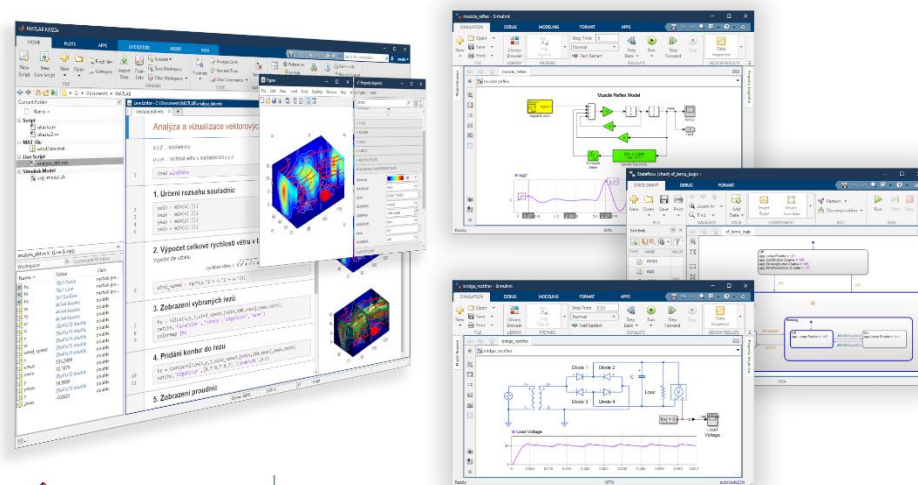


Obnovitelné zdroje energie



Anna Tocháčková
annat@humusoft.cz

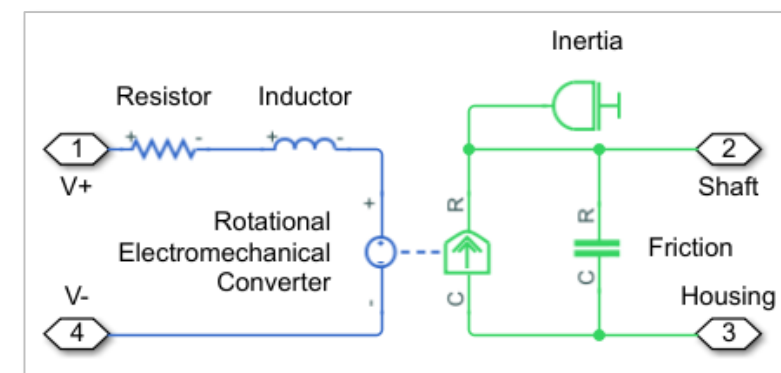
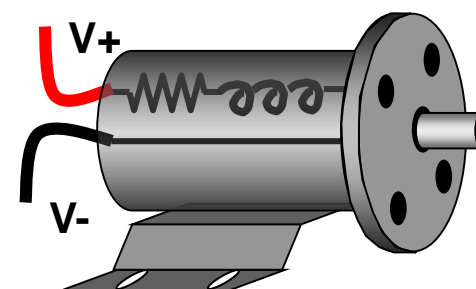
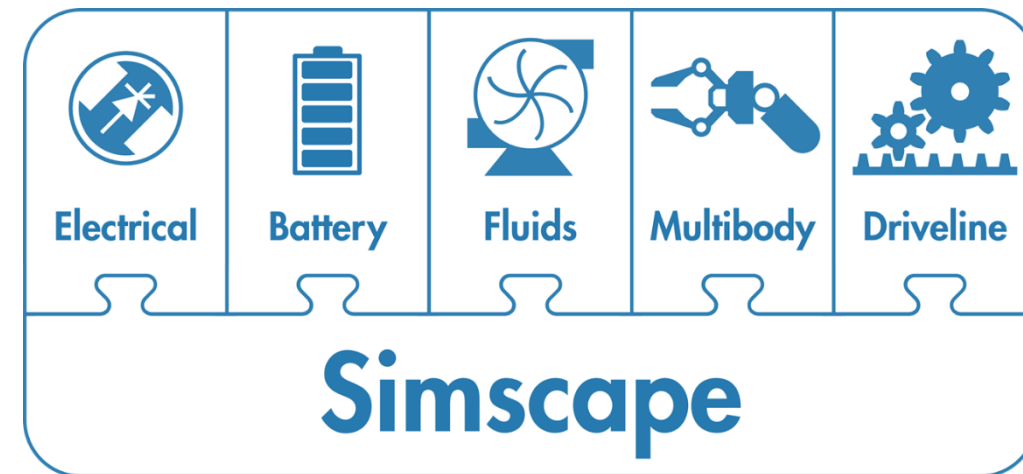
www.humusoft.cz

info@humusoft.cz

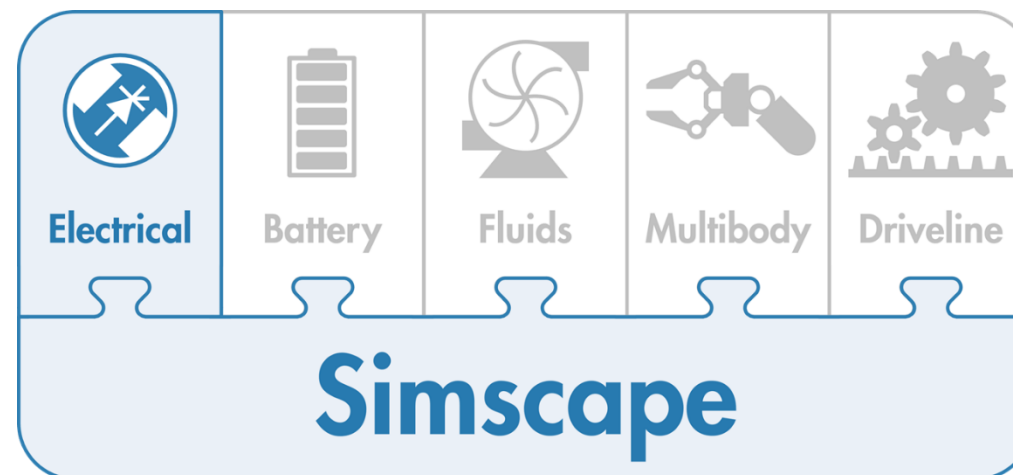
www.mathworks.com

Simscape

- Fyzikální modelování (akauzální) multi-fyzikálních systémů
 - sestavení schématu
 - rovnice odvozovány automaticky
 - využití prostředí MATLAB a Simulink
- S nástrojem Simscape můžete
 - analyzovat požadavky na systém
 - včas odhalit problémy s integrací
 - navrhnout řídicí systémy
 - optimalizovat chování na úrovni systémů

