TERMOENERGETSKI SISTEMI

UČNI NAČRT PREDMETA/COURSE SYLLABUS

Predmet:	TERMOENERGETSKI SISTEMI
Course title:	THERMAL POWER SYSTEM
Članica nosilka/UL Member:	UL FS

Študijski programi in stopnja	Študijska smer	Letnik	Semestri	Izbirnost
Strojništvo, tretja stopnja, doktorski	Energetske, procesne in okoljske inženirske znanosti (smer)	1. letnik, 2. letnik	Celoletni	izbirni

Univerzitetna koda predmeta/University course code:	0033454
Koda učne enote na članici/UL Member course code:	7209

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

Nosilec predmeta/Lecturer:	Mihael Sekavčnik

Izvajalci predavanj:	Mihael Sekavčnik
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):**
• Uvod: pregled vsebine, namena predmeta, potrebna predhodna znanja in način dela • Pregled in razvrstitev termoenergetskih postrojenj • Sodobni postopki uplinjanja trdnih goriv • Tehnološki postopki za zmanjševanje emisij toplogrednih plinov in njihov vpliv na delovanje termoenergetskih postrojenj (zajem in shranjevanje CO2) • Pristopi matematičnega popisa termoenergetskih sistemov • Modeliranje gradnikov termoenergetskih postrojenj (generatorji toplote, prenosniki toplote, parna turbina, plinska turbina, uplinjevalniki, gorivne celice itd.) • Modeliranje kompleksnih termoenergetskih sistemov in simulacija stacionarnih obratovalnih stanj pri nazivnih parametrih gradnikov in pri delnih obremenitvah • Eksperimentalni pristopi pri določanju kvalitete obratovanja termoenergetskih postrojenj • Metoda analize življenjskih ciklov in njena aplikacija pri vrednotenju termoenergetskih postrojenj • Modeliranje in optimizacijski algoritmi obratovanja termoenergetskih sistemov v širših energetskih omrežjih	• Introduction: content, subjects, demanded pre-knowledge level, teaching method • Classification of thermal power systems • Contemporary solid-to-gas fuel technologies • Techniques of reducing global warming gas emissions and their impact on thermal power system performance (CCS) • Approaches to model of thermal power systems • Modeling of components of thermal power systems (boilers, heat exchangers, steam and gas turbine, gasification units, fuel cells, etc.) • Modeling of complex thermal power systems and simulation of stationary operation conditions at best efficiency point and at off-design operation • Experimental approaches to determine quality of operation thermal power plants • Life Cycle Assessment method and its application to thermal power plants • Modeling and optimization algorithms of broader network operation with thermal power systems

Temeljna literatura in viri/Readings:

[1] Jeffs, Eric J.: Generating power at high efficiency : combined-cycle technology for sustainable energy production, Cambridge, CRC Press, 208, COBISS.SI-ID - 1024001628
[2] R. Bachmann, H. Nielsen, J. Warner, R. Kehlhofer: Combined - Cycle Gas & Steam Turbine Power Plants, Penn Well, 1999, COBISS.SI-ID - 5046299
[2] L. Drbal, K. Westra, P. Boston: Power Plant Engineering, Champman & Hall, 1995, COBISS.SI ID - 2077974
[3] J. Larminie, A. Dicks: Fuel Cell Systems Explained, John Willey & Sons, 2001, COBISS.SI-ID - 4471323
[4] Singhal, Subhash C.: High temperature solid oxide fuel cells : fundamentals, design, and applications, Elsevier, 2003, COBISS.SI-ID - 25870853
[5] Ferrari, Mario L.: Hybrid systems based on solid oxide fuel cells : modelling and design, J. Willey & Sons, 2017, COBISS.SI-ID - 39468805

