

## **Simularea circuitelor hidraulice folosind SimHydraulics® din Matlab®**

## Conținut

Conținut .....	1
Scopul lucrării.....	2
SimHydraulics - introducere.....	3
Prezentarea programului .....	3
Posibilități și limite de modelare.....	3
Modelarea sistemelor fizice.....	4
SimHydraulics – introducere în modelarea sistemelor hidraulice.....	5
Introducerea blocurilor din cadrul librăriei SimHydraulics .....	5
Reguli de bază pentru a crea un model .....	6
Folosirea fluidelor speciale în modelare .....	6
Crearea unui simplu model.....	7
SimHydraulics – modelarea unui robinet .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
SimHydraulics – modelarea unui excavator.....	11
Referințe .....	15

## Scopul lucrării

Scopul lucrării este introducerea cu mediul de modelare și simulare SimHydraulics din Matlab. Pornind de la elemente de bază se vor construi modele pentru a analiza caracteristica unor echipamente hidraulice specifice.

## SimHydraulics - introducere

### Prezentarea programului

SimHydraulics este un mediu de modelare și design oferind posibilitatea de simulare a sistemelor hidraulice prin intermediul programului Simulink din Matlab.

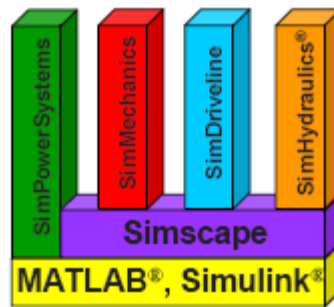


Figura 1 Familia de produse pentru simularea sistemelor fizice

Este bazat pe Physical Networks din toolbox-ul Simscape și conține un set de elemente hidraulice bine dezvoltate pe lângă cele electrice și mecanice în Foundation Library din Simscape.

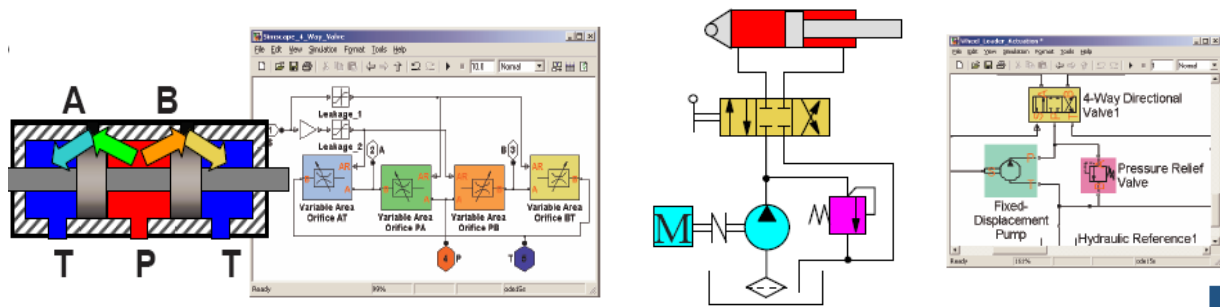


Figura 2 Elemente specifice și de bază din Foundation Library

### Posibilități și limite de modelare

SimHydraulics se poate folosi pentru analiza sistemelor hidro-mecanice inclusive în regim tranzitoriu. Există posibilitatea de a crea modele specifice pe lângă cele standard din biblioteca Foundation library. SimHydraulics este dezvoltat în special pentru modelarea sistemelor de control cu pistoane ca parte dintr-un sistem de control complex. Se poate folosi totodată și parametrii din spațiul de lucru din systems.

Posibilitățile prezentate nu includ următoarele:

- Transportarea fluidelor
- Sisteme de irigație
- Sisteme cu parametrii distribuiți

SimHydraulics este bazat pe principiul transformării izotermice: pe timpul experimentelor temperatura este presupusă să rămână constantă.

### Modelarea sistemelor fizice

SimHydraulics este bazat pe Simscape, platforma de Simulink pentru modelarea sistemelor fizice. Astfel SimHydraulics se integrează în mediul Simulink/Matlab, diferența dintre blocurile din Simulink și SimHydraulics fiind faptul că până când blocurile din Simulink reprezintă blocuri matematice, acestea în SimHydraulics devin blocuri fizice, cu parametrii aferenți. Astfel folosirea programului SimHydraulics presupune cunoaștințe de bază de Simulink/Matlab.

Modelele de SimHydraulic au la rădăcină modelele Simscape, astfel trebuie adăugat la fiecare model câte un *Solver Configurator* bloc. Se pot construi modele *multidomain* conectând elemente mecanice, electrice și hidraulice.

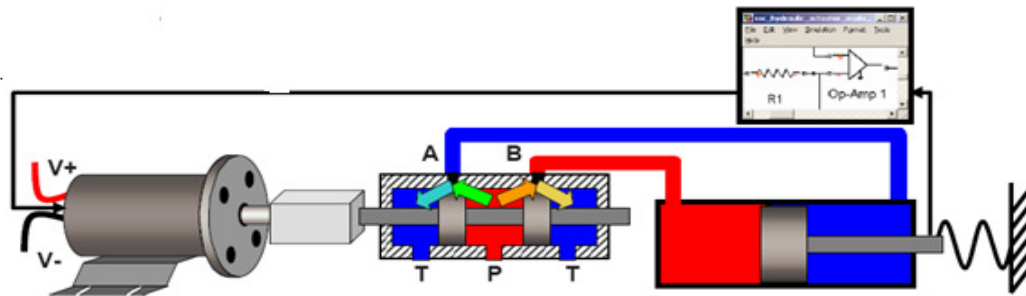


Figura 3 Modele multidomain

Pentru interconectarea diferitelor elemente se vor apela la convertoare de semnal *Simulink-PS converter* respectiv *PS-Simulink converter* din librăria Simscape.