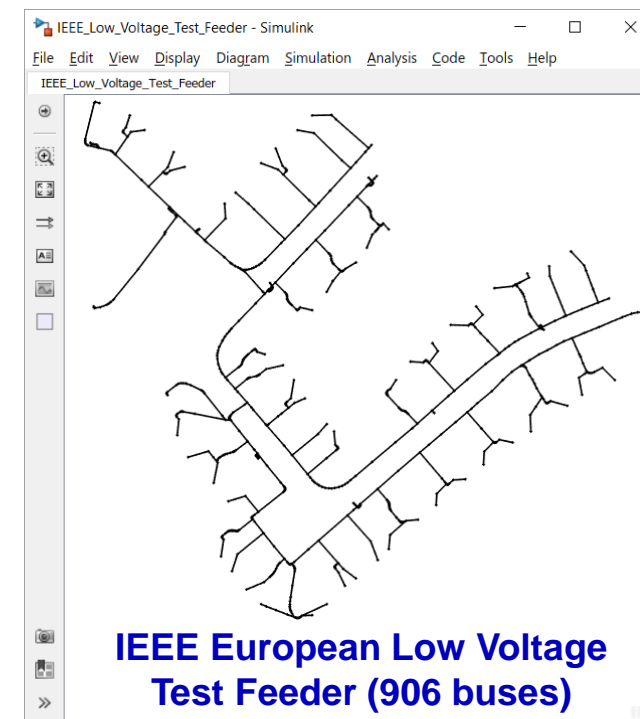
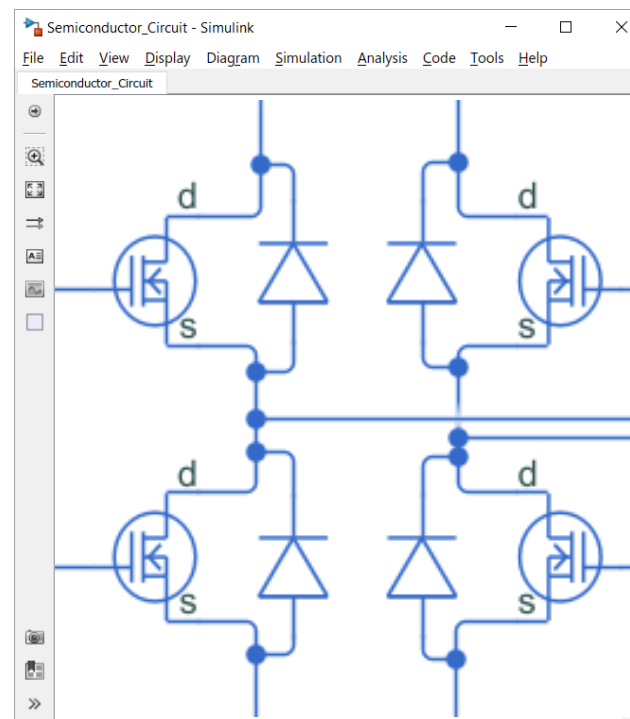
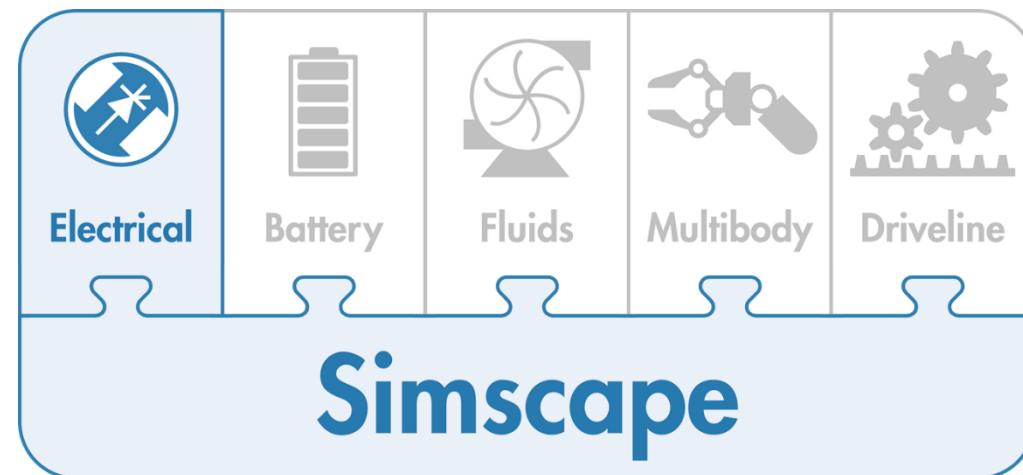


Simscape Electrical



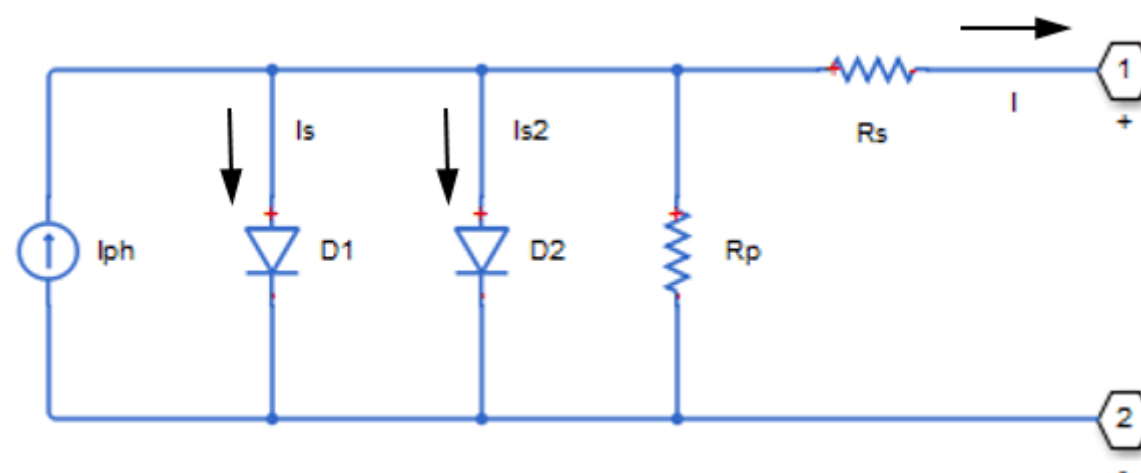
Simscape Electrical

- Fyzikální modelování elektronických, mechatronických a energetických systémů
 - topologie elektrického systému reprezentována schématickým zapojením
- Se Simscape Electrical můžete:
 - vyhodnotit architekturu analogového obvodu
 - vyvíjet mechatronické systémy s elektrickými pohony
 - analyzovat výrobu, přeměnu, přenos a spotřebu elektrické energie na úrovni distribuční sítě

