

Reduced Order Modeling v COMSOL Multiphysics



Matouš Lorenc

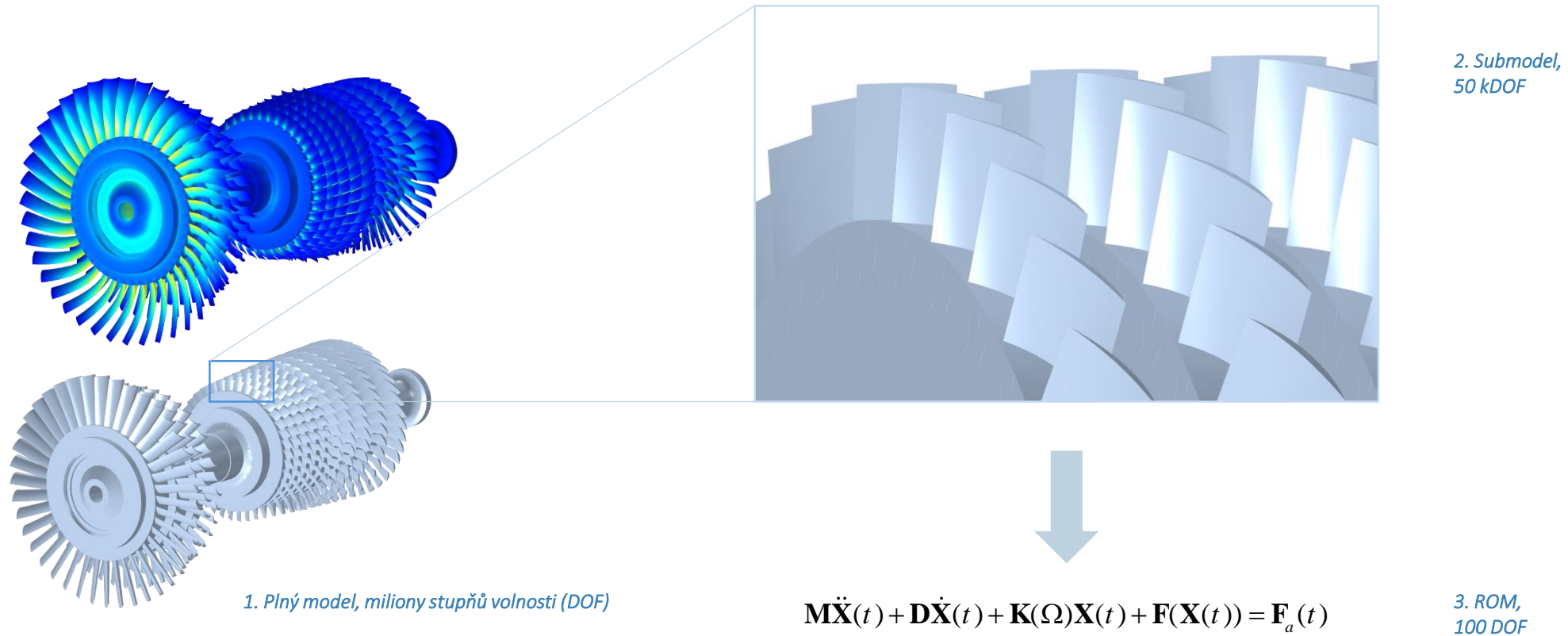
- HUMUSOFT s.r.o.
- lorenc@humusoft.cz
- 284011745

Reduced Order Model (ROM)

Co to je redukovaný model?

