

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/134

ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROJEKTU

1. Osnovni podatki o raziskovalnem projektu

Šifra projekta	L2-0824
Naslov projekta	Razvoj kompenzacijskih naprav za aktivno razdelilno omrežje
Vodja projekta	14037 Igor Papič
Tip projekta	L Aplikativni projekt
Obseg raziskovalnih ur	4.650
Cenovni razred	C
Trajanje projekta	02.2008 - 01.2011
Nosilna raziskovalna organizacija	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
Raziskovalne organizacije - soizvajalke	190 Iskra, merilni instrumenti in stikala, d.d., Kranj
Družbeno-ekonomski cilj	12.02 Tehnološke vede - RiR financiran iz splošnih univerzitetnih fondov

1.1. Družbeno-ekonomski cilj¹

Šifra	05.
Naziv	Energija

2. Sofinancerji²

1.	Naziv	Iskra, merilni instrumenti in stikala, d.d.
	Naslov	Ljubljanska cesta 24a, 4000 Kranj
2.	Naziv	
	Naslov	
3.	Naziv	
	Naslov	

B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROJEKTA

3. Poročilo o realizaciji programa raziskovalnega projekta³

V prvem letu izvajanja aplikativnega raziskovalnega projekta smo izvedli aktivnosti, opisane pod prvo točko programa "Koncept aktivnega razdelilnega omrežja". Pripravili smo izhodišča koncepta:

- dokumentacija o mednarodnih demonstracijskih projektih in relevantnih teoretičnih raziskovalnih projektih,
- povzetek obstoječih praktičnih izkušenj z razdelilnimi omrežji z velikim številom razpršenih virov,
- analiza potencialnih inovativnih idej za bodočo vključitev velikega števila razpršenih virov.

Obdelali smo področje kakovosti električne energije:

- vloga kakovosti električne energije v konceptu aktivnega omrežja,
- zahteve glede kakovosti električne energije,
- analiza potencialnih težav glede zagotavljanja kakovosti električne energije.

Naredili smo pregled sodobnih kompenzacijskih naprav:

- vloga sodobnih kompenzacijskih naprav v konceptu aktivnega omrežja,
- zagotavljanje kakovosti električne energije,
- upravljanje z jalovo energijo,
- dodatne storitve razpršenih virov električne energije, ki so priključeni na omrežje prek osnovnega modula aktivnega kompenzatorja,
- uporaba sodobnih kompenzacijskih naprav v povezavi s hranilniki energije,
- upravičenost razvoja novih kompenzacijskih naprav.

Iz druge točke raziskovalnega programa "Razvoj pasivnega kompenzatorja" smo izvedli naslednje aktivnosti:

- problem resonance in frekvenčne impedančne karakteristike,
- specifikacija in dimenzioniranje pasivnega kompenzatorja,
- koncept vodenja naprave,
- simulacije delovanja pasivne kompenzacijske naprave,
- izvedba meritev v testnem omrežju.

V drugem letu izvajanja aplikativnega raziskovalnega projekta smo zaključili aktivnosti, opisane pod drugo točko programa "Razvoj pasivnega kompenzatorja". Opravljene so bile naslednje naloge:

- razvoj merilnega dela kompenzatorja za zajem vseh relevantnih veličin, potrebnih za analizo stanja omrežja ter kakovosti električne energije v realnem času,
- razvoj žičnih in brezžičnih komunikacijskih modulov za daljinski nadzor dogajanja v omrežju in na mestu vgradnje kompenzatorja,
- testiranje naprave v realnem omrežju.

Osnovni komunikacijski vmesnik za daljinski nadzor in merilni modul za zajem parametrov kakovosti električne energije sta bila testirana na realnem kompenzatorju jalove energije v industrijskem omrežju tovarne Iskra PE Otoče.

Iz točke 3.1 raziskovalnega programa "Aktivni kompenzator" smo izvedli naslednje aktivnosti:

- specifikacija osnovnih nalog aktivnega kompenzatorja,
- primerjava paralelne in serijske vezave kompenzatorja,
- določitev osnovnega regulacijskega modula,
- določitev vhodnih veličin,
- razvoj osnovne strategije vodenja pri kompenzaciji jalove energije,
- razvoj strategije vodenja za druge naloge v omrežju,
- izvedba določenega števila simulacij delovanja aktivne kompenzacijske naprave.

Iz točke 3.2 raziskovalnega programa "Vmesnik za priključevanje obnovljivih virov energije" smo izvedli naslednje aktivnosti pri analizi vmesnika za priključitev fotonapetostnih sistemov:

- analiza specifičnih zahtev,
- dimenzioniranje,
- koncept vodenja,
- simulacije delovanja.