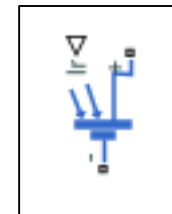


Solar Cell

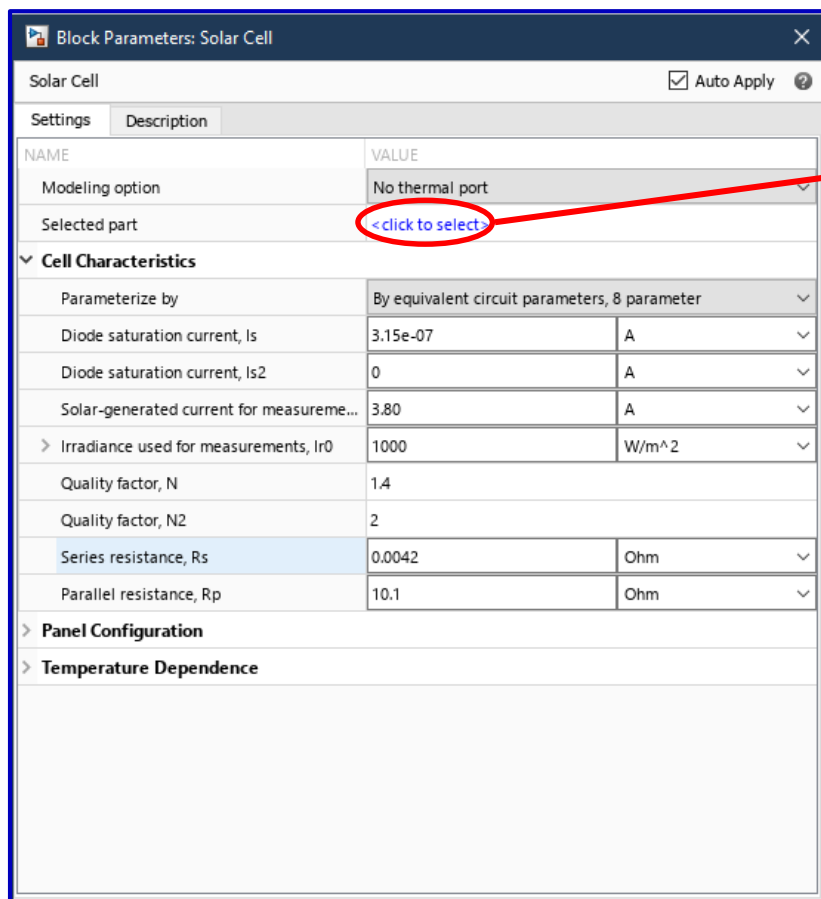
- Solární článek jako zdroj proudu
- Komponenty bloku:
 - Proud generovaný slunečním zářením
 - Závislost parametrů na teplotě
 - Thermal Port - modeluje účinky generovaného tepla a teplotu zařízení
 - “Předparametrizace”
 - Generování digitálního datasheetu (od R2024b)
- Lze použít také k modelování solárních panelů



Solar Cell – “předparametrizace”



- Možnost parametrizovat blok přednastavenými daty od výrobců
 - Jinko Solar, Mitsubishi Electrical, JA Solar, Astroenergy, Amerisolar,...

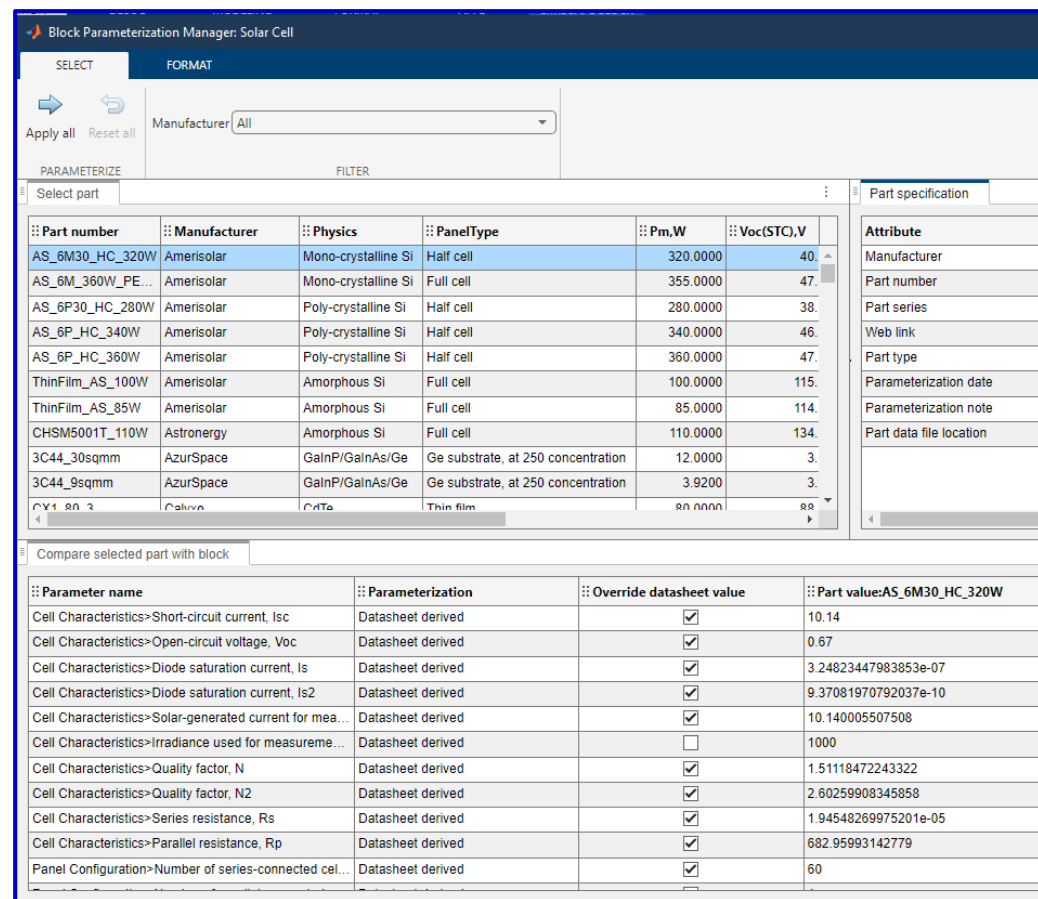


Block Parameters: Solar Cell

Solar Cell Auto Apply

Settings Description

NAME	VALUE
Modeling option	No thermal port
Selected part	<click to select>
Cell Characteristics	
Parameterize by	By equivalent circuit parameters, 8 parameter
Diode saturation current, Is	3.15e-07 A
Diode saturation current, Is2	0 A
Solar-generated current for measureme...	3.80 A
Irradiance used for measurements, Ir0	1000 W/m ²
Quality factor, N	1.4
Quality factor, N2	2
Series resistance, Rs	0.0042 Ohm
Parallel resistance, Rp	10.1 Ohm
Panel Configuration	
Temperature Dependence	



