

40. Međunarodno Savetovanje
International Conference

ENERGY ENERGETIKA 2025



ZBORNİK APSTRAKATA
BOOK OF ABSTRACTS



14 - 17. april 2025, hotel Zlatibor Resort, Zlatibor

SUORGANIZATORI - CO-ORGANIZERS



**ЕЛЕКТРОПРИВРЕДА
СРБИЈЕ**



Savez energetičara
Association of Energy Sector Specialists

POKROVITELJ - ENDORSEMENT



Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja
i inovacija Republike Srbije

GENERALNI SPONZORI - GENERAL SPONSORS

PROINTER
G R O U P



Life Is On

Schneider
Electric



ZLATNI SPONZORI - GOLDEN SPONSORS



SIEMENS

SIEMENS
energy



VELIKI SPONZORI - GREAT SPONSORS

Solutions for smart
energy management



SPONZOR KONGRESNE TORBE
CONFERENCE BAG SPONSOR



SPONZOR - SPONSOR

SPONZORI UČEŠĆA STUDENATA - STUDENT PARTICIPATION SPONSORS



40. Međunarodno savetovanje ENERGETIKA | International Conference ENERGY **2025**

Zlatibor, 14-17 / 04 / 2025

Izdavač | Publisher:

Savez energetičara

Bulevar kralja Aleksandra 73, 11120 Beograd, Srbija

E-mail: info@savezenergeticara.org | Web: savezenergeticara.online

Glavni i odgovorni urednik | Editor in Chief:

prof. dr Nikola Rajaković

Priprema i tehnička obrada | Prepress:

BBN Congress Management d.o.o.

Deligradska 9, 11000 Beograd, Srbija

Tel: +381 11 3629 405, 3629 402, 2682 318

E-mail: bbn@bbn.co.rs | Web: www.bbn.co.rs

Dizajn korica | Cover design:

Marija Marković

Izrada - Umnožavanje | Production:

BBN Congress Management d.o.o.

Tiraž | Copies:

400

Mesto izdavanja | Place of issue:

Beograd

Godina izdavanja | Year of issue:

2025

doi: [10.46793/86199-06-5.EEE25](https://doi.org/10.46793/86199-06-5.EEE25)

CIP - Каталогизacija у публикацији

Народна библиотека Србије, Београд

621.31(048)(0.034.2)

502.131.1:620.9(048)(0.034.2)

338.4:621.31(048)(0.034.2)

MEĐUNARODNO savetovanje Energetika 2025 (40 ; 2025 ; Zlatibor)

Zbornik apstrakata [Elektronski izvor] / 40. Međunarodno savetovanje Energetika 2025, 14-17. april 2025., Zlatibor = Book of abstracts / 40. International Conference Energy 2025 ; [glavni i odgovorni urednik Nikola Rajaković]. - Beograd : Savez energetičara, 2025 (Beograd : BBN congress management). - 1 USB fleš memorija ; 1 x 2 x 6 cm. - (Energija, ekonomija, ekologija)

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Apstrakti na srp. i engl. jeziku. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Tiraž 400.

ISBN 978-86-86199-06-5

a) Електроенергетика -- Апстракти б) Енергетска политика -- Апстракти в) Енергетски извори -- Одрживи развој -- Апстракти

COBISS.SR-ID 166927881

ORGANIZACIONO-PROGRAMSKO-NAUČNI ODBOR | ORGANIZING-PROGRAM-SCIENTIFIC COMMITTEE

Kopredsednici:

Dušan Živković, Generalni direktor, EPS, Srbija

Prof. dr Nikola Rajaković, Predsednik Saveza energetičara, Srbija

Prof. dr Milun Babić, Predsednik Skupštine Saveza energetičara, Srbija

Sekretarijat:

Prof. dr Dušan Gordić, Glavni i odgovorni urednik časopisa "Energija Ekonomija Ekologija", Srbija

dr Ilija Batas-Bijelić, naučni saradnik, Generalni sekretar Saveza energetičara, Srbija

Sandra Alagić, portparol Saveza energetičara, EDS, Srbija

Doc. dr Tomislav Rajić, urednik sajta Saveza energetičara, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Tanja Krstonjević, direktor Sektora za odnose s javnošću EPS AD

Dr Iva Batić, Zamenik Glavnog i odgovornog urednika časopisa "Energija Ekonomija Ekologija", Srbija

Doc. dr Jelena Stojković Terzić, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Marko Popović, BBN Congress Management, Srbija

Članovi:

Dr Dejan Ostojić, Nadzorni odbor Elektroprivreda Srbije a.d, Srbija

Jelena Matejić, Generalni direktor, EMS, Srbija

Biljana Komnenić, Generalni direktor, EDS, Srbija

Milutin Đukanović, Predsednik Odbora direktora, EPCG, Crna Gora

Luka Petrović, Generalni direktor, ERS, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Jovica Vlatković, Izvršni direktor za razvoj i investicije, ERS, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Dušan Torbica, Predsednik uprave ELNOS Grupe, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Prof. dr Mirjana Kijevčanin, Dekan, Tehnološko – metalurški fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Vladimir Popović, Dekan, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Adriana Sida Manea, *Politehnica-Universitety of Temisoara*, Rumunija

Prof. dr Čedomir Zeljković, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Banjaluci, Republika Srpska, Bosna i Hercegovina

