Miskolci Egyetem
Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézet

Tanév: 2019/2020. tanév I. félév
Szak: Villamosmérnöki MSc

Villamos modellezés és szimuláció (GEVEE225M) tárgy ütemterve nappali tagozatos MSc hallgatók részére

Hét	Előadás	Gyakorlat
1. (37.)	Tantárgy feltételrendszerének ismertetése. Szakirodalom bemutatás	Bevezetés a tantárgy alapjaiba. Rendszer- és paraméter-identifikáció
2. (38.)	Villamos és mechanikai paraméterek analógiája. Rezgő áramkör matematikai modellezése és tárgyalása Laplace-transzformációval.	Műveleti erősítős modellek. harmonikus rezgés differenciál egyenletének műveleti erősítős megvalósítása.
3. (39.)	Numerikus módszerek alkalmazása a differenciál egyenletek számítógépes megoldására	Grafikus programozás a rezgőrendszer modellezésére különböző szoftverekkel.
4. (40.)	Soros RLC áramkör tárgyalása a matematikai modell alapján és tömbvázlata. Időállandók	Külső gerjesztésű egyenáramú motor matematikai moidellje és tömbvázlata. Időállandók.
5. (41.)	LC áramkör és külső gerjesztésű egyenáramú motor analógiája.	Terhelő gépek nyomatékának matematikai modellezése.
6. (42.)	Soft computing módszerek: fuzzy-logika	Neurális hálózatok, neuro-fuzzy
7. (43.)	Villamosan forgó mágneses mező matematikai leírása	1. zh
8. (44.)	Aszinkron motor villamos modellje	Aszinkron gép nyomatéka vektoriálisan. Tömbvázlat
9. (45.)	Szinkrongép matematikai modellje. Tömbvázlat.	Egyszerű háromfázisú feszültség inverter matematikai modellje.
10. (46.)	Számítógépes labormunka egyéni feladat kidolgozásához	
11. (47.)	Számítógépes labormunka egyéni feladat kidolgozásához	
12. (48.)	Számítógépes labormunka egyéni feladat kidolgozásához	
13. (49.)	Egyéni feladatok bemutatása	
14.(50.)	Egyéni feladatok bemutatása, pótlások	

- **Ajánlott irodalom:**

    - Csáki-Ganszky-Ipsics-Martin, Teljesítményelektronika, ET O :62I .3 I 6.1 28
    - K. Heumann, A teljesítményelektronika alapjai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
    - Muhamad H. Rashid, Power Electronics, ISBN 0-13-33-4483-5
    - Ferenczi Ödön, Teljesítményszabályozó áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, Budapest,
    - Halász S.- Hunyár M.- Schmidt I., Automatizált Villamos Hajtások I, Tankönykiadó
    - Dr. Rajki Imre, Törpe és automatikai villamos gépek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest

- **A tárgy lezárásának módja:**

  Aláírás és gyakorlati jegy

- **Az aláírás megszerzésének feltétele:**

  Órákon való részvétel, egyéni feladat sikeres megoldása

- **Gyakorlati jegy megszerzése:**

  Zárthelyi dolgozat sikeres megírása (legalább 50%) és az egyéni feladat sikeres megírása (legalább 50%). A sikertelen zárthelyi dolgozat az utolsó héten pótolható, az egyéni feladat bemutatására legkésőbb a szorgalmi időszak utolsó napján van lehetőség.

Miskolc, 2019. 09. 06.

Dr. Siménfalvi Zoltán	**Erdősy Dániel**
egyetemi docens, dékán	tanársegéd
Gépészmérnöki és Informatikai Kar	

Miskolci Egyetem
Gépészmérnöki és Informatikai Kar
Elektrotechnikai és Elektronikai Intézet

Tanév: 2019/2020. tanév I. félév
Szak: Villamosmérnöki MSc

Villamos modellezés és szimuláció (GEVEE225ML) tárgy ütemterve levelező tagozatos MSc hallgatók részére

Alkalom	Előadás
1.	Tantárgy feltételrendszerének ismertetése. Villamos és mechanikai paraméterek analógiája. Rezgő áramkör matematikai modellezése és tárgyalása Laplace-transzformációval.
2.	Numerikus módszerek alkalmazása a differenciál egyenletek számítógépes megoldására. Soros RLC áramkör tárgyalása a matematikai modell alapján és tömbvázlata. Időállandók
3.	LC áramkör és külső gerjesztésű egyenáramú motor analógiája. Soft computing módszerek: fuzzy-logika. Villamosan forgó mágneses mező matematikai leírása
4.	Zárthelyi dolgozat Neurális hálózatok, neuro-fuzzy. Gyakorlati feladatok