Block Parameterization Manager: Solar Cell

SELECT FORMAT

Apply all Reset all Manufacturer: All

PARAMETERIZE FILTER

Select part

Part number	Manufacturer	Physics	PanelType	Pm,W	Voc(STC),V
AS_6M30_HC_320W	Amerisolar	Mono-crystalline Si	Half cell	320.0000	40
AS_6M_360W_PE...	Amerisolar	Mono-crystalline Si	Full cell	355.0000	47
AS_6P30_HC_280W	Amerisolar	Poly-crystalline Si	Half cell	280.0000	38
AS_6P_HC_340W	Amerisolar	Poly-crystalline Si	Half cell	340.0000	46
AS_6P_HC_360W	Amerisolar	Poly-crystalline Si	Half cell	360.0000	47
ThinFilm_AS_100W	Amerisolar	Amorphous Si	Full cell	100.0000	115
ThinFilm_AS_85W	Amerisolar	Amorphous Si	Full cell	85.0000	114
CHSM5001T_110W	Astronergy	Amorphous Si	Full cell	110.0000	134
3C44_30sqmm	AzurSpace	GainP/GainAs/Ge	Ge substrate, at 250 concentration	12.0000	3
3C44_9sqmm	AzurSpace	GainP/GainAs/Ge	Ge substrate, at 250 concentration	3.9200	3
CY1_80_3	Galvo	CdTe	Thin film	80.0000	88

Part specification

Attribute
Manufacturer
Part number
Part series
Web link
Part type
Parameterization date
Parameterization note
Part data file location

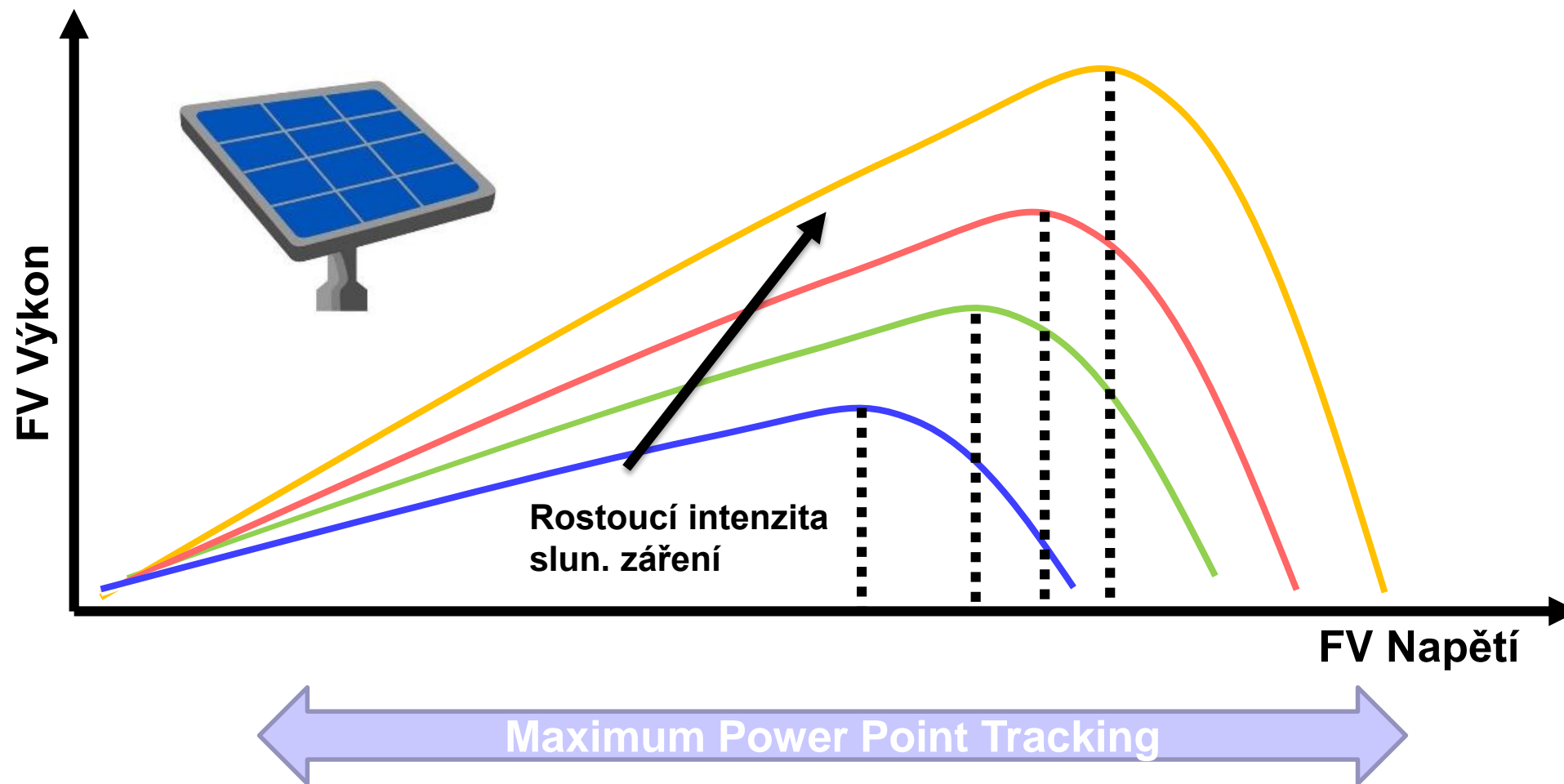
Compare selected part with block

Parameter name	Parameterization	Override datasheet value	Part value:AS_6M30_HC_320W
Cell Characteristics>Short-circuit current, Isc	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	10.14
Cell Characteristics>Open-circuit voltage, Voc	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	0.67
Cell Characteristics>Diode saturation current, Is	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	3.24823447983853e-07
Cell Characteristics>Diode saturation current, Is2	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	9.37081970792037e-10
Cell Characteristics>Solar-generated current for mea...	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	10.140005507508
Cell Characteristics>Irradiance used for measureme...	Datasheet derived	<input type="checkbox"/>	1000
Cell Characteristics>Quality factor, N	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	1.51118472243322
Cell Characteristics>Quality factor, N2	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	2.60259908345858
Cell Characteristics>Series resistance, Rs	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	1.94548269975201e-05
Cell Characteristics>Parallel resistance, Rp	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	682.95993142779
Panel Configuration>Number of series-connected cel...	Datasheet derived	<input checked="" type="checkbox"/>	60

