

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/50

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-1180
Naslov projekta	Energetsko visoko učinkoviti hibridni sinhronski motorji s trajnimi magneti
Vodja projekta	14738 Bojan Štumberger
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	3.540
Cenovni razred	B
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2010
Nosilna raziskovalna organizacija	796 Univerza v Mariboru, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	1792 TECES, Tehnološki center za električne stroje
Družbeno-ekonomski cilj	

2. Sofinancerji¹

1.	Naziv	Hidria Rotomatika d.o.o., Industrija rotacijskih sistemov
	Naslov	Spodnja Kanomlja 23, 5281 Spodnja Idrija
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta²

Uvod:

Asinhronski motorji predvsem zaradi svoje robustnosti in možnosti zagona s pomočjo napetostnega vira omrežne frekvence (napetostni vir je konstantne amplitude in konstantne frekvence) predstavljajo v Sloveniji in v svetu še zmeraj velik tržni delež proizvajalcev elektromotorjev in električnih pogonov. Slabost asinhronskih motorjev manjših moči je še zmeraj sorazmerno nizek izkoristek in nekoliko slabši faktor delavnosti, kar onemogoča trženje takšnih motorjev na

tržiščih, kjer obstajajo zelo strogi predpisi glede razreda učinkovitosti elektromotorjev. V nasprotju z asinhronskimi motorji sinhronske motorje s trajnimi magneti odlikuje velik moment na enoto toka in pri motorjih manjših moči tudi mnogo večji izkoristek kot jih imajo asinhronski motorji. Slabost sinhronskih motorjev s trajnimi magneti pa je njihova nezmožnost zagona pri obremenitvi s pomočjo napajanja iz napetostnega vira omrežne frekvence. Sinhronski motorji so zato opremljeni z različnimi dajalniki pozicije in napajani s pomočjo vodenih napetostnih pretvornikov.

Osnovna ideja je združitev dobrih lastnosti obeh tipov motorjev, asinhronskega motorja s kratkostično kletko in sinhronskega motorja s trajnimi magneti. V tem primeru govorimo o hibridnem sinhronskem motorju s trajnimi magneti in kratkostično kletko, ki služi za zagon in dušenje dinamičnih nihanj. Takšen motor je zmožen zagona pri obremenitvi s priključitvijo na vir napetosti omrežne frekvence, ima boljši izkoristek in višji faktor delavnosti kot asinhronski motor, hkrati pa dajalnik pozicije ni več potreben.

Namen projekta je razvoj energetsko visoko učinkovitih hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti, s katerimi je v večini aplikacij mogoče zamenjati manj učinkovite asinhronske motorje. Širša komercialna uporaba hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti izpod kratkostične kletke bo prispevala k povečanju učinkovitosti izrabe energije, povečanju konkurenčnosti evropskega gospodarstva, manjši emisiji toplogrednih plinov in ohranjanju okolja, ter zmanjšanju odvisnosti od fosilnih goriv.

Potek in opis raziskovanja:

V skladu s časovno razporeditvijo aktivnosti raziskovalnega projekta smo zasnovali postopek načrtovanja ter razvili in izdelali prototipe več hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti in kratkostično kletko z namenom eksperimentalne potrditve karakteristik hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti za različne aplikacije. Hibridni sinhronski motorji s trajnimi magneti delujejo v stacionarnem stanju kot običajni sinhronski motorji s trajnimi magneti, katerih vrtljaji so predvsem odvisni od napajalne frekvence napetostnega vira, kratkostična kletka pa služi za zagon in dušenje dinamičnih nihanj pri hitrih spremembah obremenitve. V raziskavi smo zasnovali in uporabili nove postopke načrtovanja, ki vključujejo določitev energijske bilance hibridnega motorja za različna ustaljena obratovalna stanja ter študijo njegovih zagonskih in sinhronizacijskih sposobnosti. Energijska bilanca se določi na podlagi postprocesiranja rezultatov izračunov magnetnega polja s pomočjo MKE, medtem ko se študija zagonskih in sinhronizacijskih sposobnosti izvrši s pomočjo izpeljanih dinamičnih modelov s koncentriranimi parametri, kjer je upoštevan tako električni kot tudi mehanski podsistem. Za namene določitve parametrov dinamičnega modela hibridnega sinhronskega motorja smo razvili tako eksperimentalne metode kot tudi metode, ki slonijo na postprocesiranju rezultatov izračunov magnetnega polja s pomočjo MKE. Medtem ko je eksperimentalne metode za določitev parametrov dinamičnega modela hibridnega sinhronskega motorja mogoče uporabiti šele ko je motor izdelan, je mogoče metode za določitev parametrov dinamičnega modela hibridnega sinhronskega motorja s pomočjo MKE uporabiti že v samem postopku načrtovanja. Zasnovan in uporabljen postopek načrtovanja je eksperimentalno potrjen na podlagi meritev izdelanih prototipov v ustaljenih in prehodnih obratovalnih stanjih.

Vgradnja trajnih magnetov z visokim energijskim produktom (sintrani neodim-železo-bor magneti) izpod kratkostične kletke zagotavlja doseganje visokih izkoristkov in velikih vrednosti momenta na enoto toka. Trajne magnetne z visokim energijskim produktom pa je v določenih primerih mogoče nadomestiti z veliko cenejšimi magneti z mnogo manjšim energijskim produktom. Takšen pristop pa

zahteva izpod kratkostične kletke izdelavo več magnetnih pregrad v katerih so nameščeni trajni magneti z nižjim energijskim produktom ali pa imamo magnetni material z visokim energijskim produktom nameščen samo v nekaj magnetnih pregradah. Vrtilni moment motorja v ustaljenem stanju je predvsem posledica razlike v magnetni prevodnosti rotorja v vzdolžni in prečni osi (reluktančna komponenta vrtilnega momenta) in vzbujanja trajnih magnetov (sinhronska komponenta vrtilnega momenta). Z namenom analize namestitve trajnih magnetov in zahtevnosti izvedbe rotorskih pregrad v rotorskem paketu smo se odločili izdelati prototip manjšega sinhronskega motorja s trajnimi magneti in večimi magnetnimi pregradami v rotorski konstrukciji brez kratkostične kletke. Rotor motorja je tako podoben rotorju sinhronskega reluktančnega motorju z vstavljenimi trajnimi magneti na ustrezna mesta v rotorskih pregradah. Na podlagi optimizacije rotorske konstrukcije s pomočjo MKE, je bil izdelan in izmerjen prototip motorja z zmanjšanim volumnom trajnih magnetov, ki pa vseeno omogoča visoke izkoristke v širokem področju vrtljajev, tudi ko motor deluje v režimu slabljenja polja. Rezultati meritev v področju vrtljajev 3000-12000 vrt/min so potrdili naša pričakovanja o primernosti izbrane rotorske konstrukcije in doseganje velikega izkoristka v širokem področju vrtljajev.

