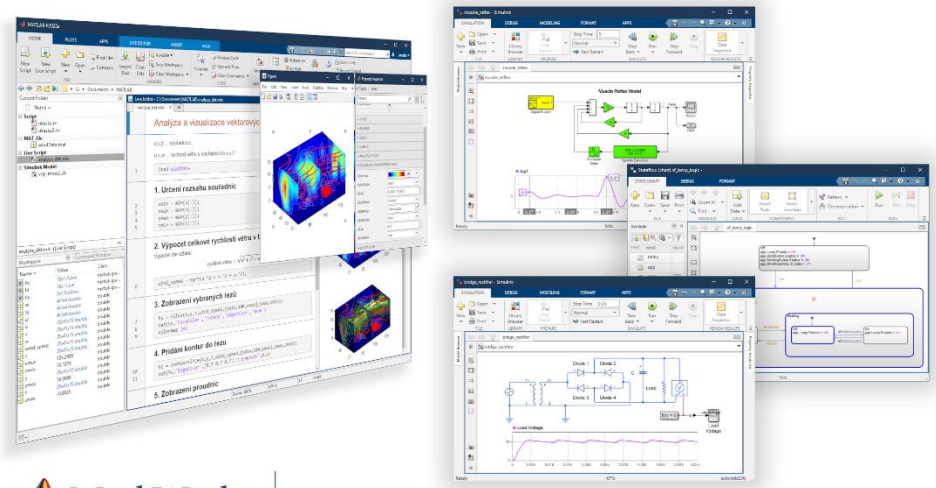
HUMUSOFT

Modelování a simulace poruch v technických systémech



MathWorks Authorized Reseller | MATLAB & SIMULINK

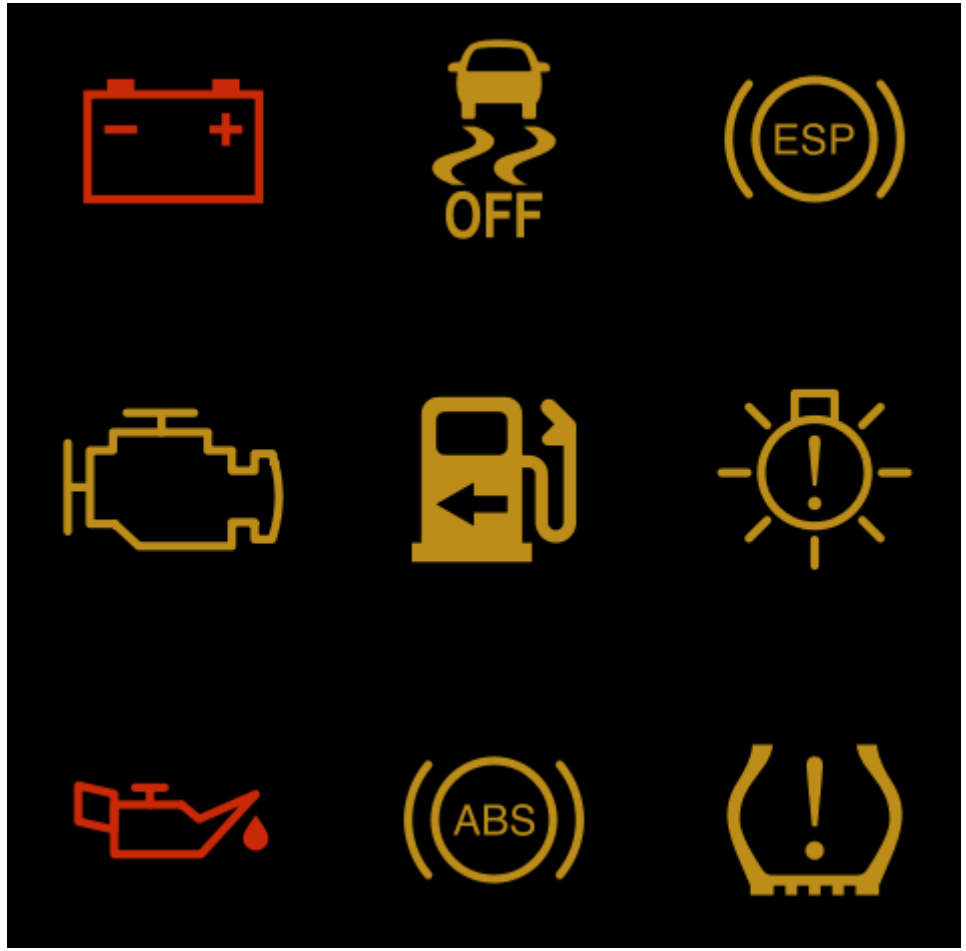
Jaroslav Jirkovský

jirkovsky@humusoft.cz

www.humusoft.cz
info@humusoft.cz

www.mathworks.com

Proč ověřovat robustnost systému?

