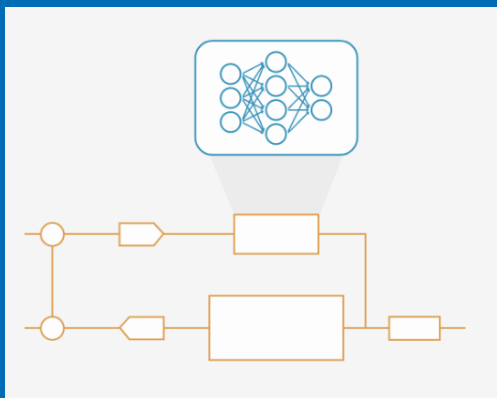




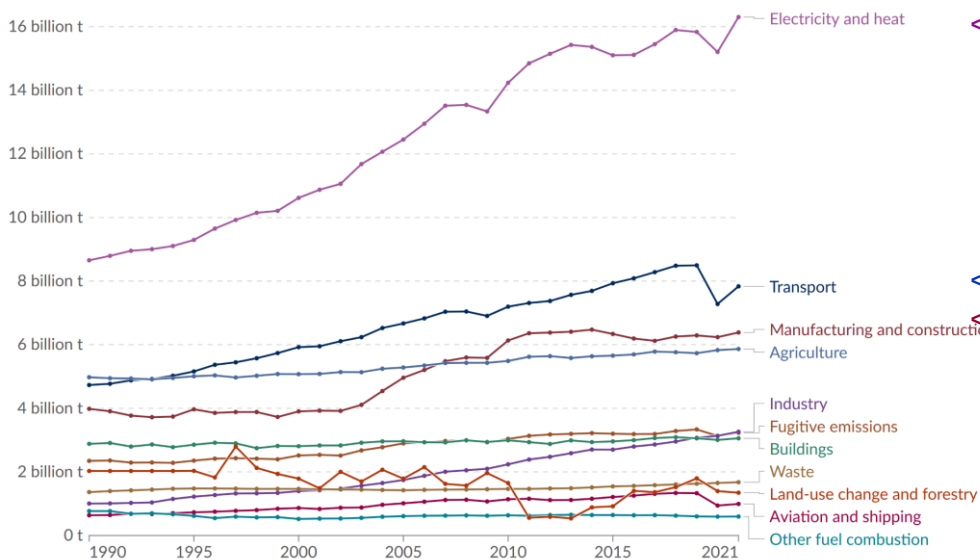
ELEKTRICKÉ SYSTÉMY, ENERGETIKA A MODEL-BASED DESIGN: MODELOVÁNÍ, SIMULACE, NÁVRH ŘÍZENÍ

Transformace Energetiky

- Spotřeba elektrické energie roste ~2x rychleji, než spotřeba všech ostatních typů energie dohromady
- Elektrifikace, nové oblasti spotřeby
- Výroba elektřiny má přitom rozhodující podíl na tvorbě skleníkových plynů
- Dekarbonizace - Decentralizace - Digitalizace

Greenhouse gas emissions by sector, World

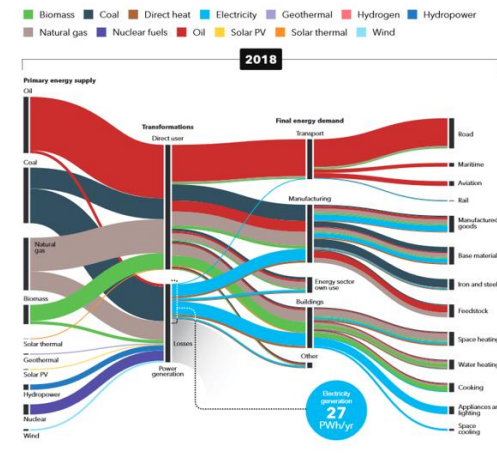
Greenhouse gas emissions¹ are measured in tonnes of carbon dioxide-equivalents² over a 100-year timescale.



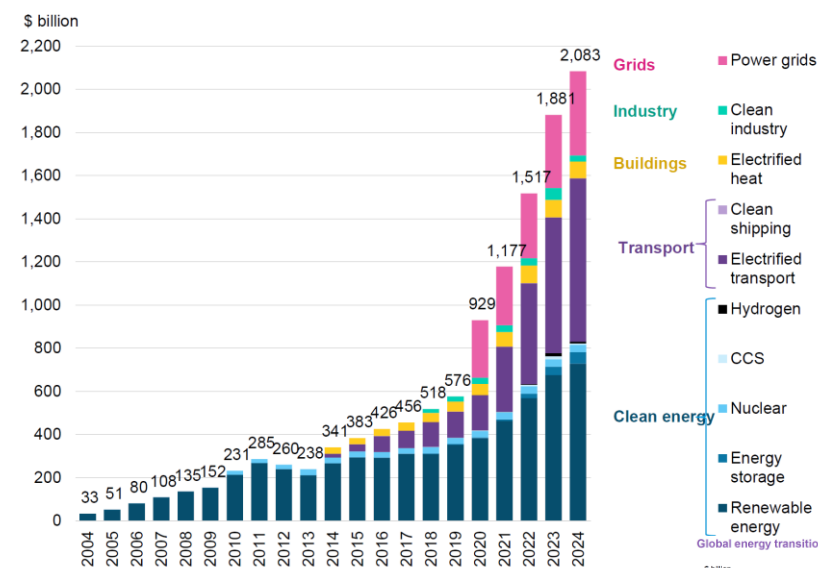
Data source: Climate Watch (2024)