- **Ajánlott irodalom:**
  - Csáki-Ganszky-Ipsics-Martin, Teljesítményelektronika, ET O :62I .3 I 6.1 28
  - K. Heumann, A teljesítményelektronika alapjai, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
  - Muhamad H. Rashid, Power Electronics, ISBN 0-13-33-4483-5
  - Ferenczi Ödön, Teljesítményszabályozó áramkörök, Műszaki Könyvkiadó, Budapest,
  - Halász S.- Hunyár M.- Schmidt I., Automatizált Villamos Hajtások I, Tankönykiadó
  - Dr. Rajki Imre, Törpe és automatikai villamos gépek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- **A tárgy lezárásának módja:**

  Gyakorlati jegy
- **Gyakorlati jegy megszerzése:**

  Zárthelyi dolgozat sikeres megírása (legalább 50%) és a gyakorlati feladat sikere steljesítése.

Miskolc, 2019. 09. 06.

Dr. Siménfalvi Zoltán
egyetemi docens, dékán
Gépészmérnöki és Informatikai Kar

Erdősy Dániel
tanársegéd

Minta zárthelyi dolgozat

1. Soft computing módszerek

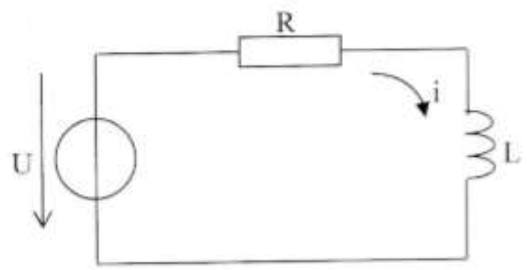
Megoldás

1. Bevezetés

A hagyományos számítási módszerek (hard computing), amelyeket a fizikai modellek matematikai leírására alkalmaznak komoly elméleti és szakmai ismeretket igényelnek:

- ismerni kell a rendszer fizikai felépítését,
- tudni kell a rendszer elemeit leíró matematikai összefüggéseket,
- amelyek többnyire differenciál egyenletek,
- meg kell oldani a kapott több ismeretlenes differenciál egyenletrendszereket,
- amelyek nem mindig lineárisak, stb.

A végén viszont mondhatni, hogy kapunk egy összefüggést, amely kapcsolatot teremt a bemenet és a kimenet között. Tekintsünk egy egyszerű példát a soros R-L áramkört, amelyre ideális feszültséggenerátort kapcsolunk:



1. ábra. A fojtótekercs áramköri modellje

A Kirchhoff-hurok törvényét felírva kapjuk, hogy

$$Ri + L\frac{di}{dt} = U, \tag{1}$$

amelynek a Laplace-transzformáltja

$$RI(s) + LsI(s) = \frac{U}{s}. \tag{2}$$

Ebből kifejezzük az áramot

$$I(s) = \frac{U}{s}\frac{1}{R+sL} = \frac{U}{L}\cdot\frac{1}{s\left(s+\frac{R}{L}\right)}. \tag{3}$$

Az

$$Y(s) = \frac{U(s)}{I(s)} = \frac{1}{sL+R} \tag{4}$$

függvényt átviteli függvénynek nevezzük.

Az áram Laplace-transzformáltját egyszerű törtekre bontjuk

$$I(s) = \frac{A}{s} + \frac{B}{s+\frac{R}{L}}, \tag{5}$$

amelyben az A és B paramétereket a következőképpen határozzuk meg:

$$A = s\cdot I(s)\big|_{s=0} = \frac{U}{L}\cdot\frac{1}{\frac{R}{L}} = \frac{U}{R}, \tag{6}$$

és

$$B = \left(s+\frac{R}{L}\right)\cdot I(s)\big|_{s=-\frac{R}{L}} = \frac{U}{L}\cdot\frac{1}{-\frac{R}{L}} = -\frac{U}{R}. \tag{7}$$

