

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/141



## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2009 - 31. 12. 2014)

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

<b>Šifra programa</b>	P2-0115
<b>Naslov programa</b>	Vodenje elektromehanskih sistemov Control of electromechanical systems
<b>Vodja programa</b>	8919 Drago Dolinar
<b>Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2014)</b>	24604
<b>Cenovni razred</b>	B
<b>Trajanje programa</b>	01.2009 - 12.2014
<b>Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)</b>	796 Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.12 Električne naprave
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	06. Industrijska proizvodnja in tehnologija
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	2 Tehniške in tehnološke vede 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

#### 2. Povzetek raziskovalnega programa<sup>1</sup>

SLO

Raziskovalni program Vodenje elektromehanskih sistemov zajema dva sklopa in sicer načrtovanje in vodenje elektromehanskih sistemov naprav ter načrtovanje, analizo ter vodenje

EES. Električne naprave se sestavljajo v posamezne podsisteme povezanega EES, zato sta obe področji med sabo naravno tesno povezani. Raziskovalni program temelji na spoznanju, da je mogoče zgradbo obstoječih naprav in sistemov vodenja izboljšati in sicer v smislu povečanja energetskih izkoristkov glede na količino vložene material. Zaradi dinamične narave posameznih elementov ter sistema kot celote je mogoče izboljšave narediti samo z dinamičnim pristopom k obravnavi v fazah načrtovanja, analize naprav in sinteze vodenja sistemov. Raziskovalni program predstavlja kontinuirano nadaljevanje dela iz preteklega obdobja na skoraj vseh področjih, obsega pa predvsem tiste teme, ki izhajajo iz potreb partnerjev iz gospodarstva.

V okviru prvega sklopa je programska skupina nadaljevala z dinamičnim modeliranjem elektromehanskih naprav in kompleksnih tehniških sistemov. Dinamični modeli so bili podlaga za analizo obratovalnih lastnosti in načrtovanje sodobnih načinov njihovega vodenja, kakor tudi za določanje parametrov dinamičnih modelov elektromagnetnih naprav, pri čemer so v največji možni meri uporabljeni razširjeni moderni numerični postopki, ki so jih do sedaj uporabljali predvsem načrtovalci razvijalci naprav. Na področju vodenja se je nadaljevalo delo na načrtovanju visokozmogljivih izmeničnih pogonov. V sodelovanju s slovenskim podjetjem se je prav tako nadaljevalo z delom na načrtovanju zgradbe in vodenja varilnih sistemov za uporovno točkasto varjenje (UTV). V preteklem obdobju je bil za ta sistem razvit nov sistem vodenja, ki je znatno izboljšal obratovalne lastnosti in s tem povečal konkurenčnost na trgu. V tekočem obdobju smo se ukvarjali predvsem z optimizacijo načrtovanja transformatorja za UTV in dodatnimi izboljšavami vodenja.

V okviru drugega sklopa se je nadaljevalo z delom na področjih dinamičnega modeliranja EES, vodenja in zaščite. Delo je potekalo na področju načrtovanja, razvoja in preizkušanja novih elementov EES in električnih omrežij. Pri načrtovanju smo uporabljali numerične optimizacijske metode, ki omogočajo načrtovanje v skladu z izbranimi kriterijskimi funkcijami, laboratorijske preizkuse skupaj z razvojem novih merilnih postopkov pa izvajamo v lastnem laboratoriju za visoke napetosti in velike toke. V preteklem raziskovalnem obdobju smo razvili analitične in numerične postopke, ki omogočajo fizikalno korektno ovrednotenje kvalitete napajalnega omrežja z vidika motenj. Delo smo nadaljevali z razvojem kompenzacijskih naprav, ki bodo poskrbele za to, da bodo toki in napetosti sofazni. Analizirati nameravamo tudi vpliv različnih alternativnih načinov proizvodnje električne energije na izboljšanje obratovalnih lastnosti EES.

ANG

Research programme »Control of Electromechanical Systems« consists of two main areas; design and control of electromechanical systems and devices, and electric power system (EPS) research, design and control. Both areas are closely related since individual EPS subsystems are made up of different electric devices. The research program is based on the finding, that the structure of the existing devices and control systems can be improved in the manner of increasing power efficiency according to the amount of the input material. Because of the dynamic nature of individual elements and the overall system these improvements can be made only using the dynamic approach for the design and analysis of electric devices and for the control system design. Research programme represents continuation of our work from the past period for almost all areas, whereas mostly those topics which have been stimulated by our partners from the industry are included.

Within the first area our programme group is concerned with the dynamic modeling of electromechanical devices and complex technical systems. Here, modern numerical techniques, which have been used mostly by the design and development engineers, are employed to a maximum possible degree. In the field of control we are going to continue our work on the design of highly efficient alternating current drives. In cooperation with the Slovenian company we are going to continue with the design and control of systems for a resistance spot welding (RSW). In the past period new control system for RSW was already developed which has significantly improved its operation properties, whereas the competitive position on the market was enhanced. In the current period we are working on the optimization of the RSW design and the additional improvements in the control.

Within the second area we will continue on the dynamic modeling of EPS, control and protection. The work is proceeding also in the field of the design, development and testing of

new EPS elements and electric networks. In the design procedures such numerical optimization methods are used, which enable the design according to selected objective functions, whereas all experimental analyses and the development of new measurement procedures are performed in our own highvoltage/highcurrent laboratory. In the past research period we have developed analytical and numerical procedures for physically correct evaluation of the supply network quality and disturbances. Furthermore, we will continue to work on the development of the compensation devices with the unity power factor. We are also planning to analyze the influence of different alternative ways for electric energy production on the improvement of EPS operation properties.

### **3. Poročilo o realizaciji predloženega programa dela na raziskovalnem programu, (vključno s predloženim dopolnjenim programom dela v primeru povečanja financiranja raziskovalnega programa v letu 2014)<sup>2</sup>**

SLO

Raziskovalni program Vodenje elektromehanskih sistemov sestavljata dva sklopa: 1) načrtovanje in vodenje elektromehanskih sistemov in naprav ter 2) načrtovanje, analiza ter vodenje EES in posameznih naprav. Osnovna raziskovalna hipoteza, da je mogoče posameznim električnim napravam in sistemom z inovativnim načrtovanjem in izbiro materialov kljub izboljšanju dinamičnih in stacionarnih lastnosti zmanjšati količino potrebnega materiala za izdelavo in porabo energije med obratovanjem. Omenjena hipoteza velja za razvoj v okviru obeh programskih sklopov.

**V okviru prvega sklopa** je delo potekalo na različnih področjih, ki imajo skupen imenovalec v razvoju in načrtovanju naprav in sistemov za optimalno izkoriščanje energijskih virov in materiala. V okviru prvega področja je delo potekalo na razvoju sistema za uporovno točkovno varjenje (UTV) za podjetje Bosch Rexroth in Indramat elektromotorji. Raziskave na sistemu za UTV so zadnjih šest let potekale ciljno usmerjeno tako, da so bile najprej identificirane in analizirane omejitve obratovanja obstoječih sistemov za UTV. Na podlagi ugotovitev je bil kot prehodni ukrep pripravljen predlog ukrepov za izboljšanje delovanja sistemov, ki so v redni proizvodnji, vzporedno pa je bil razvit popolnoma nov transformator za UTV, ki bo imel za vsaj 40 % manjše izgube od obstoječega. Raziskave na področju analize in razvoja sistema za UTV so bile v zadnjih petih letih javnosti predstavljene v številnih izvirnih znanstvenih člankih.

V okviru drugega področja so raziskave uspešno potekale na načrtovanju, razvoju in analizi dinamično zahtevnih, energetske učinkovitih elektromotornih pogonov. Potrjena je bila predpostavka, da je z navornim vodenjem asinhronskega stroja na osnovi vektorja statorskega toka mogoče znatno izboljšati lastnosti pogona. Intenzivno raziskovanje je potekalo tudi na področju načrtovanja sinhronskih strojev s trajnimi magneti in na razvoju novih konceptov vodenja s senzorjem pozicije in brez njega. Uspešnost raziskovanja na področju električnih strojev in elektromotornih pogonov je potrjujejo številne objave v revijah, ki sodijo v prvo četrtino revij s področja elektrotehnike.

**V okviru drugega sklopa** se je delo nadaljevalo na področjih dinamičnega modeliranja EES, vodenja in zaščite. Delo je potekalo tudi na področju načrtovanja, razvoja in preizkušanja novih elementov EES in električnih omrežij. Opravljeno je bilo načrtovanje, izvedba in preskušanje naprave za ozemljevanje vodnikov med menjavo obstoječega oziroma pri novogradnjah. Praktičen primer je bil predstavljen mednarodni javnosti in preizkušeno v enem od slovenskih prenosnih podjetij. Pri načrtovanju so bile uporabljene numerične optimizacijske metode, ki omogočajo načrtovanje v skladu z izbranimi kriterijskimi funkcijami, laboratorijski preizkuse skupaj z razvojem novih merilnih postopkov pa so bili izvedeni v lastnem laboratoriju za visoke napetosti in velike toke.

Rezultati raziskav v okviru drugega programskega sklopa s področja vodenja EES so dokazali svojo praktično vrednost in uporabnost, saj so bili neposredno uporabljeni s strani edinega slovenskega operaterja prenosnega omrežja (ELES). Podobno velja za raziskave s področja načrtovanja proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov za največjega slovenskega proizvajalca HSE.

