



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
FAKULTA STROJNÍ
Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel

Wheelset Hydraulic Connection
-
Software
-
Návod k obsluze

číslo zprávy	KV-Z22-04	revision	1
	name	date	signature
vypracoval	Jan Kalivoda	3. 11. 2022	
kontroloval			
schválil			

Revize

revize	vypracoval	kontroloval	schválil	datum
Rev. 1	Jan Kalivoda			3. 11. 2022
Rev.				
Rev.				
Rev.				
Rev.				
Rev.				

Změny

revize	popis
Rev. 1	release
Rev.	
Rev.	
Rev.	
Rev.	
Rev.	

Obsah

Revize	1
Změny.....	1
1 Úvod	3
2 Popis funkce.....	3
3 Popis částí programu	4
3.1 Skript model_par.m	4
3.2 Simulink schéma	4
3.2.1 Modul vozidlo	5
3.2.2 Modul rychlost.....	5
3.2.3 Modul křivost trati	6
3.2.4 Modul hydraulika.....	6
4 Vlastník	6
5 Kontaktní osoba.....	6
Poděkování.....	6

1 Úvod

Software je použitelný pro čtyřnápravové kolejové vozidlo se dvěma podvozky. Předpokládá se, že vozidlo má v uzlu podélného vedení dvojkolí instalovány podélně orientované hydraulické válce C11 až C42, které spojují ložiskové komory a rám podvozku (**Fig. 1**). Software simuluje chování hydraulického systému, který se skládá z těchto válců, jejich vzájemného propojení a dalších prvků. Je určen k propojení se simulačním modelem mechanické části vozidla a posuzování vlivu hydraulických vazeb ložiskových komor na jízdní vlastnosti vozidla.

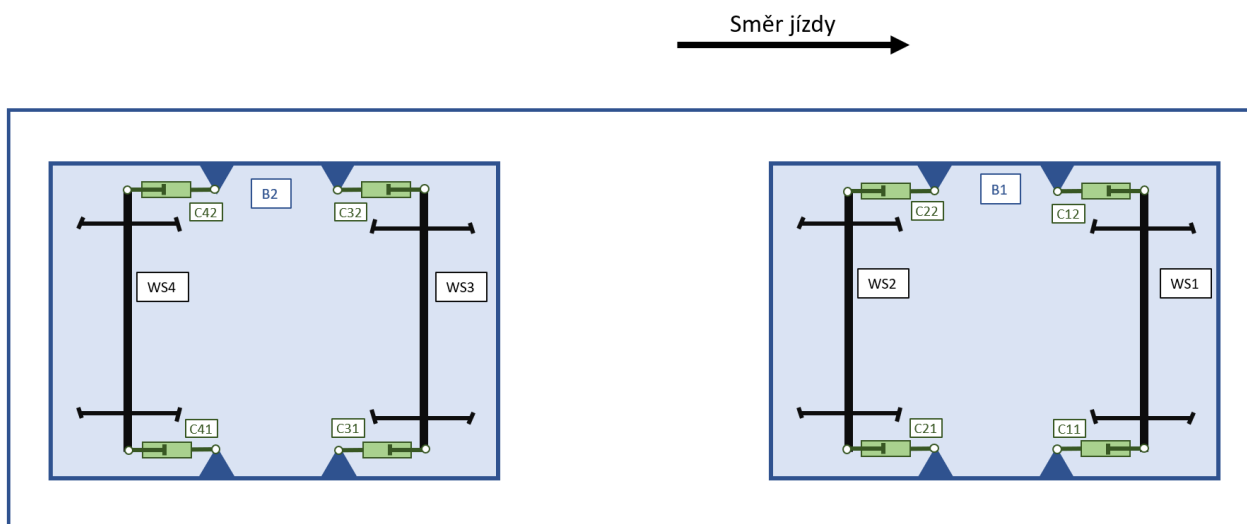


Fig. 1. Uspořádání vozidla

2 Popis funkce

Software je vytvořen v prostředí Matlab-Simulink. Simuluje hydraulický systém, který pomocí hydraulických válců ve vedení dvojkolí a jejich vzájemného propojení váže mezi sebou podélné pohyby ložiskových komor. Software obsahuje rozhraní na simulační model mechanické části vozidla a umožňuje tak simulační výpočty kolejového vozidla s hydraulickým propojením ložiskových komor. Je možné simulovat dva způsoby propojení ložiskových:

- HYD1 křížové propojení ložiskových komor v rámci dvojkolí (**Fig. 2**),
- HYD2 křížové propojení ložiskových komor v rámci dvojkolí + křížová vazba dvojkolí v podvozku (**Fig. 3**).

