

# Okruhy k SZZ – Mechatronika N-MET-P

## Tematický okruh: Mechanika a modelování

### Kinematika, dynamika a modelování

#### 1. Základní zákony mechaniky

- Newtonovy zákony,
- Pohyb po kružnici,
- Coriolisovo zrychlení,
- Ráz těles

#### 2. Přímá a inverzní kinematika otevřeného řetězce

- Formulace problému
- řešení fkine pomocí transformačních matic
- řešení ikine pomocí inverze jakobiánu

#### 3. Tvorba dynamického modelu mechanických systémů (Newton, Lagrangeovy rovnice)

- sestavení pohybových rovnic metodou uvolňování (Newton)
- sestavení pohybových rovnic pomocí Lagrangeových rovnic druhého druhu
- srovnání, řešení na počítači

#### 4. Kmitání lineárního mechanického systému s 1 st. volnosti

- volné tlumené kmitání (rovnice, řešení)
- kmitání buzené vnější harmonickou silou
- kinematicky buzené kmitání

#### 5. Numerické řešení ODE

- analytické vs. numerické řešení
- zapsat a zakreslit Eulerovu metodu. Naznačit Runge-Kutta.
- stiff systémy (co to je, příklad)
- rozdělení řešičů (solver) v MATLABu/Simulinku (variabilní/fixní krok, proč, stiff/nonstiff)
- zero crossing detectin, algebraická smyčka (co to je, proč)

#### 6. Modelování a simulace tření

- tření jako důležitá nelinearita v mech. systémech
- Coulombův model (statický model) - simulační obtíže. Tvar modelu vhodný pro simulaci, náhrady funkce sign.
- Dynamické modely (princip, intuitivní interpretace, příklad).

#### 7. Modelování fyzikálních systémů pomocí vazebních grafů

- analogie mezi doménami: mech, elektr., tepelné syst.,...
- příklad tepelného systému (zdroj, tep. odpor, tep. kapacita)
- na jaké to vede rovnice? (DAE, potřeba samostatného řešiče v Simulinku)
- SimScape
- pojem „akauzální model“ (proč, výhody a nevýhody)

## Pružnost, pevnost

### 8. Základní typy namáhání (Tlak/tah, Ohyb, Krut, Smyk)

- Rozložení napětí v příčném průřezu, napjatost v bodě tělesa (Tensor napětí)
- Vzpěrná stabilita

### 9. Základy odporové tenzometrie

- Princip tenzometru
- Zapojení do Wheatstonova mostu
- Základní typy zapojení
- Experimentální analýza – prostý tah/tlak, ohyb, krut
- Experimentální analýza – známé/neznámé směry hlavních napětí

## Tematický okruh: Elektrotechnika a elektronika

### 10. Blokové schéma el. pohonu.

- Definice elektrického pohonu, popis struktury, vazby mezi částmi pohonu
- třídění elektropohonů dle druhu pohybu, pracovních kvadrantů, dle druhu řízení, druhu elektromotoru,
- vysvětlit rozdíl mezi ovládáním a zpětnovazební regulací.
- Druhy čidel otáček a polohy používaných v pohonech.

### 11. Mechanické vlastnosti elektrického pohonu.

- Mechanické přechodové děje, moment setrvačnosti, mechanický výkon, energie hmotného tělesa v pohybu, pohybová rovnice,
- přepočty mechanických veličin na převodovkách (rotační/rotační, rotační/lineární), statické charakteristiky pracovních mechanismů,
- pracovní bod elektrického pohonu, stabilita.
- Mechanické charakteristiky trakčních vozidel (valivý odpor, odpor vzduchu, jízda do kopce).

### 12. Stejnoseměrný motor.

- Náhradní schéma, matematický model, statický, dynamický, diferenciální rovnice, blokové schéma.
- Konstrukce SS stroje, druhy buzení, druhy magnetů.
- Odvození statické zatěžovací charakteristiky, dynamické vlastnosti - přenosy, matematický model stroje s permanentními magnety a s budícím vinutím), vysvětlení časových konstant.
- Ztráty ve stejnosměrném stroji.

### 13. Elektrické pohony se stejnosměrnými motory.

- Typy používaných měničů (tyristorové řízené usměrňovače, tranzistorové měniče), činnost v různých pracovních kvadrantech pohonu, aktivní a pasivní zátěžný moment,
- možnosti rekuperace s ohledem na druh napájení (akumulátory, stejnosměrná trolej, rozvodná síť),
- druhy síťových napáječů tranzistorových měničů (usměrňovače, pasivní diodové, aktivní tranzistorové).
- Kombinovaná regulace napětím kotvy a buzením.