V tretjem letu izvajanja aplikativnega raziskovalnega projekta smo dodatno izvajali aktivnosti, opisane pod drugo točko programa "Razvoj pasivnega kompenzatorja". Merilni modul za zajem parametrov kakovosti električne energije je bil testirana na realnem kompenzatorju jalove energije

z nazivno močjo 5 MVar na 35 kV napetostnem nivoju v industrijskem omrežju RTP Štore.

Iz točke 3.1 raziskovalnega programa "Aktivni kompenzator" smo izvedli naslednje aktivnosti:

- izdelava prototipa krmilnega modula,
- testiranje testnih protokolov na DSP-ju,
- testiranje direktne tokovne regulacije,
- dodatne raziskave s pomočjo simulacij.

Iz točke 3.2 raziskovalnega programa "Vmesnik za priključevanje obnovljivih virov energije" smo izvedli naslednje aktivnosti pri analizi vmesnika za priključitev hranilnikov električne energije:

- analiza specifičnih zahtev,
- dimenzioniranje,
- koncept vodenja,
- simulacije delovanja.

Laboratorij za električna omrežja in naprave – LEON se je skupaj s sodelujočo raziskovalno organizacijo Iskra MIS vključil v izvajanje demonstracijskih projektov na področju aktivnih omrežij, ki so bili pripravljeni v okviru prenovljene Tehnološka platforme za pametna omrežja. LEON je aktivno vključen tudi v kompetenčni center Napredni sistemi učinkovite rabe električne energije – KC SURE.

4. Ocena stopnje realizacije zastavljenih raziskovalnih ciljev⁴

Pri izvajanju aplikativnega raziskovalnega projekta smo uporabili naslednje raziskovalne metode:

- metoda digitalne simulacije elektroenergetskega omrežja in kompenzacijskih naprav,
- izvedba meritev parametrov kakovosti električne energije v testnem omrežju,
- izvedba meritev oblike tokov in napetosti za specifikacijo kompenzacijske naprave,
- testiranje razvitih komunikacijskih in merilnih modulov v realnem omrežju na pasivnem kompenzatorju jalove energije,
- testiranje razvitih algoritmov vodenja na DSP krmilnem modula za aktivni kompenzator.

Zastavljeni cilji izvajanja projekta so bili v celoti izpolnjeni. Narejen je bil koncept aktivnega razdelilnega omrežja. V sodelovanju z distribucijskimi podjetji smo na primeru značilnega slovenskega distribucijskega omrežja razdelali različne scenarije vključitve razpršenih virov. Narejena je bila analiza potrebnih sprememb v strukturi, vodenju in obratovanju takega omrežja. Ugotovljeno je bilo, da je za doseg omenjenega cilja potrebna tudi uporaba sodobnih kompenzacijskih naprav. Dodatno je bila narejena analiza testnega omrežja za priključitev pasivnega kompenzatorja, izvedene so bile meritve, ki so potrebne za specifikacijo naprave.

V drugem letu je bil narejen praktičen koncept načrtovanja pasivne kompenzacijske naprave v izvedbi za preprečevanje resonančnih stanj. V sodelovanju s sofinancerjem – Iskra MIS smo testirali merilni modul za nadzor parametrov kakovosti električne energije na lokaciji vgradnje pasivne kompenzacijske naprave. Sistem omogoča aktiviranje alarmov v primeru prekoračitve dovoljenih vrednosti motečih veličin – harmonikov. V zadnjem letu smo uporabili razviti merilni modul pri izdelavi komercialne pasivne kompenzacijske naprave pri industrijskem partnerju, kar je omogočilo zaključno testiranje razvitega modula.

Dodatno je bila narejena analiza modulov napetostnega pretvornika, ki je osnova aktivnega kompenzatorja. Izvedene so bile simulacije delovanja za testiranje osnovnih strategij vodenja pri različnih nalogah v omrežju in priključitvi fotonapetostnih sistemov ter hranilnikov električne energije. V zadnjem letu smo izdelali testni laboratorijski model krmilnega modula aktivnega kompenzatorja.

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

Delo na aplikativnem raziskovalnem projektu je potekalo po predvidenem programu.