Parametrii la blocul de conversie sunt în SI și au la bază metrul, kilogramul și secunda.

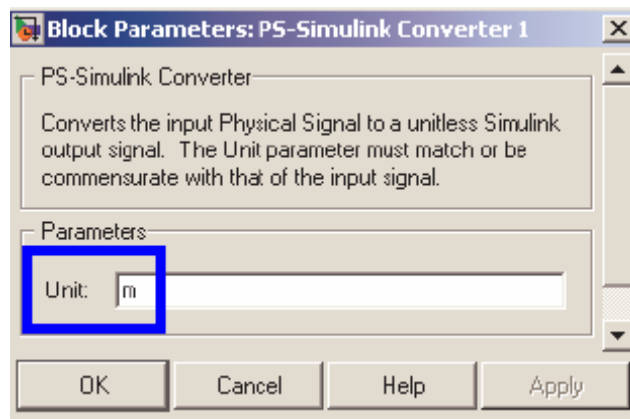


Figura 4 Proprietăți de la blocul de conversie

## SimHydraulics – introducere in modelarea sistemelor hidraulice

În acest capitol se vor prezenta elementele de bază a modelării sistemelor hidraulice.

### Introducerea blocurilor din cadrul librăriei SimHydraulics

Pe lângă elemente de la Simscape librăria din SimHydraulics include elemente specifice pentru modelarea sistemelor hidraulice care se pot conecta la elemente din Simscape. Astfel structura librăriei se regăsește astfel:

- Foundation library – Conține blocuri de bază pentru sisteme hidraulice, mecanice și fizice.
- SimHydraulics library – Conține elemente avansate hidraulice cum ar fi pompe, robinete, etc.
- Utiliti library – Conține elemente de bază pentru modelarea sistemelor fizice.

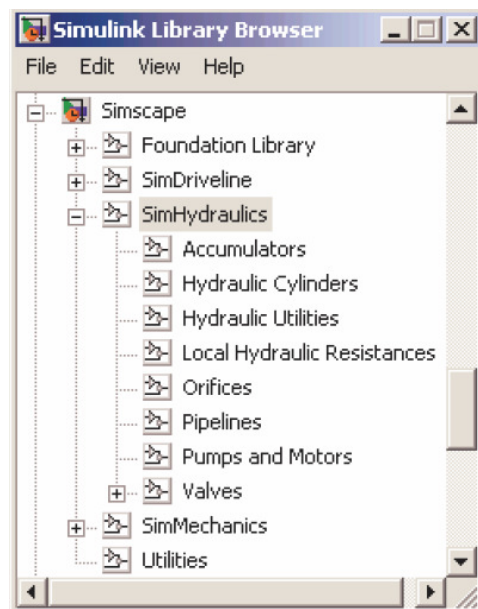


Figura 5 Structura de librării din SimHydraulics

Pentru a deschide librăria de SimHydraulics se poate introduce comanda `sh_lib` în Matlab.

Pe lângă combinarea elementelor din aceste librării se mai pot folosi și elementele din Simulink pentru modelarea și simularea sistemelor fizice.

## Reguli de bază pentru a crea un model

Regulile de bază de la crearea modelelor de SimHydraulics provin de la regulile de la Simscape. În următoarele puncte se vor sumariza aceste reguli:

- SimHydraulics în general permite folosirea punctelor de *Conservare* și semnalelor *Physical Signals* pentru intrare și ieșire.
- Există trei tipuri de porturi de *Conservare*: hidraulic, mecanică de translatare, mecanică de rotație. Fiecare port are o specifică variabilă *Through* și *Across*. (e.g. presiune și debit).
- Se pot interconecta numai porturi de conservare de aceeași tip.
- Porturile de conservare sunt bidirecționale și nu se pot conecta la linii de semnale din Simulink.
- Două puncte de conservare conectate între ele trebuie să aibă același caracteristică fizică.
- Se pot ramifica conexiunile fizice, însă mărimile fizice care trec prin secțiune respectivă vor fi împărțite conform structurii sistemului respectiv. (e.g. legea lui Ohm, suma curenților, etc)
- Se pot interconecta semnale între blocurile din Simscape și Simulink, însă trebuie apelat la un bloc de conversie (PS-Simulink sau Simulink-PS).
- În contrast cu Simulink, în acest caz semnalele au unități de măsură. Se pot folosi blocuri de conversie pentru a modifica unitățile respective.

În general este recomandat să se pornească de la modele simple, dezvoltarea făcând modular. În acest mod se poate asigura o păstrarea unei viziuni clare asupra modelului dezvoltat.

