

Iztok
BRINOVAR

Dalibor
IGREC

Tehnološko modeliranje energetskih procesov

Zbirka
računalniških
vaj



Univerzitetna založba
Univerze v Mariboru



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko

Tehnološko modeliranje energetskega procesov

Zbirka računalniških vaj

Avtorja

Iztok Brinovar

Dalibor Igrec

April 2022

Naslov **Tehnološko modeliranje energetskega procesov**
Title Technological Modelling of Power Processes

Podnaslov **Zbirka računalniških vaj**
Subtitle Collection of Computer Exercises

Avtorja Iztok Brinovar
Authors (Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko)

Dalibor Igrec
(Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko)

Jezikovni pregled Slavica Božič
Language editing

Tehnični urednik Jan Perša
Technical editor (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)

Oblikovanje ovitka Jan Perša
Cover designer (Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba)

Grafične priloge Avtorja
Graphic material

Grafika na ovitku power-4892237, Pixabay.com, CC0, 2022
Cover graphics

Založnik **Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba**
Published by Slomškovo trg 15, 2000 Maribor, Slovenija
<https://press.um.si>, zalozba@um.si

Izdajatelj **Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko**
Issued by Hočevarjev trg 1, 8270 Krško, Slovenija
<https://www.fe.um.si>, fe@um.si

Izdaja Prva izdaja
Edition

Izdano Maribor, april 2022
Published at

Vrsta publikacije E-knjiga
Publication type

Dostopno na <https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/670>
Available at

CIP - Kataložni zapis o publikaciji
Univerzitetna knjižnica Maribor

620.9:519.876.2(076.5)(0.034.2)

BRINOVAR, Iztok

Tehnološko modeliranje energetskega procesov
[Elektronski vir] : zbirka računalniških vaj /
avtorja Iztok Brinovar, Dalibor Igrec. - 1.
izd. - E-knjiga. - Maribor : Univerza v
Mariboru, Univerzitetna založba, 2022

Način dostopa (URL):

[https://press.um.si/index.php/ump/catalog/
book/670](https://press.um.si/index.php/ump/catalog/book/670)

ISBN 978-961-286-588-7 (PDF)

doi: 10.18690/um.fe.3.2022

COBISS.SI-ID 104321027



© Univerza v Mariboru, Univerzitetna založba
/ University of Maribor, University Press

Besedilo / Text © Brinovar in Igrec, 2022

To delo je objavljeno pod licenco Creative Commons Priznanje
avtorstva 4.0 Mednarodna. / *This work is licensed under the Creative
Commons Attribution 4.0 International License.*

Uporabnikom je dovoljeno tako nekomercialno kot tudi
komercialno reproduciranje, distribuiranje, dajanje v najem, javna
priobčitev in predelava avtorskega dela, pod pogojem, da
navedejo avtorja izvirnega dela.

Vsa gradiva tretjih oseb v tej knjigi so objavljena pod licenco
Creative Commons, razen če to ni navedeno drugače. Če želite
ponovno uporabiti gradivo tretjih oseb, ki ni zajeto v licenci
Creative Commons, boste morali pridobiti dovoljenje neposredno
od imetnika avtorskih pravic.

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

ISBN 978-961-286-588-7 (pdf)

DOI <https://doi.org/10.18690/um.fe.3.2022>

Cena Brezplačni izvod
Price

Odgovorna oseba založnika prof. dr. Zdravko Kačič,
For publisher rektor Univerze v Mariboru

Citiranje Brinovar, I. in Igrec, D. (2022). *Tehnološko modeliranje energetskega procesov: zbirka računalniških vaj*. Maribor: Univerzitetna
Attribution založba. doi: 10.18690/um.fe.3.2022