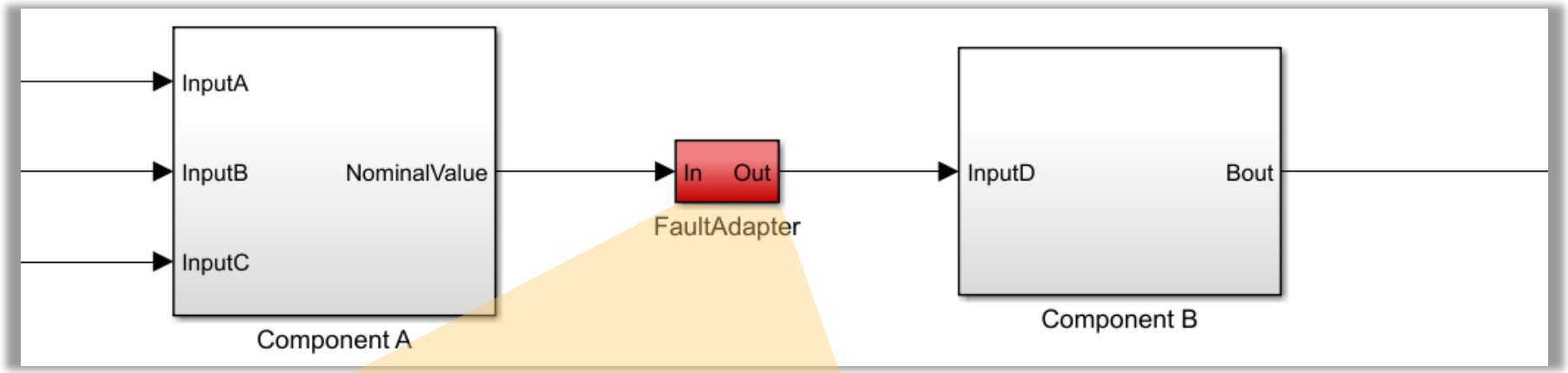


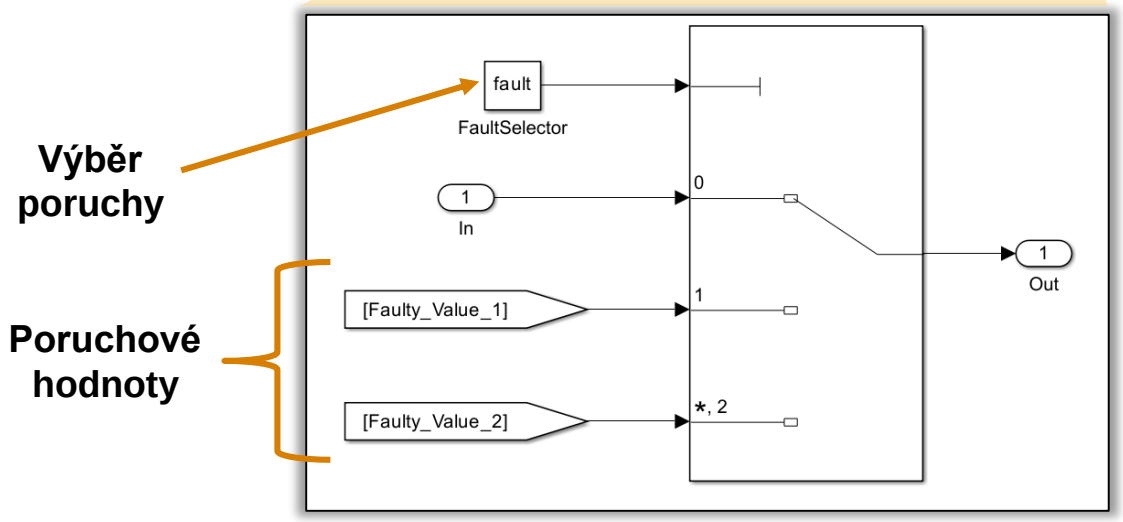
Robustnost je často testována pomocí HIL simulací

HIL = Hardware-in-the-Loop

Simulujte poruchy dříve

„Klasické“ modelování poruch v prostředí Simulink

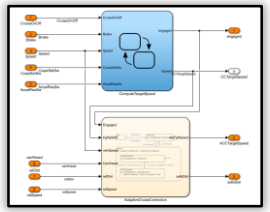




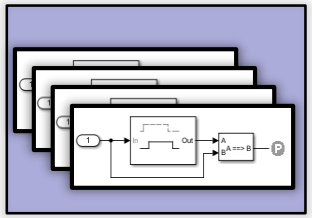
- Omezení tohoto přístupu
  - modifikuje návrh
  - může neúmyslně změnit chování simulace
  - obtížné analyzovat účinky
  - jak zachytit vztah poruch a rizik?

Modelování poruch nástrojem Simulink Fault Analyzer

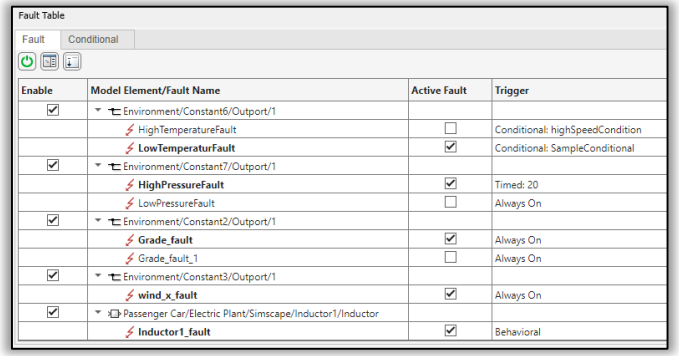
Model návrhu



Model poruch

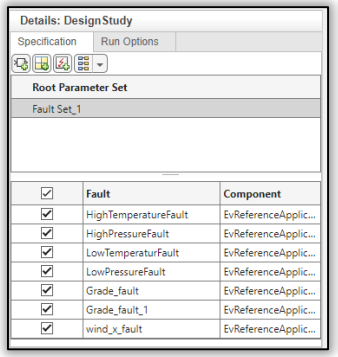


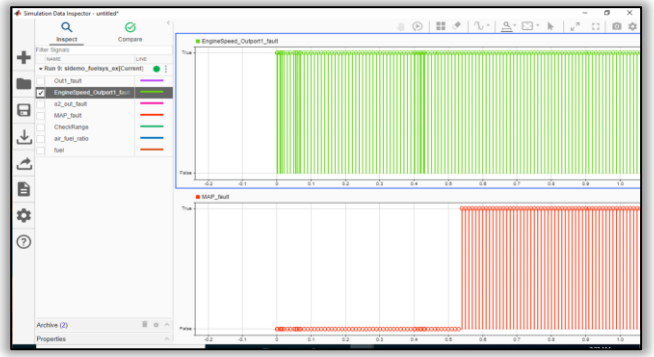
Modelování poruch bez modifikace návrhu



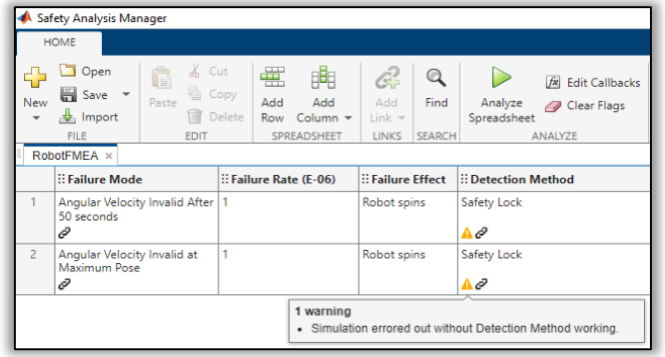
Jednotná správa poruch v různých doménách