OurWorldinData.org/co2-and-greenhouse-gas-emissions | CC BY

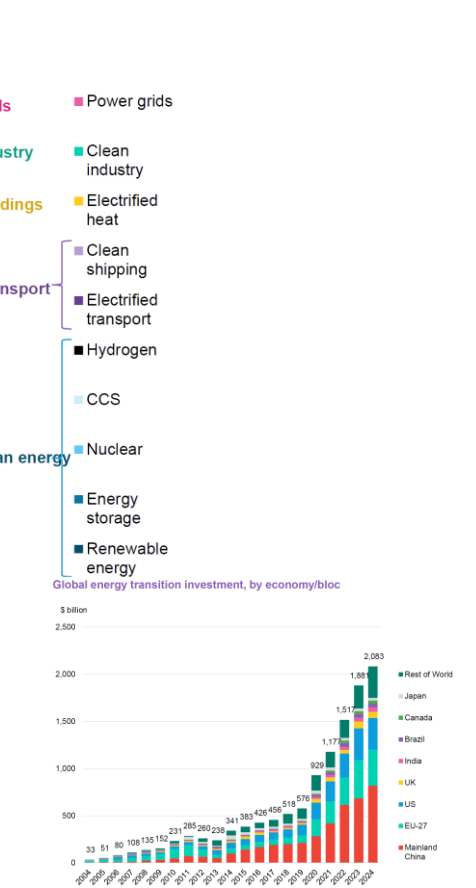
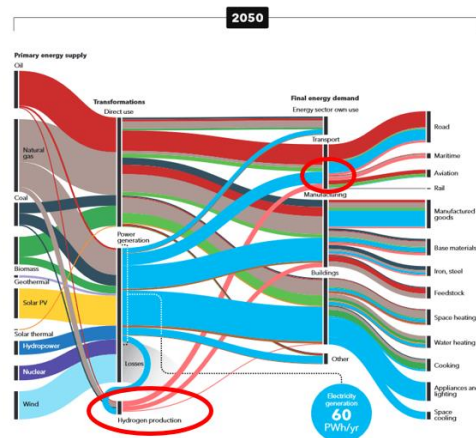
COMPARISON OF ENERGY FLOWS: 2018 AND 2050



Global investment in energy transition, by sector

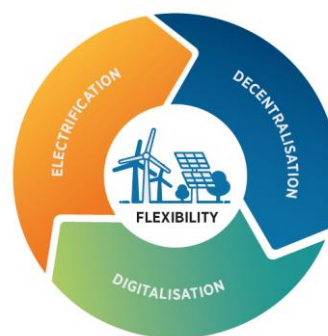
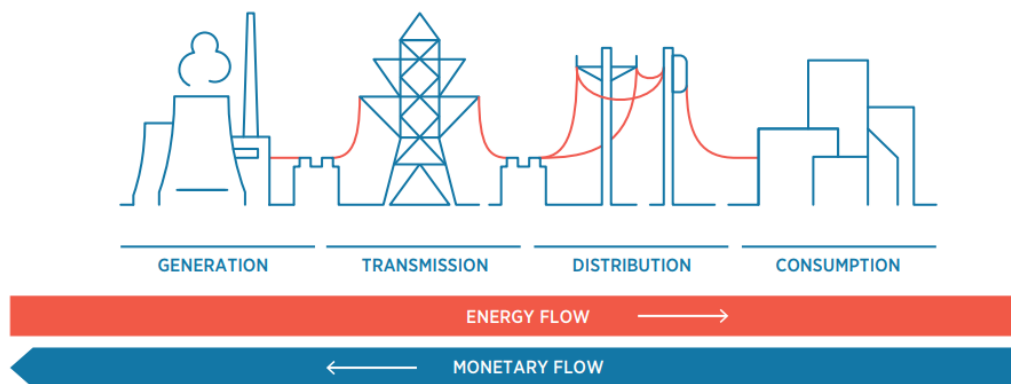


Investice do energetické transformace
„Energy Transition Investment Trends 2025“
BloombergNEF

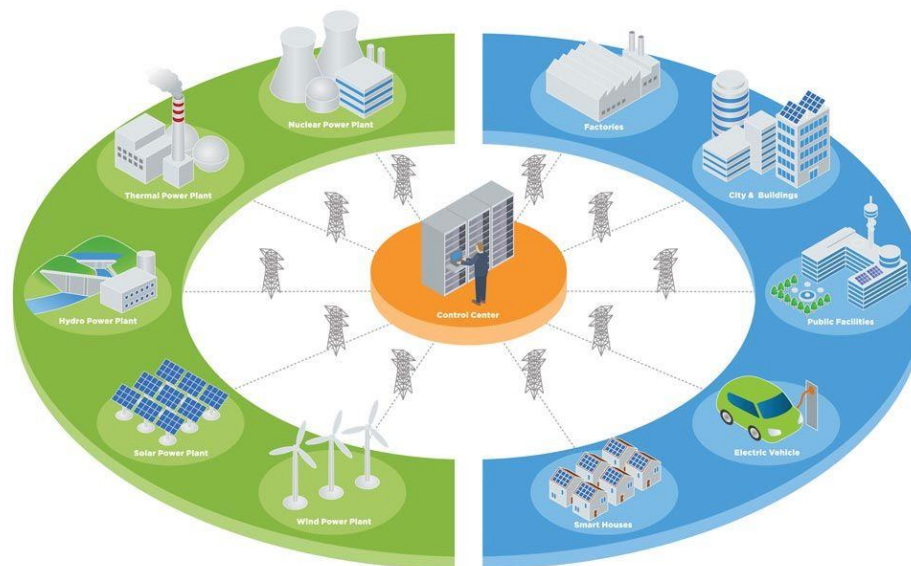
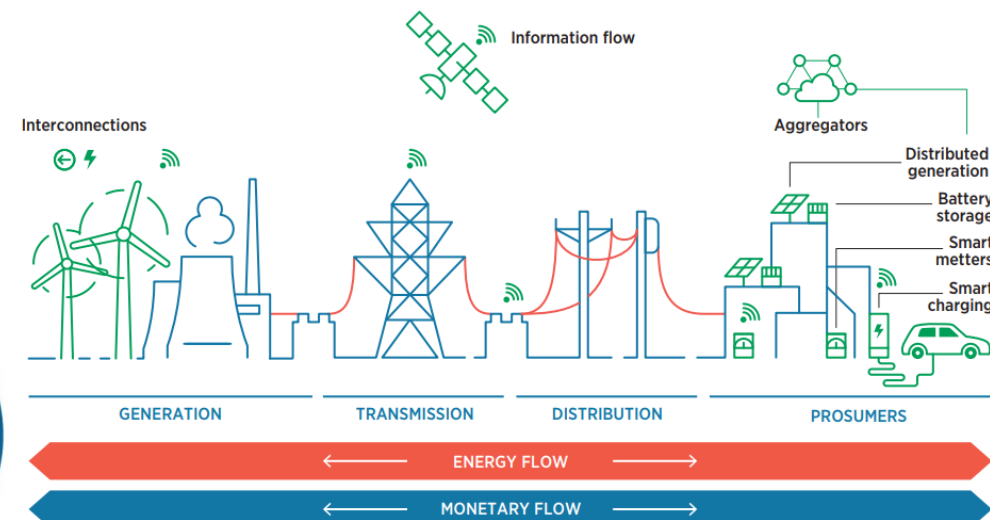