Kazalo

Uporabljeni simboli	iii
Navodila za izdelavo poročila	1
1. vaja: Model hidravličnega sistema.....	1
1.1 Besedilo naloge.....	3
1.2 Teoretične osnove.....	3
1.3 Blokovni diagrami.....	3
1.4 Rezultati meritev in simulacij	3
1.5 Diskusija in interpretacija rezultatov	3
2. vaja: Model RC vezja	5
2.1 Besedilo naloge.....	7
2.2 Teoretične osnove.....	8
2.3 Blokovni diagrami.....	8
2.4 Rezultati simulacij	8
2.5 Diskusija in interpretacija rezultatov	8
3. vaja: Model enostavne dušilke.....	9
3.1 Besedilo naloge.....	11
3.2 Teoretične osnove.....	12
3.2.1 Matematični model	12
3.2.2 Določitev karakteristike magnetnih sklepov	12
3.2.3 Določitev magnetno- nelinearnih parametrov – L_d	12
3.3 Blokovni diagram	12
3.4 Rezultati meritev in simulacij	12
3.4.1 Rezultati meritev prehodnega pojava ob vklopu dušilke na omrežno napetost.....	12
3.4.2 Rezultati simulacij	12
3.5 Diskusija in interpretacija rezultatov	12
4. vaja: Model mehanskega podsistema električnega stroja.....	13
4.1 Besedilo naloge.....	15
4.2 Teoretične osnove in izpeljava matematičnega modela	15
4.3 Blokovni diagrami.....	15
4.4 Rezultati meritev in simulacij	15
4.4.1 Karakteristika trenja motorja.....	15
4.4.2 Karakteristika aktivne zavore	15
4.4.3 Določitev Coulombovega trenja in koeficienta viskoznega trenja	15
4.4.4 Določitev vztrajnostnega momenta J z iztečnim preizkusom.....	15
4.4.5 Določitev vztrajnostnega momenta električnega stroja z iztečnim preizkusom.....	15
4.4.6 Rezultati meritev in simulacije iztečnega preizkusa.....	15
4.5 Diskusija in interpretacija rezultatov	15

5. vaja: Model zaporednega RC vezja	17
5.1 Besedilo naloge.....	19
5.2 Teoretične osnove.....	19
5.3 Blokovni diagrami.....	19
5.4 Rezultati simulacij	19
5.5 Diskusija in interpretacija rezultatov	19
6. vaja: Model RLC vezja	21
6.1 Besedilo naloge.....	23
6.2 Teoretične osnove.....	23
6.3 Blokovni diagrami.....	23
6.4 Rezultati simulacij	23
6.5 Diskusija in interpretacija rezultatov	23
7. vaja: Model mehanskega sistema vozička.....	25
7.1 Besedilo naloge.....	27
7.2 Teoretične osnove.....	27
7.3 Blokovni diagrami.....	27
7.4 Rezultati simulacij	27
7.5 Diskusija in interpretacija rezultatov	27
8. vaja: Model mehanskega sistema dveh vozičkov	29
8.1 Besedilo naloge.....	31
8.2 Teoretične osnove.....	31
8.3 Blokovni diagrami.....	31
8.4 Rezultati simulacij	31
8.5 Diskusija in interpretacija rezultatov	31
9. vaja: Model mehanskega sistema kolesa vozila	33
9.1 Besedilo naloge.....	35
9.2 Teoretične osnove.....	35
9.3 Blokovni diagrami.....	35
9.4 Rezultati simulacij	35
9.5 Diskusija in interpretacija rezultatov	35

Uporabljeni simboli

Pred oddajo poročila je potrebno dodati manjkajoče simbole, ki so uporabljeni v celotnem poročilu.

Oznaka	Enota	Opis/definicija
h	[m]	višina vode v shranjevalniku tekočine
a	[m]	širina shranjevalnika tekočine
b	[m]	dolžina shranjevalnika tekočine
V	[m ³]	volumen
q_{vh}	[m ³ /s]	vhodni volumenski pretok
q_{izh}	[m ³ /s]	izhodni volumenski pretok
k	[/]	konstanta ventila
S	[m ²]	preseki ventila oz. odprtine

Navodila za izdelavo poročila

Vsaka naloga je sestavljena iz petih delov, in sicer: besedila naloge, teoretičnih osnov, blokovnega diagrama, rezultatov simulacij ter diskusije in interpretacije rezultatov.

