Széchenyi István Egyetem
Gépészmérnöki, Informatikai és Villamosmérnöki Kar
Informatika Tanszék

BEADANDÓ FELADAT KIBERFIZIKAI RENDSZEREK C. TÁRGYBÓL

Szimuláció készítése Scilab segítségével

Ihász Viktor
Mérnökinformatikus BSc

Tartalomjegyzék

1. Feladatleírás

Adott egy rendszer komplex frekvencia-tartománybeli átviteli függvénye. A függvényből a megfelelő matematikai műveletek segítségével meg kell határozni a rendszer állapottér modelljét. Végül, a kapott állapottér modellt le kell szimulálni a Scilab nevezetű szimulációs eszközzel és kiértékelni a kapott eredményeket. A rendszert egy egységugrás táplálja.

2. Bevezető

A kiosztott feladatban kapott átviteli függvényem:

$$W(p) = \frac{-p^2 - 0{,}4}{0{,}06p(p+6)^2}$$

Először a kapott függvényt megfelelő formára kell alakítani, hogy valamely tanult módszerrel a rendszer állapottér modellje meghatározható legyen belőle.

A kapott függvény megfelelő formára történő átalakítását követően elvégzem a szükséges matematikai műveleteket, pl. Z(p) segéd függvénnyel való szorzást, Inverz-Laplace transzformációt.

Miután megkaptam a differenciál-egyenleteket, azt követően felírom az állapot változókat, majd az állapot-egyenleteket és felírom azokat mátrixos formába.

A végén az alábbi formában kapok egy fő-egyenletet és egy kimeneti egyenletet:

$$\dot{x} = Ax + Bu$$
$$y = Cx + Du$$

Végezetül a szimulációt összeállítom és lefuttatom Scilabban.

3. Állapotegyenletek levezetése

Adott az alábbi rendszer átviteli függvény:

$$W(p) = \frac{-p^2 - 0{,}4}{0{,}06p(p+6)^2}$$

Ebben a formában az egyik tanult módszerrel sem lehet meghatározni az állapottér-egyenleteket, ezért előbb át kell alakítani.

A nevezőben található négyzetes szorzat elvégzését követően az alábbi formát kapjuk:

$$W(p) = \frac{-p^2 - 0{,}4}{0{,}06p * (p^2 + 12p + 36)}$$

Ezt követően a nevezőben lévő szorzás műveleteket elvégzem, majd megkapom az átviteli függvény végső formáját:

$$W(p) = \frac{-p^2 - 0{,}4}{0{,}06p^3 + 0{,}72p^2 + 2{,}16p}$$

A számlálóban található polinom miatt szükség lesz a Z(p) segédfüggvény bevezetésére:

$$\frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{-p^2 - 0{,}4}{0{,}06p^3 + 0{,}72p^2 + 2{,}16p} * \frac{Z(p)}{Z(p)}$$

Elvégzem a Z(p)-vel való szorzást:

$$\frac{Y(p)}{U(p)} = \frac{-p^2 Z(p) - 0{,}4Z(p)}{0{,}06p^3 Z(p) + 0{,}72p^2 Z(p) + 2{,}16pZ(p)}$$

A következő lépés a tanult módszerek alapján a kimeneti és bemeneti egyenletek felírása:

$$Y(p) = -p^2 Z(p) - 0{,}4Z(p)$$

$$U(p) = 0{,}06p^3 Z(p) + 0{,}72p^2 Z(p) + 2{,}16pZ(p)$$

A kimeneti és bemeneti egyenletek felírását követően, elvégzem az inverz-Laplace transzformációt a kapott egyenleteken:

$$-\ddot{z} - 0{,}4z = y$$

$$0{,}06\dddot{z} + 0{,}72\ddot{z} + 2{,}16\dot{z} = u$$

A rendszer állapot-változóit meghatározom a kapott kimeneti és bemeneti egyenletekből:

$$x_1 = z$$

$$x_2 = \dot{z}$$

$$x_3 = \ddot{z}$$

Ezek után az állapot egyenleteket felírom. A bemeneti egyenletből megkapjuk az x_3 deriváltját:

$$\dot{x}_1 = \dot{z} = x_2$$

$$\dot{x}_2 = \ddot{z} = x_3$$

Bemeneti egyenlet:

$$0{,}06\dot{x}_3 + 0{,}72x_3 + 2{,}16x_2 = u$$

Rendezve a bemeneti egyenletet:

$$\dot{x}_3 = -\frac{2{,}16}{0{,}06}x_2 - \frac{0{,}72}{0{,}06}x_3 + \frac{1}{0{,}06}u$$