Simulink Fault Analyzer™





Simulace, zkoumání a analýza vlivu poruch

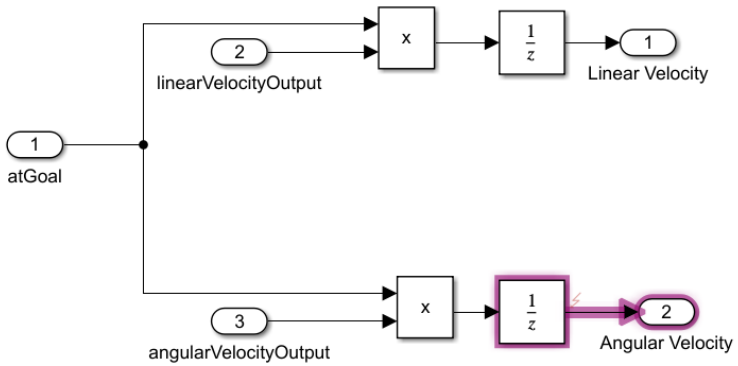


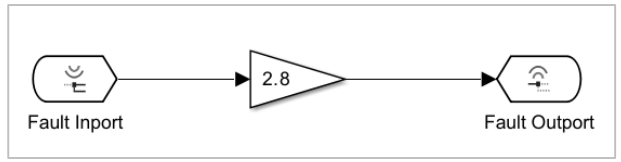
Systematická bezpečnostní analýza s využitím simulací

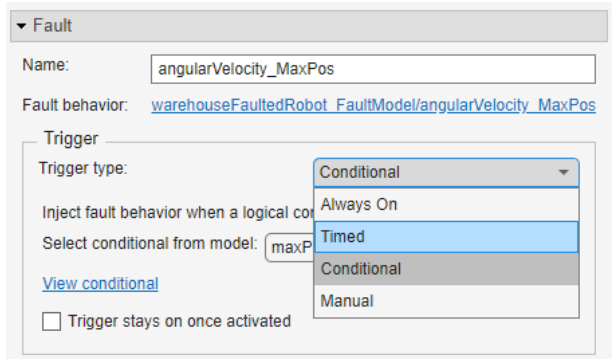
Co je porucha?

- Porucha = jakékoliv abnormální chování, které chceme simulovat

- Parametry poruchy
  - **KDE** : umístění signálu, jehož hodnotu chceme ovlivnit
  - **CO** : abnormální chování, které chceme aplikovat
  - **KDY** : nastavení spouštěcího mechanismu poruchy

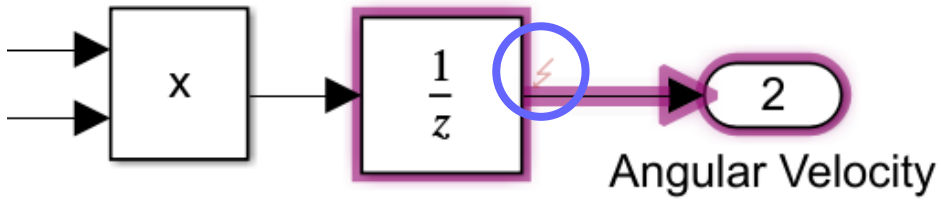


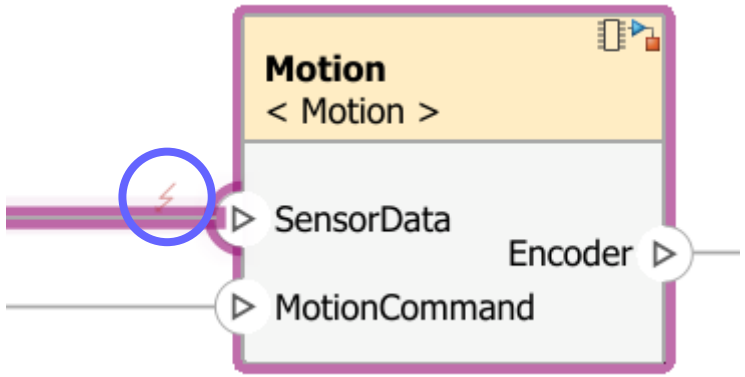


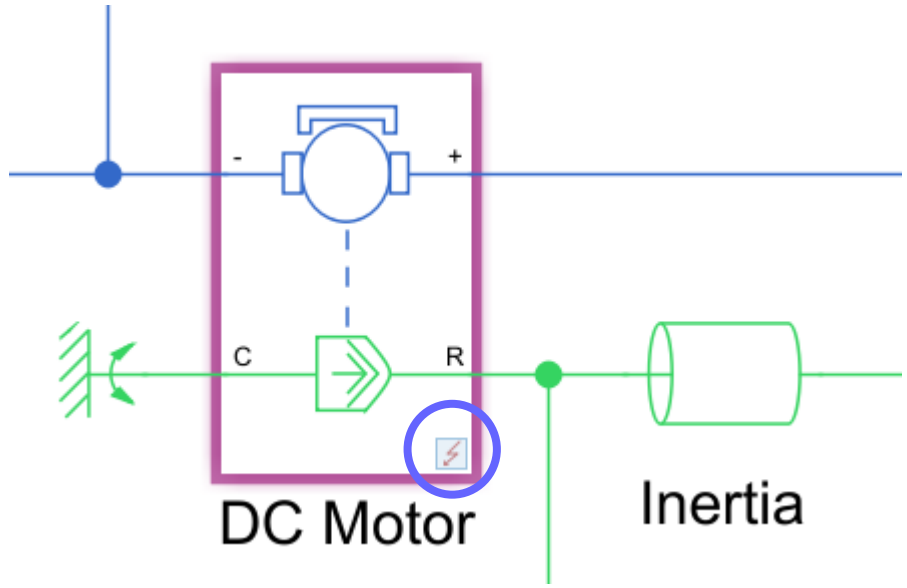


Modelování poruch

- Společný přístup k modelování poruch napříč různými doménami
- Simulink / Simscape / System Composer