### 14. Tranzistorové měniče.

- DC/DC snižující měnič, jedno, dvou a čtyřkvadrantové zapojení, souvislost zapojení měniče s požadovanými pracovními kvadranty pohonu,

- průběhy napětí a proudů v jednotlivých částech měniče, výpočet zvlnění proudu, přenosová funkce měniče (zesílení, náhradní časová konstanta),
- druhy čidel proudů v měničích, jejich přenosy.
- Bipolární a unipolární řízení 4kvadrantového měniče, dimenzování polovodičů měniče.

#### **15. Tyristorové řízené usměrňovače.**

- Rozdělení usměrňovačů podle počtu pulsů, uzlová a můstková zapojení, zapojení s reverzací momentu, zapojení bez a s okruhovými proudy, invertorový chod, prohoření invertoru, cyklokonvertory, tyristorový usměrňovač jako dynamický člen v el. pohonech – přenos usměrňovače, chování ve spojitých a přerušovaných proudech, linearizace charakteristiky.

#### **16. Regulace proudu a otáček stejnosměrného pohonu,**

- popis kaskádní regulační struktury, sestavení přenosové funkce soustavy, elektromagnetická časová konstanta, elektromechanická časová konstanta,
- syntéza regulátorů proudu a otáček metodou OM a SO - vhodnost jednotlivých metod pro různé typy soustav, odvození přenosu poruchy, vliv zatěžovacího momentu na regulaci otáček.

#### **17. Pohony s asynchronními motory,**

- vlastnosti pohonů s AM, statické charakteristiky, jmenovitý bod pohonu, rozběh a brzdění asynchronních motorů, softstarty, možnosti regulace rychlosti, frekvenční řízení, U/f, odbuzování, skalární a vektorové řízení AM, měniče pro AM s proudovým a napěťovým meziobvodem, kroužkové motory, rotorový spouštěč, podsynchronní a nadsynchronní kaskáda.

#### **18. Pohony s EC motory a synchronními motory s PM.**

- Rozdíl mezi EC motorem a harmonickým strojem, průběhy proudů a snímání polohy u EC motoru, regulace proudu a otáček EC motoru.
- Snímání polohy a vektorové řízení harmonického stroje.
- Aplikační oblasti synchronních servopohonů.
- Zevrubný návrh EC motoru, volba počtu závitů, pólové krytí, volba tloušťky magnetů, reakce kotvy.

#### **19. Pohony se spínaným reluktančním motorem,**

- vysvětlení principu funkce spínaného reluktančního motoru, konstrukce, aplikační oblasti, popis charakteristických výhod a nevýhody, řízení SRM, spínací a vypínací úhel, vysvětlení provozu ve všech 4 kvadrantech.
- Schémata zapojení silových částí různých typů měničů pro SRM, různé počty fází a též vysvětlit plný a redukovaný počet spínacích prvků

#### **20. Poruchová odolnost řídicí elektroniky,**

- vnitřní a vnější zdroje rušení, 3 základní druhy rušivých vazeb v zařízeních silnoproudé elektrotechniky, způsoby jejich eliminace, doporučení pro konstrukční uspořádání zařízení s výkonovými měniči s ohledem na minimalizaci rušení.

#### **21. Základní pojmy a vztahy elektromagnetismu.**

- Základní veličiny používané v elektromagnetismu (magnetická indukce, vlastní a vzájemná indukčnost, magnetický odpor, ...). Základní vztahy používané při analýze elektromagnetických obvodů. Vysvětlení pojmu spřažený magnetický tok a jeho použití. Energie a koenergie v elektromagnetickém obvodu.

## 22. Jednofázový transformátor.

- Vysvětlení fyzikálního principu funkce jednofázového transformátoru. Matematický model jednofázového transformátoru. Základní provozní stavy jednofázového transformátoru a jim odpovídající rovnice.

## 23. Síla elektromagnetického původu.

- Způsoby výpočtu síly elektromagnetického původu (Lorentzova síla, Maxwellův napěťový tenzor, ...). Odvození elektromagnetické síly za předpokladu konstantního spřaženého magnetického toku a za předpokladu konstantního elektrického proudu. Kompletní dynamické rovnice elektromagnetu.

## 24. Stejnoseměrné stroje.

- Řez stejnosměrným strojem, popis vinutí. Vliv komutátoru na jednotlivé indukčnosti stejnosměrného stroje. Obecné dynamické rovnice stejnosměrného stroje. Stejnoseměrný stroj s cizím buzením, se sériovým buzením a s derivačním buzením – dynamické a statické rovnice, základní provozní vlastnosti.

## 25. Synchronní stroje.

- Dynamické rovnice synchronního motoru s permanentními magnety. Základní rozdíly mezi strojem s hladkým rotorem a s vyniklými póly. Fázorový diagram synchronního motoru s permanentními magnety pro různé pracovní stavy. Princip a význam transformace statorových napěťových rovnic do dvoufázové stacionární a rotační souřadnicové soustavy.

