

Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2016/3



## ZAKLJUČNO POROČILO O REZULTATIH RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

(za obdobje 1. 1. 2013 - 31. 12. 2015)

### A. PODATKI O RAZISKOVALNEM PROGRAMU

#### 1. Osnovni podatki o raziskovalnem programu

<b>Šifra programa</b>	P2-0356
<b>Naslov programa</b>	Elektroenergetski sistemi Power systems
<b>Vodja programa</b>	6168 Rafael Mihalič
<b>Obseg raziskovalnih ur (vključno s povečanjem financiranja v letu 2015)</b>	7309
<b>Cenovni razred</b>	
<b>Trajanje programa</b>	01.2013 - 12.2015
<b>Izvajalci raziskovalnega programa (javne raziskovalne organizacije - JRO in/ali RO s koncesijo)</b>	1538 Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko
<b>Raziskovalno področje po šifrantu ARRS</b>	2 TEHNIKA 2.03 Energetika 2.03.05 Sistemske raziskave
<b>Družbeno-ekonomski cilj</b>	
<b>Raziskovalno področje po šifrantu FOS</b>	2 Tehniške in tehnološke vede 2.02 Elektrotehnika, elektronika in informacijski inženiring

### B. REZULTATI IN DOSEŽKI RAZISKOVALNEGA PROGRAMA

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

SLO

Osnovni cilj programske skupine je razvoj metod analize in razvoja EES prihodnosti s ciljem čim zanesljivejše oskrbe z električno energijo. Njeni dosežki v preteklem obdobju, ki presegajo začetna pričakovanja, potrjujejo ustreznost zastavljene

usmeritve in, kar je morda še važneje, dokazujejo aktualnost problematike in željo neposrednih uporabnikov po tovrstnih rešitvah.

V okviru raziskovalnega programa smo težišče dela posvetili naslednjim področjem.

### **SKLOP 1: Sistemske raziskave v elektroenergetiki**

- **Razvoj metod za hitro določanje meja stabilnosti EES.** Narejen je bil velik korak naprej k t. i. »svetemu gralu« sistemskih operaterjev t. j. aplikaciji za sprotno določanje meja stabilnosti.
- **On-line ocena stanja EES in stopnje ogroženosti na podlagi WAMS sistema.** Gre za razvoj metode za oceno ogroženosti EES v realnem času.
- **Določanje parametrov naprav FACTS na podlagi maksimiranja stabilnostnega roba.** Koncept za problem dinamičnega krmiljenja FACTS naprav za izboljšanje stabilnosti EES.
- **Razvoj metod napovedi v elektroenergetskem sistemu** Razvoj kombinirane, adaptivne metode za napoved proizvodnja OVE, ki veljajo za močno nepredvidljive vire, porabe in izgub v EES.
- **Sodelovanje razpršenih virov pri regulaciji frekvence** Novi algoritmi vodenja razpršenih virov in sheme regulatorjev za vključitev v regulacijo frekvence.

### **SKLOP 2: Pametna omrežja (Smart Grids)**

- **Razvoj tehnološko-poslovnih modelov pametnih omrežij.** Raziskava tehničnih rešitev skupaj z ekonomskimi, regulatornimi in sociološkimi vidiki vpeljave modelov pametnih omrežij.
- **Napredni koncepti regulacije napetosti v pametnih omrežjih.** Razvoj in testiranje naprednejše - centralne regulacije napetosti v distribucijskem omrežju.
- **Razvoj sodobnih kompenzacijskih naprav za pametna omrežja.** Razvoj dodatnih algoritmov vodenja kompenzacijskih naprav v distribucijskem in prenosnem omrežju
- **Razvoj metod za ocenjevanje zanesljivosti** Razvoj metod za ocenjevanje zanesljivosti elektroenergetskih sistemov, ki vsebujejo povečano število razpršenih virov energije. Posebna pozornost je bila namenjena obravnavi vzrokov in učinkov odpovedi, ki lahko vplivajo hkrati na več razpršenih virov.

### **SKLOP 3: Racionalna raba energije in energetske strategije**

- **Metoda za oceno učinkovitosti vlaganj v elektroenergetsko omrežje** Razvoj nove metode za oceno ekonomičnega in učinkovitega vlaganja v distribucijsko EEO.
- **Racionalna raba električne energije v lokalnih skupnostih.** Izdelana je bila ocena tipične porabe energije v lokalni skupnosti. Za posamezne segmente (javne stavbe, javna razsvetljava, gospodinjstva ...) bo izdelan model za izračun porabe in možnih prihrankov z uporabo obnovljivih virov energije v povezavi z inteligentnimi inštalacijami in inteligentnimi omrežji.
- **Vpliv aktivnega odjema na trgu z elektriko.** Razvoj adaptivnega agentnega modela odjemalca, oblikovanje novega učnega algoritma in kriterija za njegovo optimalno nastopanje na trgu.
- **Razvoj novih modelov in metod obvladovanja tveganj pri trgovanju z električno energijo.**

ANG

The main aim of the research programme is the development of the methods for analysis and development of the electric power system (EPS) as to maintain security of electricity supply. The programme success in the past period exceeds expectations and affirms the research direction. The research topics are relevant, applicable in the industry and most of all sought after by the end users.

In the research programme, the main focus will be on the following fields:

#### **AREA 1: System research in power engineering**

- **Development of the methods for quick determination of the EPS stability limits.** A considerable step forward towards s. c. »holy grail« of system operators, i. e. an application for on-line stability limit determination, has been done.
- **On-line state estimation and threat level based on WAMS system.** The developed methods estimate an EPS threat level in real time.
- **Determination of FACTS equipment parameters using the stability edge maximization.** A concept for dynamic control of FACTS equipment for EPS stability enhancement.

- **Forecast method development in electric power systems** Development of a combined adaptive method for uncertain renewable generation, load and electric power system losses.
- **Participation of renewable sources in frequency regulation** New algorithms of renewable sources frequency control and regulation scheme adaptations.

#### **AREA 2: Smart Grids**

- **Development of technology and business models of Smart Grids.** In addition to technical solutions, the economic, regulatory, and sociological aspects of Smart Grids deployment models have been researched.
- **Advanced concepts of voltage control in Smart Grids.** Development and testing of advanced – centralized voltage control in distribution networks was carried out.
- **Development of modern compensation devices for Smart Grids.** The goal of this topic was the development of additional control algorithms for compensation devices in distribution and transmission networks.
- **Development of methods for assessment of reliability** Development of methods for assessment of reliability of power systems, which include an increased number of distributed sources of electrical energy. Special attention was paid to consideration of causes and effects of failures, which can simultaneously affect a larger number of distributed sources.

#### **AREA 3: Rational use of el. energy and Energy Strategies**

- **Assessment method for efficient investment in electric power grid** Development of new assessment methods for efficient investments into distribution grids.
- **Rational use of el. energy in local community.** The typical energy consumption in local community has been determined. The model for calculation of energy use and possible saving due to use of renewable energy sources for different segments (public buildings, street lighting, households ...) has been developed.
- **The influence of active demand on electricity market.** Development of adaptive demand agent model, including a new learning algorithm and a criterion for optimal market strategy.
- **Development of new models and methods of risk management in electricity market.**

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

SLO

Osnovni cilj programske skupine je razvoj metod analize in razvoja EES prihodnosti s ciljem čim zanesljivejše oskrbe z električno energijo. Dejavnost smo razdelili na več sklopov.

#### **SKLOP 1: Sistemske raziskave v elektroenergetiki**

- **razvoja metod za hitro določanje meja stabilnosti EES**

Sprotno določanje meja stabilnosti EES je eden najbolj zaželenih ciljev sistemskih operaterjev. Razvili smo direktno metodo za hitro oceno stabilnosti EES, ki jo je moč izvajati s pomočjo standardnega programa za simulacijo prehodnih pojavov v EES.

Razvili smo koncept t. i. »fast screeninga« EES. Gre za idejo, da trenutno (izmerjeno) stanje EES primerjamo z veliko bazo podatkov obstoječih predhodno analiziranih stanj, ki jo pridobimo na podlagi »off-line« izračunov. Primerjava temelji na na podlagi teorije rudarjenja s podatki (data mining). S pomočjo multidimenzionalnega prostora, katerega koordinate tvorimo iz vhodnih spremenljivk tako, da so med seboj neodvisne, lahko zelo hitro ocenimo kateremu znanemu, že analiziranemu stanju je, glede na kriterij (npr. tranzientno stabilnost sistema), izmerjeno stanje podobno. Na ta način lahko zelo hitro, ne da bi analizirali celoten sistem, določimo kritično območje EES. Na ta način bistveno pospešimo procedure za sprotno oceno stabilnosti sistema.