Prof. dr Vladimir Terzija, *Newcastle University*, Velika Britanija

Prof. dr Saša Mujović, Elektrotehnički fakultet Podgorica, Univerzitet Crne Gore

Prof. dr Kledi Xhaxhiu, *Faculty of Natural Sciences, University of Tirana*, Albanija

Prof. dr Mirza Kušljugić, Fakultet elektrotehnike, Univerzitet Tuzla, Bosna i Hercegovina

Prof. dr Neven Duić, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Sveučilište u Zagrebu, Hrvatska

Prof. dr Peter Vrtič, *Faculty of Energy Technology, University of Maribor*, Slovenija

Dr Iñigo Capellán-Pérez, *Research Group on Energy, Economy and System Dynamics - University of Valladolid*, Španija

Dr Nataša Markovska, *Macedonian Academy of Sciences and Arts, Skopje (MANU)*, R. Severna Makedonija

Prof. dr Dejan Ivezić, Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Miloš Banjac, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Mladen Koprivica, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Aleksandar Nešković, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Filip Kulić, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu, Srbija

Prof. dr Ivan Božić, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Aleksandar Jovović, Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Jovan Mikulović, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Srećko Ćurčić, Fakultet tehničkih nauka Čačak, Univerzitet u Kragujevcu

Prof. dr Željko Despotović, Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Željko Đurišić, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Prof. dr Luka Strezoski, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

Nebojša Petrović, Predsednik CIGRE, Srbija

Dr Zoran Simendić, Predsednik CIREC Srbija

Radovan Stanić, dipl. el. ing., EPS, Srbija

Milan Đorđević, dipl. el. ing., EPS, Srbija

Vladimir Milenović, EDS, Srbija

Maja Turković, CWP, Srbija

Dragoljub Damjanović, Schneider Electric, Srbija

Aleksandar Ćosić, ABB, Srbija

Srdan Srdanović, Siemens, Srbija

Petar Šainović, Siemens Energy, Srbija

Aleksandar Skulić, Meter & Control, Srbija

Ljubo Mačić, konsultant, Srbija

Željko Marković, Scitech, Beograd, Srbija

Angel Nikolaev, *Black Sea Energy Research Center (BSERC)*, Bugarska

Miloš Mladenović, SEEPEX, Srbija

Mladen Apostolović, EFT, Srbija

Bojan Papić, Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Slobodan Jerotić, Udruženje toplana Srbije, Srbija

Dejan Stojanović, Udruženje toplana Srbije, Srbija

RECENZENTI | REVIEWERS

Ilija Batas Bjelić, Institut tehničkih nauka SANU

Iva Batić, Elektrotehnički fakultet

Vladimir Bečejac, Univerzitet u Beogradu

Ivan Božić, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Tina Dašić, Građevinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

Željko V. Despotović, Institut Mihajlo Pupin

Snežana Dragičević, Fakultet tehničkih nauka Čačak

Petar Đukić, University of Belgrade

Dušan Gordić, Fakultet inženjerskih nauka, Univerziteta u Kragujevcu

Dunja Grujić, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Bojan Ivanović, Elektrodistribucija Srbije

Dejan Ivezić, Univerzitet u Beogradu - Rudarsko-geološki fakultet

Slobodan Jerotić, JES

Mladen Josijević, Fakultet inženjerskih nauka, Univerziteta u Kragujevcu

Aleksandar Jovović, Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Draško Kovač, Univerzitet Crne Gore-Pomorski fakultet Kotor

Jelisaveta Krstivojević, Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

Branislava Lepotić Kovačević, Udruženje za pravo energetike Srbije

Miroslav Parović, Elektrodistribucija Srbije doo Beograd

Milan Petrović, AERS

Tomislav Rajić, Univerzitet u Beogradu-Elektrotehnički fakultet

Nikola Stanković, Elektroprivreda Srbije

Branko Stojanović, Tehnički opitni centar

Vanja Šuštersić, Fakultet inženjerskih nauka

Vladimir Vukašinović, Fakultet inženjerskih nauka

Miodrag Vuković, Fakultet za projektni menadžment

Mileta Žarković, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Dubravka Živković, Institut za informacione tehnologije, Univerzitet u Kragujevcu