V nadaljevanju smo se popolnoma posvetili razvoju hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti in kratkostično kletko, ki bi lahko nadomestili komercialno zanimive asinhronske motorje iz proizvodnega programa sofinancerja, namenjenih predvsem za pogone pol-hermetičnih kompresorjev. Zaradi specifične zgradbe rotorjev elektromotorjev, ki so namenjeni za pogone pol-hermetičnih kompresorjev (velik in precej globok counterbore in številne ventilacijske luknje v aksialni smeri) smo morali opustiti idejo o razvoju hibridnega sinhronskega motorja s kratkostično kletko in večimi rotorskimi pregradami. Razviti sta bili dve družini hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti in kratkostično kletko in sicer družini z zunanjim premerom statorja 160 in 190 mm. Pri sofinancerju aplikativnega projekta so bili izdelani prototipi motorjev za pol-hermetične kompresorje naslednjih moči: 1 Hp, 2.5 Hp, 4 Hp, 5.5 Hp in 7.5 Hp. Karakteristike razvitih hibridnih motorjev v ustaljenih in dinamičnih prehodnih stanjih so bile izmerjene v laboratoriju za Električne stroje na FERi in laboratoriju sofinancerja projekta. Vsi razviti hibridni sinhronski motorji s trajnimi magneti in kratkostično kletko izkazujejo večji izkoristek kot asinhronski motorji sofinancerja enakih fizičnih dimenzij.

Ugotovljeni rezultati (ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja):

Ob upoštevanju pravilnega postopka načrtovanja, so imeli vsi razviti in izdelani hibridni motorji s trajnimi magneti izpod kratkostične kletke v ustaljenem stanju boljši izkoristek in visok faktor delavnosti v primerjavi z asinhronskimi motorji enakih fizičnih dimenzij. Vgradnja trajnih magnetov z visokim energijskim produktom (sintrani neodim-železo-bor magneti) izpod kratkostične kletke omogoča povečanje energijske učinkovitosti. Trajne magnetne je mogoče namestiti tudi v rotorsko konstrukcijo obstoječega asinhronskega motorja, kjer so magnetni segmenti nameščeni (potopljeni) pod kratkostično kletko (v jarmu rotorja). Karakteristike motorja v ustaljenih in prehodnih obratovalnih stanjih in s karakteristikami pogojena možnost zamenjave asinhronskih motorjev s hibridnimi sinhronskimi motorji s trajnimi magneti in kratkostično kletko pa je odvisna od vrste konstrukcijskih parametrov: načina namestitve in materiala trajnih magnetov, načina izvedbe magnetnih pregrad v rotorski konstrukciji, izvedbe in preseka kratkostične kletke v rotorski konstrukciji, materiala kratkostične kletke in izvedbe statorskega navitja.

Sinhronizacijske sposobnosti hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti in kratkostično kletko so odvisne predvsem od momentne karakteristike bremena v

odvisnosti od vrtljajev, vztrajnostih mas celotnega pogona in razpoložljive napetosti na sponkah. V primeru prevelikih obremenitev in prevelikih vztrajnostnih mas pogona je proces sinhronizacije neuspešen. Takšno ustaljeno delovanje hibridnega motorja v asinhronem režimu delovanja lahko privede do prekomernega segrevanja rotorja in posledično zaradi povišane temperature rotorja do razmagnetenja trajnih magnetov.

Uporaba rezultatov ,sodelovanje s sofinancerjem, rezultati in učinki raziskovalnega projekta:

Elektromehanske karakteristike hibridnih motorjev so bile primerjane tudi s karakteristikami komercialno zanimivih asinhronskih motorjev iz obstoječega proizvodnega programa sofinancerja. Prototipi hibridnih motorjev za pogone hermetičnih in pol-hermetičnih kompresorjev, ki so bili izdelani pri sofinancerju in glavnemu uporabniku rezultatov projekta Hidria Rotomatika d.o.o., so bili vzorčeni za testiranja v končnih aplikacijah pri tujih partnerjih Hidrie Rotomatike d.o.o..

Energetska učinkovitost hibridnih motorjev je potrjena z laboratorijskimi testiranjmi v laboratorijih FERl, laboratoriju Hidrie Rotomatike d.o.o. kot tudi pri izbranem proizvajalcu pol-hermetičnih kompresorjev. Z dokončanjem razvoja in pozitivnimi rezultati testiranja prototipov in vzorcev je bil postavljen temelj za nadaljno industrializacijo tega projekta. Z novim produktom si Hidria Rotomatika d.o.o. razširja paleto energetsko učinkovitih motorjev, povečuje konkurenčno prednost na segmentu pol-hermetičnih motorjev ter ustvarja osnovo za nadaljno implementacijo novega elektromotorskega koncepta tudi na področjih alternativnih aplikacij, kot so črpalke in ventilatorji.

Rezultati projekta so izrednega pomena za sofinancerja. Novo razviti koncepti hibridnih elektromotorjev so že izvorno temeljili na izhodišču, da bo sofinancer lahko ob morebitnem uspešnem razvoju imel možnost proizvodnje statorjev novih motorjev na proizvodni tehnologiji, ki jo trenutno uporablja za proizvodnjo standardnih elektromotorjev.

Novo zasnovani hibridni motorji s svojo zasnovo potrjujejo, da je ta cilj dosežen. Sofinancer lahko brez modifikacij nadaljuje proizvodnjo na avtomatizirani liniji za proizvodnjo statorjev, za proizvodnjo rotorjev pa je potrebno izvesti investicije nakupa novih orodij za izrez lamel, orodij za tlačno litje kratkostične kletke ter sistema za vstavljanje trajnih magnetov, kar pa je bilo prepoznano že ob postavitvi koncepta razvoja.

Hidria Rotomatika d.o.o. z uvedbo novih energetsko učinkovitih elektromotorjev zagotavlja skladnost svojih izdelkov z novimi EU normativi o energetsko varčnih elektromotorskih pogonih ter nastopa kot predrazvojni dobavitelj pri vodilnih proizvajalcih pol-hermetičnih kompresorjev. Brez implementacije te novosti bi Hidria Rotomatika d.o.o. na posameznih področjih ne uspela zagotavljati zadostne energetske učinkovitosti motorjev, kar pa bi posledično rezultiralo v zmanjševanju obsega prodaje elektromotorjev ter v nekaterih primerih tudi potencialni izgubi tržnega deleža ali ključnih kupcev.

Umestitev novega koncepta hibridnih motorjev na segmentu pol-hermetičnih kompresorjev pa je dobra osnova za promocijo tega motorskega koncepta tudi na področju proizvodnje elektromotorjev za ventilatorje ter vodne črpalke. S promocijo nove elektromotorske tehnologije pa se za FERl in TECES kot razvojna izvajalca kot tudi Hidrio Rotomatiko d.o.o. kot sofinancerja in proizvajalca, odpirajo nadaljne možnosti razvoja in proizvodnje podobnih elektromotorskih pogonov za druge aplikacije in poslovne partnerje.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev³

V okviru raziskovalnega projekta smo eksperimentalno potrdili naslednji

raziskovalni hipotezi:

A.) s pomočjo simulacijskih izračunov je mogoče ustrezno predvideti karakteristike hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti in kratkostično kletko;

B.) manj učinkovite asinhronske motorje je smiselno zamenjati energijsko z energijsko bolj učinkovitimi hibridnimi sinhronskimi motorji s trajnimi magneti in kratkostično kletko.