- **online ocene stanja EES in stopnje ogroženosti na podlagi WAMS sistema.**

On-line ocena stanja EES in stopnje ogroženosti na podlagi WAMS sistema bo omogočala operaterju dostop do ključnih informacij o stanju EES ob/po prehodnem pojavu. **Točka je neposredno povezana s predhodno alinejo.**

- **Določanje parametrov hitrih regulabilnih naprav (FACTS) na podlagi maksimiranja stabilnostnega roba**

Direktno metodo za določanje meja stabilnosti EES smo uporabili pri razvoju strategij za regulacijo nelinearnih sistemov in razvili izvorni pristop za izboljšanje tranzientne stabilnosti in dušenje nihanj z več-parametrično regulacijsko napravo. Vendar to ni skrajni domet metode. Možno jo

je uporabiti tudi za koordiniran odziv več naprav za doseg oz. preprečitev določenega potencialno nevarnega stanja EES. Idejo bo moč realizirati v okviru bilateralnega projekta Slovenije in Hrvaške za uravnavanje trenutno neudreznega napetostnega stanja prenosnega sistema (evropski projekt SYNCHRO-GRID).

- **Sodelovanje razpršenih virov pri regulaciji frekvence**

Razvili smo metodo za sodelovanje vetrnih elektrarn (VE) pri regulaciji frekvence. S tem lahko VE, ki so v preteklosti delovale neplansko, svojo proizvodnjo ustrezno regulirajo s ciljem uravnave odstopanj frekvenc.

- **Razvoj metod napovedi v EES**

Raziskave smo zaključili z izdelavo programskega paketa napovedi za systemskega operaterja Slovenije, ki ga uporablja v Republiškem centru vodenja. Programski paket je zanimiv tudi za evropski trg.

## **SKLOP 2: Pametna omrežja (PO)**

- **Razvoj tehnološko-poslovnih modelov PO**

Za vpeljavo koncepta pametnih omrežij v prakso so nujne tako tehnične rešitve kot tudi razvoj poslovnih modelov, ki podajajo ekonomski vidik vpeljave pametnih omrežij. V okviru projekta KC SURE je bil izdelan 'Program razvoja pametnih omrežij v Sloveniji', kjer so bile predlagane tehnične rešitve, navedeni so bili stroški in ekonomske koristi vpeljave pametnih omrežij. Na osnovi Programa je bil zasnovan tudi predlog za izvedbo demonstracijskih projektov v slovenskih distribucijskih omrežjih ('Nacionalni demonstracijski projekt pametnih omrežij – Operativni Načrt'). V maju 2015 je bila zaključena študija izvedljivosti slovensko-japonskega demonstracijskega projekta 'Pametne skupnosti in pametna omrežja', v drugi polovici leta 2015 so se pričele aktivnosti za izvedbo tega projekta.

- **Napredni koncepti regulacije napetosti v PO**

Razvitih je bilo več konceptov regulacije napetosti v distribucijskih omrežjih, ki omogočajo optimizacijo delovanja in zmanjševanje izgub, razvita je bila metoda izvajanja simulacij delovanja distribucijskega omrežja z velikim deležem razpršenih virov s statističnim pristopom. Del aktivnosti je v letih 2013-2015 potekal v okviru Evropskih projektov MetaPV in AlpStore, ki sta bila zaključena v letu 2015, in Story. V letu 2014 smo uspešno zaključili aplikativni ARRS projekta skupaj s podjetjem Iskratel – 'Razvoj konceptov aktivnega distribucijskega omrežja v odprti storitveni platformi'. V okviru slovensko-japonskega demonstracijskega projekta je predvidena implementacija razvitih algoritmov.

- **Razvoj sodobnih kompenzacijskih naprav za PO**

Razvit je bil koncept virtualnega kompenzatorja jalove moči, ki omogoča koordinacijo večjega števila kompenzatorjev in s tem preprečuje pojav neželenih resonanc v omrežju ter ponuja možnost zmanjševanja izgub. Realizirali smo tudi nov regulator za kompenzacijo jalove moči za napravo SVC, ki omogoča zmanjševanje vrednosti flikerja, in regulator aktivnega filtra za kompenzacijo harmonikov. Pri razvoju regulatorjev smo tesno sodelovali z odcepljenim podjetjem Reinhausen 2e, vsa testiranja so bila izvedena na digitalnem simulatorju v realnem času.

- **Razvoj metod za ocenjevanje zanesljivosti**

Izboljšali smo metodo za analizo odpovedi s skupnim vzrokom. Ta omogoča, da lahko pri eni komponenti kompleksnega sistema upoštevamo več izvornih vzrokov in povezovalnih mehanizmov, zaradi katerih lahko ta komponenta odpove skupaj z množicami drugih komponent. Tega s prejšnjimi metodami ni moč izvesti. Praktična pomembnost tematike se je izkazala ob žledu, ki je leta 2014 povzročil hkratne odpovedi velikega števila elementov.

Z razvojem lastnega računalniškega programa smo razvili metodo za zagotavljanje zanesljive proizvodnje električne energije kar omogoča upoštevanje nestanovitne proizvodnje iz OVE.

Za ocenjevanje zanesljivosti EES smo razvili metodo za določanje zanesljivosti (kazalniki SAIDI in ENS), ki omogoča upoštevanje algoritmov pametnih omrežij in lahko oceni vpliv različnih tehnologij na zanesljivost. Rezultat naloge je programsko orodje za distribucijske operaterje.

Razvili smo metodo za zagotavljanje zanesljivosti EES s pomočjo električnih vozil. Metoda temelji na optimizaciji polnjenja in praznjenja baterij električnih vozil s ciljem minimizacije zanesljivostnih kazalnikov LOLE in EENS. Rezultati raziskav pa služijo kot izhodišče za nadaljnje raziskave na področju vključevanja električnih vozil v EES in sicer določanja optimalnih lokacij polnilnic za električna vozila.

## **SKLOP 3: Racionalna raba energije in energetske strategije**

- **razvoj nove metode za oceno ekonomičnega in učinkovitega vlaganja v distribucijsko EEO,**

Optimizacijske metode za ekonomsko in tehnično učinkovito načrtovanje razvoja distribucijskih omrežij smo nadgradili tako, da lahko upošteva električna vozila in baterijske shranjevalnike energije.

- **Racionalna raba električne energije v lokalnih skupnostih.**

Z namenom ugotoviti porabo energije na nivoju lokalne skupnosti smo razvili modela za izračun porabe in možnih prihrankov energije v stavbah. V prvi fazi smo se osredotočili predvsem na energijo, potrebno za razsvetljavo ter na prihranke, ki jih lahko dosežemo z uporabo dnevne svetlobe. V nadaljevanju smo vključili tudi druge električne porabnike in porabo toplote za ogrevanje. Da bi pridobili ustrezne podatke smo opravili detajlno analizo porabe energije v dveh javnih stavbah (vrtec v Občini Šentjernej in stavba Fakultete za elektrotehniko) ter izdelali pregled porabe energije v enostanovanjskih objektih. Da bi dobili širšo sliko o porabi energije v stavbah smo zbrali podatke o porabi električne in druge energije za tri slovenske občine in sicer za javne stavbe, industrijo in gospodinjstva. Podatke smo analizirali in razvili model za izračun porabe električne in toplotne energije na nivoju stanovanja oz. objekta. Vzporedno smo razvili sistem za sprotno merjenje svetlosti neba, ki zagotavlja podatke za izračun možnih prihrankov električne energije z uporabo dnevne svetlobe. Na področju zunanje razsvetljave stalno zbiramo podatke o porabi energije po slovenskih občinah. Opravili smo več meritev svetlobnega toka in svetlobnega izkoristka različnih svetilk s svetlečimi diodami (LED) slovenskih proizvajalcev in se lotili razvoja svetilke s svetlečimi diodami, ki bi imela optimalen spekter in tako omogočala največji svetlobni izkoristek.

V sklopu doktorske raziskave smo razvili novo metodo za optimizacijo proizvodnih procesov ter simulacijo in dolgoročno načrtovanje proizvodnje v energetsko intenzivnih industrijskih panogah. V ta namen nameravam zasnovati kontekstualni model rabe energije v industriji in podati postopek za prepoznavanje kontekstualnih parametrov rabe energije v energetsko intenzivnih industrijskih panogah. V l. 2015 je bil iz tematike poslan v objavo članek v revijo Energy.