## Folosirea fluidelor speciale în modelare

Schimbarea fluidului în model va afecta parametrii globali în sistem. Parametrii respectivi intervin în ecuațiile de simulare din model. În cadrul programului se poate specifica două categorii de fluide:

- Blocuri predefinite *Hydraulic Fluid*: acestea conțin parametrii predefiniți pentru anumite de fluide standard precum benzină, motorină, ulei.
- Blocuri *Custom Hydraulic Fluid*: permite specificarea parametrilor de fluid din sistem: viscozitate, temperatură, densitate, procentul de aer prezent în fluid.

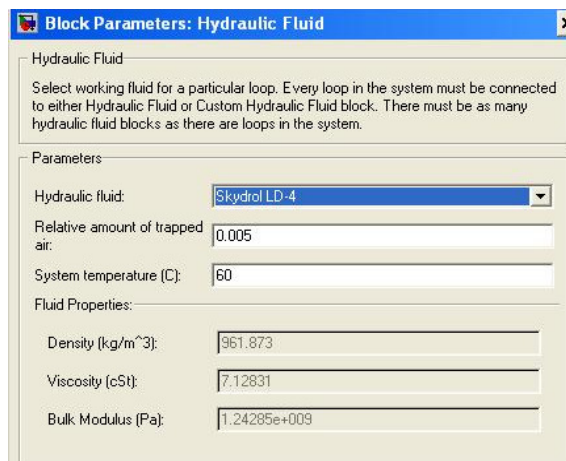


Figura 6 Parametrii pentru fluid din sistem

## SimHydraulics – Crearea unui simplu model

În această parte se va prezenta cum se poate crea un model simplu în SimHydraulics. Schema care va fi creată este prezentată pe Figura 7. Acesta conține un cilindru hidraulic care este controlat de un distribuitor. Cilindrul va pune în mișcare o masă cu legat la un resort și cu forța de frecare viscoasă.

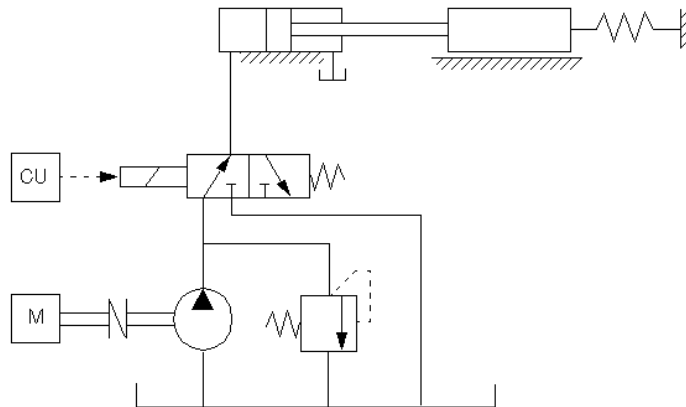


Figura 7 Schema sistemului hidraulic

Partea de putere a schemei este alcătuită dintr-un motor, o pompă hidraulică și supapă de purjare. Pompa este considerată destul de puternică pentru a conține o presiune constantă la valvă. Astfel va reprezentată pe diagramă cu o pompă idealizată.

Pentru a **crea modelul în Simulink** se vor urmări pașii:

1. Se deschid librăriile Simscape și Simulink
2. Se deschide un model nou din Simulink. File, New.
3. Din Simscape > Foundation Library > Hydraulic > Hydraulic Sensors and Sources se va alege un bloc Ideal Hydraulic Pressure Source, și se va plasa pe modelul nou.
4. Se alege din Simscape > SimHydraulics > Hydraulic Cylinders un Single-Acting Hydraulic Cylinder.
5. Pentru valvă se va alege din Simscape > SimHydraulics > Valves library o valvă 3-Way Directional Valve care se poate găsi în sublibrăria Directional Valves respectiv un 2-Position Valve Actuator din Valve Actuators.
6. Ieșirea T de la valvă este conectată la un tank la presiunea atmosferică. Pentru a modela acesta se va conecta ieșirea la o referință hidraulică de la Simscape > Foundation Library > Hydraulic > Hydraulic Elements. Se va conecta și ieșirea T de la sursa de presiune la referință. Se vor mai adăuga conexiunile conform figurii Figura 8.