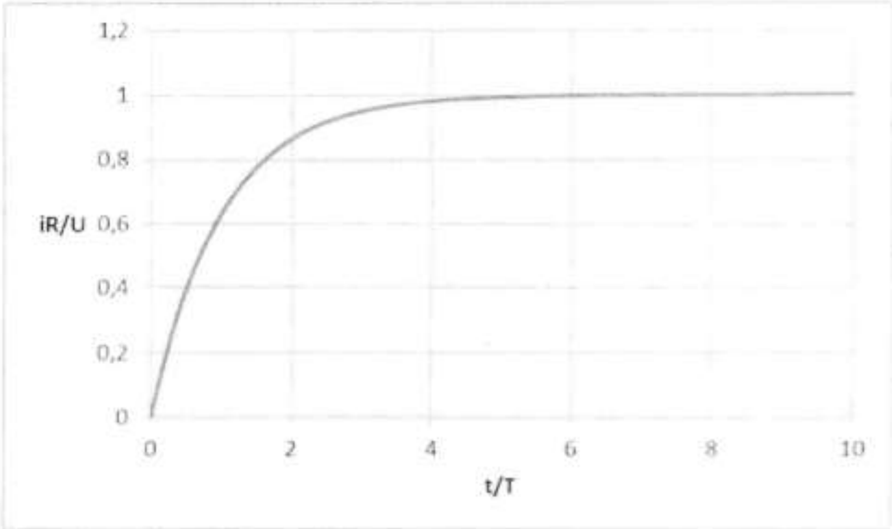
Behelyettesítve a (4) képletbe kapjuk, hogy

$$I(s) = \frac{U}{R}\left(\frac{1}{s} - \frac{1}{s+T}\right), \quad T = \frac{L}{R} \tag{8}$$

Visszatranszformálva az időtartományba megkapjuk az áram átmeneti függvényét:

$$i(t) = \frac{U}{R}\left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right), \quad T = \frac{L}{R} \tag{9}$$

Ezt normalizált alakban ábrázolva a következőt kapjuk:



2. ábra. Soros R-L áramkör áramának átmeneti függvénye

Az eredmény egy adatsor, amely táblázatosan is megadható:

1. táblázat. Bementi és kimeneti adatsor

t/T	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	5,5	6
iR/U	0	0,39	0,63	0,77	0,86	0,92	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	≅ 1	≅ 1

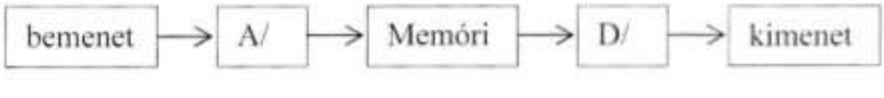
t/T=bement, iR/U=kimenet

Felmerül néhány kérdés:

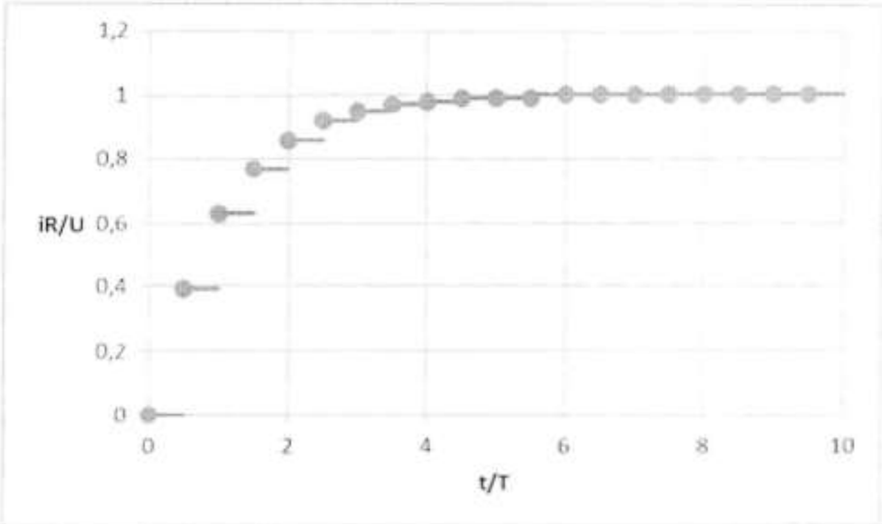
1. Minden esetben szükséges-e nekünk tudni a rendszer matematikai leírását vagy elegendő csak annyit tudni, hogy adott bemenetre mi a kimenet (és ez méréssel meghatározható) ?

2. Egyszerű digitális vezérlőbe, mikrokontrollerbe bonyolult beprogramozni a függvényt. Könnyebb táblázatosan beírni egy memóriába a kimenetnek a bemenetre adott válaszértékeket (look-up table).