V letu 2015 smo pričeli z novim inovacijskim projektom Obzorje 2020, STORY, ki se ukvarja z integracijo malih sistemov za shranjevanje energije v elektroenergetski sistem na distribucijskem nivoju. V njem bomo razvili in nadgradili modele za simulacijo širokega vpliva malih shranjevalnikov energije na evropskem nivoju.

- **Vpliv aktivnega odjema na trgu z elektriko.**

Med l. 2013-15 smo nadaljevali razvoj agentnega modela, ki povezuje inteligentno vodeno proizvodnjo razpršenih obnovljivih virov električne energije in prilagodljiv odjem na nivoju distribucijskega omrežja v obliko fleksibilnih energetskih produktov, ki jih agregatorji lahko ponudijo na trgih z električno energijo na debelo. Model omogoča analizo in simulacijo prilagajanja odjema cenam na trgu, čemur morajo slediti tudi tržne strategije posameznih udeležencev na trgu. Zasnova agenta sledi večnivojski hierarhični večagentni strukturi, pri čemer komunicira s podrejenimi agenti. Ti izpolnjujejo lokalne naloge in zagotavljajo sistemske storitve sistemskemu operaterju distribucijskega omrežja. Raziskave potekajo v povezavi z evropskim projektom INCREASE. Med 9.2015-3.2016 je potekala študijska izmenjava v ZDA na University of California UCLA.

Nadalje smo nadgradili možnosti zagotavljanja rezerv na trgu z električno energijo na debelo s strani prilagodljivih odjemalcev, ki svojo energijo strateško ponujajo na trgu z električno energijo na debelo. Odjemalci bi lahko s pravočasnim zmanjšanjem ali povečanjem svoje porabe uspešno konkurirali proizvajalcem in s tem zmanjšali stroške zagotavljanja rezerv ter povečali zanesljivost obratovanja EES. Članek s tega področja je bil julija 2015 objavljen v mednarodni reviji Electric Power Systems Research.

- **Razvoj novih modelov in metod obvladovanja tveganj pri trgovanju z električno energijo.**

V sklopu doktorske raziskave, razvijamo novo metodologijo za določanje trgovalne strategije na trgu z električno energijo, ki temelji na napovedi premije za tveganje. Predlagana metodologija zajema napovedi temeljnega modela napovedi cen električne energije ter napovedi premije za tveganje. V okviru raziskav je bil septembra 2014 tudi opravljen dvotedenski raziskovalni obisk na NTNU v Oslu, Norveška.

Nadaljnja doktorska raziskava razvija metodologijo za ugotavljanje zlorabe tržne moči na organiziranem trgu z električno energijo. V njenem sklopu se oblikuje tudi definicija nepravilnosti in zlorab na trgu z električno energijo. Iz velikega nabora indikatorjev za nadzor trga iščemo najbolj primerne, ki bi ustrezali potrebam skupnega Evropskega energetskega trga. V l. 2015 se je pričelo sodelovanje z Joint Research Centrom JRC EC.

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

SLO

Program je zastavljen v smislu doseganja nekaterih konkretnih ciljev pri razvoju elektroenergetske strukture Slovenije. Ker gre za kompleksno problematiko smatramo relativno kratko trajanje izvedbe kot glavno oviro pri realizaciji. Z

napredkom smo sicer zelo zadovoljni in kljub omenjenemu smo zastavljene cilje skoraj v celoti izvedli. Se je pa potrebno zavedati, da je ob siceršnjem možnem doseganju parcialnih ciljev sam razvoj EES stalen proces.

### **SKLOP 1: Sistemske raziskave v elektroenergetiki**

Validiran dinamični model EES Slovenije in širše okolice, ter metode, ki omogoča uporabo standardnih programov za uporabo direktnih metod pri oceni stabilnosti EES je temelj za sprotno oceno sigurnosti EES. S tem smo osnovni cilj izpolnili.

Spremljanje in analiza WAMS signalov in teoretična izhodišča za lokalizacijo motnje oz. določitev električne razdalje do "dogodka". So plod intenzivnih raziskav. Nadaljevanje poteka v sodelovanju s sistemskim operaterjem.

Izvirna metoda, ki temelji na maksimiranju evakuacije presežka energije omogoča generalizirano in v Ljapunovem smislu globalno optimalno regulacijo parametrov EES med dinamičnimi pojavi.

Z razvojem metode za regulacijo proizvodnje vetrnih elektrarn smo zaključili, in realizirali zastavljene raziskovalne cilje.

-

### **SKLOP 2: Pametna omrežja (PO)**

Predvidene vsebine so bile v celoti izvedene, zaključili smo študijo izvedljivosti načrtovanega slovensko-japonskega demonstracijskega projekta 'Pametne skupnosti in pametna omrežja', predvideva se izvedba demonstracijskega projekta.

Razviti so algoritmi za regulacijo napetosti v distribucijskih omrežjih z visokim deležem razpršenih virov. Koncepti so se upoštevali pri študiji izvedljivosti 'Pametne skupnosti in pametna omrežja'. V nadaljevanju je predvideno testiranje algoritmov v okviru demonstracijskih projektov.

Algoritme za kompenzacijske naprave smo razvili. Načrtujemo njihov preizkus v prototipni izvedbi kompenzatorja velike moči.

Z razvojem izboljšane metode za ocenjevanje zanesljivosti elektroenergetskih sistemov, smo realizirali zastavljene raziskovalne cilje, kar vključuje zagovor doktorata.

### **SKLOP 3: Racionalna raba energije in energetske strategije**

Pričakujemo, da bodo metode, katere smo izdelali v sklopu načrtovanja razvoja distribucij, postale močno iskane. S tem smo realizirali zastavljene raziskovalne cilje.

Izdelan je model za izračun porabe energije v stavbi, ocenjena poraba energije v občinah po segmentih. Pokazali smo možen prihranek energije za cestno razsvetljavo in možnih prihrankov s pomočjo LED diod.

Metode za optimizacijo proizvodnih procesov ter simulacijo in dolgoročno načrtovanje proizvodnje v energetske intenzivnih industrijskih - ocena realizacije: 80%.

Ocena stopnje realizacije raziskav in razvoja na področjih aktivnega odjema na trgu z elektriko: 90%

Ocena stopnje realizacije raziskav in razvoja na področjih modelov in metod obvladovanja tveganj pri trgovanju z električno energijo: 60%

## **5.Utemeljitev morebitnih sprememb programa raziskovalnega programa oziroma sprememb, povečanja ali zmanjšanja sestave programske skupine v letu 2015<sup>4</sup>**

SLO

Ni bilo vsebinskih sprememb.

