

Modelování elektromechanického systému

Jaroslav Jirkovský
HUMUSOFT s.r.o.



O společnosti HUMUSOFT

Název firmy: Humusoft s.r.o.

Založena: 1990

Počet zaměstnanců: 15

Sídlo: Praha 8, Pobřežní 20



- **MATLAB, Simulink**
- **Comsol Multiphysics**
- **WITNESS**
- **dSPACE - vývojové systémy**
- **Vývoj vlastního software & hardware**
- **Multiprocesorové stanice HeavyHorse**
- **Výukové modely**
- **3D polohovací zařízení**



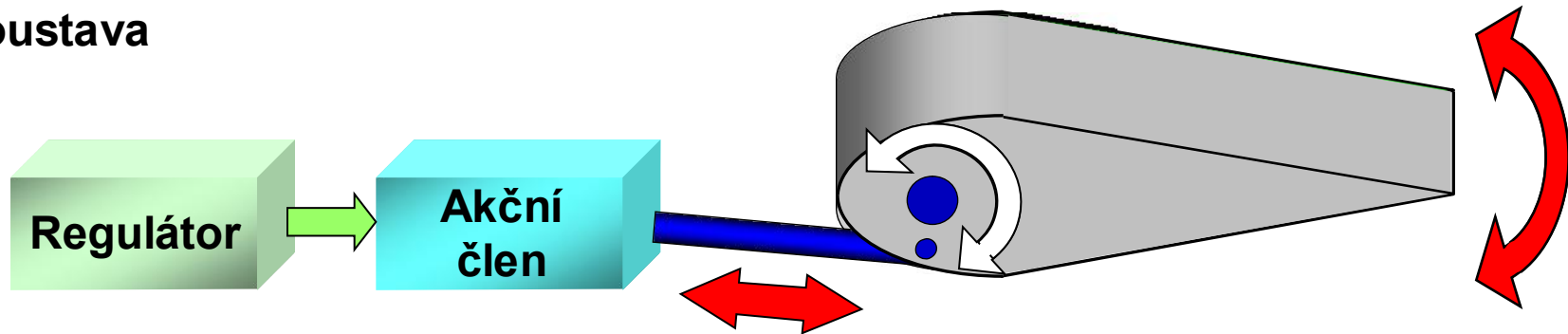
Agenda

- **Příklad: Systém ovládání letadla**
 - Vysvětlení modelu
- **Modelování mechanického systému**
- **Modelování akčního členu**
 - Stanovení požadavků na akční člen
 - Modelování elektromechanického systému
 - Nastavení parametrů s využitím naměřených dat
 - Srovnání dvou variant akčních členů (elektromechanický, hydraulický)
- **Optimalizace systému**
- **Stanovení vlivů implementace**



Příklad: Systém ovládání křídélka

- **Soustava**



- **Cíle simulace**

1. **Určit požadavky na akční člen**
2. **Testovat výkonnost s elektrickým nebo hydraulickým ovládáním**
3. **Optimalizovat ovládací systém**
4. **Posouzení důsledků implementace**



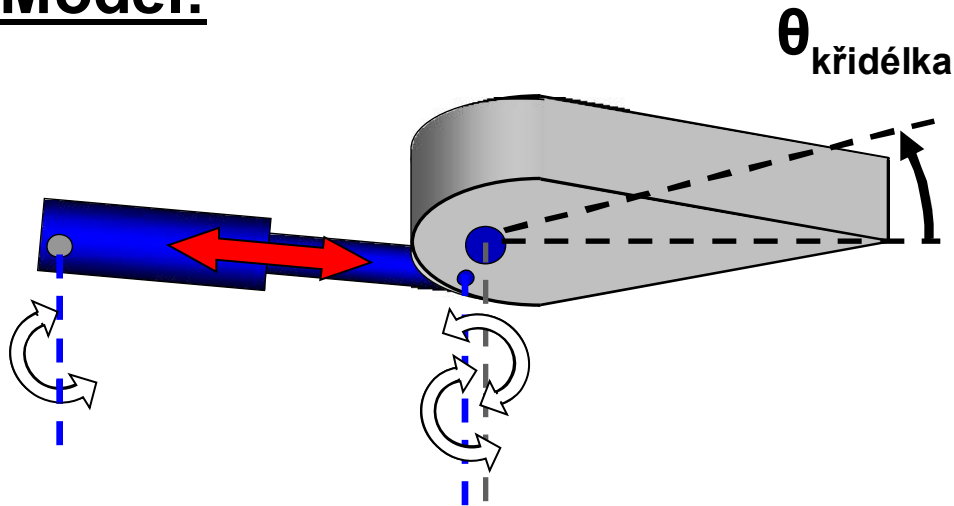
Agenda

- **Příklad: Systém ovládání letadla**
 - Vysvětlení modelu
- **Modelování mechanického systému**
- **Modelování akčního členu**
 - Stanovení požadavků na akční člen
 - Modelování elektromechanického systému
 - Nastavení parametrů s využitím naměřených dat
 - Srovnání dvou variant akčních členů (elektromechanický, hydraulický)
- **Optimalizace systému**
- **Stanovení vlivů implementace**



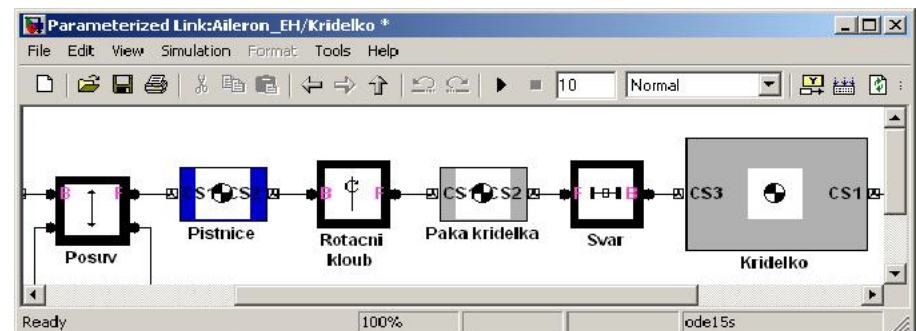
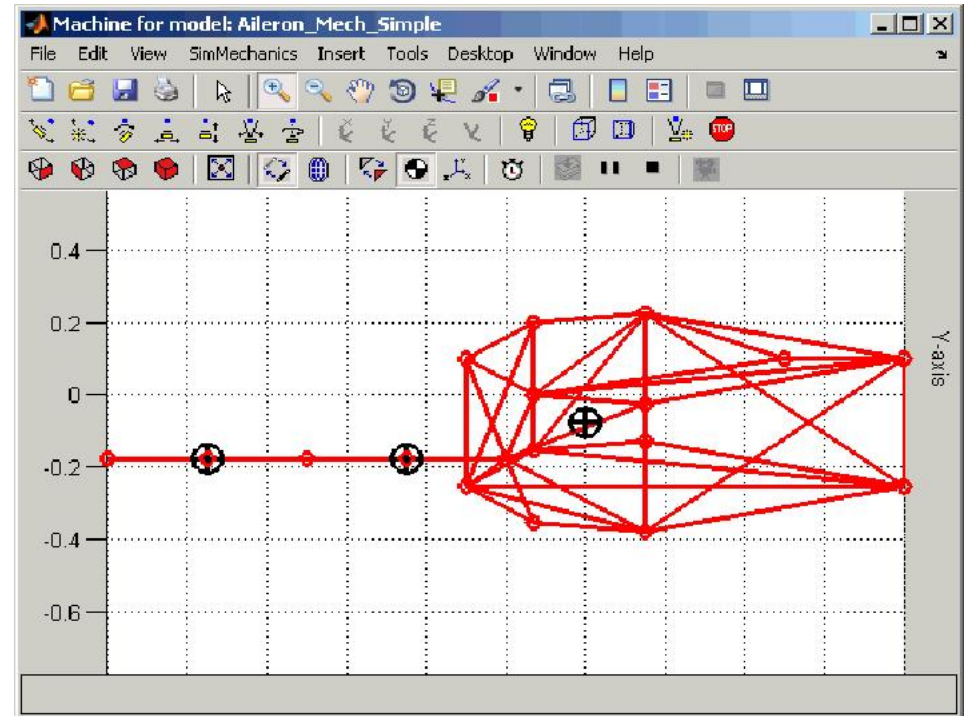
Modelování mechanického systému

Model:



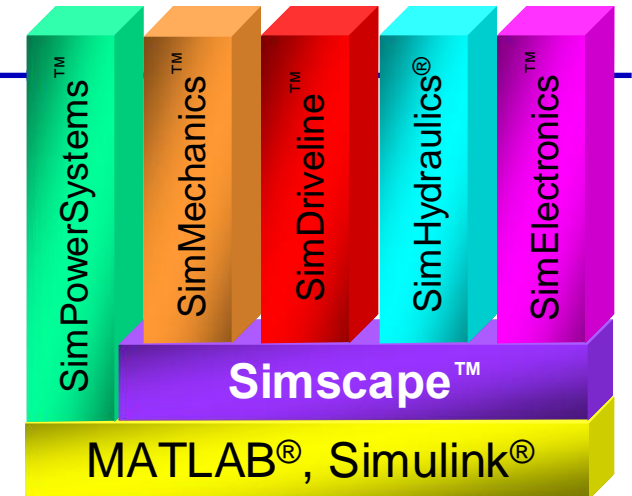
Úkol: Modelovat mechanický systém v prostředí Simulink®

Řešení: Použít k tvorbě modelu křidélka [SimMechanics™](#)

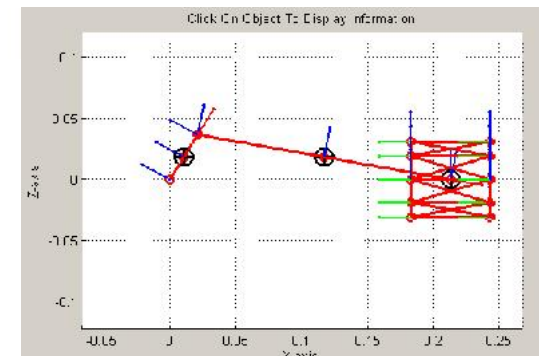
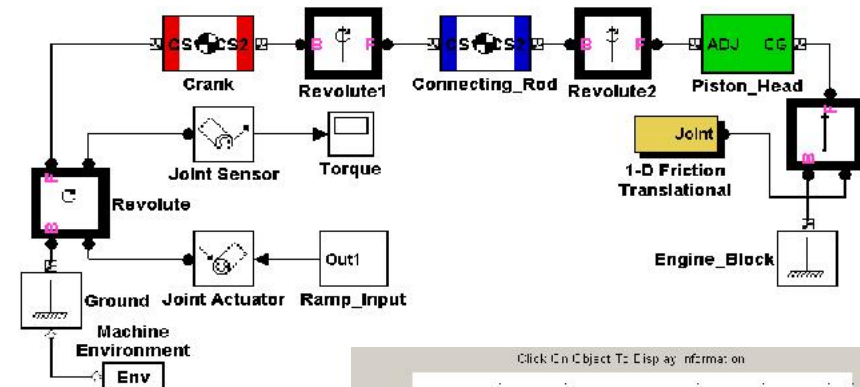




SimMechanics™



- Rozšíření programu Simscape™ o simulaci mechanických soustav
- Nevyžaduje odvozování nebo programování rovnic ani detailní fyzikální znalosti
- Klíčové vlastnosti:
 - Může běžet v reálném čase
 - Obsahuje vizualizaci soustav
 - Plná integrace se Simulinkem a dalšími nástroji pro fyzikální modelování
 - Urychluje vývoj přesných modelů nelineárních soustav





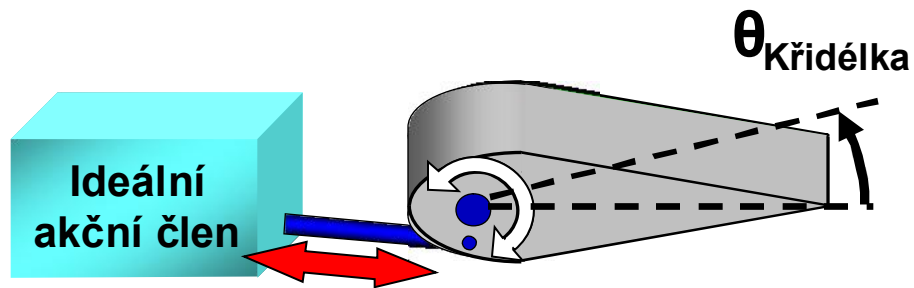
Agenda

- **Příklad: Systém ovládání letadla**
 - Vysvětlení modelu
- **Modelování mechanického systému**
- **Modelování akčního členu**
 - Stanovení požadavků na akční člen
 - Modelování elektromechanického systému
 - Nastavení parametrů s využitím naměřených dat
 - Srovnání dvou variant akčních členů (elektromechanický, hydraulický)
- **Optimalizace systému**
- **Stanovení vlivů implementace**



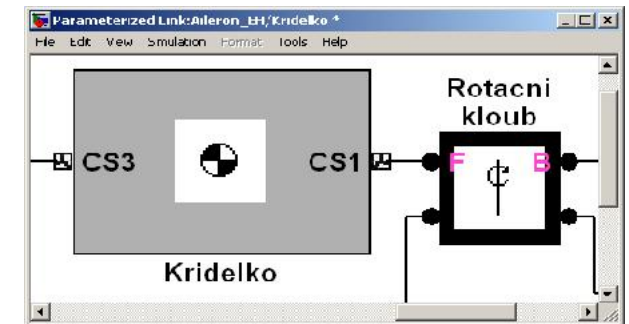
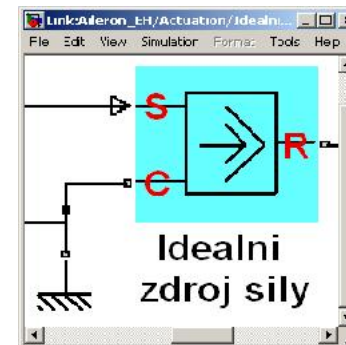
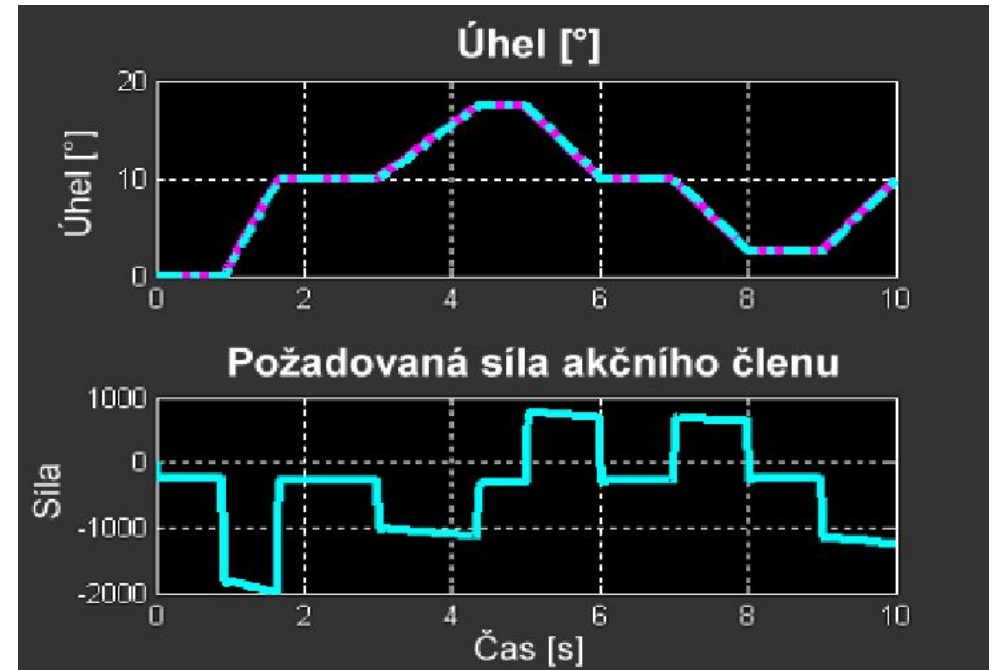
Stanovení požadavků na akční člen

Model:



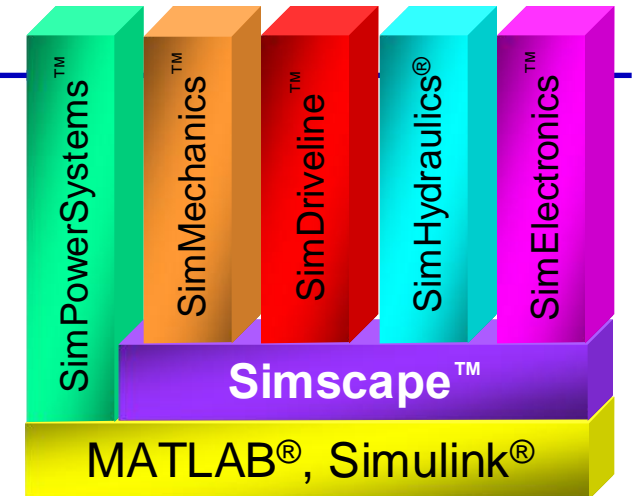
Úkol: Stanovit požadavky pro pohon leteckého křidélka