SADRŽAJ | CONTENT

1. SARADNJOM PRIVREDE, CIVILNOG SEKTORA I UNIVERZITETA DO KVALITETNIH STRUČNJAKA ZA OBLAST ENERGETIKE – iskustva i putokazi / COOPERATION OF THE ECONOMY, CIVIL SECTOR AND UNIVERSITY TO PROVIDE QUALITY EXPERTS FOR THE FIELD OF ENERGY - experiences and roadmaps	
1.1. #383,17	
TEHNO-EKONOMSKA ANALIZA RADA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA SA INTEGRACIJOM ELEKTRIČNIH VOZILA TECHNO-ECONOMIC ANALYSIS OF THE POWER SYSTEM OPERATION WITH THE INTEGRATION OF ELECTRIC VEHICLES Jovana Nikodijević; Mileta Žarković	
2. ENERGETSKA EFIKASNOST U ZGRADARSTVU / ENERGY EFFICIENCY WITHIN CONSTRUCTION	
2.1. #39518	
PRORAČUN GODIŠNJE POTROŠNJE ENERGIJE TOPLOTNE PUMPE METODOM TEMPERATURNIH SEGMENTA CALCULATION OF ANNUAL ENERGY CONSUMPTION OF A HEAT PUMP BY BIN-METHOD Branislav Petrović; Marija Vasilev; Miloš Banjac	
2.2. #39919	
MATEMATIČKI MODELI SISTEMA ZA HLAĐENJE POKRETANIH ENERGIJOM SUNČEVOG ZRAČENJA MATHEMATICAL MODELS OF SOLAR DRIVEN COOLING SYSTEMS Marija Vasilev; Miloš Banjac	
2.3. #42920	
POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI KROZ TOPLOTNU IZOLACIJU ZGRADE I PRELAZAK SA DALJINSKOG GREJANJA NA GREJANJE POMOĆU TOPLOTNE PUMPE: TERMOMEHANIČKA I EKONOMSKA ANALIZA ENHANCING ENERGY EFFICIENCY THROUGH THERMAL INSULATION OF THE BUILDING AND TRANSFER FROM DISTRICT HEATING TO HEATING BY HEAT PUMP: A THERMOMECHANICAL AND ECONOMIC ANALYSIS Nedžad Rudonja; Miloš Banjac; Milan Gojak; Ružica Todorović	
2.4. #42821	
ANALIZA KORIŠĆENJA ENERGIJE U RAZLIČITIM SEKTORIMA U REPUBLICI SRBIJI ENERGY USAGE ANALYSIS IN THE VARIOUS SECTORS IN THE REPUBLIC OF SERBIA Ružica Todorović; Milan Gojak; Nedžad Rudonja	
2.5. #40522	
ODREĐIVNJE KOLIČINE TOPLOTE AKUMULISANE U ZIDU PRI NESTACIONARNIM PROMENAMA TEMPERATURE SPOLJAŠNJEG VAZDUHA DETERMINATION OF THE AMOUNT OF HEAT ACCUMULATED IN THE WALL IN CONDITIONS OF CHANGEABLE OUTSIDE TEMPERATURE Branislav Petrović; Sandra Kovačević; Miloš Banjac	
2.6. #39623	
POREĐENJE I ANALIZA VREDNOSTI KOEFICIJENTA TRANSMISIONIH GUBITAKA TOPLOTE PREMA TLU ODREĐENOG PREMA EN ISO 13790:2010 I EN ISO 13370:2017 COMPARATION AND ANALYSIS OF THE TOTAL HEAT TRANSFER COEFFICIENT TO THE GROUND DETERMINED ACCORDING TO EN ISO 13790:2010 AND EN ISO 13370:2017 Sandra Kovačević; Branislav Petrović; Miloš Banjac	
2.7. #39724	
SMANJENJE EMISIJE ZAGAĐUJUĆIH MATERIJA I POTROŠNJE ENERGIJE U ZGRADARSTVU KORIŠĆENJEM PROCENE ŽIVOTNOG CIKLUSA REDUCTION OF POLLUTANT EMISSIONS AND ENERGY CONSUMPTION IN BUILDINGS USING LIFE CYCLE ASSESSMENT Sandra Kovačević; Mirko Komatina; Miloš Banjac	

2.8. #374	25
EVALUACIJA MERA ZA UŠTEDU ENERGIJE NA POSTOJEĆIM STAMBENIM ZGRADAMA NA NOVOM BEOGRADU UPOTREBOM MODELIRANJA ENERGETSKIH PERFORMANSI ZGRADA	
<i>EVALUATION OF ENERGY CONSERVATION MEASURES FOR EXISTING RESIDENTIAL BUILDINGS IN NOVI BEOGRAD USING BUILDING ENERGY MODELING</i>	
Dimitrije Manić; Mirko Komatina; Dragi Antonijević; Olivera Ećim - Djurić; Dejan Ivezić	

3. ENERGETSKA POLITIKA I IZAZOVI ZA PRAVO ENERGETIKE / ENERGY POLICY AND CHALLENGES IN ENERGY LAW

3.1. #416	27
PROŠIRENJE NADLEŽNOSTI ACER U OBLASTI ELEKTRIČNE ENERGIJE NA PROSTOR ZAPADNOG BALKANA	
<i>EXTENSION OF ACER COMPETENCES IN THE ELECTRICITY SECTOR TO THE WESTERN BALKAN AREA</i>	
Branislava Lepotić Kovačević	
3.2. #449	29
TEORIJSKI OKVIR ZA ANALIZU ULOGE I ZNAČAJA ELEKTROPRIVREDNOG PREDUZEĆA	
<i>THEORETICAL FRAME FOR ROLE AND IMPORTANCE OF ELECTRICITY COMPANY ANALYSIS</i>	
Žarko Nestorović	
3.3. #381	30
UBRZANJE ENERGETSKE REFORME PUTEM UVOĐENJA INFRASTRUKTURE ZA ALTERNATIVNA GORIVA	
<i>ACCELERATING ENERGY TRANSITION THROUGH THE INTRODUCTION OF ALTERNATIVE FUELS INFRASTRUCTURE</i>	
Miloš Kuzman	
3.4. #444	31
PODSTICAJI ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA I VISOKOEFIKASNE KOGENERACIJE I MERE ZA UNAPREĐENJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI U REPUBLICI SRBIJI	
<i>INCENTIVES FOR ELECTRICITY PRODUCTION FROM RENEWABLE ENERGY SOURCES AND HIGH-EFFICIENCY COGENERATION, AND MEASURES TO IMPROVE ENERGY EFFICIENCY IN THE REPUBLIC OF SERBIA</i>	
Tamara Zejak	
3.5. #417	32
ENERGIJA IZ OTPADA: PRAVNI ASPEKT PROIZVODNJE VODONIKA IZ KOMUNALNOG OTPADA U EVROPSKOJ UNIJI	
<i>ENERGY FROM WASTE: LEGAL ASPECTS OF HYDROGEN PRODUCTION FROM MUNICIPAL WASTE IN THE EUROPEAN UNION</i>	
Bojana Petrović Raičević	
3.6. #401	34
ENERGETSKA DOZVOLA IZ UGLA IZMENA I DOPUNA ZAKONA O ENERGETICI	
<i>ENERGY PERMIT FROM THE POINT OF VIEW OF AMENDMENTS TO THE ENERGY LAW</i>	
Iva Đinđić Ćosić	
3.7. #442	35
„ENERGETSKE ZAJEDNICE GRAĐANA” KAO NOVINA ZAKONA O ENERGETICI OD DECEMBRA 2024. GODINE	
<i>THE “CITIZEN ENERGY COMMUNITIES” IN THE SERBIAN ENERGY LAW AMENDMENTS</i>	
Vesna Živković	

