

**Modelovanie a simulácie v elektrotechnike****Rámcový časovo-tematický plán výučby predmetu**

Verzia 2 (9.3.2021)

(plán sa bude postupne spresňovať podľa priebežných znalostí, pokroku a skúseností študentov)

**Prednáša a cvičí:** doc. Ing. Viliam Fedák, PhD.

Prednáška: Štv 7:30 – 9:00, Cvičenie: (1) Štv: 9:10 – 10:40; (2) 10:50-12:20 online (Webex)

Študenti: ApE, 2. roč. Bc. štúdia, v LS 2021/22 (21 D + 5 KM)

Rozsah: 2/2

#	Prednášky	Cvičenia
1	<b>Úvod</b> 1. Náplň predmetu a súvis s ostatnými predmetmi 2. Podmienky k zápočtu a skúške 3. Vedenie prednášok a cvičení, pozvanie (Webex) Účasť na prednáškach a cvičeniach, poznámky, konzultácie Ako študovať, študijná literatúra, vyhľadavanie na internete Zadania, správa, prezentácia, obhajoba, zápočet, skúška 4. Používaná symbolika 5. Použitá matematika 6. Laplaceova transformácia 7. Prenosová funkcia, frekvenčné charakteristiky  <b>1. Dynamické vlastnosti základných prenosov</b> (Dynamické vlastnosti základných prvkov R, L, C) 1.1. Sústava I. rádu: prenosová funkcia, koreň, časová odozva, frekvenčné charakteristiky (Nyquist, Bode)	<b>MATLAB a Simulink</b> 1. prehľad, web stránky, informácie 2. toolboxy, verzia MATLABu 3. inštrukcie subplot, step, nyquist, bode 4. <b>1. Modelovanie a analýza vlastností sústavy I. rádu</b> Príklady elektrických obvodov (P a PD sústava I. rádu) – sériové a paralelné RL a RC dvojčlvy: model, LFCH 1.1. Modelovanie sériového RC (LC) obvodu v Simulinku Zobrazovanie výstupných veličín v Simulinku (mux, scope – nastavenie) Spolupráca MATLAB/Simulink - spustenie mdl z m-súboru z MATLABU, prenos údajov 1.2. Modelovanie sériového RC (LC) obvodu v MATLABe – prenosová funkcia, prechodová charakteristika, LFCH a vyšetřovanie dynamických vlastností.
2	1.2. RC, RL obvody. Zostavenie simulačných modelov 1.3. Sústava II. rádu 1.3.1. Štandardný prenos P-sústavy II. rádu vplyv $d$ a $w$ na polohu pólov, časové odozvy, frekvenčné charakteristiky a ich analýza 1.3.2. Vplyv derivačnej zložky na vlastnosti sústavy 1.4. RLC obvod 1.4.1. Sériový kmitavý RLC obvod. Vlastnosti obvodu pre rezonancii	<b>2. Analýza vlastností sústavy II. rádu.</b> 2.1. Modelovanie RLC obvodu v Simulinku a vyšetřovanie vlastností RLC obvodu prenosu pre: $d = \text{var.}, a \omega_0 = \text{konšt.}$ $d = \text{konšt.}, \omega_0 = \text{var.}$ (kreslenie viacerých priebehov do jedného grafu) 2.2. Úprava vlastností grafov (fontov a priebehov) pomocou editora a programovaním v MATLABe 2.3. Spolupráca MATLAB-Simulink 2.4. Zaznamenanie výsledkov do Wordu <b>Rozdelenie študentov na tímy (dvojice)</b>
3.	Samoštúdium	<b>Rozposlanie zadaní</b>
4	1.4.2. Paralelný kmitavý RLC obvod Rezonancia, simulačný model 1.5. Analýza ostatných základných prenosov – P, I, D: časové odozvy, frekvenčné charakteristiky 1.6. Sústavy vyšších rádov (III. a IV. rád – skladanie kmitov s rôznymi frekvenciami) 1.7. Konštrukcia logaritmických frekvenčných charakteristík	<b>3. Zostavovanie simulačných modelov. RLC obvody</b> 3.1. Použitie inštrukcií lsim, gensig, simplot 3.2. Vkladanie numerických hodnôt to reťazcových premenných (pre ich zápis v legend a title) 3.3. Modelovanie a vyšetřovanie vlastností sériového rezonančného obvodu RLC 3.4. Modelovanie a vyšetřovanie vlastností paralelného rezonančného obvodu RLC 3.5. Modelovanie prenosu rozpisom na sústavu DR 3.5.1. riešenie v MATLABe a 3.5.2. riešenie v Simulinku (pomocou integrátorov) <b>Tvorba simulačného modelu pre zadanie</b>
5	<b>2. Prenosové funkcie zložitejších elektrických obvodov</b> 2.1. Prenosové funkcie RC, RC štvorpólov 2.2. Prepočet zapojenia obvodu hviezda – trojuholník 2.3. Získanie prenosu obvodu metódou slučkových prúdov 2.4. Získanie prenosu metódou uzlových napätí Príklady na výpočet prenosu obvodu pomocou MSP a MUN	<b>4. Logaritmické frekvenčné charakteristiky</b> 4.1. Porovnanie riešenia charakteristík získaných pomocou inštrukcie Bode a klasickým výpočtom 4.2. Zostavenie programu pre kreslenie frekv. charakteristík pomocou inštrukcií plot, semilogx, semilogy 4.3. Príklady na zostavovanie asymptót LFCH zadaných prenosových funkcií