Hibridni sinhronski motor s trajnimi magneti in kratkostično kletko mora izpolnjevati naslednja dva bistvena pogoja:

- 1.) hibridni motor mora izkazovati sposobnost zagona in sinhronizacije pri napajanju iz omrežja konstantne amplitude napetosti in konstantne frekvence;
- 2.) v ustaljenem sinhronskem področju delovanja mora takšen hibridni motor pri povečanju statične obremenitve do izpada iz sinhronizma imeti večji ali vsaj enak vrtilni moment na enoto gostote statorskega toka in večji izkoristek kot asinhronski motor enakih dimenzij.

V okviru projekta zasnovanega novega postopka načrtovanja je skladnost posamezne konstrukcije hibridnega motorja s prvim pogojem mogoče ustrezno ovrednotiti s pomočjo simulacij z modeli s koncentriranimi parametri, medtem ko je skladnost posamezne konstrukcije hibridnega motorja z drugim pogojem mogoče ustrezno ovrednotiti s pomočjo simulacij z modeli s porazdeljenimi parametri.

Z ozirom na vse razvite metode in postopke načrtovanja, razvite in izdelane prototipe hibridnih motorjev s trajnimi magneti in kratkostično kletko, eksperimentalno potrjene metode načrtovanja in eksperimentalno potrjeno povečanje energijske učinkovitosti takšnih hibridnih motorjev v primerjavi s klasičnimi asinhronskimi motorji enakih fizičnih dimenzij, lahko stopnjo realizacije raziskovalne hipoteze ocenimo kot stoddostno.

5. Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega projekta⁴

Ni sprememb programa raziskovalnega projekta.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁵

Znanstveni rezultat		
1.	Naslov	<p><i>SLO</i> Zasnova in analiza sinhronskega motorja z magnetnimi pregradami in potopljenimi trajnimi magneti s pomočjo metode končnih elementov</p> <p><i>ANG</i> Design and finite-element analysis of interior permanent magnet synchronous motor with flux barriers</p>
	Opis	<p><i>SLO</i> V delu je predstavljen postopek načrtovanja sinhronskih motorjev z več magnetnimi pregradami in potopljenimi trajnimi magneti v konstrukciji rotorja, ki je neposredno ni mogoče zaslediti drugje v literaturi. Različni parametri rotorske konstrukcije so upoštevani pri določitvi njegove najbolj primerne konstrukcije. Na podlagi rezultatov simulacijskih izračunov s pomočjo MKE je bil izdelan rotor s tremi magnetnimi pregradami. Njegove karakteristike v področju slabljenja polja so bile primerjane s karakteristikami konvencionalnega sinhronskega motorja s potopljenimi trajnimi magneti.</p> <p><i>ANG</i> The work presents a FEM-based design and analysis of interior permanent magnet synchronous motor with flux barriers (IPMSMFB), which can not be found elsewhere in literature. Various parameters of IPMSMFB rotor structure were taken into account at determination of a suitable rotor construction. On the basis of FEM analysis the rotor of IPMSMFB with three-flux barriers was built. Its flux weakening performance was compared to performances of the conventional interior permanent magnet synchronous motor, having the same rotor geometrical dimensions and the same stator construction.</p>

	Objavljeno v		ŠTUMBERGER, Bojan, ŠTUMBERGER, Gorazd, HADŽISELIMOVIĆ, Miralem, MARČIĆ, Tine, VIRTIC, Peter, TRLEP, Mladen, GORIČAN, Viktor. Design and finite-element analysis of interior permanent magnet synchronous motor with flux barriers. IEEE trans. magn., Nov. 2008, vol. 44, no. 11, 4389-4392, JCR IF (2008): 1.129
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		12610582
2.	Naslov	SLO	Trifazni in enofazni sinhronski motorji s potopljenimi trajnimi magneti in kratkostično kletko – neposredna primerjava z asinhronskimi motorji
		ANG	Line-starting three- and single-phase interior permanent magnet synchronous motors-direct comparison to induction motors
	Opis	SLO	V delu je prvič predstavljena neposredna primerjalna analiza karakteristik trifaznih in enofaznih asinhronskih motorjev in hibridnih sinhronskih motorjev s potopljenimi trajnimi magneti in kratkostično kletko (HM) z enako izvedbo kratkostične kletke in simetričnega štiripolnega navitja statorja. Karakteristike motorjev so neposredno primerjane, pri čemer so izpostavljeni vplivi zavornega vrtilnega momenta trajnih magnetov in zavornega reluktančnega vrtilnega momenta na karakteristike HM v asinhronskem področju delovanja.
		ANG	The work presents the performance comparison of three- and single-phase line-start interior permanent magnet synchronous motors (LSIPMSMs) and induction motors with equal squirrel-cage design and symmetric four-pole stator windings for the first time. Motor performances were directly compared and evaluated, thus emphasizing impacts of the permanent magnet breaking torque and reluctance breaking torque on the LSIPMSM performance in the asynchronous operation region.
	Objavljeno v		MARČIĆ, Tine, ŠTUMBERGER, Bojan, ŠTUMBERGER, Gorazd, HADŽISELIMOVIĆ, Miralem, VIRTIC, Peter, DOLINAR, Drago. Line-starting three- and single-phase interior permanent magnet synchronous motors-direct comparison to induction motors. IEEE trans. magn., Nov. 2008, vol. 44, no. 11, 4413-4416, JCR IF (2008): 1.129
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		12611862	
3.	Naslov	SLO	Določitev parametrov modela sinhronskega motorja s potopljenimi trajnimi magneti in kratkostično kletko s pomočjo diferenčne evolucije
		ANG	Determining parameters of a line-start interior permanent magnet synchronous motor model by the differential evolution
	Opis	SLO	Sposobnost zagona in sinhronizacije hibridnega sinhronskega motorja s trajnimi magneti in kratkostično kletko (SMTMK) mora biti preverjena upoštevajoč različne mehanske obremenitve in različne napetosti, kar zahteva uporabo zanesljivega dinamičnega modela SMTMK. V delu so parametri magnetno linearnega dinamičnega modela SMTMK določeni s pomočjo diferenčne evolucije. Cilj optimizacije je bilo najboljše ujemanje izmerjenih in s pomočjo dinamičnega modela izračunanih časovnih potekov modelnih spremenljivk (odzivov tokov in hitrosti motorja).
		ANG	The line-starting performance and synchronization capability of a line-start interior permanent magnet synchronous motor (LSIPMSM) has to be evaluated by considering different loads and different values of supply voltages, which requires the usage of a reliable dynamic model. In this work the parameters of a LSIPMSM dynamic model were determined by the differential evolution (DE). The optimization objective was the best possible agreement between the measured and by the model calculated time-behavior of model variables (responses of currents and motor speed).
	Objavljeno v		MARČIĆ, Tine, ŠTUMBERGER, Gorazd, ŠTUMBERGER, Bojan, HADŽISELIMOVIĆ, Miralem, VIRTIC, Peter. Determining parameters of a line-start interior permanent magnet synchronous motor model by the differential evolution. IEEE trans. magn., Nov. 2008, vol. 44, no. 11, str. 4385-4388, JCR IF (2008), 1.129
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID		12611350	
4.	Naslov	SLO	Primerjava elektromehanskih karakteristik trifaznih asinhronskih motorjev z različnimi kombinacijami števila polov in števila utorov