Řešení: Použít [SimMechanics](#) k modelování křidélka a [Simscape](#) k modelování ideálního akčního členu

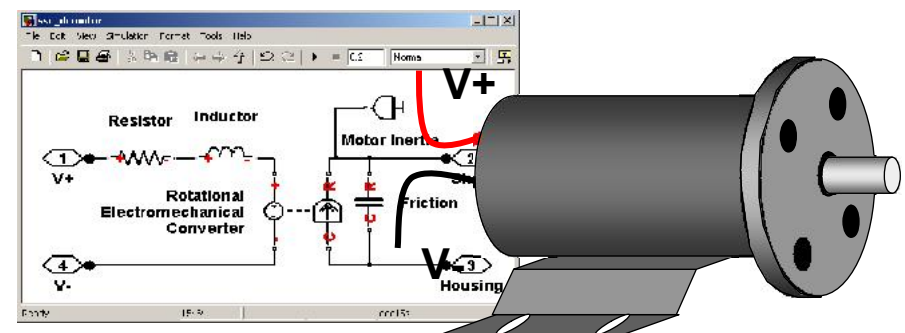
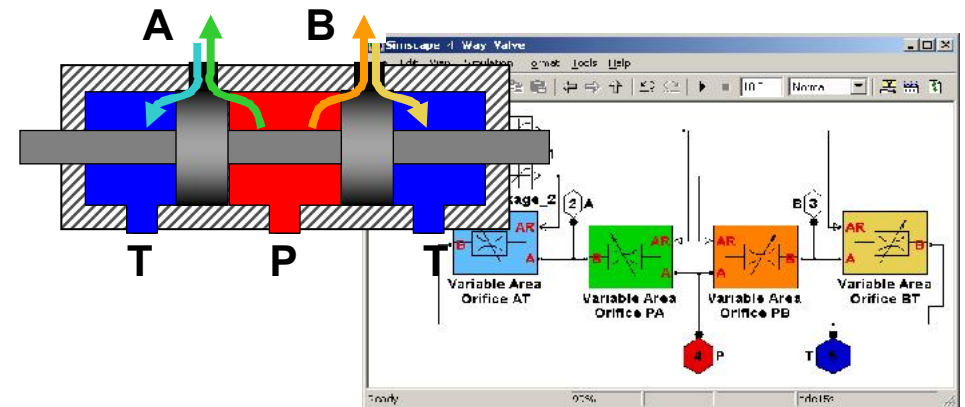




Simscape™



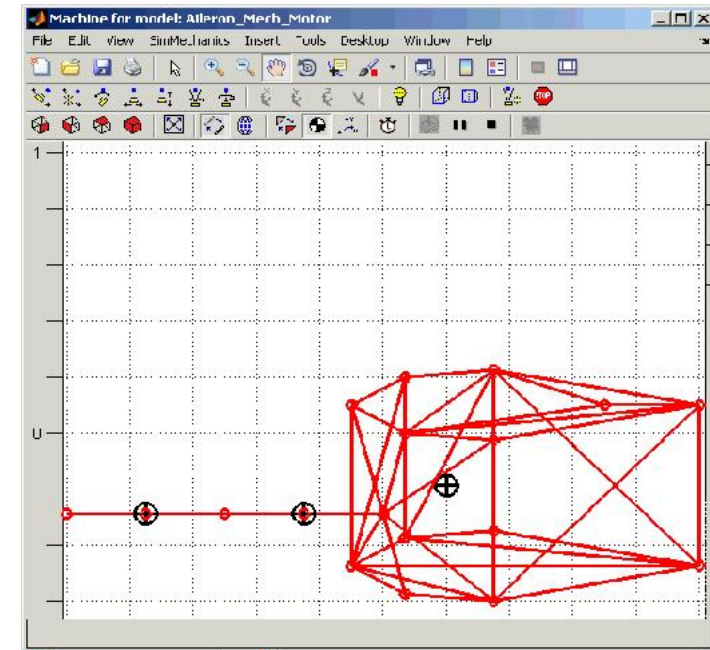
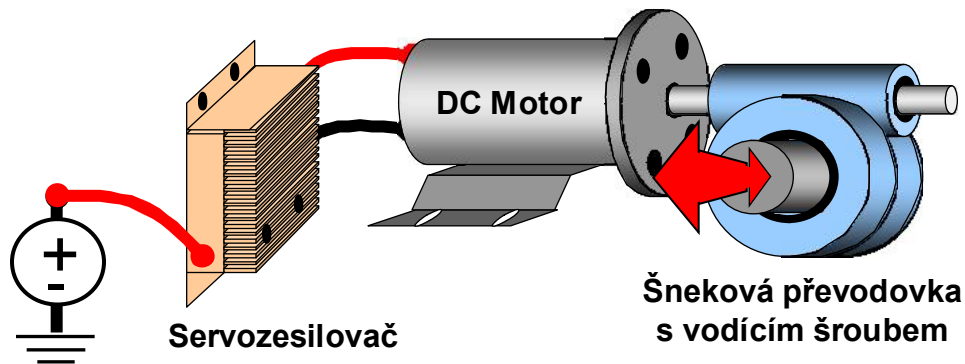
- Rozšíření Simulinku o strukturální modelování multifyzikálních soustav
- Klíčové vlastnosti:
 - Základní prvky pro modelování fyzikálních soustav zahrnující mechanické, elektrické, hydraulické a tepelné systémy
 - Specifikace jednotek pro parametry a signály
 - Překlad modelů do jazyka C
 - Plná integrace se Simulinkem a dalšími nástroji pro fyzikální modelování





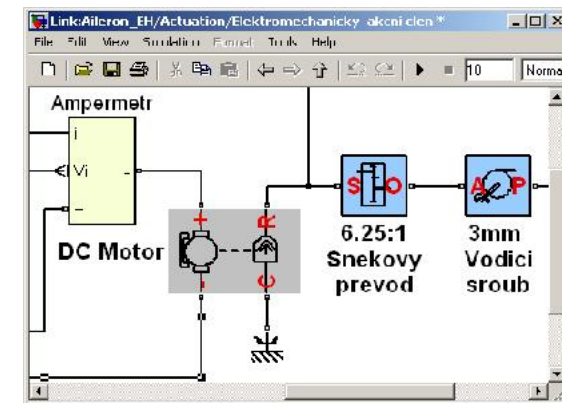
Model elektromechanického akčního členu -

Model:



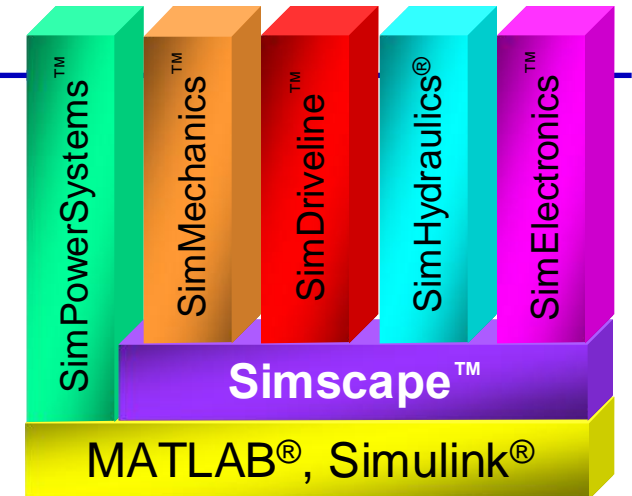
Úkol: Modelovat elektromechanickou soustavu v Simulinku tak, aby byla opakovaně použitelná

Řešení: Použít [SimElectronics™](#) a [Simscape™](#) k modelování elektromechanické soustavy