1. Besedilo naloge: V tem podpoglavju je predstavljen problem in točna navodila za izvedbo simulacije in izdelavo matematičnega modela.
2. Teoretične osnove: V tem podpoglavju, skladno z navodili vaje, opišite teoretično ozadje naloge ter izpeljavo matematičnega modela/prenosne funkcije. Teoretične osnove naj bodo sestavljene iz nabora enačb, ki matematično opisujejo obravnavani sistem oz. proces. Označke simbolov v enačbah je potrebno pravilno vnesti na stran, kjer so opisani »Uporabljeni simboli«. Enačbe je potrebno pravilno številčiti in v besedilu citirati, kaj opisuje predstavljena enačba.
3. Blokovni diagrami: V tem podpoglavju je potrebno prikazati blokovne diagrame oz. simulacijske sheme matematičnih modelov v programu Matlab/Simulink in podati kratek opis. V kolikor besedilo naloge zahteva izpeljavo diferencialne enačbe kot tudi prenosne funkcije, je potrebno v poročilo vključiti blokovni diagram za oba primera.
4. Rezultati meritev/simulacij: V tem podpoglavju je potrebno prikazati rezultate meritev oz. simulacij (časovne odzive/grafikone) v skladu z navodili, ki so podani v podpoglavju 1 (besedilo naloge). Vsi grafji naj bodo pod sliko ustrezno oštevilčeni in označeni (npr. Slika 1: časovni potek napetosti.). Označke spremenljivk/symbolov na grafju naj bodo označene s poševno pisavo (*italic*),

medtem ko so indeksi in enote (vključno z oklepaji) označene z ravno pisavo (regular), kot npr. $U_{vh,(1)}$. Vsak graf mora vsebovati pravilno označene osi in legendo (po potrebi).

5. Diskusija in interpretacija rezultatov: *V tem podpoglavju sledi diskusija ter strokovna interpretacija pridobljenih rezultatov. Pri interpretaciji rezultatov se je potrebno ustrezno sklicevati na pridobljene rezultate (npr. iz časovnega odziva na sliki 1 je razvidno dobro ujemanje simulacijsko in eksperimentalno določenih rezultatov, kar pomeni, da matematični model ...).*

**Opomba: za potrebe izdelave poročila je dovoljeno kreirati tudi ustrezne podnaslove posameznih poglavij.*

Obvestilo: Vsako izdelano poročilo bo po oddaji na spletni portal Moodle pregledano z detektorjem podobnih vsebin.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko

Tehnološko modeliranje energetskih procesov

Zbirka računalniških vaj

Ime in priimek: _____

Vpisna številka: _____

Študijsko leto: _____

Kraj študija:

Krško

Velenje

Datum zagovora vaj: _____

Pregledal: _____

Ocena: _____

Datum: _____

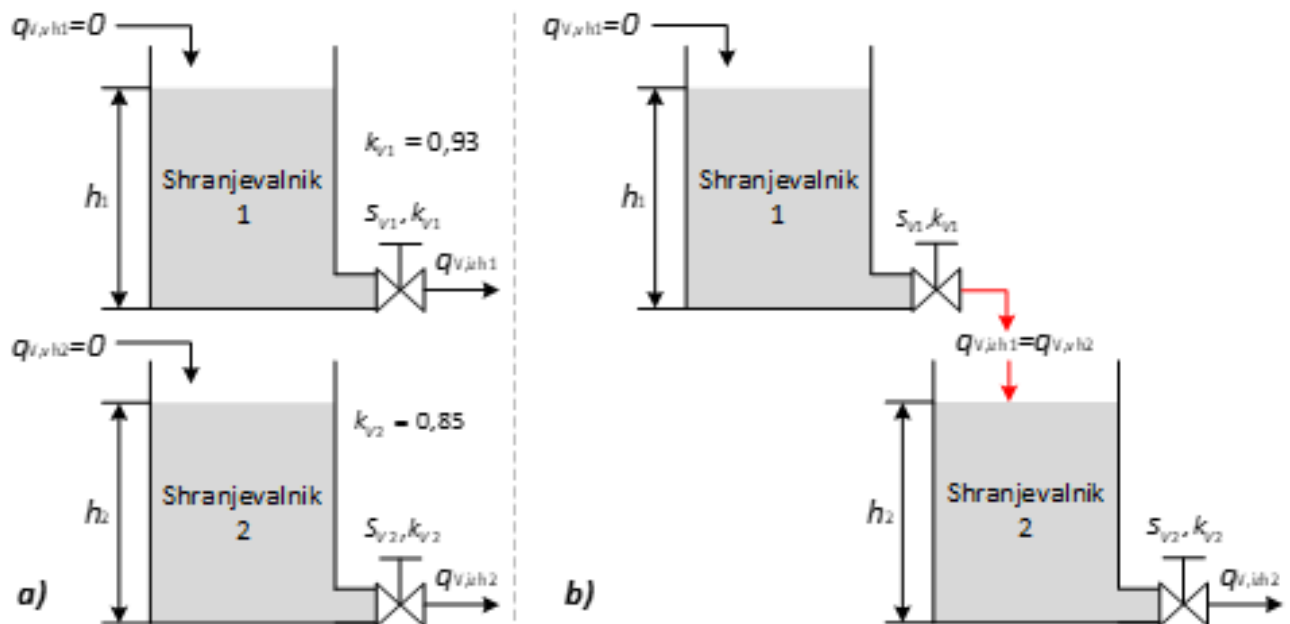
1. vaja

Model hidravličnega sistema

1.1 Besedilo naloge

Računalniška vaja se navezuje na laboratorijsko vajo št. 1. V sklopu vaje:

- skladno s spodnjo sliko izpeljite matematični model $h = f(q_{V,vh}, q_{V,izh})$ za primer ločene obravnave ter za primer sistema dveh povezanih shranjevalnikov tekočin.
- grafično prikažite rezultate izvedenih meritev laboratorijske vaje št. 1.
- z uporabo indirektna metode v Matlab Simulinku izdelajte blokovno shemo ter simulirajte dinamično obnašanje modela za primer ločene obravnave ter za primer sistema dveh povezanih shranjevalnikov tekočin.
- primerjajte simulacijsko in eksperimentalno pridobljene rezultate ter podajte komentarje.



Slika 1: a) Ločena obravnava in b) Sistem dveh povezanih shranjevalnikov tekočin.

1.2 Teoretične osnove

1.3 Blokovni diagrami

1.4 Rezultati meritev in simulacij

1.5 Diskusija in interpretacija rezultatov



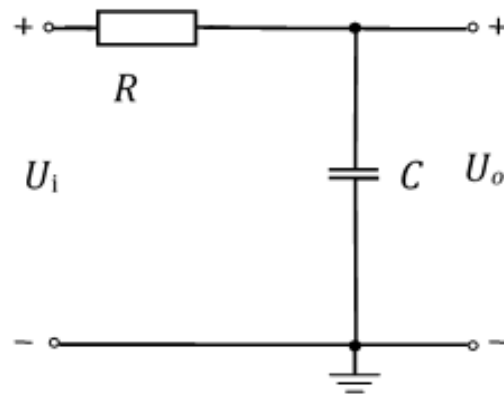
2. vaja

Model RC vezja

2.1 Besedilo naloge

Računalniška vaja se navezuje na laboratorijsko vajo št. 2. V Matlab Simulinku simulirajte dinamično obnašanje RC električnega vezja na spodnji sliki. V sklopu vaje:

- a) izpeljite matematični model za RC vezje ter z uporabo indirektnih metode v Matlab Simulinku izdelajte blokovno shemo ter simulirajte dinamično obnašanje modela. Izvedite simulacijo pri:
 - i. stopnični spremembi napetosti $u_i(t)$ iz 0 V na 10 V:
Parametri 1: $R = 1 \text{ k}\Omega$ in $C = 1000 \text{ }\mu\text{F}$
Parametri 2: $R = 270 \text{ }\Omega$ in $C = 100 \text{ }\mu\text{F}$
 - ii. stopnični spremembi napetosti $u_i(t)$ iz 0 V na 10 V pri začetni napetosti $u_C(t)$ je 4 V:
Parametri 1: $R = 1 \text{ k}\Omega$ in $C = 1000 \text{ }\mu\text{F}$
- b) izpeljite prenosno funkcijo $F(s) = U_o(s)/U_i(s)$ za RC vezje, izdelajte blokovno shemo ter izvedite simulacijo pri:
 - iii. stopnični spremembi napetosti $u_i(t)$ iz 0 V na 10 V:
Parametri 1: $R = 1 \text{ k}\Omega$ in $C = 1000 \text{ }\mu\text{F}$
- c) izdelajte blokovno shemo RC vezja z uporabo elementov iz Simscape knjižnice ter izvedite simulacijo pri:
 - iv. stopnični spremembi napetosti $u_i(t)$ iz 0 V na 10 V:
Parametri 1: $R = 1 \text{ k}\Omega$ in $C = 1000 \text{ }\mu\text{F}$
- d) primerjajte simulacijsko in eksperimentalno pridobljene rezultate ter podajte komentarje.



Slika 2: RC vezje.