Kimeneti egyenlet:

$$y = -x_3 - 0{,}4x_1$$

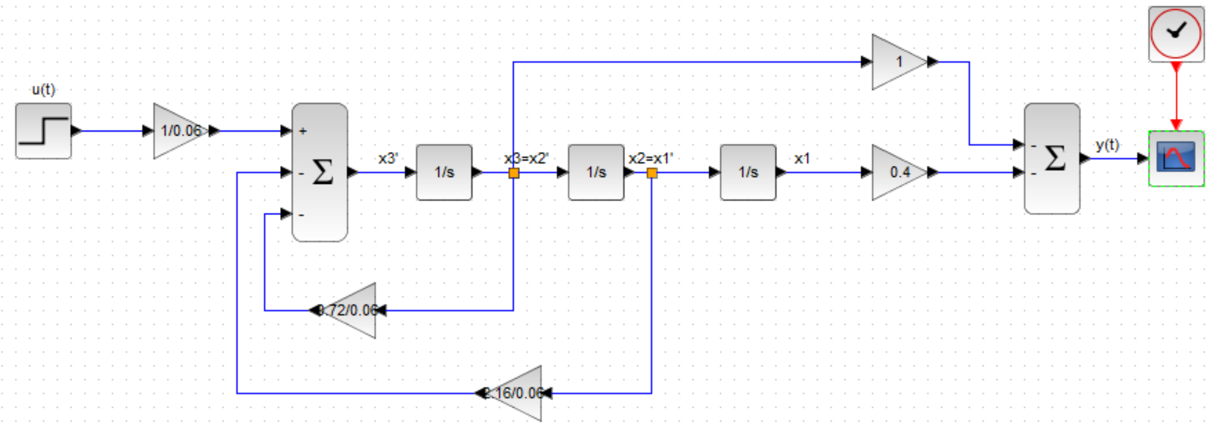
A kimeneti és bemeneti egyenletek alapján felírom a mátrixos formát:

$$\begin{bmatrix} \dot{x}_1 \\ \dot{x}_2 \\ \dot{x}_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -\frac{2{,}16}{0{,}06} & -\frac{0{,}72}{0{,}06} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ \frac{1}{0{,}06} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} u_1 \\ u_2 \\ u_3 \end{bmatrix}$$

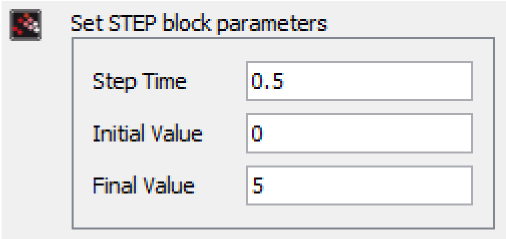
$$y = \begin{bmatrix} -0{,}4 & 0 & -1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} + [0] * u$$

4. Scilab modell megvalósítása

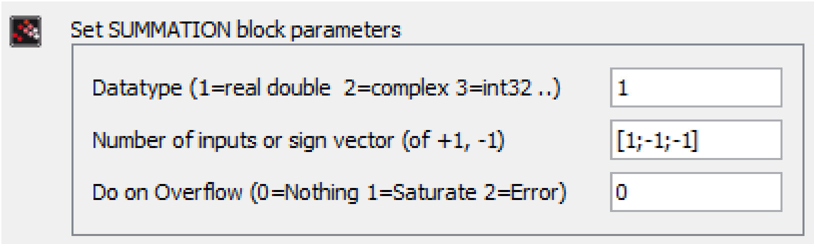
Az állapottér egyenletek alapján összeállítom a szimulációs modellt a Scilabban az alábbiak szerint:



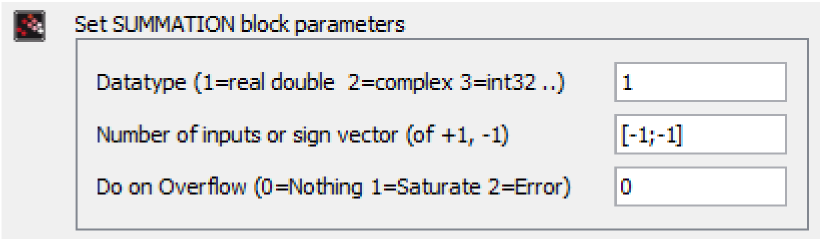
A bemeneti gerjesztő jel egy egységugrás jel, melynek végértéke 5, felfutási ideje 0,5 másodperc.