		ANG	Comparison of electromechanical characteristics of three phase induction motors with different pole and slot number combinations
Opis		SLO	Delo obravnava vpliv kombinacije števila rotorskih in statorskih utorov na karakteristike asinhronskih motorjev (AM). Ustrezna izbira kombinacije števila utorov, navitja statorja ter poševljenja statorja ali rotorja so poglavitni ukrepi za zmanjšanje vpliva parazitnih vrtilnih momentov, ki povzročajo sedla v zunanji karakteristiki AM ter lahko povzročijo, da motor ne zažene do nazivnega števila vrtljajev. Vsi neželeni pojavi, ki se pojavljajo pri zagonu AM s kratkostično kletko se seveda pojavijo tudi pri zagonu hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti in kratkostično kletko.
		ANG	The work presents the impact of the rotor and stator slot number combination on the characteristics of induction motors (IM). The adequate choice of the former combination, the stator winding and skewing either the stator or the rotor represent the main measures for suppression of the undesirable effects of parasitic torques, which cause torque-dips in IM characteristics. These may cause that the motor does not reach its rated speed. Of course, all cage IM line-start performance degrading effects are also present in drives with line-start interior permanent magnet synchronous motors.
Objavljeno v	MARČIČ, Tine, ŠTUMBERGER, Bojan, ŠTUMBERGER, Gorazd, HADŽISELIMOVIĆ, Miralem, ZAGRADIŠNIK, Ivan. Comparison of electromechanical characteristics of three phase induction motors with different pole and slot number combinations. Int. j. appl. electromagn. mech., 2009, vol. 31, no. 3, 161-169, JCR IF (2008): 0.255		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
COBISS.SI-ID	13808406		
5. Naslov		SLO	Ovrednotenje karakteristik sinhronskega reluktančnega motorja v BLDC pogonu
		ANG	Performance evaluation of synchronous reluctance motor in BLDC drive
Opis		SLO	V delu so ovrednotene karakteristike sinhronskega reluktančnega motorja (SRM) v BLDC pogonu. Testni SRM je bil narejen na podlagi statorja IEC 56 asinhronskega motorja in štiripolnega rotorja s tremi magnetnimi pregradami na pol. Predstavljene so izmerjene karakteristike testnega SRM v BLDC pogonu s prevajalnim razmerjem 120 električnih stopinj v področju hitrosti od 4000 do 10000 vrtljajev v minuti.
		ANG	The paper presents a performance evaluation of a synchronous reluctance motor in BLDC drive. The tested synchronous reluctance motor was made from IEC 56 induction motor stator and four pole rotor with three-barriers per pole. Measured motor characteristics of the tested synchronous reluctance motor in the BLDC motor drive with 120 electrical degree conducting mode in the range of speed 4000 rpm through 10000 rpm are presented.
Objavljeno v	ŠTUMBERGER, Bojan, GORIČAN, Viktor, ŠTUMBERGER, Gorazd, HADŽISELIMOVIĆ, Miralem, MARČIČ, Tine, TRLEP, Mladen. Performance evaluation of synchronous reluctance motor in BLDC drive. Prž. Elektrotech., 2009, vol.85, no.12, 147-149.		
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek		
COBISS.SI-ID	13808662		

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

	Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat		
1. Naslov		SLO	Soorganizacija in podpredsedstvo mednarodnega znanstvenega komiteja SAEM'08, Zamość, Poljska ter udeležba članov projektne skupine na simpoziju
		ANG	Co-organization and vice-chair of the international scientific committee of SAEM'08, Zamość, Poland, and participation of members of the project team
Opis		SLO	Vodja projekta je soorganizator in podpredsednik znanstvenega komiteja bienala Symposium on Applied Electromagnetics (SAEM) (http://www.users.pjwstk.edu.pl/~ptze/SAEM08/Welcome.html). Simpozij je namenjen izmenjavi idej, znanstvenih mnenj in predstavitvi raziskovalnih dosežkov uveljavljenih kot tudi mladih raziskovalcev s poudarkom na temah

			povezanih z aplikativno elektromagnetiko. Člani projektne skupine so predstavili 6 referatov s področij načrtovanja, modeliranja in analize električnih naprav in pogonov, kar je neposredno povezano s tematiko aplikativnega projekta.
		ANG	The project leader is the co-organizer and the vice-chair of the international scientific committee of the biennale Symposium on Applied Electromagnetics (SAEM) (http://www.users.pjwstk.edu.pl/~ptze/SAEM08/Welcome.html). The symposium is devoted to exchanging ideas, presenting achievements of established and also junior researchers, in topics related to applied electromagnetics. The members of the project team have presented 6 papers, mainly related to design, modelling and analysis of electric devices and drives, which is directly connected to topics of the applied research project.
	Šifra	B.01	Organizator znanstvenega srečanja
	Objavljeno v	Proceedings of the 2nd Symposium on Applied Electromagnetics SAEM'08, Zamość, Poland, June 1-4, 2008. Warszawa: Centralny Instytut Ochrony Pracy - Państwowy Instytut Badawczy, cop. 2008	
	Tipologija	2.31 Zbornik recenziranih znanstvenih prispevkov na mednarodni ali tuji konferenci	
	COBISS.SI-ID	12600342	
2.	Naslov	SLO	Nagrada za najboljši članek predstavljen v poster sekciji na 13. konferenci IEEE CEFC 2008, Atene, Grčija
		ANG	Best poster paper award on the 13th conference IEEE CEFC 2008, Athens, Greece
	Opis	SLO	Na konferenci IEEE CEFC 2008, ki predstavlja eno od dveh najpomembnejših konferenc s področja izračunov elektromagnetnih polj v letu 2008, je znanstveni komite članom projektne skupine podelil priznanje za najboljši članek predstavljen v poster sekciji (Priloga 2). V okviru nagrajenega članka so avtorji in člani projektne skupine pokazali, kako je mogoče, z združitvijo različnih teoretičnih in praktičnih znanj s področja načrtovanja, vodenja in modeliranja električnih strojev, optimizacije in eksperimentalnih metod, priti do relativno enostavnih rešitev problemov, ki so sicer težko rešljivi.
		ANG	The scientific committee of the IEEE CEFC 2008, which is one of two most important events from the field of electromagnetic field computation in 2008, has awarded the best poster paper award (see Appendix 2) to members of the project team. As presented in the awarded paper, the authors and members of the project team have shown how it is possible to join theoretical and practical knowledge from the field of design, control and modelling of electric machines, optimization methods and experimental methods in order to solve complex problems in a relatively simple way.
	Šifra	E.02	Mednarodne nagrade
Objavljeno v	MARČIČ, Tine, ŠTUMBERGER, Gorazd, ŠTUMBERGER, Bojan, HADŽISELIMOVIĆ, Miralem, VIRTič, Peter. Identification of line-start interior permanent magnet synchronous motor parameters using differential evolution. V: 13th Biennial IEEE Conference on Electromagnetic Field Computation, May 11-15, 2008, Athens, Greece. Proceedings. [Piscataway]: IEEE, 2008, str. 146.		
Tipologija	1.12 Objavljeni povzetek znanstvenega prispevka na konferenci		
	COBISS.SI-ID	12540694	
3.	Naslov	SLO	Zavorne lastnosti hibridnih sinhronskih strojev s trajnimi magneti in kratkostično kletko
		ANG	Braking performance of line-start interior permanent magnet synchronous machines
	Opis	SLO	V delu so ovrednotene lastnosti zaviranja pogonov s hibridnimi sinhronskimi stroji s trajnimi magneti in kratkostično kletko. Slednje se lahko izkoristijo za skrajšanje časa zaviranja pogonov z velikimi vztrajnostmi, rekuperacijo zavorne energije ter tudi v pasivnih zavornih sistemih z visoko dinamiko. Primerjalna analiza temelji na meritvah napetosti, toka, oddane moči in hitrosti rotorja v odvisnosti od zavornega vrtilnega momenta, ki ga proizvedeta dva testna stroja. Eden s simetričnim trifaznim, drug s simetričnim dvofaznim statorskim navitjem.
		This work evaluates the braking performance of line-start interior permanent magnet synchronous machines (LSIPMSMs), which may be employed for	

