

# TRANSMISIJE IN POGONI V INDUSTRIJI

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Transmisije in pogoni v industriji
<b>Course title:</b>	INDUSTRIAL POWER-TRAINS
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo - projektno aplikativni program, prva stopnja, visokošolski strokovni	Konstruiranje industrijskih sistemov (smer)	3. letnik	1. semester	obvezno

<b>Univerzitetna koda predmeta/University course code:</b>	0563471
<b>Koda učne enote na članici/UL Member course code:</b>	3054-V

Predavanja /Lectures	Seminar /Seminar	Vaje /Tutorials	Klinične vaje /Clinical tutorials	Druge oblike študija /Other forms of study	Samostojno delo /Individual student work	ECTS
30		30			40	4

<b>Nosilec predmeta/Lecturer:</b>	Jernej Klemenc, Simon Oman
-----------------------------------	----------------------------

<b>Vrsta predmeta/Course type:</b>	Izbirni strokovni predmet/Elective specialised course
------------------------------------	---

<b>Jeziki/Languages:</b>	Predavanja/Lectures:	Slovenščina
	Vaje/Tutorial:	Slovenščina

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

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Visokošolski strokovni študijski program I. stopnje Strojništvo - Projektno aplikativni program.	Meeting the enrollment conditions for the MECHANICAL ENGINEERING - Project Oriented Applied Programme.
--	--

### **Vsebina:**

1. Predavalnje: Bilanca sil in moči v industrijskih pogonih:
  - Upori in bremena kot ponori moči;
  - Pogonski stroj kot izvor moči;
  - Transmisija kot sestav komponent od izvora do ponora moči.
2. Predavanje: Vrste prenosa moči in možnosti za rekuperacijo energije:
  - Mehanski prenos moči;
  - Hidravlični prenos moči;
  - Električni prenos moči.
3. Predavanje: Vrste pogonskih strojev in njihove značilnosti:
  - Karakteristika idealnega pogonskega stroja;
  - Elektromotorji;
  - Motorji z notranjim zgorevanjem.
4. Predavanje: Gonila za mehanski prenos moči:
  - Kdaj potrebujemo različna prestavna razmerja v gonilih;
  - Diskretna prestavna razmerja;
  - Zvezno nastavljiva prestavna razmerja.
5. Predavanje: Gonila za mehanski prenos moči:
  - Značilnosti gonil z oblikovnim prenosom moči;
  - Izgube in samozapornost gonila;
  - Značilnosti gonil s tornim prenosom moči.
6. Predavanje: Pogonski sistemi z več izvori ali ponori moči:
  - Princip delitve moči iz enega izvora;
  - Princip sumacije moči iz več virov;
  - Distribuirani pogoni;
  - Problem sinhronizacije tokov moči.
7. Predavanje: Osnove planetnih gonil kot mehanskih sumatorjev ali delilnikov moči:
  - Vrste in oznake planetnih gonil;
  - Grafična določitev notranjih prestav enostavnega planetnega gonila;
  - Navori na gredeh planetnega gonila.

### **Content (Syllabus outline):**

1. Lecture: Force and power balance in industrial power-trains:
  - Resistors and loads as power consumers;
  - Driving engine as power source;
  - Transmission as an assembly of components between power source and power consumption.
2. Lecture: Power-transmission types and possibilities for energy recovery:
  - Mechanical transmissions;
  - Hydraulic transmissions;
  - Electric transmissions.
3. Lecture: Driving engine types and their output characteristics:
  - Characteristics of an ideal power source;
  - Electric motors;
  - Internal combustion engines.
4. Lecture: Mechanical transmission systems:
  - When different transmission ratios are needed in gearboxes;
  - Discrete transmission ratios;
  - Continuously variable transmissions.
5. Lecture: Mechanical transmission systems:
  - Characteristics of transmissions with geometric power transmission;
  - Power losses and self-locking;
  - Characteristics of transmissions with frictional power transmission.
6. Lecture: Transmission systems with multiple power sources and outputs:
  - Principle of power splitting from one source;
  - Principle of power summation from multiple sources;
  - Distributed transmissions;
  - Problem of power-flow synchronisation.
7. Lecture: Introduction to planetary gears as mechanical power summaters or splitters:

<p>8. Predavanje: Osnove planetnih gonil kot mehanskih sumatorjev ali delilnikov moči:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wolfova shema;</li> <li>- Zunanje prestave planetnega gonila;</li> <li>- Kotalna in sklopna moč planetnega gonila.</li> </ul> <p>9. Predavanje: Osnove planetnih gonil kot mehanskih sumatorjev ali delilnikov moči:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kombinirana planetna gonila.</li> </ul> <p>10. Predavanje: Primeri mehanskih menjalnikov:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ročni sekvenčni menjalnik;</li> <li>- Ročni menjalnik s predležno gredjo;</li> <li>- Avtomatski menjalnik z dvojno sklopko.</li> </ul> <p>11. Predavanje: Avtomatski menjalnik s pretvornikom navora:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ravigneaux planetno gonilo;</li> <li>- Hidravlični pretvornik navora;</li> <li>- Izgube pri prenosu moči.</li> </ul> <p>12. Predavanje: Usmerjanje navora v transmisiji z razvejišči:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Diferencialna gonila v transmisiji z razvejišči;</li> <li>- Uporaba visko-sklopke v transmisiji z razvejišči;</li> <li>- Vektoriranje navora.</li> </ul> <p>13. Predavanje: Električni hibridni prenosniki moči:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Zaporedni hibridni pogon;</li> <li>- Vzporedni hibridni pogon;</li> <li>- Kombinirani hibridni pogon.</li> </ul> <p>14. Predavanje: Hidravlični prenosniki moči:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hidrostatični prenosnik moči;</li> <li>- Hidrodinamični prenosnik moči.</li> </ul> <p>15. Predavanje: Kombinirani mehansko-hidravlični prenosnik moči:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Razcep in združenje tokov moči;</li> <li>- Zveznost prestavnega razmerja;</li> <li>- Inverzija smeri vrtenja in blokada hidravličnega toka moči;</li> <li>- Izkoristek transmisije.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Types and designations of planetary gears;</li> <li>- Graphical determination of internal (stable) gear ratios for a simple planetary gear;</li> <li>- Torques in shafts of the planetary gear.</li> </ul> <p>8. Lecture: Introduction to planetary gears as mechanical power summators or splitters:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Wolf's scheme;</li> <li>- Outer gear ratios of the planetary gear;</li> <li>- Rolling and swirching power in the planetary gear.</li> </ul> <p>9. Lecture: Introduction to planetary gears as mechanical power summators or splitters:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Combined planetary gears.</li> </ul> <p>10. Lecture: Examples of mechanical gearboxes:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Manual sequential gearbox;</li> <li>- Manual conventional gearbox;</li> <li>- Automatic dual-clutch gearbos.</li> </ul> <p>11. Lecture: Automatic gearbox with torque converter:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ravigneaux planetary gear;</li> <li>- Hydraulic torque converter;</li> <li>- Power losses during power transmission.</li> </ul> <p>12. Lecture: Torque vectoring in transmission with multiple branches:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Differential gear in transmission with multiple branches;</li> <li>- Application of visco-clutch in transmission with multiple branches;</li> <li>- Torque vectoring.</li> </ul> <p>13. Lecture: Electric hybrid power-trains:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Serial hybrid drive;</li> <li>- Parallel hybrid drive;</li> <li>- Combined hybrid drive.</li> </ul> <p>14. Lecture: Hydraulic power-trains:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hydrostatic hydraulic transmission;</li> <li>- Hydrodynamic hydraulic transmission.</li> </ul> <p>15. Lecture: Combined hydro-mechanical transmission systems:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Power splitting and summation;</li> <li>- Continuously variable transmission;</li> <li>- Inverter of angular velocity and</li> </ul>
---	---

	locking of hydraulic power flow; - Power efficiency.
--	---

### **Temeljna literatura in viri/Readings:**

Klemenc J. Dinamika vozil – učbenik. Ljubljana: UL, Fakulteta za strojništvo, 2019.

Wittel H., Jannasch D., Vossiek J., Spura C. Roloff/Matek Maschinenelemente – 23. Auflage. Springer Vieweg, 2017.

Granzow C. ZF Vector Drive – better driving dynamics and driving safety through Torque Vectoring. Praesentation Praktischer Entwurf mechatronischer Systeme, Karlsruhe 13.12.2013.

Flašker J., Pehan S. Prenosniki moči : učbenik. UM, Fakulteta za strojništvo, 2005.

### **Cilji in kompetence:**

**Cilji:**

Spoznati osnovne principe uravnoveženja moči pri industrijskih pogonih.