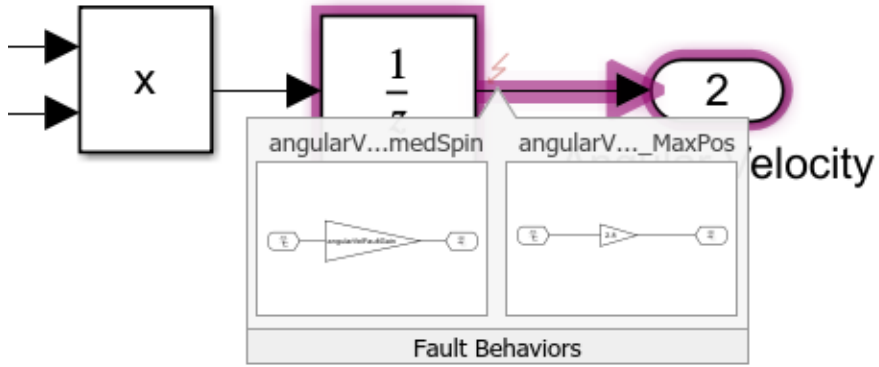






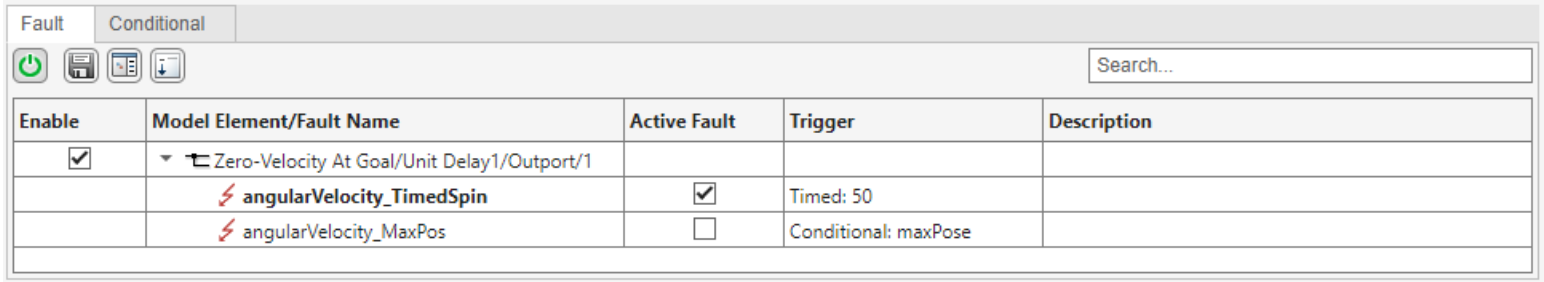
Modelování poruch bez modifikace návrhového modelu

- Model poruch – samostatný model s definicí poruch
  - využití knihovny připravených poruch *mwfaultlib*
  - vytvoření vlastního modelu poruchy (Custom fault behavior ...)
- Soubor s popisem poruch
  - XML soubor popisující vztah poruch s návrhovým modelem
- Přiřazení poruchy k signálu
  - ke všem větvím nebo pouze k vybraným koncům
  - k jednomu prvku může být přiřazeno více poruch