		ANG	shortening of stopping-times in large-inertia drives, braking energy recuperation and in passive brake systems with explicit dynamics. The comparative analysis is based on measurement data of voltage, current, output power and rotor speed in dependence of the braking torque produced by the two tested LSIPMSMs, one with a symmetrical three-phase and one with a symmetrical two-phase stator winding.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	MARČIČ, Tine, ŠTUMBERGER, Bojan, ŠTUMBERGER, Gorazd, HADŽISELIMOVIĆ, Miralem, VIRTič, Peter, PIŠEK, Peter. Braking performance of line-start interior permanent magnet synchronous machines. Prz. Elektrotech., 2009, vol. 85, no. 12, 106-109.	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
	COBISS.SI-ID	13808406	
4.	Naslov	SLO	Vpliv različnih kombinacij števila statorskih in rotorskih utorov na izgube v železu prostega teka trifaznega asinhronskega motorja
		ANG	The impact of different stator and rotor slot number combinations on iron losses of a three-phase induction motor at no-load
	Opis	SLO	V delu je predstavljena povezava porazdelitve gostote magnetnega pretoka, izgub v železu v prostem teku ter nadtemperature pri nazivni obremenitvi od izbrane kombinacije statorskih in rotorskih utorov. Analiza magnetnega polja motorja je bila izvedena na podlagi tirnic vektorja gostote magnetnega pretoka, izračunanih s pomočjo MKE. Za določitev izgub v železu v prostem teku je bilo uporabljeno post-procesiranje rezultatov izračunov magnetnega polja. Podana je primerjava rezultatov izračunov in meritev za štiripolni asinhronski motor in 5 različnih kombinacij števila utorov.
		ANG	The work presents the correlation between the usage of different stator and rotor slot number combinations, magnetic flux density distributions, no-load iron losses and rated load winding over-temperatures for a specific induction motor (IM). The motor's magnetic field was analyzed by traces of the magnetic flux density vector, obtained by FEM. Post-processing of FE output data was used for posterior iron loss calculation of the motor iron loss at no-load. Presented is a comparison of calculated and measured iron loss values for a four pole IM with 5 different slot number combinations.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	MARČIČ, Tine, ŠTUMBERGER, Bojan, ŠTUMBERGER, Gorazd, HADŽISELIMOVIĆ, Miralem, ZAGRADIŠNIK, Ivan. The impact of different stator and rotor slot number combinations on iron losses of a three-phase induction motor at no-load. J. magn. magn. mater.. [Print ed.], Oct. 2008, vol. 320, iss. 20, str. e891-e895., JCR IF (2008): 1.283	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
COBISS.SI-ID	12351766		
5.	Naslov	SLO	Eksperimentalna metoda za določitev magnetno nelinearnih karakteristik električnih strojev z magnetno nelinearnim in anizotropnim železnim jedrom...
		ANG	Experimental method for determining magnetically nonlinear characteristics of electric machines with magnetically nonlinear...
	Opis	SLO	V delu je predstavljena eksperimentalna metoda primerna za določitev magnetno nelinearnih karakteristik hibridnih električnih strojev, kot so sinhronski motorji s potopljenimi trajnimi magneti in kratkostično kletko. Pokazano je, da prisotnost kratkostične kletke povzroči popačenje karakteristik magnetnih sklepov določenih s pomočjo predhodno znanih metod in se zato v vključitev magnetno nelinearnih karakteristik takšnega stroja lahko uporabijo le končne točke vsake histerezne zanke, kjer toki v kratkostični kletki izzvenijo.
		ANG	This work presents an experimental method appropriate for determining magnetically nonlinear characteristics of hybrid electric machines such as the line-start interior permanent magnet synchronous motor. It has been shown that the currents induced in the machine damping windings or squirrel cage disturb the flux linkage characteristic determined by formerly known methods and therefore, only the final points of each hysteresis loop, where the currents induced in the damping windings already died-out, can be used as correct points of machine's magnetically nonlinear iron core characteristic.

Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	ŠTUMBERGER, Gorazd, MARČIČ, Tine, ŠTUMBERGER, Bojan, DOLINAR, Drago. Experimental method for determining magnetically nonlinear characteristics of electric machines with magnetically nonlinear and anisotropic iron core, damping windings, and permanent magnets. IEEE trans. magn., Nov. 2008, vol. 44, no. 11, str. 4341-4344, JCR IF (2008): 1.129
Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
COBISS.SI-ID	12570390

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁷

Predstavniki raziskovalnih organizacij UM-FERI in TECES so zaznali izredno zanimanje svetovne znanstveno-raziskovalne sfere za obravnavano tematiko v raziskovalnem projektu. Nenazadnje je večina izvirnih znanstvenih člankov iz točke 6 tudi že citiranih s strani drugih avtorjev. Predstavniki industrije se prav tako zanimajo za tematiko in iščejo kako integrirati trenutne dosežke v nove ali posodobljene izdelke. Zanimivo pa je, da je v zadnjem času moč zaznati tudi zanimanje študentske populacije za hibridne motorje, saj slednjih v učnih načrtih praviloma ni moč zaslediti.