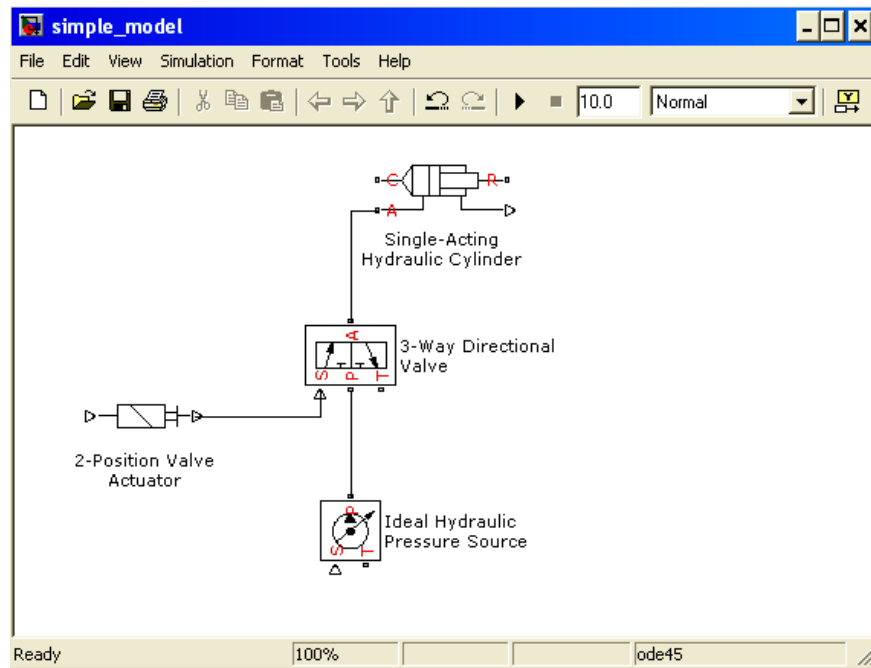


Figura 8 Sursa, valva, actuatorul și cilindrul

7. Pentru modelarea sarcinii mecanice se vor alege blocurile Mass, Translational Spring, Translational Damper, Mecanical Translational Reference din Open the Simscape > Foundation Library > Mecanical > Translational Elements library. Aceste elemente se vor conecta conform figurii Figura 9

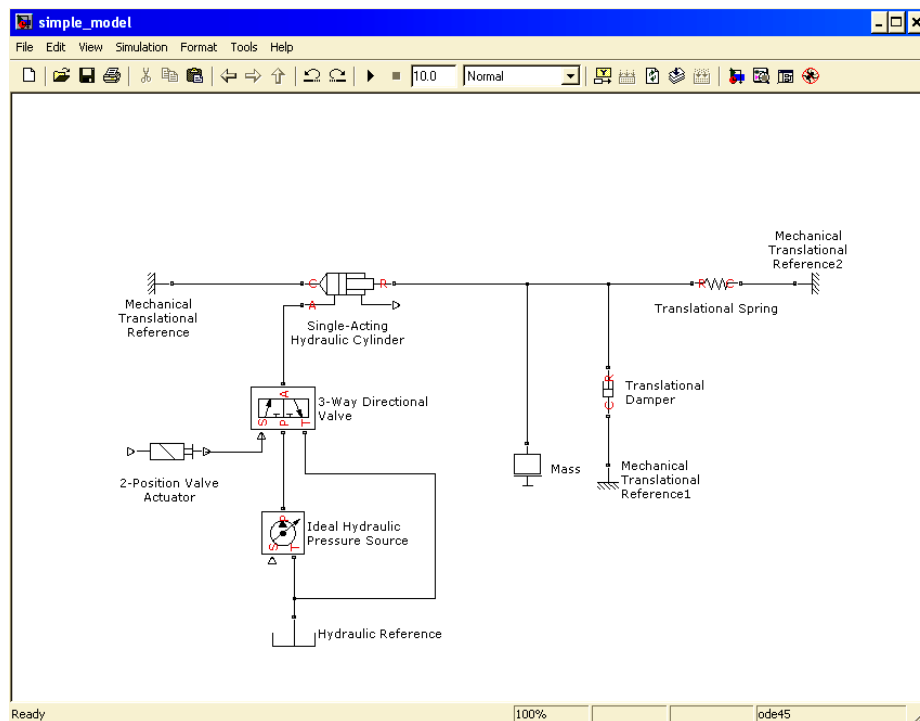


Figura 9 Elementele mecanice conectate la sistemul hidraulic

8. Pentru vizualizarea caracteristicilor se vor mai adăuga surse și Scope-uri din Simulink. Pentru interconectare va fi nevoie de blocuri de conversii de tip Simulink-PS și PS-Simulink. Fiecare model de tip Simscape are nevoie de un bloc *Solver Configuration*. Pe lângă acest bloc se va mai adăuga un *Hydraulic Fluid* bloc pentru a specifica parametrii fluidului din sistem. Legăturile se vor efectua conform figurii Figura 10.