## Modelovanie a simulácie v elektrotechnike

		4.4. Analýza frekvenčných vlastností RL, RC štvopólov na základe LFCH <b>Konzultácie k zadaniam</b>
<b>6</b>	<b>3. Použitie inštrukcií symbolického toolboxu</b> 3.1. Úvod, deklarácie premenných 3.2. Derivácie a integrály. Substitúcia premenných 3.3. Riešenie sústav lineárnych a diferenciálnych rovníc 3.4. Grafické výstupy. Prechod do numerického MATLABu 3.5. Limita funkcie a Taylorov rad	<b>5. Riešenie prenosov elektrických obvodov symbolickým počtom v MATLABe</b> 5.1. Prehľad inštrukcií Symbolic Math toolbox pre maticový počet a pre riešenie obvodov 5.2. Program pre prepočet zapojenia obvodu Y–D 5.3. Príklady na riešenie LT symbolickým počtom 5.4. Zostavenie programu pre výpočet TF s použitím Symbolic Math toolboxu
<b>7</b>	<b>4. Modelovanie el. obvodov v stavovom priestore (SS)</b> 4.1. Stavový popis, stavová schéma 4.2. Prevody medzi SS a TF 4.3. Zostavenie stavových rovníc elektrických obvodov 4.4. Vlastné hodnoty systému	<b>6. Modelovanie v SS pomocou MATLABu</b> 6.1. Inštrukcie Control Toolboxu pre riešenie v SS 6.2. Aplikácie symbolického počtu re riešenie v SS 6.3. Analýza elektrického obvodu v stavovom priestore <b>Krátky kurz pre písanie a formátovanie technických správ</b>
<b>8</b>	<b>5. Modelovanie prenosu riešením DR</b> 5.1. Rozpis DR n-tého rádu na sústavu DR I. rádu 5.1.1. DR bez pravej strany 5.1.2. DR s pravou stranou 5.2. Rozpis DR dekompozíciou čitateľa a menovateľa prenosovej funkcie 5.3. Rôzne formy zostavenie stavového popisu rozpisom TF na sústavu DR	<b>7. Modelovanie prenosovej funkcie</b> 7.1. Modelovanie prenosu rozpisom na sústavu DR 7.2. Riešenie prenosu pomocou MATLABu (blkbuild) 7.3. Získanie prenosu systému z blokovej schémy (linmod)
<b>9</b>	<b>6. Fyzikálne modelovanie el. obvodov v Simscape</b> 6.1. Simscape: úvod knižnice prvkov (Foundation, Electrical – Elements, Sensors, Sources, Utilities, Driveline, Electrical) 6.2. Simulácia elektrického obvodu v Simscape	<b>8. Simulácia elektrických obvodov v Simscape</b> 8.1. Riešenie príkladov, prepojenie so Simulinkom <b>Prezentácia 1. časti zadani (matematický, simulačný a stavový model, výsledky analýzy pre rôzne parametre)</b>
<b>10</b>	<b>7. Grafický používateľský interfejs v MATLABe</b> 7.1. Objekty v GUIDE 7.2. Návrh jednoduchých GUI: kalkulačka, riešenie lineárnych rovníc, výpočet derivácia a integrálu) 7.3. Návrh GUI pre dynamický systém s použitím jednotlivých objektov 7.4. Integrovanie programu v MATLABe/Simulinku/Simscape do prostredia GUI	<b>9. Grafický používateľský interfejs v MATLABe</b> Pokračovanie návrhu GUI z prednášky <b>Konzultácie ku zadaniam</b>