Člani programske skupine so bili aktivni tudi na področju učinkovite rabe energije iz obnovljivih virov. Raziskovalne aktivnosti na tem področju so obsegale: 1) določanje razpoložljivega potenciala obnovljivih virov na danem območju, 2) sisteme za učinkovito pretvorbo energije obnovljivih virov v električno, 3) aktivna ali pametna omrežja, ki so sposobna sprejeti večji delež električne energije, proizvedene iz obnovljivih virov in 4) vodenje ter optimizacijo obratovanja pametnih omrežij.

Skupaj s člani programske skupine P20041 je bil razvit sistem za določitev sončnega potenciala v urbanih področjih. Temelji na podatkih LIDAR, ki omogočajo določitev posameznih objektov v urbanem okolju in izven njega; modelih za izračun časovnih potekov gostote moči sončnega sevanja na vsaki geografski lokaciji v vsakem trenutku znotraj izbranega časovnega področja, ki upoštevajo merjene podatke sončnega sevanja v polurnih intervalih za čas več kakor 10 let nazaj; algoritmičnih senčenja, ki omogočajo upoštevanje senčenja zaradi okoliškega terena, okoliških zgradb in vegetacije. Omenjeni sistem je bil uporabljen za določitev sončnega potenciala vseh streh v centru Maribora, pri tem pa so bile površine streh posameznih objektov razdeljen tudi v razrede glede razpoložljivega sončnega potenciala.

#### 4. Ocena stopnje realizacije programa dela na raziskovalnem programu in zastavljenih raziskovalnih ciljev<sup>3</sup>

SLO

Raziskovalni cilji programa so bili postavljeni zelo visoko, kljub temu pa so bili v celoti doseženi, na mnogih segmentih celo znatno preseženi. Obseg programa je vsa leta ostajal enak, do spremembe raziskovalne skupine ja prišlo le takrat, ko je doktorat zaključil kakšen mladi raziskovalec ali pa se je kakšen raziskovalec upokojil. Iz leta v leto se je povečal obseg objav v kvalitetnih revijah, sodelavcem programske skupine so bili podeljeni štiri tuji patenti (2 x ZDA, 1x EU in 1x Kitajska) in trije domači patenti, kar potrjuje industrijsko uporabnost raziskovalnih rezultatov. En EU patent je starejšega datuma. V letu 2013 je bil s prodajo dveh predhodnih slovenskih patentnih prijav podjetju Bosch, ki ima proizvodnjo izdelkov v Republiki Sloveniji, dosežen velik napredek na področju neposrednega prenosa inovacij v proizvodnjo. Podjetje Bosch je v delu raziskovalnega osebja programske skupine prepoznalo dovolj velik raziskovalni potencial, da je podpisalo pogodbo o dolgoročnem raziskovalnem sodelovanju, ki ga sedaj podpira na različne načine z vlaganji v raziskovalno opremo, z neposrednim financiranjem raziskav, s plačilom pristojbin za patentne prijave in registracije. Plačilo pristojbin za patentne prijave in podeljene patente torej v celoti prevzema industrijski partner, ki je tudi koristnik materialnih pravic. V preteklih petih letih je bilo tako vloženi kar 13 prijav patentov v tujini in eden v Sloveniji. Število podeljenih patentov in vloženi patentni zahtevki kaže izredno inovativnost in industrijsko naravnost raziskovalnega programa. Pri tem ni mogoče prezreti dejstva, da je bila večina inovacij takoj uporabljena v redni proizvodnji, preostanek pa pri načrtovanju novih proizvodov z veliko dodano vrednostjo.

Velike patentne aktivnosti pa so imele tudi neželen vpliv v obliki zakasnitev pri objavljanju rezultatov raziskav v obliki izvirnih znanstvenih člankov. Članke je bilo namreč mogoče pisati šele po izvedbi patentnih vlog, ki ščitijo materialne pravice lastnikov inovativnih predlogov.

V obdobju dobrih petih let je z delom v programski skupini pod mentorstvom članov programske skupine doktorate zaključilo 13 kandidatov, magistrsko nalogo pa sedem, kar prav tako potrjuje vpetost raziskovalcev na področju izobraževanja podiplomcev. Vsi podiplomski študenti so opravili predpisane obveznosti. V okviru programske skupine se je šolala vrsta tujih študentov iz Evrope in Azije, naši sodelavci pa so gostovali na različnih ustanovah v tujini. Najbolj pomembno pa je dejstvo, da so sodelavci kljub krizi v slovenski industriji uspeli dodatno povečati obseg projektov za neposredne uporabnike iz industrije, kar kaže na dobro vpetost raziskovalcev v aktualne industrijske probleme. V preteklem obdobju so sodelavci raziskovalne skupine sodelovali v preko 50 projektih, vodili pa so jih več kot 40.

## 5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2014<sup>4</sup>

SLO

The research objectives of the programme were set very high. However, they were fully achieved and in many segments even significantly exceeded. The scope of the programme is the same over the years. A research group was changed only upon completion of a doctorate of a young researcher or upon retirement of a particular researcher. Publications in quality journals were increased yearly. Four international (2 in USA, 1 in EU and 1 in China) and three national patents were awarded to associates of the programme group, which also confirms industrial applicability of the research results. The above mentioned EU patent is of an older date. In year 2013, major improvement in an area of direct transfer of innovation into production was reached by the sale of our two previous patent submissions to the Bosch company. The company manufactures their products also in Slovenia. The company recognized high research potential among the research personnel within the programme group, which resulted into signing of a contract for longterm research cooperation.

Currently, the Bosch company supports our group in various ways, such as with investment into the research equipment, direct financing of research, payment of fees for patent submissions and patent registration. The payment of the fees and granted patents is acquired entirely by the industrial partner, who is also a user of material rights. In past five years, 13 patents were submitted abroad and one patent was submitted in Slovenia. A number of granted patents and submitted patent requests display exceptional innovation and industrial orientation of the research programme. It cannot be ignored that vast majority of the innovations were immediately used in regular production and the remainder of them were used in design of new products with a high added value.

Elaborated patent activities had also an adverse effect on the research, such as delay of presentation of the research outcomes in a form of significant scientific articles. Namely, it was possible to write the articles only after finalization of patent submissions, which protect material rights of owners of innovations.

Our research members in the programme group are additionally active in educational process of postgraduate researchers. Under mentorship of our research staff in the group, 13 candidates completed their work and their doctoral studies, while seven candidates completed their master theses. All postgraduate students have passed prescribed requirements. Several international students from Europe Union and Asia took their part within the programme group. Our members were guests of different host institutions abroad. The most important fact is that our associates additionally increased a scope of projects for direct consumers from industry. These facts point out to good integration of our researchers in solving of actual industrial problems. In the recent past period, the associates of the research group cooperated within over 50 projects of which they led 40 of them.

## 6.Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine<sup>5</sup>

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	17543702	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Ugotavljanje sončnega potenciala streh s pomočjo podatkov LiDAR (Light Detection And Ranging)
		ANG	Buildings roofs photovoltaic potential assessment based on LiDAR (light detection and ranging) data
			Dandanes je eden izmed glavnih izzivov ugotavljanje primernosti streh za namestitve sončnih elektrarn. Z razvojem tehnologij za zračno lasersko skeniranje, kot je to LiDAR (ang. Light Detection And Ranging), so se začele razvijati tudi metode za avtomatsko iskanje primernih površin glede na sprejeto energijo sončnega sevanja v večjih urbanih območjih. Pri tem se upoštevajo podatki o topografiji površja, dolgoročne meritve direktnega in difuznega sončnega sevanja, ter vplivov senčenja. V

	Opis	SLO	<p>ta namen je bila razvita metoda za ugotavljanje sončnega potenciala, ki pa ne podaja vrednosti o proizvodnji električne energije za določen tip sončne elektrarne. Zato se uporabi metoda, ki dobljeni sončni potencial pomnoži s karakteristiko izkoristka sončnih modulov. Mnogo obstoječih metod za izračun električnega potenciala sončnih elektrarn nad podatki LiDAR predpostavlja konstantne vrednosti izkoristka za različne vrste sončnih modulov. V realnosti so karakteristike izkoristka sončnih modulov nelinearne. Članek predstavi novo metodo za izračun električnega potenciala sončnih elektrarn nad podatki LiDAR, kjer se upoštevajo nelinearne karakteristike izkoristka sončnih modulov in razsmernika. Te aproksimiramo s pomočjo modeliranih funkcij. Izvedena je bila obsežna analiza za proizvedeno električne energije sončnih elektrarn v urbanem področju, kjer se primerja razlika v proizvodnji električne energije s konstantnimi in nelinearnimi karakteristikami izkoristkov sončnih modulov. Prav tako so bili rezultati potrjeni s strani meritev na lokalni sončni elektrarni.</p>
		ANG	<p>One of the major challenges today is assessing the suitability of PV (photovoltaic) systems' installations on buildings' roofs regarding the received solar irradiance. The availability of aerial laser-scanning, namely LiDAR (Light Detection And Ranging), means that assessment can be performed automatically over large-scale urban areas in high accuracy by considering surfaces' topographies, long-term direct and diffuse irradiance measurements, and influences of shadowing. The solar potential metric was introduced for this purpose, however it fails to provide any insights into the production of electrical energy by a specific PV system. Hence, the PV potential metric can be used that integrates received instantaneous irradiance which is then multiplied by the PV system's efficiency characteristics. Many existing PV potential metrics over LiDAR data consider the PV modules' efficiencies to be constant, when in reality they are nonlinear. This paper presents a novel PV potential estimation over LiDAR data, where the PV modules' and solar inverter's nonlinear efficiency characteristics are approximated by modelled functions. The estimated electrical energy production from buildings' roofs within an urban area was extensively analysed by comparing the constant and nonlinear efficiency characteristics of different PV module types and solar inverters. The obtained results were confirmed through measurements performed on an existing PV system.</p>
	Objavljeno v		<p>Pergamon Press; Energy; 2014; Vol. 66; str. 598-609; Impact Factor: 4.159; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.569; A": 1; A': 1; WoS: DT, ID; Avtorji / Authors: Lukač Niko, Seme Sebastijan, Žlaus Danijel, Štumberger Gorazd, Žalik Borut</p>
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
2.	COBISS ID	17638166	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Identifikacija parametrov sinhronskega IPM motorja s kratkostično kletko na podlagi algoritma diferenčne evolucije
		ANG	Differential-evolution-based parameter Identification of a line-start IPM synchronous motor
			<p>Delo se ukvarja z metodo za sočasno identifikacijo parametrov električnega, magnetnega in mehanskega podsistema sinhronskega motorja s trajnimi magneti in kratkostično kletko, ki bazira na algoritmu diferenčne evolucije (DE). Parametri se določijo s pomočjo uporabe dinamičnega modela motorja, izmerjenih časovnih potekov napetosti, tokov in hitrosti na testnem motorju ter s pomočjo DE. Algoritem med postopkom optimizacije spreminja parametre dinamičnega modela motorja tako, da je zagotovljeno minimalno odstopanje izmerjenih in s pomočjo dinamičnega modela izračunanih časovnih potekov posameznih</p>