- 2.2 Teoretične osnove
- 2.3 Blokovni diagrami
- 2.4 Rezultati simulacij
- 2.5 Diskusija in interpretacija rezultatov



ZAPISKI

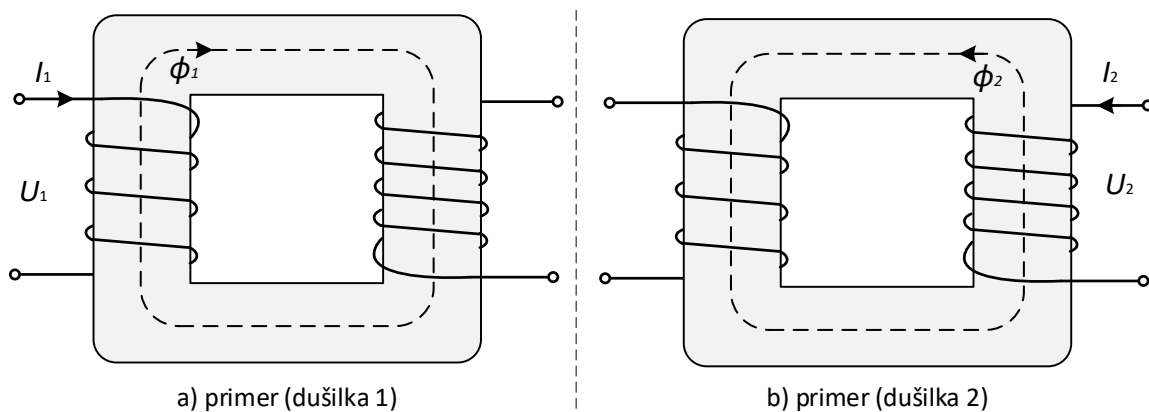
3. vaja

Model enostavne dušilke

3.1 Besedilo naloge

Računalniška vaja se navezuje na laboratorijsko vajo št. 3. Na osnovi izvedenih meritev določite nadomestno karakteristiko magnetnih sklepov $\psi(i)$ za primer napajanja sekundarnega navitja (dušilka 2), izpeljite matematični model ter simulirajte dinamično obnašanje sistema. V sklopu vaje:

- izpeljite matematični model enostavne dušilke ter z uporabo indirektna metode v Matlab Simulinku izdelajte blokovno shemo.
- na osnovi meritev določite nadomestno karakteristiko magnetnih sklepov $\psi(i)$ ter določite magnetno nelinearne parametre dinamičnega modela dušilke (dinamične induktivnosti $L_d = \partial\psi/\partial i$) in jih vključite v model. Grafično ter na osnovi enačb po korakih prikažite in opišite postopek določitve $\psi(i)$ karakteristike in parametrov.
- prikažite rezultate meritev prehodnega pojava ob vklopu enostavne dušilke na omrežno napetost pri različnih trenutkih (kotih) vklopa in stanjih remanenčnega magnetnega polja v feromagnetnem jedru. Pojasnite vpliv trenutka vklopa in stanja feromagnetnega jedra na prehodni pojav.
- izvedite simulacijo prehodnega pojava ob vklopu dušilke na omrežno napetost pri vklopnem kotu $\alpha = 0^\circ$ oz. v trenutku, ko je omrežna napetost $u = 0$. Pregledno prikažite ujemanje rezultatov simulacij in meritev.
- primerjajte simulacijsko in eksperimentalno pridobljene rezultate ter podajte komentarje.



Slika 3: Enostavna dušilka

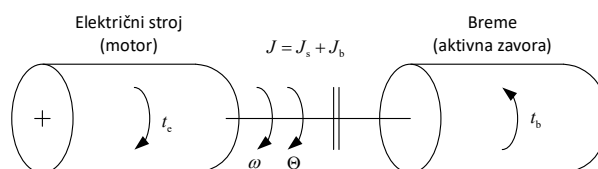
4. vaja

Model mehanskega podsistema električnega stroja

4.1 Besedilo naloge

Računalniška vaja se navezuje na laboratorijsko vajo št. 4. Na osnovi izvedenih meritev določite parametre modela mehanskega podsistema električnega stroja (pogona). V Matlab Simulinku izdelajte blokovno shemo ter izvedite simulacijo iztečnega preizkusa. V sklopu vaje:

- izpeljite matematični model mehanskega podsistema električnega stroja ter z uporabo indirektna metode v Matlab Simulinku izdelajte blokovno shemo.
- na osnovi izvedenih meritev prikažite karakteristiko trenja motorja in zavore ter določite Coulombovo trenje in koeficient viskozne trenja za motor in zavoro ter celoten pogon.
- na osnovi meritev iztečnega preizkusa določite vztrajnostni moment celotnega pogona J ter določite vztrajnostni moment testnega motorja J_s .
- izvedite simulacijo iztečnega preizkusa ter primerjajte simulacijsko in eksperimentalno pridobljene rezultate.