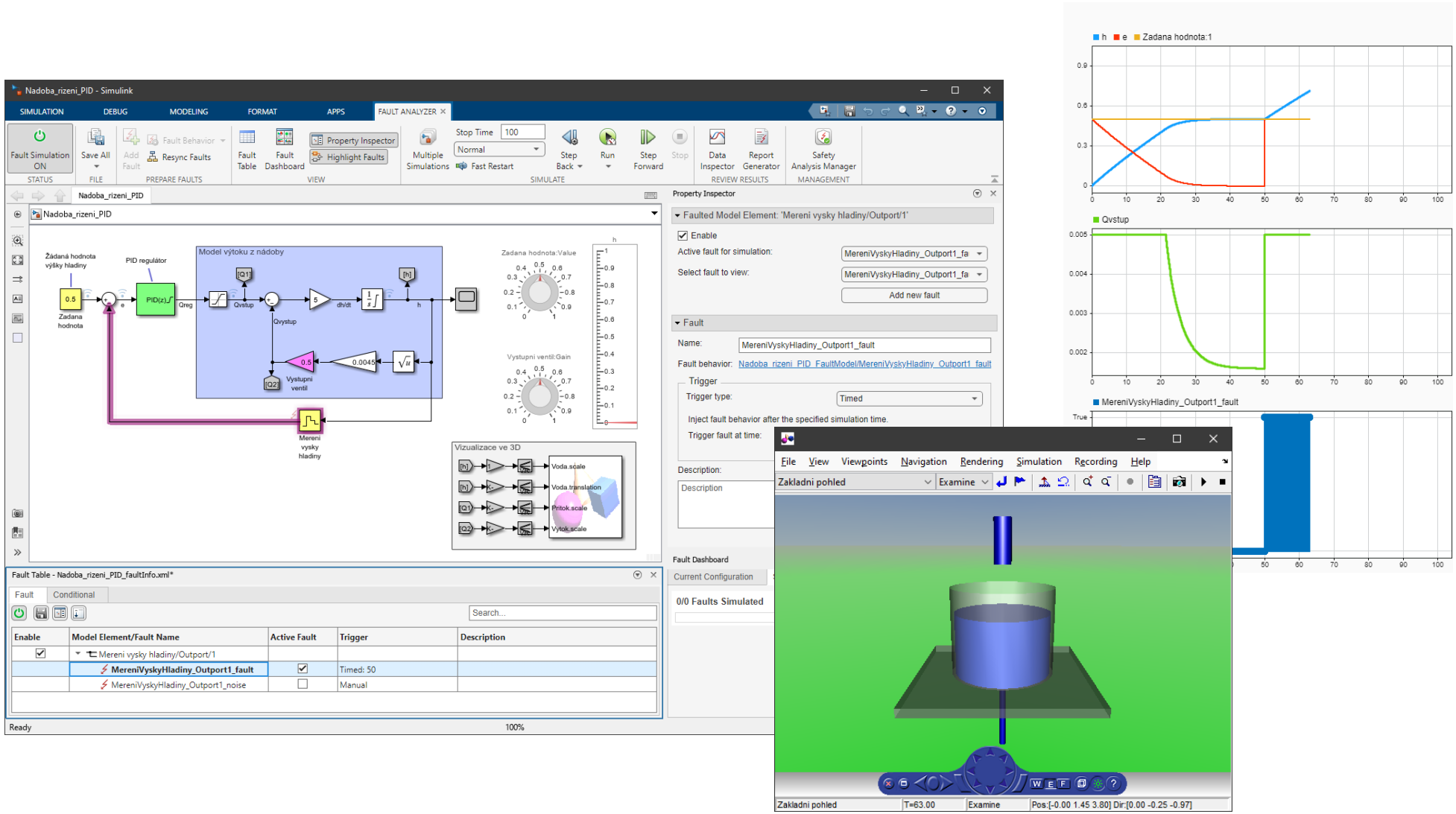
Zavedení poruch do simulace

- Správa poruch v panelu Fault Table
  - povolení / zakázání poruchy u daného prvku
  - výběr poruchy u daného prvku



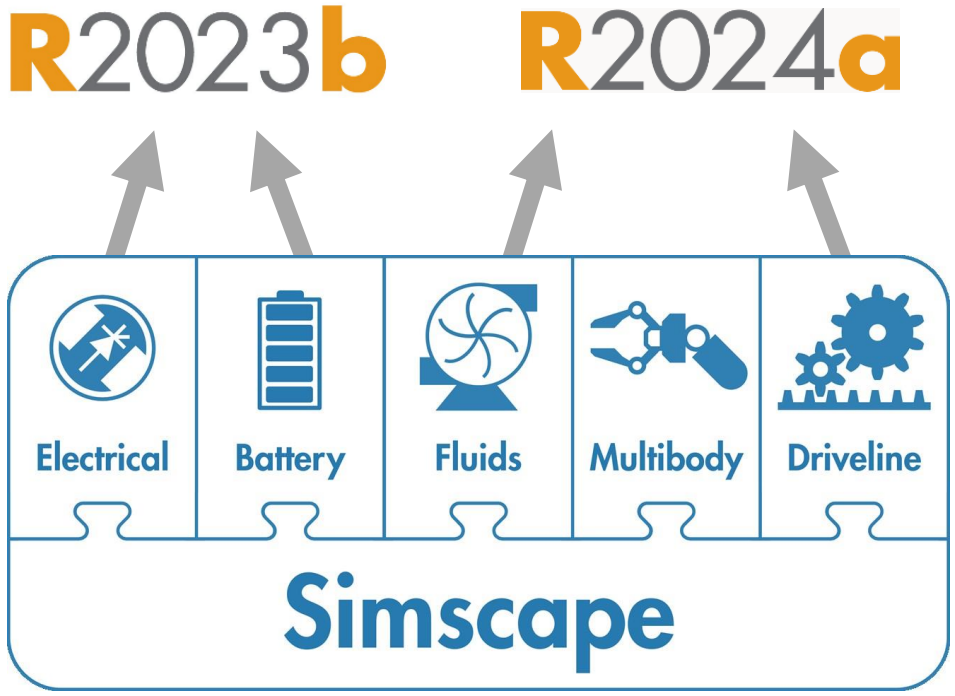
- Spouštěcí mechanismus poruchy
  - vždy zapnuto
  - porucha v zadaném čase
  - podmíněná porucha – porucha ze zavede při splnění zadané podmínky
  - manuální spuštění