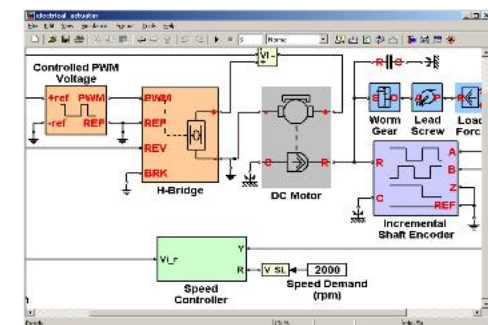
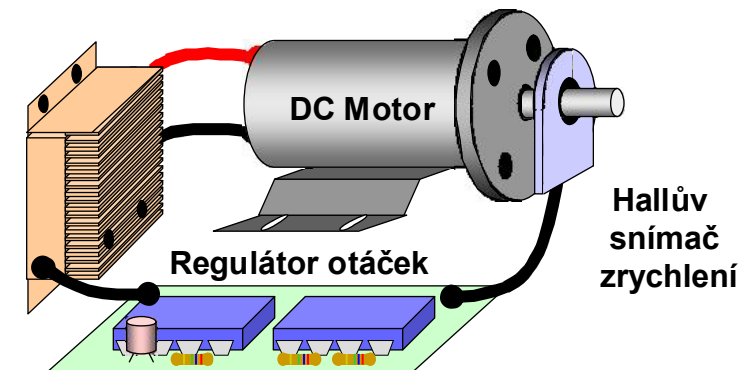


SimElectronics™



- Rozšíření Simscape o strukturální modelování elektronických a elektromechanických systémů
- Podpora vývoje algoritmů a řídicích systémů v Simulinku
- Poskytuje modely senzorů, akčních prvků a polovodičových součástek a dále umožňuje
 - Zadávání hodnot parametrů přímo z dokumentace výrobce
 - Snadnou změnu složitosti modelu
 - Překlad do jazyka C
 - Linearizaci modelu pro návrh regulátoru

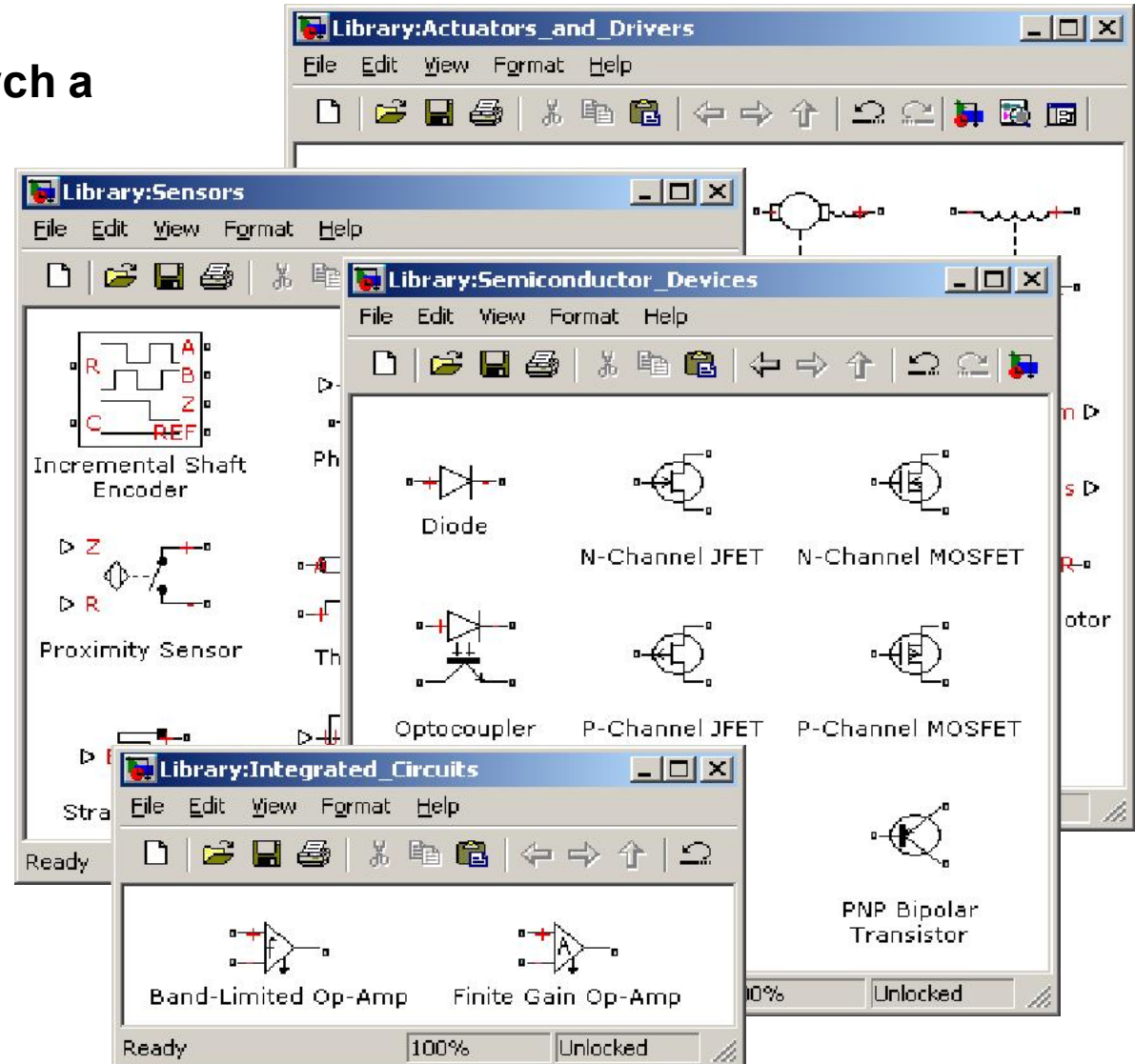
Servozesilovač





Knihovny součástí v SimElectronics

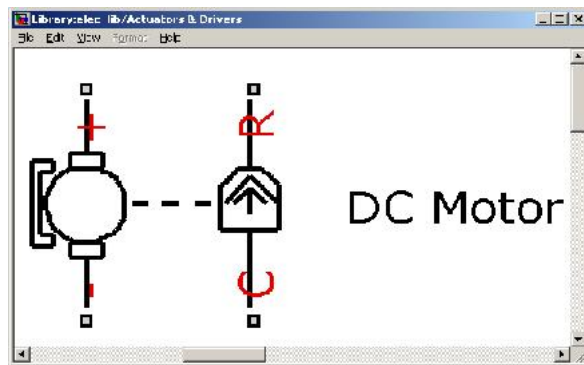
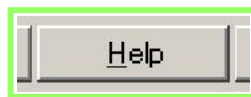
- Více než 55 modelů elektrických a elektronických součástí
 - Elektrické pohony
 - Řídicí obvody pohonů
 - Akční prvky
 - Senzory
 - Polovodiče
 - Integrované obvody
- Modely vypadají jako elektrická schémata
 - Snadné čtení a interpretace





Vkládání realistických hodnot parametrů

- Parametrizováno podle standardů dokumentace
- Více možností přiřazení parametrů
- Tlačítko Help pro popis funkce a nastavení prvků



The image shows three overlapping dialog boxes for configuring a DC Motor block. The top-most dialog is in the 'Mechanical' tab and shows the following parameters:

Parameter	Value	Unit
Model parameterization:	By rated power, rated speed & no-load speed	
Armature inductance:	1.2e-05	H
No-load speed:	1.91e+04	rpm
Rated speed (at rated load):	1.5e+04	rpm
Rated load (mechanical power):	0.08	W
Rated DC supply voltage:	1.5	V

The middle dialog is in the 'Electrical Torque' tab and shows the following parameters:

Parameter	Value	Unit
Model parameterization:	By stall torque & no-load speed	
Armature inductance:	1.2e-05	H

