

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/1201

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA V OBDOBJU 2004-2008

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

Šifra programa	P2-0114
Naslov programa	Aplikativna elektromagnetika
Vodja programa	2077 Mladen Trlep
Obseg raziskovalnih ur	20.400
Cenovni razred	C
Trajanje programa	01.2004 - 12.2008
Izvajalke programa (raziskovalne organizacije in/ali koncesionarji)	796 Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

2. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega programa¹

Raziskovalni program **Aplikativna elektromagnetika** je bil zasnovan kot znanstveno raziskovalno delo na treh področjih, ki so med seboj povezana in vsa naslonjena na enotno teoretično izhodišče, ki temelji na makroskopski teoriji elektromagnetnega polja, matematično determinirani z Maxwellovimi enačbami. Obsega teoretično proučevanje, raziskovanje in uporabo elektromagnetnih pojavov v snovi in zunaj nje, ki nastajajo v interakciji med vzbujalnim poljem in materialom. Področja znotraj programa so se obravnavala paralelno zaradi svoje specifičnosti, vendar je bil končni cilj združitev vseh teh znanj v kompleksni sistem, ki čim bolj natančno pokriva vse zahteve realnega direktnega ali inverznega elektromagnetnega problema. Ta področja so bila:

1. raziskave in razvoj matematičnih modelov za določanje magnetnih, električnih, tokovnih in toplotnih polj v razmerah stacionarnega in dinamičnega stanja,
2. raziskave in razvoj merilnih metod za določevanje električnih in magnetnih karakteristik materialov in razvoj merilnih metod za določanje karakteristik posebnih elektromehanskih pretvornikov,
3. raziskave in razvoj modelov za reševanju inverznih problemov v elektrotehniki in vpliv elektromagnetnega polja na okolico.

Na prvem področju je bilo v ospredju raziskovanje in razvoj numeričnih modelov in metod za določanje magnetnih, električnih in toplotnih polj v razmerah stacionarnega in dinamičnega stanja. Uporaba teh metod pa je bila usmerjena predvsem v programske rešitve računalniškega načrtovanja (CAD) elektromehanskih oz. elektromagnetnih pretvornikov (električni stroji, releji, elektromagneti, aktuatorjih, itd.), različnih močnostnih stikal, skoznikov, izolatorjev, magnetnih senzorjev ter izolacijskih, ozemljitvenih in strelvodnih sistemov. S temi CAD orodji je namreč možno bistveno skrajšati čas načrtovanja, zmanjšati potrebno število prototipov, izboljšati

razumevanje elektromagnetnih pojavov, izboljšati karakteristike obstoječih rešitev in drugo ter znižati ceno naprav.

Tako smo v obdobju 2004-2008 intenzivno raziskovali na področju električnih strojev, natančneje na področju sinhronskih, asinhronskih, enosmernih in elektronsko komutiranih strojev, različnih izvedb in oblik. Če naštejemo nekaj primerov:

- razvoj tri in enofaznih samozagonskih sinhronskih strojev s trajnimi magneti in kratkostično kletko. Ti so zanimivi predvsem zato, ker je njihova energetska učinkovitost mnogo večja kot pri klasičnih asinhronskih motorjih, predvsem pri manjših močeh motorjev, kar so potrdile tudi meritve na izdelanem prototipu.
- Razvoj hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti in magnetnimi pregradami v rotorski konstrukciji. Na podlagi optimizacije rotorske konstrukcije s pomočjo MKE, je bil razvoj usmerjen v povečanja izkoristka in oddane moči čez širše področje vrtiljajev, ko motor deluje v režimu slabljenja polja. Izdelan je bil tudi prototip motorja.
- Razvoj sinhronskega generatorja s trajnimi magneti in aksialnim magnetnim pretokom v diskasti izvedbi.
- Razvoj elektronsko komutiranega motorja s trajnimi magneti (BLDC motor) s poudarkom na znižanju nezaželenih nihanj vrtilnega momenta, z vključevanjem 3D tranzientnega numeričnega modela.
- Razvoj t.i. Flux-reversal (FR) električnega stroja s trajnimi magneti, to je hibridnega stroja med sinhronskim strojem s trajnimi magneti in preklopno reluktančnim motorjem.
- Analiza metod za znižanje zagonskih tokov trifaznih asinhronskih motorjev uporabljenih v kompresorskih pogonih.
- Študija in razvoj magnetno nelinearnega dvoosnega modela sinhronskega motorja s trajnimi magneti in zunanjim rotorjem, kjer smo zajeli magnetno nelinearnost s tokovno in pozicijsko odvisnimi karakteristikami magnetnih sklepov.
- Raziskovanje metod za zmanjšanje nihanja vrtilnega momenta električnih strojev med obratovanjem.
- Razvoj računskih metod za določanje parametrov sinhronskih strojev s trajnimi magneti.
- Razvoj matematičnih algoritmov za izračun rotorske rasipane reaktance pri posebni izvedbi enofaznih asinhronskih motorjev z zaprtimi rotorskimi utori, z namenom izboljšati natančnost izračuna karakteristik takšnih motorjev.
- Raziskovanje in analiza ležajnih tokov pri asinhronskih motorjih.

Pri načrtovanju in analizi elektromagnetnih naprav je pomembno, da natančno poznamo in pravilno opišemo lastnosti vgrajenih materialov. Velikokrat ne zadostuje opis magnetnih lastnosti materiala le z magnetilno krivuljo, ampak je potrebno upoštevati tudi histerezno zanko, pa ne samo glavno zanko, temveč tudi subhisterezne zanke. To zelo oteži matematični model za opis lastnosti materiala, hkrati pa tudi numerični izračun, ki v tej kombinaciji, kot univerzalni pristop še ne obstaja. Naša rešitev gre v smeri tega pristopa, saj je bil v preteklem obdobju razvit program za tranzientni in harmonični izračun magnetnega polja v materialih, katerih magnetne lastnosti so opisane na osnovi merjenih histereznih zank. Testiranje rešitve je bilo na modelu jarma za karakterizacijo mehko in trdo magnetnih materialov in je dalo v tej fazi zadovoljive rezultate. Ta jarem uporabljamo tudi za meritve histereznih zank, kar nam tudi omogoča korektno primerjavo merjenih in izračunanih vrednosti. Programska rešitev vključuje tudi možnost upoštevanja anizotropnih lastnosti magnetnega materiala vgrajenega v elektromagnetno napravo.

Za prvo področje raziskovalnega dela PS lahko rečemo, da je popolnoma realiziran predviden program dela.