Cilji in kompetence:	**Objectives and competences:**
Cilji: Študenti: • razumejo vlogo in pomen različnih vrst termoenergetskih sistemov glede na delež sekundarne energije v regiji z vidika razpoložljivosti, lastne cene proizvedene električne energije, energijske učinkovitosti in okoljske sprejemljivosti; • poznajo integralne energijske karakteristike gradnikov termoenergetskih sistemov; • poznajo sodobne tehnologije uplinjanja trdnih goriv in tehnološke postopke pri sekvestraciji in skladiščenju ogljikovega dioksida; • znajo modelirati masne in energijske bilance gradnikov, jih povezovati v poljubne kompleksna toplotna postrojenja ter simulirati obratovalna stanja pri nazivnih in delnih obremenitvah; • razumejo glavne izvore termodinamičnih nepovračljivosti pri delovanju termoen¬er-getskih sistemov in ukrepe za njihovo zmanjševanje ter njihov vpliv na razpoložljivost, ekonomijo in okoljsko vzdržnost obratovanja; • znajo načrtovati izvedbo kompleksnih meritev na obstoječih termoenergetskih postrojenjih za potrebe analize in optimizacije	**Goals:** Student: • understands the role and importance of different thermal power systems from the regional secondary energy share point of view, considering availability, Eigen price of the produced electric energy, energy efficiency and environmental acceptability; • is acquainted with integral energy characteristics of basic components of thermal power systems; • is acquainted with contemporary techniques of solid fuels gasification and CO2 capturing and storage – CCS technologies; • is able to model basic components, integrate them in arbitrary complex power systems and simulate operating conditions at nominal and off-design conditions; • is acquainted with basic sources of thermodynamic irreversibilities, which appear at thermal power system operation, their influence on availability, economics and environmental acceptability of the operation as well as with the measures for their reduction; • is able to plan and execute complex tests no existing thermal power systems for purpose of analysis and

obratovanja;
- znajo rezultate meritev preračunati na določeno izhodiščno stanje za potrebe relevantne primerjave podatkov;
- poznajo:
  - sedanjo paradigmo oskrbe s končno energijo (električno energijo in toploto), njene pomanjkljivosti in vpliv na okolje;
  - ukrepe za zmanjševanje vplivov na okolje pri obstoječi paradigmi (čistilne naprave, sekvestracija in shranjevanje ogljikovega dioksida);
  - alternativno – trajnostno paradigmo oskrbe s končno energijo;
- znajo kritično ovrednotiti potenciale alternativnih virov energije in njihovo integracijo v širši sistem oskrbe z energijo;
- razumejo zakonitosti delovanja stacionarnih sistemov visokotemperaturnih in nizkotemperaturnih gorivnih celic in tehnološke poti priprave goriva zanje;
- znajo uporabljati metodo analize življenjskih ciklov pri presoji termoenergetskih sistemov z vidika energijske učinkovitosti in vplivov na okolje

Kompetence:

Študenti osvojijo specifična znanja, s katerimi so:

- sposobni samostojno opravljati znanstveno raziskovalno delo na področju termoenergetskih postrojenj;
- pridobijo vpogled na aktualno stanje na področju različnih tehnologij pridobivanja električne energije (in toplote) iz kemične energije goriv različnih vrst:
  - parna elektrarniška postrojenja (na fosilna goriva ali z fizijskim jedrskim reaktorjem;
  - stacionarne plinske turbine
  - kombinirani krožni procesi
  - gorivne celice (pridobivanje

optimization of performance;
- is able to recalculate the measured data to defined baseline conditions for the reason of consistent comparison of data;
- knows:
  - the present paradigm of energy supply (electrical energy and heat), its disadvantages and the environmental impact;
  - measures for decreasing the environmental impacts within present paradigm (flue gas cleaning, CCS)
  - alternative – sustainable paradigm of energy supply;
- is able to critically evaluate the potentials of alternative energy sources and their integration into energy supply systems;
- understands the principles of high-temperature and low-temperature fuel cell systems and fuel production for their operation;
- understands the Life Cycle Assessment method for evaluation thermal power systems from energy efficiency and environmental acceptability point of view.