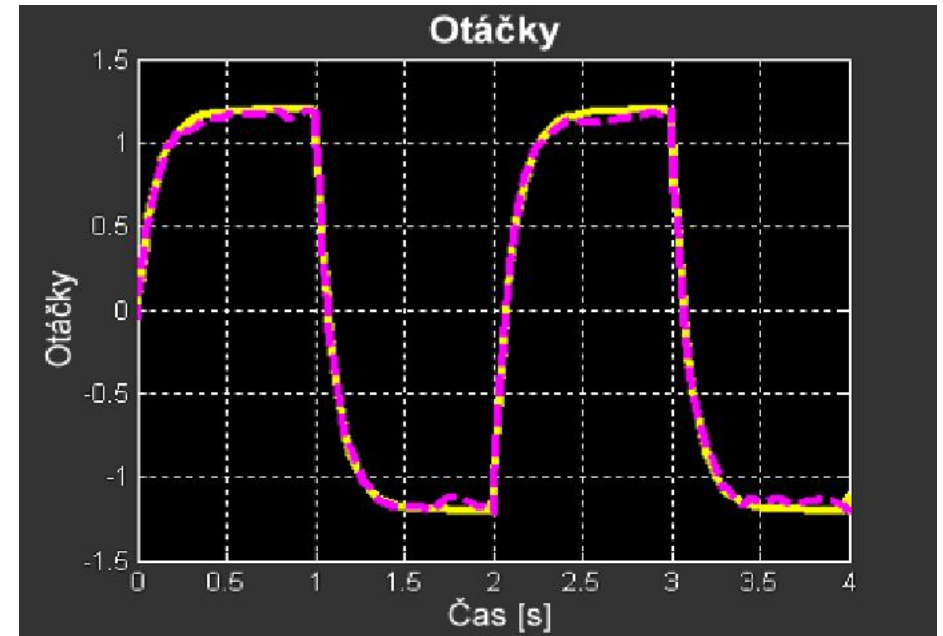
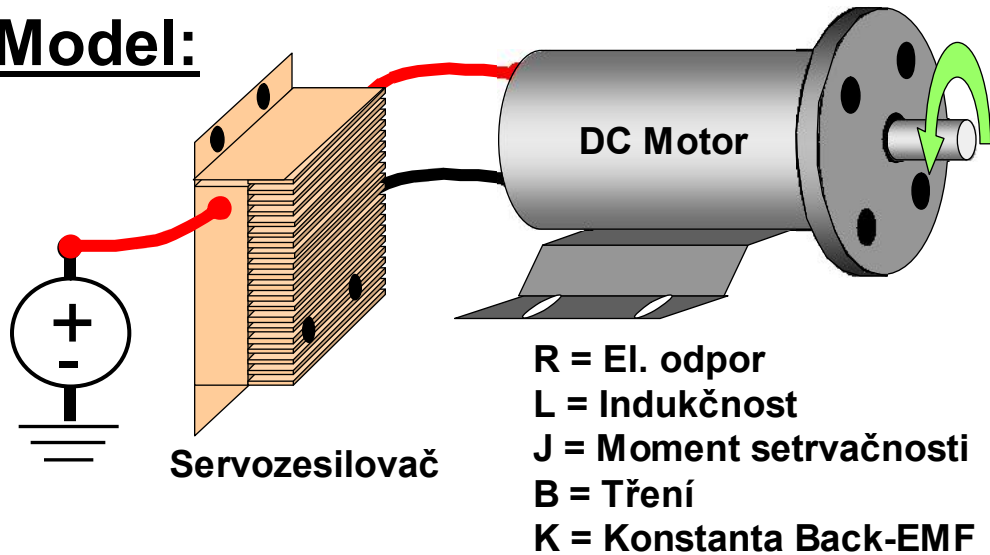
The bottom dialog is in the 'Mechanical' tab and shows the following parameters:

Parameter	Value	Unit
Model parameterization:	By equivalent circuit parameters	



Odhad parametrů s použitím naměřených dat –

Model:



Úkol: Simulační výsledky neodpovídají naměřeným datům z důvodu nesprávného nastavení parametrů

Řešení: Použít [Simulink® Design Optimization™](#) k automatickému nastavení parametrů modelu

R	L	J	K	B
4.03	1e-4	0.11	0.45	1.07



Odhad parametrů s použitím naměřených dat –

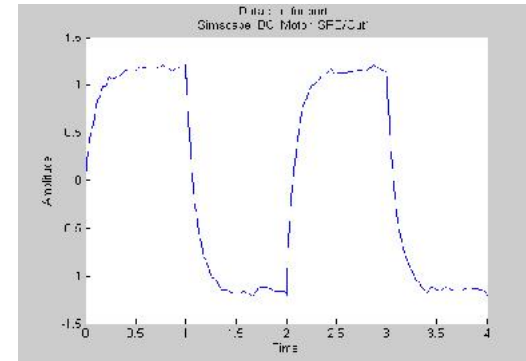
- Kroky k odhadu parametrů

1) Načíst naměřená data a vybrat data pro odhad

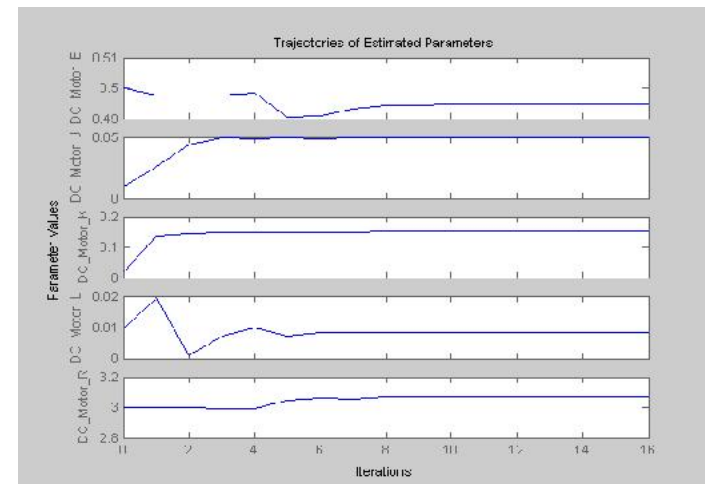
2) Volba nastavitelných parametrů a jejich omezení

3) Provést odhad parametrů

4) Ověřit odhad



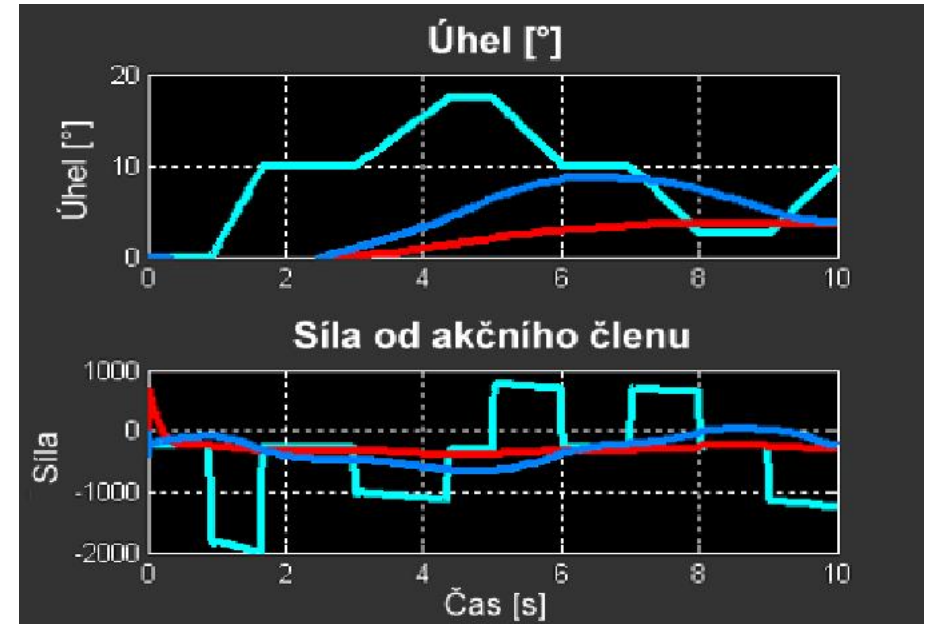
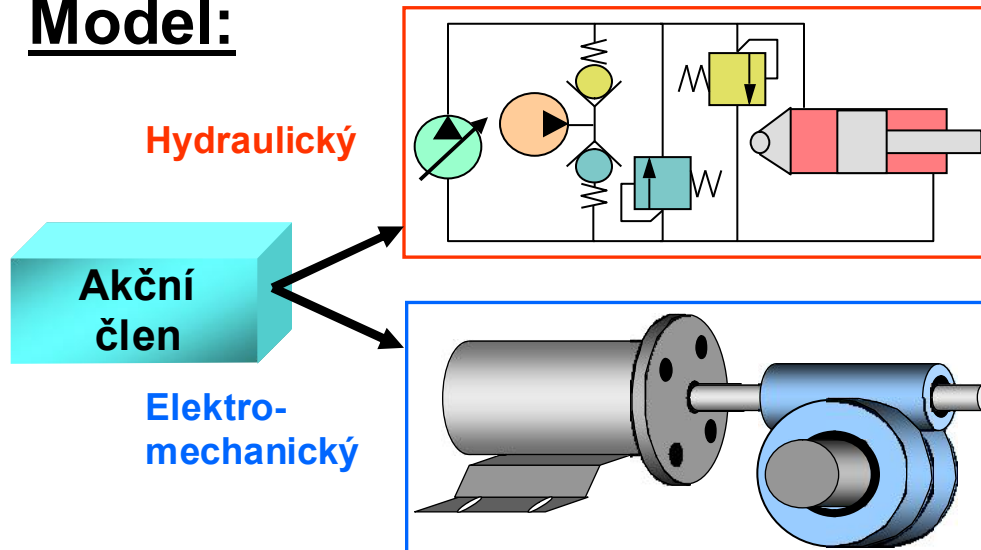
R	L	J	K	B
3	0.01	0.01	0.02	0.5