6. Najpomembnejši znanstveni rezultati projektne skupine⁶

Znanstveni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Določanje odgovornosti za harmonsko popačenje v elektroenergetskih omrežjih
		ANG	Managing the responsibility for harmonic distortion in power networks
	Opis	SLO	V članku je predstavljena metoda za določanje prispevkov k harmonskemu popačenju v točki priključitve porabnika na omrežje. Predlagani pristop temelji na metodi tokovnih harmonskih vektorjev z uporabo referenčnih impedanc. Predstavljena metoda omogoča izračun harmonskih prispevkov brez poznavanja dejanskih impedanc na porabniški strani. Prav tako omogoča boljšo oceno harmonskih prispevkov dobavitelja in porabnika v resonančnih pogojih. Metoda je preizkušena z računalniško simulacijo in obsežnimi meritvami v realnem omrežju.
		ANG	A method for managing the responsibility for harmonic distortion at the point of common coupling between a customer and a utility is presented in the paper. The proposed approach is based on the harmonic current vector method and uses reference impedances. The presented method enables harmonic contribution determination when the actual harmonic customer impedances are not known. It also improves the evaluation of harmonic distortion in resonance conditions. The method is verified by means of computer simulation and extensive field measurements.
	Objavljeno v		PFAJFAR, Tomaž, BLAŽIČ, Boštjan, PAPIČ, Igor. Managing the responsibility for harmonic distortion in power networks. Energy convers. manage.. [Print ed.], 2008, vol. 49, no. 10, str. 2538-2545, ilustr.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		6599764
2.	Naslov	SLO	Energijska funkcija medlinijskega regulatorja pretokov moči
		ANG	Energy function for an interline power-flow controller
	Opis	SLO	V tem članku opisujemo konstruiranje energijske funkcije medlinijskega regulatorja pretokov moči (IPFC) v obliki z ohranjeno strukturo omrežja. Vpliv IPFC je konstruiran kot dodatni člen k energijski funkciji elektroenergetskega sistema (EES) brez IPFC. Energijska funkcija se lahko uporabi za poljubno število serijskih vej IPFC in za poljubno število IPFC v EES. Razvite energijske funkcije so uporabljene za določanje tranzientne stabilnosti s pomočjo direktne Ljapunove metode, s katero smo dokazali pravilnost ugotovljene energijske funkcije.
		ANG	In this paper, energy functions were constructed that consider the action of the interline power-flow controller (IPFC) in the form of a supplement to the known structure-preserving energy functions. They are based on a structure-preserving frame and can be applied to an arbitrary number of IPFCs that may consist of an arbitrary number of series branches. The developed energy functions were applied for a transient-stability assessment using the Lyapunov direct method, and they proved to be adequate.
	Objavljeno v		AŽBE, Valentin, MIHALIČ, Rafael. Energy function for an interline power-flow controller. Electr. power syst. res.. [Print ed.], 2009, vol. 79, no. 6, str. 945-952, ilustr.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		6985300
3.	Naslov	SLO	Izračun širjenja flikerja v delu slovenskega prenosnega omrežja
		ANG	The calculation of flicker propagation in part of the Slovenian transmission ne
	Opis	SLO	Nihanja napetosti v prenosnem omrežju zaradi obratovanja velikih industrijskih porabnikov, kot so elektroobločne peči, so pogosto glavni vir visokih vrednosti flikerja pri končnih odjemalcih. V članku je opisana analiza dveh metodi za simulacijo širjenja flikerja v zaznkanem visokonapetostnem omrežju, kjer so simulirane ravni flikerja primerjane z ravnmi, ki so bile izmerjene v omrežju. Primerjava simuliranih in izmerjenih vrednosti flikerja je bila narejena za dve različni konfiguraciji omrežja, kar omogoča podroben vpogled v naravo širjenja flikerja v elektroenergetskem omrežju.
			Voltage fluctuations in transmission networks caused by the operations of large consumers, for example, electric arc furnaces, are often the primary sources of high levels of flicker at the end-users. This article compares two methods for simulating the flicker propagation in a meshed high voltage