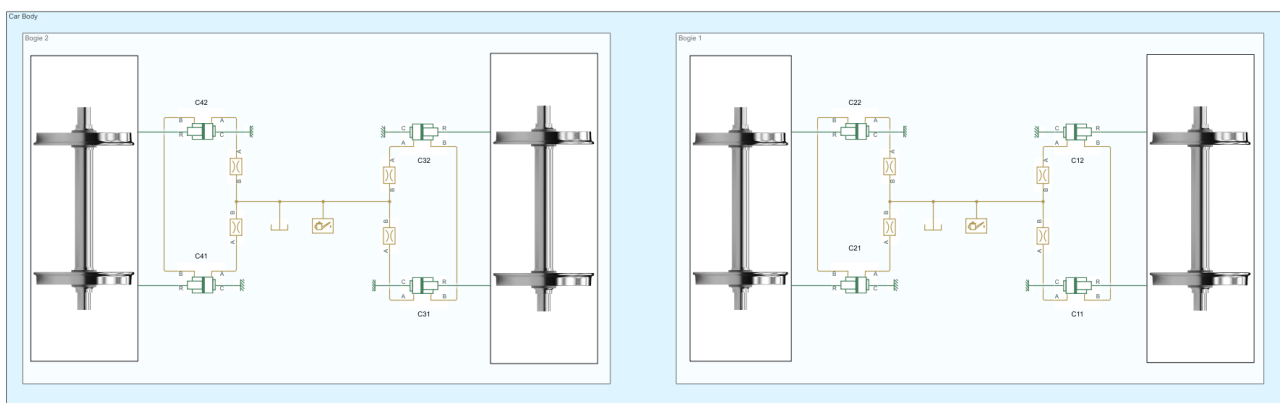


Fig. 2. Uspořádání HYD1

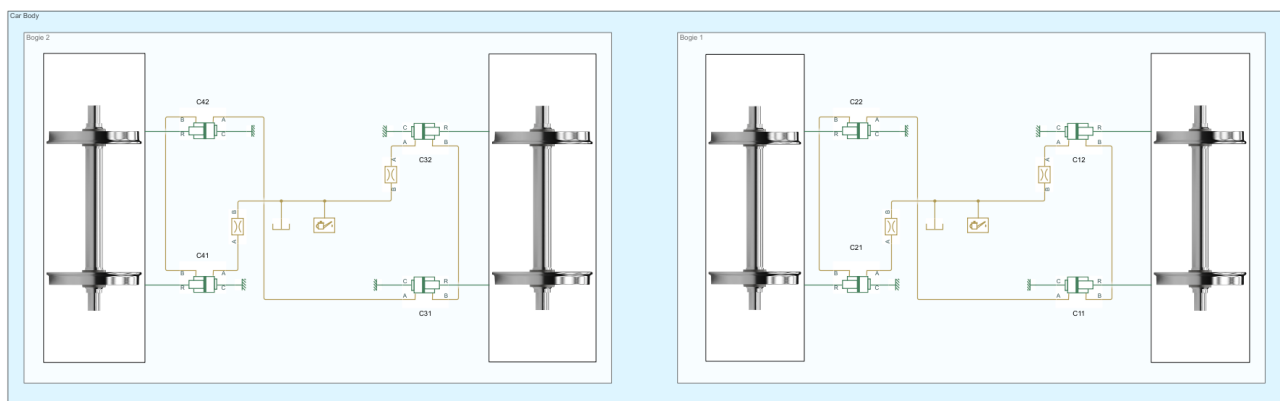


Fig. 3. Uspořádání HYD2

3 Popis částí programu

K chodu programu je potřeba software Matlab 2019a a vyšší včetně jeho nadstavby pro simulaci a modelování dynamických systémů Simulink 2019a. Pro funkci software je třeba licence modulu Simulinku pro modelování a simulace fyzikálních systémů - Simscape. Pro chod software jsou nezbytné tyto soubory viz **Tab. 1**.

Název souboru	Popis
model_par.m	Matlab script se základními parametry vozidla a hydraulického systému
WS_hyd1_2022_01.slx	Matlab-simulink model hydraulického systému HYD1.
WS_hyd2_2022_01.slx	Matlab-simulink model hydraulického systému HYD2

Tab. 1. Soubory nezbytné pro chod software

3.1 Skript model_par.m

Skript „model_par.m“ obsahuje definice proměnných obsahujících základní parametry vozidla a hydraulického systému (**Tab. 2**). Před spuštěním vlastního software je potřeba v textovém editoru upravit skript „model_par.m“ dle parametrů simulovaného vozidla.