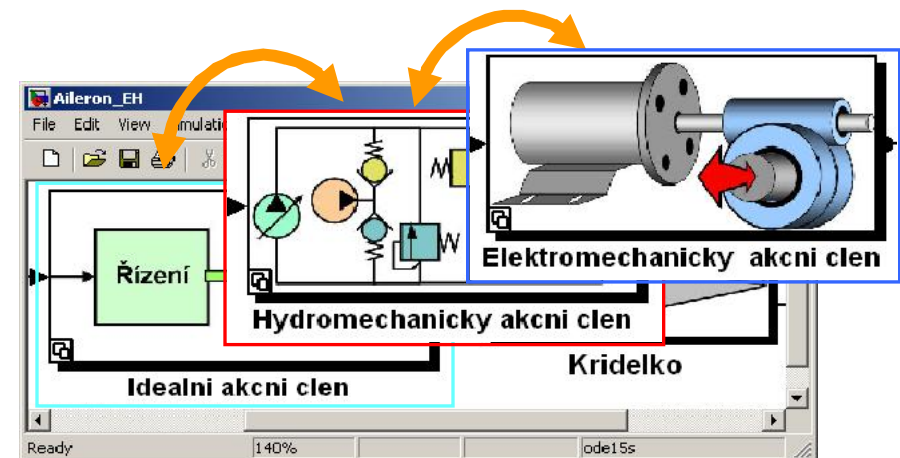
Testování elektrické a hydraulické varianty –

Model:



Úkol: Testovat různé varianty akčních členů v systému

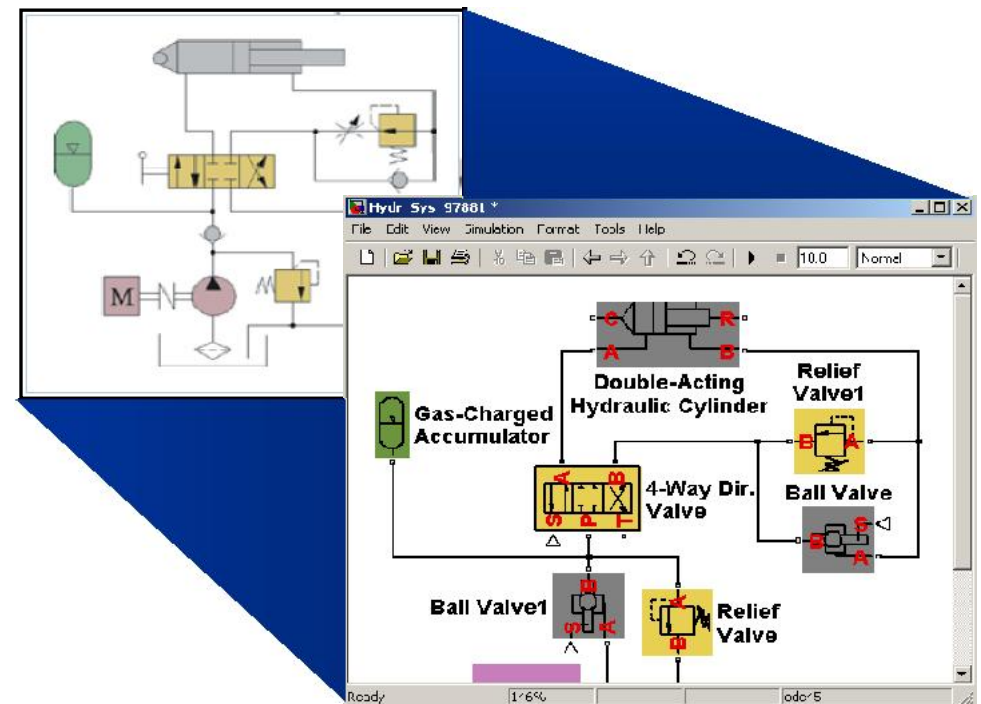
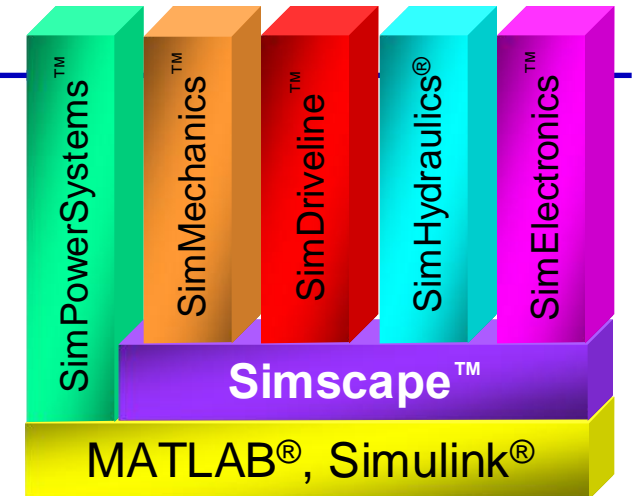
Řešení: Použít [SimHydraulics®](#) a [SimElectronics](#) k modelování akčních členů a **konfigurovatelných subsystemů** k jejich záměně





SimHydraulics®

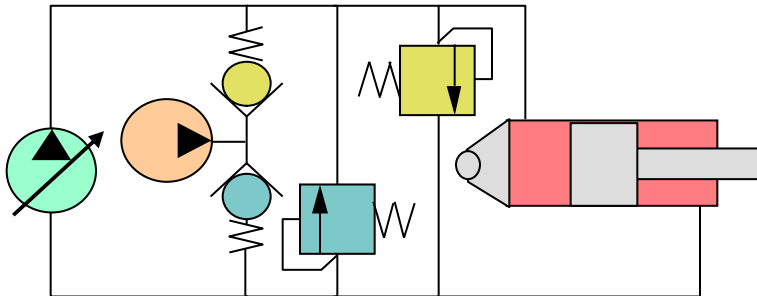
- Rozšíření Simscape o modelování hydraulických soustav
- Klíčové vlastnosti:
 - Rozsáhlé knihovny pro modelování uživatelských prvků
 - Více možností jak zadávat hodnoty parametrů
 - Přizpůsobitelná knihovna obvyklých hydraulických kapalin
 - Využití schopností Simscape pro ustálené stavy umožní efektivní simulaci





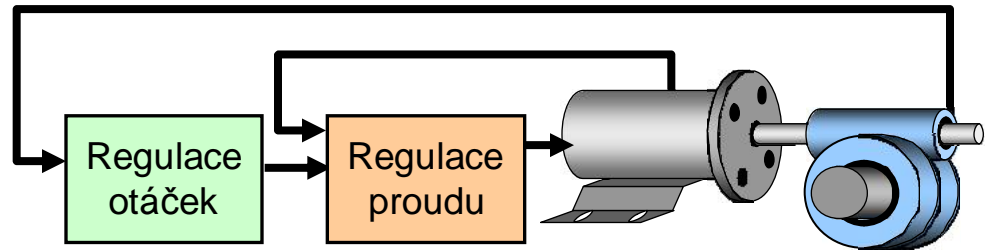
Varianty návrhu akčních členů

- **Hydrostatický pohon**



- Řízené oběhové čerpadlo
- Dvojčinný hydraulický motor
- Doplnovací ventily
- Přetlakové ventily
- Doplnovací čerpadlo
- Regulátor rychlosti

- **Elektromechanický systém**



- DC Motor
- Šneková převodovka
- Snímač proudu a regulátor proudu
- Hallův snímač zrychlení a regulátor otáček
- PWM a H-můstek