Slika 4: Mehanski podsistem električnega stroja.

4.2 Teoretične osnove in izpeljava matematičnega modela

4.3 Blokovni diagrami

4.4 Rezultati meritev in simulacij

4.4.1 Karakteristika trenja motorja

4.4.2 Karakteristika aktivne zavore

4.4.3 Določitev Coulombovega trenja in koeficienta viskozne trenja

4.4.4 Določitev vztrajnostnega momenta J z iztečnim preizkusom

4.4.5 Določitev vztrajnostnega momenta električnega stroja z iztečnim preizkusom

4.4.6 Rezultati meritev in simulacije iztečnega preizkusa

4.5 Diskusija in interpretacija rezultatov



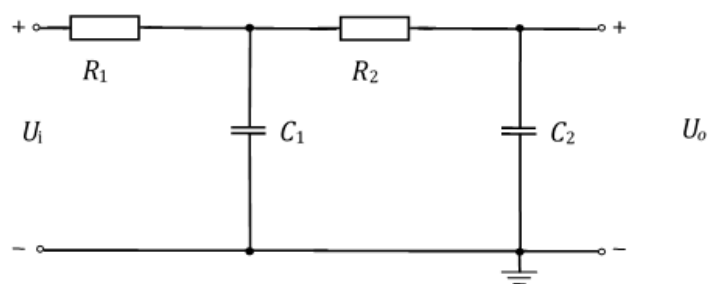
5. vaja

Model zaporednega RC vezja

5.1 Besedilo naloge

V Matlab Simulinku simulirajte dinamično obnašanje zaporednega RC električnega vezja na spodnji sliki. V sklopu vaje:

- a) izpeljite matematični model in prenosno funkcijo $F(s) = U_o(s)/U_i(s)$ za RC električno vezje ter z uporabo indirektna metode v Matlab Simulinku izdelajte blokovno shemo. Matematični model, prenosno funkcijo in pripadajoče blokovne sheme izdelajte za:
 - i. primer ločene obravnave dveh zaporedno vezanih RC vezij in
 - ii. primer obravnave RC vezja kot celote.
- b) simulirajte dinamično obnašanje sistema za oba zgornja primera (matematični model in prenosna funkcija). Izvedite simulacijo pri:
 - iii. stopnični spremembi napetosti $u_i(t)$ iz 0 V na 2 V:
 Parametri 1: $R_1 = R_2 = 100\Omega$ in $C_1 = C_2 = 10000 \mu\text{F}$
 Parametri 2: $R_1 = R_2 = 100\Omega$ in $C_1 = 1000 \mu\text{F}$, $C_2 = 30000 \mu\text{F}$
 - iv. stopnični spremembi napetosti $u_i(t)$ iz 0 V na 2 V in začetni napetosti $u_C(t)$ je 2 V:
 Parametri 1: $R_1 = R_2 = 100\Omega$ in $C_1 = C_2 = 10000 \mu\text{F}$



Slika 5: Zaporedna vezava dveh RC vezij.

5.2 Teoretične osnove

5.3 Blokovni diagrami

5.4 Rezultati simulacij

5.5 Diskusija in interpretacija rezultatov



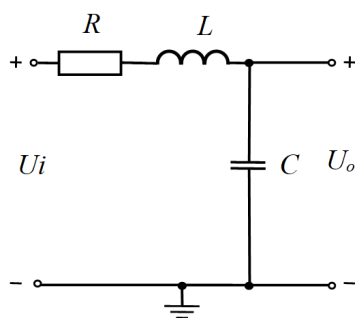
6. vaja

Model RLC vezja

6.1 Besedilo naloge

V Matlab Simulinku simulirajte dinamično obnašanje RLC električnega vezja na spodnji sliki. V sklopu vaje:

- izpeljite matematični model odvisnosti izhodne napetosti $u_0(t) = u_C(t)$ v odvisnosti od vhodne napetosti $u_i(t)$ za RLC električno vezje ter z uporabo indirektna metode v Matlab Simulinku izdelajte blokovno shemo.
- izpeljite prenosno funkcijo $F(s) = U_o(s)/U_i(s)$ za RLC električno vezje.
- simulirajte dinamično obnašanje sistema za oba zgornja primera (matematični model in prenosna funkcija). Izvedite simulacijo pri:
 - stopnični spremembi napetosti $u_i(t)$ iz 0 V na 2 V:
 Parametri 1: $R = 10 \Omega$, $C = 100 \mu\text{F}$ in $L = 1 \text{ H}$
 Parametri 2: $R = 50 \Omega$, $C = 100 \mu\text{F}$ in $L = 1.5 \text{ H}$
 - stopnični spremembi napetosti $u_i(t)$ iz 0 V na 2 V in začetni napetosti $u_C(t)$ je 2 V:
 Parametri 1 $R = 10 \Omega$, $C = 100 \mu\text{F}$ in $L = 1 \text{ H}$



Slika 6: RLC vezje.

6.2 Teoretične osnove

6.3 Blokovni diagrami

6.4 Rezultati simulacij

6.5 Diskusija in interpretacija rezultatov



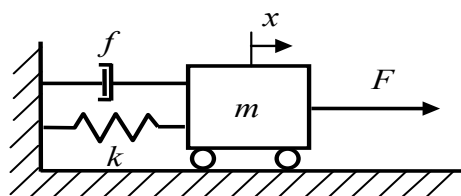
7. vaja

Model mehanskega sistema vozička

7.1 Besedilo naloge

Z uporabo drugega Newtonovega zakona modelirajte mehanski sistem na spodnji sliki. Izpeljite matematični model in v Matlab Simulinku simulirajte dinamično obnašanje sistema. V sklopu vaje:

- a) izpeljite matematični model vozička ter z uporabo indirektna metode v Matlab Simulinku izdelajte pripadajočo blokovno shemo.
- b) izpeljite prenosno funkcijo $G(s) = x(s)/F(s)$.
- c) simulirajte dinamično obnašanje sistema za oba zgornja primera (matematični model in prenosna funkcija). Izvedite simulacijo pri:
 - i. stopnični spremembi zunanje sile $F(t)$ iz 0 N na 50 N:
parametri 1: $m = 25$ kg, $f = 200$ Ns/m, in $k = 1000$ N/m
 - ii. stopnični spremembi zunanje sile $F(t)$ iz 0 N na 100 N:
parametri 2: $m = 20$ kg, $f = 75$ Ns/m, in $k = 1000$ N/m
 - iii. zunanji sili $F(t) = 0$ N in začetni vrednosti premika $x(0) = 0.3$ m:
parametri 3: $m = 20$ kg, $f = 50$ Ns/m, in $k = 1500$ N/m



Slika 7: Mehanski sistem – voziček.

7.2 Teoretične osnove

7.3 Blokovni diagrami

7.4 Rezultati simulacij

7.5 Diskusija in interpretacija rezultatov



8. vaja

Model mehanskega sistema dveh vozičkov

8.1 Besedilo naloge

Z uporabo drugega Newtonovega zakona modelirajte mehanski sistem na spodnji sliki. Izpeljite matematični model in v Matlab Simulinku simulirajte dinamično obnašanje sistema. V sklopu vaje:

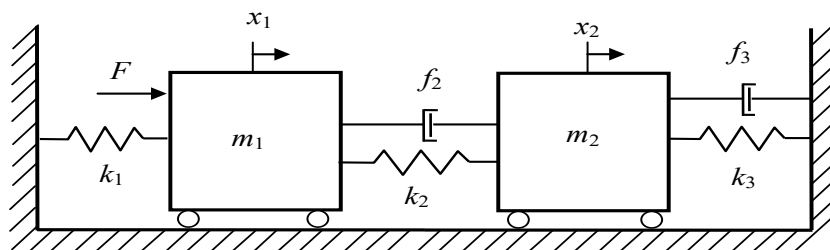
- izpeljite matematični model vozička ter z uporabo indirektna metode v Matlab Simulinku izdelajte pripadajočo blokovno shemo.
- izpeljite prenosno funkcijo $G(s) = x_2(s)/F(s)$.
- simulirajte dinamično obnašanje sistema v a) primeru pri:
 - stopnični spremembi zunanje sile $F(t)$ iz 0 N na 100 N.
 - zunanji sili $F(t) = 0$ N in začetni vrednosti premika $x_1(0) = x_2(0) = 0.5$ m:
 - preizkusite obnašanje sistema v primeru, da s stopnično spremembo zunanje sile $F(t)$ iz 0 N na 100 N vplivamo na voziček 2 ($x_1(0) = x_2(0) = 0$ m).