V okviru drugega področja so bile raziskovalne aktivnosti usmerjene na razvoj merilnih postopkov za merjenje magnetnih lastnosti, predvsem izmeničnih in rotacijskih izgub, pod pogoji, kot jih srečujemo pri električnih strojih in drugih električnih napravah. Razviti in izdelani so bili merilni jarmi, senzorji za zajemanje magnetnih veličin B in H in programska oprema za podporo pri izvajanju meritev, za obdelavo rezultatov in njihovo grafično predstavitev. Z razvitim merilnim postopkom smo ugotovili, da ima lahko asimetrija izmeničnih izgub glede na smer valjanja pločevine in odvisnost rotacijskih izgub od smeri vrtenja magnetnega polja več različnih vzrokov, ki so med seboj povezani. Ti so lahko zaradi geometrije merilnih senzorjev, konstrukcije

magnetnega kroga in mikrostrukture vzorca. V ta namen so bile izvedene analize asimetrij merjenih izmeničnih izgub glede na smer valjanja in odvisnosti rotacijskih izgub od smeri vrtenja magnetnega polja pri različnih vrstah pločevin, kot so: neorientirana klasična in visokopermeabilna (M600-50A, M400-50A, M600-50A-HP, M400-50A-HP), dvojno orientirana s prednostnima smerema v $\pm 45^\circ$ glede na smer valjanja (Ekotex 50, Ekotex 65, Sitex 400) in orientirana z Goss teksturo (M0H27, C120-27 in lasersko orientirana pločevina). Razvita je bila tudi programska oprema, ki omogoča kompenzacijo omenjenih geometrijskih nepravilnosti. To nas je pripeljalo do ugotovitve, da je asimetrija odvisna od gostote magnetnega pretoka in vrste materiala. Največja asimetrija se običajno kaže pri klasični orientirani pločevini, kjer kompenzacijski koti lahko znašajo tudi 5 in več stopinj. Tovrstna analiza kaže na problematiko magnetnih meritev tudi pri standardiziranih meritvah s pomočjo Epsteinovega jarma in enoploščnega merilnika magnetne pločevine (SST), posebej še v primerih, ko so vzorci pločevin rezani pod različnimi koti glede na smer valjanja. Takšno raziskavo bi bilo v bodoče koristno izvesti pri standardnih meritvah.

Za ugotavljanje karakteristik hitro vrtečih električnih strojev pa je bil realiziran merilni sistem, ki bazira na histereznih zavori Magtrol HD-400. Ta dovoljuje maksimalno hitrost vrtenja do 25000 min^{-1} , moči do 50 W trajno in 200 W (5 min) ter maksimalni navor do 280 mNm. Za motorje nekoliko večjih moči, pa je uporabljena zavora na vrtnične tokove Magtrol 2WB43, ki omogoča merjenje do 50000 min^{-1} , moči 3 kW ter maksimalni navor 3 Nm. Obe zavori temeljita na reakcijskem načinu merjenja navora. Za zagotovitev točnosti meritev sta bile obe zavori umerjeni, za preprečitev poškodb merilnih senzorjev pa je bila izdelana zaščita pred preobremenitvami. Zavori je možno krmiliti ali regulirati navor s pomočjo kontrolerja Magtrol DSP6001, ki je preko IEEE-488 vodila povezan z osebnim računalnikom. Za merjenje električnih veličin je uporabljen trifazni analizator moči Norma 4000, ki je pravtako povezan z računalnikom. V programskem okolju LabView je bil izdelan program, ki omogoča sočasen nadzor ene od zavor in merjenje električnih in mehanskih veličin preizkušane motorja. Program je odprt za nadaljne modifikacije v primeru posebnih zahtev pri meritvah, ki se pogosto pojavljajo med potekom raziskovalnega dela.

Za drugo podpodročje raziskovalnega dela PS, lahko prav tako rečemo, da je popolnoma realiziran predviden program dela.

Tretje področje programa je zajemalo razvoj modelov uporabnih pri reševanju inverznih problemov v elektrotehniko. Ta pristop je zelo pogost in običajno tudi edino možen v bioelektromedicini, pri določevanju defektov v materialih in podobnih problemih. Zajema določevanje izvorov elektromagnetnega polja v notranjosti problema (običajno biomateriala) ali določevanje lastnosti materiala (biomateriala, v električnih napravah uporabljenega materiala ali zemlje v kateri se nahaja ozemljitveni sistem), t.i. električna tomografija. V preteklem obdobju smo tako razvili 2D in 3D programske rešitve s pomočjo specifične variante metode robnih elementov t.i. DRM metode (Dual Reciprocity Boundary Element Method). Trenutna verzija omogoča obravnavo tako 2D kot 3D inverznih problemov z določenimi omejitvami. Problematika je ekstremno zahtevna in potrebuje določen čas, tako na eksperimentalnem, kot tudi na teoretičnem področju. To potrjuje tudi zelo intenzivno delo na tem področju v širšem svetovnem merilu in iskanje optimalnih poti do univerzalnejših rešitev tega problema. Vse bolj je v ospredju tudi vpliv elektromagnetnega polja (EMP) na okolje, predvsem vpliv na ljudi in različne električne naprave, v okolici izvorov sevanja EMP. Še posebej je izpostavljena okolica visokonapetostnih daljnovodov. Tako smo v preteklem obdobju razvili numerični model za simulacijo razmer v okolici daljnovodov, ki smo ga tudi eksperimentalno potrdili. Zaradi upoštevanja čimbolj realnih razmer v okolici smo ga nadgradili, tako da se lahko upošteva vpliv prevodnih objektov v okolici daljnovodov, ki s svojo prisotnostjo dodatno vplivajo na porazdelitev elektromagnetnega polja. Ta korak je pri razvoju kompletnega modela zelo pomemben, saj se na ta način bolj približamo realnim razmeram, ki edine omogočajo dejansko oceno vpliva polja na okolico. V povezavi s to problematiko smo v preteklem obdobju razvili tudi 3D model dinamičnih razmer pri atmosferskih razelektritvah udarnega toka v zemljo. Razvit je bil numerični model, baziran na metodi končnih elementov, za opis tranzientnega pojava s poudarkom na opisu elektromagnetnega polja v prostoru in opisu časovnega poteka napetosti. Čeprav ostaja odprtih še kar nekaj vprašanj v razvitem modelu, predvsem problem upoštevanja ionizacijskih procesov v zemlji v dinamičnih razmerah, predstavlja obstoječi pristop in programska rešitev pomemben prispevek na tem področju v širšem svetovnem merilu. Omogoča namreč celovit pristop pri reševanju problematike

ozemljevanja, zaščite naprav, elektromagnetne kompatibilnosti celotnega sistema in vpliva elektromagnetnega polja na okolico. Tudi za tretje podpodročje raziskovalnega dela PS lahko rečemo, da je realiziran predviden program dela.

Vsi raziskovalni dosežki, na vseh področjih dela PS, so bili sproti predstavljeni na konferencah in objavljeni v revijah (Vir: COBIS).

3. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev²

Zastavljeno delo v okviru raziskovalnega programa je v obdobju 2004-2008 potekalo po načrtanem planu in je omogočilo realizacijo vseh zastavljenih raziskovalnih ciljev na vseh treh področjih programa.

Na področju električnih strojev je bilo raziskovanje usmerjeno: v sinhronski motor (SM s površinskimi trajnimi magneti, sinhronski reluktančni motorjev z magnetnimi pregradami in trajnimi magneti, SM s kompozitnimi materiali, razvoj magnetno nelinearnega dvoosnega modela SM s trajnimi magneti in zunanjim rotorjem, itd.), v elektronsko komutirani motor s trajnimi magneti (BLDC motor z zunanjim rotorjem in s površinsko nameščenimi magneti, znižanje nihanja vrtilnega momenta, itd.), v asinhronski motor (AM za pogon črpalk za visoke vrtljaje, znižanje zagonskih tokov kompresorskih AM, itd.), itd. Pri tem so bili doseženi nekateri pomembni rezultati, ki so bili objavljeni v revijah, predstavljeni na konferencah, prav tako pa je prišlo tudi do kvalitetnega prenosa tega znanja v industrijo. Zastavljeni cilji so bili realizirani.