- Redukovaný model
 - Interpretace původního modelu ve výpočetně efektivní formě
 - „Black-box“ s definovanými vstupy a výstupy a natrénovaným online modelem
 - Generovaný ve studii Model Reduction může být exportovaný/importovaný jako .mphrom model
- Využití
 - Submodeling – část komplexního modelu
 - Systémová simulace – reprezentace multifyzikálního modelu
 - Frekvenční charakteristika – výpočet pro různé frekvence a zatížení
 - Náhodné vibrace – odpověď na náhodné buzení s předepsanou PSD

Odlehčené a redukované modely (ROM)

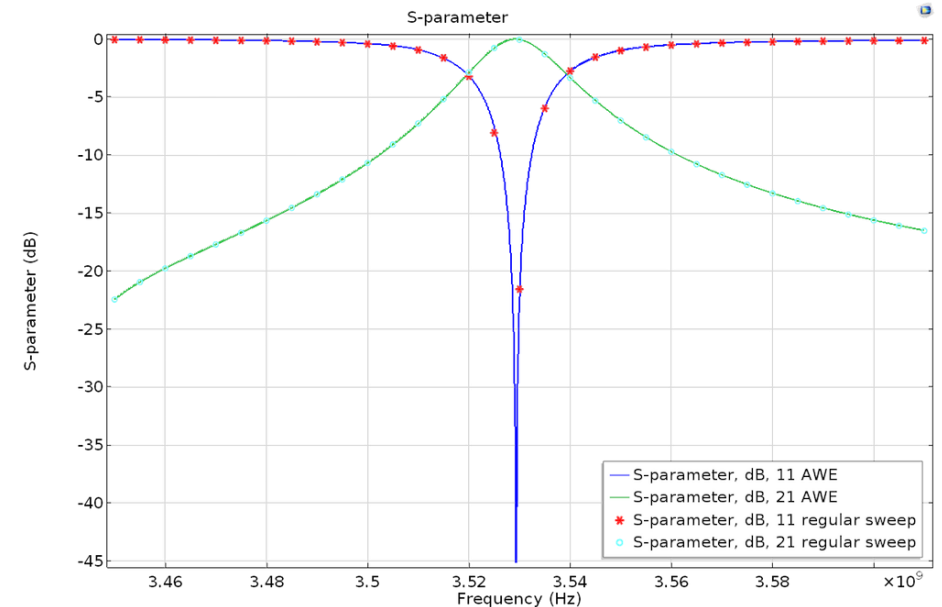


Redukovaný model

- Generování trénovacích dat
- Trénování modelu
 - Může být časově náročné
- Vstupy
 - Čas a frekvence jako interní parametry
 - Obecný řídicí parametr
 - Může komplikovat trénování modelu
 - Reprezentován stejným počtem DOF ve fázi trénování
- Výstupy
 - Volané jako standardní funkce a operátory
 - Teplota – rom1.T