Competences:

The student:

- is qualified to perform independent original research activities in the field of thermal power systems;
- acquires thorough insight of relevant scientific literature in the field of thermal power systems:
  - steam power plants (fossil fueled and nuclear),
  - gas turbine power plants,
  - combined cycle power plants,
  - stationary fuel cell systems,
  - combined heat and power CHP-systems,
  - hybrid power systems;
- is acquainted with relevant research and development challenges and methodological approaches of

vodika iz različnih vrst primarne energije) - sistemi za soproizvodnjo električne energije in toplote; - hibridnih sistemov • seznanjeni z relevantnimi raziskovalnimi in razvojnimi izzivi in metodološkimi pristopi raziskovalne skupnosti na področju raziskav termoenergetskih sistemov; • načrtovati in optimizirati uporabniške termoenergetske sisteme za proizvodnjo električne energije in toplote v komunalnem in industrijskem okolju; • sposobni izvajati kompleksne analize energijske učinkovitosti poljubnih termoenergetskih postrojenj in presojati njihov celostni vpliv na delovanje širših energetskih sistemov in na okolje; • usposobljeni za uporabo sodobnih računalniških orodij za modeliranje termoenergetskih sistemov in analizo rezultatov	research-community in the field of thermal power system research; • is able to plan and optimize custom designed thermal power systems for power and heat production in communal and industrial environment; • is able to perform complex analysis of energy effectiveness arbitrary thermal power systems and to assess their lifecycle impact on environment; • is able to use contemporary computer tools for modeling of thermal power systems and to analyze the computed results.

Predvideni študijski rezultati:	**Intended learning outcomes:**
Študenti osvojijo specifična znanja, s katerimi so: • sposobni samostojno opravljati znanstveno raziskovalno delo na področju termoenergetskih postrojenj; • pridobijo vpogled na aktualno stanje na področju različnih tehnologij pridobivanja električne energije (in toplote) iz kemične energije goriv različnih vrst: - parna elektrarniška postrojenja (na fosilna goriva ali z fizijskim jedrskim reaktorjem: - stacionarne plinske turbine - kombinirani krožni procesi - gorivne celice (pridobivanje vodika iz različnih vrst primarne energije) - sistemi za soproizvodnjo	The student: • is qualified to perform independent original research activities in the field of thermal power systems; • acquires thorough insight of relevant scientific literature in the field of thermal power systems: - steam power plants (fossil fueled and nuclear), - gas turbine power plants, - combined cycle power plants, - stationary fuel cell systems, - combined heat and power CHP-systems, - hybrid power systems; • is acquainted with relevant research and development challenges and methodological approaches of research-community in the field of

električne energije in toplote; - hibridnih sistemov • seznanjeni z relevantnimi raziskovalnimi in razvojnimi izzivi in metodološkimi pristopi raziskovalne skupnosti na področju raziskav termoenergetskih sistemov; • načrtovati in optimizirati uporabniške termoenergetske sisteme za proizvodnjo električne energije in toplote v komunalnem in industrijskem okolju; • sposobni izvajati kompleksne analize energijske učinkovitosti poljubnih termoenergetskih postrojenj in presojati njihov celostni vpliv na delovanje širših energetskih sistemov in na okolje; • usposobljeni za uporabo sodobnih računalniških orodij za modeliranje termoenergetskih sistemov in analizo rezultatov	thermal power system research; • is able to plan and optimize custom designed thermal power systems for power and heat production in communal and industrial environment; • is able to perform complex analysis of energy effectiveness arbitrary thermal power systems and to assess their lifecycle impact on environment; • is able to use contemporary computer tools for modeling of thermal power systems and to analyze the computed results.