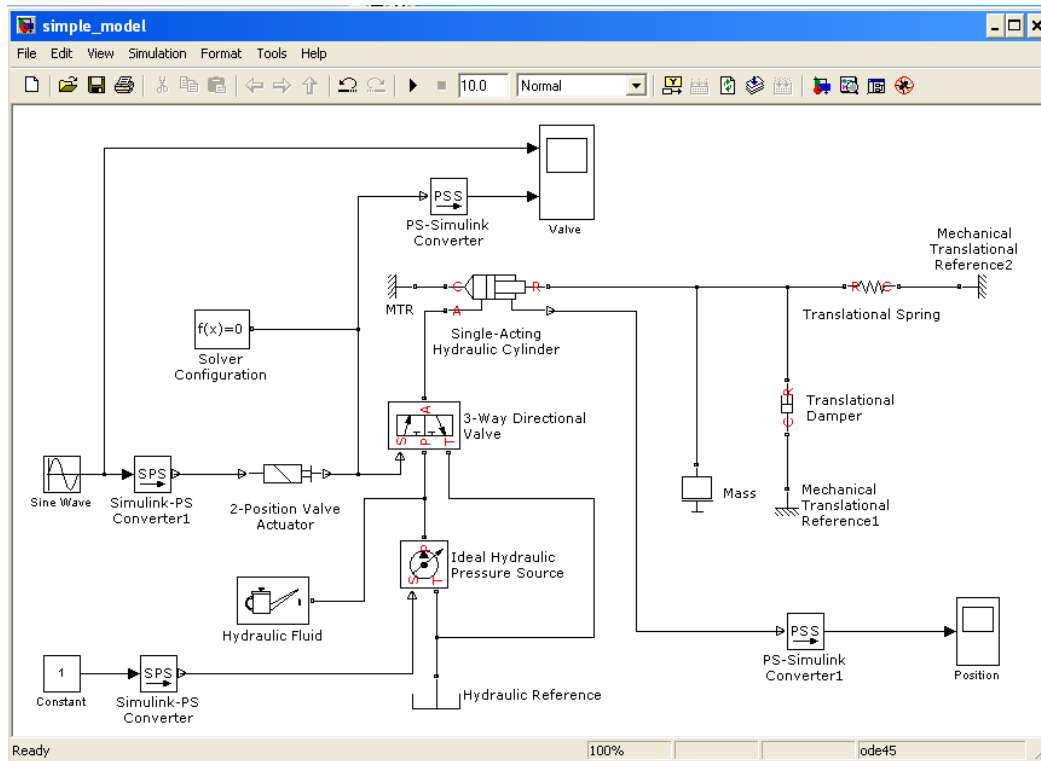


Figura 10 Intrări-ieșiri în sistem și blocuri de configurare

Pentru a **modifica parametrii inițiali** din sistem se vor urmări pașii:

1. Se va modifica parametrii din Simulation > Configuration Parameters(Ctrl+E) *Solver* la *ode15s* cu *Max step size* 0,2.
2. Pentru a selecta fluidul din sistem, se va apela la blocul Hydraulic Fluid. Se va selecta *Skydrol 5*, cu parametrul 0,002 la *Relative amount of trapped air*, și 40 la temperatură.
3. Pentru a specifica valoarea de intrare în pompa ideală se va schimba valoarea constantei la  $10e5$  respectiv la blocul de conversie după constantă se va opta pentru *Pa* ca și unitate de mărime.
4. Având în vedere că la actuatorul de valvă parametrul *Nominal Signal Value* este presetată la 24, se va seta amplitudinea din blocul de *sinus* la o valoare care este peste valoarea de 50% din valoarea presetată la valvă, e.g. 20.
5. Se vor seta parametrii la cilindru și valvă conform figurii Figura 11