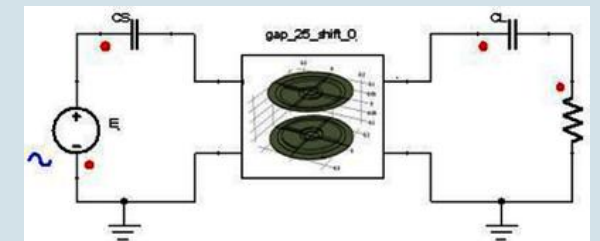
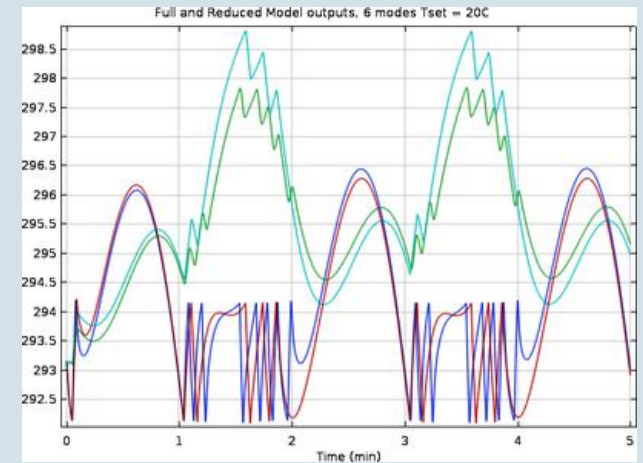
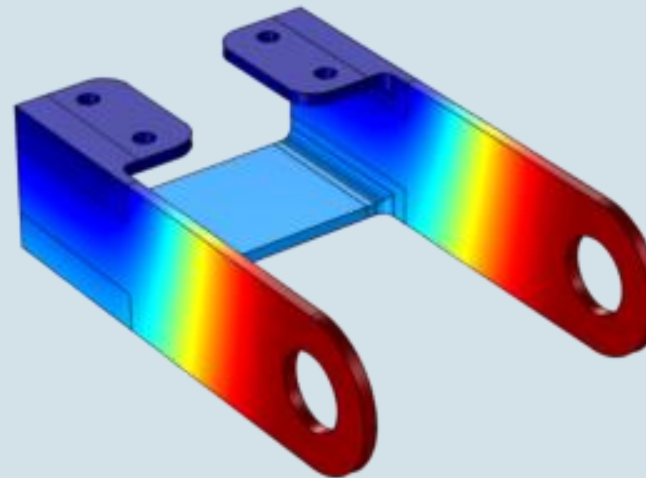
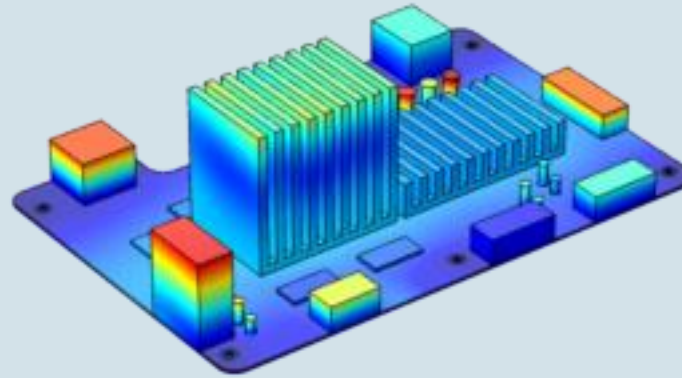
Redukovaný model

- Modální redukované modely
 - Časově závislý
 - Frekvenční
- AWE redukovaný model
 - Studie pro rychlou frekvenční analýzu
 - Asymptotic Waveform Expansion
- Náhodné vibrace
 - Nadstavba Frequency Domain, Modal Reduced-order Model
 - Umožňuje zpracování PSD reakce na náhodné zatížení předepsané spektrem - RMS



ROM v COMSOL Multiphysics

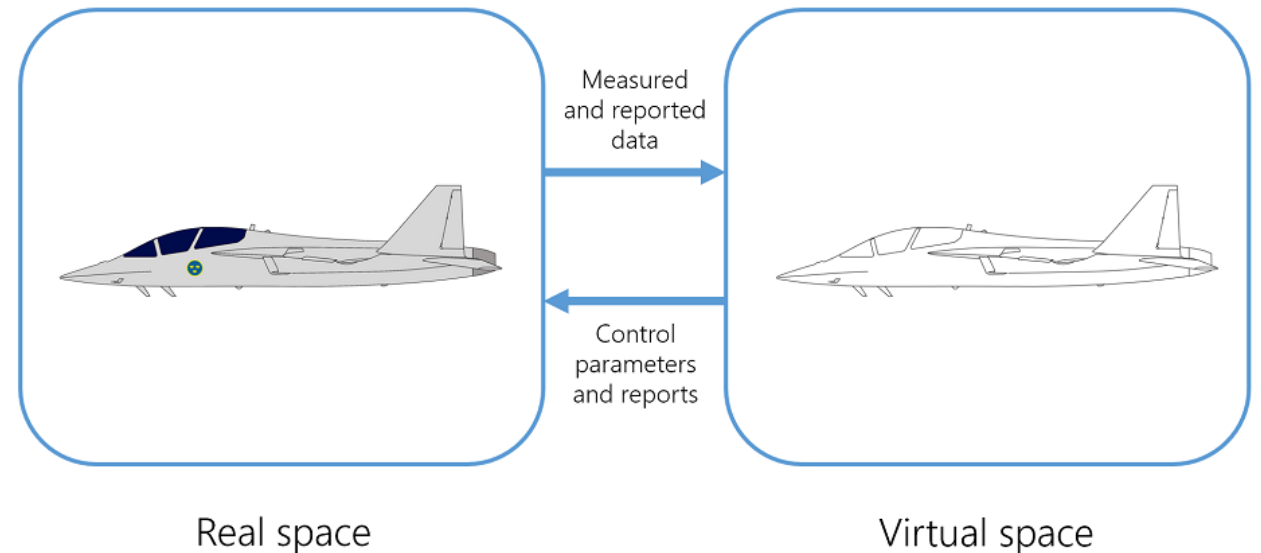
- Aplikační knihovna
 - Náhodné vibrace:
 - Základní deska
 - Svorka
 - Nosník
 - Termostat
- Publikované příspěvky z konferencí
 - ROM reproduktoru