Az első összegző blokknak 3 bemenete van, egy pozitív és kettő negatív.

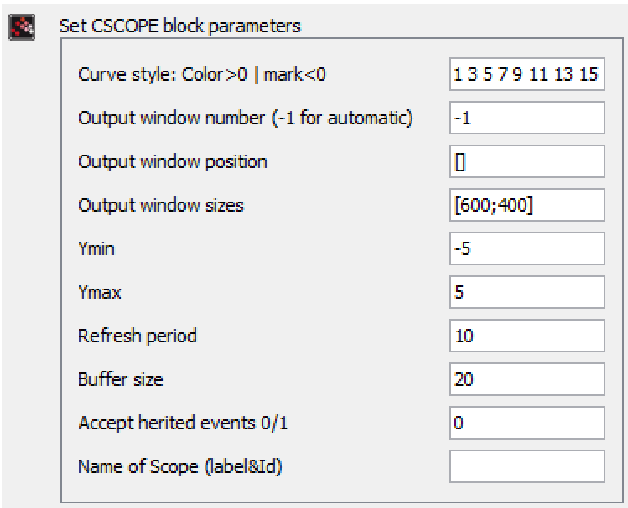


A második összegző blokknak kettő negatív bemenete van.

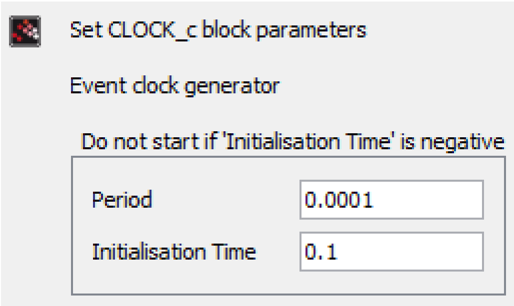


A két összegző blokkban a nullával szorzott ágak nem kerültek bekötésre.

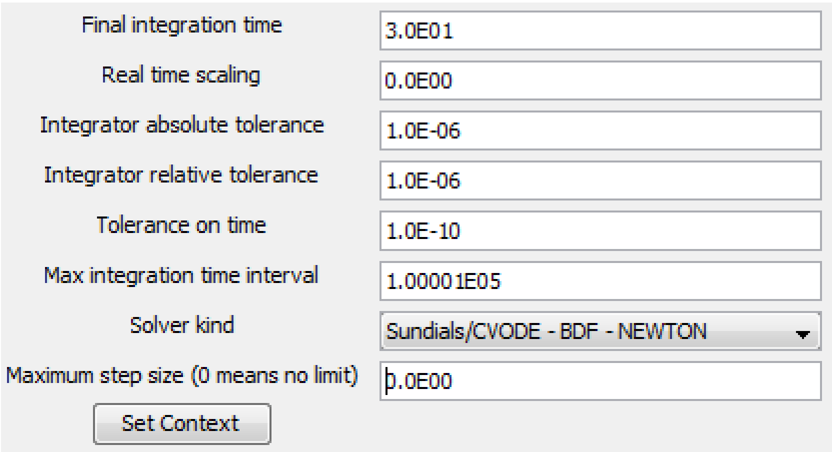
A következő lépés a grafikon paramétereinek beállítása. Az X tengely nagyságát 10-re, míg az Y tengely határait -5 és 5 értékre állítottam.



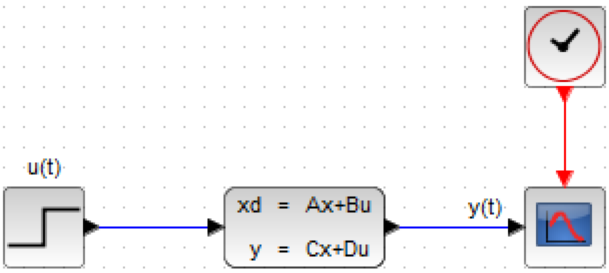
Az időzítő paraméter beállításainál a kezdő időt változatlanul hagyom, míg az időzítőt 0,1 ms-ra állítom.