3. Mit fog ez eredményezni?



3. ábra. A táblázatos függvény megadásának tömbvázlata



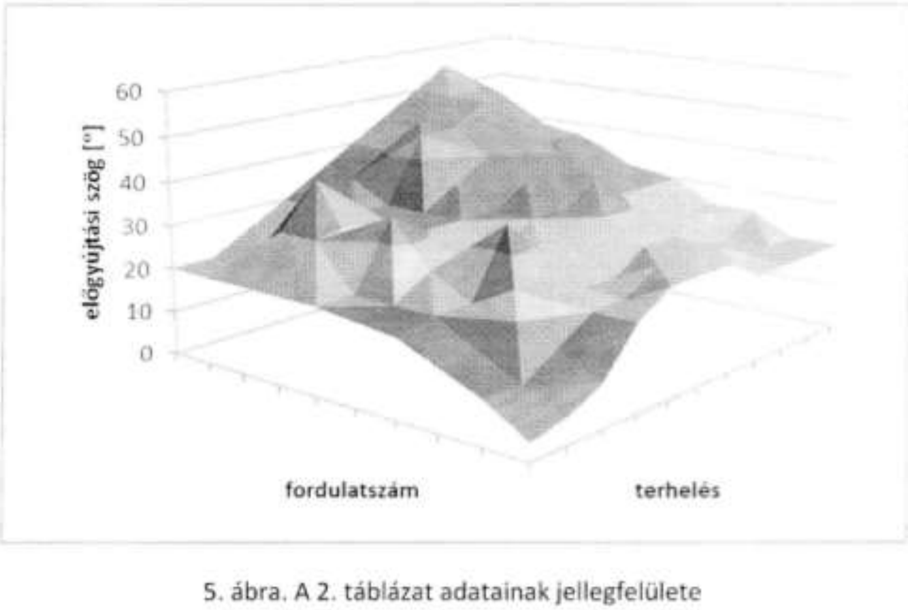
4. ábra. Az 1. táblázatban adott függvény grafikonja a 3. ábra tömbvázlata szerint - bekapcsolásra

A digitalizálás következtében a folytonos időfüggvényből diszkrét jeleket kapunk. A felbontás növelésével az ugrások mértéke csökkenthető és alkalmazás fogja eldönteni, hogy hány bites átalakítóra és mekkora memóriára van szükség. A bitszám növelése lassítja a rendszert, de még mindig gyorsabb lesz, mintha a matematikai műveleteket végeznénk el.

Ugyanakkor vannak olyan bonyolult rendszerek, amelyek nem írhatók le matematikailag. A belsőégésű motor előgyújtásának számolására tudomásom szerint nincs képlet. A gyakorlatból vett hozzávetőleges értékkel megtervezik a motort, legyártják, majd tesztpadon kimérik az optimális értékeket és táblázatosan megadják, hogy adott fordulatszámhoz és adott terheléshez, mekkora előgyújtási szög tartozik, majd ezt módosítják a motor hőmérsékletének, a levegő hőmérsékletének, esetleg nyomásának, a kopogás jelenség bekövetkeztének, a kipörgésgátló visszajelzése, stb. függvényében. Az így kapott vezérlést próbautakon tesztelik, majd módosítják, ha szükséges. Végül is a „chip-tuning" alapja.

2. táblázat. Tetszőleges példa az adatok táblázatos megadásra

előgyújtási szög [?]	fordulatszám [1/min]									
terhelés [%]	500	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000
0	4	10	14	18	19	20	20	20	20	20
10	6	10	15	20	20	20	30	30	20	20
20	10	15	25	20	25	35	25	40	25	25
30	20	20	25	35	25	30	30	30	30	30
40	25	20	20	25	25	30	30	30	35	35
50	25	25	20	25	30	30	35	45	40	40
60	25	25	25	30	30	35	40	45	45	45
70	20	25	25	30	35	40	45	50	50	50
80	20	20	20	25	30	35	40	45	50	55
90	20	20	20	25	30	35	40	40	45	50
100	20	20	25	25	30	30	35	35	40	45



5. ábra. A 2. táblázat adatainak jellegfelülete

További kérdés, hogyan lehetne folytonossá tenni a diszkrét kimeneti jeleket?