Proměnná	Hodnota	Popis
Parametry vozidla		
a		rozvor podvozku [m]
as		vzdálenost otočných čepů [m]
w1		vzdálenost osy aktuátoru od podélné osy vozidla
D0		průměr kola [m]
Parametry hydraulického systému		
Or_A		plocha škrtkého průřezu clonky [mm ²]
m		hmotnost setrvačné hmoty připojená k hydraulickému válci [kg]
D		průměr pístu hydraulického válce [mm]
d		průměr pístnice hydraulického válce [mm]
z		celkový zdvih hydraulického válce [mm]

Tab. 2. Uživatelsky modifikovatelné parametry ve skriptu „model_par.m“

3.2 Simulink schéma

Schéma lze rozdělit na tyto moduly:

- vozidlo,
- rychlost,
- křivost trati,
- hydraulika.

3.2.1 Modul vozidlo

Modul vozidlo (**Fig. 4**) zajišťuje komunikaci mezi softwarem a MBS modelem vozidla. Podoba modulu vozidlo závisí podobě modelu vozidla a software ve kterém je MBS model vozidla vytvořen. V základním nastavení je modul vozidlo určen pro propojení s modelem vozidla vytvořeném v software Simpack 2021. V případě potřeby propojení se simulačním modelem vozidla vytvořeném v jiném software, je nezbytné modul vozidlo odpovídajícím způsobem změnit. Stejně tak se mohou lišit vstupy a výstupy modulu vozidlo a jejich počet. Modul vozidlo musí nezbytně obsahovat tyto výstupy:

- Om1 okamžitá hodnota úhlové rychlosti prvního dvojkolí [rad/s],
- Om2 okamžitá hodnota úhlové rychlosti druhého dvojkolí [rad/s],
- Om3 okamžitá hodnota úhlové rychlosti třetího dvojkolí [rad/s],
- Om4 okamžitá hodnota úhlové rychlosti čtvrtého dvojkolí [rad/s],
- Fjk síla působící na hydraulický válec Cjk [N], j – index dvojkolí, k – index strany, viz **Fig. 1**.

Další výstupy modulu vozidlo nejsou nezbytné pro správný chod software, ale mohou být využity při simulacích jiných systémů radiálního stavění dvojkolí, detekci křivosti trati apod.

Vstupem modulu vozidlo jsou pak hodnoty posunutí ložiskových komor vzhledem k nominální poloze a jejich derivace. Kladná hodnota představuje posunutí ložiskové komory ve směru jízdy.

- Xjk aktuální pozice ložiskové komory jk [m],
- vXjk aktuální rychlost pohybu ložiskové komory jk [ms⁻¹],
- aXjk aktuální zrychlení ložiskové komory jk [ms⁻²].