	Opis	SLO	spremenljivk stanja. Članek se osredotoča na definicijo kriterijske funkcije, definicijo omejitev posameznih parametrov, normiranje vrednosti parametrov in predvsem na opravljanje testnih meritev na motorju. Vse prej našteto skupaj omogoča določitev parametrov dinamičnega modela motorja, ki veljajo za široko področje delovanja in jih je posledično mogoče uporabiti za ocenjevanje sposobnosti zagona in sinhronizacije tega motorja. Predlagan na DE temelječ postopek je potrjen s primerjavo vrednosti določenih parametrov motorja, ki jih je mogoče določiti tudi s pomočjo metode končnih elementov in s pomočjo eksperimentalnih metod.	
		ANG	This work deals with the differential evolution (DE) based method for simultaneous identification of the electric, magnetic and mechanical subsystem parameters of a line-start interior permanent magnet synchronous motor (LSIPMSM). The parameters are determined in the optimization procedure using the dynamic model of the LSIPMSM, the time behavior of voltages, currents and speed measured on the tested LSIPMSM, and the DE which is applied as the optimization tool. During the optimization procedure the DE changes the parameters of the LSIPMSM dynamic model in such a way that the differences between the measured and calculated time behavior of individual state variables is minimized. The paper focuses on the objective function definition, constraints settings for individual parameters, normalization of parameters, and above all the test and measurement procedures performed on the LSIPMSM, which all together make possible to determine the LSIPMSM dynamic model parameters valid for a broad range of operation, and thus, ensuring proper evaluation of the LSIPMSM's line-starting capability. Some of the LSIPMSM parameters that can be determined by finite element analysis and experimental methods are compared to the values obtained by the DE, thus validating the DE based approach.	
	Objavljeno v	Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on industrial electronics; 2014; Vol. 61, iss. 11; str. 5921-5929; Impact Factor: 6.500; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.432; A": 1; A': 1; WoS: AC, IQ, OA; Avtorji / Authors: Marčič Tine, Štumberger Bojan, Štumberger Gorazd		
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
3.	COBISS ID	16731414	Vir: COBISS.SI	
	Naslov	SLO	Navorno vodenje asinhronskega stroja na osnovi vektorja statorskega toka	
		ANG	Im torque control schemes based on stator current vector	
	Opis	SLO	Prispevek obravnava navorno vodenje AM izpeljano na osnovi modela v koordinatah statorskega toka. Zahtevan navor je generiran z istočasnim spreminjanjem iznosa in frekvence statorskega toka kar implicitno spreminja tudi vektor rotorskega magnetnega sklepa na način, ki je zagotavlja globalno stabilnost zaprtizančnega sistema. Dodatno zagotavlja vodenja maksimalno razmerje med navorom in iznosom toka v ustaljenih stanjih in popolno sledenje navorni referenci tudi v področju magnetnega nasičenja. Predlagano vodenje prevzema kaskadno strukturo, ki temelji na delni dinamični inverziji reduciranega modela, ki zagotavlja enoumno preslikavo med zahtevanim navorom, vektorjem statorskega toka in vektorjem rotorskega magnetnega sklepa. Problem singularnosti pri rotorskem magnetnem sklepu enakem nič, ne predstavlja omejitve za predlagano vodenje. Sama implementacija vodenja zahteva estimacijo navorne komponente rotorskega magnetnega sklepa in kaskadne tokovne regulatorje. Prispevek vključuje eksperimentalne rezultate, ki potrjujejo izhodiščne hipoteze in nakazujejo prednosti predlaganih shem vodenja.	

		ANG	The paper proposes an IM torque control derived from the model in the stator current vector reference frame. The required torque is produced by simultaneously manipulating the magnitude and the rotation speed of the stator current vector thus forcing the rotor flux linkage vector to change implicitly in such a way that overall stability is preserved. Additional control features include maximal torque per ampere ratio in steady state and almost perfect command tracking even if the machine is magnetically saturated. The control adopts a cascaded structure and is based on a partial dynamic inversion of the reduced model that assures existence and uniqueness of the inverse mapping between the required torque, the rotor flux linkage vector and the stator current vector. Singularity at zero rotor flux linkage represents no restriction for the control performance in the admissible machine operating range. The implementation of the proposed control requires the estimation of the torque producing rotor flux component and cascaded stator current controllers. Experimental results confirm the key expectations and show the potential and benefits of the proposed control schemes.
	Objavljeno v		Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on industrial electronics; 2014; Vol. 61, iss. 1; str. 126-138; Impact Factor: 6.500; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.432; A": 1; A': 1; WoS: AC, IQ, OA; Avtorji / Authors: Grčar Bojan, Štumberger Gorazd, Hofer Anton, Cafuta Peter
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	17377302	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Na diferenčni evoluciji temelječa identifikacija parametrov modela Kaplanove turbine
		ANG	Differential evolution-based identification of the nonlinear Kaplan turbine model
	Opis	SLO	V članku je predstavljenih več različnih dinamičnih modelov Kaplanove turbine z nastavljivim odprtjem vodilnika in nastavljivim naklonom lopatic gonilnika. Parametri omenjenih modelov so določeni na osnovi meritev med normalnimi obratovalnimi stanji turbine. Modele, katerih parametre je treba določiti, dobimo z razširitvijo nelinearnega model vodne turbine s spremenljivim odprtjem vodilnika. Pri tem je uporabljena aproksimacijska funkcija, ki opisuje razmerje med odprtjem vodilnika in naklonom lopatic gonilnika. Neznani parametri modela turbine so določeni z uporabo inamičnega modela turbine, aproksimacijske funkcije, merjenih časovnih potekov spremenljivk in stohastičnega iskalnega postopka, imenovanega diferenčna evolucija. Slednji je uporabljen kot optimizacijsko orodje. Članek se posveča iterativnemu razvoju na diferenčni evoluciji temelječega postopka za določitev strukture in parametrov modela Kaplanove turbine. Omenjeni postopek poteka tako dolgo, dokler ni znana optimalna struktura modela, pri kateri z optimizacijo določene vrednosti parametrov aproksimacijske funkcije zagotavljajo najboljše ujemanje med izmerjenimi in z modelom izračunanimi časovnimi poteki opazovanih spremenljivk modela.
		ANG	In this paper, various new models of double-regulated Kaplan turbines are proposed, whose parameters are determined on the basis of field measurement data acquired during normal operating conditions. The model being identified is an extension of the nonlinear single-regulated turbine model obtained through an approximation function that defines the relationship between the wicket gate opening and runner blades angle. To determine the unknown parameters of the approximation function, a stochastic search algorithm called differential evolution (DE) is used. This paper focuses on the progressive development of the DE algorithm based methods that are applied to determine different forms of the approximation