# Tematický okruh: Počítače a řízení

## Zpracování signálu

### 26. Měřicí řetězec

- schéma měřicího řetězce (popis jednotlivých částí)
- signálové přizpůsobení
- vzorkování signálu (simultánní, intervalové, Round-Robin)

### 27. Digitalizace

- Vzorkování, Nyquistova frekvence
- Aliasing
- Kvantování (Rozlišení a rozsah A/D převodníku, zesílení)

### 28. Konvoluce

- Dekompozice signálu, impulsní odezva systému
- Konvoluční stroj
- Konvoluční jádro

### 29. Diskrétní Fourierova transformace

- rozdělení transformací, předpoklady
- vlastnosti DFT
- aplikace DFT

### 30. Digitální filtrace

- rozdělení a popis filtru (dolní propust, horní propust, pásmová propust, pásmová zadrž, cutoff frekvence, frekvenční odezva)
- FIR / IIR filtry

### 31. Kalmanův filtr

- stavový popis, estimace stavů
- předpoklady pro použití KF, základní princip
- reprezentace stavů
- aplikace

### 32. Nelineární verze Kalmanova filtru

- základní principy
- EKF
- UKF

## Systemy a řízení

### 33. Základní vlastnosti lineárních systémů (bode, odezva na skok syst. 1. a 2. řádu, ...)

### 34. Linearizace nelineárních dynamických systémů

- Motivace – proč linearizujeme?
- Dva kroky = hledání rovnovážného stavu, linearizace kolem rovnovážného stavu.
- Hledání rovnovážného stavu: příklad (třeba kyvadlo s pružinou), implementace v prostředí Matlab/Simulink (příkaz trim).
- Linearizace - Implementace v prostředí Matlab/Simulink (2 metody – popsat jejich význam, příkaz linmod).

### 35. Řízení aktuátoru se zpětnou a dopřednou (feedforward) vazbou

- zpětná vazba = PID – vysvětlit jednotlivé složky a jejich význam
- jak najít parametry PID
- dopředné řízení (feedforward) – proč, jak (např. tření, pružina, a další nonlinearity)

### 36. Stavové řízení (princip, návrh matice zesílení, pozorovatel)

- stavový model, rovnice, význam matic
- kdy (pro jaké systémy) má st. řízení význam
- plná stavová zpětná vazba (matice K)
- jak se získá matice K
- stavový pozorovatel - proč se používá, druhy (Luenberg, Kalman).

### 37. Identifikace dynamických systémů

- Motivace: proč potřebujeme identifikovat systém?
- Definice pojmu „identifikace systému“, white, black a grey box modely.
- Odhad parametrů ARX modelu pomocí metody nejmenších čtverců (příklad).
- Problém šumu – vychýlení parametrů odhadu při použití ARX modelu na systém, jehož šum je OE.
- Nástroje: implementace v prostředí Matlab/Simulink (Simulink Parameter Estimation vs. System Identification).

### 38. RCP a HIL

- princip úloh, pozice ve V diagramu
- základní charakteristika RT výpočtů/simulací
- HW a SW prostředky

- technologie generování kódu, targets
- mikroprocesor vs. FPGA (výhody a nevýhody, způsob programování FPGA)
- periférie

## Umělá inteligence

### 39. Prohledávání stavového prostoru

- co je to stavový prostor, stav, přechody mezi stavy, příklad
- informované x neinformované prohledávání
- do hloubky, do šířky
- Dijkstrův algoritmus, A\* algoritmus a jeho varianty
- Teorie her, hra s nulovým součtem, min-max algoritmus

### 40. Stochastická optimalizace

- Klasická X stochastická optimalizace
- Genetický algoritmus, genotyp, fenotyp, ohodnocení
- Základní operátory
- Stochastická optimalizace s omezením
- Další heuristiky a jejich principy (ACO, particle swarm, ...)

### 41. Strojové učení

- Základní principy
- Učení s učitelem
- Učení bez učitele (SVM)
- Zpětnovazební učení
- Chybová funkce
- Regrese vs klasifikace

### 42. Umělé neuronové sítě vrstvené

- co je to umělá neuronová síť
- váhy, potenciál, aktivační funkce, topologie
- gradientní metoda, metoda zpětného šíření
- přeučení, regularizace, dropout
- hluboké neuronové sítě

### 43. Konvoluční umělé neuronové sítě

- Základní principy, prostorové uspořádání
- Konvoluční vrstva, sdílení vah
- Pooling vrstva
- Sémantická segmentace

### 44. Rekurentní neuronové sítě

- Analýza časových řad, metoda posouvajícího okna
- Klasická rekurentní síť, problémy spojené se zpětnou vazbou
- LSTM síť, princip, topologie, aplikace

### 45. Zpětnovazební učení

- Základní principy, Markovský rozhodovací proces
- Q-učení
- SARSA
- DQN

