

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2013/7



ZAKLJUČNO POROČILO RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	J2-2310
Naslov projekta	Spremljanje in vodenje kvalitete taline jekla v električni obločni peči
Vodja projekta	10742 Igor Škrjanc
Tip projekta	J Temeljni projekt
Obseg raziskovalnih ur	5310
Cenovni razred	A
Trajanje projekta	05.2009 - 04.2012
Nosilna raziskovalna organizacija	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	
Raziskovalno področje po šifrantu ARRS	2 TEHNIKA 2.06 Sistemi in kibernetika 2.06.02 Znanja o sistemih in vodenju sistemov
Družbeno-ekonomski cilj	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija

2. Raziskovalno področje po šifrantu FOS¹

Šifra	2.02
- Veda	2 Tehniške in tehnološke vede
- Področje	2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Povzetek raziskovalnega projekta²

SLO

Povečane zahteve glede kakovosti jekla na tržišču narekujejo izboljšano spremljanje kakovosti ter odkrivanja napak in odstopanj delovanja elektroobločne peči (EOP) od optimalnega režima. Osnova za spremljanje in odkrivanje napak v procesu je model procesa. Glede na vhodne surovine, temperaturo taline, dodane primesi, itd. lahko z modelom izvedemo bodisi optimizacijo procesa, kar nam pripomore k manjšem

izmetu, boljši kakovosti železa ter manjši porabi električne energije, bodisi zgolj spremljamo delovanje procesa in projekcije nemerjenih veličin. Proces taljenja v EOP je zelo kompleksen in sestavljen iz množice podprocesov (električni, hidravlični, masni, toplotni in kemijski). Raziskovalni projekt je zajemal študijo fizikalnih in kemijskih pojavov v elektroobločni peči in izdelavo nelinearnih modelov procesov (električni, hidravlični, masni, toplotni in kemijski), izgradnjo simulatorja EOP ter sistem za optimizacijo procesa EOP ter spremljanje kvalitete taline. Podatke za parametrizacijo in ovrednotenje zgrajenih modelov smo pridobili na realnem procesu elektroobločne peči. S pomočjo zgrajenih modelov, simulatorja in aplikacij za optimizacijo in spremljanje procesa EOP je možno enostavno in za proces neproblematično testiranje sprememb procesnih veličin oz. talilnih programov, rekonstrukcija pomembnih nemerjenih procesnih veličin (programski senzori), kot npr. temperature taline, višine žindre, kemijske sestave taline, itd. ter glede na to določanje optimalnih časovnih trenutkov za spremembe v delovanju EOP. Z določitvijo optimalnih časovnih trenutkov v delovanju EOP je zagotovljena natančna projekcija talilnega programa na realni proces, s čimer je za dane razmere omogočeno optimalno in stroškovno najbolj učinkovito delovanje EOP. Ker lahko matematične modele uporabimo za predikcijo tehnološkega stanja v peči, kar sedaj počne tehnolog po svojih izkušnjah iz opazovanja procesa, lahko s tem povečamo ponovljivost operaterjevih odločitev, ki so večinoma dokaj subjektivne narave. Z dokončanjem raziskovalnega projekta so bili izpolnjeni vsi zastavljeni cilji, t.j. izgradnja nelinearnih modelov procesov EOP, izgradnja simulatorja delovanja EOP ter razširitev le-tega za namene optimizacije procesa ter spremljanja delovanja EOP.