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

Znanstveni dosežek			
1.	COBISS ID	10780756	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Proporcionalni-resonančni tokovni regulator hibridnega filtra za selektivno filtriranje harmonikov
		<i>ANG</i>	A proportional-resonant current controller for selective harmonic compensation in a hybrid active power filter
	Opis	<i>SLO</i>	Tema članka je kompenzacija jalove moči in filtriranje harmonikov v srednjenapetostnih industrijskih omrežjih z uporabo hibridnih filtrov. Predlagano topologijo hibridnega filtra sestavlja ustrezna kombinacija trifaznega, dvostopenjski, napetostnega pretvornika, ki je priključen vzporedno s tuljavo enojno-uglašene pasivnega filtra. Ta topologija močno zmanjša potrebne napetostne in tokovne dimenzije elementov aktivnega filtra. V članku predlagamo uporabo proporcionalno-resonančnega regulatorja za vodenje aktivnega dela filtra. Teoretične analize in simulacijski rezultati na modelu realnega industrijskega omrežja v PSCADu so pokazali izvedljivost in učinkovitost predlaganega hibridnega filtra. Poleg tega smo rezultate numeričnih simulacij preverili z izvedbo simulacij na opremi za izvajanje simulacij v realnem času.
		<i>ANG</i>	This paper deals with reactive power compensation and harmonics elimination in medium-voltage industrial networks using a hybrid active power filter. It proposes a hybrid filter as a combination of a three-phase, two-level, voltage-source converter connected in parallel with the inductor of a shunt, single-tuned, passive filter. This topological structure greatly decreases the voltage and current stress over the elements of the active filter. We propose using a proportional-resonant current controller for driving the active part of the filter. Theoretical analyses and simulation results obtained from an actual industrial network model in PSCAD verify the viability and effectiveness of the proposed hybrid filter. In addition, the simulation results are validated by a comparison with the results obtained from a real-time digital simulator.
	Objavljeno v	Institute of Electrical and Electronics Engineers; IEEE transactions on power delivery; 2014; Vol. 29, no. 5; str. 2055-2065; Impact Factor: 1.733; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.481; WoS: IQ; Avtorji / Authors: Herman Leopold, Papič Igor, Blažič Boštjan	
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek	
2.	COBISS ID	10964308	Vir: COBISS.SI
	Naslov	<i>SLO</i>	Vpliv električnih vozil na zanesljivost EES
		<i>ANG</i>	Impact of electric-drive vehicles on power system reliability
	Opis	<i>SLO</i>	Članek obravnava vpliv električnih vozil (EV) na zanesljivost elektroenergetskega sistema (EES). Pri tem smo, s pomočjo direktne optimizacije kazalnikov zanesljivosti EES LOLE (angl. Loss of Load Expectation) in EENS (angl. Expected Energy Not Served), simulirali različne načine polnjenja in praznjenja baterij EV. Na splošno opazimo, da se z večanjem števila EV v sistemu, povečuje tudi skupna poraba električne energije, kar posledično negativno vpliva na zanesljivost EES. Rezultati predstavljeni v članku pa kažejo, da lahko EV ob primerni strategiji polnjenja in praznjenja baterij do neke mere tudi sodelujejo pri zagotavljanju zanesljivosti EES. Nadalje članek obravnava tudi stroške zagotavljanja zanesljivosti EES. Pri tem sta ovrednotena dva načina zagotavljanja zanesljivosti EES in sicer klasičen način z angažiranjem elektrarn in zagotavljanje zanesljivosti EES s pomočjo EV. V članku je predstavljen tudi nov način tehničnega in ekonomskega vrednotenja potencialnih rešitev za zagotavljanje zanesljivosti EES na podlagi njihovega

		učinka in cene.
	ANG	The paper assesses the impact of electric-drive vehicles (EDVs) on power system reliability. For this purpose, it introduces direct optimization of reliability indices LOLE (Loss of Load Expectation) and EENS (Expected Energy Not Served). The analysis is performed by the proposed optimization model applied in different strategies of charging/discharging of EDV batteries. In general, it is observed that numerous EDVs increase the system loading resulting in weakening of the system reliability. However, the paper comes to the conclusion that EDVs could support the system to some extent, depending on the penetration level of EDVs, if an appropriate charging/discharging strategy is applied. Besides this technical question the paper also addresses the costs of the system reserve provision required for the system reliability support. A system operator could engage additional power plants in order to maintain the system reliability or, if this is more cost effective, the support could be provided by EDVs applying the appropriate charging/discharging strategy. The paper proposes a new approach for the techno-economic assessment of possible solutions that are ranked by its price-performance ratio.
	Objavljeno v	Pergamon Press; Energy; 2015; Vol. 83; str. 511-520; Impact Factor: 4.844; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.692; A'': 1; A': 1; WoS: DT, ID; Avtorji / Authors: Božič Dušan, Pantoš Miloš
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
3.	COBISS ID	9897300 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Ovrednotenje meritev s "sky scanner-jem" na podlagi CIE in ISO standarda CIE S 011/2003
		ANG Characterization of sky scanner measurements based on CIE and ISO standard CIE S 011/2003
	Opis	SLO V članku so podani rezultati analize meritev svetlosti neba, ki so osnova za izdelavo letnega modela neba. Model bo omogočil točne izračune prihrankov električne energije za razsvetljavo z uporabo dnevne svetlobe.
		ANG Paper presents the results of characterization of measurement of sky luminance. Results will be used for preparation of an annual sky model. The model will enable accurate calculation of energy savings for lighting by using daylight
	Objavljeno v	Arnold; Lighting research & technology; 2013; Vol. 45, no. 4; str. 504-512; Impact Factor: 1.485; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.121; A': 1; WoS: FA, SY; Avtorji / Authors: Kobav Matej Bernard, Bizjak Grega, Dumortier Dominique
	Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
4.	COBISS ID	11226196 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Agentno modeliranje odjema za zagotavljanje rezerve
		ANG Agent-based modeling of the demand-side system reserve provision
	Opis	SLO Agentni simulatorji se pogosto uporabljajo za analize trga z električno energijo. Večina teh analiz se osredotoča na tržne strategije ponudbe in ne povpraševanja, zato je sodelovanje povpraševanja pri zagotavljanju systemske rezerve manj raziskano. V članku je predstavljen nov način zagotavljanja systemske rezerve s pomočjo stohastične kooptimizacije trgov energije in rezerve. Agent odjemalec uporablja SA-Q-učni algoritem pri učenju količin rezerve ponuditi v sistemu ob različnih časih. Kriterijska funkcija zajema stroške in dobiček. Agent in učni proces sta preizkušena na IEEE Reliability Test System. Izkazalo se je, da se z vključevanjem strategij povpraševanja na trgu s pomočjo agenta lahko izboljša učinkovitost in ekonomski izplen za porabnike.



			Market simulators based on Agent-based Modeling techniques are frequently used for electricity market analyses. However, the majority of such analyses focus on the electricity markets bidding strategies on generation-side rather than on the demand-side. Meanwhile, the behavior of the demand-side in the system reserve provision has been less investigated. This paper presents a novel system reserve provision agent which is incorporated into a stochastic market optimization problem. The agent for the system reserve provision uses the SA-Q-learning algorithm to learn how much system reserve to offer at different times, while seeking to increase the ratio between their economic costs and benefits. The agent and its learning process are described in detail and are tested on the IEEE Reliability test system. It has been shown that incorporating the demand-side market strategies using the proposed agent improves the performance and the economic outcome for the consumers.
		Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Electric power systems research; 2015; Vol. 124; str. 85-91; Impact Factor: 1.749; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.481; WoS: IQ; Avtorji / Authors: Lakić Edin, Artač Gašper, Gubina Andrej
		Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek
5.	COBISS ID	10792788	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Uporaba WAMS sistema za validacijo dinamičnega modela dela elektroenergetskega sistema Evrope
		ANG	Applying a wide-area measurement system to validate the dynamic model of a part of European power system
	Opis	SLO	Na podlagi v preteklosti zbranih podatkov dinamike elektroenergetskega sistema Evrope ob izrednih dogodkih s sistemom WAMS smo validirali dinamični model EES Slovenije in električne okolice. Podani so postopki metode in problemi, ki so povezani s tovrstnimi pristopi. Po avtorjem dostopnih podatkih je to prvič objavljen tovrsten pristop v evropskem sistemu.
		ANG	On the basis of historical WAMS measurements data of dynamic phenomena in power system the dynamic model of slovenian power system (including electrical "vicinity") has been validated. The procedures, methods and problems related to such an approach are described. According to authors information the paper describes such an approach in European system for the first time.
		Objavljeno v	Elsevier Sequoia; Electric power systems research; 2015; Vol. 119; str. 1-10; Impact Factor: 1.749; Srednja vrednost revije / Medium Category Impact Factor: 1.481; WoS: IQ; Avtorji / Authors: Kopše Damijan, Rudež Urban, Mihalič Rafael
		Tipologija	1.01 Izvirni znanstveni članek

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

	Družbeno-ekonomski dosežek		
1.	COBISS ID	276347904	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Načrtovanje elektroenergetskega sistema
		ANG	Power system planning
	Opis	SLO	Knjiga zajema teorijo načrtovanja elektroenergetskih sistemov, primere in opise tipičnih načinov načrtovanja sistemov pod tržnim vplivom.
		ANG	The book presents modern power system planning theory and examples.

