

## UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

<b>Predmet:</b>	Elektrotehnika
<b>Course title:</b>	ELECTRICAL ENGINEERING
<b>Članica nosilka/UL Member:</b>	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri
Strojništvo - razvojno raziskovalni program, prva stopnja, univerzitetni	Ni členitve (študijski program)	1. letnik	2. semester

**Univerzitetna koda predmeta/University course code:** 0562748

**Koda učne enote na članici/UL Member course code:** 2011-U

Predavanja	Seminar	Vaje	Klinične vaje	Druge oblike študija	Samostojno delo	ECTS
30		30			40	4

**Nosilec predmeta/Lecturer:** Marjan Jenko

**Vrsta predmeta/Course type:** Obvezni splošni predmet /Compulsory general course

**Jeziki/Languages:**

Predavanja/Lectures:	Slovenščina
Vaje/Tutorial:	Slovenščina

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

**Prerequisites:**

Izpolnjevanje pogojev za vpis v Univerzitetni študijski program I. stopnje Strojništvo - Razvojno raziskovalni program.

Meeting the enrollment conditions for the Academic study programme of Mechanical Engineering - Research and Development program.

**Vsebina:**

**Content (Syllabus outline):**

. Predavanje: Uvodno predavanje

- elektrotehniške veličine in enote in simboli
- viri električne energije
- učinek električnega toka na telo in zaščita - varovalke, ozemljitev, osebna zaščita
- Kirchhoffov napetostni in tokovni zakon
- vzporedno zaporedne vezave (operatorja ||, +), napetostni in tokovni delilnik
- realni napetostni in realni tokovni vir, notranja upornost vira, maksimalni prenos moči v breme

1st Lecture: Introduction

- Quantities, units, and symbols in electrical engineering.
- Electric energy sources.
- Effects of electric current on the human body. Protection means: fuse, grounding, personal protection.
- Kirchhoff voltage and current law.
- Parallel and series circuits (operators ||, +), voltage and current divider.

<p>2. Predavanje: Analiza električnega vezja z enosmernimi napetostmi in tokovi</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• superpozicija in poenostavitve (Thevenin, Norton, zvezda-trikot)</li> <li>• računalniške metode analize (vejni, zančni tokovi, vozliščni potenciali)</li> </ul> <p>3. Predavanje: Delo z izmenično napetostjo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• značilke izmenične napetosti: perioda, frekvenca, vršna, srednja in efektivna vrednost</li> <li>• generiranje izmenične napetosti</li> <li>• izmenična napetost v transformatorjih, prenosnih sistemih, električnih strojih</li> </ul> <p>4. Predavanje: Kondenzator in tuljava</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• električne značilke, izvedbe in uporabnost kondenzatorja in tuljave</li> <li>• nadomestne vrednosti v vezavah kondenzatorjev in tuljav, delilniki napetosti in toka</li> <li>• polnjenje in praznjenje kondenzatorja in tuljave (časovni konstanti RC in GL)</li> <li>• računalniške metode analize RLC vezja</li> <li>• reaktanca in susceptanca kondenzatorja in tuljave</li> <li>• delovna, jalova in navidezna moč</li> </ul> <p>5. Predavanje: Kompleksna upornost RLC vezij in načrtovanje sistema za prenos električne energije</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• impedanca in admitanca kondenzatorja, tuljave, upora</li> <li>• kazalčni diagram,</li> <li>• nihajni krog,</li> <li>• rezonanca,</li> <li>• uporabe rezonance (nihanje, elektro prenosni sistem – kompenzacija jalove energije).</li> </ul> <p>6. Predavanje: Magnetni zakoni, pravila, enačbe</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• gostota magnetnega pretoka B, magnetni pretok <math>\Phi_M</math>, magnetna poljska jakost H</li> <li>• magnetno vezje</li> <li>• magnetilna krivulja</li> <li>• Amperov zakon</li> <li>• Biot Savartov zakon</li> <li>• Lenzovo pravilo</li> <li>• Maxwellove enačbe</li> </ul> <p>7. Predavanje: Električni stroji 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• elektromagnet</li> <li>• transformator</li> <li>• linearni elektromotor, bremenska karakteristika linearnega elektromotorja</li> <li>• generator enosmerne električne napetosti</li> <li>• generator izmenične električne napetosti</li> <li>• alternator</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Voltage and current source, internal resistance of the source, maximum power transfer theorem.</li> </ul> <p>2nd Lecture: DC analysis of electric circuits</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Superposition and simplifications (Thevenin, Norton, Wye-to-Delta conversion).</li> <li>• Branch, loop, and node analyses.</li> </ul> <p>3rd Lecture: AC voltage</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AC voltage parameters: cycle, frequency; peak, mean, and effective value.</li> <li>• AC voltage sources.</li> <li>• AC voltage in transformers, power grids, and electric machines.</li> </ul> <p>4th Lecture: Capacitor and inductor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electrical properties, implementations and use of capacitors and inductors.</li> <li>• Total capacitance of serial and parallel connected capacitors. Total inductance of serial and parallel connected inductors. Voltage dividers, current dividers.</li> <li>• Charging and discharging of a capacitor, charging and discharging of an inductor (time constants RC and GL).</li> <li>• Difference equations of RLC circuits.</li> <li>• Reactance X and susceptance B of a capacitor and of an inductor.</li> <li>• True, reactive and apparent power.</li> </ul> <p>5th Lecture: Impedance of an RLC circuit and reactive power in a power grid.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Impedance Z and admittance Y of a capacitor C, inductor L, and resistor R.</li> <li>• Complex plane.</li> <li>• RLC oscillator.</li> <li>• Resonance.</li> <li>• Local compensation of reactive power in a power grid.</li> </ul> <p>6th Lecture: Magnetism</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• magnetic flux density B, magnetic flux <math>\Phi_M</math>, and magnetic field density H.</li> <li>• Magnetic circuit.</li> <li>• Magnetic hysteresis curve B-H.</li> <li>• Ampere's law.</li> <li>• Biot Savart's law.</li> <li>• Lenz's law.</li> <li>• Maxwell's equations.</li> </ul> <p>7th Lecture: Electric machines 1</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Electromagnet.</li> <li>• Transformer.</li> <li>• Linear electric motor and its load curve.</li> </ul>
---	--