ANG

Ever increasing demands on quality of steel on the market require advanced quality supervision and fault detection in operation of the electric arc furnaces (EAF). The basis for process supervision and fault detection is a model of the process. Based on the input ingredients, temperature of the melted metal (bath) and other add-ins, the optimization (or just a supervision) of the process can be carried out, which contributes to the reduced energy consumption, increased productivity, reduced costs and improved steel quality. The EAF melting process is very complex and comprised of many subprocesses, such as: electric, hydraulic, mass-transfer, heat-transfer and chemical processes. The research project was divided into three workpackages at which the following research work was performed: study of the physical and chemical phenomena in EAF and the development of the nonlinear process model, development of the simulator and development of a system for EAF process optimization and process supervision. The data used for development, parameterization and validation of the model was acquired on the real EAF process. The developed models, simulator and process optimization and supervision applications allow the user to perform simple and process-safe testing of process-quantity changes or melting programs, reconstruction of crucial unmeasured process values (softsensors), such as: bath temperature, slag height, chemical composition of the bath, etc. and according to those, determination of the optimal times for EAF operation changes. The determination of optimal operation times in an EAF assure accurate projection of the melting program to the real process, what for the given circumstances allows quality-optimal and cost-effective EAF operation. Since the developed models can be used to replicate the actual technological conditions in an EAF, which are otherwise done by the operator and his experience, higher repeatability of the operator's decisions can be made, which are mostly subjective. At the end of the research project, it can be concluded that all proposed goals have been met, i.e. development of the nonlinear EAF process models, development of the EAF operation simulator and its extension for the purpose of process optimization and supervision.

4. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem projektu³

V zadnjem delu izvajanja projekta je bila realiziran še zadnji del 3. okvirne faze projekta, ki je zajemal optimizacijo delovanja električne obločne peči (EOP) ter zasnovano sistema za spremljanje dogajanja v EOP med procesom taljenja, v smislu

spremljanja trenutne kvalitete taline, porabe energije in dodatkov ter ostalih za proces pomembnih veličin.

V celotnem času izvajanja raziskovalnega projekta so bili zgrajeni in s pomočjo procesnih meritev ovrednoteni matematični modeli, ki opisujejo vse ključne procese taljenja v EOP: električne, hidravlične, masne, toplotne in kemične. Vsi modeli so bili zgrajeni in testirani s pomočjo programskega okolja Matlab, ki omogoča enostavno programiranje matematičnih in fizikalnih zakonitosti ter prikaz zelenih rezultatov. Funkcionalne in numerične zmogljivosti okolja Matlab omogočajo sorazmerno enostavno implementacijo pridobljenih fizikalnih relacij, vezanih na model EOP. Poleg izgradnje matematičnih modelov je bil realiziran tudi simulator delovanja EOP v programskem okolju XAMControl. Vsi razviti modeli so bili prilagojeni za okolje XAMControl, dodan jim je bil uporabniški vmesnik ter vsi ključni sestavni deli simulatorja, ki omogočajo enostavno in hitro uporabo orodja tudi neizkušenim uporabnikom. S pomočjo vseh razvitih modelov in razpoložljivih podatkov o delovanju EOP je bila izvedena študija optimizacije obratovanja EOP. V splošnem električne obločne peči predstavljajo ogromne porabnike električne energije, s čimer posredno prispevajo tudi k večji onesnaženosti okolja. Peč, ki je bila izbrana za namen modeliranja in izgradnje simulatorja je bila izdelana leta 1987, z nazivno močjo transformatorja 80 MVA ter zmogljivostjo 85 ton jekla. Glede na leto izgradnje peči, je bilo realno pričakovati, da obratovanje le-te ni optimalno kar se kaže v preveliki porabi električne energije, premajhnem izplenu jekla, preveliki porabi dodatkov, itd. Prav tako prihaja pri obratovanju EOP na splošno do večjih ali manjših odstopanj med idealnim obratovanjem (talilnim receptom) ter dejanskim obratovanjem. Večina odstopanj se pojavlja zaradi samega načina upravljanja peči, ki se izvaja glede na predpisan recept, merjene veličine ter operaterjevo izvajanje recepta po občutku oz. izkušnjah. Prav zaradi tega ter zaradi nedostopnosti nekaterih meritev (temperatura taline, stopnje raztaljenosti materiala, kemijska sestava taline, itd.) je izbira optimalnih časovnih trenutkov, ko je potrebno na peči napraviti določene spremembe, težka.