<b>11</b>	<b>8. Filtrovanie signálov</b> 8.1. Rozdelenie analógových filtrov, základné parametre 8.2. Prehľad vlastností filtrov 8.2.1. Butherworthov filter 8.2.2. Chebyševov filter 8.2.3. Besselov filter 8.3. Aktívne filtre. 8.3.1. Prenos OZ s invert. a neinvertujúcim vstupom 8.3.2. Príklady aktívnych filtrov	<b>10. Filtrovanie signálov</b> 10.1. Overenie vlastností špeciálnych filtrov pomocou modelovania v MATLABe 10.2. Návrh filtrov pomocou inštrukcií Signal Processing toolbox a overenie ich vlastností 10.3. Online kalkulatory pre výpočet parametrov filtrov
<b>12</b>	<b>9. Harmonická analýza signálov</b> 9.1. Matematický popis harmonického signálu 9.2. Zlučovanie harmonických signálov s rôznym pomerom frekvencií 9.3. Rozklad neharmonického signálu na harmonické zložky 9.4. Fourierov rozvoj. Príklad rozkladu 9.5. Pravidlá pre zjednodušovanie výpočtov Fourierovho rovoja 9.6. Riešenie príkladov (obdĺžnikový a pilovitý priebeh)	<b>11. Analýza neharmonických signálov</b> 11.1. Skladanie signálov typu $A \cdot \sin + B \cdot \cos$ 11.2. Generovanie signálu z priebehov vyšších harmonických 11.3. Program pre Fourierov rozklad neharmonického signálu na HZ 11.4. Inštrukcie bar a stem 11.5. Zostavenie programu pre získanie frekvenčného spektra neharmonického signálu <b>Referáty: zaslanie súborov (doc, ppt, GUI, m-súborov)</b>

**Modelovanie a simulácie v elektrotechnike**

<b>13</b>	<b>Obhajoba referátov, zápočet</b>	<b>Obhajoba referátov, zápočet</b>
-----------	------------------------------------	------------------------------------

Zásobné témy (v prípade rozšírenia výučby)

	<b>10. Riešenie diferenciálnych rovníc (súhrn)</b> 10.1. Analógové metódy riešenia DR 10.2. Analytické riešenie DR pomocou LT 10.3. Numerické metódy riešenia DR 10.4. Riešenie DR pomocou riešiča (solver) 10.5. Riešenie DR symbolickým počtom	<b>12. Numerické riešenie DR pomocou MATLABu</b> 12.1. Algoritmy numerického riešenia DR 12.2. Aplikácie numerického riešenia DR, zostavenie programu pre numerické riešenie 12.3. Riešiče diferenciálnych rovníc v MATLABe 12.4. Program pre riešenie RLC obvodu popísaného diferenciálnymi rovnicami <b>Referáty: zaslanie súborov (doc, ppt, GUI, m-súborov)</b>
	<b>11. Riešenie nelineárnych systémov.</b> 11.1. Typické nelinearity 11.2. Linearizácia v pracovnom bode 11.3. Analýza základných typov nelineárnych prenosov	
	<b>12. Riešenie nelineárnych systémov.</b> 12.1. Typické nelinearity 12.2. Linearizácia v pracovnom bode 12.3. Analýza základných typov nelineárnych prenosov	
	<b>13. Redukcia rádu sústavy</b> 13.1. Redukcia rádu sústavy 13.2. zanedbaním dynamicky rýchlych častí 13.3. Redukcia rádu P sústavy III. rádu 13.4. Vplyv nuly prenosu na prenosové vlastnosti sústavy	
	<b>14. Prehľad web stránok aplikácie na riešenie elektrických obvodov, výpočet filtrov a pod</b>	