		ANG	network by comparing simulated levels of flicker with levels obtained from field measurements. The comparison of the simulated and measured flicker values was extended to include two different network schemes and provides a further insight into the nature of flicker propagation in power networks.
	Objavljeno v		MAKSIČ, Miloš, PAPIČ, Igor. The calculation of flicker propagation in part of the Slovenian transmission network. Electr. power energy syst., Nov. 2010, vol. 32, no. 9, str. 1037-1048, ilustr.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		7834196
4.	Naslov	SLO	Ocena delovanja časovno optimalnega tokovnega regulatorja za napetostni pretvornik in primerjava s histereznim regulatorjem
		ANG	Performance evaluation of a time-optimal current controller for a voltage-source converter and comparison with a hysteresis controller
	Opis	SLO	V članku je predstavljen časovno optimalen tokovni regulacijski algoritem (TOCC) za napetostni pretvornik, ki uporablja modulacijo s prostorskim vektorjem. Dinamični odziv predlaganega regulatorja smo primerjali z nelinearnim histereznim regulatorjem, ki je znan po dobrih dinamičnih lastnostih. S simulacijami v programu PSCAD smo pri obeh algoritmihi opazovali odziv na skočno spremembo referenčne vrednosti. Rezultati kažejo, da ima razviti TOCC algoritem kljub digitalni izvedbi in konstantni frekvenci proženja v večini primerov hitrejši prehodni odziv od histereznega regulatorja.
		ANG	This paper proposes a time-optimal current control (TOCC) algorithm for a space vector modulation (SVM) based voltage source converter. The dynamics of the proposed controller are compared with a non-linear hysteresis controller known for its good dynamic performance. For the two algorithms the response to a reference step change is observed using PSCAD simulations. Results show that despite its digital implementation and constant switching frequency, the TOCC algorithm in most cases provides faster transient responses than the hysteresis controller.
	Objavljeno v		BOŽIČEK, Ambrož, BLAŽIČ, Boštjan, PAPIČ, Igor. Performance evaluation of a time-optimal current controller for a voltage-source converter and comparison with a hysteresis controller. IEEE trans. power deliv.. [Print ed.], 2011, vol. , no. , str. 1-10, ilustr. http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=5688212&tag=1 , doi: 10.1109/TPWRD.2010.2096435.
	Tipologija		1.01 Izvirni znanstveni članek
	COBISS.SI-ID		8165460
	5.	Naslov	SLO
ANG			Flexible AC transmission systems
Opis		SLO	V poglavju Fleksibilni prenosni sistemi v mednarodni monografski publikaciji »The industrial electronics handbook, Power electronics and motor drives« so opisane značilne kompenzacijske naprave fleksibilnega prenosnega sistema (FACTS). Poleg opisa osnovnih polprevodniških elementov so predstavljene serijske in paralelne vezave ter načini modeliranja naprav FACTS. Sledi opis uporabe naprav v elektroenergetskem sistemu, dimenzioniranje in ocena stroškov.
		ANG	Characteristic compensation FACTS devices are described in the chapter Flexible AC transmission systems in the international monographic publication »The industrial electronics handbook, Power electronics and motor drives«. In addition to the description of basic semiconductor elements, series and parallel connections and modeling of FACTS devices are presented, followed by the application of FACTS devices in a power system, their rating and cost assessment.
Objavljeno v			MILANOVIĆ, Jovica V., PAPIČ, Igor, ALABDULJABBAR, Ayman A., ZHANG, Yan. Flexible AC transmission systems. V: WILAMOWSKI, Bogdan M. (ur.), IRWIN, J. David (ur.). The industrial electronics handbook, Power electronics and motor drives. 2nd ed. Boca Raton; London; New York: CRC, cop. 2011, str. 1-29, ilustr.
Tipologija			1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji
COBISS.SI-ID			8290132

7. Najpomembnejši družbeno-ekonomsko relevantni rezultati projektne skupine⁶

Družbeno-ekonomsko relevantni rezultat			
1.	Naslov	SLO	Uporaba sodobnih kompenzacijskih naprav v razdelilnih omrežjih
		ANG	Use of modern compensation devices in distribution networks
	Opis	SLO	V študiji je podan pregled sodobnih kompenzacijskih naprav v razdelilnem omrežju. Z ustrezno strategijo vodenja in regulacijskim algoritmom te naprave omogočajo fleksibilno kompenzacijo jalove energije, harmonikov, nesimetrij ter napetostnih nihanj v razdelilnem omrežju. Namen študije je bil prikazati na primeru značilnega razdelilnega omrežja v Sloveniji učinkovitost teh naprav pri reševanju težav, povezanih s kakovostjo električne energije.
		ANG	An overview of modern compensation devices for a distribution network is presented in the study. With a proper control strategy and regulation algorithm, these devices enable flexible compensation of reactive power, harmonics, unbalances and voltage fluctuations in a distribution network. The aim of the study was to illustrate the effectiveness of these devices in tackling power quality issues in a characteristic distribution network in Slovenia.
	Šifra		F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v		PAPIČ, Igor, ŽUNKO, Peter, BLAŽIČ, Boštjan. Uporaba sodobnih kompenzacijskih naprav v razdelilnih omrežjih. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za električna omrežja in naprave, 2008. 188 str., ilustr.
	Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija
COBISS.SI-ID		7033940	
2.	Naslov	SLO	Ekonomsko-tehnična primerjalna analiza gradnje nadzemnih vodov in kablovodov
		ANG	Economic and technical comparative analysis of overhead lines and cables
	Opis	SLO	V študiji je predstavljena metodologija za določanje prednostnih investicij v distribucijskem omrežju s tehničnega in ekonomskega vidika. Vsebina je omejena na analizo zamenjav golih nadzemnih vodov s kablovodi. Glavni razlogi takšnih rekonstrukcij so predvsem večja pričakovana zanesljivost in kakovost dobave električne energije. S pomočjo analize zanesljivosti omrežja lahko določimo prioritete lokacije za izvedbo rekonstrukcij. Študija je pomembna za pravilno razumevanje vpliva povečanega deleža kabskega omrežja na obratovanje kompenzacijskih naprav.
		ANG	The study presents a method for estimating the priority of new investments in distribution networks from a technical and economic standpoint. The analysis focuses on overhead line-to-cable reconstructions which are due to the expected enhanced reliability and quality of electricity supply. According to the systematic analysis of network reliability, reconstruction locations where the reliability objectives can be achieved are recommended. The study is important for proper understanding of the influence of an increased share of cable network on operation of compensation devices.
	Šifra		F.17 Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso
	Objavljeno v		PAPIČ, Igor, BOŽIČEK, Ambrož, OMAHEN, Gregor. Ekonomsko-tehnična primerjalna analiza gradnje nadzemnih vodov in kablovodov. Ljubljana: Fakulteta za elektrotehniko, 2009. 118 f., ilustr.
	Tipologija		2.13 Elaborat, predštudija, študija
COBISS.SI-ID		6909780	
3.	Naslov	SLO	Določanje odgovornosti za harmonsko popačenje z referenčnimi impedancami
		ANG	Determination of harmonic contributions using reference impedances
			V disertaciji Tomaža Pfajfarja je predstavljena metoda za določanje prispevkov k harmonskemu popačenju v točki priključitve porabnika na omrežje. Predlagani pristop temelji na metodi tokovnih harmonskih vektorjev z uporabo referenčnih impedanc. Predstavljena metoda omogoča izračun harmonskih prispevkov brez poznavanja dejanskih impedanc na porabniški