Transformace Energetiky

TRADITIONAL ELECTRICITY SUPPLY CHAIN

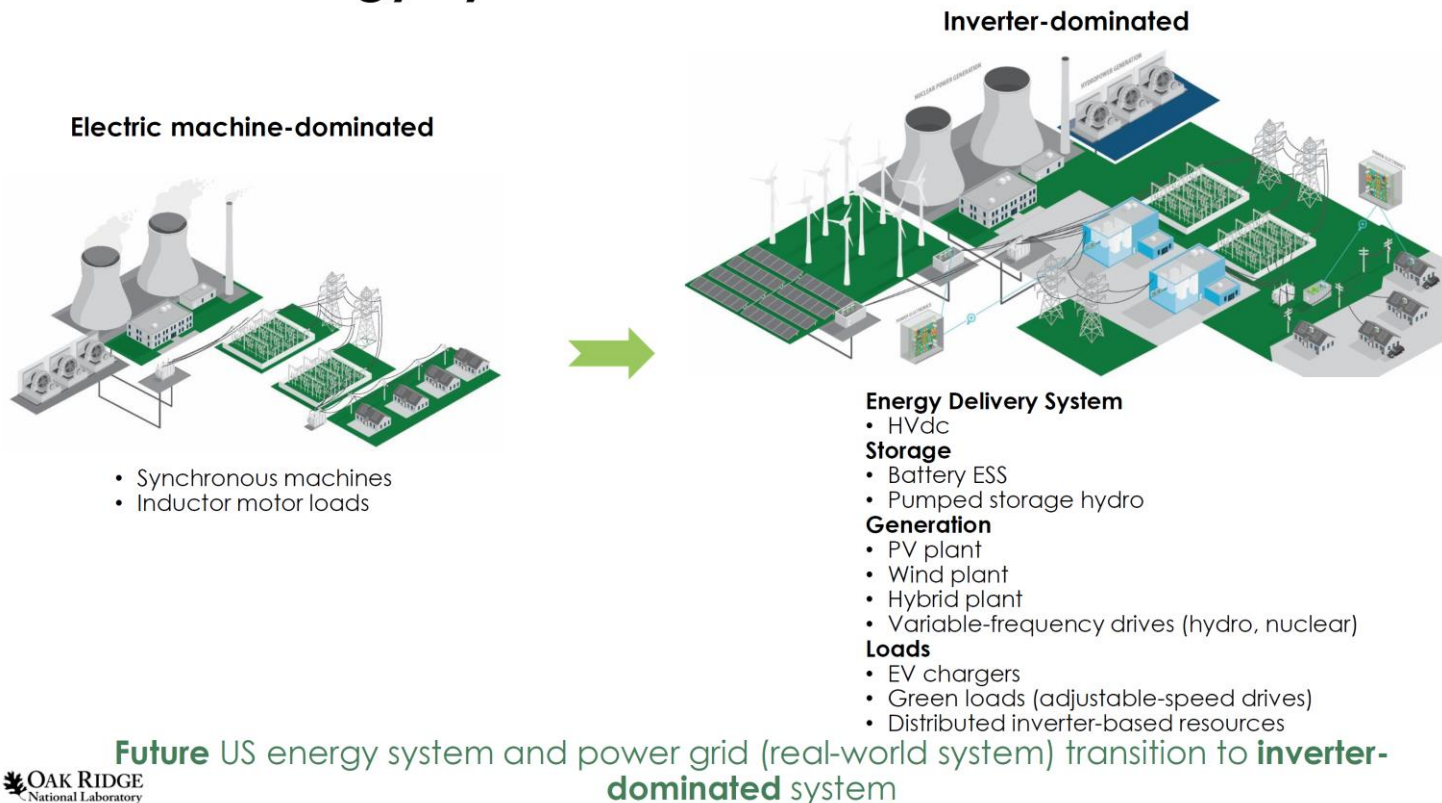


NEW PARADIGM OF THE ENERGY SUPPLY CHAIN



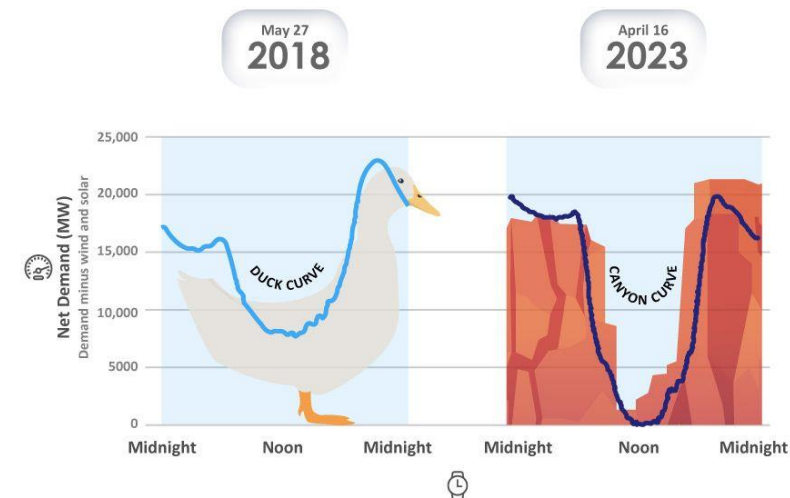
Transformace Energetiky

Context: Energy System Transition



Duck -> Canyon Curve

Celková spotřeba – Obnovitelné zdroje



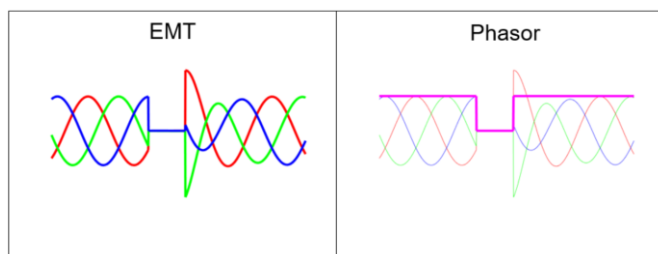
<https://www.powermag.com/epri-head-duck-curve-now-looks-like-a-canyon>