	Šifra	D.10 Pedagoško delo	
	Objavljeno v	Založba FE; 2014; VI, 189 str.; Avtorji / Authors: Pantoš Miloš, Božič Dušan	
	Tipologija	2.03 Univerzitetni, visokošolski ali višješolski učbenik z recenzijo	
2.	COBISS ID	10905684	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Zanesljivost zunanjega napajanja NEK
		ANG	Loss of offsite power and power system reliability
	Opis	SLO	Analizirana je zanesljivost zunanjega napajanja jedrske elektrarne Krško, kjer je bil elektroenergetski sistem v zadnjih letih spremenjen z dodatnimi sistemi, ki izboljšujejo njegovo zanesljivost (posodobitve v stikališču, nove povezave, med katerimi je 400 kV daljnovod Beričevo-Krško).
		ANG	Reliability of electric power system in the vicinity of nuclear power plant Krško is evaluated. The evaluation is based on series of improvements, which have been made to the system in the last years including switchyard refurbishment and new power lines, e.g. 400 kV line Beričevo Krško.
	Šifra	F.14 Izboljšanje obstoječih proizvodnih metod in instrumentov oz. proizvodnih procesov	
	Objavljeno v	s. n.]; NUTHOS-10; 2014; Str. 1-8; Avtorji / Authors: Čepin Marko	
	Tipologija	1.08 Objavljeni znanstveni prispevek na konferenci	
3.	COBISS ID	10917460	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Matematično modeliranje in algoritmi vodenja za STATCOM
		ANG	Mathematical modeling and control algorithms of STATCOMs
	Opis	SLO	V poglavju so predstavljeni različni algoritmi vodenja naprave STATCOM. Algoritmi so izpeljani na osnovi matematičnih modelov STATCOMa v $\alpha$ - $\beta$ koordinatnem sistemu in v sinhrono rotirajočem d-q koordinatnem sistemu. V prvem delu poglavja sta oba matematična modela izpeljana iz trifaznega STATCOM modela, s podrobnim opisom matematičnega postopka. V drugem delu so opisani štiri različni algoritmi vodenja: d-q algoritem za simetrične in nesimetrične razmere, časovno optimalna tokovna regulacija in proporcionalni resonančni regulator.
		ANG	In this book chapter, different STATCOM control algorithms are introduced. The algorithms are derived on the basis of STATCOM mathematical models in the $\alpha$ - $\beta$ coordinate system and in the synchronously rotating d-q coordinate system. In the first part of the chapter, both mathematical models are derived from the three-phase STATCOM model, and the mathematical process is described in detail. In the second part, four different control algorithms are described: d-q control algorithm for balanced and unbalanced conditions, time-optimal current-control algorithm and Proportional-Resonant (PR) multi-loop controller.
	Šifra	F.02 Pridobitev novih znanstvenih spoznanj	
	Objavljeno v	Springer; Static compensators (STATCOMs) in power systems; Power systems; 2015; Str. 111-145; A': 1; Avtorji / Authors: Blažič Boštjan, Herman Leopold, Božiček Ambrož, Papič Igor	
	Tipologija	1.16 Samostojni znanstveni sestavek ali poglavje v monografski publikaciji	
4.	COBISS ID	266825984	Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO	Stabilnost in dinamični pojavi v elektroenergetskih sistemih
		ANG	Stability and Dynamic Phenomena in Electric Power Systems
	Opis	SLO	Teorija in praktični primeri analize stabilnosti in prehodnih pojavov v

		elektroenergetskih sistemih
	ANG	Theory and examples regarding stability analysis and transients calculation in electric power systems
	Šifra	D.10 Pedagoško delo
	Objavljeno v	Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRÉ - CIRED; 2013; 261 str.; Avtorji / Authors: Mihalič Rafael
	Tipologija	2.01 Znanstvena monografija
5.	COBISS ID	10502228 Vir: COBISS.SI
	Naslov	SLO Kratkoročna napoved obremenitev daljnovidov in transformatorjev
		ANG Calculation of line and transformer loading
	Opis	SLO V študiji smo izdelali algoritem za sprotni izračun pretokov moči, tokov in obremenitev vodov in transformatorjev (v realnem času), katerega uporablja sistemski operater prenosnega omrežja.
		ANG In this report, an algorithm for real time continuous load flow calculation, current and loading for lines and transformers is described and developed. The algorithm is in use by the Slovenian transmission system operator.
	Šifra	F.15 Razvoj novega informacijskega sistema/podatkovnih baz
	Objavljeno v	Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za elektroenergetske sisteme; 2013; XIV, 56 str.; Avtorji / Authors: Pantoš Miloš, Rejc Matej, Božič Dušan
	Tipologija	2.13 Elaborat, predštudija, študija

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

Zagon novega industrijskega projekta za ACER »Provision of IT consultancy services for the implementation of the Agency's REMIT Information System (ARIS) for the Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER)«, ki vzpostavlja orodje za nadzor trga z električno energijo na debelo, pri katerem smo eden od vodilnih partnerjev in nosilci delovnega sklopa WP6, kjer vodimo področje trgov z električno energijo.

Zagon dveh novih projektov s področja Obzorje 2020:

- BioEnergyTrain (H2020-LCE-2014-2015, CSA)
- STORY (Added value of STORage in distribution sYstems, H2020-LCE-2014-3, IA), kjer vodimo delovni sklop na področju simulacije integracije shranjevalnikov energije v EES.

Članstvo članov programa v komisijah za ocene doktoratov v drugih državah (Francija, Nemčija, Tajska, Makedonija, Hrvaška).

Andrej Ferdo Gubina je na povabilo Evropske komisije sodeloval kot evropski strokovnjak za vključevanje OVE v prenosno elektroenergetsko omrežje na sestanku India-EU Joint Working Group on Renewables v New Delhiju Maja 2015.

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

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

SLO

Analize in načrtovanja EES je zaradi velikih kapitalskih vložkov ob omejitvah civilne družbe in politike izjemno kompleksna in interdisciplinarna naloga. Glede na preteklo delo raziskovalne skupine, njene reference in postavljene prioritete, se bomo v okviru raziskovalnega programa lotili predvsem perečih nerešenih problemov, ki so vitalnega pomena za razvoj in delovanje našega (EES) in so po večini tudi prioriteta raziskovalna tema na tem področju v svetu. V nadaljevanju naštevamo nekatera razvojna področja, na katerih smo dosegli najpomembnejše

prispevke za razvoj znanosti.

- razvoj regulacijskih strategij naprav FACTS;
- povečanje prenosne zmogljivosti EES,
- razvoj sprotne (on-line) ocene ogroženosti EES na podlagi podatkov WAMS,
- razvoj tehnično-poslovnih modelov pametnega distribucijskega omrežja,
- razvoj nove centralne regulacije napetosti v pametnih omrežjih,
- razvoj regulacijskih algoritmov za vodenje sodobnih kompenzacijskih naprav v distribucijskem in prenosnem omrežju,
- razvoj metod za določanje odgovornosti za motnje v elektroenergetskem sistemu in povečanje kakovosti dobavljene električne energije.
- model za izračun energetske bilance stavbe in vpliva različnih tehnologij (npr. uporaba sončne energije) na le-to;
- zanesljivost elektroenergetskih sistemov z vključitvijo razpršenih obnovljivih virov energije,
- upoštevanje skupnih vzrokov in učinkov odpovedi opreme pri ocenjevanju zanesljivosti.
- razvoj stohastičnih metod za napovedovanje proizvodnje in porabe električne energije, izgub v EES ter cen,
- razvoj koncepta regulatorja frekvence za vetrne elektrarne,
- razvoj metodologije in kazalnika za oceno učinkovitosti investicij v EES,
- Razvoj nove metode za modeliranje zagotavljanja rezerv delovne moči pri odjemalcih električne energije.
- Razvoj adaptivnega agentnega modela odjemalca in oblikovanje novega učnega algoritma ter kriterija za njegovo optimalno nastopanje na trgu.
- Razvoj novih modelov in metod obvladovanja tveganj pri trgovanju z električno energijo.

ANG

The analysis and planning of the EPS is a complex and interdisciplinary task due to the capital intensity of the field and the limitations posed by the modern society. Given the past performance of the research programme, the references and the set priorities, the programme will focus on the current and relevant issues that are vital for development and operation of our EPS. The said issues are at the same time of high priority also elsewhere in the world. In this chapter some of the areas, in which the most important scientific contributions have been achieved, are listed.

- development of control strategies for FACTS devices,
- increase of power system transmission capacity,
- development of a real time (on-line) power system exposure assessment on the basis of WAMS data,
- development of technology and business models for distribution Smart Grids,
- development of a new centralized voltage control for Smart Grids,
- development of modern compensation control device regulation algorithms in distribution and transmission networks,
- development of methods for determining the responsibility for disturbances in the network, and methods for improving the quality of supply,
- Model for calculation of energy balance of building and impact of different technologies on it.
- Reliability of power system with distributed and renewable sources of electrical energy,
- Consideration of common causes and effects of equipment failures within reliability assessment.
- development of stochastic methods for electric load, generation, power losses, electricity price forecasts
- development of renewable source (wind) frequency regulation,
- development of new methods to estimate investments in electric power systems
- Development of new method for modelling of active reserve provision by the demand-side.
- Development of an adaptive demand agent model and a new specific training algorithm to obtain optimal market strategy.
- Development of new models and methods of risk management in electricity market.