ROM jako první krok k Digital Twin

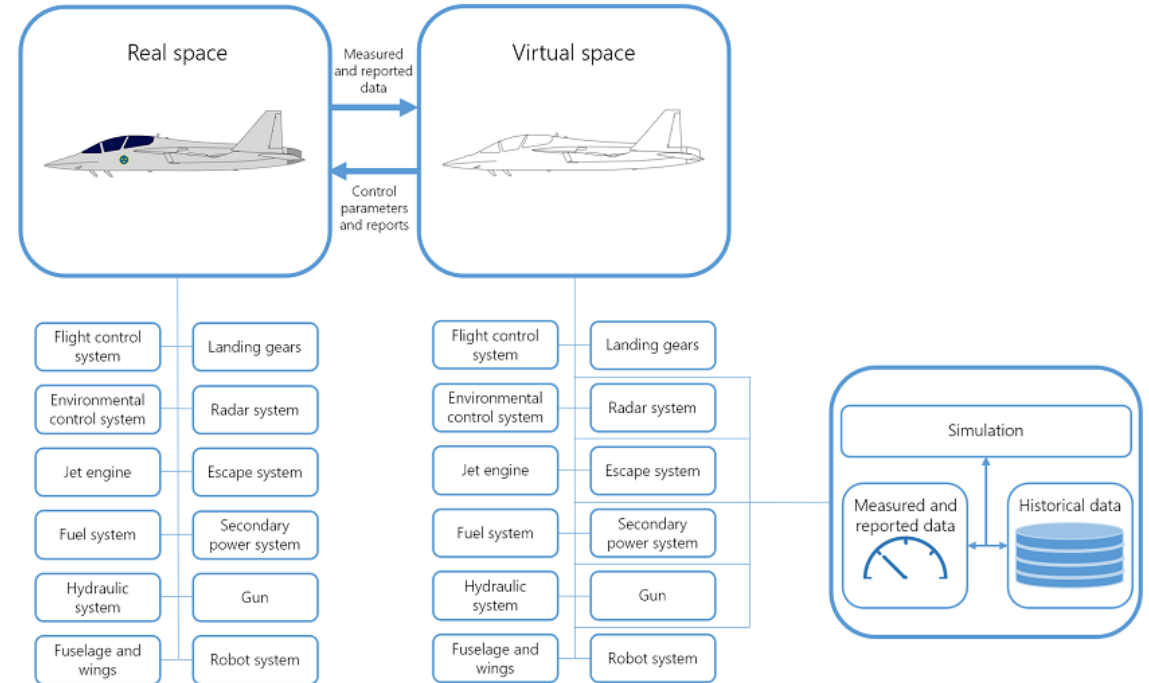
Co to je „Digital Twin“?