	Opis	SLO	strani. Prav tako omogoča boljšo oceno harmonskih prispevkov dobavitelja in porabnika v resonančnih pogojih. Metoda je preizkušena z računalniško simulacijo in obsežnimi meritvami v realnem omrežju. Mentor je prof. dr. Igor Papič.
		ANG	A method for managing the responsibility for harmonic distortion at the point of common coupling between a customer and a utility is presented in the dissertation of Tomaž Pfajfar. The proposed approach is based on the harmonic current vector method and uses reference impedances. The method enables harmonic contribution determination when the actual harmonic customer impedances are not known. It also improves the evaluation of harmonic distortion in resonance conditions. The method is verified by means of computer simulation and field measurements. The supervisor is prof. dr. Igor Papič.
	Šifra	D.09 Mentorstvo doktorandom	
	Objavljeno v	PFAJFAR, Tomaž. Določanje odgovornosti za harmonsko popačenje z referenčnimi impedancami: doktorsko delo. Ljubljana: [T. Pfajfar], 2009. II, 127 str., ilustr.	
	Tipologija	2.08 Doktorska disertacija	
	COBISS.SI-ID	6994260	
4.	Naslov	SLO	Regulacija napetosti v distribucijskih omrežjih z razpršenimi viri – analiza primera
		ANG	Voltage control in networks with distributed generation - a case study
	Opis	SLO	V članku je obravnavana tematika vpliva razpršenih virov (RV) na napetostni profil v distribucijskih omrežjih. Opisane so tri napredne možnosti za regulacijo napetosti v takih omrežjih, ki omogočajo vključevanje visokega deleža RV. Učinkovitost posameznih pristopov k regulaciji napetosti je ovrednotena s pomočjo simulacij v simulacijskem programu DIgSILENT. Obravnavano je bilo dejansko omrežje v Sloveniji, kjer je priključeno večje število malih hidroelektrarn.
		ANG	The paper analyzes the influence of distributed energy resources (DER) on distribution network voltage profile. A general description of the impact of DER on voltage profile is given and three advanced voltage control techniques are discussed. The aim was to maximize and facilitate DER integration. The influence of DER on voltage profile and the effectiveness of the investigated solutions were evaluated by means of simulation in DIgSILENT. The simulated network was an actual distribution network in Slovenia with a relatively high penetration of distributed generation.
	Šifra	B.03 Referat na mednarodni znanstveni konferenci	
	Objavljeno v	BLAŽIČ, Boštjan, PFAJFAR, Tomaž, PAPIČ, Igor. Voltage control in networks with distributed generation - a case study. V: 1st IEEE-PES/IAS Conference on Sustainable Alternative Energy (SAE 2009), September 28-30, 2009, Valencia, Spain. Valencia: Universidad Politecnica, 2009, str. 1-6, ilustr.	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
	COBISS.SI-ID	7305044	
5.	Naslov	SLO	Optimalno vodenje kompenzatorjev jalove energije v industrijskih omrežjih
		ANG	Optimal control of reactive power compensators in industrial networks
	Opis	SLO	Zaradi velikega števila kompenzatorjev jalove energije na različnih napetostnih nivojih v značilnem industrijskem omrežju imamo veliko možnih kombinacij nastavitve, mnoge izmen njih niso vedno primerne glede ojačitve prisotnih harmonikov v omrežju. V članku je predstavljen koncept virtualnega kompenzatorja, ki rešuje omenjeno problematiko kompenzacije jalove energije v industrijskih omrežjih. Učinkovitost predlaganega algoritma je prikazana na modelu realnega industrijskega omrežja s pomočjo simulacije.
		ANG	Due to the presence of large number of reactive power compensators at different voltage levels in a typical industrial network, many combinations of the settings of compensators are possible, all of which are not appropriate in terms of harmonic conditions in the network. In this paper a concept of virtual compensator is proposed, addressing the above issues of reactive power compensation in industrial networks. The effectiveness of the proposed algorithm is demonstrated on the realistic industrial network model

