

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet: Servomotorji
Course title: Servomotors

Študijski programi in stopnja

Aplikativna elektrotehnika, prva stopnja, visokošolski strokovni

Študijska smer

Avtomatika (smer)

Letnik

2. letnik

Semestri

Letni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:

64624

Predavanja	Seminar	Vaje	Klinične vaje	Druge oblike študija	Samostojno delo	ECTS
30		30			65	5

Nosilec predmeta/Lecturer:

Tomaž Jarm

Vrsta predmeta/Course type:

Obvezni- strokovni/compulsory professional

Jeziki/Languages:

Predavanja/Lectures:

Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Slovenščina

Pogoji za vključitev v delo oz. za opravljanje študijskih obveznosti:

Vpis v letnik. Pogoj za opravljanje pisnega izpita je pozitivna ocena laboratorijskih vaj. Pogoj za pozitivno oceno laboratorijskih vaj je uspešno opravljena in zagovorjena večina praktičnih nalog.

Prerequisites:

Enrolment in the year of the course. Positive grade for lab work is a prerequisite to enter the final exam. The majority of practical lab assignments must be successfully finished and defended (a report) to get a positive grade.

Vsebina:

Matematična orodja za opisovanje servomotorjev in elektromehanskih sklopov. Osnove delovanja električnih motorjev. Elektromehanske analogije, električni in mehanski parametri nekaterih pogosto uporabljenih vrst servomotorjev. Enosmerni servomotorji, krmiljeni z rotorskim tokom, izvedbe, izračun izgub in določanje prenosnih funkcij. Enosmerni motorji, upravljani s statorskim fluksom, osnovne lastnosti in prenosne funkcije. Segrevanje servomotorjev, toplotne prenosne funkcije in temperaturna odvisnost parametrov. Vpliv napajanja na odziv servomotorja. Resonančni pojavi elektromehanskih sklopov. Enosmerni motorji brez ščetk. Asinhronski izmenični servomotorji: princip delovanja in glavne lastnosti. . Koračni motorji s permanentnimi magneti, reluktančni motorji, hibridni koračni motorji. Statični moment in statična napaka položaja, maksimalni moment v odvisnosti od hitrosti. Napajalni viri in krmiljenje enosmernih, izmeničnih in koračnih motorjev. Fizikalne osnove hidravličnega pretoka tekočine pod tlakom. Hidravlični servomotorji, krilni, aksialno batni in radialno batni. Elektrohavrlični servokrmilniki, kombinacije in statične karakteristike sklopov krmilnik-motor. Analiza dinamičnih lastnosti. Prenosne funkcije hidravličnih in elektrohavrličnih

Content (Syllabus outline):

Mathematical tools for description of servomotors and electromechanical systems. Electric motor fundamentals. Electromechanical analogies, electrical and mechanical properties of some commonly used servomotor type. DC motors controlled by armature current and stator magnetic field: basic properties, implementations, calculation of losses, transfer functions. Heat losses, heat transfer function, temperature dependence of motor parameters. The impact of type of power supply on servomotor response. The resonance in a electromechanical system. Brushless DC motors. Asynchronous AC servomotors: physical principles of operation and main properties. Stepper motors: permanent magnet, variable reluctance and hybrid stepper motors; static moment and positioning error, torque-speed characteristic. Power supply and control of DC, asynchronous AC and stepper motors. Physics of hydraulic flow of fluid under pressure. Hydraulic servomotors of different types. Electrohydraulic controllers, different combinations and static characteristics of controllers and hydraulic-motors. Transfer function of hydraulic and electrohydraulic systems. Nonlinear properties of

sklopov. Nelinearnosti hidravličnih sklopov, Coulombovo trenje, linearizacija karakteristik.	hydraulic elements, Coulomb friction, linearization of characteristics.
--	---

Temeljna literatura in viri/Readings:

1. P. Kramar, T. Jarm. Servomotorji : zbirka rešenih nalog. izd. Ljubljana: Založba FE in FRI, 2014.
2. Hughes, Electric motors and drives, 4th ed., Newnes/Elsevier, 2013.
3. R. Firoozian, Servo Motors and Industrial Control Theory. Springer, 2008
4. N.D. Manring, Hydraulic control systems, Wiley, 2005.
5. S. Reberšek, Servomotorji, Fakulteta za elektrotehniko, 2011 (interno gradivo).
6. S. Reberšek, Hidravlična krmilja in servosistemi, Založba FER, Ljubljana, 1995

Cilji in kompetence:

Spoznati fizikalno ozadje delovanja, ter izvedbe in obratovalne lastnosti različnih vrst električnih in hidravličnih servomotorjev. Pridobiti znanje za matematično modeliranje in določanje prenosnih funkcij servomotorjev ter za uporabo posameznih vrst servomotorjev glede na zahteve.

Objectives and competences:

To learn about physical principles and working properties of various servomotor types (electric and hydraulic). To get insight into mathematical modeling and estimation of servomotor transfer function estimation and into application of different servomotor types with respect to their characteristics.