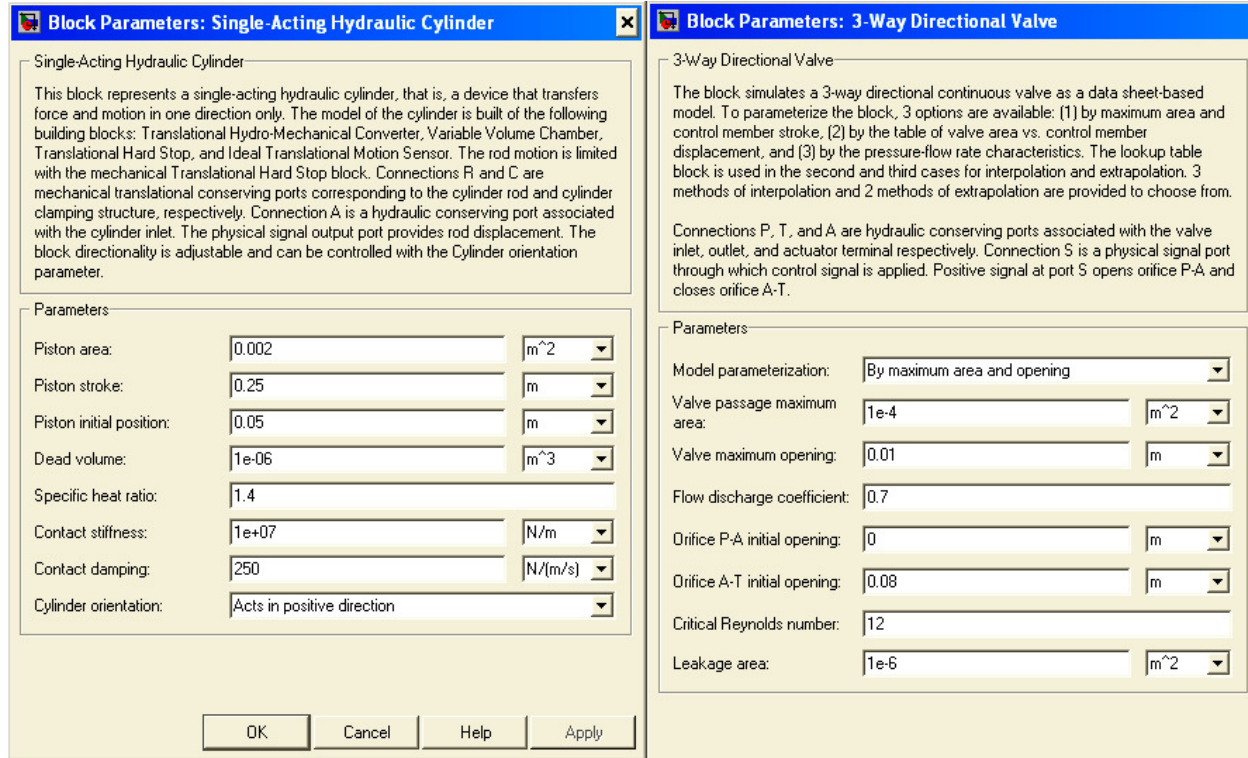


Figura 11 Parametrii la cilindru și valvă

6. Se va seta valoarea de la blocul de masă la 4,5 kg, coeficientul de amortizarea la 250 Ns/m, iar coeficientul de elasticitate de la resort la 6e3 N/s cu deformația inițială de 0,02m.
7. Se vor salva modificările din model.

Pentru a **simula** sistemul obținut se va apăsa Ctrl+T.

Să explicați următoarele:

- în funcție de ce se va obtura poziția de la valvă?
- La poziția de la cilindru: de ce va revenii cilindrul în poziția inițială?
- Se va modifica amplitudini de la semnalul de intrare sinusoidal la valoarea de 50. Ce se întâmplă la semnalul de la valvă și cilindru?
- Se va schimba constanta de elasticitate de la resort la valoarea de 12e3 N/m. Ce se întâmplă cu poziția cilindrului față de cazul precedent? Explicați.
- Se va opta pentru unitate de măsură în mm la convertorul de semnal de la poziția de la cilindru. Ce se observă la ieșirea de la Scope cu poziționar după simulare?

## SimHydraulics – modelarea și simularea unui sistem hidro-mecanic

Scopul acestui capitol este de a da un exemplu de simulare de la un sistem mai complex de la o aplicație de stivitor. Va fi tratată problema modelării sistemului hidraulic, modelul mecanic presupus deja existent.

### Crearea modelului de acționare hidraulic

Se va crea configurația de sistem de pe Figura 12 care va fi capabilă să acționeze sistemul mecanic de la excavator.

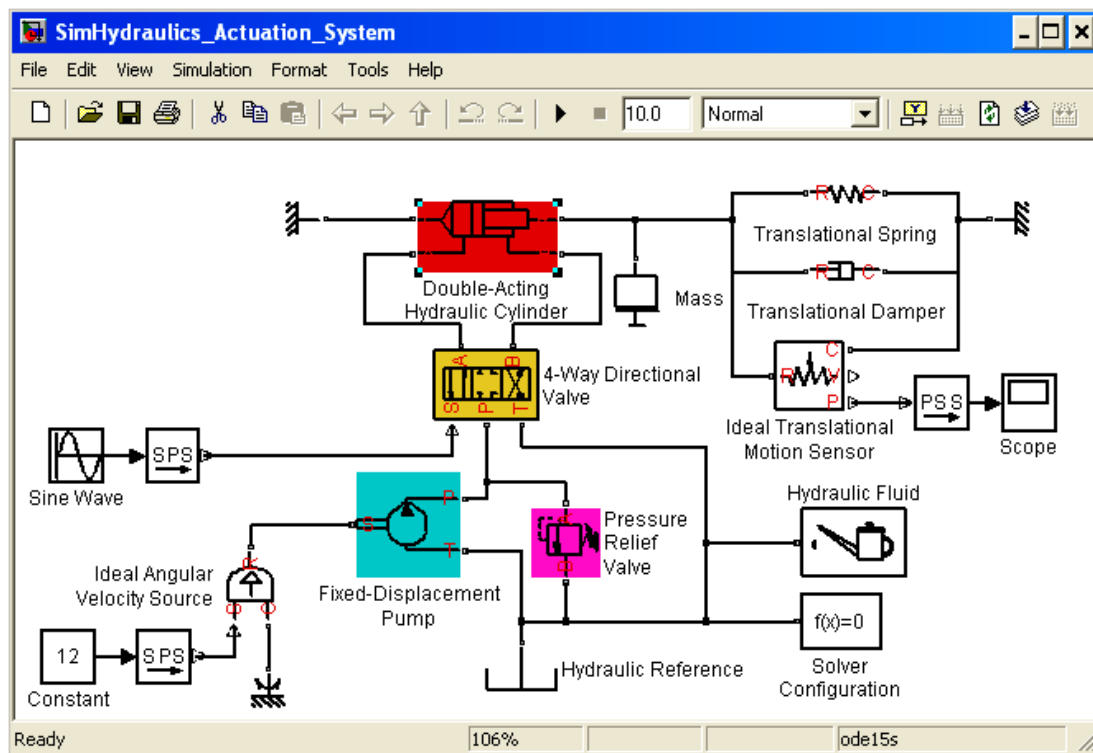


Figura 12 Sistemul hidraulic cu element de acționare ideal

Parametrii elementelor din sistem vor fi setate pe:

- Intrarea de sinus: amplitudine: 0,005, frecvență: 1
- Presiune nominală la pompă:  $1e+07$
- Valva de maxim: Value pressure:  $1e5$ , value regulation  $1e4$
- Cilindru: default
- Distribuitor: default
- Masa 1kg
- Coeficientul elastic: 1000
- Coeficientul de amortizare: 100
- Fluid: Skydrol DL4

Se va simula sistemul și se va interpreta rezultatul obținut.