## 8. Predavanje: Električni stroji 2

- uporaba magnetne sile za vrtenje
- elektromotor s komutatorjem
- asinhroni elektromotor
- sinhroni elektromotorji
- elektromotorni sistem - motor, napajanje, povratna vezava
- izbira elektromotorja, elektromotornega sistema

## 9. Predavanje: Polprevodniške strukture 1

- polprevodnik, elektroni in vrzeli
- dioda: signalna, močnostna, Zenerjeva, LED, fotodioda, varicap dioda – njihove značilke, uporaba diod
- bipolaren tranzistor: delovanje, model, uporaba
- FET: delovanje, model, uporaba
- MOS: delovanje, model, uporaba
- IGBT: delovanje, model, uporaba
- optoelementi: delovanje, uporaba

## 10. Predavanje: Polprevodniške strukture 2

- tiristor: delovanje, uporaba
- triac: delovanje, uporaba
- karakteristike tranzistorjev
- ojačevalne stopnje z bipolarnim tranzistorjem
- usmerniška vezja, DC-DC pretvorniki, razsmerniška vezja

## 11. Predavanje: Digitalna vezja 1

- tranzistor v funkciji stikala
- logična vrata na nivoju tranzistorjev
- spominski element (D flip-flop) na nivoju tranzistorjev
- napetostni nivoji in časovne zahteve TTL in CMOS logičnih družin
- načrtovanje digitalnega avtomata z logičnimi vrati in flip-flopi
- izdelava digitalnega avtomata v tehnologiji FPGA

## 12. Predavanje: Digitalna vezja 2

- protokoli komuniciranja med komponentami računalniškega sistema
- značilnosti, zgradbe, načrtovanje perifernih enot, mikroprocesorja, mikrokontrolerja in mikroračunalnika.
- uporabnost mikroračunalnikov Raspberry Pi in iz programa Arduino

## 13. Predavanje: Analogna vezja

- Operacijski ojačevalnik:
- uporaba in statične lastnosti
- frekvenčna karakteristika, produkt ojačenja in pasovne širine (GBW) operacijskega ojačevalnika
- stabilnost funkcijskega bloka z inherentno povratno

- DC generator.
- AC generator.
- Alternator.

## 8th Lecture: Electric machines 2

- Use of magnetic force for rotation.
- DC motor with a commutator.
- Asynchronous motor.
- Synchronous motors.
- Electromotive system – inverter, motor, and feedback loop.
- Selection of the motor, and of the electromotive system.

## 9th Lecture: Semiconductor devices 1

- Semiconductor - electrons and holes.
- Diode: signal, power, Zener, LED, photo, varicap – characteristics and use.
- Bipolar transistor: functioning, model, and use.
- FET: functioning, model, and use.
- MOS: functioning, model, and use.
- IGBT: functioning, model, and use.
- Optocoupler: functioning, and use.

## 10th Lecture: Semiconductor devices 2

- Thyristor: functioning, and use.
- Triac: functioning, and use.
- Transistor characteristic curves.
- Amplifier stage with a bipolar transistor.
- Rectifier, DC-DC converter, inverter.

## 11th Lecture: Digital circuits 1

- Transistor switch.
- Logic gates – transistor circuits.
- D flip-flop – a transistor circuit.
- Voltage levels and timing constraints in TTL and CMOS logic circuits.
- Finite state machine design with logic gates and flip-flops.
- Use of an FPGA for design of a Digital automaton.