Razvit je bil nov koncept hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti za izbrano aplikacijo polhermetičnih kompresorjev. Koncept je bil preverjen na več izvedbah motorskih velikosti in nazivnih moči. Uporabnost novih hibridnih elektromotorjev in njihove prednosti so bile s strani soizvajalca predstavljene vsem vodilnim evropskim proizvajalcem polhermetičnih kompresorjev.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁸

9.1. Pomen za razvoj znanosti⁹

SLO

V raziskavi smo razvili in uporabili nove postopke načrtovanja, ki vključujejo določitev energijske bilance hibridnega sinhronskega motorja s trajnimi magneti in kratkostično kletko za različna ustaljena obratovalna stanja ter študijo njegovih zagonskih in sinhronizacijskih sposobnosti. Energijska bilanca je določena s pomočjo postprocesiranja rezultatov izračunov magnetnega polja s pomočjo MKE, medtem ko je študija zagonskih in sinhronizacijskih sposobnosti hibridnega motorja opravljena s pomočjo dinamičnih modelov s koncentriranimi parametri, kjer je upoštevan tako električni kot tudi mehanski podsistem pogona. Kombinacija obeh omenjenih postopkov predstavlja dovolj zanesljivo orodje za predikcijo karakteristik hibridnih sinhronskih motorjev s trajnimi magneti in kratkostično kletko v ustaljenih obratovalnih stanjih obremenitve in prehodnih obratovalnih stanjih zagona in sinhronizacije. Omenjenih postopkov, kakor tudi neposredne primerjave karakteristik in učinkovitosti hibridnih sinhronskih motorjev in klasičnih asinhronskih motorjev enakih fizičnih dimenzij do sedaj ni bilo mogoče zaslediti v dostopni literaturi. Uporabljen postopek načrtovanja je eksperimentalno potrjen na podlagi meritev izdelanih prototipov v ustaljenih in prehodnih obratovalnih stanjih.

ANG

In the frame of the applied research project the new design methods have been developed and applied. These new developed methods include determination of energy balance and study of starting and synchronization capability of hybrid synchronous motor with permanent magnets and starting squirrel-cage in different steady state and dynamic transient operation modes as well. Energy balance has been determined by post-processing results of the hybrid motor magnetic field by using the finite element method. For study of starting and synchronization capabilities of hybrid synchronous motors the dynamic model with concentrated parameters has been applied. The developed dynamic model takes into account electrical and mechanical subsystem of the drive. The combination of both mentioned methods represents a reliable tool for prediction of hybrid motor characteristics in steady state and dynamic transient state of starting and synchronization as well. The above mentioned developed methods and direct comparison of characteristics and efficiency of hybrid synchronous motors and induction motors of same physical dimensions, have not been previously known in the literature. The used design method procedure has been verified experimentally with measurements on prototypes in motors steady state and transient working conditions.

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹⁰

SLO

Aplikativni projekt se predvsem ukvarja z izboljšanjem energetske učinkovitosti elektromotorjev, ki v razvitih industrijskih državah pretvorijo več kot polovico proizvedene električne energije v druge oblike. Zato že majhna izboljšava izkoristka električnih strojev prinese velik prihranek energije in povečanje energetske učinkovitosti. Upoštevajoč načela trajnostnega razvoja, ima energetska učinkovitost velik pomen, saj se po eni strani poraba električne energije vztrajno povečuje, po drugi strani pa se cena električne energije nezadržno viša. Z nadomestitvijo asinhronskih motorjev s hibridnimi sinhronskimi motorji s trajnimi magneti in kratkostično kletko, se na dolgi rok lahko zmanjša poraba energije, po drugi strani pa se za uporabnika niža poraba električne energije za določeno aplikacijo. Rezultate aplikativnega projekta lahko tematsko uvrstimo med tehnologije za trajnostno gospodarstvo, oz. med tehnologije za racionalno rabo energije. Vsi razviti in izdelani prototipi hibridnih motorjev s trajnimi magneti namreč izkazujejo v ustaljenem stanju boljši izkoristek in visok faktor delavnosti v primerjavi z asinhronskimi motorji enakih fizičnih dimenzij.

Najpoglavnejši rezultat raziskovalnega dela je opredmeten z zaključenim razvojem novega energetske učinkovitega elektromotorja namenjenega vgradnji v pol-hermetične kompresorje. Energetska učinkovitost novega motorja je potrjena z laboratorijskimi testiranjmi v laboratorijih FERI, laboratoriju Hidrie Rotomatike kot tudi pri izbranem proizvajalcu pol-hermetičnih kompresorjev. Z dokončanjem razvoja in pozitivnimi rezultati testiranj prototipov in vzorcev je bil postavljen temelj za nadaljno industrializacijo tega projekta. Z novim produktom si Hidria Rotomatika d.o.o. razširja paleto energetske učinkovitih motorjev, povečuje konkurenčno prednost na segmentu polhermetičnih motorjev ter ustvarja osnovo za nadaljno implementacijo novega elektromotorskega koncepta tudi na področjih alternativnih aplikacij, kot so črpalke in ventilatorji. V prid novi rešitvi je tudi energetska politika Evrope, katera stopa v veljavo z udejanjanjem zahtev, ki jih narekuje Direktiva o ekološkem načrtovanju energetskih izdelkov "Ecodesign of Energy related Products, Directive 2009/125/EC", katera določa nove minimalne nivoje energetske učinkovitosti elektromotorjev za pogon naprav kot so kompresorji, črpalke in ventilatorji nazivnih moči od 125 W do 500 kW.

Z uveljavljanjem sofinancerja na svetovnem trgu kot ponudnika sodobnih in energetske učinkovitih izdelkov bo posledično omogočena promocija znanstvene in gospodarske dejavnosti v Republiki Sloveniji na svetovnem tržišču ter same Republike Slovenije, ki podpira aplikativno razvojno-raziskovalno sodelovanje znanstvene in gospodarske sfere.

ANG

The applied research project deals above all with the improvement of energy efficiency of electric motors, which in industrially developed countries convert more than a half of the produced electrical energy into other forms. Therefore, even a small improvement of the efficiency of electrical machines yields high energy savings and improvement of energy efficiency. Considering the principles of sustainable development, energy efficiency is of high importance, because the electrical energy consumption and electrical energy prices are persistently growing. The usage of hybrid permanent magnet synchronous motors, which replaces induction motors, can on a long-term decrease the consumption of electrical energy and consequently decrease the user's electrical energy cost for a specific application. Results of the applied research project can be placed among technologies for sustainable development, and more precisely, among technologies for the rational use of energy. All developed and manufactured hybrid synchronous motors prototypes exhibit in the steady state conditions better efficiency and high power factor in comparison to induction motors of the same physical dimensions.