Na področju karakterizacije magnetnih materialov smo dosegli pomembne rezultate, tako na razvoju eksperimentalnih, kot tudi numeričnih modelov. Razvili smo merilne metode za določitev magnetilnih in histereznih krivulj in določitev izmeničnih ter rotacijskih izgub (1D in 2D merilne metode) v magnetnih materialih. Ti rezultati so nam omogočili tudi razvoj programske rešitve za 3D anizotropni tranzientni izračun elektromagnetnega polja z metodo končnih elementov. Zastavljeni cilji so bili realizirani.

Na tretjem področju programa je potrebno poudariti razvoj numeričnega modela za inverzne probleme in za analizo vpliva elektromagnetnega polja na ljudi in električne naprave, predvsem v okolici daljnovidov ob upoštevanju vpliva prevodnih objektov na porazdelitev elektromagnetnega polja in razvoj 3D tranzientnega izračuna tokovnega polja v okolici ozemljitvenega sistema. Zastavljeni cilji so bili realizirani.

4. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa³

Program ni bil spremenjen.

5. Najpomembnejši znanstveni rezultati programske skupine⁴

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Zmanjšanje nihanja vrtilnega momenta sinhronskega motorja s trajnimi magneti in zunanjim rotorjem
		ANG	Torque ripple reduction in exterior-rotor permanent magnet synchronous motor,
	Opis	SLO	Valovitost vrtilnega momenta je mogoče zmanjšati na sprejemljivi nivo s posebno konstrukcijo stroja in s pomočjo optimalne oblike napajalnega toka. Delo predstavlja takšen pristop na primeru sinhronskega motorja s trajnimi magneti. Analiziran je vpliv oblike magnetnih segmentov in vpliv oblike napajalnega toka na valovitost vrtilnega momenta sinhronskega motorja s površinskimi trajnimi magneti s pomočjo metode končnih elementov. Rezultati analize in izsledki simulacij so eksperimentalno potrjeni na primeru vodenega trifaznega sinhronskega motorja s trajnimi magneti z zunanjim rotorjem.
			Traditionally, torque ripple reduction is achieved by proper motor design and by optimal shaping of the stator current waveform. The effectiveness of simultaneous use of both methods for total torque ripple reduction is

		ANG	presented on the example of three-phase permanent magnet synchronous motor with exterior-rotor. The influence of the magnet pole arc width and the influence of the supply current waveform on the torque ripple are considered in the analysis. The results of the analysis were obtained by the finite element method simulation and are verified experimentally as well.
	Objavljeno v		J. magn. magn. mater. (JMMM), 2006, vol. 304, iss. 2, str. e826-e828. JCR IF (2005): 0.985
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		10803222
2.	Naslov	SLO	Uporaba optimizacijskega algoritma pri načrtovanju izolacijskih elementov srednjenapetostnih stikalnih naprav
		ANG	Use of an Optimization Algorithm in Designing of Medium-Voltage Switchgear Insulation Elements
	Opis	SLO	Članek prikazuje novo razvit algoritem za načrtovanje in optimizacijo srednjenapetostnih izolacijskih elementov uporabljenih v stikalnih napravah. Predstavljen algoritem omogoča univerzalni način modeliranja teh elementov z numerično analizo na osnovi MKE, parametrizacijo vhodnega podatkovnega algoritma in uporabo različnih evolucijskih optimizacijskih metod. Tovrstno modeliranje je nujno potrebno predvsem zaradi lastnosti izolacijskih materialov, da se lahko nezanesljivost pri obratovanju pokaže šele po daljšem časovnem obdobju kot posledica neupoštevanja vseh fizikalnih zakonitosti.
		ANG	The paper describes newly developed algorithm for the design and optimization of the medium voltage insulator elements. The algorithm provides a universal modelling of medium voltage insulator elements based on numerical analysis (Finite Element Method), parametric approach to input algorithm and different evolution algorithms use. Modelling mentioned above is necessary when it comes to the elements' unreliability, which occurs after longer period of time. That is a consequence when all physical properties during nominal and extreme work (thunder strike) are not taken into consideration.
	Objavljeno v		IEEE trans. magn., apr. 2006, vol. 42, no. 4, str. 1347-1350, JCR IF (2005): 1.014.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		10266390	
3.	Naslov	SLO	Izračun magnetnega polja z upoštevanjem merjene histerezne kzanke
		ANG	Magnetic field calculation considering the measured hysteresis
	Opis	SLO	Izračun magnetnega polja je pomemben dejavnik v procesu dimenzioniranja elektromagnetnih naprav. Za natančen izračun magnetnega polja je potrebno upoštevati tudi histerezo magnetnega materiala. Delo predstavlja numerični pristop upoštevanja histereze v 3D izračunih z metodo končnih elementov in analizira ter rešuje nekatere probleme, ki nastopajo zaradi oblik histereznih zank. Podatki o materialu in histerezni zanki, so dobljeni z meritvami. Rezultati izračuna so eksperimentalno potrjeni na primeru naprave za karakterizacijo trdo in mehko magnetnih materialov.
		ANG	Magnetic field calculation is an important part of the electromagnetic device design process. Material hysteresis is considered in the calculation to get exact results. The numerical approach to the consideration of the hysteresis in the 3D finite element method calculation and analysis together with solutions of some problems connected with material hysteresis shapes is shown in the work. The material hysteresis is obtained with measurements. Calculation results are experimentally confirmed on the case of the magnetization set up for the characterization of semi and hard magnetic materials.
	Objavljeno v		J. magn. magn. mater. (JMMM), Oct. 2008, vol. 320, iss. 20, str. e988-e991, JCR IF (2007): 1.704,
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		12358422	
4.	Naslov	SLO	Mnogopolna magnetilna naprava in postopek izdelave
		ANG	Multipole magnetizing device and method for producing such device

	Opis	SLO	Tehnični problem, ki ga pričujoči patent rešuje, je konstrukcijska rešitev in postopek izdelave naprave za mnogopolno precizno magnetenje visoko koercitivnih trajnih magnetov (kot so feriti in redke zemlje: SmCo ali NdFeB), ki za doseganje točke magnetnega nasičenja materiala potrebujejo zelo veliko magnetno poljsko jakost, skoncentrirano na točno določenih in ozkih področjih. Pri tem je zagotovljena natančnost geometrične oblike magnetnih polov, stabilnost procesa magnetenja in minimalni raztros amplitud magnetnega polja med posameznimi poli.
		ANG	Technical problem, which is solved by the patent, is constructional solution in the production procedure of the multipole device for the precise magnetization of the high coercitive permanent magnets (as ferrite and rare earths), which need very high magnetic field strengths to reach the point of the magnetic material saturation, concentrated on the exactly defined and narrow areas. At the magnetization process the exact geometry shape of the magnetic poles, the stability of the magnetization process and minimum scattering of the magnetic field amplitude between single poles are assured.
	Objavljeno v	European patent application no. 04468015.5, date 03.09.2004: priority: 05.09.2003 SI 200300220. Paris: Europäisches Patentamt: European Patent Office: Office européen des brevets, 2004.	
	Tipologija	2.24 Patent	
	COBISS.SI-ID	9505302	
5.	Naslov	SLO	
		ANG	
	Opis	SLO	
		ANG	
	Objavljeno v		
	Tipologija		
	COBISS.SI-ID		

6. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati programske skupine⁵

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
		ANG	Report at international scientific conference
	Opis	SLO	V obdobju 2004-2008 so sodelavci PS predstavili okrog 100 prispevkov, ki predstavljajo zaokroženo področje dela PS. Najpomembnejši med njim so: na področju elektromehanskih sistemov, na področju numeričnega modeliranja elektromagnetnega polja, na področju magnetnih meritev in modeliranja karakteristik magnetnih materialov, na področju numeričnega reševanja povezanih problemov, na področju modeliranja ozemljitvenih sistemov, na področju vpliva EMP na okolje, na področju optimizacijskih metod, na področju uporabe numeričnih metod v edukativni elektromagnetiki in na področju inverznih problemov.
		ANG	Co-workers of the programme group presented in the last period about 100 contributions, which represent rounded area of work of the PG. The most important of them are in the areas: of the electro mechanic systems, of the electromagnetic field numerical modelling, of magnetic measurements and modelling of magnetic materials, of the numerical solving of the coupled problems, of the grounding systems modelling, of the electromagnetic field influence on the surroundings, of the optimization methods, of the use of numerical methods in the educative electromagnetic and of the inverse problems.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	Zborniki znanstvenih konferenc COMPUMAG, CEFC, ISEF, ICEM, EHE, EMF, SMM, 1&2DM, JEMS, IGTE, itd.	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
COBISS.SI-ID	20042008		
2.	Naslov	SLO	Članstvo v odborih mednarodnih znanstvenih konferenc

		ANG	Membership in the committees of international scientific conferences
Opis		SLO	Aktivno mednarodno delovanje sodelavcev programske skupine, se kaže s članstvi v odborih mednarodnih znanstvenih konferenc, npr.: - ISEF International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering - International Symposium on Advanced Electro Mechanical Motion System (ELECTROMOTION) - EHE International Conference on Electromagnetic Fields, Health and Environment - Symposium on Applied Electromagnetics (PSAEM) - International Symposium Micromachines&Servosystems - EMF International Symposium on Electric and Magnetic Fields - ICST 2007
		ANG	Active international activity of the programme group members can be seen as memberships in the boards of international scientific conferences: - ISEF International Symposium on Electromagnetic Fields in Mechatronics, Electrical and Electronic Engineering - International Symposium on Advanced Electro Mechanical Motion System - EHE International Conference on Electromagnetic Fields, Health and Environment - Symposium on Applied Electromagnetics (PSAEM) - International Symposium Micromachines&Servosystems - EMF International Symposium on Electric and Magnetic Fields - ICST 2007
Šifra	D.03	Članstvo v tujih/mednarodnih odborih/komitejih	
Objavljeno v	Spletne strani konferenc: ISEF, ELECTROMOTION, EHE, PSAEM, EMP, ICST.		
Tipologija	2.31	Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	
COBISS.SI-ID	9828374		
3. Naslov		SLO	Razvoj BLDC motorja.
		ANG	Development of the BLDC motor
Opis		SLO	V okviru sodelovanja s firmo Iskra Mehanizmi je potekalo delo pri razvoju t.i. BLDC (elektronsko komutiranega) motorja. V tem primeru gre za miniaturni motor s posebno izvedbo zunanjega rotorja in zahtevo ekstremno konstantnega vrtenja pri najrazličnejših razmerah. Motor se bo uporabljal za pogon senzorja v avtomobilih višjega cenovnega razreda. Izdelani so bili prototipi pri katerih je bil ponovno uporabljen postopek mnogopolnega magnetenja toroidnih magnetov, ki ga v firmi Mehanizmi uporabljajo pri proizvodnji koračnih motorjev in smo ga pred leti zaščitili z Evropskim patentom.
		ANG	In the frame of the cooperation with company Iskra Mehanizmi, the development of the so called BLDC motor was made. A motor with special realization of the external rotor and special demands of extremely constant rotation at very different conditions was developed. Motor will be used for the drive of the sensor in the cars of higher price rank. The prototypes were made. The multipole magnetization of toroid magnets was used at the production of the prototypes. This procedure is used in the company for the production of the stepping motors and it was protected with Europe's patent.
Šifra	F.06	Razvoj novega izdelka	
Objavljeno v	HAMLER, Anton, TRLEP, Mladen, JESENİK, Marko, ŠTUMBERGER, Bojan, GORIČAN, Viktor, SIRC, Albin, EGART, Primož. BLCD motor : izračun magnetnih razmer in elektromehanskih karakteristik : poročilo raziskovalno razvojnega sodelovanja. Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, 2006		
Tipologija	2.12	Končno poročilo o rezultatih raziskav	
COBISS.SI-ID	10674710		
4. Naslov		SLO	Pedagoško delo na FERİ, Maribor
		ANG	The pedagogic work at the Faculty of Electrical Engineering and Computer Science, University of Maribor (FEE&CS, UM)
			Člani PS so zelo vpeti v pedagoško delo na FERİ, UM. Sodelujejo v dodiplomskem študijskem programu s 16 predmeti in 8 predmeti na

	Opis	SLO	podiplomskem študijskem programu tako v "starem" kot novem bolonjskem študijskem programu. V tem obdobju so izdali 7 učbenikov z recenzijo in 8 enot učnega gradiva. Vpetost sodelavcev v pedagoški proces na eni strani in znanstveno raziskovalno delo v okviru PS in projektov na drugi strani, omogoča zelo propulziven prenos ustvarjenega znanja v pedagoški proces, tako na dodiplomskem kot podiplomskem nivoju, širše pa tudi v industrijo.
		ANG	The PG members are also strongly included in the pedagogic work at the FEE&CS, UM. They cooperate in the graduate study programme with 16 subjects and with 8 subjects at the post graduate study programme, so in the old as in the new bologna study programme. At that period they published 8 textbooks with review and 8 units of studying materials. Inclusion of the PG members in the pedagogic process and scientific research work in the frame of the PG and projects on the other side enables very propulsive transfer of the created knowledge into the pedagogic process and widely into the enterprises.
	Šifra	D.10 Pedagoško delo	
	Objavljeno v	Založniška dejavnost FERI, Tiskarna tehniških fakultet.	
	Tipologija	2.03 Univerzitetni ali visokošolski učbenik z recenzijo	
COBISS.SI-ID 20042008			
5.	Naslov	SLO	Člani PS so sodelovali pri mentorstvu oz. komentorstvu pri šestih doktoratih v obdobju 2004-2008.
		ANG	Members of the PG cooperated at the mentoring or co-mentoring by the six doctor's degrees in the period from 2004-2008.
	Opis	SLO	Vsi doktorati so bili s področja dela PS in predstavljajo pomembne znanstvene in raziskovalne dosežke. Trije doktorandi, od tega eden mladi raziskovalec, so se vključili v PS kot raziskovalci, ostali trije pa so se zaposlili drugje. Dva sta se zaposlila v gospodarstvu, eden pa v tujini, v raziskovalni skupini na University of Technology, Graz, kar predstavlja pomemben dosežek PS pri pretoku znanja in kadrov iz univerze v industrijo.
		ANG	All doctor's degrees were made in the scope of the PG research work and they performs the important scientific and research achievements. Three doctor's degree students, one of them was young researcher, were included in the PG as researchers. Two of them were employed in the enterprises and one of them was included in the research group at University of Tehnology, Graz, what is important achievement of the PG by the transfer of the knowledge and workers from the university to the enterprises.
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
	Objavljeno v	doktorskih disertacijah	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
COBISS.SI-ID 10516246			

7. Pomen raziskovalnih rezultatov programske skupine⁶

7.1. Pomen za razvoj znanosti⁷

SLO

Področje aplikativne elektromagnetike je v svetu aktualno in na mnogih segmentih še dokaj odprto in ne do kraja raziskano, npr. segmenti:

- magnetnih materialov v smislu karakterizacije, modeliranja in obnašanja v magnetnem polju ter iskanju novih področij uporabe
- elektromehanskih pretvornikov, v smislu povečanja zmogljivosti in izkoristka pretvornikov, razvoja posebnih elektromehanskih pretvornikov za uporabo v električnih in hibridnih električnih vozilih
- atmosferskih razelektritev, širjenja strele in razelektritve v zemlji, vpliv elektromagnetnega sevanja na električne naprave in ljudi pri industrijskih frekvencah
- inverznih problemih v smislu numerično-eksperimentalnih modelov za uporabo v tehniki in medicini, itd.