- Extrémní nároky na přenosovou soustavu
- Zajištění stability soustavy vyžaduje nová technologická i právní řešení
- Šíření rychlých jevů v sítích vyžaduje přesnější simulační metody (EMT)

Technologické trendy

- Simulace elektromagnetických přechodových dějů (EMT)

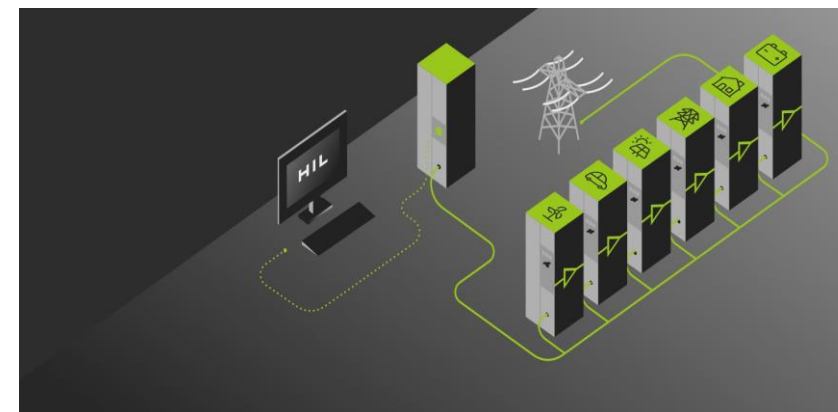
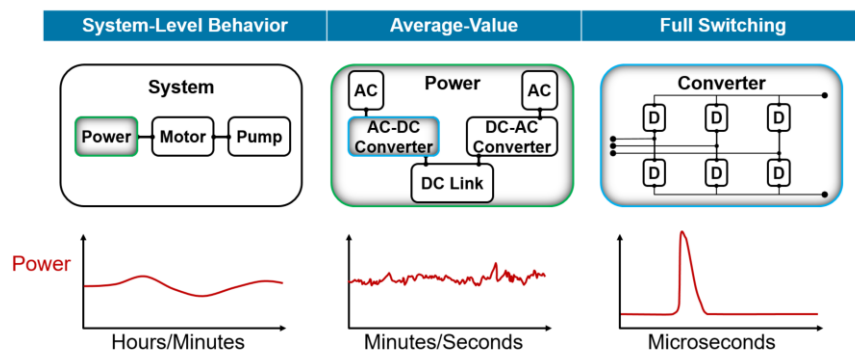
The increasing penetration of distributed Inverter-Based Resources (IBRs) is creating a fast-acting software-defined grid, whose behavior is not accurately captured by traditional phasor large-scale simulation.



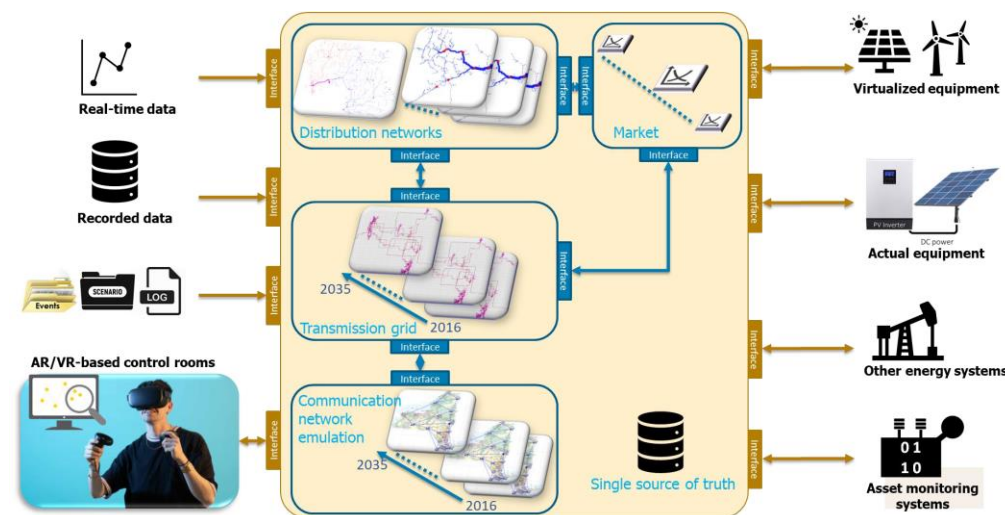
Electromagnetic transient (EMT) simulation needs to be used to capture so-called point-on-wave behavior. The challenge is that EMT simulation is more computationally complex than phasor simulation, and so does not scale easily.

- Hybridní modely

Different Fidelities for Different Tasks



Power Hardware In The Loop (PHIL) Testing
„Device Under Test reacts as if it is energized by the real grid.“



NYS Digital Twin Vision - Full NYS grid EMT model
„A live digital copy of the grid (TX, DX, Comm)“

Oak Ridge National Laboratory EMT Workshop, August 2024
<https://emtworkshop.ornl.gov>

Elektrifikace - Segmenty

Motor Drives & Traction Motors



Develop embedded software for motor-inverter systems

Renewable Energy & Energy Storage



Perform grid-scale integration studies, develop wind and solar farm architecture and control systems

Electric Vehicles and Transportation



Perform vehicle-level electrical system and control design for electric transportation

Power Conversion



Develop embedded software for high, medium, and low power converter architectures

Microgrid, Smart Grid & Charging Infrastructure



Develop network architecture and perform system-level and control system design of power system infrastructure

Battery Systems

TCP 2023



Design battery packs and develop battery management systems

Building Energy Management



Perform power system analysis and energy management design for residential and commercial buildings

Generation, Transmission & Distribution



Conduct bulk power grid analysis and planning for generation, transmission, and distribution systems

Fuel Cells and Electrolyzers



Develop architectures and controls for PEM fuel cells and electrolyzers

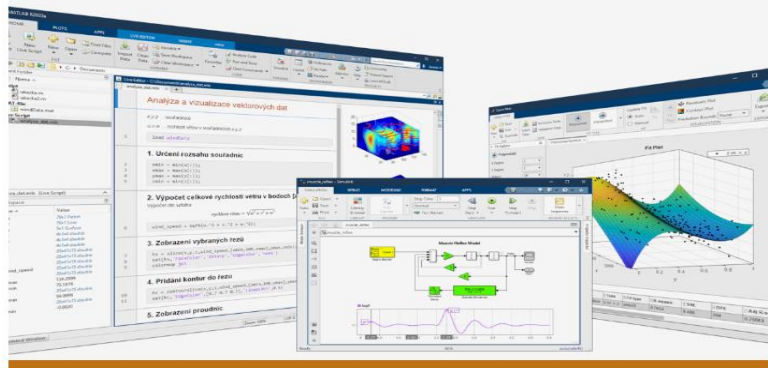
Out of Scope: Energy Trading & Risk Management