**Pozn.** Tento plán je maximalistický. Jeho konkrétna realizácia závisí od predchádzajúcich znalostí a šikovnosti poslucháčov a od prípadnej zmeny v organizácii štúdia (sviatky, dekanské voľno a pod.).

**Organizácia výučby a informácie**

- 1) Študenti musia chodiť na cvičenia pripravení – spravidla sa tam precvičuje látka z predchádzajúcej prednášky, príp. sa doplnia jej aplikácie. Príprava na cvičenie aj z predchádzajúcich sa bude náhodným spôsobom overovať zadávaním kontrolných otázok.
- 2) Základom pre štúdium predmetu sú poznámky z prednášok a cvičení, ktoré si môžu doplniť doplnené poznatkami z doporučenej literatúry, uloženej na vzdelávacom portáli.
- 3) V 2 – 3 týždni semestra dostane dvojica študentov zadanie, ktoré bude obhajovať v predposlednom týždni semestra (riešenie prenosu elektrického obvodu a analýza vlastností obvodu: doc, ppt, m-súbory, prezentácia). Očakáva sa, že študenti budú pracovať na referáte priebežne tak, ako sa postupne preberajú jednotlivé témy.
- 4) V 8. – 9. týždni semestra prebehne kontrola riešenia zadania –treba mať vypracovanú prvú časť správy (podľa šablóny) týkajúcu sa odvodenia matematického, simulačného a stavového modelu zadaného elektrického obvodu a analýza vplyvu zmeny parametrov na vlastnosti obvodu. Ku tomu treba spracovať správu a prezentáciu a spolu s príslušným m-súborom poslať vyučujúcemu najneskôr 24 hod pred začiatkom príslušnej výučby (pri poslaní v termíne pred 72 hod. do začiatku výučby je možnosť upozornenia na chyby).
- 5) Na konci semestra bude na portáli uložený prehľad látky.

## Modelovanie a simulácie v elektrotechnike

---

### Hodnotenie predmetu

#### Zápočet:

- Domáce zadanie: max. **40 b.** (rozdelenie bodov podľa vzájomnej dohody riešiteľov)
- Oneskorené odovzdanie - **2 b./** (za každý začatý kalendárny týždeň po zápočtovom týždni)
- Nepripravenosť na cvičenie - **(0,5 až 1) b./** za nesprávne zodpovedanú otázku (podľa závažnosti)
- Vynechanie cvičení
  - pri vynechaní prvého cvičenia – bez žiadnych dôsledkov,
  - pri vynechaní druhého cvičenia **-1 body** + spracovanie domácej úlohy z danej oblasti
  - pri vynechaní tretieho cvičenia **-2 body** + spracovanie domácej úlohy z danej oblastiUvedené referáty treba odovzdať max. do 2 týždňov odo dňa obdržania zadania (v elektronickej a tlačenej forme).
- pri vynechaní 4 cvičení študent nespĺňa podmienku danú predpismi FEI pre udelenie zápočtu (min. 75 % účasti na cvičeniach).

#### Skúška:

- 1) **Online** – písomné spracovanie zadaného príkladu, v ktorom sa nachádzajú jednotlivé časti preberanej látky.
- 2) **Ústna skúška** –hĺbkové overenie vedomostí z oblasti analýzy elektrických obvodov

Spracoval: *doc. Ing. Viliam Fedák, PhD.*, verzia 2 – 9.3.2021