Végül a szimulációs idő beállításait az alábbi ábra mutatja:



A hagyományos szimulációs modell mellett összeállítottam az egyszerűsített szimulációs modellt is, az alábbiak szerint:



Az összetett szimuláció paraméterezései ugyanúgy kerültek beállításra, mint a hagyományos szimulációnál:

Set STEP block parameters

Step Time	0.5
Initial Value	0
Final Value	5

Set CSCOPE block parameters

Curve style: Color>0 | mark<0	1 3 5 7 9 11 13 15
Output window number (-1 for automatic)	-1
Output window position	[]
Output window sizes	[600;400]
Ymin	-5
Ymax	5
Refresh period	10
Buffer size	20
Accept herited events 0/1	0
Name of Scope (label&Id)	

Set CLOCK_c block parameters

Event clock generator

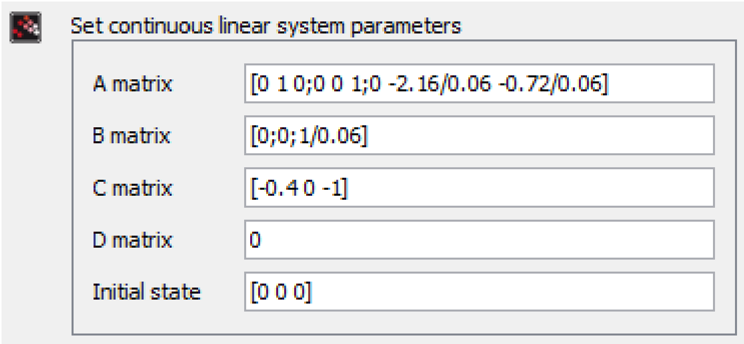
Do not start if 'Initialisation Time' is negative

Period	0.0001
Initialisation Time	0.1

Final integration time	3.0E01
Real time scaling	0.0E00
Integrator absolute tolerance	1.0E-06
Integrator relative tolerance	1.0E-06
Tolerance on time	1.0E-10
Max integration time interval	1.00001E05
Solver kind	Sundials/CVODE - BDF - NEWTON
Maximum step size (0 means no limit)	0.0E00

Set Context

A kész állapottér doboz paraméterezéseit az alábbi ábra szerint állítottam be:

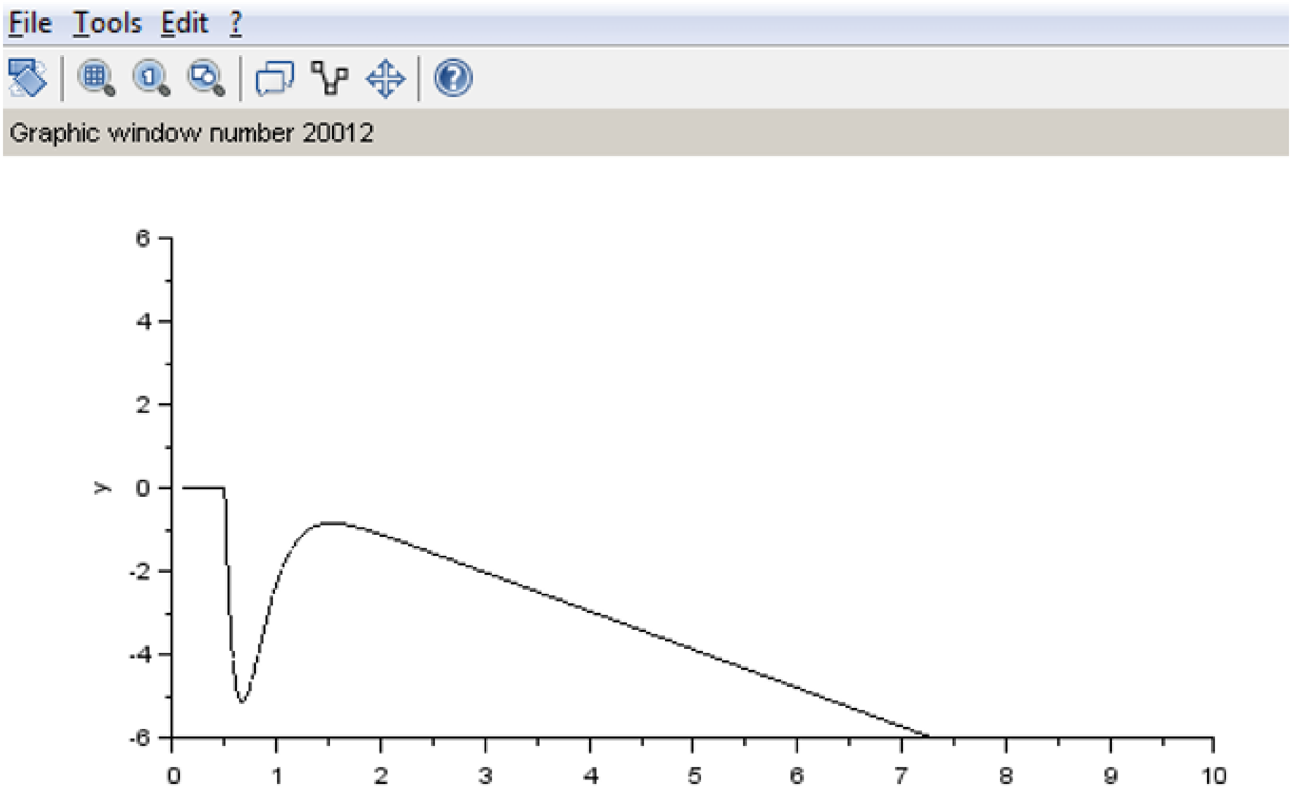


A szimulációk paraméterezését követően lefuttatom a modelleket és kiértékelem.