Del aplikativne elektromagnetike, ki ga pokriva naš program, skoraj v celoti zajema omenjene segmente. To potrjujejo tudi naši raziskovalni rezultati v obdobju 2004-2008. Tako smo v tem

obdobju objavili 67 člankov, ki jih COBIS uvršča v skupino 1.01 Izvirni znanstveni članek, od tega kar 41 člankov v revijah s faktorjem vpliva ter okrog 100 prispevkov na mednarodnih konferencah.

Tako lahko rečemo, da preteklo raziskovalno delo ter znanstveni in aplikativni rezultati PS na teh področjih vsekakor predstavljajo korak naprej pri razvoju znanosti, ne samo v domačem ampak tudi v širšem svetovnem prostoru.

Svojo znanstveno-raziskovalno in strokovno delo smo potrjevali v stikih s priznanimi znanstveniki in raziskovalci s tega in komplementarnih področij po svetu ter v sodelovanju z njihovimi laboratoriji, kar je omogočalo eksploatacijo našega znanja tudi v širšem svetovnem merilu. Naše vključevanje v mednarodne projekte je prav tako omogočalo konkreten dvosmerni prenos znanja med inštitucijami.

Pomen in prispevek programa k razvoju znanosti vidimo tudi skozi organizacijo mednarodnih srečanj. Leta 2001 in 2005 smo v Mariboru organizirali 1. in 3. slovensko-poljski seminar (Slovenian-Polish Joint Seminar on Computational and Applied Electromagnetics), ki se ga je vsakič udeležilo okrog štirideset znanstvenikov iz poljskih in slovenskih univerz s svojimi prispevki. Leta 2008 smo bili soorganizatorji srečanja SAEM08 (Symposium on Applied Electromagnetics, Zamosc-Polska), ki je prvič na enem mestu združilo poljske, slovenske in makedonske znanstvenike in raziskovalce iz področja aplikativne elektromagnetike. Program Aplikativna elektromagnetika je bil v preteklosti tudi organizator mednarodne konference ISEF'03 (XI International Symposium on Electromagnetic Fields in Electrical Engineering), z okrog 130 tujimi znanstveniki in raziskovalci iz vsega sveta.

ANG

The field of applied electromagnetics and its topics is very up-to-date, many segments still have to be investigated, such as:

- magnetic materials in the sense of the characterization, modelling, and their behaviour in a magnetic field, also in the identification of new fields of use
- electromechanic converters, in the sense of increasing the capabilities and efficiency of the converters, the development of special electromechanic converters intended for usage in electric and hybrid electric vehicles
- atmospheric discharges, the propagation of a lightning stroke and its discharge in the ground, the effect of electromagnetic radiation on electric devices and people at industrial frequencies
- inverse problems in the sense of numerical-experimental models for the use in engineering, medicine, etc.

Part of applied electromagnetics, which is covered by our programme, contents almost all of the mentioned segments. It is confirmed with our research results in the periode from 2004 till 2008. In this period, we published 67 papers, which COBISS ranks in the group 1.01 Original scientific paper, 41 of these papers are in publications with JCR impact factor. We published also around 100 papers on international conferences.

So we can say, that the research work, scientific and applied results of the program group in this field present step forward in the development of science, not just in local environment, but also worldwide.

Our scientific-research and expert work was confirmed by connections with recognized scientistists and researchers from this and other complementary fields in the world; also in the cooperation with their laboratories, which enabled the exploitation of our knowledge in the broaden region of the world. Our incorporation in international projects also enabled the mutual transfer of knowledge between institutions.

The research program's significance and contribution to the development of science can also be attributed to the organization of international symposia. We organized the 1st and the 3rd Slovenian-Polish Joint Seminar on Computational and Applied Electromagnetics, in the years 2001 and 2005 in Maribor. Where at least forty scientists from Polish and Slovenian universities attended with their contributions. In 2008 we were the co-organizers of the SAEM08 (Symposium on Applied Electromagnetics, Zamosc-Polska), which jointed together Polish, Slovenian and Macedonian scientists and researchers from the field of applied electromagnetics. The research program Applied electromagnetics was also the organizer of the international conference ISEF'03 (XI International Symposium on Electromagnetic Fields in Electrical Engineering), where around 130 foreign scientists and researchers from all over the world have attended.

7.2. Pomen za razvoj Slovenije⁸

SLO

Raziskave v okviru načrtovanega programa so pripomogle k povečanju konkurenčne sposobnosti slovenske elektroindustrije in prehodu na produkte z višjo dodano vrednostjo oz. v višji cenovni razred. To je za slovensko elektroindustrijo, ki je zelo kvalitetna in izrazito izvozno naravnana, nujno potrebno. Če želi ta v višje razrede dodane vrednosti, hkrati pa ostajati konkurenčna v globalnem prostoru, mora absorbirati več znanja in ga v inovativnem procesu tudi uporabiti. Zato je bil raziskovalnemu programu aplikativna elektromagnetika osnovni cilj, da producira čim več tudi uporabnega znanja in da tega prenese iz svojih laboratorijev v industrijsko okolje. To je programu vsekakor uspelo. Vendar pa je takšna produkcija bila omogočena le na solidni bazi temeljnega raziskovanja. Zato je bil prav temeljnim raziskavam dan pomemben del v programu, ki pa se je nato navezoval na aplikativne in razvojne projekte. Pri tem je bil upoštevan tudi pomen pretoka znanja z mobilnostjo raziskovalcev. Mnoge aplikacije v naši industriji so nastale skozi sodelovanje med PS in industrijo, kar našo usmeritev potrjuje. V Sloveniji praktično ni tovarn, ki proizvajajo elektromehanske pretvornike, stikalne oz. izolacijske elemente ali sisteme in podobno, da ne uporabljajo našega znanja.

Nekatere od njih so: DOMEL Železniki, INDRAMAT ELEKTROMOTORJI Škofja Loka, BSH Nazarje, MEHANIZMI Lipnica, TSN Maribor, BARTEC-VARNOST Zagorje, ELKOSTROJ ROGATEC Rogatec, Hidria Perles Kranj, ISKRA MIS Kranj, ISKRA SEM Ljubljana, ROTOMATIKA Spodnja Idrija, ISKRA AVTOELEKTRIKA Šempeter, IDEAL SISTEMI Grajska vas, ETI Izlake, itd.

Naši rezultati so bili posebej uporabni za industrijo s področij:

- elektromotorjev, elektromehanskih pretvornikov,
- stikalne tehnike, energetskih sistemov,
- merilne tehnike, raziskav elektrotehniških materialov,
- električnih gospodinjskih aparatov,
- elektromagnetnih stimulatorjev v medicini,
- okoljevarstva, itd..

Raziskovalno delo na programu smo usmerili tudi v bolj intenzivno sodelovanje na domačih strokovnih inženirskih srečanjih in prirejanje različnih delavnic v okviru PS za širšo strokovno javnost in s tem možnost vplivanja na domačo stroko ter dvig tehniške kulture in razvoj inženirske prakse v Sloveniji.