4. SOFTVERSKI ALATI U ENERGETICI / SOFTWARE TOOLS IN ENERGY

4.1. #445	36
OPTIMALNA ESTIMACIJA ELEKTRIČNIH PARAMETARA NETRANSPONOVANIH VODOVA KORIŠĆENJEM SINHRIFAZORSKIH MERENJA	
<i>OPTIMAL UNTRANPOSED TRANSMISSION LINE PARAMETER ESTIMATION USING SYNCHROPHASORS</i>	
Miljana Todorović; Zoran Stojanović	

4.2. #394	37
POREĐENJE DISTRIBUIRANIH IZVORA KOJI INJEKTIRAJU AKTIVNU I REAKTIVNU SNAGU SA ONIMA KOD KOJIH SE INJEKTIRA ISKLJUČIVO AKTIVNA SNAGA A PRIDODATE SU IM I KONDENZATORSKE BATERIJE UZ PRISUTNU REKONFIGURACIJU MREŽE	
COMPARISON OF DISTRIBUTION RESOURCES THAT INJECT BOTH ACTIVE AND REACTIVE POWER WITH ACTIVE POWER UNITS ACCOMPANIED WITH CAPACITORS IN PRESENCE OF NETWORK RECONFIGURATION	
Branko Stojanović; Tomislav Rajić; Darko Šošić	
4.3. #470	38
PRIMENA PSCAD-A U EMT STUDIJAMA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU: MODELOVANJE I ENERGIZACIJE NADZEMNIH VODOVA	
APPLICATION OF PSCAD IN EMT POWER SYSTEM STUDIES: MODELING AND ENERGIZATION OF OVERHEAD LINES	
Aleksandar Milošević; Mila Drajić	
4.4. #462	39
ANALIZA STABILNOSTI ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA NAKON INTEGRACIJE SOLARNE ELEKTRANE KORIŠĆENJEM SOFTVERA POWER FACTORY	
ANALYSIS OF POWER SYSTEM STABILITY AFTER SOLAR POWER PLANT INTEGRATION USING POWER FACTORY SOFTWARE	
Aleksa Vukotić; Sonja Angelovski	
4.5. #461	40
IMPLEMENTACIJA CENTRALIZOVANOG SISTEMA ZA OBRAČUN I NAPLATU ELEKTRIČNE ENERGIJE	
IMPLEMENTATION OF A CENTRALIZED SYSTEM FOR CALCULATION AND PAYMENT OF ELECTRICITY	
Dejan Polugić	
4.6. #460	41
PROVERA USAGLAŠENOSTI RADA SOLARNIH ELEKTRANA KOJE SU PRIKLJUČENE NA DISTRIBUTIVNI SISTEM SA TEHNIČKIM ZAHTEVIMA IZ UREDBE O MREŽNIM PRAVILIMA KOJA SE ODNOSI NA PRIKLJUČENJE PROIZVODNIH JEDINICA	
COMPLIANCE TESTING OF SOLAR POWER PLANTS CONNECTED TO THE DISTRIBUTION SYSTEM WITH THE TECHNICAL REQUIREMENTS OUTLINED IN THE NETWORK CODE ON REQUIREMENTS FOR GRID CONNECTION OF GENERATORS	
Sima Tatalović; Miroslav Žerajić	
4.7. #418	42
ANALIZA PERFORMANSI SOLARNE ELEKTRANE: SIMULACIJA I EKSPERIMENTALNA VALIDACIJA	
PERFORMANCE ANALYSIS OF A SOLAR POWER PLANT: SIMULATION AND EXPERIMENTAL VALIDATION	
Snežana Dragičević; Milan Marjanović; Nebojša Mitrović; Marko Šučurović	
4.8. #454	43
KOMPARATIVNA ANALIZA RADA MODULA NAPONSKE STABILNOSTI NA MALE POREMEĆAJE CASE A I POWERFACTORY	
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CASE AND POWERFACTORY SMALL SIGNAL VOLTAGE STABILITY MODULES	
Bojan Ivanović; Tomislav Rajić	