S pomočjo razvitih matematičnih modelov, ki opisujejo posamezne podsklope oz. podprocesse v EOP, ter s pomočjo podatkov oz. meritev (ki so dostopne: čas obratovanja, napetosti transformatorja, fazni tokovi, moči, temperature hladilnih panelov, itd.), je možno izračunati vrednosti določenih procesnih veličin, ki niso merjene, a so za sam proces ključnega pomena in se v obstoječem stanju upravljanja peči določajo izkustveno. Tako imenovani programski senzorji (ang. softsensor) so pri doseganju optimalnejšega delovanja peči ključnega pomena. Za namen spremljanja delovanja EOP so bili razviti programski senzorji za oceno temperature taline, stopnje raztaljenosti vložka ter kemijske sestave taline in žindre. S pomočjo le-teh je možno med obratovanjem EOP z zadovoljivo natančnostjo spremljati vse omenjene nemerjene (a pomembne) procesne veličine ter odnosno njim ter optimalnemu receptu upravljanja primerno prilagoditi delovanje peči (spremembe napetosti transformatorja, spremembe količine dodanega kisika, ogljika, dodatkov, zalaganje nove košare, itd.), v smislu doseganja boljše kvalitete taline (optimalnejša kemijska sestava), večjega izplena (manjša oksidacija jekla) ter krajših časov obratovanja. Pri proizvodnji jekla (nelegiran program) v obravnavani EOP predstavljajo največji strošek surovine (več kot 60%) ter poraba električne energije (več kot 500 kWh/tono). Ker se določen del kovinskega vložka, pri obdelavi v EOP oksidira je končna količina jekla vedno manjša od začetne, kar imenujemo izplen jekla. V trenutni konfiguraciji se izpleni jekla na šaržo gibljejo med 90 in 95%. Glede na to, da surovine predstavljajo več kot 60% stroška posamezne šarže, je optimizacija izplena jekla, ob hkratnem zmanjšanju (ali ohranitvi) porabe električne energije ter ohranitvi kvalitete jekla ključnega pomena pri optimizaciji procesa. Že nekaj procentno zvišanje izplena jekla pomeni velike prihranke pri obratovanju EOP.

S pomočjo razvitih modelov in simulacijskih študij je bilo ugotovljeno, da na vse omenjene postavke ključno vplivajo časi vnosa ter količine vnosa kisika in ogljika, vnos električne energije in način sestave posamezne košare pri zalaganju peči. Način sestave posamezne košare ter nasipne gostote materiala sta pomembni z vidika hitrosti taljenja vložka, saj se jeklo v nepravilno založenih košarah tali počasneje kot v pravilno založenih, prav tako pa zaradi nasipne gostote prihaja do odstopanj pri operaterjevih ocenah o količini jekla v peči. Matematični model je sposoben iz ocene

sestave košar ter stopnje napredovanja procesa sproti izračunavati vse nemerjene procesne veličine (programski senzori), s čimer je operaterju omogočena lažja ocena dejanskega stanja v peči ter s tem (za konkretne razmere) izvajanje najprimernejše akcije. Sistem je zasnovan tako, da omogoča realnočasovno, paralelno delovanje s procesom. To pomeni, da je ob implementaciji takšne aplikacije na realno napravo, možno spremljanje delovanja neposredno na ločenem računalniku ter sprotno prilagajanje delovanja EOP glede na ocenjena stanja programskih senzorjev, ki se ne odražajo le na realnem procesu, temveč tudi na simuliranih procesih.

Rezultati dela na projektu so bili objavljeni v mednarodnih revijah s faktorjem vpliva SCI (5 člankov), domačih reviji (1 članek) in konferencah (3 članki), in sicer v priznani mednarodni reviji s področja jeklarstva ISI International (Vol. 51, No. 3; Vol. 52, No. 3; Vol. 52, No. 3; Vol. 52, No. 7, Vol. 52, No. 10), v domači strokovni reviji Ventil (Letn. 17, Št. 1) in na konferencah ERK (ERK 2010 in ERK 2011) ter Eurosima (2010). Omenjene objave z mednarodno odmevnostjo kažejo na uspešno izvedeno delo na raziskovalnem projektu. V postopku pridobivanja (pending) je tudi patent (št. prijave: GB1218889.2), pri mednarodnem patentnem uradu (Intellectual Property Office, Newport, UK, <http://www.ipo.gov.uk/>), ki opisuje idejo, zasnovano in realizirano programskega senzora za spremljanje temperature taline v EOP (uradno ime patenta: GB1218889.2 - Soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric arc furnace (EAF)). Glede na to, da večina obstoječih EOP med obratovanjem nima podatka o temperaturi taline, le-ta pa predstavlja enega od pomembnejših dejavnikov pri končni kvaliteti jekla, predstavlja takšen programski senzor močno orodje za doseganje optimalnejših rezultatov obratovanja.

5. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem projektu in zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

V skladu z okvirnim planom realizacije projekta po fazah ocenjujemo, da je bilo delo na raziskovalnem projektu opravljeno v celoti. To pomeni, da so bile uspešno zaključene vse 3 okvirne faze projekta, ki so vključevale študijo fizikalnih in kemijskih pojavov v elektroobločni peči in izdelavo nelinearnih modelov (električni, hidravlični, masni, toplotni in kemijski), izgradnjo simulatorja EOP ter sistem za optimizacijo procesa EOP ter spremljanje kvalitete taline.

Z ovrednotenimi modeli, ki smo jih zasnovali in razvili v teku projekta ter njihovo integracijo v skupen sistem smo dobili dobro osnovo, ki opisuje dogajanje med pridelavo jekla v EOP. Na osnovi teh modelov smo izvedli nadgradnjo v simulator delovanja EOP in sistem za optimizacijo procesov ter spremljanje kvalitete delovanja EOP. Zgrajene aplikacije poskušajo na enostavni način predstaviti dejansko dogajanje v peči pri procesu taljenja, tehnologu oz. operaterju, pri čemer ima le-ta možnost testiranja različnih obratovalnih programov ter spreminjanja procesnih spremenljivk, ki so neposredno vezane na proces. S tem je omogočeno enostavno in za proces neproblematično testiranje določenih sprememb procesnih spremenljivk ali talilnih programov na končno kvaliteto taline oz. na čas za njeno pripravo, ter enostavno spremljanje določenih procesnih veličin, ki na samem sistemu niso merjene, so pa pomembne za proces taljenja (programski senzori). S pomočjo takšne aplikacije je omogočeno optimalnejše določanje pravih časovnih trenutkov za spremembe v delovanju EOP, ki so ključne za delovanje v skladu s predpripravljenimi programi taljenja (recepti) ter za doseganje nizkih obratovalnih stroškov.

Sklenemo lahko, da je bila realizacija celotnega raziskovalnega projekta uspešna, saj je bilo delo opravljeno v skladu z zastavljenimi cilji, brez odstopanj.

6. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine⁵

Sprememb programa raziskovalnega projekta oziroma sestave projektne skupine ni bilo.

7. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni dosežek

1.	COBISS ID	9345620	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Razvoj simulatorja električne obločne peči z upoštevanjem toplotnih, kemijskih in električnih procesov
		<i>ANG</i>	Development of an electric arc furnace simulator considering thermal, chemical and electrical aspects
	Opis	<i>SLO</i>	Članek opisuje uporabo razvitih, parametriranih in ovrednotenih nelinearnih modelov procesa električne obločne peči (EOP), za namen razvoja simulatorja EOP ter njihovo implementacijo v programskem okolju XAMControl.
		<i>ANG</i>	The article describes the development of the EAF simulator, using the developed, parameterized and experimentally validated nonlinear EAF models. Also the implementation of the simulator in XAMControl is described.
	Objavljeno v	Iron and Steel Institute of Japan; ISIJ international; 2012; Vol. 52, no. 10; str. 1923-1925; Impact Factor: 0.895; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; WoS: PZ; Avtorji / Authors: Logar Vito, Škrjanc Igor	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	9164628	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Modeliranje in vrednotenje sevanja v električni obločni peči
		<i>ANG</i>	Modeling and validation of the radiative heat transfer in an electric arc furnace
	Opis	<i>SLO</i>	Članek opisuje razvoj modela prenosa toplote v EOP s sevanjem. Pri tem so upoštevane geometrijske relacije med pečjo ter raztaljenim vložkom. Model je pomemben za določanje deležev prenosa toplote med conami v peči.
		<i>ANG</i>	The article describes the development of the radiative heat transfer model in an EAF. The model takes into the account geometrical relations between the furnace and the steel. The model is important to determine the amounts of energies distributed between the zones.
	Objavljeno v	Iron and Steel Institute of Japan; ISIJ international; 2012; Vol. 52, no. 7; str. 1233-1240; Impact Factor: 0.895; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; WoS: PZ; Avtorji / Authors: Logar Vito, Škrjanc Igor	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
3.	COBISS ID	8909140	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Modeliranje in vrednotenje električne obločne peči. 1. del, prenos energije in mase
		<i>ANG</i>	Modeling and validation of an electric arc furnace. Part 1, Heat and mass transfer
	Opis	<i>SLO</i>	Izvirni znanstveni članek v reviji s faktorjem vpliva, ki opisuje modeliranje in vrednotenje toplotnih in masnih modelov električne obločne peči.
		<i>ANG</i>	Original research article with SCI index describing modeling and validation of heat and mass processes in an electric arc furnace.
	Objavljeno v	Iron and Steel Institute of Japan; ISIJ international; 2012; Vol. 52, no. 3; str. 402-413; Impact Factor: 0.895; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 0.755; WoS: PZ; Avtorji / Authors: Logar Vito, Dovžan Dejan, Škrjanc Igor	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	

8. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati projektne skupine²

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	9696596	Vir: vpis v poročilo
	Naslov	SLO	GB1218889.2 - Programski senzor za sprotno oceno temperature taline v električni obločni peči (EOP)
		ANG	GB1218889.2 - Soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric arc furnace (EAF)
	Opis	SLO	Mednarodna patentna prijava, ki opisuje idejo, zasnovo in realizacijo programskega senzorja za ocenjevanje temperature jeklene kopeli v električni obločni peči.
		ANG	Pending international patent describing the idea, development and realization of a soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric arc furnace
	Šifra	F.32	Mednarodni patent
	Objavljeno v	Intellectual Property Office, Newport, UK	
	Tipologija	2.23	Patentna prijava

9. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

Drugi pomembni dosežki programske skupine v letu 2012 so naslednji: 15 izvirnih znanstvenih člankov, od tega 14 SCI, 1 strokovni članek, 34 konferenčnih prispevkov, od tega 1 vabljeno predavanje, 4 znanstveni sestavki ali poglavja v monografiji, 3 univerzitetni ali visokošolski učbeniki z recenzijo, 1 doktorska disertacija, 1 diplomsko delo, 5 elaboratov, 1 nastop našega člana v televizijski oddaji, 2 patenta, 5 predavanj na tuji univerzi, 1 vabljeno predavanje na konferenci brez natisa, 7 uredništev v mednarodnih revijah, 1 mentorstvo pri doktorski disertaciji, 1 mentorstvo pri magistrski nalogi, 24 mentorstev pri diplomskih nalogah, 6 mentorstev pri diplomskih nalogah (bolonjski študij 1. stopnje), 1 knjižni prevod.

10. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

10.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

Razvoj znanosti na področju modeliranja, simulacije in vodenja, kamor v znanstvenem smislu spada naš projekt, že nekaj desetletij karakterizira razhajanje med teoretičnimi dognanji in njihovim prenosom v praktično uporabo. Podobno pa drži ugotovitev, da se vse redkeje pojavljajo nove strategije modeliranja, simulacije in vodenja sistemov. Zato bo v našem primeru, ko gre za povezavo zelo različnih raziskav in aplikacij, glavni doprinos kombiniranje obstoječih teoretičnih principov in pristopov v smislu njihove praktične uporabnosti (implementacijske tehnologije). Mednarodno relevantno predlaganih raziskav potrjujejo področja, ki so definirana kot prednostna v 7. okvirnem programu EU (Information Society Technology, Embedded Systems, New Production Technologies) in pri evropskih tehnoloških platformah (Manufacture, Embedded systems) kakor tudi programi nekaterih primerljivih evropskih skupin.

Doprinos k razvoju znanosti pričakujemo predvsem na naslednjih področjih:

- modeliranje, simulacija in vrednotenje procesa priprave taline v elektroobločni peči,
- izgradnja simulatorja delovanja EOP,
- spremljanje in detekcija napak pri delovanju procesa priprave jeklene taline,
- optimizacija vodenja EOP v smislu izboljšanja kvalitete jeklene taline,
- optimizacija porabe energije pri pripravi jeklene taline.