ANG

The research in the framework of the proposed research programme helped to increase the competitiveness of Slovenian electric industry and enabled its transition to products with high added value and the transition to higher price levels. The aforementioned is very important for the Slovenian electric industry, because it is highly export-directed. If the Slovenian electric industry wants to step onto higher levels of added value and at the same time stay globally competitive, it has to absorb more knowledge and make use of it in the innovation process. Therefore, the fundamental goal of the research program Applied Electromagnetics was the highest possible transfer of useful knowledge from our laboratories to the industrial environment. The programme was in any case successful with that. This was possible only on the solid basis of fundamental scientific research. Therefore the fundamental research presented a significant part of the program, which was linked with more applied and research projects. In the aforementioned the significance of knowledge transfer by the mobility of researchers was also supported. Many applications in the Slovenian electrical industry were designed through the cooperation between the research group and the industry, which confirmed the orientation. Practically, there exists no major manufactures in Slovenia, who produces electromechanic converters, switching devices or insulation devices and systems, etc., and does not make the use of our knowledge.

Some of them are: DOMEL Železniki, INDRAMAT ELEKTROMOTORJI Škofja Loka, BSH Nazarje, MEHANIZMI Lipnica, TSN Maribor, BARTEC-VARNOST Zagorje, ELKOSTROJ ROGATEC Rogatec, Hidria Perles Kranj, ISKRA MIS Kranj, ISKRA SEM Ljubljana, ROTOMATIKA Spodnja Idrija, ISKRA AVTOELEKTRIKA Šempeter, IDEAL SISTEMI Grajska vas, ETI Izlake, etc.

Our results were especially useful for the industry from the field of:

- electromotors, electromechanic converters,
- switching devices, power systems,
- measuring systems, research of materials in electrical engineering,
- electrical household appliances,
- electromagnetic stimulators in medicine,

- environment-preservation, etc.

Research work of our programme was directed to the more intense cooperation on engineering symposia and to the organization of different workshops for the engineering community under the auspices of the research group, and therefore making an impact on the Slovenia's competences and rising the level of engineering culture and the development of engineering practice in Slovenia.

8. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov⁹

Vrsta izobraževanja	Število mentorstev	Od tega mladih raziskovalcev
- magisteriji	5	
- doktorati	6	3
- specializacije		
Skupaj:	11	3

9. Zaposlitev vzgojenih kadrov po usposabljanju

Organizacija zaposlitve	Število doktorjev	Število magistrov	Število specializantov
- univerze in javni raziskovalni zavodi	3		
- gospodarstvo	2	5	
- javna uprava			
- drugo	1		
Skupaj:	6	5	0

10. Opravljeno uredniško delo, delo na informacijskih bazah, zbirkah in korpuzih v obdobju¹⁰

	Ime oz. naslov publikacije, podatkovne informacijske baze, korpuz, zbirke z virom (ID, spletna stran)	Število *
1.	"Computer engineering in applied" electromagnetism. Dordrecht: Springer, 2005, ISBN 1-4020-3168-8 [COBISS.SI-ID 4613460]	63
2.	"Compel", Dun Laoghaire: Boole Press, 2004, ISSN 0332-1649. [COBISS.SI-ID 1659652]	28
3.	"Przegląd Elektrotechniczny", Warszawa: Wydawnictwo Czasopism i Książek Technicznych "Sigma", 2006. ISSN 0033-2097. [COBISS.SI-ID 8531222]	25
4.	Baza: Simulacijska platforma za električne stroje SIMPLES	3/200
5.		
6.		
7.		
8.		
9.		
10.		

*Število urejenih prispevkov (člankov) /število sodelavcev na zbirki oz. bazi /povečanje obsega oz. število vnosov v zbirko oz. bazo v obdobju

11. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca

Sodelovanje v programski skupini	Število
- raziskovalci-razvijalci iz podjetij	
- uveljavljeni raziskovalci iz tujine	2
- podoktorandi iz tujine	
- študenti, doktorandi iz tujine	3
Skupaj:	5

12. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obravnavanem obdobju¹¹

<p>V obdobju 2004-2008 so sodelavci PS sodelovali v naslednjih mednarodnih programih:</p> <ul style="list-style-type: none">• TEPOS: TECES - Inovacijsko okolje slovenske industrije električnih pogonov. EU-Phare projekt (2005-2006)• BI-PL/03-04-016, Numerični modeli elektromagnetnih struktur. Slovensko-poljski projekt mednarodnega znanstvenega sodelovanja v obdobju 2004-2005• BI-PL/05-07-005, Numerični modeli elektromagnetnih struktur. Slovensko-poljski projekt mednarodnega znanstvenega sodelovanja v obdobju 2006-2007• BI-MK/06-07-002, Uporaba metode končnih elementov pri projektiranju in analizi električnih strojev. Slovensko-makedonski projekt mednarodnega znanstvenega sodelovanja v obdobju 2006-2007 <p>Prav tako je razvito mednarodno sodelovanje z raziskovalci s tujih fakultet na področju raziskav in razvoja matematičnih modelov za reševanje elektromagnetnih problemov (reševanje direktnih oz. inverznih problemov, elektromagnetna kompatibilnost, optimizacija, itd.) in razvoju merilnih metod za določevanje električnih in magnetnih karakteristik materialov.</p> <ul style="list-style-type: none">• University of Technology, Institute for Fundamentals and Theory in Electrical Engineering (IGTE), Graz, Avstrija• University of Technology and Economics, Department of Broadband Infocommunications and Electromagnetic Theory, Budimpešta, Madžarska• University Ss. Cyril and Methodius, Faculty of Electrical Engineering, Skopje, Makedonija• The Central Institute for Labour Protection, Varšava, Poljska• Electrotechnical Institute, Department of Fundamental Research in Electrical Engineering, Varšava, Poljska• Technical University of Lodz, Institute of Mechatronics and Information Systems, Lodz, Poljska• Tehnički fakultet Čačak, Univerzitet u Kragujevcu, Srbija• Polytechnic of Zagreb, Department of Electrical Engineering, Zagreb, Hrvaška• Fakultet za elektrotehniko, Osijek, Hrvaška• Elektrotehniški inštitut Končar Zagreb, Hrvaška <p>Na področju merilnih metod smo sodelovali z ustreznim laboratorijem iz Doshisha University, Kyoto, Japonska, Istituto Nazionale Galileo Ferraris, Italija, Inštitutom Theory of Electrical Engineering, Stuttgart, Nemčija in Tehniško univerzo, Dunaj, Avstrija.</p> <p>Posredno smo bili vključeni tudi v mednarodno sodelovanje v okviru B/S/H Nazarje s firmo Siemens-Bosch in v okviru Indramat elektromotorji Škofja Loka s skupino Rexroth firme Bosch.</p>
--

13. Vključenost v projekte za uporabnike, ki potekajo izven financiranja ARRS¹²

<p>ISKRA MEHANIZMI, Lipnica:</p> <ul style="list-style-type: none">• Magnetilna naprava za mnogopolno magnetenje rotorjev iz redkih zemelj za koračne motorje (SLO in EU patent);• BILED prikazovalniki (SLO in EU patent);• Histerezni motor za pogon varnostnih ventilov;• BLDC motor za pogon laserskega merilnika razdalje.
--

Iskra FERITI, Ljubljana:

- Raziskava aplikacij z uporabo visokofrekvenčnih, visokopermeabilnih in nizko izgubnih feritov.