		functions, until an optimal form is attained that ensures the best possible agreement between the measured and calculated responses.
	Objavljeno v	Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on energy conversion; 2014; Vol. 29, issue 1; str. 178-187; Impact Factor: 3.353; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.521; A': 1; WoS: ID, IQ; Avtorji / Authors: Kranjčič Dalibor, Štumberger Gorazd
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	16262934 Vir: COBISS.SI
	Naslov	<p><i>SLO</i> Na podatkih LiDAR temelječe ovrednotenje sončnega potenciala površin streh in njihovo razvrščanje glede primernosti za postavitve fotonapetostnih sistemov</p> <p><i>ANG</i> Rating of roofs' surfaces regarding their solar potential and suitability for PV systems, based on LiDAR data</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> Površine streh v urbanih območjih so zanimive za postavitve fotonapetostnih sistemov saj lahko izboljšajo samozadostnost pri oskrbi z električno energijo, hkrati pa lahko prispevajo k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov v teh območjih. Žal površine vseh streh niso primerne za postavitve fotonapetostnih sistemov. Članek se ukvarja z razvrščanjem površin streh v urbanih območjih glede njihove primernosti za postavitve fotonapetostnih sistemov. Pri tem je sončni potencial posameznih streh določen z novo metodo. Sledenja združuje topografske podatke urbanega območja določene s pomočjo podatkov LiDAR in večletne časovno odvisne meritve celotnega in razpršenega sončnega sevanja s piranometrom. Metoda je dopolnjena še s heurističnim upoštevanjem letnega senčenja zaradi vegetacije in senčenja zaradi okoliškega terena in zgradb, ki je izvedeno z različno resolucijo. Izvedena je obširna analiza različnih pojavov, ki vplivajo na fotonapetostni potencial. Analiza izvedena za primer fotonapetostne elektrarne je pokazala 97,4 % odstopno korelacijo med merjenimi in s predlagano metodo izračunanimi rezultati.</p> <p><i>ANG</i> The roof surfaces within urban areas are constantly attracting interest regarding the installation of photovoltaic systems. These systems can improve self-sufficiency of electricity supply, and can help to decrease the emissions of greenhouse gases throughout urban areas. Unfortunately, some roof surfaces are unsuitable for installing photovoltaic systems. This presented work deals with the rating of roofsurfaces within urban areas regarding their solar potential and suitability for the installation of photovoltaic systems. The solar potential of a roof's surface is determined by a new method that combines extracted urban topography from LiDAR data with the pyranometer measurements of global and diffuse solar irradiances. Heuristic annual vegetation shadowing and a multi-resolution shadowing model, complete the proposed method. The significance of different influential factors (e.g. shadowing) was analysed extensively. A comparison between the results obtained by the proposed method and measurements performed on an actual PV power plant showed a correlation agreement of 97.4%.</p>
	Objavljeno v	Applied Science Publishers; Applied energy; 2013; Vol. 102; str. 803-812; Impact Factor: 5.261; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.798; A': 1; WoS: ID, II; Avtorji / Authors: Lukač Niko, Žlaus Danijel, Seme Sebastijan, Žalik Borut, Štumberger Gorazd
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

## 7. Najpomembnejši družbeno-ekonomski rezultati programske skupine<sup>6</sup>

--	--

Družbeno-ekonomski dosežek			
1.	COBISS ID	15194902	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Naprava in postopek za napredno vodenje transformatorja za uporovno točkasto varjenje	
	ANG	Advanced control system for resistance spot welding ( Original: Verfahren und Vorrichtung zum Betrieben eines Transformators)	
Opis	SLO	Ta patent ščiti razviti sistem naprednega vodenja tranformatorja za uporovno točkovno varjenje, ki temelji na merjenju varilnega toka in magnetne gostote v jedru transformatorja. Izvedba naprednega vodenja s predlagano tehnično rešitvijo odpravlja probleme tokovnih konic na primarni strani transformatorja, saj preprečuje nasičenje jedra transformatorja, ki pri klasičnih sistemih vodenja povzroča tokovne konice.	
	ANG	This patent protect the developed advanced control system for spot welding transformer, which is based on measurement of welding current and flux density in the transformer iron core. The welding current at the full-wave rectifier output is normally controlled by the pulse width modulated primary voltage of the transformer supplied by the input converter. The unequal ohmic resistances of the two transformer's secondary circuits and the different characteristics of the diodes of output rectifier certainly lead to the magnetic saturation which, consequently, causes the unwanted spikes in the transformer's primary current and over-current protection switch-off. This disadvantage of classical spot welding systems is completely eliminated by the protected advanced hysteresis controller (AHC), which keeps transformer iron core saturation within prescribed bounds regardless of how unequal the ohmic resistances and diode characteristics in the transformer's secondary circuits are. This is achieved by a combined closed-loop control of the welding current and closed-loop control of the iron core saturation level. The proposed AHC assures a very short rise time of the welding current and the best possible utilization of the transformer iron core.	
Šifra		F.06	Razvoj novega izdelka
Objavljeno v		Europäisches Patentamt; 2011; 13 str.; A": 1;A': 1; Avtorji / Authors: Klopčič Beno, Müller Heinz-Ullrich, Dolinar Drago, Štumberger Gorazd	
Tipologija		2.24 Patent	
2.	COBISS ID	12359446	Vir: COBISS.SI
Naslov	SLO	Naprava za preizkušanje pravilnosti vezave statorskih navitij in detekcijo premika med dvema magnetnima poljema	
	ANG	Device for determining phase of two magnetic fields and method for checking stator winding	
Opis	SLO	Naprava za detekcijo kota premika med dvema magnetnima poljema deluje na podlagi analize dveh izmerjenih magnetnih polij, ki je na primer opravljena s Hallovimi senzorji. Naprava omogoča preizkušanje pravilnosti vezave statorskih navitij različnih vrst izmeničnih električnih strojev v klasični cilindrični ali linearni izvedbi.	
	ANG	The device for the detection of angle between two magnetic fields works indirectly by the measurement of the magnetic fields by the Hall sensors. The device is applicable for the determination of the correctness of the stator winding connection of different AC electrical machines, which are either cylindrical or linear.	
Šifra		F.06	Razvoj novega izdelka
Objavljeno v		Chinese Patent Office, SIPO; 2012; 13 str.; Avtorji / Authors: Klopčič Beno	

	Tipologija	2.24 Patent	
3.	COBISS ID	15194134	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Izvedba tuljav primarnega in sekundarnega navitja
		ANG	Winding element for a coil winding and transformer arrangement
	Opis	SLO	Izum opisuje posebno novo izvedbo primarnih tuljav in sekundarnega navitja v obliki E ovoja, ki ima izdelane utore za vodno hlajenje celotnega transformatorja.
		ANG	The invention relates to a winding element for conducting current, forming a component of a coil winding, especially of a (welding) transformer winding, comprising fixing means for fixing the winding element to a carrier component. The invention also relates to a transformer arrangement, especially a welding transformer arrangement, comprising a primary winding and a secondary winding, the primary and/or secondary winding comprising at least one winding element according to the invention.
	Šifra	F.07 Izboljšanje obstoječega izdelka	
Objavljeno v	s. n.]; 2011; [10] f.; A'': 1;A': 1; Avtorji / Authors: Solar Anton, Klinger Thomas, Klopčič Beno, Lisjak Rado		
Tipologija	2.24 Patent		
4.	COBISS ID	15194390	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Usmerniški modul za priklop na navitja transformatorjev
		ANG	Semiconductor module for connecting to a transformer winding, and transformer arrangement
	Opis	SLO	Načrtovana konstrukcija usmerniškega modula za priklop na sekundarna navitja varilnega transformatorja vsebuje dvoje ploščatih polvodniških elementov, ki sta nameščena med masivni kontaktni plošči. Ena od kontaktnih plošč je zaradi izboljšanja odvajanja toplote vodno hlajena.
		ANG	A semiconductor module for connecting to a welding transformer winding includes a semiconductor component that is discshaped and disposed between two contact plates. One of the contact plates is acted upon using a cooling fluid on its side facing away from the semiconductor component.
	Šifra	F.06 Razvoj novega izdelka	
Objavljeno v	s. n.]; 2011; [10] f.; A'': 1;A': 1; Avtorji / Authors: Solar Anton, Klinger Thomas, Klopčič Beno, Lisjak Rado		
Tipologija	2.24 Patent		
5.	COBISS ID	16805654	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Naprava in postopek testiranja za vrednotenje kvalitete magnetnih krogov
		ANG	Device and testing procedure for determination of magnetic circuit quality
Opis	SLO	Tester in postopek testiranja za vrednotenje magnetnih krogov temelji na pulznem vzbujanju in histereznem regulatorju primarnega toka. Na osnovi frekvence delovanja sistema in jalove moči lahko ovrednotimo magnetilno karakteristiko testiranega jedra. S spreminjanjem primarnih ovojev, preklopnega toka in napajalne napetosti izberemo ustrezno delovno točko in območje delovanje testerja. Za izvedbo testerja ni potrebna draga merilna oprema in se lahko izvede na obstoječih napajalnih pretvornikih jeder. Testiranje jeder je hitro, učinkovito in univerzalno. Testiramo lahko tudi že vgrajena jedra. S testi lahko ovrednotimo celoten magnetni krog, na katerega vpliva več dejavnikov, kot npr. uporabljen material, poškodbe, obdelava zračne reže,	

		nepravilnosti pri konstrukciji, ipd.
	ANG	The tester and the procedure of testing to determine the quality of magnetic circuits is based on pulse excitation and hysteresis control of primary current. The magnetic characteristic of the tested transformer iron core is evaluated on the basis of measured frequency of excitation and measured reactive power. The corresponding working point and tester operating range is chosen by changing the number of primary winding turns and by selecting switching current and voltage. All tests are performed by the standard existing inverter, so that there is no need for an expensive additional testing equipment. Transformer core testing is quick, effective and universal. The tests of already builtin cores are also possible. The entire magnetic circuit is evaluated by the described procedure taking into account influence of many factors, such as the type of material, lamination thickness, damages, the increased air gap due to the manufacturing process, irregularities during construction, etc.
Šifra	F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
Objavljeno v	Urad RS za intelektualno lastnino; 2013; [10] str.; Avtorji / Authors: Dolinar Drago, Petrun Martin, Klopčič Beno	
Tipologija	2.24	Patent

## 8. Drugi pomembni rezultati programske skupine<sup>Z</sup>

Član programske skupine je bil predsednik nadzornega sveta HSE d.o.o.. Skrbel je za zagotavljanje pogojev za izgradnjo nadomestnega bloka 6 v TEŠ.