5. AUTOMATIZACIJA U INDUSTRIJI I ENERGETICI (PRAKTIČNI ASPEKTI REALIZACIJE I PRIMENE ENERGETSKIH SISTEMA NAPAJANJA / AUTOMATION IN INDUSTRY AND ENERGY (PRACTICAL ASPECTS OF IMPLEMENTATION AND APPLICATION OF POWER SUPPLY SYSTEMS))

5.1. #386	45
PROJEKTOVANJE I ODRŽAVANJE ELEKTRIČNIH INSTALACIJA SOLARNIH ELEKTRANA ZA NAPAJANJE BAZNIH STANICA MOBILNE TELEFONIJE	
DESIGN AND MAINTENANCE OF ELECTRICAL INSTALLATIONS FOR SOLAR POWER PLANTS SUPPLYING MOBILE TELEPHONY BASE STATIONS	
Samed Mušović; Saša Štatkić; Željko V. Despotović	
5.2. #389	46
PRIMER KOORDINACIJE IZOLACIJE MREŽNOG FOTONAPONSKOG INVERTORA SA TRI NAPONSKA NIVOA SA FIKSIRANOM NEUTRALNOM TAČKOM	
EXAMPLE OF INSULATION COORDINATION FOR A THREE LEVEL NEUTRAL POINT CLAMPED (3L NPC) GRID CONNECTED PV INVERTER	
Željko V. Despotović; Miodrag Vuković; Marko Tajdić	

5.3. #393	47
OFF-GRID SOLARNO NAPAJANJE REZONANTNOG VIBRACIONOG DOZATORA SA ELEKTROMAGNETNOM POBUDOM	
OFF-GRID PHOTOVOLTAIC POWER SUPPLY OF RESONANT VIBRATORY FEEDER HAVING ELECTROMAGNETIC EXCITATION	
Željko V. Despotović; Uroš Ilić	
5.4. #426	48
MODELIRANJE I ANALIZA UTICAJA MAGNETNOG ZASIĆENJA NA ELEKTROMAGNETNU SILU U VIBRACIONIM AKTUATORIMA	
MODELING AND ANALYSIS OF MAGNETIC SATURATION EFFECTS ON THE ELECTROMAGNETIC FORCE IN VIBRATORY ACTUATORS	
Uroš Ilić; Željko V. Despotović	
5.5. #422	49
PREDIKCIJA PROIZVODNJE KROVNE FOTONAPONSKE ELEKTRANE SOFTVERSKIM ALATOM SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM) SA VALIDACIJOM REZULTATA	
PREDICTION OF ROOFTOP PHOTOVOLTAIC POWER PLANT PRODUCTION USING THE SYSTEM ADVISOR MODEL (SAM) SOFTWARE WITH RESULTS VALIDATION	
Milan Ivezić; Ivana Vlajić-Naumovska; Aleksandra Grujić; Neša Rašić; Miloš Borak	
5.6. #436	50
LABORATORIJSKI SIMULATOR OPTEREĆENJA ZA ANALIZU ENERGETSKI EFIKASNOG RADA FREKVENTNO REGULISANIH POGONA	
LABORATORY LOAD SIMULATOR FOR ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENT OPERATION OF FREQUENCY CONTROLLED DRIVES	
Neša Rašić; Aleksandra Grujić; Ivana Vlajić-Naumovska; Milan Bebić; Milan Ivezić	
5.7. #424	51
UTICAJ ZAPRLJANOSTI FOTONAPONSKIH PANELA NA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE IZ KROVNE FOTONAPONSKE ELEKTRANE SNAGE 700 KW	
THE INFLUENCE OF SOILING OF PHOTOVOLTAIC PANELS ON THE PRODUCTION OF ELECTRICITY FROM A ROOFTOP PHOTOVOLTAIC POWER PLANT WITH A CAPACITY OF 700 KW	
Ivana Vlajić-Naumovska; Aleksandra Grujić; Neša Rašić; Milan Ivezić; Petar Đorđević	
5.8. #400	52
EKSPLOATACIONA ISPITIVANJA BRZIH PUNJAČKIH STANICA ZA E-AUTOMOBILE SNAGA 120KW I 240KW	
EXPLOITATION TESTS OF FAST CHARGING 120KW AND 240KW POWER STATIONS FOR E-CARS	
Milan Đerić; Željko V. Despotović; Miloš Kostić; Uroš Ilić	

6. OTVORENE TEME I INOVACIJE U SEKTORU GREJANJA I HLAĐENJA / OPEN SUBJECTS AND INNOVATIONS IN HEATING AND COOLING SECTOR

6.1. #356	53
PREDLOG RACIONALIZACIJE SISTEMA DALJINSKOG GREJANJA U GRADU ČAČAK	
PROPOSAL FOR RATIONALIZING THE DISTRICT HEATING SYSTEM IN THE CITY OF ČAČAK	
Srećko Ćurčić; Bojan Bogdanović; Slobodan Jerotić	
6.2. #419	54
MODEL KUPAC-PROIZVOĐAČ TOPLOTE	
HEAT PROSUMER MODEL	
Slobodan Jerotić	
6.3. #347	55
UTVRĐIVANJE PROBLEMA U KONTROLISANOM OKRUŽENJU U INTEGRACIONIM SISTEMIMA TOPLOTNIH PUMPI	
DETERMINATION OF ISSUES IN CONTROLLED ENVIRONMENT IN INTEGRATION SYSTEMS OF HEAT PUMPS	
Žana Stevanović; Stanisław Anweiler; Sławomir Pochwała	
6.4. #452	57
SOFTVERSKI PAKET ZA KRATKOROČNU PROGNOZU POTROŠNJE PRIRODNOG GASA	
SOFTWARE PACKAGE FOR SHORT-TERM NATURAL GAS DEMAND FORECASTING	
Pavle Lučić; Sovjetka Krstonjčević; Goran Jakupović; Milan Josifović; Đorđe Jovanović; Gordan Konečni; Ljiljana Topalović; Milovan Milojević	