Parametri so za vse primere enaki:

$$m_1 = 20 \text{ kg}, m_2 = 10 \text{ kg}$$

$$k_1 = 2000 \text{ N/m}, k_2 = 1000 \text{ N/m}, k_3 = 3000 \text{ N/m}$$

$$f_2 = 100 \text{ Ns/m}, f_3 = 200 \text{ Ns/m}$$



Slika 8: Mehanski sistem dveh vozičkov.

8.2 Teoretične osnove

8.3 Blokovni diagrami

8.4 Rezultati simulacij

8.5 Diskusija in interpretacija rezultatov



9. vaja

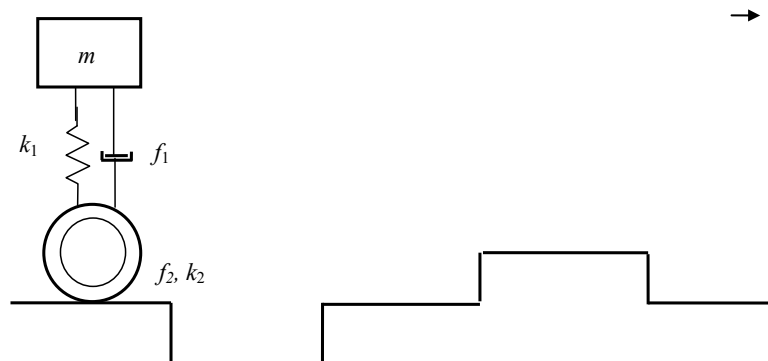
Model mehanskega sistema kolesa vozila

9.1 Besedilo naloge

Izpeljite matematični model mehanskega sistema kolesa s pnevmatiko in vzmetenjem. V Matlab Simulinku izdelajte blokovno shemo in testirajte obnašanje kolesa pri vožnji čez luknje in grbine (globine 0,1 m), kot je prikazano na spodnji sliki, ki opisuje translacijsko gibanje v smeri y . V sklopu vaje:

- izpeljite matematični model mehanskega sistema na sliki ter z uporabo indirektnih metode v Matlab Simulinku izdelajte pripadajočo blokovno shemo.
- simulirajte dinamično obnašanje sistema: izvedite simulacijo gibanja mase relativno na podlago in začetnim pogojem $x(0) = 0$ m.
Parametri: $m = 500$ kg, $k_1 = 75000$ N/m, $k_2 = 150000$ N/m, $f_1 = 2250$ Ns/m in $f_2 = 5000$ Ns/m.

Napotek: Simulacijo vožnje kolesa čez grbine upoštevajte s stopnično spremembo položaja mase v y -smeri.



Slika 9: Gibanje kolesa s pnevmatiko in vzmetenjem čez luknje in grbine.

9.2 Teoretične osnove

9.3 Blokovni diagrami

9.4 Rezultati simulacij

9.5 Diskusija in interpretacija rezultatov



TEHNOLOŠKO MODELIRANJE

ENERGETSKIH PROCESOV:

ZBIRKA RAČUNALNIŠKIH VAJ

IZTOK BRINOVAR, DALIBOR IGREC

Univerza v Mariboru, Fakulteta za energetiko, Krško, Slovenija
iztok.brinovar@um.si, dalibor.igrec@guest.um.si

Povzetek Zbirka računalniških vaj je primarno namenjena študentom 1.letnika magistrskega študijskega programa na Fakulteti za energetiko Univerze v Mariboru, in sicer kot dodatno učno gradivo pri izvajanju računalniških vaj v okviru učne enote Tehnološko modeliranje energetskih procesov. Kot taka se tudi direktno vsebinsko navezuje na pripadajoče laboratorijske vaje. Vaje so namenjene eksperimentiranju z različnimi sistemi oz. procesi, modeliranju z uporabo programskega paketa Matlab/Simulink in vrednotenju matematičnih modelov. Študentje na takšen način izboljšajo poznavanje in razumevanje mehanizmov delovanja obravnavanih procesov ter skozi praktično delo spoznajo celoten ciklični postopek modeliranja. Zbirka računalniških vaj v povezavi z laboratorijskimi vajami in predavanji povezuje obravnavano tematiko v zaključeno celoto.

Ključne besede:
računalniške vaje,
Matlab,
modeliranje,
simulacija,
dinamični sistemi,
elektromehanski
sistemi



Univerza v Mariboru

Fakulteta za energetiko