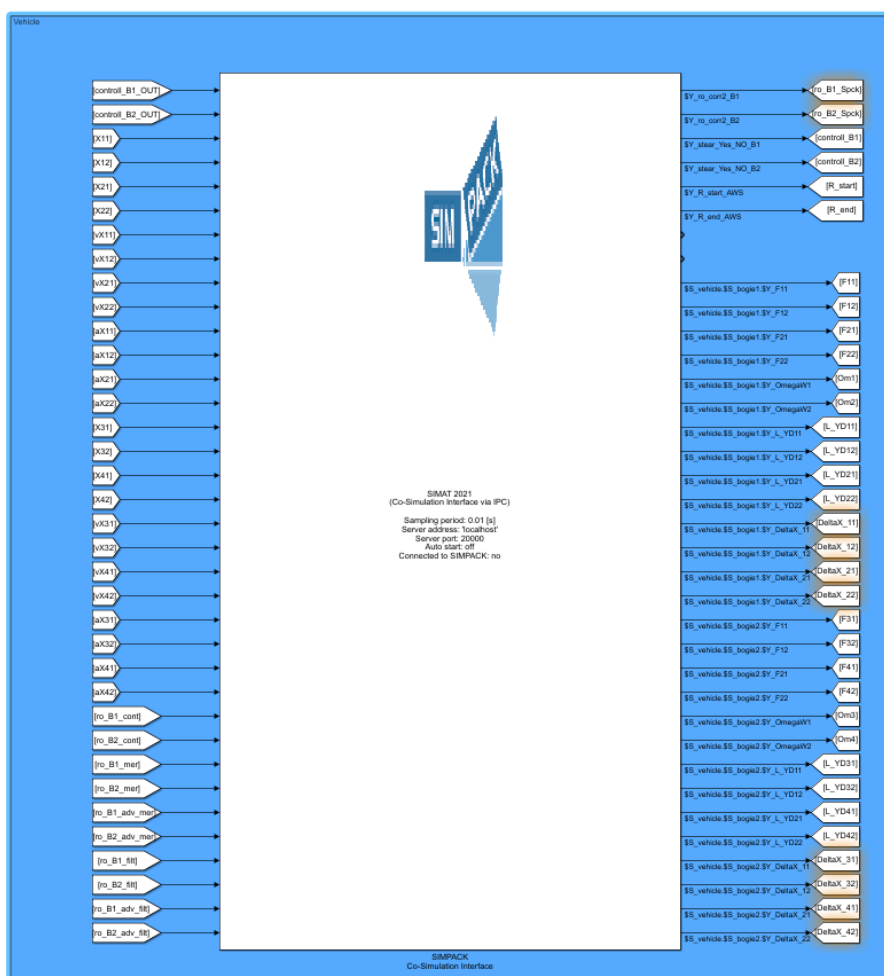


Fig. 4. Modul vozidlo

3.2.2 Modul rychlost

Vstupem modulu rychlost (**Fig. 5**) jsou úhlové rychlosti jednotlivých dvojkolí. Rychlost vozidla je pak vypočtena na základě průměrné úhlové rychlosti všech dvojkolí a nominální hodnoty průměru kola.

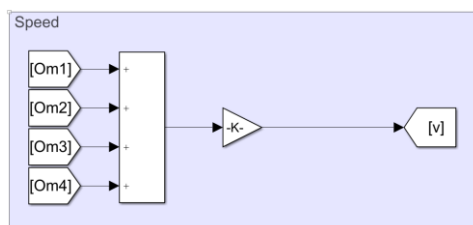


Fig. 5. Blok rychlost

3.2.3 Modul křivost trati

Pokud je předem známa hodnota křivosti trati a její průběh v čase, je možné časové průběhy křivosti trati v místě prvního a druhého podvozku zapsat před spuštěním simulace do proměnných Matlabu B1_t, B1_ro, B2_t, B2_ro, kde B1/2_t jsou vektory času a B1/2_ro jsou vektory křivosti trati v místě prvního, resp. druhého podvozku. Modul křivosti trati pak umožňuje tyto hodnoty číst v průběhu chodu programu a využít výpočet optimálního posunutí ložiskových komor, která odpovídají radiální poloze dvojkolí.

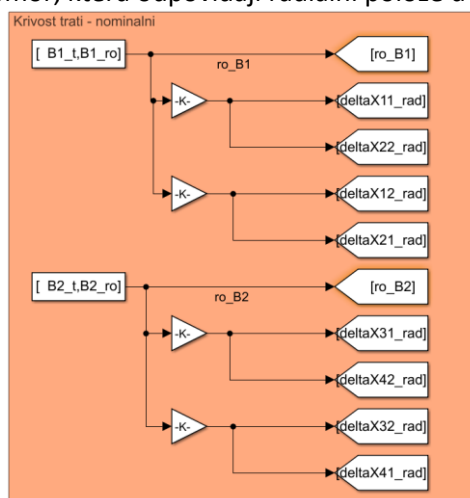


Fig. 6. Modul čtení nominální hodnoty křivosti trati

3.2.4 Modul hydraulika

Modul hydraulika (**Fig. 2, Fig. 3**) vypočítává vysunutí hydraulických válců. Skládá se z bloků představujících hydraulické válce, hydraulického potrubí, škrtící clonky a bloky definujících vlastnosti hydraulické kapaliny. Varianty HYD1 a HYD2 se odlišují způsobem propojení hydraulických válců. Vstupními hodnotami pro výpočet jsou síly působící na hydraulické válce, výstupem pak zdvihy hydraulických válců, které jsou pomocí modulu vozidlo předávány simulačnímu modelu mechanické části vozidla.

4 Vlastník

75% - ČVUT v Praze, Fakulta strojní, Ústav automobilů, spalovacích motorů a kolejových vozidel (12120), Technická 4, 160 00 Praha 6, Česká republika, IČ: 68407700.

25% - Škoda Transportation a.s., Emila Škody 2922/1, 301 00 Plzeň, IČ: 62623753.

5 Kontaktní osoba

Ing. Jan Kalivoda, Ph.D.
tel.: 224 352 493

Poděkování

Software vznikl jako výsledek smluvního výzkumu ČVUT FS realizovaného v rámci komercializace výsledků projektu TN01000026 - Národní centrum kompetence Josefa Božka pro pozemní dopravní prostředky.