Ukázka: Model PID regulace hladiny v nádrži



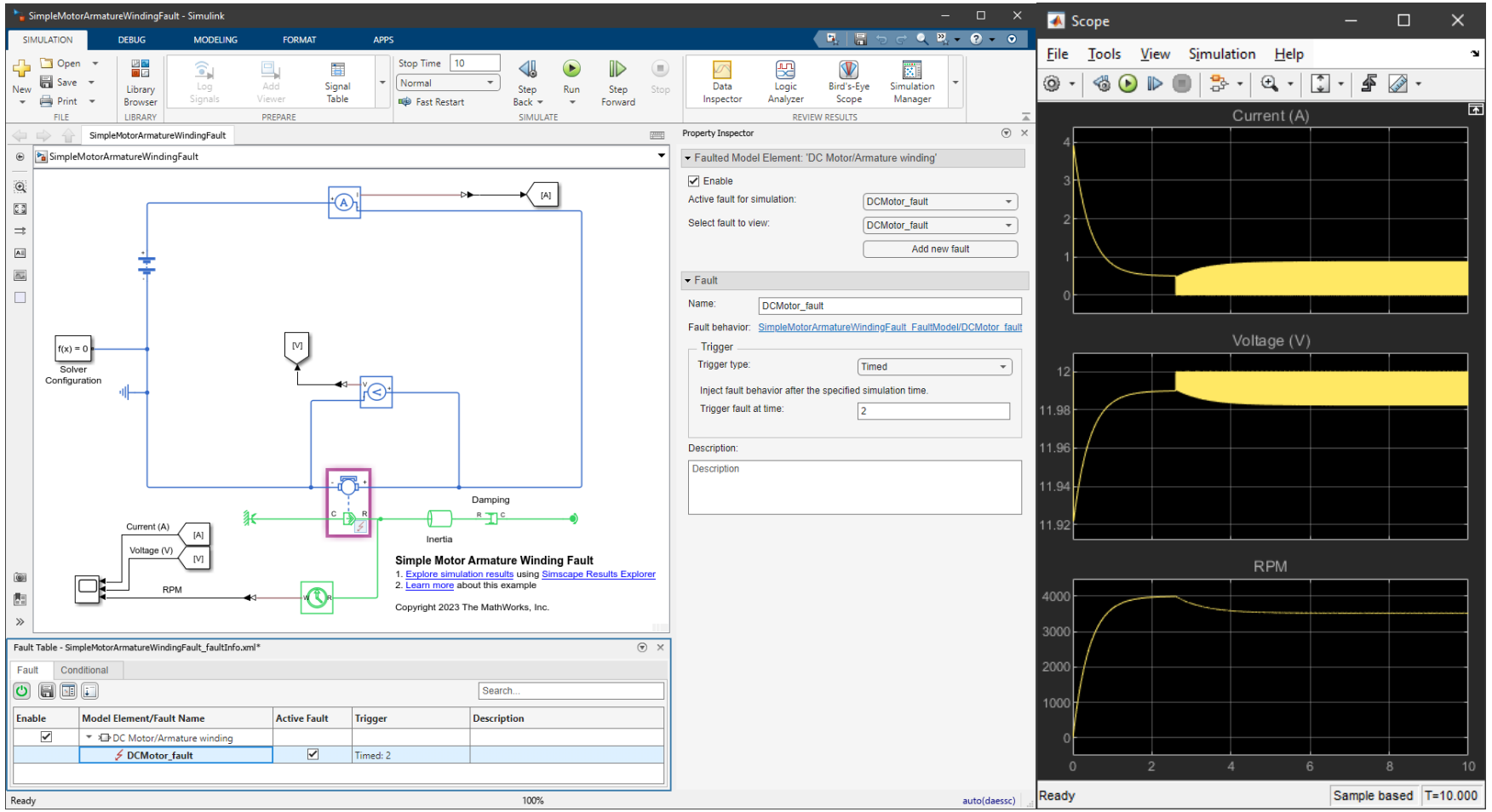
Modelování poruch v modelech Simscape

- R2023b
  - Simscape Electrical
  - Simscape Battery
- R2024a
  - Simscape Fluids
  - Simscape Driveline



https://www.mathworks.com/help/simscape/ug/block-support.html

Ukázka: DC motor Simscape



https://www.mathworks.com/help/simscape/ug/add-a-fault.html

Definice a správa poruch pomocí příkazů

- Poruchy lze definovat a ovládat pomocí příkazů
- Umožní automatizaci managementu poruch pomocí skriptů

Model Functions

Simulink.fault.addConditional
Simulink.fault.addFault
Simulink.fault.deleteConditional
Simulink.fault.deleteFault
Simulink.fault.findConditionals
Simulink.fault.findFaultedElements
Simulink.fault.findFaults
Simulink.fault.getFaultModels
Simulink.fault.libraries
Simulink.fault.libraryBlocks
Simulink.fault.save
Simulink.fault.unregisterLibrary
Simulink.fault.updateReferences

Fault and Conditional Functions

addBehavior
deleteBehavior
getAssociatedModel
getBehavior
getFaultModel
getFaultInfoFile
getSymbols
getTriggeredFaults
openBehavior