Пříklad 1

Solar Cell Power Curve

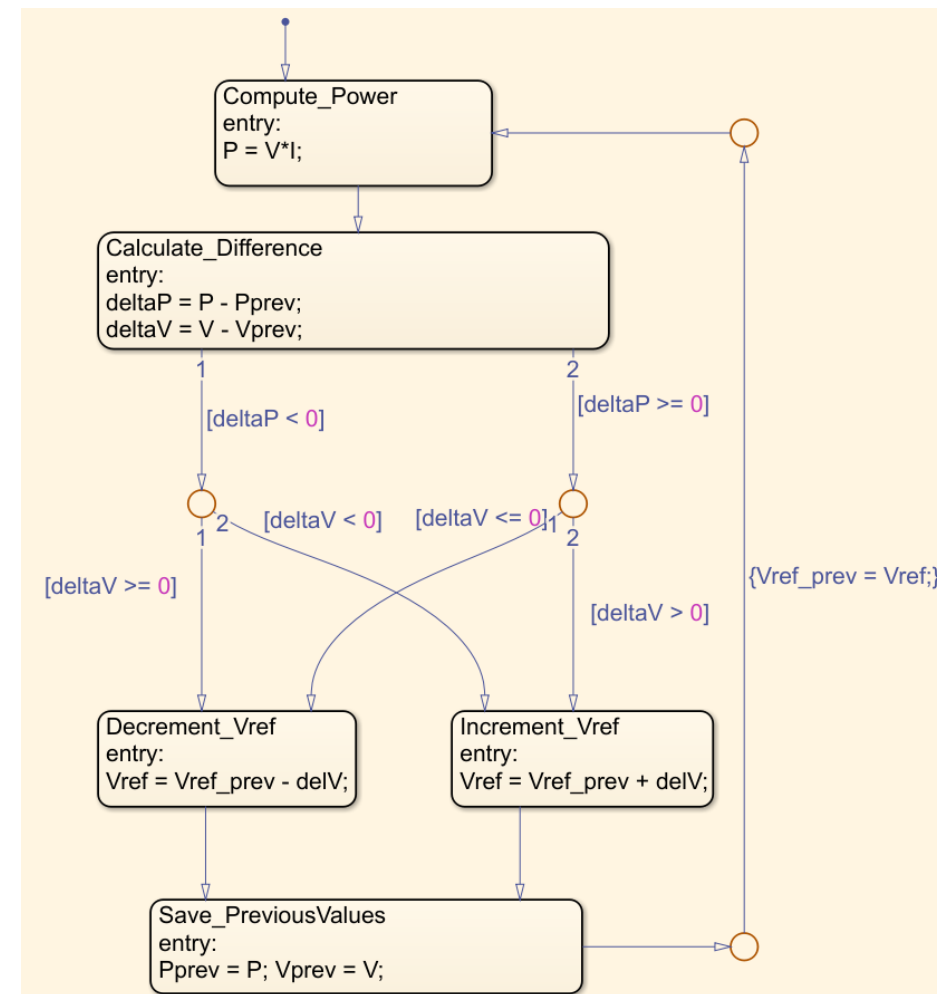
Maximum Power Point Tracking (MPPT)



MPPT umožňuje nastavit vstupní napětí a proud panelu tak, aby bylo dosaženo maximálního výkonu.

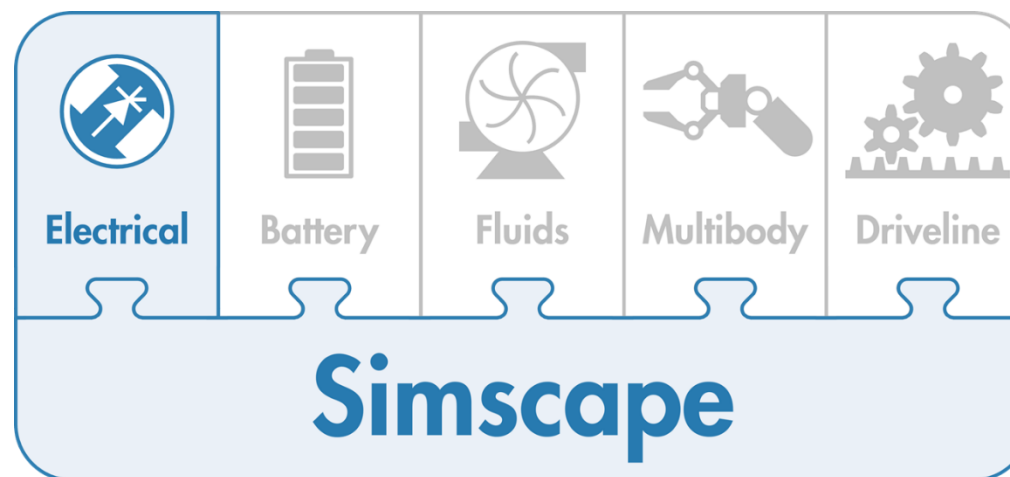
MPPT Algoritmy

- Perturbation and observation (P&O)
 - Malými změnami napětí (perturbacemi) sleduje, zda výkon roste nebo klesá, a podle toho nastavuje nové pracovní napětí.
- Incremental conductance
 - Sleduje změny vodivosti panelu a odhaduje MPP přesněji než P&O.
- Fractional open-circuit voltage
 - Odhaduje MPP na základě měření napětí naprázdno panelu.
 - Je rychlý, ale méně přesný
- Artificial Intelligence-Based MPPT