		by means of simulation.
Šifra	B.03	Referat na mednarodni znanstveni konferenci
Objavljeno v	HERMAN, Leopold, PAPIČ, Igor. Optimal control of reactive power compensators in industrial networks. V: ICHQP 2010 : conference proceedings. [Piscataway]: IEEE, cop. 2010, str. 1-6, ilustr.	
Tipologija	1.08	Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci
COBISS.SI-ID	7967060	

8. Drugi pomembni rezultati projektne skupine⁸

1.	Naslov: Vodenje laboratorija (D.07). Opis: Prof. dr. Igor Papič je predstojnik Laboratorija za električna omrežja in naprave na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani; v zadnjih letih je odgovorni nosilec študij in aplikativnih projektov v skupni pogodbeni vrednosti prek 1.000.000 €. Učinek aplikativnih rezultatov: G.02.05 razširitev področja dejavnosti.
2.	Naslov: Mentorstvo mladim raziskovalcem (D.09). Opis: Prof. dr. Igor Papič je bil mentor mladima raziskovalcema Boštjanu Blažiču in Tomažu Pfajfarju, ki sta uspešno zaključil izobraževanje z doktoratom znanosti. Prof. Papič je trenutno mentor mladim raziskovalcem Ambrožu Božičku, Leopoldu Hermanu in Matjažu Bobnarju, bil je mentor ali somentor še 7 študentom na zaključenem podiplomskem magistrskem študiju. Leta 2005 je prof. Papič na podiplomskem študiju vpeljal nov predmet Kakovost električne energije, leta 2009 pa Aktivna distribucijska omrežja. Učinek aplikativnih rezultatov: G.01.02 razvoj podiplomskega izobraževanja.
3.	Naslov: Ustanovitev odcepljenega podjetja 2e, rešitve za aktivna elektroenergetska omrežja, d.o.o. (F.20). Opis: V letu 2009 je prof. dr. Igor Papič s partnerji ustanovil podjetje 2e, rešitve za aktivna elektroenergetska omrežja, d.o.o., ki je odcepljeno podjetje Laboratorija za električna omrežja in naprave na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Glavna dejavnost podjetja je inženiring ter razvoj pasivnih, hibridnih in aktivnih kompenzatorjev. Učinek aplikativnih rezultatov: G.02.01 razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu.

9. Pomen raziskovalnih rezultatov projektne skupine⁹

9.1. Pomen za razvoj znanosti¹⁰

SLO

• razvoj novih regulacijskih algoritmov za vodenje pasivnih in aktivnih kompenzatorjev • izdelava detajlnih simulacijskih modelov pasivnih in aktivnih kompenzatorjev • napredne metode zajemanja in obdelave vhodnih veličin in sprotno prilagajanje kompenzatorja razmeram v omrežju • izdelava prototipa pasivnega kompenzatorja jalove energije z analizatorjem kakovosti električne energije • izdelava prototipa osnovnega modula napetostnega pretvornika • prilagoditev osnovnega modula napetostnega pretvornika za različne aplikacije

ANG

• development of new control algorithms for passive and active compensator control • development of detailed simulation models of passive and active compensators • advanced methods for data acquisition and processing, dynamic compensator adaptation to network conditions • design of a passive reactive power compensator prototype with embedded power quality analysis • design of a basic voltage source converter prototype • adaptation of the basic voltage source converter for different applications
--

9.2. Pomen za razvoj Slovenije¹¹

SLO

--

Neposredni pomen projekta za gospodarstvo in družbo:

- prenos znanja v prakso,
- ustanovitev odcepljenih podjetij,
- vpeljava novih proizvodov,
- večja konkurenčnost na tujih trgih,
- nova delovna mesta,
- razpoložljivost kompenzacijskih naprav, ki so prilagojene potrebam slovenskih razdelilnih omrežij.

Posredni pomen projekta za družbo:

- izobraževanje novih kadrov,
- možnost vključevanja v evropske in druge mednarodne projekte,
- dvig ugleda države, ki obvladuje tehnologijo proizvodnje sodobnih kompenzacijskih naprav,
- vpliv na znižanje cen sodobnih kompenzacijskih naprav s povečevanjem konkurenčnosti na trgu.

