

NAPREDNI HIDRAVLIČNI SISTEMI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	Napredni hidravlični sistemi
Course title:	Advanced Hydraulic Systems
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo, tretja stopnja, doktorski (od študijskega leta 2025/2026 dalje)	Konstruktivsko mehanske inženirske znanosti (smer)	1. letnik, 2. letnik	Celoletni	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0644446
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	7320

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorial s	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
90					160	10

Nosilec predmeta/Lecturer:	Franc Majdič
-----------------------------------	--------------

Izvajalci predavanj:	Franc Majdič
Izvajalci seminarjev:	
Izvajalci vaj:	
Izvajalci kliničnih vaj:	
Izvajalci drugih oblik:	
Izvajalci praktičnega usposabljanja:	

Vrsta predmeta/Course type:

Izbirni predmet/Elective course

Jeziki/Languages:

Predavanja/Lectures:

Angleščina, Slovenščina

Vaje/Tutorial:

Angleščina, Slovenščina

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

Veljajo splošni pogoji za doktorski študij.

General prerequisites for the third level studies.

Vsebina:**Content (Syllabus outline):**

Hidravlični udar, tlačne in hitrostne spremembe v cevovodu, diesel efekt in nenadne spremembe tlaka zaradi hitre spremembe volumna. Napredno krmiljenje hidravličnih sistemov in povezava z digitalnimi dvojčki, razvoj pametnih avtonomnih hidravličnih sistemov z izboljšano učinkovitostjo v skladu s trajnostnim razvojem in zelenimi tehnologijami. Napredno krmiljenje hidravličnih črpalk v povezavi z obremenitvijo, tlakom, močjo ali drugimi nastavljivimi parametri za izboljšanje skupnega izkoristka hidravličnih zaprtih tokokrogov. Diagnostika v hidravliki, digitalni dvojčki ter numerične simulacije delovanja sistemov za namene vzdrževanja posameznih komponent ter celotnih sistemov. Integracija senzorske tehnike v hidravličnih sistemih ter tolmačenje in analiza izmerjenih podatkov. Hidravlika na mobilnih strojih, visokotlačni sistemi, optimizacija komponent, inteligentni sistemi upravljanja. Vodna hidravlika, ekološko sprejemljive tekočine, analize obstojnosti komponent in sistemov pri uporabi v hidravliki z ekološko nespornimi hidravličnimi tekočinami. Optimizacija hidravličnih komponent, uporaba naprednih numeričnih programov za optimizacijo geometrije in delovanja hidravličnih komponent. 3D tisk v hidravliki, povezava tehnologij, potencial za optimizacij in izboljšanje karakteristik ter okoljske sprejemljivosti

Water hammer, pressure and velocity changes in pipelines, diesel effect and sudden pressure changes caused by rapid volume changes. Advanced control of hydraulic systems and integration with digital twins, development of smart autonomous hydraulic systems with improved efficiency in line with sustainable development and green technologies. Advanced control of hydraulic pumps in relation to load, pressure, power, or other adjustable parameters to improve the overall efficiency of closed hydraulic circuits. Diagnostics in hydraulics, digital twins, and numerical simulations of system operation for the purpose of maintaining individual components and entire systems. Integration of sensor technology in hydraulic systems and interpretation and analysis of measured data. Hydraulics in mobile machinery, high-pressure systems, component optimization, intelligent control systems. Water hydraulics, environmentally friendly fluids, analysis of component and system durability when using ecologically safe hydraulic fluids. Optimization of hydraulic components, use of advanced numerical programs for geometry and performance optimization of hydraulic components. 3D printing in hydraulics, technology integration, potential for optimizing and improving characteristics and environmental acceptability at both component and

<p>na nivoju posamezne hidravlične komponente kot tudi sistema kot celote. Uporaba naprednih, okoljsko in tribološko sprejemljivih, nekovinskih materialov za izdelavo hidravličnih komponent. Tribološke lastnosti materialnih parov v hidravliki, vpliv na segrevanje hidravlične kapljevine, notranje puščanje, odnašanje delcev v hidravlični sistem. Visokofrekvenčno večosno obremenjevanje s hidravličnimi aktuatorji. Digitalna hidravlika kot alternativa proporcionalnim hidravličnim sistemom, učinkovitost, upravljanje, potencial.</p>	<p>system levels. Use of advanced, environmentally and tribologically acceptable non-metallic materials for manufacturing hydraulic components. Tribological properties of material pairs in hydraulics, influence on fluid heating, internal leakage, and particle transport within the hydraulic system. High-frequency multi-axis loading using hydraulic actuators. Digital hydraulics as an alternative to proportional hydraulic systems - efficiency, control, and potential.</p>
---	--

Temeljna literatura in viri/Readings:

<ol style="list-style-type: none"> 1. N. D. Manring, R. C. Fales: Hydraulic Control Systems, Wiley, ZDA, 2020. [COBISS.SI-ID 40316933] 2. D. Findeisen, S. Helduser, Ölhydraulik: Handbuch der hydraulischen Antriebe und Steuerungen, 6. Auflage, Springer Verlag, 2015. 3. J. Pezdirnik , F. Majdič: Krmiljene črpalke in hidravlični motorji ter hidrostatični pogoni : seminarsko gradivo. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2006. [COBISS.SI-ID 9562651] 4. J. Stryczek, U. Warzynska: Advances in Hydraulic and Pneumatic Drives and Control, Springer Nature, 2020. Elektronski vir: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-59509-8
--

Cilji in kompetence:

Objectives and competences:

<p>Cilji:</p> <p>Študenti detajlno razumejo delovanje hidravličnih komponent, poznajo in razumejo napredna hidravlična krmilja in njihovo povezavo z digitalnimi dvojčki, razumejo pomen in delovanje hidravličnih diagnostičnih sistemov, znajo izvesti podrobno diagnostiko hidravličnih sistemov, poznajo področje digitalne hidravlike.</p> <p>Kompetence:</p> <p>Študent je usposobljen za samostojno znanstveno raziskovalno delo na področju hidravlike.</p>	<p>Goals:</p> <p>Students understand in detail the operation of hydraulic components, know and understand advanced hydraulic controls and their connection to digital twins, understand the importance and operation of hydraulic diagnostic systems, be able to perform detailed diagnostics of hydraulic systems, know the field of digital hydraulics.</p> <p>Competences:</p> <p>The student is qualified for independent scientific research work in the field of hydraulics.</p>
---	--

Predvideni študijski rezultati:**Intended learning outcomes:**

Študent je usposobljen za izvirno raziskovalno delo na področju hidravlike.	The student is qualified for original research work in the field of hydraulics.
---	---

Metode poučevanja in učenja:**Learning and teaching methods:**

<ul style="list-style-type: none"> • Seminarsko delo. • Konzultacije. • Študij s pomočjo priporočene literature. 	<ul style="list-style-type: none"> • Seminar work. • Consultations. • Study with the help of recommended literature.
---	---

Načini ocenjevanja:**Delež/Weight****Assessment:**

Ustni izpit.	70,00 %	Oral exam.
Poročilo o seminarskem delu.	30,00 %	Report on seminar work.

Ocenjevalna lestvica:**Grading system:**

5 - 10, pri čemer velja, da je pozitivna ocena od 6 - 10	5 - 10, a student passes the exam if he is graded from 6 to 10
--	--

Reference nosilca/Lecturer's references:**Franc Majdič:**

1. PETERNEL, Luka, ERZNOŽNIK, Matej, **MAJDIČ, Franc**, LJOKI, Alen. Flow control valve : EP 3051147 A1, 2016-08-03. München: Europäisches Patentamt, 2016. 9 f., ilustr. [COBISS.SI-ID 15480347], kategorija: SU (S), patent
2. TRAJKOVSKI, Ana, MATKOVIČ, Sebastjan, NOVAK, Nejc, NADEEM, Irfan, KALIN, Mitjan, **MAJDIČ, Franc**. Glycerol aqueous solutions for the enhanced tribological behaviour of polymer composites sliding against steel. *Tribology international*. Apr. 2024, vol. 192, [article no.] 109173, str. 1-11, ilustr. ISSN 1879-2464. DOI: [10.1016/j.triboint.2023.109173](https://doi.org/10.1016/j.triboint.2023.109173).
3. NOVAK, Nejc, TRAJKOVSKI, Ana, POLAJNAR, Marko, KALIN, Mitjan, **MAJDIČ, Franc**. Wear of hydraulic pump with real particles and medium test dust. *Wear*. [Print ed.]. Nov. 2023, vol. 532/533, str. 1-13, ilustr. ISSN 0043-1648. DOI: [10.1016/j.wear.2023.205101](https://doi.org/10.1016/j.wear.2023.205101).
4. STRMČNIK, Ervin, **MAJDIČ, Franc**, KALIN, Mitjan. Water-lubricated behaviour of AISI 440C stainless steel and a DLC coating for an orbital hydraulic motor application. *Tribology international*. Mar. 2019, vol. 131, str. 128-136, ilustr. ISSN 0301-679X. DOI: [10.1016/j.triboint.2018.10.032](https://doi.org/10.1016/j.triboint.2018.10.032).
5. PUSTAVRH, Jan, HOČEVAR, Marko, PODRŽAJ, Primož, TRAJKOVSKI, Ana, **MAJDIČ, Franc**. Comparison of hydraulic, pneumatic and electric linear actuation systems. *Scientific reports*. 2023, [vol.] 13, [article no.] 20938, str. 1-13, ilustr. ISSN 2045-2322. DOI: [10.1038/s41598-023-47602-x](https://doi.org/10.1038/s41598-023-47602-x).
6. HLADNIK, Jurij, **MAJDIČ, Franc**, ČELIK, Anže, JERMAN, Boris. Dependence of the preload on the tightening torque for hydraulic plugs. *Applied sciences*. 2024, vol. 14, iss. 24, [art. no.] 11920, str. 1-12, ilustr. ISSN 2076-3417. DOI: [10.3390/app142411920](https://doi.org/10.3390/app142411920).

7. TRAJKOVSKI, Ana, NOVAK, Nejc, PUSTAVRH, Jan, KALIN, Mitjan, **MAJDIČ, Franc**. Performance of polymer composites lubricated with glycerol and water as green lubricants. *Applied sciences*. 2023, vol. 13, iss. 13, str. 1-15, ilustr. ISSN 2076-3417. DOI: [10.3390/app13137413](https://doi.org/10.3390/app13137413).
8. NOVAK, Nejc, TRAJKOVSKI, Ana, KALIN, Mitjan, **MAJDIČ, Franc**. Degradation of hydraulic system due to wear particles or medium test dust. *Applied sciences*. 2023, vol. 13, iss. 13, str. 1-20, ilustr. ISSN 2076-3417. DOI: [10.3390/app13137777](https://doi.org/10.3390/app13137777).
9. STRMČNIK, Ervin, **MAJDIČ, Franc**, KALIN, Mitjan. Influence of a diamond-like carbon-coated mechanical part on the operation of an orbital hydraulic motor in water. *Metals*. Apr. 2019, vol. 9, iss. 4, f. 1-14, ilustr. ISSN 2075-4701. DOI: [10.3390/met9040466](https://doi.org/10.3390/met9040466).