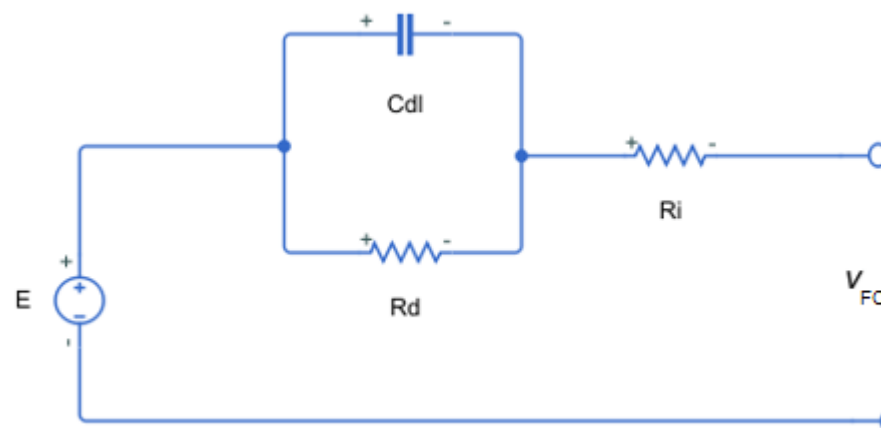
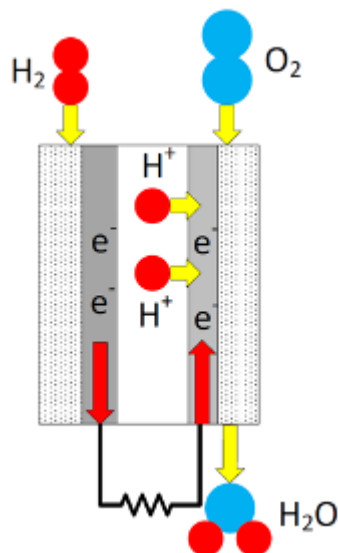
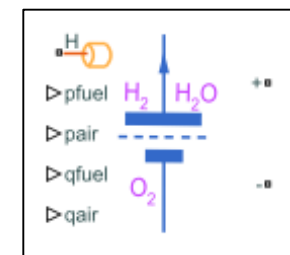
Implementace algoritmu P&O v nástroji [Stateflow](#)

Simscape Electrical Vodíkové systémy



Fuel Cell

- Model vodíkového palivového článku
 - **Simplified:** napětí v závislosti na nominálních podmínkách
 - **Detailed:** napětí v závislosti na tlaku a průtoku vodíku a vzduchu
 - Možnost modelovat aktivační dynamiku

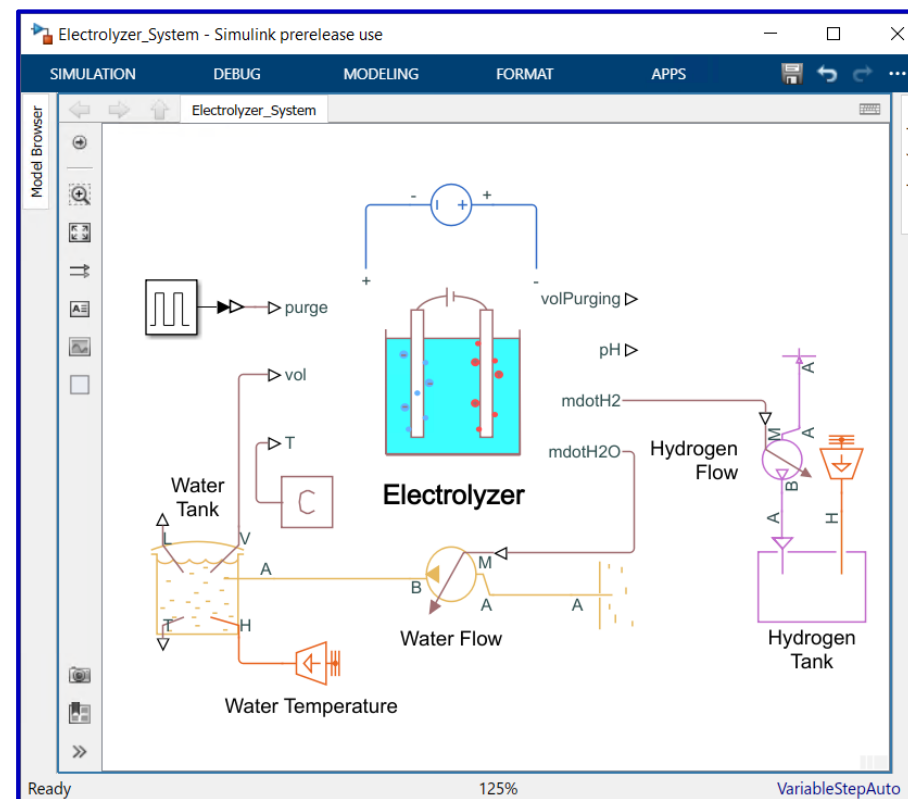
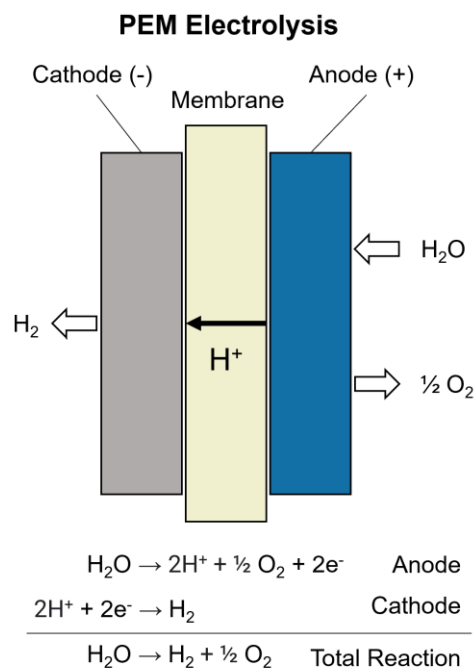
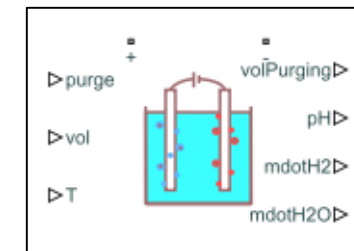