The most important result of research work has been materialized with finalized development of new energy efficient hybrid synchronous motor for electric motor drives of semi-hermetic piston compressors. Energy efficiency of the new motor concept has been verified with laboratory testing in laboratories of FERI, laboratories of co-founding organization (Hidria Rotomatika d.o.o.) and in laboratories of selected producers of semi-hermetic piston compressors as well. With the finalization of the development and positive test results on prototypes and samples, the good foundation for the further industrialization of this project has been established. With this new product Hidria Rotomatika d.o.o. expands the offer of energy efficient electric motors and increases their competitiveness on segment of semi-hermetic piston compressors. The new foundations for further implementation of new hybrid motor concept in the field of alternative applications such as water pumps and fans have been established as well. The benefit to the new solution is also the EU Energy-policy with the directive about Ecodesign of Energy related Products (Directive 2009/125/EC) which exactly prescribes the new minimal efficiency levels for energy efficiency of electric motors used in the drives of devices such as compressors, pumps and fans with nominal power in the range from 125 W up to 500 kW.

Establishing of the beneficiary as the producer of new and energy efficient products on the international market, will promote Slovenia's scientific and economic activity on the world market. Slovenia will be promoted as a country that supports applicative research and development cooperation between science and economy.

10. Samo za aplikativne projekte!

Označite, katerega od navedenih ciljev ste si zastavili pri aplikativnem projektu, katere konkretne rezultate ste dosegli in v kakšni meri so doseženi rezultati uporabljeni

Cilj		
F.01	Pridobitev novih praktičnih znanj, informacij in veščin	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	

	Uporaba rezultatov	V celoti
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi,	

F.18	konference)	
	Zastavljen cilj	<input checked="" type="radio"/> DA <input type="radio"/> NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	Delno
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE

	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.33	Patent v Sloveniji	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
	Rezultat	<input type="text"/>
	Uporaba rezultatov	<input type="text"/>

Komentar

F.01 Rezultat: Pridobili smo praktična znanja s področja uporabe in rokovanja s trajnimi magneti,
--

načrtovanja elektromotorskih pogonov z numeričnimi algoritmi ter znanja s področja testiranja hibridnih in sinhronskih elektromotorjev.

Uporaba rezultatov: Rezultati so bili uporabljeni tako v fazi razvoja novih motorskih konstrukcij, proizvodnji prototipov ter vzorcev ter pri promociji in izobraževanju prvih kupcev o prednostih in načinih uporabe novih trajnomagnetnih hibridnih elektromotorjev.

F.02

Rezultat: Pridobljena znanja za razumevanje fizikalnega ozadja delovanja hibridnega elektromotorja.

Uporaba rezultatov: Rezultati so uporabljeni pri načrtovanju vzorcev hibridnih elektromotorjev za izbrane tipe polhermetičnih kompresorjev.

F.03

Rezultat: Razvojno osebje je pridobilo potrebna znanja za nadaljni aplikativni razvoj hibridnih elektromotorjev.

Uporaba rezultatov: Znanja bodo uporabljena pri bodočem aplikativnem razvoju.

F.06

Rezultat: Razviti sta dve družini 4 polnih polhermetičnih hibridnih elektromotorjev IPM

Uporaba rezultatov: Novi izdelki se uvajajo v proizvodnjo pri proizvajalcih polhermetičnih kompresorjev Bitzer in Dorin.

F.07

Rezultat: Obstoječi izdelki asinhronskih motorjev so konstrukcijsko nadgrajeni v hibridno izvedbo.

Uporaba rezultatov: Novi hibridni elektromotorji so primerni za vgradnjo tako v obstoječa ohišja polhermetičnih kompresorjev, kot tudi v novo zasnovana ohišja.

F.08

Rezultat: Izdelani prototipi motorjev družine 160/4p in 190/4p

Uporaba rezultatov: Prototipi uporabljeni za dinamometriška testiranja v laboratorijih FERI, Hidria Rotomatika ter prvih kupcih.

F.09 (samo pri sofinancerju))

Rezultat: Uvedena tehnologija insertiranja predmagnetiziranih trajnih magnetov ter laserskega varjenja.

Uporaba rezultatov: Uporabljeno pri proizvodnji prototipov, ter vzorcev hibridnih motorjev.

F.10

Rezultat: Izboljšana je tehnologija merjenja sinhronskih elektromotorjev.

Uporaba rezultatov: Izboljšani testni postopki dinamometriških merjenj bodo uporabljeni pri nadaljnjem razvoju podobnih motorskih pogonov.

F.11

Rezultat: Pridobljene izkušnje in znanja pri načrtovanju in testiranju hibridnih elektromotorjev.

Uporaba rezultatov: Pri načrtovanju novih aplikacij s hibridnimi elektromotorji.

F.18

Rezultat: Uporabnost novih hibridnih elektromotorjev in njihove prednosti so predstavljene vsem vodilnim evropskim proizvajalcem polhermetičnih kompresorjev (Dorin, Bitzer, Frascold, Tecumseh) ter vodilnemu proizvajalcu črpalk Grundfos. Predstavitev novosti je bila predstavljena tudi prodajnim agentom Hidrie v državah EU.

Uporaba rezultatov: Prepoznani so predlogi za izvedbo skupnih RR projektov za uvedbo hibridnih elektromotorjev za manjše hermetične kompresorje (Tecumseh -Francija) ter črpalke (Grundfos - Danska).

11. Samo za aplikativne projekte!

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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input 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 type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input 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 type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.05.	Razvoj civilne družbe	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.04.06.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.05.	Ohranjanje in razvoj nacionalne naravne in kulturne dediščine in identitete					
G.06.	Varovanje okolja in trajnostni razvoj					
G.07	Razvoj družbene infrastrukture					
G.07.01.	Informacijsko-komunikacijska infrastruktura	<input 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 checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.07.04.	Drugo:	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

G.02.01 razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu - paleti standardnih asihronskih motorjev Hidrie Rotomatike se pridružujejo vsaj 2 novi družini energetsko učinkovitih motorjev.

G.02.04 zmanjšanje porabe materialov in energije - energetska učinkovitost je ocenjena na osnovi izvedenih laboratorijskih testiranj tako na motorjih samih, kot tudi v kompresorski instalaciji.

G.02.06 večja konkurenčna sposobnost - se odraža v inovativnosti same rešitve, energetska učinkovitosti ter demonstraciji razvojne sposobnosti sofinancerja v sodelovanju z izvajalcem FERI .

Z novim produktom si Hidria Rotomatika razširja paleto energetske učinkovitih motorjev, povečuje konkurenčno prednost na segmentu polhermetičnih motorjev ter ustvarja osnovo za nadaljno implementacijo novega elektromotorskega koncepta tudi na področjih alternativnih aplikacij, kot so črpalke in ventilatorji.