ANG

Direct impact of the project for Slovenian economy and society:

- transfer of knowledge into practice,
- establishment of spin-off companies,
- introduction of new products,
- more competitive position on foreign markets,
- new jobs,
- availability of compensation devices tailored to the needs of Slovenian distribution networks.

Indirect impact of the project for society:

- training of new staff,
- possibility of participation in European and other international projects,
- enhanced national image resulting from high-tech production of advanced compensation devices,
- lower prices of advanced compensators due to market competition.

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	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.02	Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.03	Večja usposobljenost raziskovalno-razvojnega osebja	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.04	Dvig tehnološke ravni	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih

F.05	Sposobnost za začetek novega tehnološkega razvoja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.06	Razvoj novega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.07	Izboljšanje obstoječega izdelka	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.08	Razvoj in izdelava prototipa	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen bo v naslednjih 3 letih
	Uporaba rezultatov	Uporabljen bo v naslednjih 3 letih
F.09	Razvoj novega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.10	Izboljšanje obstoječega tehnološkega procesa oz. tehnologije	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.11	Razvoj nove storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.12	Izboljšanje obstoječe storitve	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.13	Razvoj novih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.14	Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE

	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.15	Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.16	Izboljšanje obstoječega informacijskega sistema/podatkovnih baz	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.17	Prenos obstoječih tehnologij, znanj, metod in postopkov v prakso	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.18	Posredovanje novih znanj neposrednim uporabnikom (seminarji, forumi, konference)	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.19	Znanje, ki vodi k ustanovitvi novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.20	Ustanovitev novega podjetja ("spin off")	
	Zastavljen cilj	☒ DA ☐ NE
	Rezultat	Dosežen
	Uporaba rezultatov	V celoti
F.21	Razvoj novih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.22	Izboljšanje obstoječih zdravstvenih/diagnostičnih metod/postopkov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.23	Razvoj novih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	

	Uporaba rezultatov	
F.24	Izboljšanje obstoječih sistemskih, normativnih, programskih in metodoloških rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.25	Razvoj novih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.26	Izboljšanje obstoječih organizacijskih in upravljavskih rešitev	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.27	Prispevek k ohranjanju/varovanje naravne in kulturne dediščine	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.28	Priprava/organizacija razstave	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.29	Prispevek k razvoju nacionalne kulturne identitete	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.30	Strokovna ocena stanja	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.31	Razvoj standardov	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.32	Mednarodni patent	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.33	Patent v Sloveniji	

	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.34	Svetovalna dejavnost	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	
F.35	Drugo	
	Zastavljen cilj	☐ DA ☒ NE
	Rezultat	
	Uporaba rezultatov	

Komentar

Doseženi rezultati projekta so zelo pomembni za sofinancerja Iskro MIS, ki je bila kot proizvajalec močnostni kondenzatorjev, ki so osnovnih element pasivnih kompenzatorjev, zainteresirana za razvoj tudi celotnih pasivnih kompenzacijskih naprav. Že v času izvajanja projekta so člani projektne skupine sodelovali pri ustanovitvi spin-off podjetja, katerega glavna dejavnost je nadaljnji razvoj aktivnih kompenzacijskih naprav.

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	☐	☐	☒	☐	
G.01.02.	Razvoj podiplomskega izobraževanja	☐	☐	☐	☒	
G.01.03.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	
G.02	Gospodarski razvoj					
G.02.01	Razširitev ponudbe novih izdelkov/storitev na trgu	☐	☐	☐	☒	
G.02.02.	Širitev obstoječih trgov	☐	☐	☐	☒	
G.02.03.	Znižanje stroškov proizvodnje	☐	☒	☐	☐	
G.02.04.	Zmanjšanje porabe materialov in energije	☐	☒	☐	☐	
G.02.05.	Razširitev področja dejavnosti	☐	☐	☐	☒	
G.02.06.	Večja konkurenčna sposobnost	☐	☐	☐	☒	
G.02.07.	Večji delež izvoza	☐	☐	☐	☒	
G.02.08.	Povečanje dobička	☐	☐	☐	☒	
G.02.09.	Nova delovna mesta	☐	☐	☐	☒	
G.02.10.	Dvig izobrazbene strukture zaposlenih	☐	☐	☒	☐	
G.02.11.	Nov investicijski zagon	☐	☐	☒	☐	
G.02.12.	Drugo:	☐	☐	☐	☐	