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

SLO

Na obravnavanem področju si stojita nasproti dva temeljna družbeno-ekonomska in kulturna cilja slovenske družbe, in sicer zanesljiva oskrba z električno energijo, kot eden temeljev obstoja sodobne družbe in ohranitev kakovostnega naravnega okolja in kulturne dediščine. Iskanje ravnotežja in optimalnih rešitev med tema, v praksi velikokrat nasprutojočim si ciljema, zahteva poglobljena tehnična znanja in znanstvene metode. Zaveze, ki so bile sprejete na ravni EU, in se v družbi neprestano pojavljajo v obliki vzpodbujanja t.i. rabe obnovljivih virov energije, zmanjševanja emisij toplogrednih plinov, spodbujanjem večje energetske učinkovitosti. Uresničevanje vseh teh dejavnikov je neposredno povezano z raziskavami na področju EES.

Največji pomen in vpliv našega dela vidimo na naslednjih razvojnih področjih:

- zvišanje splošne kakovosti življenja.
- zanesljivejše obratovanje slovenskega EES kot celote in posledično večja konkurenčnost gospodarstva, saj bo število izpadov delov elektroenergetskega sistema manjše in njihovo trajanje krajše
- člani programske skupine smo močno vpeti v aktivnosti nacionalne Tehnološke platforme za pametna omrežja, ki ima za glavni cilj razvoj rešitev pametnih omrežij v slovenskih industrijskih podjetjih, kar jim bo omogočilo nastop na globalnem trgu,
- potencial za nastanek industrijske lastnine (patenti),
- vpeljava novih proizvodov in storitev,
- večja konkurenčnost na tujih trgih,
- nova delovna mesta,
- zmanjšana poraba končne in električne energije ter manjši stroški v lokalnih skupnostih;
- večja uporaba obnovljivih virov energije v stavbah;
- boljše izkoriščenje uporabe OVE in sodelovanje pri širšem vključevanju novih tehnologij v omrežje,
- boljše ekonomsko izkoriščanje državnega denarja za investicije v distribucijska omrežja.
- Spremenljiva proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov ter rastoči odjem električne energije povečujejo zahtevane količine rezerv delovne moči. Aktivno odzivanje odjemalcev na trgu in zagotavljanje rezerv s strani odjemalcev postaja zaradi novih tehničnih rešitev in znanstvenih dognanj vse bolj ekonomsko upravičeno, obenem pa povečuje zanesljivost EES.
- Z uvedbo energetskega trga so se na proizvajalce in trgovce prenesla tudi tveganja poslovnega izida. Odločitve na trgu so vedno podvržene tveganjem, zato v preoblikovanih proizvodnih podjetjih, ki delujejo na trgu električne energije, stopajo v ospredje nova znanja, kot so upravljanje elektroenergetskega portfelja in obvladovanje tveganj.
- Člani predlagane programske skupine smo neposredno vpeti v visokošolski študijski proces kot predavatelji oz. asistenti, zato ima raziskovalno delo neposreden vpliv na kakovost pedagoškega procesa in na sodelovanje bodočih strokovnjakov v znanstveno-raziskovalnih dejavnostih.
- Dognanja raziskovalne skupine so tudi osnova za vzpostavitev ustrezne regulative, ki bo omogočala učinkovito izvedbo razvoja elektroenergetike v skladu s sodobnimi smernicami energetskega sektorja (sonaravni razvoj).

ANG

In the examined field, the two key socio-economic and cultural goals of Slovenian society are confronted: secure electricity supply as a cornerstone of the modern society on one hand, and preservation of the natural habitat and cultural heritage on the other. Seeking of the balance between the two often conflicting goals requires sophisticated technical knowledge and scientific methods. Agreements met at the EU level permeate the society in the form of financial stimuli for the renewable energy production, greenhouse gas emission reduction and energy efficiency. The implementation of all these aspects is directly tied to research applied to the EPS. The biggest influence of our work can be expected in the following fields:

- raising the general quality of life,
- enhanced security of operation of the Slovenian EPS and consequently better competitiveness of the national economy, because of the reduced number of outages and their shorter durations,
- program group members are strongly integrated into the activities of the national Smart Grids Technology Platform, which has as its main objective the development of Smart Grid solutions in the Slovenian industrial companies, thus enabling their participation on the global market,

- potential for industrial property (patents),
- introduction of new products and services,
- better competitive position on foreign markets,
- new jobs,
- reduce energy consumption and costs in local communities.
- Increased use of renewable energy sources in buildings.
- improved renewable source usage and participation in widespread implementation of new power engineering technologies into the electric grid,
- efficient and improved economic usage of government funds for electric power network planning
- Uncertain and variable renewable energy supply and growing demand require increasing operating reserve. Active demand benefits the electricity market operation and help balancing the system. With new technological solutions, demand-side reserve provision is becoming economically feasible, enhancing EPS reliability.
- Development of new models and methods of risk management in electricity market. Through introduction of energy markets, new models, the generators and traders face new risks of the uncertain profits. Due to decision making under uncertainty, the deregulated utilities require new knowledge to manage risks, among them portfolio management and risk management.
- Members of proposed research group all work in academic sphere (assistants or professors), therefore the proposed research work does directly and positively influence quality of study.
- Findings, based on research of this group, enable development of corresponding regulation that will enable sustainable development and evolution of EPS according to the modern directives of power sector.

## 10. Zaključena mentorstva članov programske skupine pri vzgoji kadrov v obdobju 1.1.2013-31.12.2015<sup>11</sup>

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

vrsta usposabljanja	število diplom
bolonjski program - I. stopnja	13
bolonjski program - II. stopnja	21
univerzitetni (stari) program	53

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

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	MR	
30684	Andraž Žertek	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Darko Kramar	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
35638	Damjan Konovšek	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Jasmina Bajec Omahen	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
31639	Gašper Artač	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31493	Blaž Kladnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34535	Živa Bricman Rejc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30678	Leopold Herman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32229	Ljubiša Spasojević	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
0	Damjan Kopše	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
0	Jan Kostevc	<input checked="" type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
21671	Primož Hrobat	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input type="checkbox"/>	
34052	Marko Kolenc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Legenda:

**Mag.** - Znanstveni magisterij  
**Dr.** - Doktorat znanosti  
**MR** - mladi raziskovalec

**11. Pretok mladih raziskovalcev – zaposlitev po zaključenem usposabljanju<sup>14</sup>**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Mag.	Dr.	Zaposlitev
31639	Gašper Artač	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
31493	Blaž Kladnik	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	C - Gospodarstvo
34535	Živa Bricman Rejc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
30678	Leopold Herman	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod
32229	Ljubiša Spasojević	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	E - Tujina
34052	Marko Kolenc	<input type="radio"/>	<input checked="" type="radio"/>	D - Javni zavod

Legenda zaposlitev:

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

**12. Vključenost raziskovalcev iz podjetij in gostovanje raziskovalcev, podoktorandov ter študentov iz tujine, daljše od enega meseca, v obdobju 1.1.2013-31.12.2015**

Šifra raziskovalca	Ime in priimek	Sodelovanje v programski skupini	Število mesecev
0	Salah Kamel	D - podoktorand	2

Legenda sodelovanja v programski skupini:

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

**13. Vključevanje v raziskovalne programe Evropske unije in v druge mednarodne raziskovalne in razvojne programe ter drugo mednarodno sodelovanje v obdobju 1.1.2013-31.12.2015<sup>15</sup>**

SLO

APRAISE: Assessment of Policy Interrelationships and Impacts on Sustainability in Europe, FP7ENV2011, Collaborative Project, 1.9.2011 - 31.8.2014, Odgovorna oseba za partnerja UL: A. Gubina

INCREASE: Increasing the penetration of renewable energy sources in the distribution grid by developing control strategies and using ancillary services, Collaborative Project, 1.9.2013 - 31.12.2016, Odgovorna oseba za partnerja UL: A. Gubina

STORY: Added value of STORAge in distribution sYstems, H2020LCE20143, Innovation Action, 1.5.2015 – 30.4.2020, Odgovorna oseba za partnerja UL: A. Gubina

BET: BioEnergyTrain, H2020LCE20142015,  
Coordination & Support Action, 1.6.2015 – 31.5.2019,  
Odgovorna oseba za partnerja UL: A. Gubina

Meta PV Metamorphosis of Power Distribution: System Services from Photovoltaics  
Koordinator I. Papič

AlpStore Strategies and means to use a variety of stationary and mobile storages to allow for  
the integration of intermittent renewable energies  
Koordinator I. Papič

#### **14. Vključenost v projekte za uporabnike, ki so v obdobju trajanja raziskovalnega programa (1.1.2013–31.12.2015) potekali izven financiranja ARRS<sup>16</sup>**

SLO

IT rešitev obvladovanja dinamičnih simulacij EES : 2013. Naročnik ELES [COBISS.SIID 9767252]

Informacijski sistem za prikazovanje rezultatov N-1 analize in izdelovanja poročil

Izračun nesimetrij in ukrepi za njihovo omejevanje na daljnovodu 400 kV Cirkovce Pince : študija št. 2213. Ljubljana: Elektroinštitut Milan Vidmar: Fakulteta za elektrotehniko, Laboratorij za preskrbo z električno energijo; Maribor: Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Laboratorij za energetiko, 2014.

