

Organizácia predmetu

Modelovanie a riadenie systémov (ZS, ak.r. 2022/2023)

Anotácia predmetu:

Kybernetika a jej význam. Statické a dynamické vlastnosti procesov. Kybernetický model procesu. Prenosová funkcia. Prechodové charakteristiky. Frekvenčné modely procesov. Stavové modely procesov. Stabilita systémov. Riadenie procesov - základný princíp kybernetiky. Základná štruktúra regulátorov PID štruktúra. Návrh optimálnych parametrov PID regulátorov. Problémy pri implementácii PID algoritmov. Korekčné členy s fázovým predstihom a zaostávaním. Návrh parametrov korekčných členov. Vlastnosti regulačných obvodov s korekčnými členmi.

Garant predmetu: prof. Ing. Ján Murgaš, PhD.

Výsledky vzdelávania (ECTS):

Študent po absolvovaní predmetu disponuje základnými vedomosťami o modelovaní a riadení dynamických systémov z hľadiska Kybernetiky ako vednej disciplíny. Pozná lineárne dynamické systémy a nástroje na ich modelovanie a analýzu. Je schopný analyzovať základné regulačné obvody a navrhovať parametre regulátorov. Získané vedomosti a zručnosti sú nevyhnutným základom pre ďalšiu prácu v oblastiach ako teória systémov a teória riadenia.

Predmet patrí medzi povinné predmety a študent po absolvovaní získa 6 kreditov. Týždenný rozsah predmetu: prednášky: 2 h, cvičenia: 2 h

Predmet zabezpečujú:

Ing. Marián Tárník, PhD. (prednášky, cvičenia)
prof. Ing. Ján Murgaš, PhD. (prednášky)

Oficiálne odkazy:

AIS: <https://is.stuba.sk/katalog/syllabus.pl?predmet=380002>
Štud. program: https://www.fei.stuba.sk/sk/aktuality-a-informacie/studijne-programy.html?page_id=2570

GitHub: <https://github.com/PracovnyBod/MRS>

Podmienky absolvovania predmetu:

1. Aktívna účasť na vyučovacom procese.
2. Počas semestra je možné získať max. 60 bodov, pričom pre splnenie podmienok pre vykonanie skúšky je potrebných 16 bodov.
3. Je potrebná účasť na záverečnej skúške, je možné získať max. 40 bodov.

Priebežné hodnotenie študentov počas semestra:

- Priebežná práca/účasť na cvičeniach: 12 bodov
- Vypracovanie semestrálneho referátu (zadania): 18 bodov
- Semestrálna písomka: 30 bodov, pričom:
 - Bude vopred stanovená možnosť dvoch termínov semestrálnej písomky (možnosť odmietnuť hodnotenie prvého termínu). Riadny termín semestrálnej písomky v 8. týždni, opravný termín semestrálnej písomky v 12. týždni.

Harmonogram semestra

Týždeň	Prednáška	Cvičenie
1.	<p>Úvodné pojmy, prvý pohľad na regulačný obvod, systémy statické a dynamické, diferenciálna rovnica - jednoduché analytické a jednoduché numerické riešenie.</p>	<p>Pojem statický (odporový delič) a dynamický systém (RC filter), algebraická rovnica, diferenciálna rovnica (intuitívne), kreslenie grafov/časových závislostí vo všeobecnosti. [1b]</p> <p>Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pojem <i>systém</i>, systémový pohľad/prístup, statický a dynamický systém, náznak vlastností systému, diferenciálna rovnica, riešenie diferenciálnej rovnice → analytické a numerické.
2.	<p>Dynamický systém - prevod diferenciálnej rovnice vyššieho rádu na sústavu rovníc prvého rádu, stavové veličiny. Analytické riešenie LDR - klasický postup (CHR).</p> <p>Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> Opis dynamického systému pomocou diferenciálnych rovníc Analytické riešenie s využitím charakteristickej rovnice ODE solver - princíp (čo vedie na numerické riešenie) 	<p>ODE solver - intuitívne vysvetlenie, realizácia vzorovej simulácie (JS motor) [2b]</p> <p>Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> Numerické riešenie, num. simulácia, príklad s jednosmerným motorom [prevažne samostatná práca počas cv.] Analytické riešenie dif. r. s využitím CHR [príklady riešené vyučujúcim]
3.	<p>Laplaceova transformácia - definícia a obrazy signálov, lineárny, časovo invariantný dynamický systém (podnety k samostatnému štúdiu).</p> <p>Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> Extra opakovanie predchádzajúcich tém. LT - definícia a obrazy signálov. 	<p>Kyvadlo - zostavenie numerickej simulácie (práca v Simulinku), komentár k simulácii kyvadla, ručné kreslenie sim. schémy (kyvadlo). Riešenie LDR - klasický postup (CHR). [2b]</p> <p>Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> Numerické riešenie, num. simulácia, príklad s kyvadlom [prevažne samostatná práca počas cv.]