Spoznati različne variante transmisij in pogonov v industriji.

Spoznati kriterije za izbiro posameznih tipov industrijskih pogonov.

Spoznati delovne principe, koncipiranje in oblikovanje osnovnih mehanskih industrijskih pogonov.

Spoznati delovne principe naprednih industrijskih pogonov v smislu njihove uporabe.

**Kompetence:**

S1-PAP: Sposobnost uporabe pridobljenega znanja s področja industrijskih pogonov v praksi.

S10-PAP: Sposobnost strokovnega sporazumevanja in pisnega izražanja z obravnavanega področja.

S13-PAP: Sposobnost iskanja virov znanja, selekcija najdenih virov in uporaba tako pridobljenega znanja pri svojem delu.

P1-PAP: Razume fizikalne zakone in pojave, na katerih temelji funkcija mehanskih, hidravličnih in električnih pogonov.

P8-PAP: Obvlada osnovna in potrebna specifična znanja v izbrani študijski

### **Objectives and competences:**

**Objectives:**

To learn basic principles of power balancing in industrial power-trains.

To learn different types of transmission systems in the industry.

To train usage of the relevant criteria for selecting different types of industrial power-trains.

To learn work principles, conceptualisation and design of basic mechanical industrial power-trains.

To learn working principles of complex industrial power-trains from the viewpoint of their application.

**Competences:**

S1-PAP: The ability to use the attained knowledge of industrial power-trains in the practice.

S10-PAP: The ability to communicate professionally and express oneself in writing.

S13-PAP: The ability to find sources of knowledge, select among the available resources and use the knowledge acquired for one's work.

P1-PAP: Understanding the laws of physics and the phenomena behind the operating principles of mechanical, hydraulic and electric power-trains.

smeri (analiza in sinteza industrijskih pogonov).	P8-PAP: Mastering the basic and required specific knowledge from the selected study (analysis and synthesis of industrial power-trains).
---	--

<b>Predvideni študijski rezultati:</b>	<b>Intended learning outcomes:</b>
<p>Znanja:</p> <p>Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje na določenem področju, podprto s širšo teoretično in metodološko osnovo:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Razumevanje zveze med potrebami in viri moči v industrijskih pogonih.</li> <li>- Razumevanje teoretičnih in praktičnih osnov za izbiro, koncipiranje in oblikovanje nezahtevnih industrijskih pogonov.</li> <li>- Razumevanje delovanja naprednih industrijskih pogonov na nivoju njihove aplikacije.</li> </ul> <p>Spretnosti:</p> <p>S1.1 Izvajanje kompleksnih operativno-strokovnih opravil, ki vključujejo tudi uporabo metodoloških orodij:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Preračun zunanjih karakteristik mehanskih gonil.</li> <li>- Izdelava projektne ali nabavne dokumentacije za sestavne elemente industrijskih gonil.</li> </ul> <p>S1.2 Obvladovanje zahtevnih, kompleksnih delovnih procesov ob samostojni uporabi znanja v novih delovnih situacijah:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vodenje vzdrževalnih posegov različne pogonske sisteme v industriji.</li> </ul>	<p>Knowledge:</p> <p>Z1: Thorough professional theoretical and practical knowledge in a selected field of expertise that is supported with a broad theoretical and methodological basis:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Understanding relationship power sources and needs in industrial power-trains.</li> <li>- Understanding theoretical and practical basis for selection, conceptualisation and design of simple industrial power-trains.</li> <li>- Functional understanding of complex industrial power-trains at usage level.</li> </ul> <p>Skills:</p> <p>S1.1 Executing complex operational-professional tasks that incorporate usage of methodological tools:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Calculating output characteristics of mechanical power-trains.</li> <li>- Preparation of project or procurement documentation for components of industrial power-trains.</li> </ul> <p>S1.2 Mastering demanding and complex work processes by independent usage of knowledge in new working situations:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Managing maintenance activities for different industrial power-trains.</li> </ul>

<b>Metode poučevanja in učenja:</b>	<b>Learning and teaching methods:</b>
<p>P1: Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.</p> <p>P3: Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepí z računskimi primeri.</p> <p>P4: Laboratorijske vaje z namenskimi didaktičnimi pripomočki (prirejeni zobniški menjalniki in diferencialna gonila).</p>	<p>P1: Auditorial lectures with solving selected field-specific theoretical and applied use cases.</p> <p>P3: Auditorial exercises, in which theoretical content from the lectures is supplemented with practical examples.</p> <p>P4: Laboratory exercises with special-purpose didactic devices (modified gearboxes and differential gears).</p> <p>P8: Making and presenting applied</p>

P8: Izdelava in predstavitev aplikativnih seminarskih nalog.	seminar exercises.
P15: Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje.	P15: Application of videos for preparations to the lectures and exercises.