Metode poučevanja in učenja:	**Learning and teaching methods:**
Predavanja, laboratorijske vaje, seminarsko delo, e-izobraževanje, konzultacije. Seminarsko delo v čim večji meri navezujoče se na področje doktorskega raziskovanja. Študij z uporabo priporočene literature.	Lectures, laboratory practice & seminar work, e-education, consulting. The seminar work is related, as much as possible, to the student's doctoral research field. Study on a recommended literature basis.

Načini ocenjevanja:	**Delež/Weight**	**Assessment:**
Način (pisni izpit, ustno izpraševanje, naloge, projekt): - projekt (seminarska naloga) (50%) - ustno izpraševanje (50%)		Method (written exam, oral examination, assignments, project). • project (seminar assignment) (50%) • oral examination (50%)

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:

prof. dr. Mihael SEKAVČNIK

LOTRIČ, Andrej, **SEKAVČNIK, Mihael**, HOČEVAR, Stanko. Effectiveness of heat-integrated methanol steam reformer and polymer electrolyte membrane fuel cell stack systems for portable applications. *Journal of power sources*. Dec. 2014, vol. 270, str. 166-182, ilustr. ISSN 0378-7753. DOI: 10.1016/j.jpowsour.2014.07.072. [COBISS.SI-ID 13635611], [JCR, SNIP, WoS do 14. 4. 2023: št. citatov (TC): 23, čistih citatov (CI): 22, čistih citatov na avtorja (CIAu): 7,33, Scopus do 13. 5. 2023: št. citatov (TC): 28, čistih citatov (CI): 26, čistih citatov na avtorja (CIAu): 8,67]

LACKO, Rok, DROBNIČ, Boštjan, MORI, Mitja, SEKAVČNIK, Mihael, VIDMAR, Marjan. Stand-alone renewable combined heat and power system with hydrogen technologies for household application. *Energy*. Dec. 2014, vol. 77, str. 164-170, ilustr. ISSN 0360-5442. DOI: 10.1016/j.energy.2014.05.110. [COBISS.SI-ID 13637147], [JCR, SNIP, WoS do 30. 11. 2022: št. citatov (TC): 36, čistih citatov (CI): 34, čistih citatov na avtorja (CIAu): 6,80, Scopus do 10. 5. 2023: št. citatov (TC): 43, čistih citatov (CI): 40, čistih citatov na avtorja (CIAu): 8,00]

LACKO, Rok, DROBNIČ, Boštjan, SEKAVČNIK, Mihael, MORI, Mitja. Hydrogen energy system with renewables for isolated households : The optimal system design, numerical analysis and experimental evaluation. *Energy and buildings*. [Print ed.]. Sep. 2014, vol. 80, str. 106-113, ilustr. ISSN 0378-7788. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.04.009. [COBISS.SI-ID 13429787], [JCR, SNIP, WoS do 23. 3. 2023: št. citatov (TC): 28, čistih citatov (CI): 25, čistih citatov na avtorja (CIAu): 6,25, Scopus do 8. 5. 2023: št. citatov (TC): 32, čistih citatov (CI): 28, čistih citatov na avtorja (CIAu): 7,00]

LOTRIČ, Andrej, SEKAVČNIK, Mihael, POHAR, Andrej, LIKOZAR, Blaž, HOČEVAR, Stanko. Conceptual design of an integrated thermally self-sustained methanol steam reformer : high-temperature PEM fuel cell stack manportable power generator. *International journal of hydrogen energy*. [Print ed.]. Jun. 2017, vol. 42, iss. 26, str. 16700-16713, ilustr. ISSN 0360-3199. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360319917319225, https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=126397. [COBISS.SI-ID 15546139], [JCR, SNIP, WoS do 6. 4. 2023: št. citatov (TC): 31, čistih citatov (CI): 29, čistih citatov na avtorja (CIAu): 5,80, Scopus do 8. 4. 2023: št. citatov (TC): 32, čistih citatov (CI): 30, čistih citatov na avtorja (CIAu): 6,00]