

Organizácia predmetu

Modelovanie a riadenie systémov (ZS, ak.r. 2025/2026)

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.

Zodpovedný za predmet: Ing. Marián Tárník, 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)

doc. Ing. Miroslav Halás, PhD. (cvičenia)

Ing. Denis Vasko (cvičenia)

Oficiálne odkazy:

AIS: <https://is.stuba.sk/katalog/syllabus.pl?predmet=429324>

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 podmienkou pre vykonanie záverečnej skúšky je zisk aspoň 16 bodov.
3. Účasť na záverečnej skúške je nevyhnutná. Bez účasti na skúške nie je možné ukončiť predmet. Na 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, náhradný termín semestrálnej písomky v 12. týždni.

Harmonogram semestra

| Týždeň | Obsah |
|-------------------------|--|
| 1. | INTRO |
| prednáška 17.09.2025 | <ul style="list-style-type: none"> Úvod, podmienky absolvovania predmetu. [dokument MRS00] Uzavretý regulačný obvod – motivácia. Pojmy: kybernetika, spätná väzba, dynamický systém, signál, parametre, diferenciálna rovnica (schéma, sústava rovníc) Schematické znázornenie dynamického systému [dokument MRS02] |
| cvičenie | INTRO cv1 [1b] <ul style="list-style-type: none"> Cvičenie úvodné. [dokument MRS01] |
| 2. | ODR |
| prednáška 24.09.2025 | <ul style="list-style-type: none"> Obyčajné diferenciálne rovnice. Analytické riešenie diferenciálnych rovníc – metóda charakteristickej rovnice. [MRS04, KUT006] |
| cvičenie | ODR cv2 [1b] <ul style="list-style-type: none"> Úlohy v dokumente MRS03 (cvičenie druhé): <ul style="list-style-type: none"> Schematické znázornenie dynamického systému. [KUT007] Rozklad na sústavu dif. rovníc prvého rádu. [KUT001] Numerické riešenie diferenciálnych rovníc – Simulink. Príklad s jednosmerným motorom. Numerické riešenie diferenciálnych rovníc – ODE solver (MATLAB). |
| 3. | NUMr, SCHPCH |
| prednáška 01.10.2025 | <ul style="list-style-type: none"> Názorné poznámky k téme numerické riešenie dif. rovníc (numerické simulácie). [MRS05] Prevodová a prechodová charakteristika systému (statické a dynamické vlastnosti systému). [MRS06] |
| cvičenie | ODR cv3 [2b] <ul style="list-style-type: none"> Úlohy v dokumente MRS03 (cvičenie tretie): <ul style="list-style-type: none"> Dokončenie úloh z predchádzajúceho cvičenia (ak treba). Analytické riešenie dif. rovníc – metóda charakteristickej rovnice [MRS04, KUT010] Numerické riešenie dif. rovníc (Simulink alebo ODE solver v skripte). Príklad s kyvadlom. |
| 4. | SCHPCH, LTaTF |
| prednáška 08.10.2025 | <ul style="list-style-type: none"> Prevodová a prechodová charakteristika systému (poznámky vzhľadom na semestrálne zadanie). [MRS06] Laplaceova transformácia, riešenie dif. rovníc s využitím LT. [MRS07] |