Příklad 2

Fuel Cell System

Electrolyzer

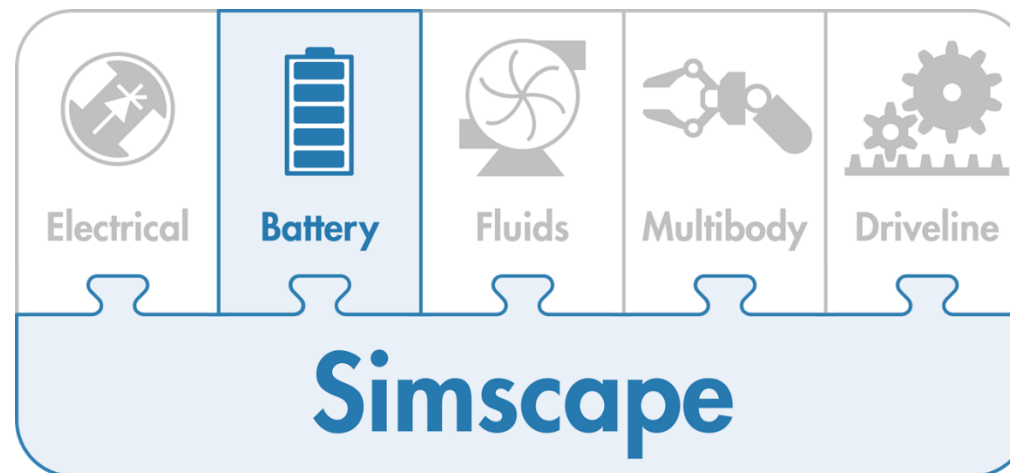
- Modeluje elektrolyzér jako zátěž (load)
 - Vypočítá množství vyprodukovaného H_2 v závislosti na množství spotřebované elektřiny a teplotě vody



Příklad 3

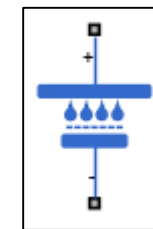
Green Hydrogen Microgrid

Simscape Battery

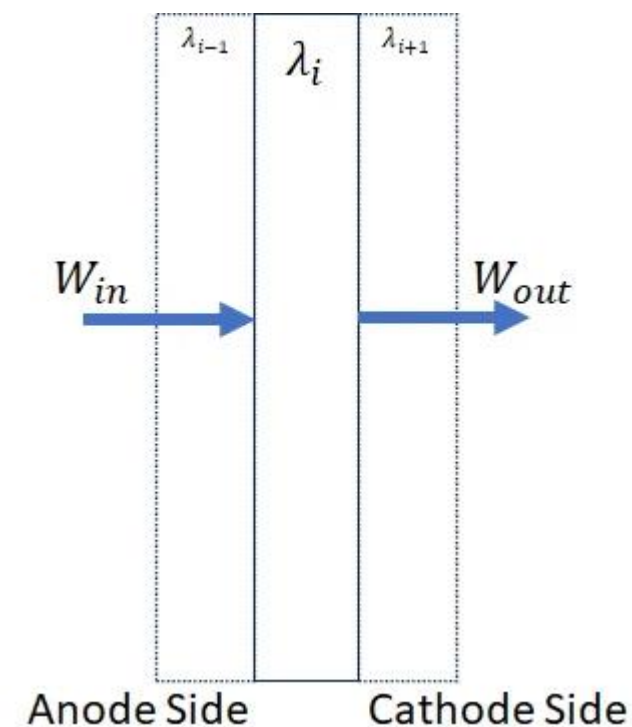


Fuel Cell Equivalent Circuit

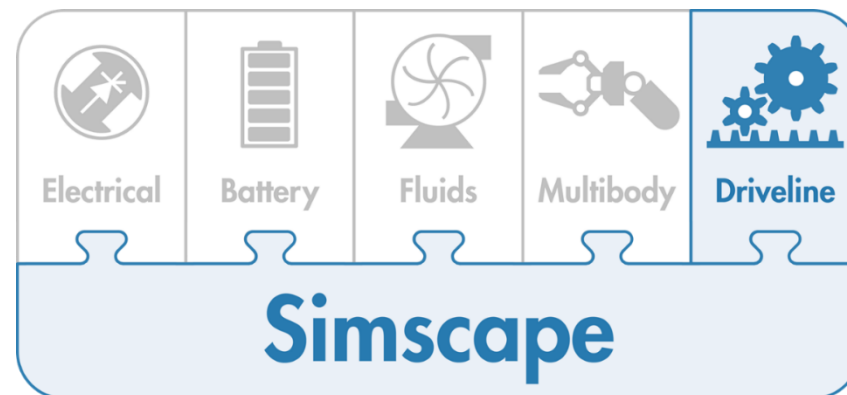
- model PEM palivového článku
 - prvky elektrického obvodu
 - dynamický model obsahu vody v membráně, který určuje ohmické ztráty článku
- Potenciál článku
 - Tafelova rovnice
- Přepětí článku
- Model membrány



R2024b

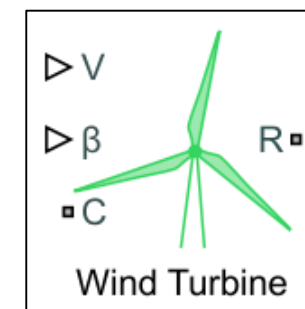


Simscape Driveline



Wind Turbine

- Model jednotlivých turbín, nebo celé větrné farmy
- Můžete analyzovat:
 - výkon turbíny
 - výrobu energie
 - vliv různých geometrií, konfigurací, řídicích algoritmů,...