4.	<p>Stabilita dyn. sys. (fázový portrét a stabilita podľa Lyapunova). Statické vlastnosti dyn. sys. - prevodová charakteristika. Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Konštatovanie, že sa bude využívať Laplaceova transformácia. Dva dôvody: riešenie dif. rovníc a prenosové funkcie. • Analytické riešenie dif. r. s využitím LT • Pripomenutie linear. dyn. sys. ako model reálneho dyn. sys. – využitie z hľadiska URO. • Statické vlastnosti systému – prevodová charakteristika (pokračovanie na cvičení). 	<p>Softvérové nástroje (doplnenie tém z predchádzajúceho): MATLAB – control toolbox, Simulink, ODE solvre, Python. Semestrálny referát (konkrétne znenie zadania, odovzdanie do konca 10. týždňa [18b]). Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prevodová charakteristika. • Začiatok práce na semestrálnom referáte (rozdelenie do skupín, práca s laboratórnym zariadením).
5.	<p>Prenosové funkcie (opisujúce dyn. sys.) - „typy“ a vlastnosti (stupne polynómov, póly, nuly, stabilita, astatizmus, statické zosilnenie, prechodová charakteristika). Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stabilita vo všeobecnosti, stabilita LTI. • Analytické riešenie dif. r. s využitím LT [príklad riešený vyučujúcim]. • Prenosové funkcie a ďalšie vlastnosti LTI. 	<p>Práca na zadaní (na semestrálnom referáte): Meranie prevodovej charakteristiky. [1b]</p>
6.	<p>Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prenosové funkcie a ďalšie vlastnosti LTI. [MRS05] 	<p>Práca na zadaní: prechodové charakteristiky. [1b] Práca na zadaní: Meranie prevodovej charakteristiky, voľba pracovných bodov. [1b] Udialo sa:</p> <ul style="list-style-type: none"> • O pracovnom bode • O meraní prechodovej charakteristiky v pracovnom bode. [MRS04] • Extra práca: Control System Toolbox v MATLABe [Cvičenie šieste, MRS05] • Možnosť začať na meraní prechodovej charakteristiky.

7.	Zrušené 01.11.2022 (nahradené konzultáciami): Opakovanie pred semestrálnou písomkou (časová rezerva pre dokončenie tém)	Utorok 01.11.2022 sviatok	Štvrtok 03.11.2022 Práca na zadaní: prechodové charakteristiky. cv7 [1b]
8.	Semestrálna písomka 08.11.2022 Udialo sa: • Rozdelenie na 2 skupiny, trvanie písomky 1h (jedna skupina prvú hodinu prednášky, druhá druhú).	Utorok 08.11.2022 Práca na zadaní: prechodové charakteristiky. cv7 [1b]	Štvrtok 10.11.2022 Práca na zadaní: prechodové charakteristiky. cv8 [1b]
9.	Udialo sa: [15.11.2022] • URO a PID. [MRS06]	Utorok 15.11.2022 Práca na zadaní: prechodové charakteristiky. cv8 [1b]	Štvrtok 17.11.2022 sviatok
10.	Plánuje sa: [22.11.2022] • O metódach návrhu PID.	Cvičenie s PID regulátorom 1	[1b]
11.	Plánuje sa: [29.11.2022] • FCH a ich využitie.	Cvičenie s PID regulátorom 2	[2b]
12.	Plánuje sa: [06.12.2022] Opravný termín semestrálnej písomky (v druhej polovici času určeného pre prednášku).	Časová rezerva, priestor pre konzultácie (prípadne Cvičenie šieste, všakže...).	
13.	Plánuje sa: [13.12.2022] • Nič.		