Član programske skupine je prav tako član štirih delovnih skupin mednarodne standardizacije IEC s področja visokonapetostnih varovalk:

- TC 32/SC 32A/MT 3 Maintenance of IEC 602821, 60644, 60787
- TC 32/SC 32A/MT 4 Maintenance of IEC 602822
- TC 32/SC 32A/MT 7 IEC 60549 High voltage fuses for the external protection of shunt capacitors
- TC 32/SC 32A/WG 6 User's guide for high voltage fuses.

Člana programske skupine sta člana uredniškega odbora revije IET EPA in Bosanskohercegovačka elektrotehnika.

Član programske skupine Jože Voršič je postal zaslužni član mednarodnega združenja CIGRE - Paris (International Council on Large Electric Systems)).

Člani programske skupine so neposredno, v obliki znanstvenostrokovnih vodij posameznih področij, vključeni v delo dveh spin-off podjetij TECES in ICEM, ki se ukvarjata z načrtovanjem tehnološko visoko zahtevnih proizvodov.

## 9. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine<sup>8</sup>

### 9.1. Pomen za razvoj znanosti<sup>9</sup>

SLO

Raziskovalna skupina se ukvarja z reševanjem stvarnih problemov, s katerimi se podjetja v elektrokovinski industriji, proizvajalci električne energije in upravljalci EES srečujejo vsakodnevno. Problemi, s katerimi se v podjetjih srečujejo pri razvoju novih proizvodov in pri vodenju EES na mejah zmogljivosti so pogosto tako zahtevni, da jih je mogoče razrešiti le z uporabo znanstvenih raziskovalnih metod. Tak način dela obvladajo le kvalificirani raziskovalci z

dobrim teoretičnim znanjem in praktičnimi izkušnjami, teh pa je na tematskem področju, ki ga pokriva raziskovalni program, malo in ne dosega kritičnega obsega potrebnih znanj. Zato je vzpostavljeno sodelovanje vseh vrst, predvsem pa mednarodno, toliko bolj pomembno za vsestranski prenos in izmenjavo znanstvenih spoznanj, kar je pomembno za razvoj znanosti doma in v svetu. Podobnega mnenja so raziskovalci v številnih evropskih državah, s katerimi smo se uspeli povezati tako, da je sodelovanje obojestransko. Tudi drugod v svetu, zlasti pa v Evropi, teme s področja elektrotehnike niso v prvih razvojnih prioritetah, zato nekatere evropske države že sedaj z vzhoda uvažajo kvalificirane raziskovalce.

Sodelavci raziskovalne skupine so vzpostavili dobro raziskovalno sodelovanje z raziskovalci iz preostalih raziskovalnih institucij v Sloveniji, Hrvaški, Srbiji, Bosni, Avstriji, Nemčiji, Belgiji, Franciji, Finski, Grčiji in ZDA. Kakovostno raven sodelovanja potrjujejo skupne objave, katerih število z leti narašča. Število objav v kvalitetnih revijah narašča, kar zagotovo kaže na to, da so rezultati zanimivi tudi za širšo mednarodno javnost. Vse objave v kvalitetnih tujih revijah so temeljile na izvirnih inovativnih rešitvah in so bile za mednarodno raziskovalno okolje pomembne, drugače jih nebi sprejeli v objavo. Povečan odmev na objave v obliki navedb nedvoumno kaže na izvirnost, inovativnost in naprednost predlaganih rešitev, kar je eden od pomembnih ciljev zastavljenega raziskovalnega programa.

Člani programske skupine so permanentni sodelavci številnih uveljavljenih raziskovalnih skupin v tujini, kjer aktivno delajo kot gostujoči raziskovalci in profesorji. Večina članov raziskovalne skupine je dalj časa preživela na raziskovalnem delu v tujini, kar je razvidno iz razpoložljive bibliografije. Projekti so bili zelo različni, koristi sodelovanja pa so vsestranske. Največjo korist ima vsekakor vsak posameznik, ki mu sodelovanje v raziskovalni skupini v širšem mednarodnem raziskovalnem okolju omogoča znanstveno rast s pomočjo novo osvojenih znanj.

Posredno korist ima mednarodna strokovna sredina, neposredno pa domača podjetja, ki s posredovanjem raziskovalcev v okviru programske skupine vzpostavljajo stike s tujimi raziskovalci in s tem koristijo njihove dragocene znanstvene izkušnje in pogosto tudi drago raziskovalno infrastrukturo.

Navedbe potrjuje sodelovanje sodelavcev raziskovalne skupine v novo ustanovljenih univerzitetnih študijskih programih na vseh stopnjah, povečano število magistrantov in doktorandov, kakor tudi povečan obseg izmenjave dodiplomskih univerzitetnih študentov iz vse Evrope.

ANG

The research group solves real problems which make every day obstacles for companies in the electric and metallic industry as well as for the EPS management. In order to solve problems which appear in the development of new products and problems with the EPS control on the limit of the system's capability, often only scientific and research methods can be used. This type of work is managed only by those qualified researchers which own both, a solid theoretical knowledge, as well practical experiences. However, in the field covered by our research group there are only a few qualified researchers, but unfortunately they do not reach critical amount of the required knowledge if they are not joint together. The established international cooperation is, therefore, even more important. Researches from many European countries, with which we have contacted, share the same opinion, consequently this lead to the mutual cooperation and exchange of scientific ideas, which is very important for development of science. In some other countries in the world, particularly in Europe, topics related to electrical engineering are not on the very top list in the development priorities, therefore some European countries has already started to import qualified researchers from the east.

Coworkers from our research group has established a solid cooperation with researchers from other Slovenian research institutions, as well as with researchers from Croatia, Serbia, Bosnia, Austria, Germany, Belgium, France, Finland, Greece and USA. The quality level of this cooperation is confirmed by common publications, which is growing in the course of time. The number of publications in the top quality reviews and magazines is also growing, whence certainly follows that the proposed results are interested also for the broad international public. All publications in the quality foreign reviews are based on original and innovative solutions and

are thus important for international community; otherwise they would not be accepted for publication. Furthermore, the increased response to publications, which can be measured by the number of citations, also shows originality, innovations and advancement of proposed solutions which is one of the very important goals of this research programme.

Members of our research group are permanent coworkers in a number of respected research groups worldwide, where they actively work as invited researchers and professors. Most of the members of the research group have spent a long time as researchers in many other countries, which can be seen from the available bibliography.

There were different joint projects, while the outcome was always mutual. The biggest benefit certainly goes to the individual, because the cooperation within the international research group enables for the researcher to grow based on the new knowledge and proficiency. While the benefit for the international professional community is not straightforward, the domestic companies get it directly by sharing their researchers with our program group, establishing connections with foreign researchers, and using their valuable scientific experiences and often also a high expensive research infrastructure.

## 9.2.Pomen za razvoj Slovenije<sup>10</sup>

SLO

Domača elektrokovinska industrija je zaradi pretežne izvozne usmerjenosti pomembna za družbenoekonomski in vsestranski razvoj Slovenije. Obstoje mnogih podjetij, s katerimi sodelujemo, je odvisen od inovativnosti in kvalitete predlaganih rešitev pri načrtovanju novih naprav in sistemov. Težnja uspešnih podjetij je vodenja lastnega razvoja bodočih proizvodov, v katerega vključujejo kompetentne raziskovalce, domače in tuje, kakor tudi infrastrukturni potencial, s katerim ti raziskovalci razpolagajo. To je vzorec za vsestransko učinkovit razvoj novih programov, kjer raziskovalci iz podjetja sodelujejo s kvalificiranimi raziskovalci, ki so sofinancirani v okviru nacionalnega raziskovalnega programa, v delo pa vključijo tudi kompetentne tuje raziskovalce. Podoben vzorec je bil uspešno uporabljen tudi pri delu z upravljalci EES in proizvajalci električne energije. EES predstavlja osnovno infrastrukturo za mnoge druge dejavnosti, njegovo nemoteno obratovanje v okviru predpisanih specifikacij pa je predpogoj za nadaljnji razvoj, gospodarski in družbeni. Pri vprašanju kvalitete obratovanja EES pa so pomembni prav vsi načini pridobivanja energije od klasičnih do alternativnih.

Raziskovalni program je povezan z razvojnimi cilji Slovenije na področjih razvoja visokega šolstva in raziskovalne dejavnosti, na področju uvajanja novih tehnološko visoko zahtevnih proizvodov, na področju racionalne proizvodnje in porabe električne energije (varovanje okolja) in na področju znanosti. Uspešnost pristopa je bila potrjena pri razvoju naprednega vodenja sistema za uporovno točkasto varjenje (prijava mednarodnega patenta), razvoju sistema nelinearnega vodenja različnih vrst izmeničnih strojev (prijava patenta) in razvoju novih naprav v primarnem ter sekundarnem delu EES. Izdelane energetske študije so bile podlaga za pridobitev državnega lokacijskega načrta za izgradnjo novega daljnovoda, sodelavci programske skupine so ustanovili podjetje s petimi zaposlenimi strokovnjaki (ICEM), ki razpolaga z edinim tovrstnim laboratorijem preizkuševališčem v Sloveniji.