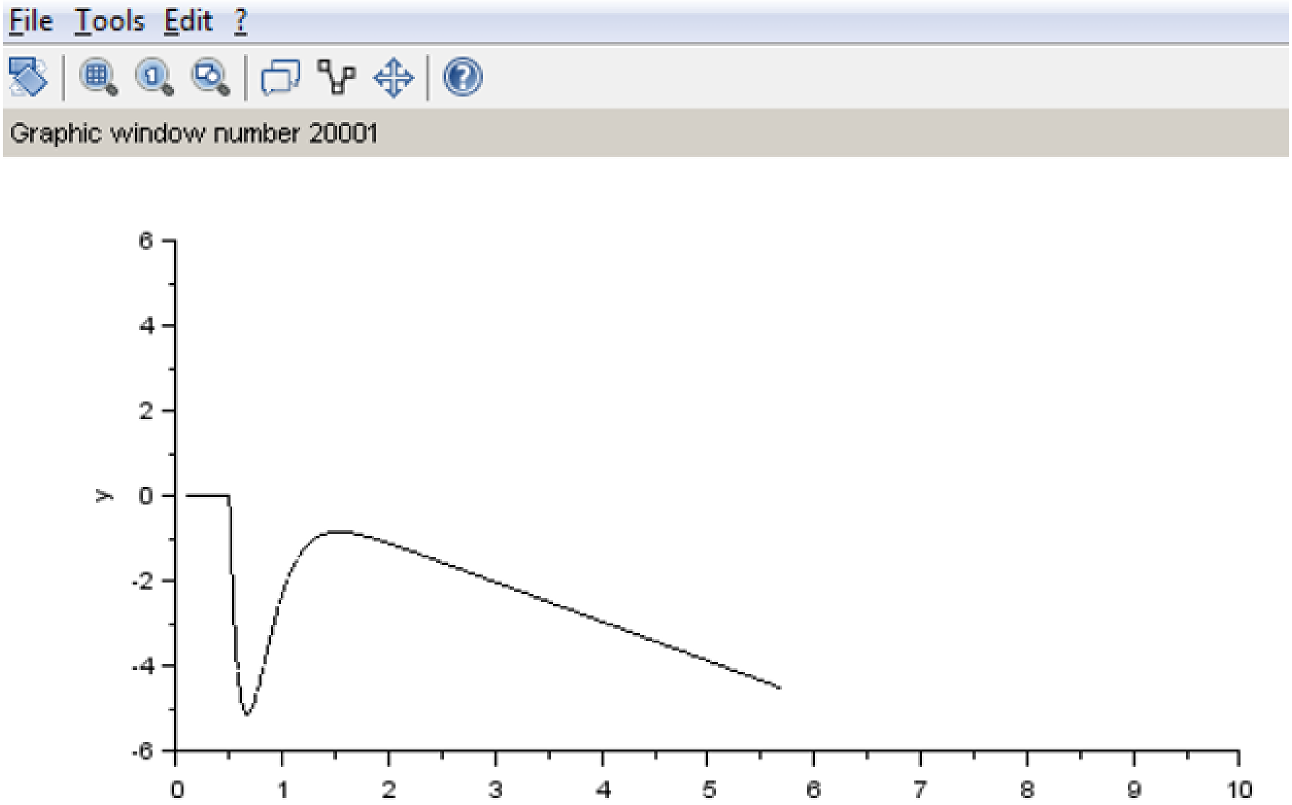
5. Kapott eredmények bemutatása

Mindkét szimuláció esetében ugyanazt az ábrát kapom.

Hagyományos szimuláció:



Egyszerűsített szimuláció:



A rendszer 0,5 másodpercnél kezd el futni a gerjesztő jel hatására a negatív tartományban körülbelül mínusz 5-ig. Ezt követően elkezd felfutni mínusz 1-ig, végül pedig egy lassabb lecsengés követi egészen 0-ig.