ANG

Development of science in the field of modelling, simulation and control is already through

several decades characterised with a gap between theoretical findings and their transfer to practice. Similarly the appearances of the new modelling, simulation and control strategies are also very rare in the last times. Due to these facts, where in our case many different connections among investigations and applications exist, the main contribution will be in combining the existing theoretical principles and approaches to achieve their practical usability (implementation technologies). International relevance of the proposed research is proved by the areas being defined as priority ones in the 7th framework of EU (Information Society Technology, Embedded Systems, New Production Technologies) and in European technology platforms (Manufuture, Embedded systems) as well as in some programs of comparable European groups.

The main contributions to the science development are expected in the following areas:

- modelling, simulation and validation of the process of steel melt preparation in EAF,
- development of the EAF simulator,
- monitoring and fault detection in the EAF melting process,
- optimization of the steel-melt quality in the EAF process,
- optimization of energy consumption in the EAF melting process.

10.2.Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

Pomen tehnologije modeliranja, simulacije in vodenja za Slovenijo je razviden iz različnih pomembnih slovenskih dokumentov, ki to področje uvrščajo med prednostna. Gre namreč za tehnologijo z multiplikativnimi učinki, kateri odločilno vplivajo na tako aktualne dejavnike kot so zmanjšanje porabe energije, surovin in onesnaženja okolja, fleksibilnost proizvodnje in kvaliteta proizvodov, dodana vrednost, humanizacija delovnih mest, aspekti trajnostnega razvoja itd. Tako področje tehnologije vodenja predstavlja eno glavnih strateških usmeritev v svetu, podobno pa drži tudi za Slovenijo še posebno zaradi trenutnih zaostankov. Rezultati raziskav naj bi torej prispevali k dvigu konkurenčne sposobnosti storitvenih organizacij in industrije, omogočili ustrezno sprotno izobraževanje kadrov in doprinesli k ustvarjanju inovativnih okolij. V našem primeru gre tako konkretno za boljše spremljanje in hitrejše odkrivanje napak pri vodenju peči, ki bo v končni fazi rezultiralo v manjšem izmetu, boljši kakovosti proizvoda, boljšem in celovitejšem poznavanju procesa, manjši porabi energije, večji produktivnosti in večji konkurenčnosti proizvodnje.

Uspešna realizacija rezultatov projekta bi pomenila velik dosežek pri izboljšanju kvalitete jekla in zmanjšani porabi za to potrebne energije, kar bi seveda pomenilo veliko promocijo naše raziskovalne skupine, fakultete in seveda v končni fazi tudi države. Uspešna uporaba razvitega modela in iz njega izvedeni izsledkov bi pomenila izjemen rezultat v svetu in bi pripeljala do velikih prihrankov v smislu energije kar bi pomeni tudi veliko promocijo. S pomočjo razvitega modela, se lahko bolj kvalitetno izšolajo tudi novi kadri, ki bi imeli celoten pregled nad procesom, tako nad električnim oziroma energijskim delom kot tudi nad metalurškim. Pričakujemo pa tudi pomembne pozitivne vplive na okolje. Prav tako pričakujemo tudi promocijske učinke skozi znanstvene in strokovne objave.

ANG

The importance of modelling, simulation and control technology in Slovenia can be seen in many basic Slovenian documents proclaiming this field as the priority one. The mentioned technology has namely multiplicative effects, which significantly influence as actual factors as the energy, sources and pollution reductions, flexibility and quality of production, added value, humanization of working places, aspects of sustainable development etc. So the area of control technology represents one of the leading strategic orientations in the world, where similar is valid also for Slovenia, especially due to the current delays in this field. The research results should support the increase of competitiveness of engineering enterprises and industry, enable the corresponding education and contribute to the innovative environments development. In our case we believe that the monitoring and fault detection based on the process model will lead to better quality and better knowledge about the process, lower energy consumption, higher production and higher competitiveness.

Successful implementation of the results of the project would mean a great achievement in

higher quality of the steel and in lower energy consumption. This would of course mean a great promotion of our research group, faculty and our country. Successful implementation would mean an exceptional result in the world in the sense of minimizing the energy consumption, which would also lead to the exceptional promotion in the world. Based on the process model also the new operators can be educated, who will have deeper insight into the process on both parts: electrical and the part which is connected to the metalurgy. We also expect an important positive impact to the environment. Also important is the effect of promotion through the scientific and professional publications.