6.5. #362	58
POLIVALENTNI SISTEM ZA ODRŽIVU CENTRALNU PRIPREMU SANITARNE TOPLE VODE U ZGRADAMA KOLEKTIVNOG STANOVANJA – STUDIJA SLUČAJA	
POLYVALENT ENERGY SYSTEM FOR SUSTAINABLE CENTRAL PREPARATION OF DOMESTIC HOT WATER IN MULTIFAMILY RESIDENTIAL BUILDINGS - CASE STUDY	
Goran Vučković; Mirko Stojiljković; Marko Ignjatović	

6.6. #376	59
NUMERIČKE SIMULACIJE PRENOSA TOPLOTE U SISTEMU PODZEMNOG SKLADIŠTENJA TERMALNE ENERGIJE (UTES): CFD PRISTUP	
NUMERICAL SIMULATIONS OF HEAT TRANSFER IN UNDERGROUND THERMAL ENERGY STORAGE (UTES) SYSTEM: CFD APPROACH	
Mahir Hafizović; Muhamed Hadžiabdić; Bojan Ničeno	

6.8. #351	61
PITANJE TOPLOTNIH PUMPI I KLIMATSKIH PROMENA U USLOVIMA KONTINENTALNE KLIME	
ISSUE OF HEAT PUMPS AND CLIMATE CHANGE IN CONTINTAL CLIMATE	
Žana Stevanović; Stanislaw Anweiler	

7. TEHNOLOGIJE OBNOVLJIVIH IZVORA I REGULATORMI PODSTICAJI / RENEWABLE SOURCES TECHNOLOGY AND REGULATORY INCENTIVES

7.1. #380	62
NOVA REGULATIVA U OBLASTI STRATEŠKOG RAZVOJA ENERGETSKOG SEKTORA U REPUBLICI SRBIJI	
NEW REGULATIONS IN THE AREA OF STRATEGIC DEVELOPMENT OF THE ENERGY SECTOR IN THE REPUBLIC OF SERBIA	
Milan Petrović; Biljana Trivić; Iva Batić	

7.2. #361	63
BIOGAS U SRBIJI I PITANJE OPSTANKA / BIOGAS IN SERBIA AND THE QUESTION OF SURVIVAL	
Marko Nedić	

7.3. #434	64
PREDIKCIJA GREŠKE REGULATORNE OBLASTI (ACE) PRIMENOM NEURALNIH MREŽA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU SRBIJE	
PREDICTION OF AREA CONTROL ERROR (ACE) USING NEURAL NETWORKS IN THE SERBIAN POWER SYSTEM	
Vladimir Antonijević; Mileta Žarković; Goran Kvaščev	

7.4. #354	65
KRITIČKI OSVRT NA VOĐENJE ENERGETSKE POLITIKE REPUBLIKE SRBIJE	
CRITICAL REVIEW OF ENERGY POLICY MANAGEMENT IN THE REPUBLIC OF SERBIA	
Miroslav Parović	

7.5. #465	66
IZAZOVI I ISKUSTVA PRI IZBORU BITNIH ELEMENATA OPREME ZA IZGRADNJU SOLARNIH ELEKTRANA NA TLU	
CHALLENGES AND EXPERIENCES IN SELECTING ESSENTIAL ELEMENTS OF EQUIPMENT FOR THE CONSTRUCTION OF GROUND-BASED SOLAR POWER PLANTS	
Biljana Lovčević Kureljušić; Rastislav Kragić; Aleksandr Kozhevnikov	

7.6. #438	67
KORIŠĆENJE FASADA ZA PROIZVODNJU ELEKTRIČNE ENERGIJE, PREDNOSTI I NEDOSTACI	
USING FACADES FOR ELECTRICITY GENERATION, ADVANTAGES AND DISADVANTAGES	
Miodrag Vuković; Mihajlo Jakovljević	

8. SAVREMENE TEHNOLOGIJE U ELEKTROENERGETICI / MODERN TECHNOLOGIES IN POWER INDUSTRY

8.1. #439	68
VIRTUAL POWER PLANTS: A KEY FOR A NET-ZERO TRANSITION	
Ivana Kockar; Gary Howorth	