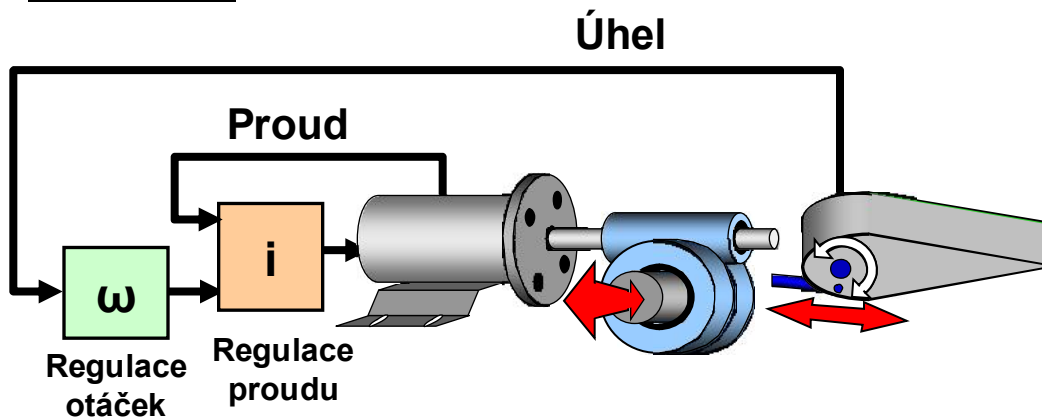
Agenda

- **Příklad: Systém ovládání letadla**
 - Vysvětlení modelu
- **Modelování mechanického systému**
- **Modelování akčního členu**
 - Stanovení požadavků na akční člen
 - Modelování elektromechanického systému
 - Nastavení parametrů s využitím naměřených dat
 - Srovnání dvou variant akčních členů (elektromechanický, hydraulický)
- **Optimalizace systému**
- **Stanovení vlivů implementace**



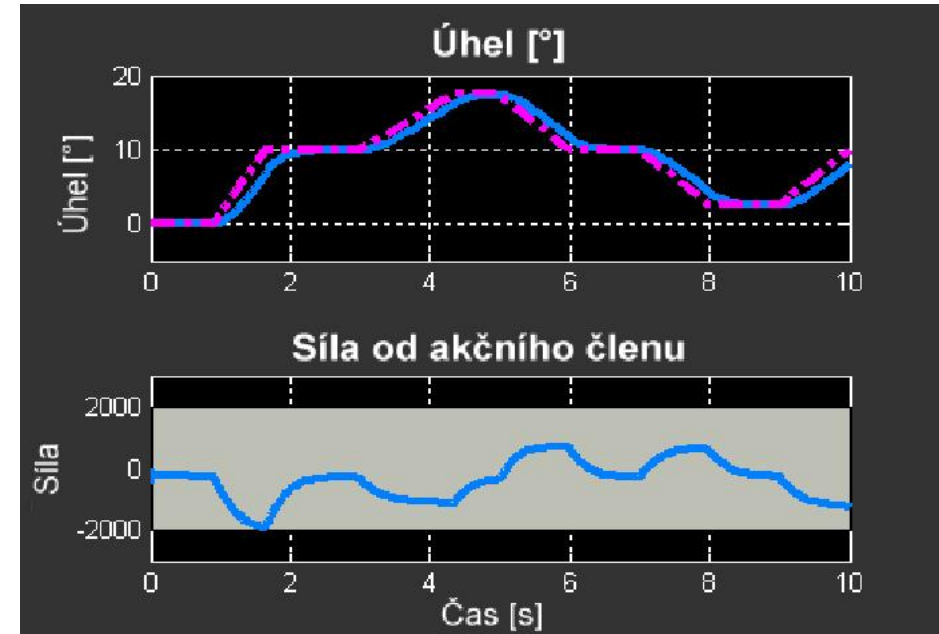
Optimalizace výkonu soustavy

Model:



Úkol: Optimalizovat regulátor otáček, aby systém splnil zadané požadavky

Řešení: Použít [Simulink® Design Optimization™](#) k nastavení parametrů regulátoru



ω Regulace otáček	K_p	K_i
	23.4	3.67



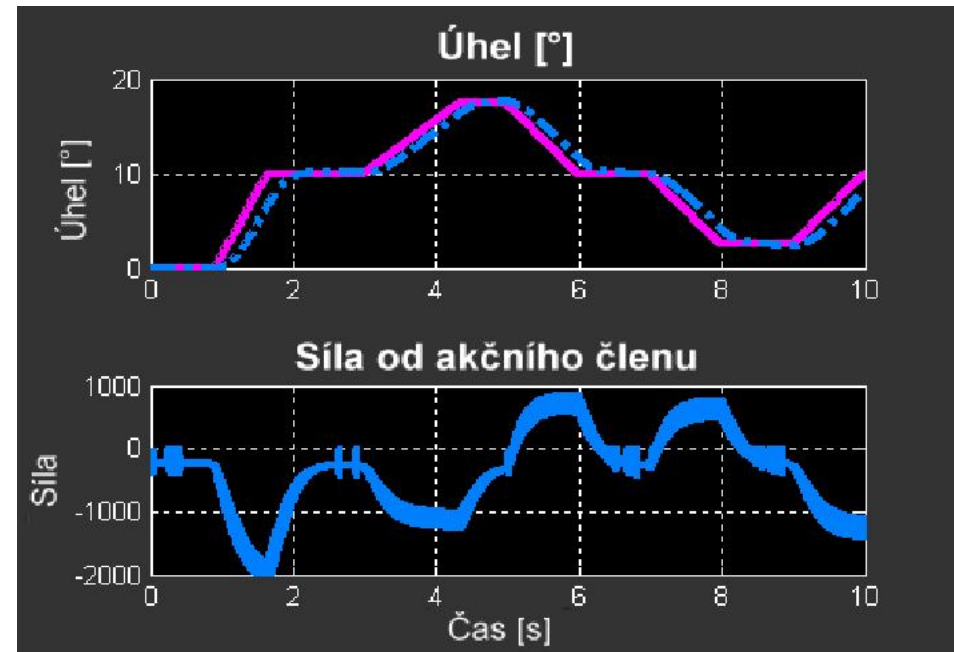
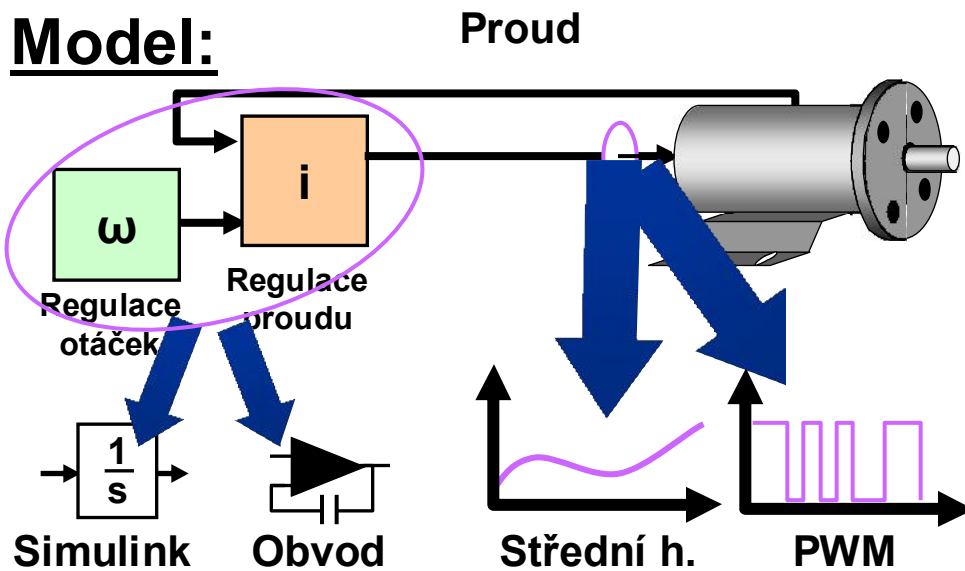
Agenda

- **Příklad: Systém ovládání letadla**
 - Vysvětlení modelu
- **Modelování mechanického systému**
- **Modelování akčního členu**
 - Stanovení požadavků na akční člen
 - Modelování elektromechanického systému
 - Nastavení parametrů s využitím naměřených dat
 - Srovnání dvou variant akčních členů (elektromechanický, hydraulický)
- **Optimalizace systému**
- **Stanovení vlivů implementace**