- Zrcadlový model
 - Virtuálně nerozlišitelný od reálné předlohy
- Virtuální prostor tvořený poznatky z reálného světa a dokonalého popisu fyzikální podstaty zrcadleného přístroje
- Online komunikace mezi modelem a předlohou
- Požadavky na odlehčení fyzikálního modelu, nebo jeho částí (real-time simulace)



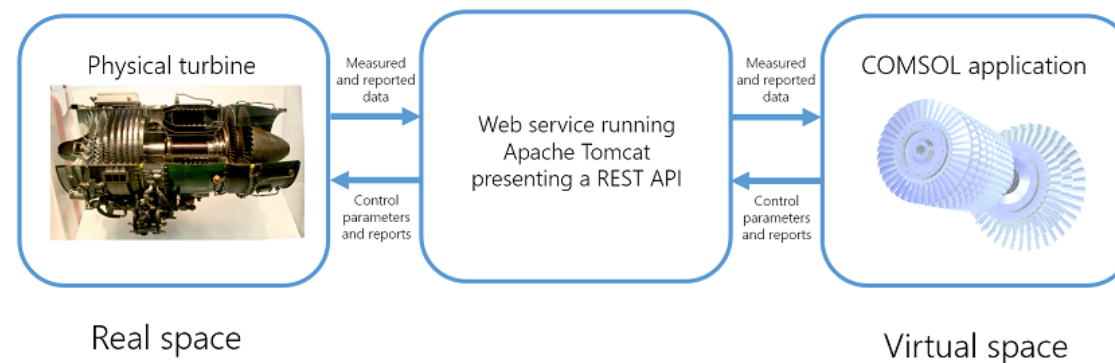
System, subsystemy a virtuální subprostor

- Komplexní přístroje se skládají z více prvků
 - Různé fyzikální fenomény
 - Různé požadavky na odlehčení a online komunikaci
- Každý subsystem může vyžadovat svoje vlastní DT



Jak integrovat ROM do digitálního dvojčete?

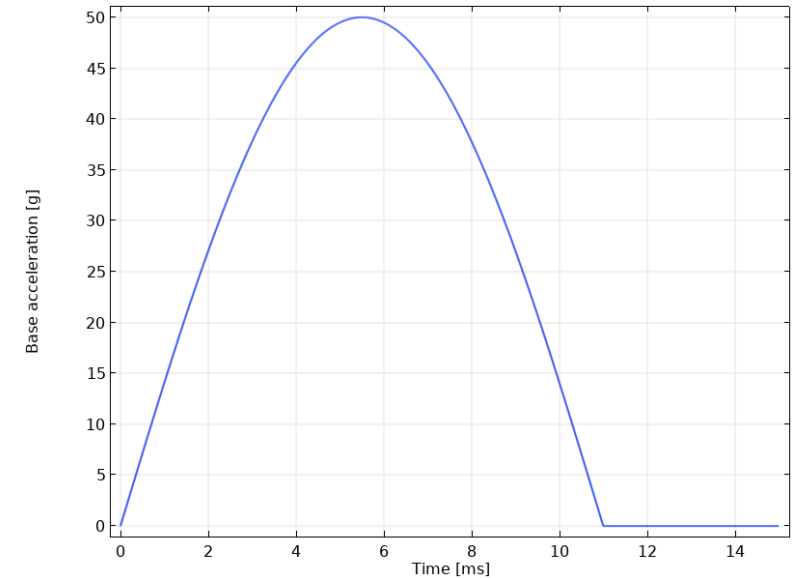
- Nonlocal couplings
- LiveLink for MATLAB
 - Integrace do systémového modelu v Simulinku
- COMSOL[®] API pro použití s Java[®]