### Simularea sistemului mecanic în circuit închis

Pentru acesta se va deschide modelul Wheel\_Loader\_Closed\_Loop și se va simula.

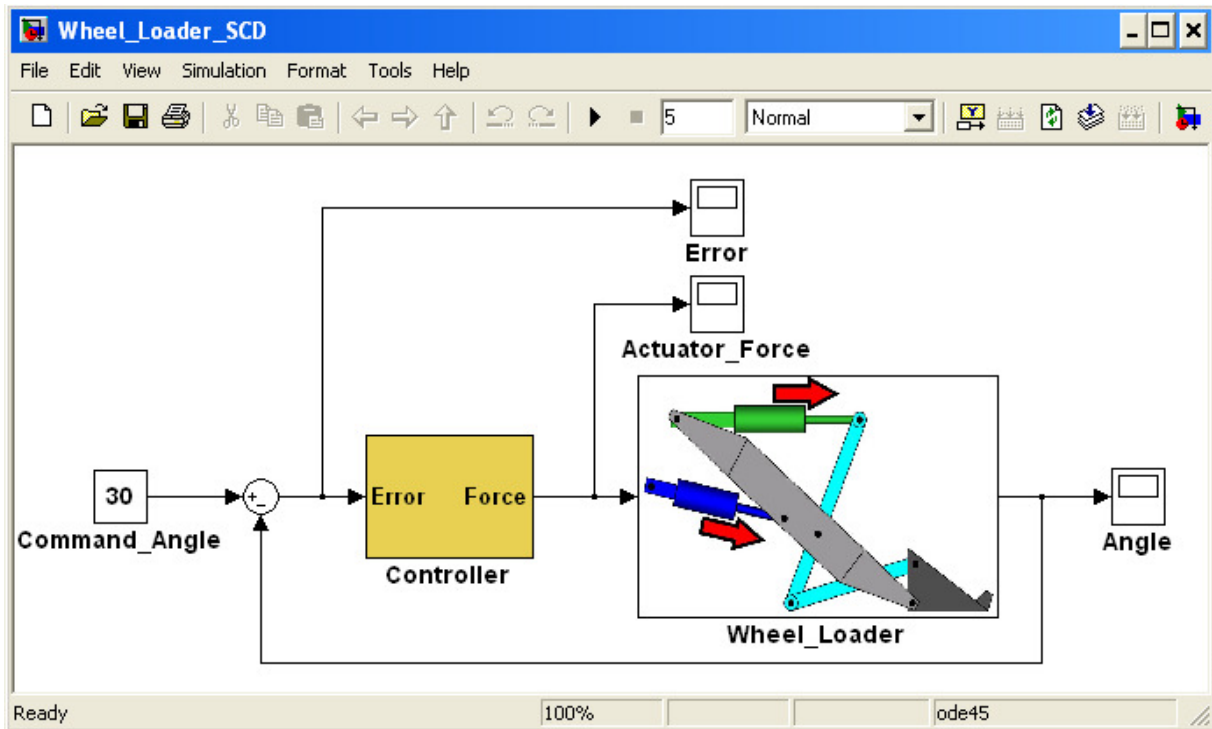


Figura 13 Schema de conexiune pentru sistemul mechnic în circuit închis

Întrebare:

- de ce se va deplasa în jos în primul moment escavatorul?

Se va studia partea mecanică a sistemul. Se vor observa intrările-ieșirile din sistem.

## Conectarea sistemului de acționare hidraulic la cel mecanic

În această parte vor fi interconectate sistemele. Se va copia într-un nou model sistemul hidraulic și sistemul hidraulic deja construit.

Parametrii de la sistemul hidraulic vor fi schimbate conform datelor de mai jos:

**Block Parameters: Double-Acting Hydraulic Cylinder 1**

Double-Acting Hydraulic Cylinder

This block represents a double-acting hydraulic cylinder. The model of the cylinder is built of the following building blocks: Translational Hydro-Mechanical Converter, Variable Volume Chamber, Translational Hard Stop, and Ideal Translational Motion Sensor. The rod motion is limited with the mechanical Translational Hard Stop block.

Connections R and C are mechanical translational conserving ports corresponding to the cylinder rod and cylinder clamping structure, respectively. Connections A and B are hydraulic conserving ports. Port A is connected to chamber A and port B is connected to chamber B. The block directionality is adjustable and can be controlled with the Cylinder orientation parameter.

Parameters

Piston area A:	0.0176	m <sup>2</sup>
Piston area B:	0.02	m <sup>2</sup>
Piston stroke:	0.8	m
Piston initial position:	0	m
Dead volume A:	1e-04	m <sup>3</sup>
Dead volume B:	1e-04	m <sup>3</sup>
Specific heat ratio:	1.4	
Contact stiffness:	1e+06	N/m
Contact damping:	150	N/(m/s)
Cylinder orientation:	Acts in negative direction	

**Block Parameters: 4-Way Directional Valve**

4-Way Directional Valve

The block simulates a 4-way directional continuous valve as a data sheet-based model. To parameterize the block, 3 options are available: (1) by maximum area and control member stroke, (2) by the table of valve area vs. control member displacement, and (3) by the pressure-flow rate characteristics. The lookup table block is used in the second and third cases for interpolation and extrapolation. 3 methods of interpolation and 2 methods of extrapolation are provided to choose from.