G.03	Tehnološki razvoj					
G.03.01.	Tehnološka razširitev/posodobitev dejavnosti					
G.03.02.	Tehnološko prestrukturiranje dejavnosti					
G.03.03.	Uvajanje novih tehnologij					
G.03.04.	Drugo:					
G.04	Družbeni razvoj					
G.04.01	Dvig kvalitete življenja					
G.04.02.	Izboljšanje vodenja in upravljanja					
G.04.03.	Izboljšanje delovanja administracije in javne uprave					
G.04.04.	Razvoj socialnih dejavnosti					
G.04.05.	Razvoj civilne družbe					
G.04.06.	Drugo:					
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					
G.07.02.	Prometna infrastruktura					
G.07.03.	Energetska infrastruktura					
G.07.04.	Drugo:					
G.08.	Varovanje zdravja in razvoj zdravstvenega varstva					
G.09.	Drugo:					

Komentar

Doseženi raziskovalni rezultati predstavljajo razširitev ponudbe novih izdelkov na trgu in večjo konkurenčno sposobnost slovenske industrije. Predstavljajo pomembno tehnološko posodobitev na področju energetske infrastrukture.

12. Pomen raziskovanja za sofinancerje, navedene v 2. točki [12](#)

1.	Sofinancer	Iskra, merilni instrumenti in stikala, d.d.		
	Vrednost sofinanciranja za celotno obdobje trajanja projekta je znašala:		54.514,00	EUR
	Odstotek od utemeljenih stroškov projekta:		25,00	%
	Najpomembnejši rezultati raziskovanja za sofinancerja			Šifra
	1.	Pridobitev novih znanj na podlagi rezultatov raziskave vpliva harmonskih popačenj na delovanje kompenzacijskih sistemov	F.01	
	2.	Na podlagi raziskovalnih rezultatov je bilo pridobljeno znanje uporabljeno pri razvoju prototipa kompenzacijskega krmilnika nove generacije	F.08	

	3.	Vpeljava nove družine izdelkov v proizvodni/podajni program podjetja	F.06
	4.	Prednost pred obstoječimi proizvodi konkurenčnih podjetij	F.07
	5.	Zapolnitev manjkajočega člena/proizvoda pri ponudbi celovite rešitve	F.07
	Komentar	Doseženi rezultati projekta so zelo pomembni za sofinancerja, ki je kot proizvajalec močnostni kondenzatorjev zainteresiran za razvoj celostnih sistemskih rešitev kompenzacije.	
	Ocena	Področje razvoja naprednih kompenzacijskih naprav se z uvajanjem koncepta pametnih omrežij in pojavom večjega števila obnovljivih virov vse bolj širi. Za ponudbo novih izdelkov za to področje so bila potrebna nova znanja, ki jih v podjetju sofinancerja pred projektom ni bilo. Prva korist projekta za podjetje sofinancerja so bila teoretična spoznanja o potrebah in zahtevah po aplikacijah, ki so predmet raziskovalnega projekta. Pri tem je prišlo do neposrednega prenosa znanja iz akademskega okolja (Fakulteta za elektrotehniko, UL) v industrijo. Na podlagi izvajanja meritev in študije delovanja obstoječih kompenzacijskih naprav v realnem industrijskem okolju so bile izdelani modeli, simulacije delovanje in na podlagi ugotovitev pripravljene zahteve za izvedbo novih naprav. Končni rezultat je bil izdelan prototip naprednega kompenzacijskega krmilnika lastne proizvodnje, ki bo zapolnil edini manjkajoči člen pri celoviti sistemski rešitvi podjetja. Poleg priprave prototipa so bili rezultati projekta nova spoznanja, ki bodo v naslednjih letih vodila k razvoju novih izdelkov v smeri tematike raziskovalnega projekta, kar bo omogočilo dodatno zaposlitev visoko usposobljenih kadrov v razvojnem oddelku podjetja sofinancerja ter razširitev obstoječe ponudbe prodajnega programa.	
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:

Igor Papič	in	
podpis vodje raziskovalnega projekta		zastopnik oz. pooblaščen oseba RO

Kraj in datum:

Ljubljana

20.4.2011

Oznaka poročila: ARRS-RPROJ-ZP-2011-1/134

¹ Zaradi spremembe klasifikacije družbeno ekonomskih ciljev je potrebno v poročilu opredeliti družbeno ekonomski cilj po novi klasifikaciji. [Nazaj](#)

² Samo za aplikativne projekte. [Nazaj](#)

³ 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](#)

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

⁵ V primeru bistvenih odstopanj in sprememb od predvidenega programa raziskovalnega projekta, kot je bil zapisan v predlogu raziskovalnega projekta oziroma v primeru sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave projektne skupine v zadnjem letu izvajanja projekta (obrazložitev). V primeru, da sprememb ni bilo, to navedite. Največ 6.000 znakov vključno s presledki (približno ena stran, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

⁶ 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](#)

⁷ 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](#)

⁸ 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](#)

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

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

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

¹² Rubrike izpolnite/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/2011-1 v1.01

76-BA-F4-36-C2-98-4B-CD-81-01-2C-B1-B4-B1-93-1A-60-43-89-8D