Sodelavci raziskovalnega programa so razvili vrsto novih proizvodov (VN generator, ki ga proizvaja podjetje METREL). Sodelavci programske skupine aktivno sodelujejo pri izvajanju in nadzoru največje investicije v energetska infrastrukturo, ki se trenutno odvija v Sloveniji. Podoben vzorec dela namerava raziskovalna skupina ohraniti tudi v bodoče. Učinkovit tehnološki razvoj na področju posameznih panog v elektrokovinski industriji pa zahteva tudi velika vlaganja v razvoj človeških potencialov raziskovalcev in opremo.

Kritični obseg raziskovalcev in opreme kot predpogoj za razvojno delo številna podjetja v Sloveniji zagotavljajo v sodelovanju z našo raziskovalno skupino. S pomočjo sodelovanja z raziskovalci predhodno naštetih evropskih držav in ZDA (implicitno vključena promocija Slovenije) prihajajo v Slovenijo po najkrajši poti specifična tehnološka znanja, ki jih pri nas trenutno ne razvijamo. Raziskovalci v okviru izmenjave koristijo drago laboratorijsko in programsko opremo v tujini. Korist je vsestranska, kar potrjuje interes vseh udeležencev.

Izvedba visoko zastavljenih tehnoloških ciljev je predpogoj za povečanje proizvodnje in odprtje novih delovnih mest v domači elektroindustriji, ki z ustvarjeno dodano vrednostjo ustvarja ekonomske pogoje za utrjevanje nacionalne identitete in ohranjanje kulturne dediščine.

ANG

Domestic electric and metallic industry is important for the social and economic development of Slovenia mostly because of their export orientation. Existences of many companies, which are our partners, depend on innovative and quality solutions within the development of new devices and systems. The tendency of successful companies is to manage their own development, whereas competent researchers (domestic and foreign) are included, as well as the infrastructure potentially used by those researchers. This is the pattern for the overall and efficient development of new programmes, where the researchers from companies cooperate with qualified researchers, which are financed in part by international research programme, whereas also competent researches are included. Similar pattern was already successfully applied to the EPS management. Furthermore, EPS represents an indispensable infrastructure for many other social and working activities, whereas its safe and undisturbed operation is the first condition for the economic and social development. In regard to the quality of EPS operation all ways for energy generation are important, that is classical and alternative ones.

The research programme is connected with Slovenian aims in different areas, such as the development of university educational system and research activities, introduction of new high technological products, rational electric power generation and consumption (protection of nature), as well as the area of science. Successfulness of this approach was confirmed in the case of development of the advanced control for a resistance spot welding system (international patent application), the development of a nonlinear control system for different types of AC machines (two patent applications) and the development of new primary and secondary devices for the EPS. Already finished studies in the field of electrical power engineering have been a ground work for gaining the state location plan for building a new power line. Coworkers in this research group have founded a company ICEM with a unique testing laboratory in Slovenia, which employs five experts. Furthermore, they have developed a series of new products (e.g. high voltage generator, which is produced by METREL). The experts from the research group are involved in supervision of the largest investment in electrical power infrastructure in Slovenia at the moment. The research group is planning to keep this way of work.

Effective technological development in the field of individual branches in electric and metal industry needs investments into both, the human potential and the equipment. The researchers and equipment, which are the first condition for the development in numerous Slovenian companies, are ensured through the cooperation with our research group. Furthermore, through the cooperation with the researches from previously mentioned European countries and the USA, a specific technological knowledge, which is not held by us, comes to Slovenia. During the exchange abroad our researchers are using expensive equipment. The benefit is mutual, which is confirmed through the interest of all participants. Realization of high technological goals is a first condition for increasing the production and for the opening of new jobs in the domestic electric industry. In this way, solid economic conditions are built for the consolidation of the national identity and conservation of the cultural heritage.

## 10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2009-31.12.2014<sup>11</sup>

### 10.1. Diplome<sup>12</sup>

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	205
bolonjski program - II. stopnja	20
univerzitetni (stari) program	4

**10.2. Magisterij znanosti in doktorat znanosti<sup>13</sup>**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
20965	Marjan Stegne	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Igor Vidali	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Marjan Zorman	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Branko Dvoršak	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Lovro Belak	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Damjan Seme	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
30970	Klemen Stopar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29928	David Stojan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29569	Jelena Popović Cukovic	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32044	Željko Plantić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7481	VOJKO PODLOGAR	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28148	Klemen Deželak	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
28424	Seme Sebastijan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
28431	Adnan Glotić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23515	Janez Ribič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Zvonko Toroš	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
29084	Jože Hrastnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
33248	Martin Petrun	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Dalibor Krajncič	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Miran Rošer	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	

Legenda:

**Mag.** - Znanstveni magisterij**Dr.** - Doktorat znanosti**MR** - mladi raziskovalec**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju<sup>14</sup>**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev	
29569	Jelena Popović Cukovic	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
29928	David Stojan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod	
32044	Željko Plantić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina	
28424	Seme Sebastijan	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod	
28431	Adnan Glotić	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo	
33248	Martin Petrun	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod	

Legenda zaposlitev:

**A** - visokošolski in javni raziskovalni zavodi**B** - gospodarstvo**C** - javna uprava**D** - družbene dejavnosti**E** - tujina



F - drugo

**12.Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2009-31.12.2014**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev	
7481	VOJKO PODLOGAR	A - raziskovalec/strokovnjak	2	
0	SENAD HUSEINBEGOVIĆ	C - študent - doktorand	2	
29928	David Stojan	A - raziskovalec/strokovnjak	3	
32044	Željko Plantić	A - raziskovalec/strokovnjak	5	
0	Jan Ivanecky	C - študent - doktorand	6	
29084	Jože Hrastnik	A - raziskovalec/strokovnjak	1	
0	Zvonko Toroš	A - raziskovalec/strokovnjak	1	

Legenda sodelovanja v programski skupini:

- A - raziskovalec/strokovnjak iz podjetja
- B - uveljavljeni raziskovalec iz tujine
- C - študent - doktorand iz tujine
- D - podoktorand iz tujine

**13.Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2009-31.12.2014<sup>15</sup>**

SLO

1. Člani programske skupine so sodelovali pri projektu »CESLA – Čezmejna implementacija okolju prijaznih ultralahkih vozil v Sloveniji in Avstriji« s katerim smo projektni partnerji spodbujali razvoj trga in uporabo ultralahkih vozil na čezmejnem slovenskoavstrijskem območju. Namen projekta je bil v predstavitvi uspešne uporabe ultralahkih električnih vozil ter ustvarjanju in razvoju podpornega okolja za njihovo uvajanje v čezmejni regiji Slovenija/Avstrija. Na projektu so sodelovali štiri slovenski in dva avstrijska partnerja in sicer:

- TECES, Tehnološki center za električne stroje
- Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
- Univerza v Mariboru; Fakulteta za strojništvo
- MRA, Mariborska razvojna agencija p.o.
- Forschungsgesellschaft Mobilität – Austrian Mobility Research FGMAMOR GmbH
- Fachhochschule Technikum Kärnten, Gemeinnützige Privatstiftung (CUASCARINThia University of Applied Sciences).

2. Modeling of the electro thermal processes for the machines, apparatus and devices. (SLO BiH bilateralni projekt)

3. Sodelovanje z Bosch Rexroth, Framework agreement, 2013.

Sodelovanje s tujimi univerzami:

1. DEŽELAK Klemen, University of Žilina, Faculty of Electrical Engineering, Department of Power Electrical Systems, Slovaška.
2. RITONJA Jožef, Czech Technical University in Prague, Faculty of electrical engineering, Češka.
3. PIHLER Jože, Univerzitet u Tuzli, Fakultet elektrotehnike, BIH.
4. ŠTUMBERGER Gorazd, Fachhochschule Burgenland GmbH, Pinkafeld, Avstrija.
5. DOLINAR Drago, Elektrotehnički fakultet u Sarajevu, BIH.

6. GRČAR Bojan, TU Graz, Avstija.
7. DOLINAR Drago, HUT Helsinki, Finska.
8. DOLINAR Drago, University d'Artois, Bethune, Francija.
9. PETRUN Martin, University Aachen, Nemčija.