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki¹¹

1.	Sofinancer	Hidria Rotomatika d.o.o., Industrija rotacijskih sistemov		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		29.253,00	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		24,38	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	E.01 domače nagrade - podeljena nagrada za inovativnost Hidrie ter GZS Severne Primorske.	E.01	
	2.	F.06 razvoj novega izdelka - razvit nov koncept elektromotorjev za izbrano aplikacijo polhermetičnih kompresorjev. Koncept je bil preverjen na več izvedbah motorskih velikosti in nazivnih moči.	F.06	
3.	G.02.01 razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu - paleti standardnih asihronskih motorjev Hidrie Rotomatike se pridružujejo vsaj 2 novi družini energetske učinkovitih motorjev.	G.02.01		
4.	G.02.04 zmanjšanje porabe materialov in energije - energetska učinkovitost je ocenjena na osnovi izvedenih laboratorijskih testiranj tako na motorjih samih, kot tudi v kompresorski instalaciji.	G.02.04		
5.	G.02.06 večja konkurenčna sposobnost - se odraža v inovativnosti same rešitve, energetska učinkovitosti ter demonstraciji razvojne sposobnosti sofinancerja v sodelovanju z izvajalcem FERI .	G.02.06		
	Komentar	Najpoglavitejši rezultat raziskovalnega dela je opredmeten z zaključenim razvojem novega energetske učinkovitega elektromotorja namenjenega vgradnji v pol-hermetične kompresorje. Energetska učinkovitost novega motorja je potrjena z laboratorijskimi testiranjmi v laboratorijih FERI, laboratoriju Hidrie Rotomatike kot tudi pri izbranem proizvajalcu pol-hermetičnih kompresorjev. Z dokončanjem razvoja in pozitivnimi rezultati testiranj prototipov in vzorcev je bil postavljen temelj za nadaljno industrializacijo tega projekta. Z novim produktom si Hidria Rotomatika razširja paleto energetske učinkovitih motorjev, povečuje konkurenčno prednost na segmentu polhermetičnih motorjev ter ustvarja osnovo za nadaljno implementacijo novega elektromotorskega koncepta tudi na področjih alternativnih aplikacij, kot so črpalke in ventilatorji. V prid novi rešitvi je tudi energetska politika Evrope, katera stopa v veljavo z udeležanjem zahtev, ki jih narekuje Direktiva o ekološkem načrtovanju energetskih izdelkov "Ecodesign of Energy related Products, Directive 2009/125/EC", katera določa nove minimalne nivoje energetske učinkovitosti elektromotorjev za pogon naprav kot so kompresorji, črpalke in ventilatorji nazivnih moči od 125 W do 500 kW. Za uspešno implementacijo novega koncepta energetske učinkovitega elektromotorja je bilo podeljeno zlato priznanje za inovacijo Hidrie ter srebrno priznanje GZS Severne Primorske za		

		inovacijo leta 2008.	
	Ocena	<p>Rezultati projekta so izrednega pomena za sofinancerja. Novo razviti koncepti IPM elektromotorjev so že izvorno temeljili na izhodišču, da bo sofinancer lahko ob morebitnem uspešnem razvoju imel možnost proizvodnje statorjev novih motorjev na proizvodni tehnologiji, ki jo trenutno uporablja za proizvodnjo standardnih elektromotorjev.</p> <p>Novo zasnovani IPM motorji s svojo zasnovo tako potrjujejo, da je ta cilj dosežen. Sofinancer lahko brez modifikacij nadaljuje proizvodnjo na avtomatizirani liniji za proizvodnjo statorjev, za proizvodnjo rotorjev pa je potrebno izvesti investicije nakupa novih orodij za izrez lamel, orodij za tlačno litje kratkostične kletke ter sistema za vstavljanje trajnih magnetov, kar pa je bilo prepoznano že ob postavitvi koncepta razvoja.</p> <p>Hidria Rotomatika z uvedbo novih energetsko učinkovitih elektromotorjev zagotavlja skladnost svojih izdelkov z novimi EU normativi o energetsko varčnih elektromotorskih pogonih ter nastopa kot predrazvojni dobavitelj pri vodilnih proizvajalcih pol-hermetičnih kompresorjev. Brez implementacije te novosti bi Hidria Rotomatika na posameznih področjih ne uspela zagotavljati zadostne energetske učinkovitosti motorjev, kar pa bi posledično rezultiralo v zmanjšavanju obsega prodaje elektromotorjev ter v nekaterih primerih tudi potencialni izgubi tržnega deleža ali ključnih kupcev.</p> <p>Umestitev novega koncepta IPM motorjev na segmentu pol-hermetičnih kompresorjev pa je dobra osnova za promocijo tega motorskega koncepta tudi na področju proizvodnje elektromotorjev za ventilatorje ter vodne črpalke. S promocijo nove elektromotorske tehnologije pa se za FERi kot razvojnega izvajalca kot tudi Hidrio Rotomatiko kot sofinancerja in proizvajalca, odpirajo nadaljne možnosti razvoja in proizvodnje podobnih elektromotorskih pogonov za druge aplikacije in poslovne partnerje.</p>	
2.	Sofinancer		
		Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	EUR
		Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	%
		Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra
		1.	
		2.	
		3.	
		4.	
		5.	
	Komentar		
	Ocena		
3.	Sofinancer		
		Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:	EUR
		Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:	%
		Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja	Šifra
		1.	

	2.		
	3.		
	4.		
	5.		
Komentar			
Ocena			

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 6., 7. in 8. 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
- so z vsebino zaključnega poročila seznanjeni in se strinjajo vsi soizvajalci projekta

Podpisi:

Bojan Štumberger	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Maribor

18.4.2010

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2010-1/50

¹ Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

² Napišite kratko vsebinsko poročilo, kjer boste predstavili raziskovalno hipotezo in opis raziskovanja. Navedite ključne ugotovitve, znanstvena spoznanja ter rezultate in učinke raziskovalnega projekta. Največ 18.000 znakov vključno s presledki (približno tri strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

⁴ Samo v primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta. Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁵ Navedite največ pet najpomembnejših znanstvenih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, 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., PREMZL, 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](#)

⁶ Navedite največ pet najpomembnejših družbeno-ekonomsko relevantnih rezultatov projektne skupine, ki so nastali v času trajanja projekta v okviru raziskovalnega projekta, ki je predmet poročanja. Za vsak rezultat navedite naslov (največ 150 znakov vključno s presledki), rezultat opišite (največ 600 znakov vključno s presledki), 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](#)

⁷ Navedite rezultate raziskovalnega projekta 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. [Nazaj](#)

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

⁹ Največ 4.000 znakov vključno s presledki [Nazaj](#)

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

¹¹ Rubrike izpolnite/prepišite skladno z obrazcem "Izjava sofinancerja" (<http://www.arrs.gov.si/sl/progproj/rproj/gradivo/>), ki ga mora izpolniti sofinancer. Podpisan obrazec "Izjava sofinancerja" pridobi in hrani nosilna raziskovalna organizacija – izvajalka projekta. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROJ-ZP/2010 v1.00a

80-05-87-B0-49-28-AC-E8-20-DD-64-41-16-62-40-F9-7F-A5-1A-EE