| | | |
|----|-------------------------|---|
| | cvičenie | <ul style="list-style-type: none"> Semestrálny referát – konkrétne znenie zadania. [REF1:prevod1] [MRS08] Odovzdanie do: (bude upresnené, cca koniec 11. týždňa) [18b] Práca na zadaní (na semestrálnom referáte): Meranie prevodovej charakteristiky. [1b] |
| 5. | prednáška 15.10.2025 | <ul style="list-style-type: none"> Riešenie diferenciálnych rovníc s využitím Laplaceovej transformácie - príklady. LTaTF Prenosová funkcia. |
| | cvičenie ut., str. | <ul style="list-style-type: none"> Práca na zadaní: Meranie prevodovej charakteristiky, voľba pracovného bodu. REF2:prevod2 [MRS08] [1b] |
| | cvičenie štv. | Študijné voľno 16.10.2025. |
| 6. | prednáška 22.10.2025 | <ul style="list-style-type: none"> Prenosová funkcia. LTaTF Modelovanie systémov – vlastnosti a charakteristiky systémov 1. rádu, 0. rádu a 2. rádu. |
| | cvičenie ut., str. | <ul style="list-style-type: none"> Analytické riešenie dif. rovníc – využitie Laplaceovej transformácie (prípadne aj metóda charakteristickej rovnice). ANAr via LT, DRtoLT cv6 [MRS09, MRS07, MRS04, KUT010] [2b] MATLAB Control System Toolbox – tf, impulse, step (ako riešenie špecifických nehomogénnych dif. rovníc s využitím LT), Možné prídavky: príkazy pole, zero, pzmap a generovanie signálov v Simulinku (subknížnica sources) |
| | cvičenie štv. | <ul style="list-style-type: none"> Práca na zadaní: Meranie prevodovej charakteristiky, voľba pracovného bodu. REF2:prevod2 [MRS08] [1b] |
| 7. | prednáška 29.10.2025 | <ul style="list-style-type: none"> Dokončenie predchádzajúcich tém a opakovanie pred semestrálnou písomkou. Úvod k témam URO a PID regulátor. [MRS10] |
| | cvičenie ut., str. | <ul style="list-style-type: none"> Práca na zadaní: Meranie prechodovej charakteristiky. REF3:pch1 [MRS08] [1b] |

| | | |
|-----|-------------------------|---|
| | cvičenie št看. | <div> ANAr via LT, DRtoLT cv6 </div> <ul style="list-style-type: none"> Analytické riešenie dif. rovníc – využitie Laplaceovej transformácie (prípadne aj metóda charakteristickej rovnice). <div> 2b </div> [MRS09, MRS07, MRS04, KUT010] MATLAB Control System Toolbox – tf, impulse, step (ako riešenie špecifických nehomogénnych dif. rovníc s využitím LT), Možné prídavky: príkazy pole, zero, pzmap a generovanie signálov v Simulinku (subknížnica sources) |
| 8. | prednáška 05.11.2025 | <ul style="list-style-type: none"> Semestrálna písomka |
| | cvičenie ut., str. | <div> REF4:pch2 </div> <ul style="list-style-type: none"> Práca na zadaní: Meranie prechodovej charakteristiky. Určenie hodnôt parametrov systému prvého rádu. <div> 1b </div> [MRS08] |
| | cvičenie št看. | <div> REF3:pch1 </div> <ul style="list-style-type: none"> Práca na zadaní: Meranie prechodovej charakteristiky. <div> 1b </div> [MRS08] |
| 9. | prednáška 12.11.2025 | <ul style="list-style-type: none"> URO a PID regulátor [MRS10] |
| | cvičenie ut., str. | <div> PID1 sim cv9 </div> <ul style="list-style-type: none"> Cvičenie deviate <div> 1b </div> [MRS11] |
| | cvičenie št看. | <div> REF4:pch2 </div> <ul style="list-style-type: none"> Práca na zadaní: Meranie prechodovej charakteristiky. Určenie hodnôt parametrov systému prvého rádu. <div> 1b </div> [MRS08] |
| 10. | prednáška 19.11.2025 | <ul style="list-style-type: none"> URO a PID regulátor [MRS10] |
| | cvičenie ut. | 18.11.2025 – vyučuje sa podľa rozvrhu na pondelok, cvičenie MRS nie je. |
| | cvičenie str. | <div> PID2 sim/real cv10 </div> <ul style="list-style-type: none"> Cvičenie desiate <div> 1b </div> [MRS12] |
| | cvičenie št看. | <div> PID1 sim cv9 </div> <ul style="list-style-type: none"> Cvičenie deviate <div> 1b </div> [MRS11] |