**14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2009–31.12.2014) potekali izven financiranja ARRS<sup>16</sup>**

SLO

1. RITONJA, Jožef, 50 kW sinhronski generator za vetrno elektrarno, 2014.
2. ŠTUMBERGER, Gorazd, Opredelitev metod vzdrževanja linijskih objektov prenosnega podjetja in potrebna programska podpora, 2014.
3. PIHLER, Jože, Ozemljevanje delovišč pri izvajanju vzdrževalnih del na prenosnem daljnovodu Dravograd Ravne, 2014.
4. PIHLER, Jože, Skladnost prenapetostnih zaščitnih naprav (SPDs Surge Protection Devices), 2014.
5. DOLINAR, Drago, Final written report on the results of RSW transformer design and analysis obtained in 2013
6. POLAJŽER, Boštjan, Izdelava voznega reda in optimizacija razporeditve moči po elektrarnah po posameznih urah za hidro družbe HSE, 2013.
7. RITONJA, Jožef. Modelling and control of synchronous generator, 2013.
8. RITONJA, Jožef, Ugotavljanje vzrokov nihanj in stabilizacija nihanj sinhronskega generatorja, 2013.
9. ŠTUMBERGER, Vplivi razpršene proizvodnje na razdeljevalno omrežje, 2013.
10. RITONJA, Jožef, Analiza sodelovanja agregatov v DEM v primarni regulaciji frekvence, 2012.
11. PIHLER, Jože, Možnost izrabe energetskega potenciala reke Drave z objekti, ki so integrirani v infrastrukturne komponente, 2012.
12. GRČAR, Bojan, Napredni postopki izbire konceptov, parametriranja in preizkušanja zaščite prenosnih omrežjih, 2012.
13. PIHLER, Jože, Obratovanje v zanki, 2012.
14. VORŠIČ, Jože. Optimizacija parametrov 400kV nadzemnega voda Okroglo Videm s stališča hrupa, 2012.
15. RITONJA, Jožef, Ukrepi za izboljšanje delovanja primarne regulacije frekvence v slovenskem elektroenergetskem sistemu, 2012.
16. PIHLER, Jože, Uporaba sodobnih metod vzdrževanja elementov stikališč prenosnega podjetja, 2012.
17. RITONJA, Jožef, Advanced methods for power system stabilizers : study [for Siemens], 2011.
18. POLAJŽER, Boštjan, Izdelava matematičnega modela verige HE in analiza planiranja proizvodnje in moči na DEM in SENG, 2011.
19. PIHLER, Jože, Raziskava kratkostičnih razmer v TE Šoštanj po priključitvi bloka 6 na elektroenergetski sistem R Slovenije, 2011.

20. RITONJA, Jožef, Modelling of the Slovenian electric power system with PSS NETOMAC softawre, 2010.
21. RITONJA, Jožef, Primarna regulacija frekvence slovenskega elektroenergetskega sistema prvi del, 2010.
22. RITONJA, Jožef, Uporaba programske opreme v elektroenergetiki, 2010.
23. VORŠIČ, Jože, Vključitev novih plinskih elektrarn v elektroenergetsko omrežje, 2010.
24. PIHLER, Jože, Vloga varovalk v srednjenapetostnih distribucijskih postrojenjih, 2010.
25. DOLINAR, Drago, Izdelava matematičnega modela verige HE in analiza planiranja proizvodnje in moči na DEM in SENG, 2009.
26. VORŠIČ, Jože, Verjetnostna analiza zanesljivosti oskrbe z električno energijo. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2009.

**15. Ocena tehnološke zrelosti rezultatov raziskovalnega programa in možnosti za njihovo implementacijo v praksi (točka ni namenjena raziskovalnim programom s področij humanističnih ved)**<sup>12</sup>

SLO

Raziskovanje je bilo uporabniško usmerjeno in je izhajalo iz realnih industrijskih problemov. Kot kaže navedeni seznam izvedenih industrijskih projektov so bile raziskave sofinancirane, rezultati programa pa so bili dovolj zreli, da so bili v veliki večini takoj privzeti v proizvodnji v obliki tehnoloških posodobitev ali novega proizvoda. Nekateri rezultati dosedanjih raziskav v okviru programa na sistemih za uporovno točkasto varjenje se že vsakodnevno uporabljajo, prihranki so znatni. Čisto nov proizvod, načrtovan v programski skupini, pa je v fazi testiranja prototipa in bo šel v redno proizvodnjo v letu 2015. Transformator bo unikaten v svetovnem merilu in bo poleg 15% zmanjšanja izgub omogočili tudi 20% zmanjšanje porabe bakra in železa, kar bo podjetju po grobi oceni prineslo več milijonske prihranke v EUR na letno. Podjetje Bosch Rexroth, ki je lastnik podjetja Indramat elektromotorji v Sloveniji je v letu 2013 s FERI Univerze v Mariboru, natančneje s člani programske skupine, sklenilo dolgoročno pogodbo o sodelovanju in sofinanciranju raziskav.

Raziskovalni rezultati so bili zreli za industrijsko uporabo, saj so industrijski uporabniki bili pripravljeni odkupiti materialne pravice patentnih predlogov in plačati pristojbine za sedem podeljenih patentov (4x tujina in 3x doma) in 14 patentnih prijav (13x tujina in 2x doma). Večina raziskovanih rezultatov, ki so bili patentno zaščiteni, je bila že uporabljena v redni proizvodnji ali obratovanju, nekateri drugi pa so v fazi testiranja na prototipih in bodo v redni proizvodnji prav kmalu. Industrijsko uporabnost raziskovalnih rezultatov potrjuje tudi obseg industrijskih projektov.

Članom programa, ki so v preteklosti že ustanovili dve spinoff podjetji, je, glede na obstoječo pogodbo o dolgoročnem sodelovanju z industrijskim partnerjem, onemogočena nadaljna prodaja rezultatov raziskav zainteresiranim tretjim osebam. Avtorske pravice pripadajo raziskovalcem in raziskovalni organizaciji, materialne pravice iz naslova raziskovalnih dosežkov pa so last sofinancerja.

**16. Ocenite, ali bi doseženi rezultati v okviru programa lahko vodili do ustanovitve spin-off podjetja, kolikšen finančni vložek bi zahteval ta korak ter kakšno infrastrukturo in opremo bi potrebovali**

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	100.000.000 EUR

ocena potrebne infrastrukture in opreme <sup>18</sup>	Potrebna je pridobitev ustrezne prostore in potrebno računalniško in merilno, kakor tudi programsko opremo za razvoj prototipov vseh vrst za obstoječe proizvajalce, ki razpolagajo z vsemi dovoljenji in certifikati za proizvodnjo naprav v Sloveniji.
---	--

## 17. Izjemni dosežek v letu 2014<sup>19</sup>

### 17.1. Izjemni znanstveni dosežek

Navorno vodenje asinhronskega stroja na osnovi vektorja statorskega toka

Raziskovalna skupina je razvila nov koncept za navorno vodenje AM, ki je izpeljano na osnovi modela v koordinatah statorskega toka. Obstoječe rešitve temeljijo na rotorskem (FOC) ziroma statorskem magnetnem sklepu (DTC), ki sta direktno vodena ali programirana. V predlagani rešitvi je navor generiran z istočasnim spreminjanjem iznosa in frekvence statorskega toka kar implicitno spreminja tudi vektor rotorskega magnetnega sklepa na način, ki je zagotavlja globalno stabilnost zaprtozančnega sistema. Dodatno zagotavlja vodenja maksimalno razmerje med navorom in iznosom toka v ustaljenih stanjih in dobro sledenje navorni referenci tudi v področju magnetnega nasičenja. Na osnovi množice eksperimentalnih rezultatov so bile potrjene ključne izhodiščne hipoteze in izboljšave glede energijske učinkovitosti in doseganja visoke dinamike.

### 17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek

Razvoj novega transformatorja za uporovno točkasto varjenje za podjetje Indramat d.o.o

Programska skupina P2-0115 z Univerze v Mariboru je pripravila predlog izboljšane izvedbe transformatorja za uporovno točkasto varjenje, ki namesto na frekvenci 1 kHz deluje na 5 kHz. Naprava predstavlja čisto nov proizvod, ki je pri enaki moči in enakih ostalih lastnostih občutno manjši in za 25% lažji. Načrtovanje navitij je bilo opravljeno s pomočjo optimizacije z izbiro različnih ciljnih funkcij. Posamezne izboljšave navitij so bile takoj implementirane v proizvodnji, prototip 5 kHz transformatorja je bil izdelan, vloženi sta bili dve patentni prijavi. Glavni prispevki so manjša poraba materiala za isto moč, lažja naprava, večji izkoristek naprave in zmanjšani proizvodni stroški. Indramat d.o.o je velik proizvajalec sistemov za uporovno točkasto varjenje z največjim tržnim deležem v svetovnem merilu, kar je v veliki meri zasluga dosedanjega sodelovanja s programsko skupino P2-0115.

## 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 in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

**Podpisi:**

*zastopnik oz. pooblaščen oseba  
matične RO (JRO in/ali RO s  
koncesijo):*

in

*vodja raziskovalnega programa:*

Univerza v Mariboru, Fakulteta za  
elektrotehniko, računalništvo in  
informatiko

Drago Dolinar

## ŽIG

Kraj in datum: 

Maribor	7.3.2015
---------	----------

### Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2015/141

<sup>1</sup> Napišite povzetek raziskovalnega programa v slovenskem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11) in angleškem jeziku (največ 3.000 znakov vključno s presledki – približno pol strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>2</sup> Napišite kratko vsebinsko poročilo, v katerem predstavite raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja, rezultate in učinke raziskovalnega programa in njihovo uporabo ter sodelovanje s tujimi partnerji. V primeru odobrenega povečanja obsega financiranja raziskovalnega programa v letu 2014 mora poročilo o realizaciji programa dela zajemati predložen program dela ob prijavi in predložen dopolnjen program dela v letu 2014. Največ 12.000 znakov vključno s presledki (približno dve strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>3</sup> Realizacija raziskovalne hipoteze. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>4</sup> V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa dela raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v zadnjem letu izvajanja raziskovalnega programa, napišite obrazložitev. V primeru, da sprememb ni bilo, navedite: "Ni bilo sprememb.". Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>5</sup> Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa 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](#)

<sup>6</sup> Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa 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 programa ... - v obeh primerih ni COBISS ID). [Nazaj](#)