Nabídka společnosti HUMUSOFT

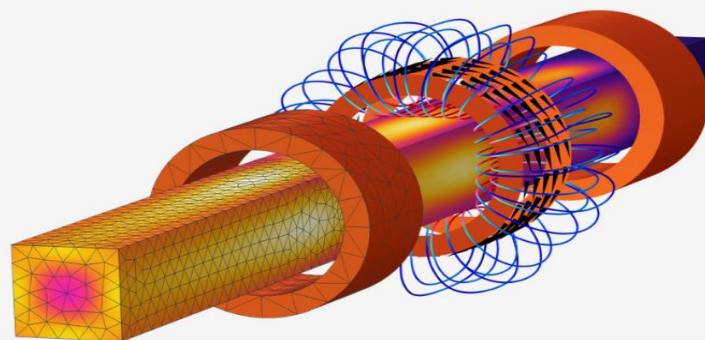
MATLAB & Simulink

Technické výpočty a simulace



COMSOL

Simulace multifyzikálních úloh



dSPACE

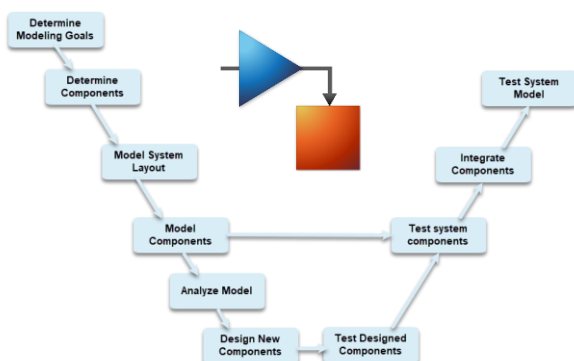
Simulace v reálném čase



- Simulink jako základní platforma pro Model-Based Design

- Modelování fyzikálních dějů
- Modelování komponent elektrických systémů

- Power Hardware In The Loop (PHIL)



Konzultační služby

COMSOL Multiphysics v elektrotechnice a energetice

Modelování fyzikálních dějů

- Vířivé proudy v komponentech
- Elektromagnetická kompatibilita
- Lorentzova síla
- Joulovo teplo
- Nízko a vysoko frekvenční elektromagnetické pole
- Elektrochemie baterií a palivových článků
- Elektrolýza
- Fyzika a chemie plazmatu
- Výboje a průrazy
- Trasování elektricky nabitých částic a další...

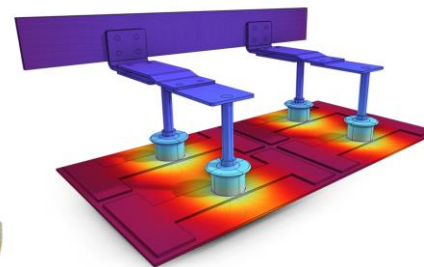
Modelování jednotlivých komponent

- Elektromotory
- Generátory
- Transformátory
- Kapacity
- Elektromagnetické kotvy
- Baterie a palivové články
- Tištěné obvody
- Setrvačníky
- Výměníky tepla
- Potrubní systémy
- Kabely

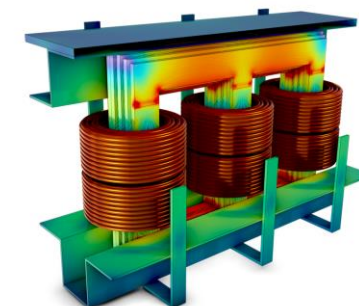
Simulace výboje (zásah bleskem)



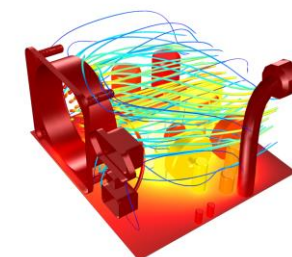
Simulace svorkovnice



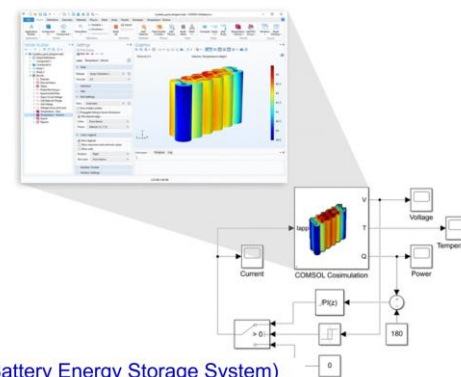
Simulace transformátoru (vč. například hučení)



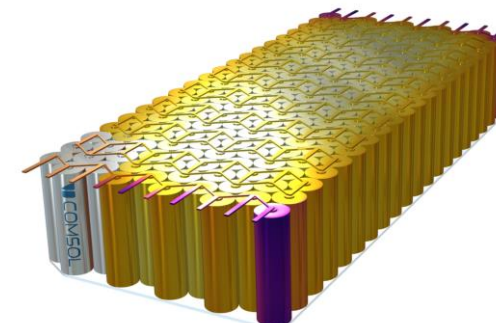
Simulace chlazení PSU (Power Supply Unit) počítače



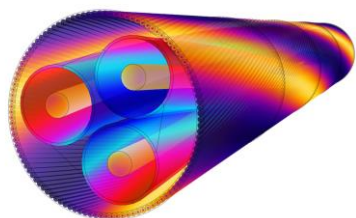
Integrace s prostředím Simulink (Simulace vybíjení battery packu s termální analýzou)