## 12th Lecture: Digital circuits 2

- Data exchange protocols.
- Design, working, and schematics of microprocessor, microcontroller, microcomputer, and peripherals.
- Use of microcomputer Raspberry Pi and Arduino circuits.

## 13th Lecture: Analog circuits

- Operational amplifier:
- purpose and DC characteristics,
- frequency response, gain-bandwidth product,
- internal schematics,
- stability of a feedback system.

<p>vezavo</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• notranja shema diferencialnega ojačevalnika</li> <li>• sinusni oscilator z operacijskim ojačevalnikom</li> <li>• množenje signala s konstanto (ojačevalnik signala)</li> <li>• skalirano seštevanje signalov</li> <li>• napetostni regulator</li> </ul> <p>14. Predavanje: Meritve signalov</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• meritve analognih in digitalnih veličin</li> <li>• napetostni sledilnik (realni napetostni vir z majhno notranjo upornostjo )</li> <li>• instrumentalni operacijski ojačevalnik</li> <li>• preslikava električne napetosti v električni tok</li> <li>• detektor vršne vrednosti signala</li> <li>• integriranje in odvajanje signala</li> </ul> <p>15. Predavanje: Vmesnik med digitalnim in analognim vezjem</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AD in DA pretvorba: ločljivost, linearnost, hitrost pretvorbe, minimalna frekvenca vzorčenja, bitna pretvorba, sheme AD in DA pretvornikov</li> <li>• frekvenčni filtri RLC: nizkopasovni RC in RL in drugi filtri.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Circuits with an operational amplifier:</li> <li>• sine wave oscillator,</li> <li>• signal multiplier (amplifier),</li> <li>• adder of scaled signals,</li> <li>• voltage regulator.</li> </ul> <p>14th Lecture: Voltage measurements</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analog and digital measurements.</li> <li>• Voltage follower (voltage controlled voltage source with small output impedance).</li> <li>• Instrumentation amplifier.</li> <li>• Mapping of current to voltage and vice versa.</li> <li>• Peak voltage detection.</li> <li>• Voltage integration and derivation.</li> </ul> <p>15th Lecture: 15. Analog / digital interface</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• AD and DA conversion: resolution, linearity, speed, minimum sampling frequency, schematics of AD in DA converters.</li> <li>• - RLC filters: low-pass RC and RL, and other filters.</li> </ul>
---	---

#### Temeljna literatura in viri/Readings:

1. M. Jenko, Elektrotehnika, izdaja, U.Lj., FS, 2014, ISBN 978-961-6536-79-0
2. R. Fischer, R. Linse, Elektrotechnik fuer Maschinenbau, 14. izdaja, Springer Vieweg, 2012, ISBN 978-3-8348-8304-9
3. T. L. Floyd, Principles of Electric Circuits, 9. izdaja, Pearson Education Limited, 2014, ISBN 978-1-292-02566-7

#### Cilji in kompetence:

##### Cilji:

1. Usposobljenost za delo z elektrotehničskimi instrumenti. Samostojne meritve električnih veličin.
2. Razumevanje in upoštevanje varnostnih ukrepov pri delu z električno energijo.
3. Spoznati teorijo električnih vezij.
4. Razumevanje energijskih pretvorb v električnih strojih.
5. Razumevanje delovanja pasivnih in aktivnih elementov električnih vezij.

##### Kompetence:

1. S6-RRP + S9-RRP + P6-RRP: Uporaba elektrotehniških instrumentov, merjenje električnih veličin in merjenje okoljskih spremenljivk s pretvorniki v električne veličine.
2. P2-RRP + P6-RRP: Izdelava in branje načrta električne inštalacije.
3. P1-PAP: Specificiranje elektromotorja za zahteve električnega pogona.

#### Objectives and competences:

##### Objectives:

1. Proficiency in working with electrical instruments. Self-reliant measurements of electrical quantities.
2. Understanding and adhering to safety guards when working with electric power.
3. To understand the theory of electrical circuits.
4. Understanding energy conversion in electrical machines.
5. Understanding the operation of passive and active elements of electrical circuits.