<sup>7</sup> Navedite rezultate raziskovalnega programa iz obdobja izvajanja programa v primeru, da katerega od rezultatov ni mogoče navesti v točkah 6 in 7 (npr. ker se ga v sistemu COBISS ne vodi). Največ 2.000 znakov vključno s presledki (približno 1/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>8</sup> Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://www.sicris.si/> za posamezen program, ki je predmet poročanja. [Nazaj](#)

<sup>9</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>10</sup> Največ 4.000 znakov vključno s presledki (približno 2/3 strani, velikost pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>11</sup> Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2009–31.12.2014), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

<sup>12</sup> Vpišite število opravljenih diplom v času izvajanja raziskovalnega programa glede na vrsto usposabljanja. [Nazaj](#)

<sup>13</sup> Vpišite šifro raziskovalca in/ali ime in priimek osebe, ki je v času izvajanja raziskovalnega programa pridobila naziv magister znanosti in/ali doktor znanosti ter označite doseženo izobrazbo. V primeru, da se je oseba usposabljala po programu Mladi raziskovalci, označite "MR". [Nazaj](#)

<sup>14</sup> Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2009 do 31.12.2014), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

<sup>15</sup> Navedite naslove projektov in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>16</sup> Navedite naslove projektov, ki ne sodijo v okvir financiranja ARRS (npr: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine idr.) in ime člana programske skupine, ki je bil vodja/koordinator navedenega projekta. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

<sup>18</sup> Največ 1.000 znakov vključno s presledki (približno 1/6 strani, velikost pisave 11) [Nazaj](#)

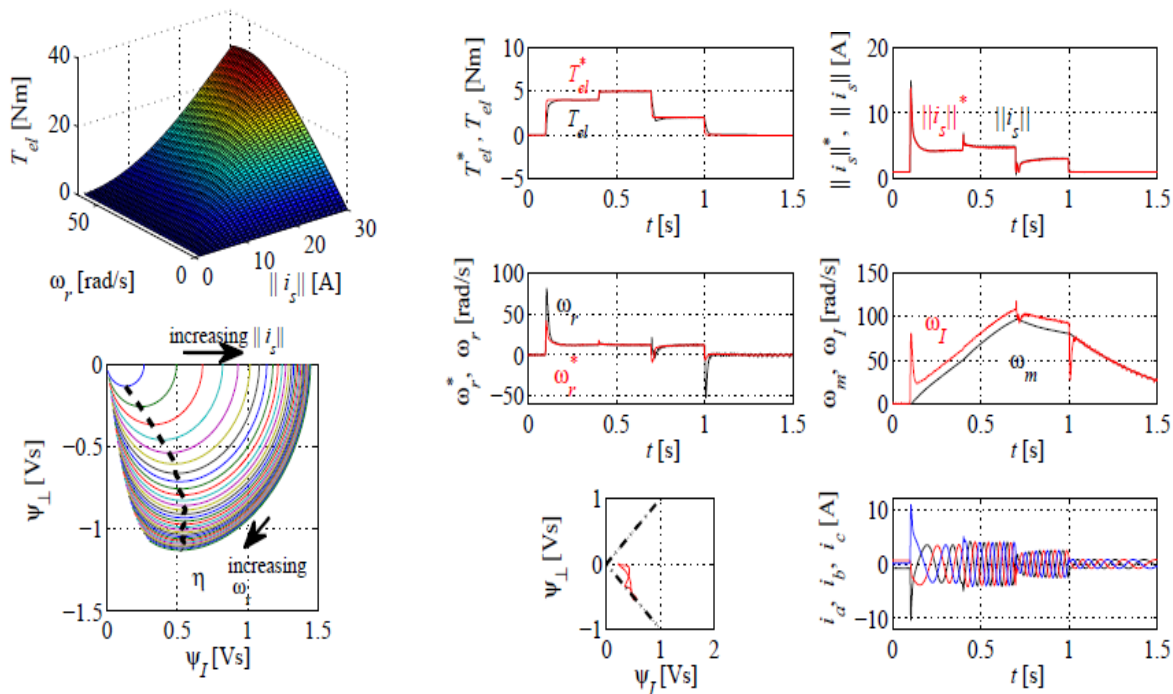
<sup>19</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2014 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (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.rrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.rrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2015 v1.00b

45-84-7F-05-83-FA-22-E3-73-6B-0D-7E-0E-60-E2-D7-56-E9-BD-22

## **Priloga 1**

Raziskovalna skupina je razvila nov koncept za navorno vodenje AM, ki je izpeljano na osnovi modela v koordinatah statorskega toka. Obstoječe rešitve temeljijo na rotorskem (FOC) oziroma statorskem magnetnem sklepu (DTC), ki sta direktno vodena ali programirana. V predlagani rešitvi je navor generiran z istočasnim spreminjanjem iznosa in frekvence statorskega toka kar implicitno spreminja tudi vektor rotorskega magnetnega sklepa na način, ki je zagotavlja globalno stabilnost zaprtozančnega sistema. Dodatno zagotavlja vodenja maksimalno razmerje med navorom in iznosom toka v ustaljenih stanjih in dobro sledenje navorni referenci tudi v področju magnetnega nasičenja. Predlagano vodenje temelji na delni dinamični inverziji reduciranega modela, ki zagotavlja enoumno preslikavo med navorom, vektorjem statorskega toka in vektorjem rotorskega magnetnega sklepa. Problem singularnosti pri rotorskem magnetnem sklepu enakem nič, ne predstavlja omejitve za predlagano rešitev. Sama implementacija vodenja zahteva estimacijo navorne komponente rotorskega magnetnega sklepa in kaskadne tokovne regulatorje. Na osnovi množice eksperimentalnih rezultatov so bile potrjene ključne izhodiščne hipoteze in izboljšave glede energijske učinkovitosti in doseganja visoke dinamike.





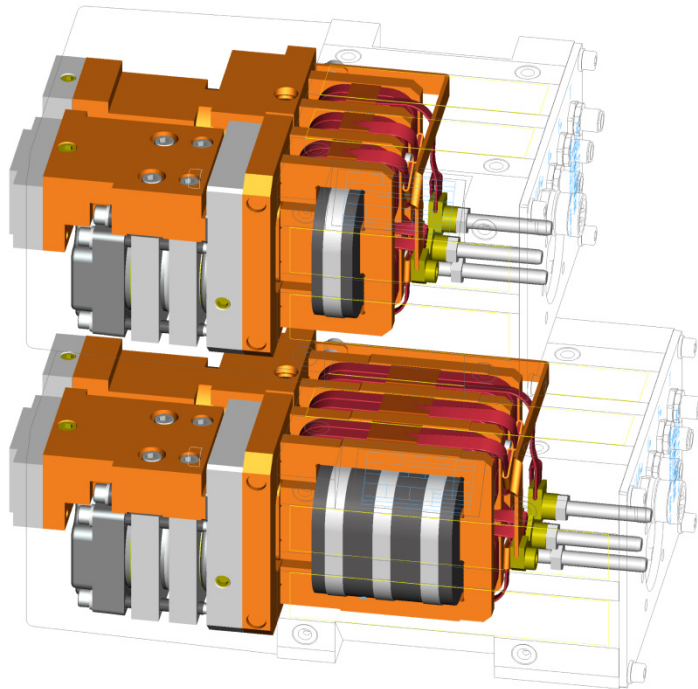
## **: IM Torque Control Schemes Based on Stator Current Vector**

Research group developed an IM torque control derived from the model in the stator current vector reference frame. The required torque is produced by simultaneously manipulating the magnitude and the rotation speed of the stator current vector thus forcing the rotor flux linkage vector to change implicitly in such a way that overall stability is preserved. Additional control features include maximal torque per ampere ratio in steady state and almost perfect command tracking even if the machine is magnetically saturated. The control adopts a cascaded structure and is based on a partial dynamic inversion of the reduced model that assures existence and uniqueness of the inverse mapping between the required torque, the rotor flux linkage vector and the stator current vector. Singularity at zero rotor flux linkage represents no restriction for the control performance in the admissible machine operating range. The implementation of the proposed control requires the estimation of the torque producing rotor flux component and cascaded stator current controllers. Experimental results confirm the key expectations and show the potential and benefits of the proposed control schemes.

## **Priloga 2**

**Veda:** 2 TEHNIKA  
**Področje:** 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

**Dosežek 1:** Razvoj novega transformatorja za uporovno točkasto varjenje za podjetje Indramat d.o.o



Dva primerka izboljšanega transformatorja za uporovno točkasto varjenje (5 kHz in 1 kHz)

- Programska skupina P2-0115 z Univerze v Mariboru je pripravila predlog izboljšane izvedbe transformatorja za uporovno točkasto varjenje, ki namesto na frekvenci 1 kHz deluje na 5 kHz.
- Naprava predstavlja čisto nov proizvod, ki je pri enaki moči in enakih ostalih lastnostih občutno manjši in za 25% lažji.
- Načrtovanje navitij je bilo opravljeno s pomočjo optimizacije z izbiro različnih ciljnih funkcij.
- Posamezne izboljšave navitij so bile takoj implementirane v proizvodnji, prototip 5 kHz transformatorja je bil izdelan, vloženi sta bili dve patentni prijavi.
- Glavni prispevki so manjša poraba materiala za isto moč, lažja naprava, večji izkoristek naprave in zmanjšani proizvodni stroški.
- Indramat d.o.o je velik proizvajalec sistemov za uporovno točkasto varjenje z največjim tržnim deležem v svetovnem merilu, kar je v veliki meri zasluga dosedanjega sodelovanja s programsko skupino P2-0115.