Študija prehodnih pojavov in njihovega vpliva na EES Slovenije : 220/2014 : študija št. 2274. Naročnik ELES.

Vklopni tok transformatorjev 400/110 kV v RTP Krško Naročnik ELES,

Dinamične analize vpliva TA2 na agregate v električni okolici : študija št. 2051. Del. 1, Analiza tranzientne stabilnosti in stabilnosti pri majhnih motnjah. Ljubljana: ELEK: Fakulteta za elektrotehniko, naročnik TE-TO Ljubljana;

Aanaliza svetilk in strokovno mnenje o primernosti s stališča svetlobnih in energetskih lastnosti za več stavb (Arcadia d.o.o.).

Strokovna pomoč več občinam pri pripravi odlokov in izvedbi prenove javne razsvetljave.

Izvedba meritev spektrov različnih svetlobnih virov ter predlog realizacije simulatorja sončne svetlobe za preizkušanje solarnih panelov (Talum d.d.),

Različne svetlobnotehničnih meritve za več kot 15 različnih slovenskih podjetij.

Izobraževanje na področju razsvetljave in fotometričnih meritev (EZS, varnostni inženirji).

Automatic grid investigation tool result processing development and testing : final report. Ljubljana: FE, 2013. 10 str., ilustr. [COBISS.SIID 10500692]

Kratkoročna napoved porabe zemeljskega plina : zaključna študija. Ljubljana: FE, [2013]. III, 5, 2 str., ilustr. [COBISS.SIID 10501204]

Izračun obremenitev daljnovodov in transformatorjev : zaključna študija št. 296/2013. Ljubljana: 2014. XIII, 49 str., ilustr. [COBISS.SIID 10501716]

Napetostne razmere na SN nivoju ZGK Štore. Ljubljana: 2014. 106 str., ilustr. [COBISS.SIID 10692180]



RMAN: Integrirano obvladovanje tveganj pri gospodarjenju s sredstvi prenosnega omrežja, Naročnik: ELES;

Gen Italija: Model dnevnega trga električne energije v Italiji, Naročnik: GENI;

Izdelava analize kazalnikov in podatkovnega modela za nadzor trga EE, Naročnik AGENRS;

Provision of IT consultancy services for the implementation of the Agency's REMIT Information System (ARIS) for the Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER), Naročnik ACER;

Zanesljivost zunanjega napajanja NEK (2014)

Študija ekonomske upravičenosti podaljšanja življenjske dobe elektrarne (2014)

Strokovna ocena občasnega varnostnega pregleda za reaktor TRIGA Mark II (2014)

Izdelava strokovnega mnenja o dveh revidiranih poglavjih varnostnega poročila TRIGA (2014)

Izdelava strokovnega mnenja o programu nadzora staranja reaktorja TRIGA (2015)

Verjetnostne varnostne analize v zaustavitvi elektrarne (2015)

KC SURE – Kompetenčni center, Napredni sistemi učinkovite rabe energije

Analiza ukrepov za zmanjšanje flikerja v prenosnem omrežju Slovenije

Program razvoja pametnih omrežij v Sloveniji

Strateški načrt uvajanja koncepta pametnih omrežij v Sloveniji

Testiranje delovanja konceptov aktivnega omrežja pri različnih sistemskih scenarijih

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

SLO

Metode hkratne regulacije več parametrov v EES so, področje, kjer še vedno ni zadovoljivih rezultatov. Na podlagi inovativne in relativno preproste ideje (slednje je za možnost aplikacije v EES pomembno) je uspelo hkrati določati več parametrov multiparametrične naprave s ciljem maksimiranja dušenja v sistemu. Idejo, je moč neposredno uporabiti v fazi načrtovanja, za sprotno določanje parametrov EES v okviru sistema WAMPAC po treba prilagoditi zajemanje stanj EES. Ideja globalnega in sprotne nadzora regulabilnih parametrov EES je izziv za prihodnost in eno glavnih področij sistemskih raziskav v svetu.

Tehnološko zrelost, ki je že potrjena z uporabo v praksi, smo dosegli pri določanju porabe električne energije za notranjo in zunanjo razsvetlavo. Razviti postopki poleg določitve porabe omogočajo tudi predlaganje izboljšav za zmanjšanje oziroma optimizacijo porabe energije za razsvetlavo.

V sklopu sistemskih raziskav v elektroenergetiki, podsklop "Razvoj metod napovedi v elektroenergetskem sistemu" smo za sistemskega operaterja izdelali program, ki deluje v realnem času in napoveduje obremenitve na vodih. Zaradi večjih ugodnosti, ki tak program sistemskemu operaterju, ocenjujemo, da bi lahko tak program implementirali še pri drugih sistemskih operaterjih. Tu je potrebno opozoriti, da je program že implementiran v praksi, vendar ocenjujemo da je ideja in način napovedi zrel za širitev tudi na druga regulacijska območja.

Dodatno smo začeli z izdelavo specifičnih programskih orodij za ocenjevanje zanesljivosti oskrbe

na distribucijskih omrežjih z upoštevanjem električnih vozil, obnovljivih virov energije in tehnologij pametnih omrežij. Manjši programski paket iz tega področja smo v tujini že uspešno implementirali v prakso.

Rezultate izboljšane metode za zagotavljanje zanesljive proizvodnje električne energije lahko uporabljamo v praksi pri ocenjevanju vpliva povečevanja količine obnovljivih virov v elektroenergetskem sistemu in pri ugotavljanju sprejemljivosti njihovega povečanja ne da bi se zanesljivost elektroenergetskega sistema preveč poslabšala.

Napredni koncepti regulacije napetosti in regulacijski algoritmi za kompenzacijske naprave so razviti do te mere, da je mogoče testiranje v realnih omrežjih v okviru demonstracijskih projektov.

Rezultati raziskav in razvoja na področjih aktivnega odjema na trgu z elektriko so trenutno v pripravi za demonstracijo koncepta v okviru projekta 7.OP INCREASE na štirih lokacijah: v Belgiji, na Nizozemskem, v Avstriji in v Sloveniji (Elektro Gorenjska).

Rezultati raziskav in razvoja na področjih modelov in metod obvladovanja tveganj pri trgovanju z električno energijo so trenutno že v uporabi v podjetjih Gen-I, Elektro Energija in Elektro Gorenjska Energija, saj so modeli, ki smo jih razvili, v dnevni uporabi pri trgovanju z električno energijo.

Moduli za nadzor trgov z energijo so trenutno v implementaciji na evropskem nivoju v ACER-ju.

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

možnost ustanovitve spin-off podjetja	<input type="radio"/> DA <input checked="" type="radio"/> NE
potrebni finančni vložek	EUR
ocena potrebne infrastrukture in opreme <sup>18</sup>	

**17. Izjemni dosežek v letu 2015<sup>19</sup>**

**17.1. Izjemni znanstveni dosežek**

Postopek za prilagajanje pretokov moči na mejnih vodih za sigurnostne analize v EES

Vir: D. Božič, M. Rejc, M. Pantoš, Postopek za prilagajanje pretokov moči na mejnih vodih za sigurnostne analize v elektroenergetskem sistemu : SI 24486 A 2015-03-31. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2015

Gre za izum postopka za prilagajanje pretokov moči na mejnih vodih za sigurnostne analize v EES. Zaradi merilnih napak, napak modelov ter pomanjkljivih informacij o sosednjih regulacijskih območjih prihaja do odstopanj med modelskimi in izmerjenimi pretoki moči v opazovanem regulacijskem območju. Zato za sigurnostne analize moramo modelske vrednosti pretokov za izhodiščno stanje prilagoditi izmerjenim vrednostim. To izvedemo s prilagoditvijo mejnih pretokov. Izvedemo jo posredno z nastavitvijo injekcij moči v tujih vozliščih EES preko optimizacijskega postopka. Izum je uporaben na področju obratovanja in vodenja EES ter sigurnostnih analiz EES.