Příklad 6

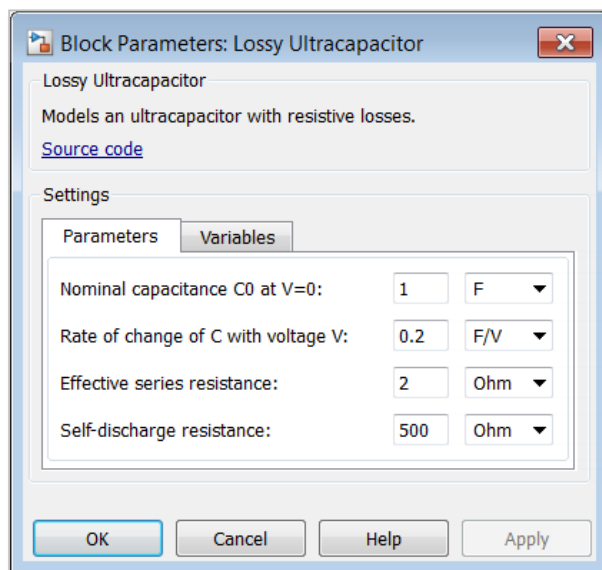
Wind Turbine

Simscape

Język Simscape

Jazyk Simscape pro modelování vlastních komponent

- Jazyk na bázi MATLABu pro textovou tvorbu domén, komponent a knihoven fyzikálního modelování
 - Využívá MATLAB
 - OOP pro opakované použití modelu
 - Generuje bloky pro Simscape



```

MATLAB
Editor - C:\MyComponents\LossyUltraCapacitor.ssc
1 component LossyUltraCapacitor
2 % Lossy Ultracapacitor
3 % Models an ultracapacitor with resistive losses.
4 nodes
5   p = foundation.electrical.electrical; % +:top
6   n = foundation.electrical.electrical; % -:bottom
7 end
8 parameters
9   C0 = { 1, 'F' }; % Nominal capacitance C0 at V=0
10  Cv = { 0.2, 'F/V' }; % Rate of change of C with voltage V
11  R = { 2, 'Ohm' }; % Effective series resistance
12  Rd = { 500, 'Ohm' }; % Self-discharge resistance
13 end
14 variables
15  i = { 0, 'A' }; % Current through variable
16  v = { 0, 'V' }; % Voltage across variable
17  vc = { 0, 'V' }; % Capacitor voltage
18 end
19 function setup
20   if R <= 0
21     error('Resistance must be greater than zero' )
22   end
23 end
24 branches
25  i : p.i -> n.i; % Through variable i from node p to node
26 end
27 equations
28  v == p.v - n.v; % Across variable v from p to n
29  i == (C0 + Cv*vc)*vc.der + vc/Rd; % Equation 1
30  v == vc + i*R; % Equation 2
31 end
32 end
  
```



$$i = (C_0 + C_v v) \frac{dv}{dt} + \frac{v}{r_d}$$

What Is the Simscape Language?

Jazyk Simscape – MEA PEM palivového článku

equations

```

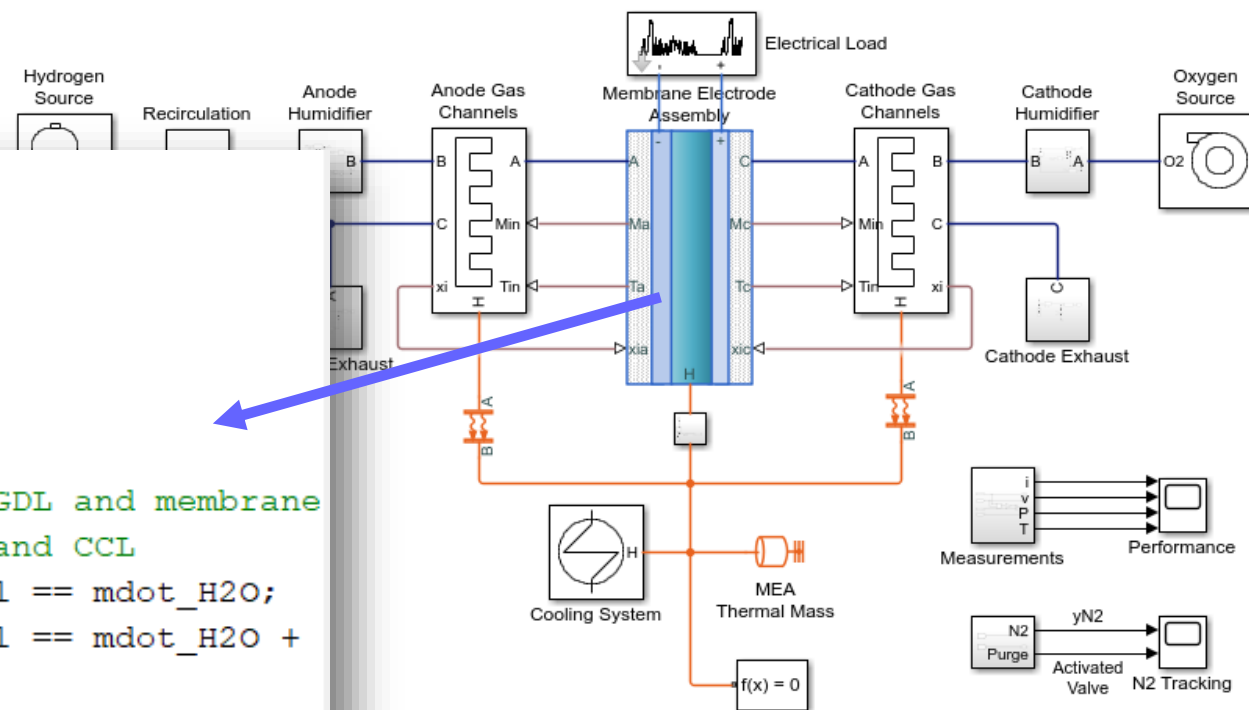
% Stack voltage
v == N_cell * v_total;

% Heat generated
-Q == power_dissipated;

% Equate water vapor mass flow rates at GDL and membrane
% to solve for relative humidity at ACL and CCL
nflux_H2O_A * MW_H2O * area_cell * N_cell == mdot_H2O;
nflux_H2O_C * MW_H2O * area_cell * N_cell == mdot_H2O +

% Assign mass flow rate to the internal moisture source
% to model transport of water across membrane
transport_H2O_A.M == -mdot_H2O;
transport_H2O_C.M == mdot_H2O;
transport_H2O_A.T == T_stack;
transport_H2O_C.T == T_stack;

```



>>openExample('simscape/PEMFuelCellSystemExample')

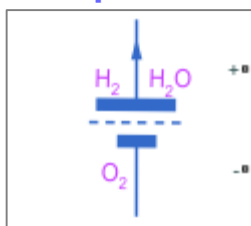
Příklad 7

PEM Fuel Cell System

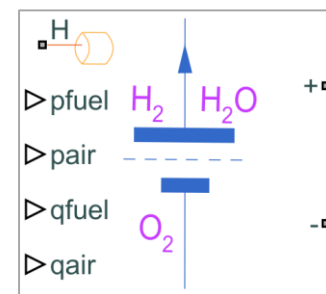
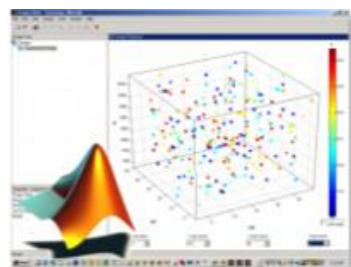
Možnost volby komplexnosti modelu

Výpočetní čas

Křivka závislosti napětí na proudu



Model ve formě tabulky bez dynamiky



Detailní matematický model bez dynamiky

Detailní model včetně dynamiky proudění plynů

Míra detailnosti a komplexnosti modelu

Děkuji za pozornost.

Otázky?