Iskra AVTOELEKTRIKA, Šempeter, TECES Maribor:

- Razvoj integriranega generatorja izmenične napetosti s korekcijo faktorja moči.

Iskra AVTOELEKTRIKA, Šempeter:

- Razvoja CAD programskega orodja za projektiranje novih družin enosmernih motorjev;
- Razvoj elektromagnetne zavore za vgradnjo v izmenične pogonske motorje viličarjev.

KOLEKTOR, Idrija, TECES Maribor:

- Študija izvedljivosti prenosa električne moči v rotor krogografa z generatorjem na pogonski gredi.

KOLEKTOR, Idrija:

- Razvoj in projektiranje dveh modelov trifaznih asinhronskih motorjev napajanih s frekvenčnim pretvornikom za pogon črpalk za visoke vrtljaje;
- Analiza možnosti zamenjave kolektorskega motorja za pogon udarnega kladiva s trifaznim asinhronskim motorjem za visoke vrtljaje, napajanim s frekvenčnim pretvornikom.

HIDRIA PERLES, Kranj:

- Razvoj univerzalnega elektromotorja.

BARTEC VARNOST, Zagorje:

- Razvoj računalniško podprtega preizkuševališča za meritve karakteristik eksplozijsko varnih motorjev.

HIDRIA ROTOMATIKA, Spodnja Idrija:

- Analiza, 2D izračun z MKE in meritve posebnih enofaznih motorjev za pogon sušilcev;
- Razvoj nove generacije elektromotorjev z zunanjim rotorjem in trajnimi magneti za pogon ventilatorjev;
- Prenova trifaznih in kondenzatorskih enofaznih motorjev za pogon ventilatorjev družine R09-4M-H35.

B/S/H Hišni aparati, Nazarje:

- Razvoj enosmernega motorja s trajnimi magneti.

TECES, Maribor

- Karakterizacija magnetnih lastnosti magnetnih pločevin in masivnih materialov.

ETI, Izlake:

- Analiza vezja sekundarnega kroga FI stikala in simulacija odzivov;
- Analiza magnetnega kroga FI releja;
- Možne konstrukcije magnetnih krogov FI relejev;
- Analiza magnetnega kroga magnetnega senzorja.

14. Dolgoročna sodelovanja z uporabniki, sodelovanje v povezavah gospodarskih in drugih organizacij (grozdi, mreže, platforme), sodelovanje članov programske skupine v pomembnih gospodarskih in državnih telesih (upravni odbori, svetovalna telesa, fundacije, itd.)

Dolgoročna sodelovanja, formalna ali neformalna, potekajo praktično z vsemi gospodarskimi družbami, ki so pod 5.7 zapisane pri konkretnih industrijskih projektih. To so:

ISKRA MEHANIZMI Lipnica, ISKRA AVTOELEKTRIKA Šempeter, KOLEKTOR Idrija, BARTEC-VARNOST Zagorje, HIDRIA ROTOMATIKA Spodnja Idrija, DANFOSS Črnomelj, BSH Nazarje, ISKRA MIS, Kranj. Pa tudi TSN Maribor, IMT Ljubljana, IJS Ljubljana, itd.

Nekateri karakteristični primeri dolgoročnega sodelovanja so:

- Sodelovanje z Iskra Mehanizmi, Lipnica na področju posebnih miniaturnih elektromotorjev, aktuatorjev in senzorjev, ki se uporabljajo kot komponente v avtomobilski proizvodnji.
- Sodelovanje z Domel, Železniki na področju elektronsko komutiranih motorjev, ki se uporabljajo za najrazličnejše pogone puhal.
- Sodelovanje s Hidria Rotomatika, Spodnja Idrija na področju električnih motorjev, ki se uporabljajo kot pogonski motorji v aplikacijah klimatizacije in ogrevanja prostorov.
- Sodelovanje z Iskra Avtoelektrika, Šempeter na področju električnih pogonov za vozila in specialna plovila (predvsem razvoj motorjev in generatorjev s trajnimi magneti).
- Sodelovanje z Bartec Varnost, Zagorje, na področju razvoja in meritev karakteristik eksplozijsko varnih motorjev.

Sodelavca PS sta predsednik in član sveta zavoda TECES, tehnološkega centra za električne stroje. Ta je bil ustanovljen z namenom združiti slovenska podjetja s področja električnih strojev, električnih pogonov in njihovih komponent ter koordinirati raziskovalno in razvojno delo na tem področju. V center so vključena naslednja podjetja: DOMEL Železniki, BARTEC VARNOST Zagorje, BSH Nazarje, HIDRIA PERLES Kranj, INDRAMAT ELEKTROMOTORJI Škofja Loka, ISKRA AVTOELEKTRIKA Šempeter, ROTOMATIKA Spodnja Idrija.

15. Skrb za povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06)¹³

Naslov	Električni rotacijski stroji
Opis	Učbenik predstavlja pomembno delo na področju električnih rotacijskih strojev, tako s teoretične kot praktične strani. Prikazuje in razlaga vse pomembne električne stroje in sicer asinhronski, sinhronski in komutatorski stroj. Posamezna poglavja nudijo bralcu pregled konstrukcijske zasnove stroja, načina delovanja, spoznavanja karakteristik ter ustreznega matematičnega modela stroja. Čeprav je to univerzitetni učbenik ni prvenstveno namenjen samo študentom elektrotehnike ampak je njegova uporabna vrednost veliko večja. To se kaže v velikem zanimanju za učbenik v slovenski elektroindustriji.
Objavljeno v	Založniška dejavnost FERI, Tiskarna tehniških fakultet
COBISS.SI-ID	58349825

16. Skrb za popularizacijo znanstvenega področja (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12)¹⁴

Naslov	Izračun EMS v okolici daljnovodov
Opis	V vsakdanjem življenju je vse bolj v ospredju zanimanje laične javnosti za vpliv elektromagnetnega polja (EMP) na okolje, predvsem vpliv na ljudi in električne naprave. Pri tem je običajno ta vpliv obravnavan z izrazito negativnim predznakom, brez ustreznih argumentov in poznavanja osnovnih teoretičnih osnov. V okviru sodelovanja v Projektu Forum EMS (http://www.forum-ems.si) je bil napisan članek, ki na poljuden način obravnava elektromagnetne razmere v okolici daljnovodov. Narejena je bila analiza EMP za karakteristične porazdelitve vodnikov daljnovodov, ki se uporabljajo v Sloveniji.
Objavljeno v	Novice (Proj. Forum EMS), jun. 2006, št. 6, [17] str. http://www.forum-ems.si/aktualno_2006.html
COBISS.SI-ID	10893334

17. Vpetost vsebine programa v dodiplomske in podiplomske študijske programe na univerzah in samostojnih visokošolskih organizacijah v letih 2004 – 2008

1.	Naslov predmeta	1. Osnove elektrotehnike I, II 2. Elektrotehnični materiali 3. Elektromehanski pretvorniki
	Vrsta študijskega programa	ELEKTROTEHNIKA - UNI
	Naziv univerze/fakultete	UM, FERI
2.	Naslov predmeta	4. Preizkušanje električnih strojev 5. Numerične metode v elektrotehniki 6. Teoretska elektrotehnika
	Vrsta študijskega programa	ELEKTROTEHNIKA - UNI
	Naziv univerze/fakultete	UM, FERI
	Naslov predmeta	7. Električni stroji 8. Električni pogoni I in II 9. Projektiranje z računalnikom