| | | | |
|-----|-------------------------|---|-----------------------------|
| 11. | prednáška 26.11.2025 | <ul style="list-style-type: none"> • Frekvenčné charakteristiky vo všeobecnosti • FCH ORO a vlastnosti URO • Poznámky: <ul style="list-style-type: none"> – Korekčné členy (lead-lag controller) – Implementácia PID regulátora | |
| | cvičenie str. | <ul style="list-style-type: none"> • Priestor pre dokončenie predchádzajúcich úloh podľa potreby. • Opakovanie pred skúškou – vzorové riešenie vybraných príkladov. | cv11 |
| | cvičenie ut, štv. | <ul style="list-style-type: none"> • Cvičenie desiate [MRS12] | PID2 sim/real cv10 [1b] |
| 12. | prednáška 03.12.2025 | <ul style="list-style-type: none"> • Priestor pre náhradný termín semestrálnej písomky... | |
| | cvičenie str. | <ul style="list-style-type: none"> • Nepovinné cvičenie (nevyužitá časová rezerva) • Priestor pre konzultácie... | |
| | cvičenie ut, štv. | <ul style="list-style-type: none"> • Priestor pre dokončenie predchádzajúcich úloh podľa potreby. • Opakovanie pred skúškou – vzorové riešenie vybraných príkladov. | cv11 |
| 13. | cvičenie ut. | <ul style="list-style-type: none"> • Nepovinné cvičenie (nevyužitá časová rezerva) • Priestor pre konzultácie... | |
| | cvičenie str. | <p>10.12.2025 – vyučuje sa podľa rozvrhu na štvrtok.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nepovinné cvičenie (nevyužitá časová rezerva) • Priestor pre konzultácie... | |

Odhad termínu skúšky: prvý týždeň skúškového obdobia
(začína 15.12.2025)
Prvý termín skúšky: 15.12.2025
Druhý termín skúšky: 30.01.2026

Odporúčaná literatúra

- [1] Karl Johan Åström a Richard M. Murray. *Feedback Systems: An Introduction for Scientists and Engineers*. Princeton University Press, jan. 2020. ISBN: 978-0-691-13576-2. URL: https://fbswiki.org/wiki/index.php/Main_Page.
- [2] Mikuláš Huba, Katarína Žáková a Peter Hubinský. *Teória systémov*. Dec. 2002. ISBN: SK- 80-227-1820-3. URL: https://www.researchgate.net/profile/Mikulas-Huba-3/publication/336119804_Teoria_systemov_Systems'_Theory/links/5d8f64c092851c33e9437d34/Teoria-systemov-Systems-Theory.pdf.
- [3] Božena Mihalíková a Ivan Mojsej. *Diferenciálne rovnice*. 2012. URL: https://umv.science.upjs.sk/analyza/texty/predmety/MAN2c/dif_rovnice.pdf.

- [4] Farid Golnaraghi a Benjamin C. Kuo. *Automatic Control Systems*. 9th. Wiley, 2009. ISBN: 0470048964,9780470048962.

Krátke učebné texty

Repozitár KUT na GitHub: <https://github.com/OkoliePracovnehoBodu/KUT>

Ďalšia literatúra

- [5] Shlomo Engelberg. *A mathematical introduction to control theory*. Series in electrical and computer engineering 2. Imperial College Press; Distributed by World Scientific, 2005. ISBN: 9781860945700,1-86094-570-8.
- [6] Robert H. Bishop; Richard C. Dorf. *Modern control systems*. 14. vyd. Pearson, 2022. ISBN: 9780137307258.
- [7] Abbas Emami-Naeini Gene Franklin J. Powell. *Feedback Control of Dynamic Systems (What's New in Engineering)*. 8. vyd. Pearson, 2018. ISBN: 9780134685717.
- [8] Ján Mikleš a Miroslav Fikar. *Process modelling, identification, and control*. 1. vyd. Springer, 2007. ISBN: 3540719695,9783540719694.
- [9] Stephen Boyd a Lieven Vandenberghe. *Introduction to Applied Linear Algebra: Vectors, Matrices, and Least Squares*. Cambridge University Press, 2018. ISBN: 1316518965,9781316518960. URL: <https://web.stanford.edu/~boyd/vmls/>.
- [10] Jaromír Kuben. *Obyčejné diferenciální rovnice*. 1995.
- [11] Josef Diblík et al. *Diferenciální rovnice a jejich použití v elektrotechnice*. 2010. URL: <https://www.umat.fekt.vut.cz/~svobodaz/MKC-DRE/>.
- [12] David E Edwards Charles Henry; Penney. *Elementary differential equations with boundary value problems*. 6. vyd. Pearson new international edition. Pearson Education, 2013. ISBN: 1292025336,9781292025339.

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