Predvideni študijski rezultati:

Po uspešno opravljenem predmetu na bi bili študenti zmožni:

- Opisati fizikalno ozadje delovanja različnih izbranih vrst motorjev (actuators) in zveze med vhodnimi električnimi ali hidravličnimi veličinami na eni in izhodnimi mehanskimi veličinami na drugi strani.
- Razložiti vpliv različnih parametrov na delovanje motorjev.
- Uporabiti prenosne funkcije za matematični opis zveze med krmilno in krmiljeno veličino pri motorju v odprti ali zaprti zanki.
- Uporabljati merilno inštrumentacijo na pravilen in varen način.
- Uporabiti izbrani motor kot aktuator v reguliranem servosistemu.
- Aplicirati matematično modeliranje elektromehanskih in elektrohidravličnih sistemov za opis delovanja teh sistemov

Intended learning outcomes:

After successful completion of the course, students should be able to:

- Describe physical background of operation of different selected types of motors (actuators) and relationships between the input electrical or hydraulic quantities and the output mechanical quantities.
- Explain the effect of different parameters on operation of motors.
- Apply transfer functions for mathematical description of relationship between the controlling and the controlled variable in open- and closed loop case.
- Use measurement instrumentation in a correct and safe manner.
- Apply the selected motor as actuator in a regulated servosystem.
- Apply mathematical modelling of electromechanical and electrohydraulic systems for description of operation of these systems.

Metode poučevanja in učenja:

Uporabljene bodo naslednje oblike poučevanja in študija: predavanja in laboratorijske vaje.
Predavanja: formalno podajanje ključnih elementov snovi; teoretična matematično podprta razlaga dopolnjena s slikovnim in filmskim gradivom ter računalniškimi simulacijami. Reševanje praktičnih računskih nalog iz analize delovanja servomotorjev kot priprava na izvedbo praktičnega dela.
Laboratorijske vaje: praktični del je sestavljen iz nalog (izvajajo se v parih študentov), ki se navezujejo na obravnavano snov na predavanjih, lahko pa delno tudi iz projektne naloge ki ni nujno vezana na predavanja. Praktično delo vključuje merjenje in določevanje statičnih in dinamičnih lastnosti motorjev ter preizkušanje delovanja elektromehanskih sklopov. Laboratorijske vaje zahtevajo od študentov samostojno

Learning and teaching methods:

The next teaching methods will be used: lectures and practical lab work.
Lectures: Formal transfer of fundamental knowledge and data using theoretical and mathematical explanations and supported with graphical tools (images, movies) and computer simulations. Exercises in solving problems concerning servomotor analysis and performance.
Lab work: practical assignments to support the material covered in lectures, on which the students work in pairs. Some of the lab work may be conducted in a form of larger mini-projects on topics not necessarily covered in lectures. Practical work consists of measurement and determination of static and dynamic properties of motors and of performance testing of electromechanical systems. The students are requested

predpripravo doma. Pri vseh praktičnih nalogah študenti izdelajo poročilo.	to self-study and to prepare for the assignment. Reports must be written for all practical assignments.
--	---

Načini ocenjevanja:	Delež/Weight	Assessment:
Način: laboratorijske vaje (lahko delno izvedeno kot projekt), izpit (pisni ali ustni ali kombinacija obeh oblik). Ocena 5 je negativna ocena, ocene od vključno 6 do 10 so pozitivne. Pozitivna ocena laboratorijskih vaj je pogoj za pristop k izpitu. Prispevki k oceni: laboratorijske vaje izpit Način: laboratorijske vaje (lahko delno izvedeno kot projekt), izpit (pisni in/ali ustni). Prispevki k oceni: laboratorijske vaje izpit		Type: laboratory exercises (can be partially realized as a project), exam (written, oral or a combination of both). Negative grade is 5, positive grades: from 6 to 10. Positive evaluation of laboratory exercises is a prerequisite for the exam. Contributions to final grade: laboratory exercises exam Type: laboratory exercises (can be partially realized as a project), exam (written and/or oral). Contributions to final grade: laboratory exercises exam
laboratorijske vaje	40,00 %	laboratory exercises
izpit	60,00 %	exam

Reference nosilca/Lecturer's references:

1. KRAMAR, Peter, **JARM, Tomaž**. Servomotorji : zbirka rešenih nalog. izd. Ljubljana: Založba FE in FRI, 2014.
2. **JARM, Tomaž**. Elektronika : priročnik za laboratorijske vaje. 3. popravljena in dopolnjena izd. Ljubljana: Založba FE in FRI, 2010.
3. Mali B, Žulj S, Magjarević R, Miklavčič D, **Jarm T**. Matlab-based tool for ECG and HRV analysis. Biomed. Signal Process. Control 10: 108-116, 2014.
4. MIKLAVČIČ, Damijan, SERŠA, Gregor, BRECELJ, Erik, GEHL, Julie, SODEN, Declan M., BIANCHI, Guiseppe, RUGGIERI, Pietro, ROSSI, Carlo Riccardo, CAMPANA, Luca G., **JARM, Tomaž**. Electrochemotherapy : technological advancements for efficient electroporation-based treatment of internal tumors. Medical & biological engineering & computing, 2012, vol. 50, no. 12, str. 1213-1225.
5. KRANJC, Matej, ŽUPANIČ, Anže, MIKLAVČIČ, Damijan, **JARM, Tomaž**. Numerical analysis and thermographic investigation of induction heating. Int. j. heat mass transfer. 2010, vol. 53, no. 17/18, str. 3585-3591.