Shock Response a Random Vibration

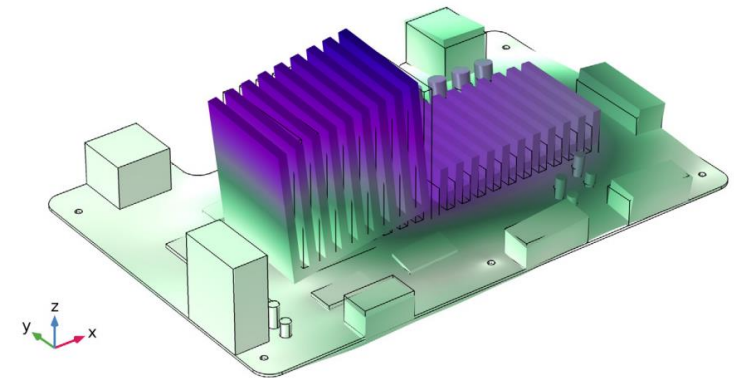
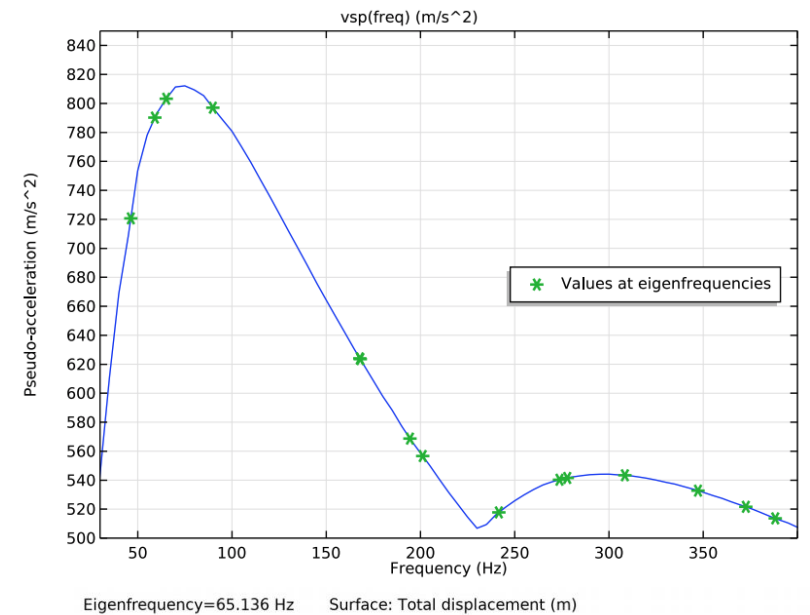
Shock Response

- Běžná součást certifikace elektroniky
 - Výhody využití simulace
- Není nutno vytvářet komplexní nelineární kontaktní model
 - Detailní časová studie je výpočetně náročná
 - Vystačíme si se studií vlastních frekvencí?
- Analýza vlastních frekvencí
 - Vstupem akcelerační křivka
 - Nejčastěji poloviční sinus s definovanou periodou a špičkovou amplitudou
 - Odhad maximální deformace a napětí
 - Podmínka: stejné zrychlení na všech opěrných bodech



Model: Shock Response v základní desce

- Základní deska z herní konzole s klíčovými komponenty
- Vystavená půl periodě sinového pulsu s 50 g o trvání 11 ms
- Porovnání studie vlastních frekvencí a časově závislé modální studie



Random Vibrations

- Testovat výrobek na náhodné vibrace je často normativně vyžadováno
 - V laboratoři testováno na „třesoucím“ se stole
- Vstupní zrychlení je definováno PSD, nebo ASD
- Testování v laboratoři lze suplovat simulací náhodných vibrací

Model: Random Vibrations studie v základní desce

- Základní deska z herní konzole s klíčovými komponenty
- Zrychlení je aplikováno na kotvící šrouby
 - Do konstrukce se přenáší jako objemová zátěž
 - Šrouby jsou modelované jako rigidní konektory