**17.2. Izjemni družbeno-ekonomski dosežek**

--

**C. IZJAVE**

Podpisani izjavljam/o, da:

- so vsi podatki, ki jih navajamo v poročilu, resnični in točni;
- se strinjamo z obdelavo podatkov v skladu z zakonodajo o varstvu osebnih podatkov za potrebe ocenjevanja in obdelavo teh podatkov za evidence ARRS;
- so vsi podatki v obrazcu v elektronski obliki identični podatkom v obrazcu v papirnati obliki;
- so z vsebino poročila seznanjeni in se strinjajo vsi izvajalci raziskovalnega programa.

#### Podpisi:

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

in

*vodja raziskovalnega programa:*

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za  
elektrotehniko

Rafael Mihalič

#### ŽIG

Datum:

18.3.2016

#### Oznaka poročila: ARRS-RPROG-ZP-2016/3

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

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

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

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

<sup>5</sup> Navedite znanstvene dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Raziskovalni dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'. [Nazaj](#)

<sup>6</sup> Navedite družbeno-ekonomske dosežke (največ pet), ki so nastali v okviru izvajanja raziskovalnega programa. Družbeno-ekonomski dosežek iz obdobja izvajanja programa vpišete tako, da izpolnite COBISS kodo dosežka – sistem nato sam izpolni naslov objave, naziv, IF in srednjo vrednost revije, naziv FOS področja ter podatek, ali je dosežek uvrščen v A'' ali A'.

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

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

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

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

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

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

Upoštevajo se le tiste diplome, magisteriji znanosti in doktorati znanosti (zaključene/i v obdobju 1.1.2013–31.12.2015), pri katerih so kot mentorji sodelovali člani programske skupine. [Nazaj](#)

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

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

<sup>14</sup> Za mlade raziskovalce, ki ste jih navedli v tabeli 11.2. točke (usposabljanje so uspešno zaključili v obdobju od 1.1.2013 do 31.12.2015), izberite oz. označite, kje so se zaposlili po zaključenem usposabljanju. [Nazaj](#)

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

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

<sup>17</sup> Opišite možnosti za uporabo rezultatov v praksi. Opišite izdelke oziroma tehnologijo in potencialne trge oziroma tržne niše, v katere sodijo. Ocenite dodano vrednost izdelkov, katerih osnova je znanje, razvito v okviru programa oziroma dodano vrednost na zaposlenega, če jo je mogoče oceniti (npr. v primerih, ko je rezultat izboljšava obstoječih tehnologij oziroma izdelkov). Največ 3.000 znakov vključno s presledki (približno pol strani, velikosti pisave 11). [Nazaj](#)

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

<sup>19</sup> Navedite en izjemni znanstveni dosežek in/ali en izjemni družbeno-ekonomski dosežek raziskovalnega programa v letu 2015 (največ 1000 znakov, vključno s presledki, velikost pisave 11). Za dosežek pripravite diapozitiv, ki vsebuje sliko ali drugo slikovno gradivo v zvezi z izjemnim dosežkom (velikost pisave najmanj 16, približno pol strani) in opis izjemnega dosežka (velikost pisave 12, približno pol strani). Diapozitiv/-a priložite kot priložitev/-i k temu poročilu. Vzorec diapozitiva je objavljen na spletni strani ARRS <http://www.arrs.gov.si/sl/gradivo/>, predstavitev dosežkov za pretekla leta pa so objavljena na spletni strani <http://www.arrs.gov.si/sl/analize/dosez/>. [Nazaj](#)

Obrazec: ARRS-RPROG-ZP/2016 v1.00

47-CF-87-F3-B4-DE-31-7D-79-FD-F1-4F-DF-0F-36-71-81-33-5B-14

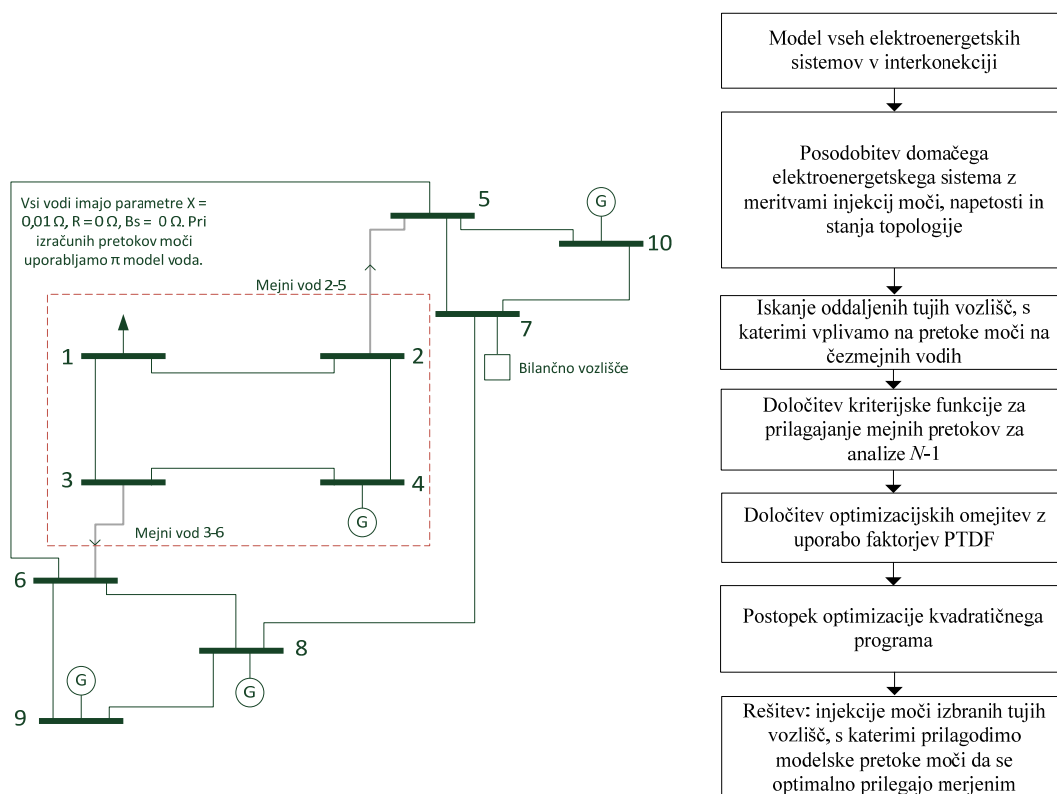
## **Priloga 1**

# TEHNIKA

## Področje: 2.03 - Energetika

### Dosežek 1: Postopek za prilagajanje pretokov moči na mejnih vodih za sigurnostne analize v elektroenergetskem sistemu,

Vir: D. Božič, M. Rejc, M. Pantoš, Postopek za prilagajanje pretokov moči na mejnih vodih za sigurnostne analize v elektroenergetskem sistemu : SI 24486 A 2015-03-31. Ljubljana: Urad RS za intelektualno lastnino, 2015.



Predmet izuma je postopek za prilagajanje pretokov moči na mejnih vodih za sigurnostne analize v elektroenergetskem sistemu. Zaradi merilnih napak, napak modelov ter pomanjkljivih informacij o sosednjih regulacijskih območjih prihaja do odstopanj med modelskimi in izmerjenimi pretoki moči v opazovanem regulacijskem območju. Ker je za sigurnostne analize pomembno da izhodiščno stanje pretokov moči odraža izmerjeno stanje, moramo modelske vrednosti pretokov za izhodiščno stanje prilagoditi izmerjenim vrednostim. Te prilagodimo s pomočjo prilagoditve mejnih pretokov moči, kar je cilj postopka. Ta prilagoditev se izvede posredno preko nastavitve injekcij moči v tujih vozliščih EES. Postopek na podlagi optimizacijskega modela poišče optimalne nastavitve injekcij moči, s katerimi se mejni pretoki za izhodiščno stanje prilagodijo meritvam. Izum je uporaben na področju obratovanja in vodenja EES ter sigurnostnih analiz EES.