Načini ocenjevanja:	Delež/ Weight	Assessment:
Teoretična znanja (pisni kolokviji in izpit z opsijskim ustnim zagovorom).	50,00 %	Theoretical knowledge (written colloquia and exam with an optional oral examination).
Aplikativne seminarske naloge (poročila s predstavitvami).	10,00 %	Applied seminar exercises (reports with presentations).
Laboratorijske vaje (poročila).	10,00 %	Laboratory exercises (reports).
Avditorne vaje (poročila).	10,00 %	Auditorial exercises (reports).
Pisni preskus praktičnega znanja, osvojenega na vajah.	20,00 %	Written examination of practical knowledge that was acquired in exercises.

#### Reference nosilca/Lecturer's references:

Jernej Klemenc:

MIKLAVEC, Matej, **KLEMENC, Jernej**, KOSTANJEVEC, Andrej, FAJDIGA, Matija. Fatigue strength of a hybrid joint formed between a PA6-GF60 polymer matrix and a S420MC steel insert. Materials & design, Oct. 2013, vol. 51, str. 493-500, ilustr., doi: 10.1016/j.matdes.2013.04.058.

**KLEMENC, Jernej**, FAJDIGA, Matija. Simulating a Gaussian random process by conditional PDF. Engineering computations, 2011, vol. 28, no. 5, str. 540-556, doi: 10.1108/02644401111141000.

**KLEMENC, Jernej**, FAJDIGA, Matija. Improved modelling of the loading spectra using a mixture model approach. International journal of fatigue, 2008, letn. 30, št. 7, str. 1298-1313. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2007.08.024>.

**KLEMENC, Jernej**, FAJDIGA, Matija. Determining the material parameters of a polyurethane foam with a differential ant-stigmergy algorithm. V: The automobile in the second decade : sharing all energy solutions : final programme and exhibition catalogue. València: Universitat Politècnica. 2011, str. E21-1-E21-9.

ŠKRLEC, Andrej, FRANKO, Mitja, OMAN, Simon, ZOBEC, Peter, NAGODE, Marko, **KLEMENC, Jernej**. Numerical fatigue-life prediction for a trailing arm BMW-UKL : final report. Ljubljana: Faculty of Mechanical Engineering, 2016. 133 f.

Simon Oman:

**OMAN, Simon**, FAJDIGA, Matija, NAGODE, Marko. Estimation of air-spring life based on accelerated experiments. Materials & design, ISSN 0264-1275, 2010, vol. 31, iss. 8, str. 3859-3868, doi: 10.1016/j.matdes.2010.03.044.

**OMAN, Simon**, NAGODE, Marko. The influence of piston shape on air-spring fatigue life. Fatigue & fracture of engineering materials & structures, ISSN 8756-

758X, 2018, vol. 41, iss. 5, str. 1019-1031, ilustr.

<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ffe.12748/epdf>, doi: 10.1111/ffe.12748.

GOSAR, Aleš, NAGODE, Marko, **OMAN, Simon**. Continuous fatigue damage prediction of a rubber fibre composite structure using multiaxial energy-based approach. *Fatigue & fracture of engineering materials & structures*, ISSN 8756-758X, Jan. 2019, vol. 42, iss. 1, str. 307-320, ilustr.

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/ffe.12908>, doi: 10.1111/ffe.12908.

**OMAN, Simon**, NAGODE, Marko. Določitev dobe trajanja zračnih vzmeti = Air springs service life determination. *Svet strojništva*, ISSN 1855-6493, nov. 2016, letn. 5, št. 4/5, str. 14-20, ilustr.

ŠKRLEC, Andrej, FRANKO, Mitja, **OMAN, Simon**, ZOBEC, Peter, NAGODE, Marko, KLEMENC, Jernej. Numerical fatigue-life prediction for a trailing arm BMW-UKL : final report. Ljubljana: Faculty of Mechanical Engineering, 2016. 133 f., graf. prikazi.