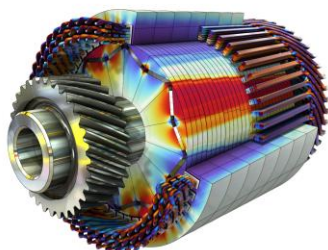
Simulace bateriových článků a packů



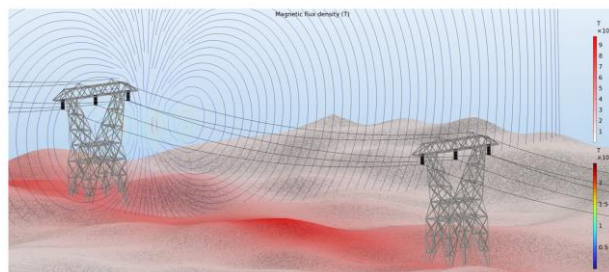
Simulace a návrh kabeláže



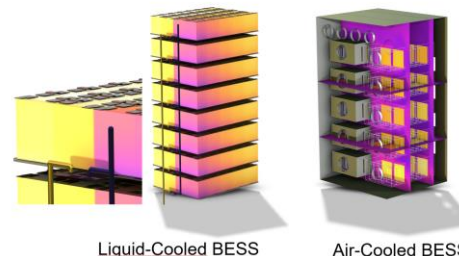
Simulace elektromotoru



Simulace elektromagnetického pole kolem vedení



Simulace BESS (Battery Energy Storage System)



Liquid-Cooled BESS

Air-Cooled BESS

Program

www.humusoft.cz/tcp

Živé ukázky

- 13:00 Jan Daněk (Humusoft)
Zahájení semináře
- 13:15 Valtteri Forsman (MathWorks)
Keynote: Developing Next-Generation Smart Grids: Modeling and Simulation with MATLAB and Simulink
- 13:50 Jaroslav Jirkovský (Humusoft)
Modelování a vývoj elektrických pohonů a výkonové elektroniky
- 14:05 Pozvánka k prezentačním stolům s živými ukázkami
- 14:15 Přestávka, občerstvení, prohlídka živých ukázek, konzultace
- 14:45 Marek Pokorný (DATASYS s.r.o.), Petr Neuman (NEUREG sdr.), Willy Weiglhofer (Mubea s.r.o.)
Zvaná přednáška: Tréninkové Simulátory energetických záložních zdrojů na bázi MATLAB-Simulink
- 15:05 Anna Tocháčková (Humusoft)
Obnovitelné zdroje energie
- 15:25 Tomáš Fridrich (Humusoft)
Simulace výkonové elektroniky v prostředí dSPACE
- 15:45 Přestávka, občerstvení, prohlídka živých ukázek, konzultace
- 16:15 Martin Ernek (Slovenská technická univerzita v Bratislave)
Zvaná přednáška: Modelovanie dynamických systémov v elektroenergetike
- 16:35 Anna Tocháčková (Humusoft)
Modelování a simulace bateriových systémů a vývoj BMS
- 16:55 Michal Blaho (Humusoft)
AI pro elektrické systémy
- 17:15 Zakončení a závěrečná diskuze



Řízení otáček elektromotoru v prostředí Simulink

- BLDC motor
 - stejnosměrný motor s elektronickou komutací
 - 6 pólových dvojic
 - Hallův senzor
- Algoritmus
 - PID regulace otáček, šesti-sektorová komutace
 - Simulink Coder Support for STM32 Nucleo Boards
- Spuštění a nasazení algoritmu
 - v režimu Monitor & Tune
- Hardware
 - STM32 Nucleo F302R8, X-NUCLEO-IHM07M1

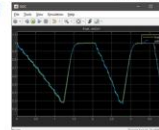
• Jaroslav Jirkovský, jirkovsky@humusoft.cz



Odhad stavu nabití baterie pomocí AI

- Virtuální senzor
 - napodobňuje fyzické senzory (soft sensor)
 - AI reprezentuje nelineární závislosti
 - měřitelné veličiny (U, I, T) + pohyblivý průměr
- Algoritmy
 - Strojové učení – stromy, SVM, ...
- Spuštění a nasazení algoritmu
 - v režimu Monitor & Tune
- Hardware
 - Texas Instruments LaunchPad F28379D

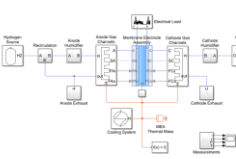
• Michal Blaho, blaho@humusoft.cz



Model vodíkového palivového článku typu PEM

- Vlastní blok MEA – jazyk Simscape
 - spotřebovávání reakčních plynů
 - disipace odpadního tepla
 - transport vody přes membránu
- Dva systémy distribuce plynů: H₂ (anoda) a vzduch (katoda)
- Různé módy zátěže:
 - Rampování
 - Měď jízdy ve městě (FTP 75)
 - Skoková změna zátěže

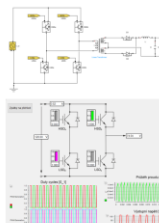
Anna Tocháčková, annat@humusoft.cz



Simulace výkonové elektroniky v prostředí dSPACE

- Model
 - Push-Pull měnič
 - Analýza modelu
- Build aplikace
 - Nastavení parametrů
 - Výběr I/O
- Simulace
 - Náhled na aplikaci běžící na RT Platformě