Objects

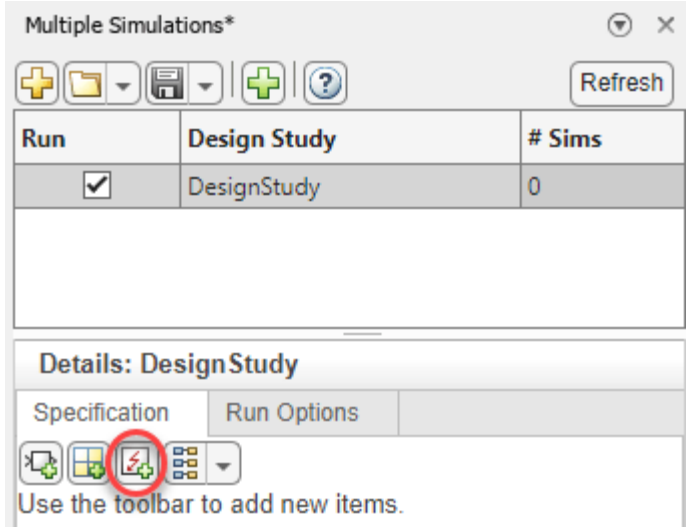
Fault
Conditional
Symbol

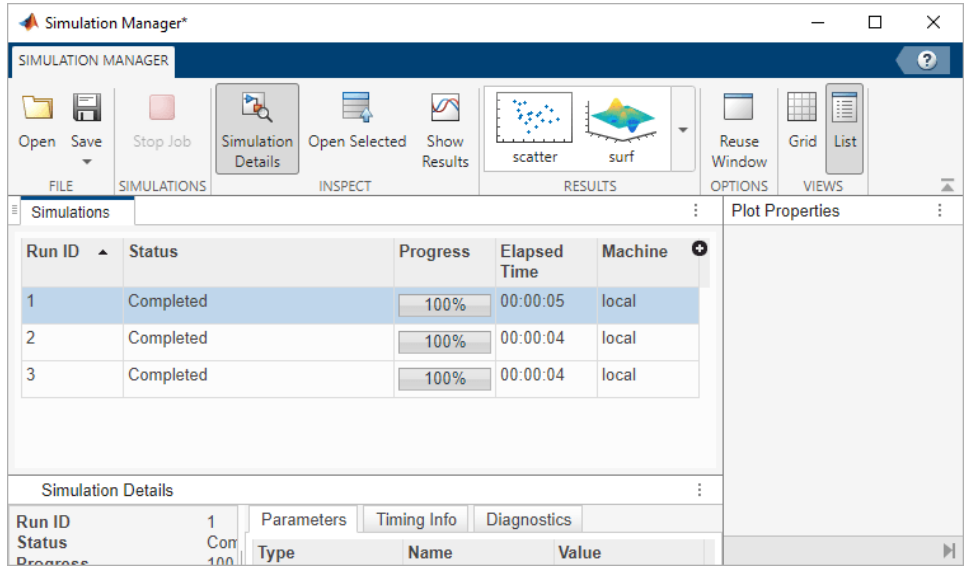
Functions

activate
Simulink.fault.enable
Simulink.fault.injection
Simulink.fault.isEnabled

Analýza vlivu poruch na systém

- Studie citlivosti na poruchy
  - cílem je určit účinnost systému detekce a potlačení poruch při výskytu daného abnormálního chování
- Multiple Simulations panel a Simulation Manager
  - automatická změna parametrů poruch a jejich kombinací
  - opakovaná simulace
  - agregace výsledků

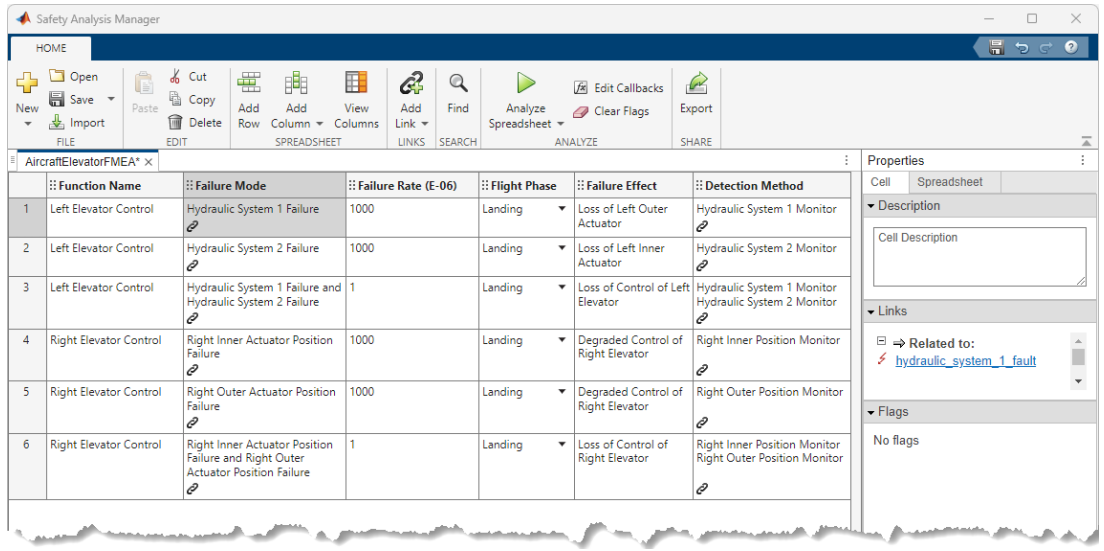




Systematická bezpečnostní analýza

- Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)
- Functional Hazard Assessment (FHA)

- Safety Analysis Manager
  - vytváření a úprava dokumentů pro bezpečnostní analýzy v prostředí MATLAB a Simulink



Co je FMEA

- Failure Mode and Effects Analysis
  - Failure Mode = konkrétní způsob, jakým může proces nebo produkt fungovat nesprávně
- Strukturovaná metodika
  - navržena pro identifikaci a řešení potenciálních chyb a poruch v systému
- Základní myšlenka FMEA
  - předvídat a snižovat možnost selhání systému
- FMEA je založena na podrobném prozkoumání systému k přesnému určení:
  - **kde** a **jak** může dojít k selhání
  - jaké by mohly být **příčiny** selhání
  - jaké jsou **potenciální dopady** na celý systém

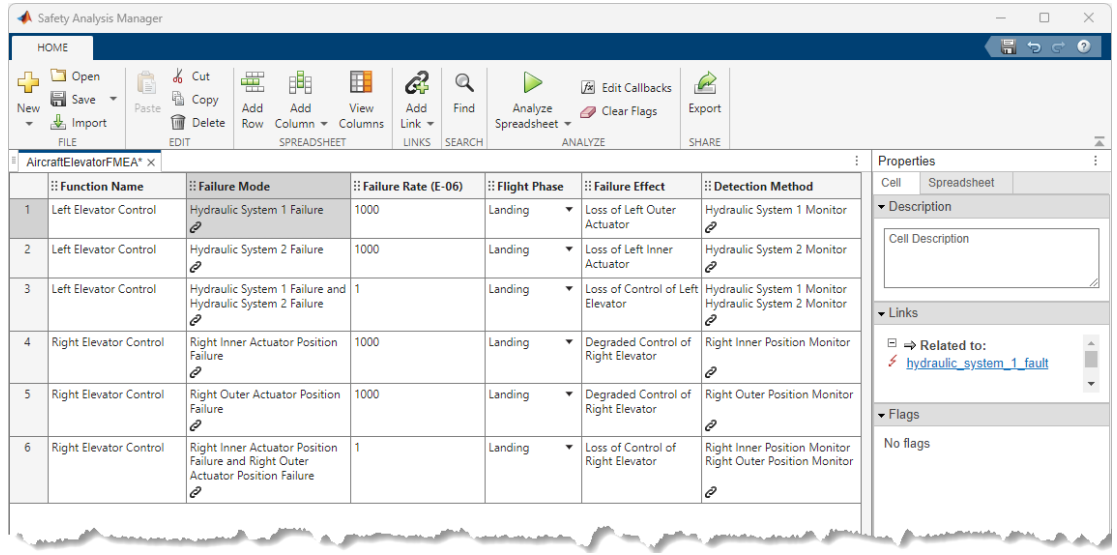
Proč a Jak je FMEA prováděna

- Proaktivní přístup s cílem **posílení integrity** a **robustnosti** návrhu
  - systematická analýza možných selhání a jejich potenciálních dopadů
- Základní kroky
  1. Sestavení týmu odborníků
  2. Provedení analýzy
  3. Stanovení akčních plánů

FMEA je iterativní proces, který je třeba provádět po celou dobu životnosti produktu. Je to živý dokument, který je třeba pravidelně revidovat a aktualizovat.