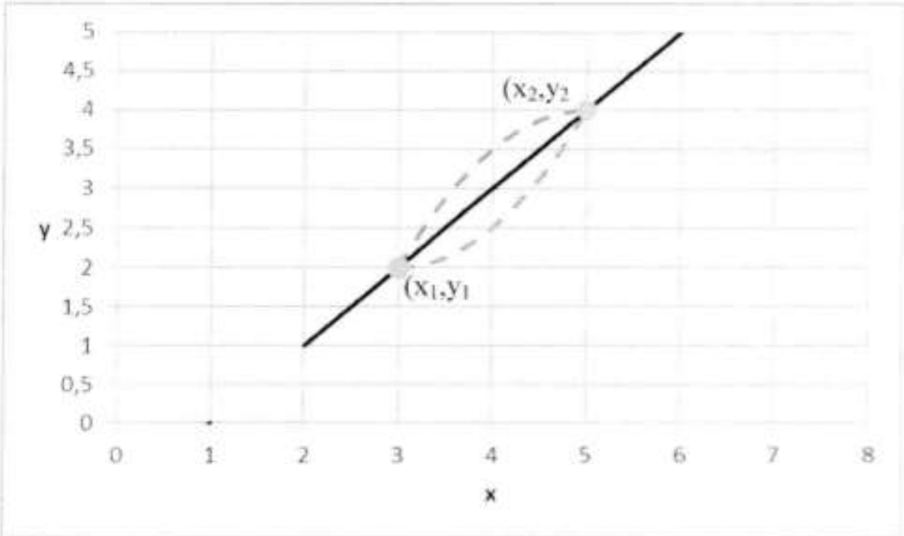
Egy lehetőség a lineáris interpoláció, azaz két mért adat közötti értékeket, úgy tekintjük, hogy rajta vannak a két pont által meghatározott egyenesen.

Legyen a két adatpár $\{(x_1,y_1),(x_2,y_2)\}$. Az általuk meghatározott egyenes egyenlete:

$$\frac{y-y_1}{y_2-y_1}=\frac{x-x_1}{x_2-x_1} \tag{10}$$

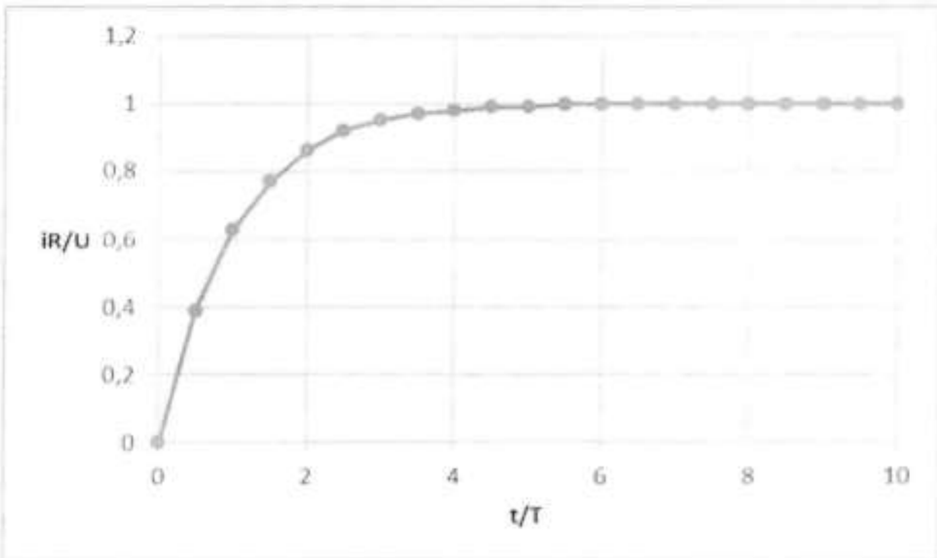
vagyis ha $x_1<x_{be}<x_2$, akkor

$$y_{ki}=\frac{y_2-y_1}{x_2-x_1}(x_{be}-x_1)+y_1 \tag{11}$$



6. ábra. Lineáris interpoláció (folytonos vonal)

Valami hiba jelentkezni fog, hiszen a valóságos függvény (szaggatott vonal) alatta is, felette is lehet az egyenesnek. Minél sűrűbben követik egymást az adatok, annál kisebb lesz a hiba.



7. ábra. Az 1. táblázat adatsorának megjelenítése lineáris interpolációval.

A 7. ábra grafikonja a 2. ábra függvényének egy igen jó közelítését adja annak ellenére, hogy viszonylag nagy lépésközökben határoztuk meg a függvényt.

Ha jellegfelületünk van, akkor három adatpár meghatároz egy síkot és így közelíthetjük a valóságos felületet, mint az 5. ábrán is látható. Több dimenzió esetén nehéz lenne grafikusan szemléltetni a lineáris interpolációt.

A görbék és a görbe felületek modellezésére külön matematikai eljárások vannak, amelyeknek a leírása külön tanulmányt érdemel.

Ettől kevesebb, de szakmailag megfelelő megoldás is elfogadható.