Odporúčaná literatúra

K. J. Åström and R. M. Murray. *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers, Second Edition*. Princeton University Press, 2008. URL https://fbswiki.org/wiki/index.php/Main_Page.

F. Golnaraghi and B. C. Kuo. *Automatic Control Systems*. John Wiley & sons, inc., 2010. URL <https://controltheorymaster.files.wordpress.com/2017/11/farid-golnaraghi-benjamin-c-kuo-automatic-control-systems.pdf>.

G.F. Franklin, J.D. Powell, and A. Emami-Naeini. *Feedback Control of Dynamic Systems*. Pearson Higher Education, Inc., 2010. URL <https://www.daslab.org/unlv/courses/00coursesUsb/labviewCourseDevelopment/labview-0X-LeadLag/Franklin%20PE%206th%20-%20textbook%20but%20perhaps%20too%20much%20-%20no%20simple%20Lag%20control%20example.pdf>.

R.C. Dorf and R.H. Bishop. *Modern Control Systems*. Pearson, 2010. URL [http://sharif.edu/~nobakhti/Resources/Linear%20Control%20Labs/Resources/Books/Modern%20Control%20Systems%20\(Prentice%20Hall%20-%20Dorf%20Bishop\)%20.pdf](http://sharif.edu/~nobakhti/Resources/Linear%20Control%20Labs/Resources/Books/Modern%20Control%20Systems%20(Prentice%20Hall%20-%20Dorf%20Bishop)%20.pdf).

M. Garan. *Modelovanie a simulácia mechatronických systémov 2*. SPEKTRUM STU, 2020. ISBN 978-80-227-5034-9.

Pozn.: Publikáciu [Garan \[2020\]](#) je možné nájsť v AIS na dokumentovom serveri v priečinku:

DS / Slovenská technická univerzita v Bratislave / Študijná literatúra

Ďalšie zdroje

- Matematika:

- <https://math.libretexts.org/Bookshelves>
- <https://www.youtube.com/playlist?list=PLZHQObOWTQDNPOjrT6KVlfJuKtYTftqH6>
- <https://web.stanford.edu/~boyd/books.html>
- <https://bvanderlei.github.io/jupyter-guide-to-linear-algebra/intro.html>
- https://cs.wikipedia.org/wiki/Charakteristick%C3%A1_rovnice
- <https://www.math.sk/skripta2/node88.html>
- <http://thales.doa.fmph.uniba.sk/sleziak/texty/gyurki/diferaky/dif.pdf>
- https://math.libretexts.org/Courses/Monroe_Community_College/MTH_225_Differential_Equations/9%3A_Linear_Higher_Order_Differential_Equations/9.2%3A_Higher_Order_Constant_Coefficient_Homogeneous_Equations
- https://www.youtube.com/watch?v=0850WBJ2ayo&ab_channel=3Blue1Brown
- https://www.youtube.com/watch?v=7UvtU75NXTg&ab_channel=SteveBrunton
- https://www.youtube.com/watch?v=5hPD7CF0_54&ab_channel=SteveBrunton
- https://www.youtube.com/watch?v=iBde8qOW0h0&ab_channel=SteveBrunton
- <https://ocw.mit.edu/resources/res-18-008-calculus-revisited-complex-variables-differential-equations-and-linear-algebra-fall-2011/>
- <https://ocw.mit.edu/courses/mathematics/18-03sc-differential-equations-fall-2011/index.htm>

- Softvér:

- <https://stuba.sk/matlab>
- <http://www.cds.caltech.edu/~murray/amwiki/index.php?title=Software>
- <https://scipy.org/>
- <https://jupyter.org/>
- <https://www.anaconda.com/products/distribution>

- <https://python-programming.quantecon.org/intro.html>
- MATLAB (onramp kurz):
 - <https://matlabacademy.mathworks.com/details/matlab-onramp/gettingstarted>
- Control Engineering:
 - <https://www.youtube.com/user/ControlLectures/playlists>
 - <https://engineeringmedia.com/>
 - https://www.analog.com/en/education/education-library/scientist_engineers_guide.html
 - http://matlab.fei.tuke.sk/zar/subory/literatura/Dorcak_TAR.pdf
 - <https://github.com/dodekm/TeamProjektKybernetika/tree/master/Nove%20prednasky>