8.2. #370	69
ANALIZA ISPLATIVOSTI PRIMENE SOLARNIH SISTEMA KOD KUPACA-PROIZVOĐAČA KOJI SU DOMAĆINSTVA	
PROFITABILITY ANALYSIS OF SOLAR SYSTEM IMPLEMENTATION FOR PROSUMER HOUSEHOLDS	
Jelisaveta Krstivojević; Jelena Stojković Terzić; Dunja Grujić	
8.3. #358	70
ODREĐIVANJE OPTIMALNE LOKACIJE I SNAGE SOLARNE ELEKTRANE U CILJU POBOLJŠANJA NAPONSKE STABILNOSTI	
OPTIMAL PLACEMENT AND SIZING OF SOLAR POWER PLANT FOR VOLTAGE STABILITY IMPROVEMENT	
Doroteja Zarev; Jelena Stojković Terzić; Jovan Trifunović	
8.4. #377	71
IMPLEMENTACIJA I BENEFITI IMBALANCE NETTING I IMBALANCE NETTING OPTIMIZATION MODULE U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU SRBIJE	
IMPLEMENTATION AND BENEFITS OF IMBALANCE NETTING AND THE IMBALANCE NETTING OPTIMIZATION MODULE IN THE POWER SYSTEM OF SERBIA	
Vladimir Bečejac; Aleksandar Georgiev; Milan Trifunović; Damjan Ilić	
8.5. #453	72
ISPITIVANJE DINAMIČKOG MODELA SOLARNE ELEKTRANE KORIŠĆENJEM ETAP SOFTVERA ZA ANALIZU EESA	
INVESTIGATING DYNAMIC MODEL OF THE SOLAR POWER PLANT USING THE ETAP SOFTWARE FOR POWER SYSTEMS ANALYSIS	
Ana Vuković; Sonja Angelovski	
8.6. #459	73
AUTOMATSKO SMANJENJE SNAGE OIE USLED PREOPTEREĆENJA U PRENOSNOJ MREŽI	
AUTOMATIC CURTAILMENT OF RES PRODUCTION DUE TO OVERLOAD IN THE TRANSMISSION SYSTEM	
Miroslav Žerajić; Vojislav Simović; Sonja Simović	
8.7. #373	74
ULOGA AGREGATORA U ELEKTROENERGETSKOM SISTEMU	
ROLE OF AGGREGATORS IN THE ELECTRIC POWER SYSTEM	
Jovana Lazin; Kovica Bibić; Miloš Stanković; Ivan Vasiljević	
8.8. #437	75
PRIMENA BATERIJSKIH SISTEMA KOD SOLARNIH ELEKTRANA	
USE OF ENERGY STORAGE SYSTEMS WITH SOLAR PV PLANTS	
Miodrag Vuković; Željko V. Despotović	

9. IZAZOVI ODRŽANJA NIVOVA KVALITETA NAPONA U DISTRIBUTIVNOJ I PRENOSNOJ MREŽI / POWER QUALITY CHALLENGES IN DISTRIBUTION AND TRANSMISSION GRID

9.1. #497	76
PRAĆENJE KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA MESTIMA PRIKLJUČENJA KORISNIKA ELEKTRODISTRIBUTIVNOG SISTEMA	
MONITORING THE QUALITY OF ELECTRIC ENERGY AT THE POINTS OF CONNECTION (POC) OF USERS OF THE ELECTRIC DISTRIBUTION SYSTEM	
Dušan Vukotić	

10. HIDROENERGETIKA / HYDROENERGY

10.1. #472	77
PERSPEKTIVE KORIŠĆENJA HIDROPOTENCIJALA U REGIONU: IZGRADNJA NOVIH HIDROELEKTRANA I RAZVOJ SISTEMA ZA PODRŠKU UPRAVLJANJU	
PERSPECTIVES ON HYDROPOWER POTENTIAL DEVELOPMENT IN THE REGION: NEW HYDROPOWER PLANTS AND MANAGEMENT SUPPORT SYSTEMS	
Dejan Divac; Nikola Milivojević; Dejan Vučković; Dragan Vukosavić; Dragan Stanković	