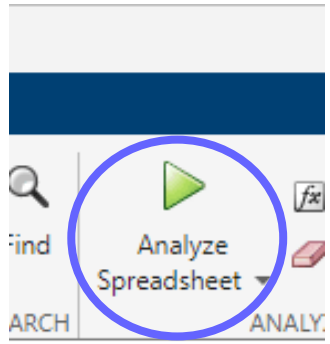
- Analýza zahrnuje
  a. Určení systému nebo jeho součásti, které chceme analyzovat
  b. Identifikace potenciálních způsobů selhání – všechny možnosti nesprávného chování prvku
  c. Určení všech možných příčin pro každé uvažované selhání
  d. Vyhodnocení dopadu selhání – posouzení možných důsledků každého uvažovaného selhání
  e. Posouzení účinnosti opatření pro detekci nesprávného chování systému

Safety Analysis Manager

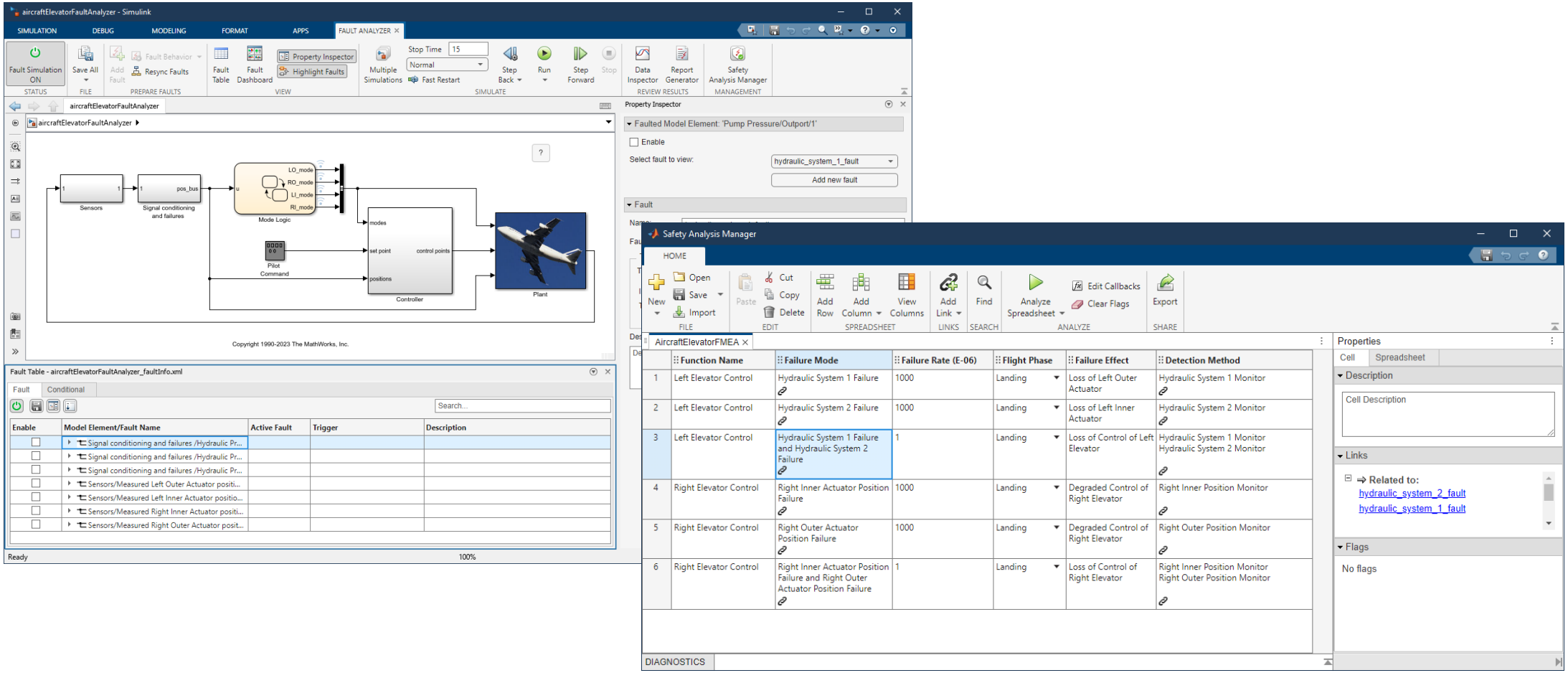


- Připravené šablony
  - s typickým uspořádáním pro FMEA a FHA
  - možnost vytvořit vlastní šablonu
- Hodnoty v tabulce lze
  - zadávat ručně
  - vypočítat je na základě ostatních položek
- Přiřazení metainformací k položkám
- Provázání položek v tabulce s dalšími prvky
  - bloky v modelu, poruchy, testy nebo požadavky
- Tvorba funkcí pro analýzu dokumentu s využitím výsledků simulací
- API pro práci pomocí příkazů a funkcí

Metrika : Risk Priority Number
RPN = ***závažnost*** × ***pravděpodobnost*** × ***detekovatelnost***



Ukázka: FMEA



https://www.mathworks.com/help/fault-analyzer/ug/add-faults-to-aircraft-elevator-control-system.html

Děkuji za pozornost