**11. Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni**

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>

	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

		<input type="text"/>
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34 Svetovalna dejavnost		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35 Drugo		
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

12.Samo za aplikativne projekte in podoktorske projekte iz gospodarstva!
Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visokošolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo: <input type="text"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

--

13.Pomen raziskovanja za sofinancerje¹²

	Sofinancer			
1.	Naziv			
	Naslov			
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		EUR	
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		%	
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra		
		1.		
		2.		
		3.		
		4.		
		5.		
	Komentar			

Ocena

14. Izjemni dosežek v letu 2012¹³

14.1. Izjemni znanstveni dosežek

Kot izjemni raziskovalni dosežek raziskovalne skupine v zvezi s tem projektom lahko navedemo objavo serije člankov [COBISS.SI-ID 8909140, 8909396, 9164628, 9345620, 8159572] v katerih je v celoti predstavljeno delo na tem projektu in prikazano delovanje in struktura simulatorja.

14.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Kot izjemni raziskovalni dosežek v letu 2012 lahko navedemo patentno prijavo LOGAR, Vito, ŠKRJANC, Igor, DOVŽAN, Dejan. Soft sensor for online estimation of the steel bath temperature in an electric furnace (EAF) : application no. GB1218889.2, 2012-10-26. Newport: Intellectual Property Office, Concept House, 2012. [COBISS.SI-ID 9696596].

C. IZJAVE

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

*zastopnik oz. pooblaščen oseba
raziskovalne organizacije:*

in

vodja raziskovalnega projekta:

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za
elektrotehniko

Igor Škrjanc

ŽIG

Kraj in datum:

Oznaka prijave: ARRS-RPROJ-ZP-2013/7

¹ Opredelite raziskovalno področje po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science). Prevajalna tabela med raziskovalnimi področji po klasifikaciji ARRS ter po klasifikaciji FOS 2007 (Fields of Science) s kategorijami WOS (Web of Science) kot podpodročji je dostopna na spletni strani agencije (<http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/preslik-vpp-fos-wos.asp>). [Nazaj](#)

² Napišite povzetek raziskovalnega projekta (največ 3.000 znakov v slovenskem in angleškem jeziku) [Nazaj](#)

³ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega projekta in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁴ Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000

znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ Navedite znanstvene dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

⁷ Navedite družbeno-ekonomske dosežke, ki so nastali v okviru tega projekta. Družbeno-ekonomski rezultat iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

Družbeno-ekonomski dosežek je po svoji strukturi drugačen kot znanstveni dosežek. Povzetek znanstvenega dosežka je praviloma povzetek bibliografske enote (članka, knjige), v kateri je dosežek objavljen.

Povzetek družbeno-ekonomskega dosežka praviloma ni povzetek bibliografske enote, ki ta dosežek dokumentira, ker je dosežek sklop več rezultatov raziskovanja, ki je lahko dokumentiran v različnih bibliografskih enotah. COBISS ID zato ni enoznačen, izjemoma pa ga lahko tudi ni (npr. prehod mlajših sodelavcev v gospodarstvo na pomembnih raziskovalnih nalogah, ali ustanovitev podjetja kot rezultat projekta ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

⁸ Navedite rezultate raziskovalnega projekta iz obdobja izvajanja projekta (do oddaje zaključnega poročila) v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 7 in 8 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov, vključno s presledki. [Nazaj](#)

⁹ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si/> za posamezen projekt, ki je predmet poročanja [Nazaj](#)

¹⁰ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹¹ Največ 4.000 znakov, vključno s presledki [Nazaj](#)

¹² Rubrike izpolnite / prepisite skladno z obrazcem "izjava sofinancerja" <http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>, ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

¹³ Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega projekta v letu 2012 (največ 1000 znakov, vključno s presledki). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priponko/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

