupných parametrov bez nutnosti zmeny celkového modelu vytvára možnosti pri hľadaní optimálneho riešenia pohonu a pre vyladenie samotného matematického modelu. Prepojenie SimDriveline s ďalšími modulmi umožňuje modelovanie aj zložitých sústav pozostávajúcich z častí založených na rôznych fyzikálnych princípoch a tým sa tento softvér stáva využiteľným pri riešení širokého spektra technických problémov.

Literatúra

1. SimDriveline - User's Guide, Mathworks Documentation, The MathWorks Inc., 2010, www.mathworks.com.
2. MÁLIK, L. - CHRZOVÁ, J. - ŠOŠKA, M.: Konštruovanie III. Žilina, EDIS - vydavateľstvo Žilinskej univerzity v Žiline, 2007, ISBN:978 - 80 - 8070 - 733 - 0.
3. FILO, M. - LUKÁČ, M.: Modelovanie a simulácia mechanizmov s počítačovou podporou. EDIS - vydavateľstvo ŽU, 2005, ISBN: 80 - 8070 - 466 - X.

Príspevok bol spracovaný v rámci grantu projektu VEGA 1/0577/08 - Inteligentné riadiace systémy kombinovaných viactokových diferenciálnych variátorových transmisíí.

Spoluautorom tohto článku je Miroslav GALBAVÝ