Connections P, T, A, and B are hydraulic conserving ports associated with the valve inlet, outlet, and actuator terminals respectively. Connection S is a physical signal port through which control signal is applied. Positive signal at port S opens orifices P-A and B-T and closes orifices P-B and A-T.

Parameters

Model parameterization:	By maximum area and opening	
Valve passage maximum area:	200	mm <sup>2</sup>
Valve maximum opening:	0.015	m
Flow discharge coefficient:	0.7	
Orifice P-A initial opening:	-0.001	m
Orifice P-B initial opening:	-0.001	m
Orifice A-T initial opening:	-0.001	m
Orifice B-T initial opening:	-0.001	m
Critical Reynolds number:	12	
Leakage area:	1e-12	m <sup>2</sup>

Figura 14 Parametri pentru cilindru și distribuitor

- Valva de maxim: Value pressure: 19700e3, value regulation 19700e2
- Saturația: -0.015,+0.015
- Intrarea de sinus: amplitudine: 1 , frecvență: 1.4\*pi
- Solver: relative tolerance 1e-8

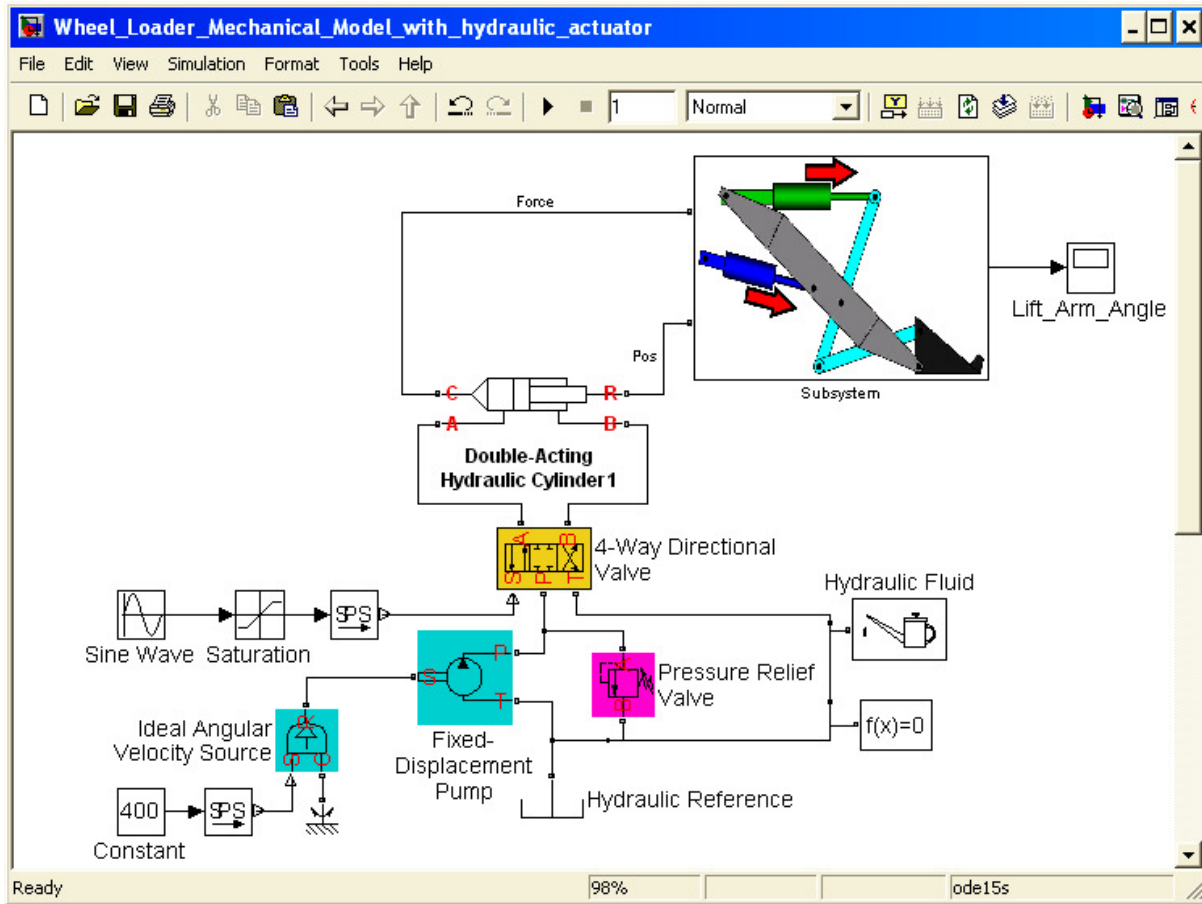


Figura 15 Conectarea sistemului de acționare hidraulic la sistemul mecanic

După setarea parametrilor se vor interconecta cele două sisteme conform figurii Figura 15

Se va observa comportarea sistemului. Se vor vizualiza osciloscopul din modelul mecanic.

## Referințe

[www.mathworks.com](http://www.mathworks.com)