##### Competences:

1. S6-RRP + S9-RRP + P6-RRP: Use of electrotechnical instruments, measurement of electrical quantities and measurement of environmental variables by converters to electrical quantities.
2. P2-RRP + P6-RRP: Drawing up and reading an electrical installation plan.
3. P1-PAP: Specification of electric motor for electric

4. S6-RRP + P1-RRP + P3-RRP: Razumevanje energetskih pretvorb v električnih strojih.	drive requirements. 4. 4. S6-RRP + P1-RRP + P3-RRP: Understanding energy conversion in electrical machines.
--	--

#### **Predvideni študijski rezultati:**

<p>Znanja:</p> <p>Z1: Poglobljeno strokovno teoretično in praktično znanje osnov elektrotehnike.</p> <p>Spretnosti:</p> <p>S1.1: Uporaba elektrotehniških inštrumentov. Varovanje pred električno energijo.</p> <p>S1.2: Meritve procesnih spremenljivk s pretvorniki v električne veličine. Merjenje električnih veličin.</p> <p>S1.4: Razumevanje energetskih pretvorb v električnih strojih. Uporaba teorije električnih vezij za delo z električnimi signali.</p>	<p>Knowledge:</p> <p>Z1: Theoretical and practical knowledge of the electrical engineering fundamentals.</p> <p>Skills:</p> <p>S1.1: Use of electrotechnical instruments. Protection against electric power.</p> <p>S1.2: Measurements of process variables by converters to electrical quantities. Measurements of electrical quantities.</p> <p>S1.4: Understanding energy conversion in electrical machines. Use of electrical circuit theory for work with electrical signals.</p>
---	--

#### **Metode poučevanja in učenja:**

<p>P1 Avditorna predavanja z reševanjem izbranih - za področje značilnih - teoretičnih in praktično uporabnih primerov.</p> <p>P2 Obravnava snovi po urejeni in vnaprej razloženi sistematiki.</p> <p>P3 Avditorne vaje, kjer se teoretično znanje s predavanj podkrepi z računskimi primeri.</p> <p>P4 Laboratorijske vaje z namenski didaktični pripomočki – Napetostni vir. signalni generator, osciloskop, RLC vezja, merilnik UIR.</p> <p>P5 Uporaba študijskega gradiva v obliki e-knjige.</p> <p>P14 Virtualni eksperimenti.</p> <p>P15 Uporaba video vsebin kot priprava na predavanja in vaje.</p>	<p>P1 Lectures, that include solving theory-wise challenging and practice-wise most useful examples.</p> <p>P2 Course work by an orderly and pre-explained systematics.</p> <p>P3 Class work, where theoretical knowledge from lectures is supported by computational examples.</p> <p>P4 Laboratory work with dedicated teaching aids - Voltage source. Signal generator, oscilloscope, RLC circuits, UIR meter.</p> <p>P5 Use of e-book study materials.</p> <p>P14 Virtual experiments.</p> <p>P15 Use of video content in preparation for lecture and class work.</p>
---	---

#### **Načini ocenjevanja:**

#### **Delež/Weight**

#### **Assessment:**

Izpit.	70,00 %	Exam.
Samostojno delo na vajah.	10,00 %	Class work.
Laboratorijsko delo na vajah (vključno s poročili).	20,00 %	Laboratory work.

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

Marjan Jenko
--------------

1. ŠTEFE, Blaž, **JENKO, Marjan**. Modeling of insulation paper damage in the assembly of a solid slot winding. IEEE access. 2020, vol. 8, p. 27831-27850, ilustr. ISSN 2169-3536.  
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8984326/authors#full-text-header>, DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2971678. [COBISS.SI-ID 17045275]
2. PODRŽAJ, Primož, **JENKO, Marjan**. A fuzzy logic-controlled thermal process for simultaneous pasteurization and cooking of soft-boiled eggs. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems. [Print ed.]. May 2010, vol. 102, iss. 1, str. 1-7. ISSN 0169-7439. [COBISS.SI-ID 11219739]
3. **JENKO, Marjan**. Razmerna izvedba precizne in časovno stabilne temperaturne meritve, potrebne za precizno temperaturno regulacijo. V: SEMTO - posveti. Konferenca SEMTO 2008 Senzorji in aktuatorji, Institut "Jožef Stefan", 4. in 5. junij 2008. Ljubljana: Zavod TC SEMTO, 2008. Str. 12. [COBISS.SI-ID 10545947]
4. **JENKO, Marjan**. Development of an analog simulator for the transient analysis of electric circuits, with the aim of teaching circuit phenomena by simulating equations. V: BILJANOVIĆ, Petar (ur.). MIPRO 2012 : 35th International Convention, May 21-25, 2012, Opatija - Adriatic Coast, Croatia : mipro proceedings. MIPRO 2012, 35th International Convention, May 21-25, 2012, Opatija - Adriatic Coast, Croatia. Rijeka: Croatian Society for Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics - MIPRO, cop. 2012. Str. 66-71, ilustr. MIPRO ... (CD-ROM). ISBN 978-953-233-069-4, ISBN 978-953-233-070-0, ISBN 978-953-233-071-7. ISSN 1847-3946. [COBISS.SI-ID 12495643]
5. **JENKO, Marjan**. Razvoj interaktivnih svetil za ekstremne razmere : končno poročilo o doseženih ciljih. [Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2019]. 17 f., graf. prikazi. [COBISS.SI-ID 16947483]