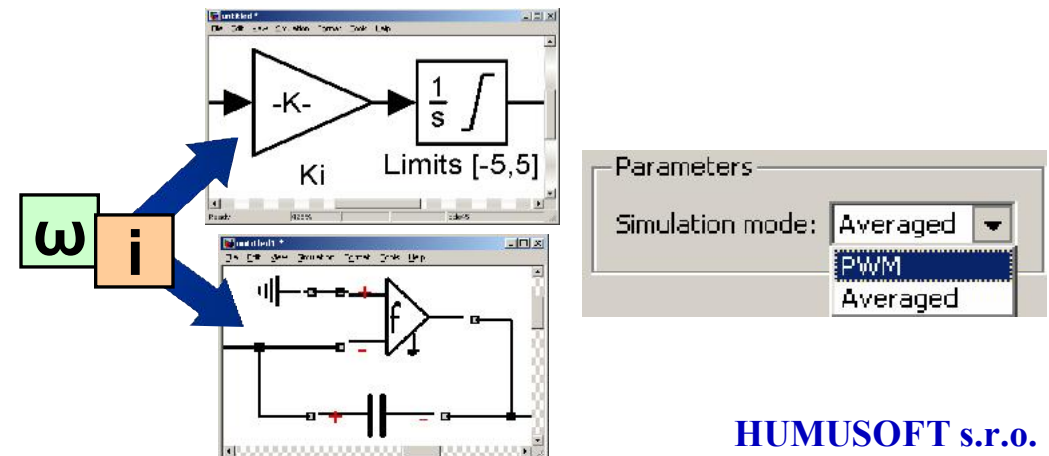
Posouzení důsledků implementace

Model:



Úkol: Posoudit účinky implementace návrhu na výkon systému

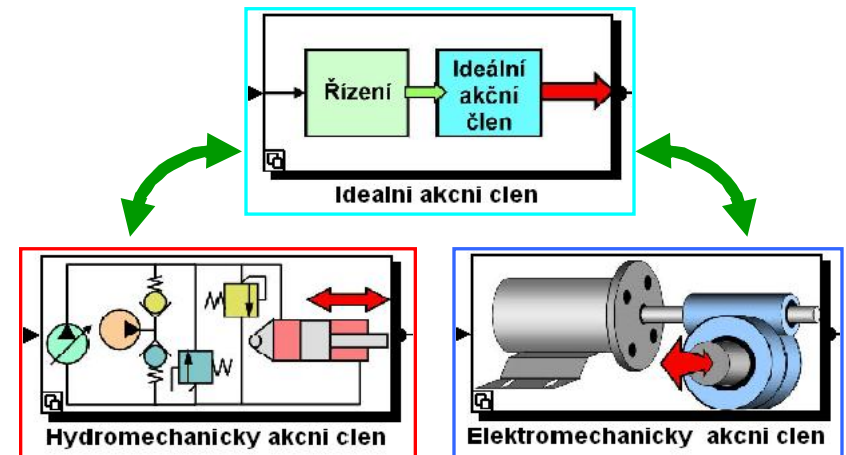
Řešení: Použít [SimElectronics](#) k připojení PWM signálu a implementaci analogového obvodu



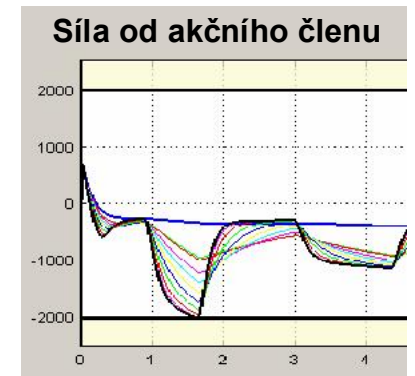
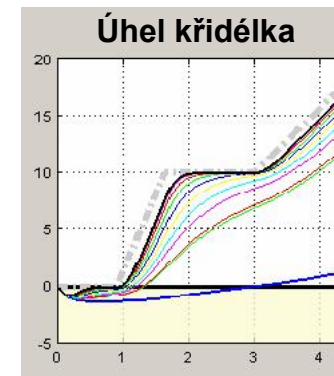


Shrnutí

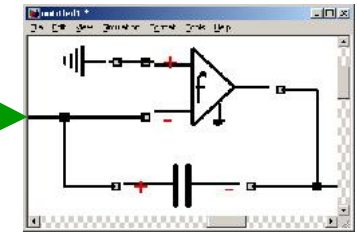
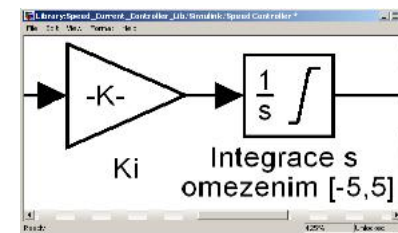
1. Testování modelů různých akčních členů v jednom prostředí



2. Optimalizace systému s ohledem na zadané požadavky



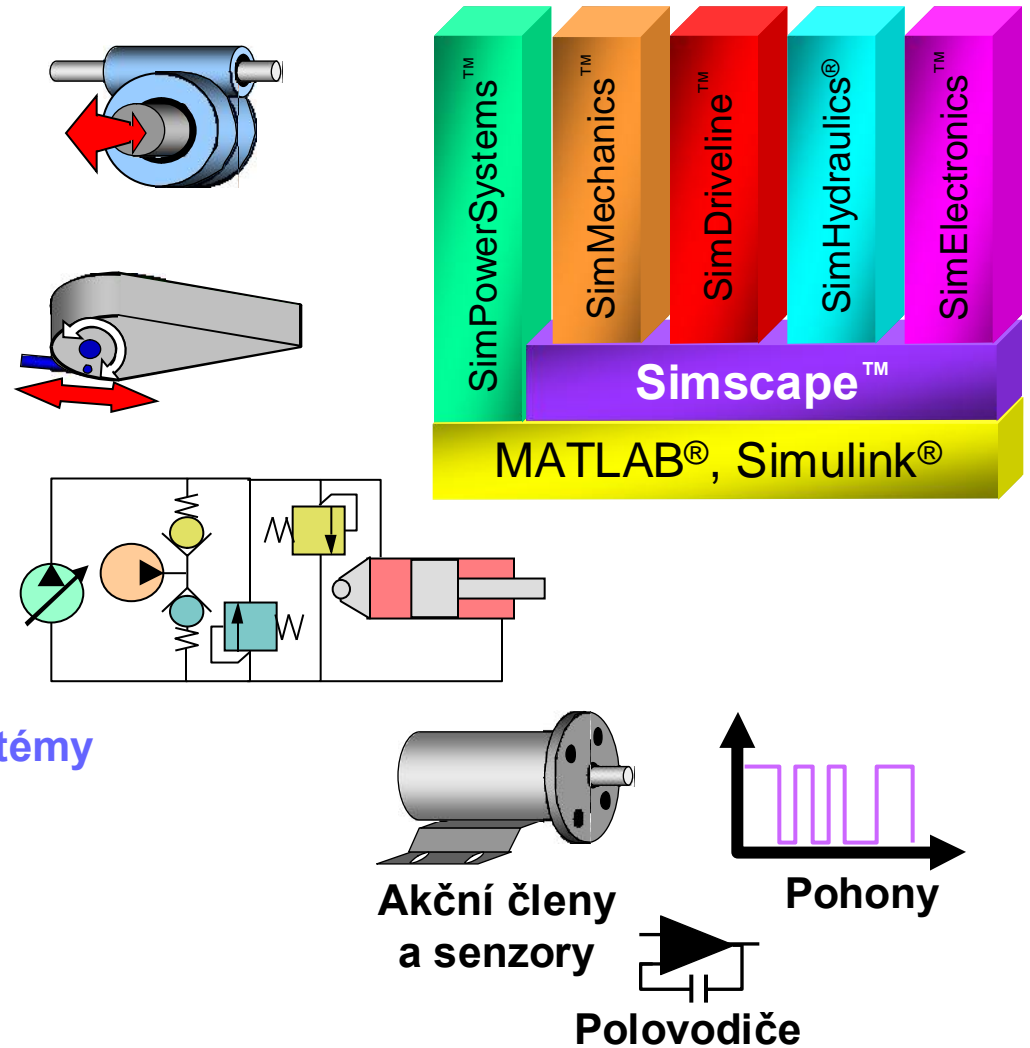
3. Simulace s odlišnými úrovněmi propracovanosti se současným stanovením důsledků finální implementace





Použité produkty firmy MathWorks

- **Simscape**
 - Multifyzikální systémy
- **SimMechanics**
 - 3-D mechanické systémy
- **SimHydraulics**
 - Hydraulické systémy
- **SimElectronics**
 - Elektronické a elektromechanické systémy
- **Simulink Design Optimization**





Kontaktní informace

- **Distributor pro ČR a SR**



HUMUSOFT®

- HUMUSOFT s.r.o.

Pobřežní 20, Praha 8, ČR

- tel.: (+420) 284 011 730

fax: (+420) 284 011 740

- E-mail: info@humusoft.cz

www.humusoft.cz

- **Autor programového systému MATLAB**

- The MathWorks, USA

www.mathworks.com