3.	Vrsta študijskega programa	ELEKTROTEHNIKA - UNI
	Naziv univerze/fakultete	UM, FERI
4.	Naslov predmeta	1. Materiali in tehnologije 2. Elektromehanski pretvorniki 3. Električni pogoni
	Vrsta študijskega programa	ELEKTROTEHNIKA - VS
	Naziv univerze/fakultete	UM, FERI
5.	Naslov predmeta	4. Numerične metode v elektrotehnik 5. Projektiranje elektromagnetnih naprav
	Vrsta študijskega programa	ELEKTROTEHNIKA - VS
	Naziv univerze/fakultete	UM, FERI
6.	Naslov predmeta	1. Metodi končnih in robnih elementov v elektrotehnik 2. Teoretska elektrotehnika 3. Teorija elektromehanske pretvorbe 4. Raziskave elektrotehniških materialov
	Vrsta študijskega programa	ELEKTROTEHNIKA - DOK
	Naziv univerze/fakultete	UM, FERI
7.	Naslov predmeta	5. CAD elektrotehniških naprav 6. Elektrodinamika 7. Teorija električnih strojev 8. Projektiranje električnih strojev
	Vrsta študijskega programa	ELEKTROTEHNIKA - DOK
	Naziv univerze/fakultete	UM, FERI

18. Označite potencialne vplive oziroma učinke vaših rezultatov na navedena področja:

	Vpliv	Ni vpliva	Majhen vpliv	Srednji vpliv	Velik vpliv	
G.01	Razvoj visoko-šolskega izobraževanja					
G.01.01.	Razvoj dodiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.01.03.	Drugo:	<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 checked="" type="radio"/>	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	

G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.07.	Večji delež izvoza	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.08.	Povečanje dobička	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.09.	Nova delovna mesta	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.12.	Drugo:	<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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input type="radio"/>	<input checked="" 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.02.	Prometna infrastruktura	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.03.	Energetska infrastruktura	<input type="radio"/>	<input checked="" 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:					

Naše raziskovalno delo ima velik vpliv na razvoj in izvajanje dodiplomskega in podiplomskega izobraževanja na Univerzi v Mariboru, na področjih elektrotehnike, posebej na področjih elektromehanskih pretvornikov, analize vpliva elektromagnetnega polja na ljudi in okolico, merilnih metod za karakterizacijo magnetnih materialov in numeričnega računanje elektromagnetnega polja, tako pri predmetih kjer so nosilci člani programske skupine, kot širše. To znanje se preko diplomskih, magistrskih in doktorskih nalog ter raziskovalnih projektov prenaša tudi v gospodarstvo.

Programska skupina aktivno sodeluje z vsemi vodilnimi slovenskimi podjetji, ki pokrivajo področje dela skupine, kar se odraža tudi pri razvoju novih oz. izboljšavah obstoječih izdelkov. To sodelovanje posredno prinaša zmanjšanje porabljenega materiala in energije v novih izdelkih, novo dodano vrednost in s tem izboljšanje konkurenčne sposobnosti slovenskega gospodarstva.

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, za objavo 5., 6. in 7. točke na spletni strani <http://sicris.izum.si/> ter obdelavo teh podatkov za evidence ARRS
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v pisni obliki

Podpisi:

vodja raziskovalnega programa		zastopniki oz. pooblašcene osebe raziskovalnih organizacij in/ali koncesionarjev
Mladen Trlep	in/ali	Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko

Kraj in datum:

Maribor

17.4.2009

Oznaka poročila: ARRS_ZV_RPROG_ZP_2008/1201

¹ Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega programa. Največ 21.000 znakov vključno s presledki (približno tri in pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

² Največ 3000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

³ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega programa, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega programa. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

Zaključno poročilo o rezultatih raziskovalnega programa v obdobju 2004-2008

⁴ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, navedite, kje je objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>.

PRIMER (v slovenskem jeziku):

Naslov: Regulacija delovanja beta-2 integrinskih receptorjev s katepsinom X;

Opis: Cisteinske proteaze imajo pomembno vlogo pri nastanku in napredovanju raka. Zadnje študije kažejo njihovo povezanost s procesi celičnega signaliziranja in imunskega odziva. V tem znanstvenem članku smo prvi dokazali... (največ 600 znakov vključno s presledki)

Objavljeno v: OBERMAJER, N., PREMŽL, A., ZAVAŠNIK-BERGANT, T., TURK, B., KOS, J.. Carboxypeptidase cathepsin X mediates $\beta 2$ - integrin dependent adhesion of differentiated U-937 cells. *Exp. Cell Res.*, 2006, 312, 2515-2527, JCR IF (2005): 4.148

Tipologija: 1.01 - Izvirni znanstveni članek

COBISS.SI-ID: 1920113 [Nazaj](#)

⁵ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov programske skupine, ki so nastali v času trajanja programa v okviru raziskovalnega programa, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov v slovenskem in angleškem jeziku (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki) v slovenskem in angleškem jeziku, izberite ustrezen rezultat, ki je v Šifrantu raziskovalnih rezultatov in učinkov (Glej: <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/sifranti/sif-razisk-rezult.asp>), navedite, kje je rezultat objavljen (največ 500 znakov vključno s presledki), izberite ustrezno šifro tipa objave po Tipologiji dokumentov/del za vodenje bibliografij v sistemu COBISS ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. Navedeni rezultati bodo objavljeni na spletni strani <http://sicris.izum.si/>. [Nazaj](#)

⁶ Pomen raziskovalnih rezultatov za razvoj znanosti in za razvoj Slovenije bo objavljen na spletni strani: <http://sicris.izum.si> [Nazaj](#)

⁷ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

⁸ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

⁹ Za raziskovalce, ki niso habilitirani, so pa bili mentorji mladim raziskovalcem, se vpiše ustrezen podatek samo v stolpec MR [Nazaj](#)

¹⁰ Vpisuje se uredništvo revije, monografije ali zbornika v skladu s Pravilnikom o kazalcih in merilih znanstvene in strokovne uspešnosti (Uradni list RS, št. 39/2006, 106/2006 in 39/2007), kar sodi tako kot mentorstvo pod sekundarno avtorstvo, in delo (na zlasti nacionalno pomembnim korpusu ali zbirki) v skladu z 3. in 9. členom istega pravilnika. Največ 1000 znakov (ime) oziroma 150 znakov (število) vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹¹ Navedite oziroma naštejite konkretne projekte. Največ 12.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹² Navedite konkretne projekte, kot na primer: industrijski projekti, projekti za druge naročnike, državno upravo, občine ipd. in ne sodijo v okvir financiranja pogodb ARRS. Največ 9.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

¹³ Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine strokovnega prispevka v slovenskem jeziku, ki se nanaša na povezavo znanja s slovenskim prostorom in za slovensko znanstveno terminologijo (Cobiss tip 1.04, 1.06, 1.07, 1.08, 1.09, 1.17, 1.18, 2.02, 2.03, 2.04, 2.05, 2.06). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki) ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

¹⁴ Navedite objavo oziroma prevod (soobjavo) članov programske skupine, povezano s popularizacijo znanosti (Cobiss tip 1.05, 1.21, 1.22, 2.17, 2.19, 3.10, 3.11, 3.12). Napišite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), kratak opis (največ 600 znakov vključno s presledki), navedite, kje je objavljen/a (največ 500 znakov vključno s presledki), ter napišite ustrezno COBISS.SI-ID številko bibliografske enote. [Nazaj](#)

¹⁵ Komentar se nanaša na 18. točko in ni obvezen. Največ 3.000 znakov vključno s presledki. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-ZV-RPROG-ZP/2008 v1.00a