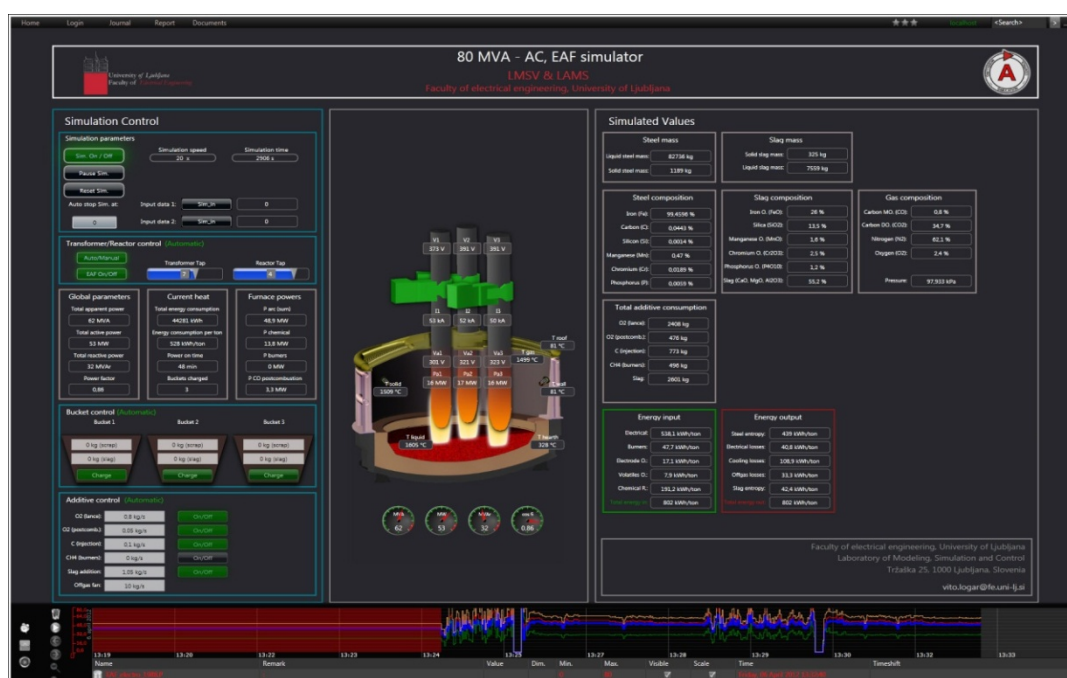
Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2013 v1.00

AA-8C-CC-D8-29-CE-3B-D8-55-5A-9B-FE-80-0D-DC-35-87-4E-4B-03

VEDA: TEHNIKA

Področje: 2.06 – Sistemi in kibernetika

Dosežek 1: Modeliranje procesov v električni obločni peči in izdelava simulatorja, Vir: COBISS.SI-ID [8909140](#), [8909396](#), [9164628](#), [9345620](#), [8159572](#)



Simulator omogoča spremljanje in vodenje kvalitete taline jekla v električni obločni peči. Namenjen je usposabljanju tehnologov in operaterjev in optimizaciji celotnega procesa predelave jekla v EOP (hidravlični, električni, toplotni, masni in kemijski). Temelji na dinamičnih matematičnih modelih celotnega procesa.

Modeliranje in validacija modela sta bila izvedena na realnih podatkih obratovanja 80MVA EOP, in sicer v okolju Matlab. Končna verzija simulatorja je implementirana v programskem paketu XAMControl (Evon Automation).

Simulator ima naslednje funkcije:

- časovni izračun preko 100 fizikalnih veličin povezanih s procesom taljenja (napetosti, tokovi, moči, temperature, mase, energije, kemijske sestave, idr.)
- možnost avtomatskega ali ročnega vodenja EOP, tj. uporabniške interakcije in vplivanja na potek procesa (začetna sestava jekla, vložena energija, založeni dodatki, dodajanje C, O₂, CH₄, časovni poteki, idr.)
- alarmiranje v primeru napačne odločitve/nastavitve uporabnika (obratovanje pod in nad pragom zmogljivosti, pregrevanje ohišja peči, založenost, idr.)
- arhiviranje in časovni prikaz vseh simuliranih veličin in možnost primerjave z realnimi podatki
- izračun končne sestave jekla, izplena, porabe energije, založenih dodatkov, stroškov na tono, idr.