• Tomáš Fridrich, fridrich@humusoft.cz



HUMUSOFT Team



**Valtteri
Forsman**



**Tomáš
Fridrich**



**Kristian
Hudec**



**Jan
Houška**



**Jaroslav
Jirkovský**



**Michal
Blaho**



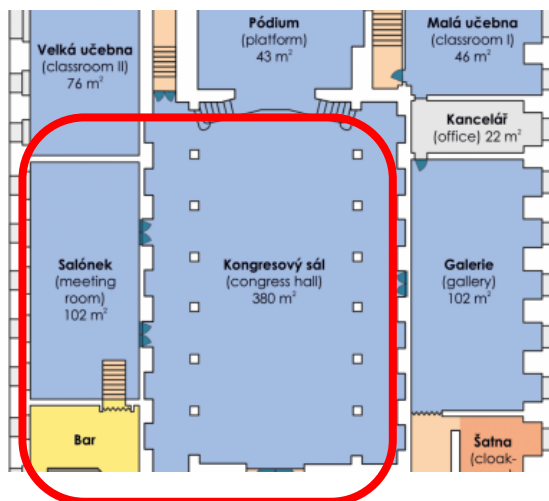
**Anna
Tocháčková**



TECHNICAL
COMPUTING
PRAGUE

Jan Daněk
HUMUSOFT

8. 4. 2025 Praha



**Pavel
Beneš**



**Irena
Nevolová**



**Karolina
Ventluková**

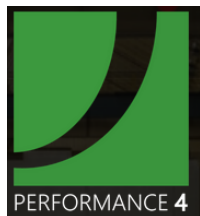


**Jan
Daněk**

Účastníci



D A T A S Y S



SCHAEFFLER



DOOSAN

STADLER



SKUPINA ČEZ



STU



DICOM



MICRONOVA
Software and Systems



DICOM

GxA=M+Č-A



EATON

Powering Business Worldwide

Leuze

MBThermodynamics



Showcase - Konzultace

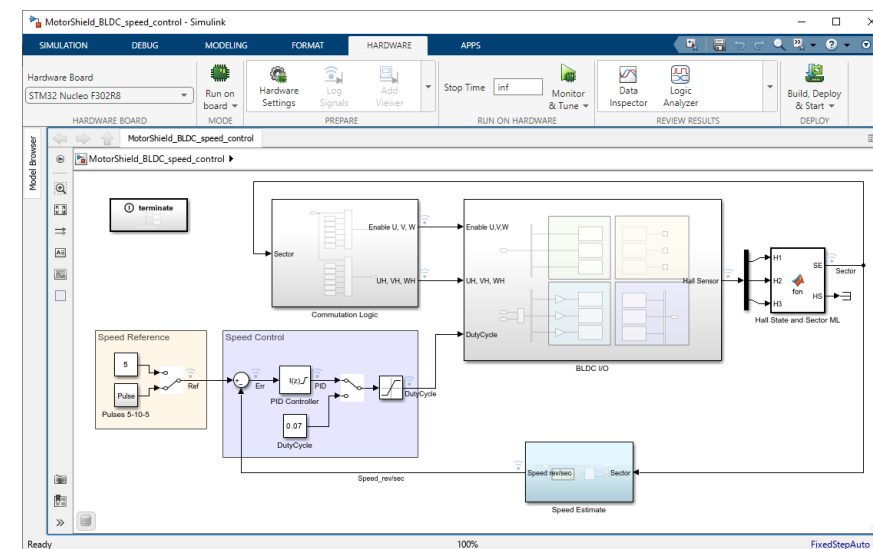
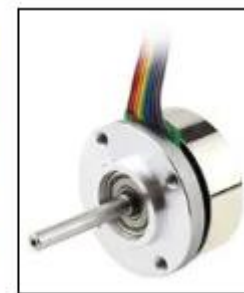
Řízení otáček elektromotoru v prostředí Simulink

- BLDC motor
 - stejnosměrný motor s elektronickou komutací
 - 8 pólových dvojic
 - Hallův senzor
- Algoritmus
 - PID regulace otáček, šesti-sektorová komutace
 - Simulink Coder Support for STM32 Nucleo Boards
- Spuštění a nasazení algoritmu
 - v režimu Monitor & Tune
- Hardware
 - STM32 Nucleo F302R8, X-NUCLEO-IHM07M1

řízení

výkonová část

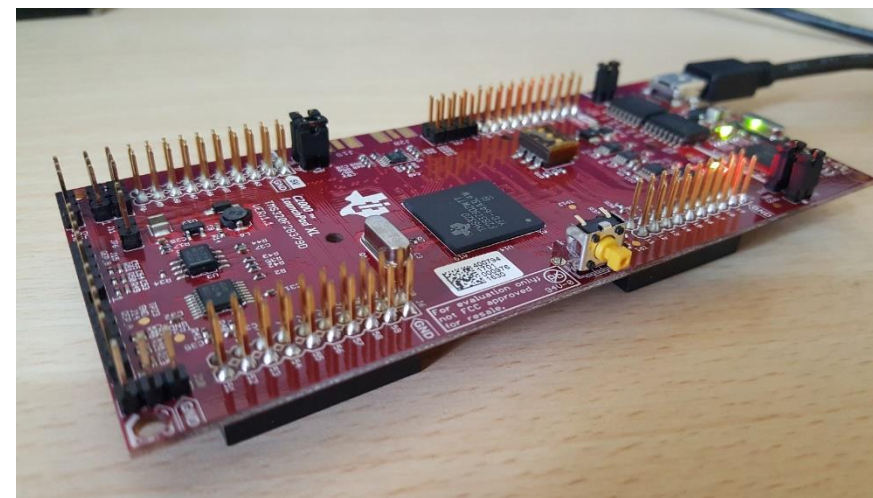
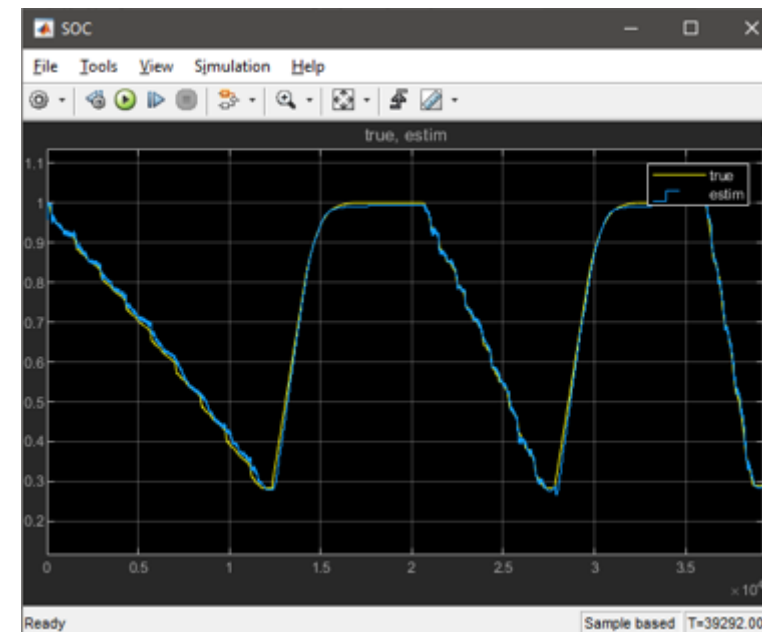
motor



- Jaroslav Jirkovský, jirkovsky@humusoft.cz

Odhad stavu nabitia batérie pomocou AI

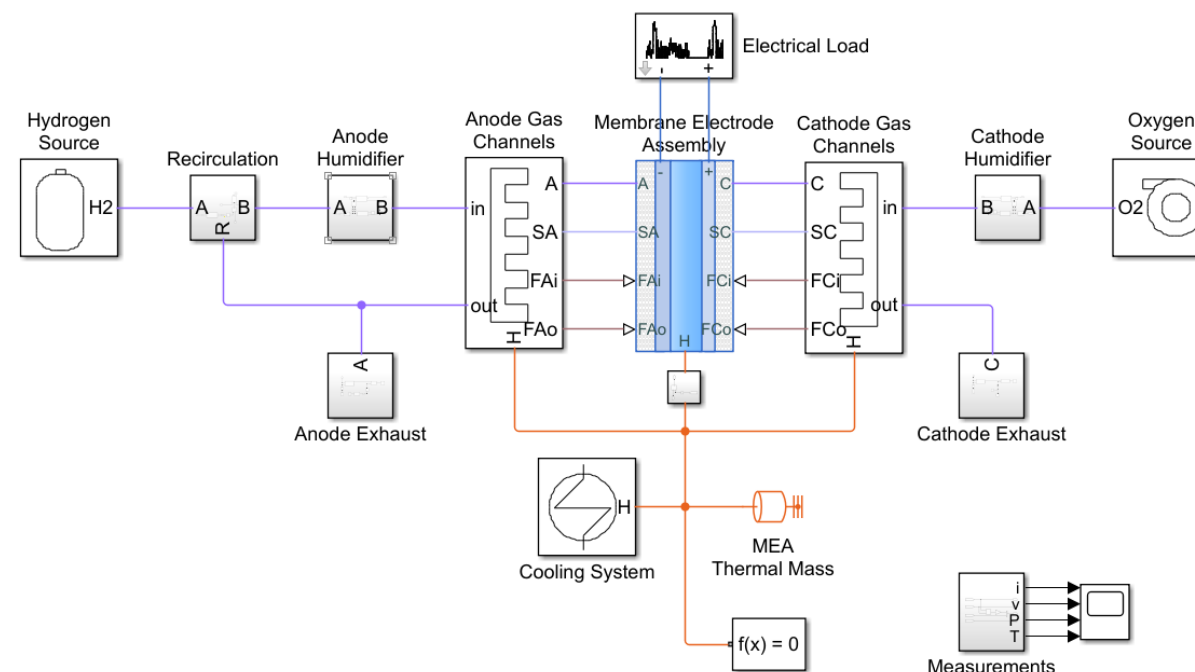
- Virtuálny senzor
 - napodobňuje fyzické senzory (soft sensor)
 - AI reprezentuje nelineárne závislosti
 - merateľné veličiny (U, I, T) + pohyblivý priemer
- Algoritmy
 - Strojové učenie – stromy, SVM, ...
- Spustenie a nasadenie algoritmu
 - v režimu Monitor & Tune
- Hardware
 - Texas Instruments LaunchPad F28379D



- Michal Blaho, blaho@humusoft.sk

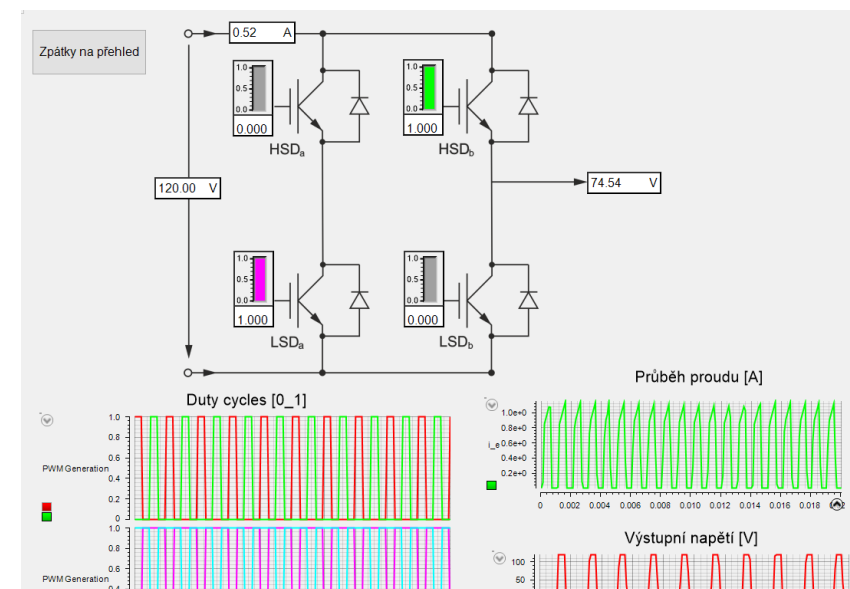
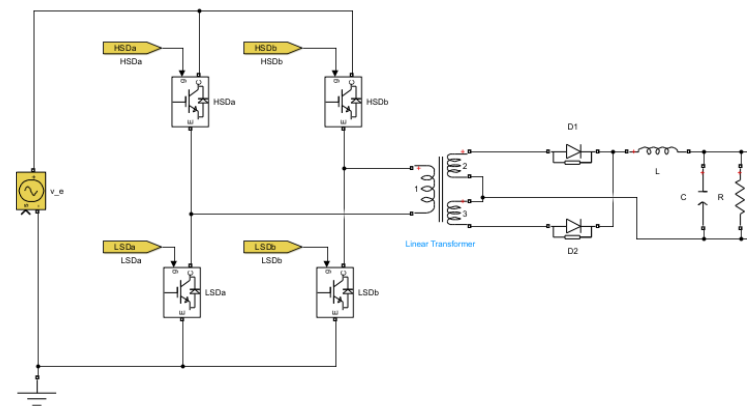
Model vodíkového palivového článku typu PEM

- Vlastní blok MEA – jazyk Simscape
 - spotřebovávání reakčních plynů
 - disipace odpadního tepla
 - transport vody přes membránu
- Dva systémy distribuce plynů: H_2 (anoda) a vzduch (katoda)
- Různé módy zátěže:
 - Rampování
 - Múd jízdy ve městě (FTP 75)
 - Skoková změna zátěže



Simulace výkonové elektroniky v prostředí dSPACE

- Model
 - Push-Pull měnič
 - Analýza modelu
- Build aplikace
 - Nastavení parametrů
 - Výběr I/O
- Simulace
 - Náhled na aplikaci běžící na RT Platformě



- Tomáš Fridrich, fridrich@humusoft.cz