10.2. #486	79
AKTUELNI PROJEKTI BUDUĆIH REVERZIBILNIH HIDROELEKTRANA U REPUBLICI SRBIJI - RHE „BISTRICA” I RHE „ĐERDAP”	
CURRENT PUMPED-STORAGE PLANT PROJECTS IN REPUBLIC OF SERBIA - “BISTRICA” PSHPP AND “IRON GATE” PSHPP	
Zdravko Stojanović; Marija Milić; Filip Đorđević; Dalibor Drašković; Nenad Lazić; Dragan Stanković	
10.3. #495	80
PRIMER METODOLOGIJE ZA IZBOR PERSPEKTIVNIH LOKACIJA ZA IZGRADNJU REVERZIBILNIH HIDROELEKTRANA	
A METHODOLOGY FOR SELECTING SUITABLE SITES FOR PUMPED-STORAGE HYDROPOWER PLANTS	
Tina Dašić; Ljubodrag Savić; Miloš Stanić; Andrijana Todorović; Marija Milić; Milan Tumara	
10.4. #494	81
PREGLED PERSPEKTIVNIH LOKACIJA ZA IZGRADNJU REVERZIBILNIH HIDROELEKTRANA U SRBIJI	
OVERVIEW OF PROSPECTIVE LOCATIONS FOR THE CONSTRUCTION OF REVERSIBLE HYDROPOWER PLANTS IN SERBIA	
Tina Dašić; Miloš Ivetić; Milica Kovačević; Marija Milić; Jovan Ilić; Vladimir R. Petrović	
10.5. #475	82
HIDROELEKTRANE NA IBRU: SINERGIJA PRIVREDE I EKOLOGIJE	
HYDROPOWER DEVELOPMENT ON THE IBAR RIVER: SYNERGY OF ECONOMY AND ECOLOGY	
Dejan Divac; Dejan Vučković; Mladen Robajčević; Vladimir Tkalac; Nikola Milivojević	
10.6. #484	83
PREGLED STANJA PROJEKTO-TEHNIČKE DOKUMENTACIJE ZA HIDROELEKTRANE PLANIRANE NA GORNJEM I DONJEM DELU TOKA DRINE	
AN OVERVIEW OF THE STATUS OF DESIGN-TECHNICAL DOCUMENTATION FOR HYDROPOWER PLANTS PLANNED AT THE UPPER AND LOWER PART OF THE DRINA RIVER WATERCOURSE	
Zdravko Stojanović; Radmilo Glišić; Žarko Mrkić; Vladimir Đorđević; Vladimir Tkalac; Mladen Robajčević	
10.7. #493	84
ZAVRŠETAK REKONSTRUKCIJE AGREGATA R1 RHE BAJINA BAŠTA I POČETAK REKONSTRUKCIJE R2	
FINALIZATION OF REHABILITATION OF THE R1 UNIT AND INITIALIZATION OF REHABILITATION OF THE R2 UNIT OF THE BAJINA BAŠTA PSHPP	
Luka Trišić; Jovan Bolić; Predrag Blagojević; Slobodan Spasojević; Todora Lazić; Ljiljana Milicanović	
10.8. #474	85
PERSPEKTIVE IZGRADNJE HIDROELEKTRANA U CRNOJ GORI: HE KOMARNICA I HE KRUŠEVO	
PERSPECTIVES ON HYDROPOWER PLANT DEVELOPMENT IN MONTENEGRO: HPP KOMARNICA AND HPP	
Dejan Vučković; Milan Tričković; Dragan Vukosavić; Miodrag Milovanović; Nikola Milivojević	
10.9. #476	86
THE IMPORTANCE OF SMALL HYDRO POWER PLANT DEVELOPMENT IN ADVANCING SUSTAINABLE ENERGY SOLUTIONS: METHODOLOGY AND CASE STUDY OF SHPP BISTRICA MAJSTOROVINA	
Uroš Karadžić; Vidosava Vilotijević; Radoje Vujadinović; Vuko Kovijanić; Ivan Božić	
10.10. #467	87
INTEGRISANI SISTEM ZA PLANIRANJE I UPRAVLJANJE VODAMA U CILJU OPTIMIZACIJE RADA HIDROELEKTRANE	
AN INTEGRATED WATER MANAGEMENT AND PLANNING SYSTEM FOR OPTIMIZATION OF HYDRO POWER PLANT OPERATIONS	
Gordan Konečni; Milan Josifović; Radomir Stamatović; Nebojša Panjevac; Milan Bjedov; Nemanja Branislavljević	
10.11. #473	88
HOLISTIČKI PRISTUP UPRAVLJANJU HEPS ĐERDAP	
A HOLISTIC APPROACH TO MANAGING THE ĐERDAP HYDROPOWER AND NAVIGATION SYSTEM	
Nikola Milivojević; Dejan Divac; Boban Stojanović; Prvoslav Marjanović; Dragan Stanković	
10.12. #364	89
ODREĐIVANJE PROTOKA VODE KROZ HIDROAGREGTA NA HE ĐERDAP 2	
DETERMINATION OF WATER FLOW THROUGH A HYDROGENERATOR ON THE HYDRO POWER PLANT ĐERDAP 2	
Miša Kožićić; Žarko Nestorović; Zvonko Živković	

11. DIGITALIZACIJA KONTROLNIH CENTARA ZA NAPREDNO UPRAVLJANJE AKTIVNIM DISTRIBUTIVNIM MREŽAMA / DIGITIZATION OF CONTROL CENTERS FOR ADVANCED MANAGEMENT OF ACTIVE DISTRIBUTION NETWORKS

11.1. #353	91
INTEGRACIJA ADMS I POSTOJEĆIH SCADA SISTEMA U CILJU EFIKASNIJEG UPRAVLJANJA DISTRIBUTIVNOM MREŽOM	
INTEGRATION OF ADMS AND EXISTING SCADA SYSTEMS FOR MORE EFFICIENT MANAGEMENT OF DISTRIBUTION NETWORKS	
Željko Živković; Gordan Konečni	
11.2. #387	92
SOFTVERSKA REŠENJA ZA DIGITALIZACIJU KONTROLNOG CENTRA I VOĐENJE DISTRIBUTIVNIH MREŽA	
SOFTWARE SOLUTIONS FOR DIGITIZING CONTROL CENTERS AND DISTRIBUTION NETWORKS MANAGEMENT	
Luka Strezoski	
11.3. #392	93
PRIMER UPRAVLJANJA MODELOM MIKROMREŽE KROZ SOFTVERSKE ALATE ZA NADZOR I VOĐENJE ELEKTROENERGETSKIH SISTEMA	
EXAMPLE OF MICROGRID CONTROL USING SOFTWARE TOOLS FOR POWER SYSTEM MANAGEMENT	
Luka Strezoski; Darko Lazarević; Milan Zec	
11.4. #350	94
DIGITALNA KOMPONENTA KONCEPTA ENERGETSKE BEZBEDNOSTI: GLOBALNI PREGLED SAJBER INCIDENTA ZA PERIOD OD 2022. GODINE DO 2024. GODINE	
THE DIGITAL COMPONENT OF THE ENERGY SECURITY CONCEPT: A GLOBAL OVERVIEW OF CYBER INCIDENTS IN ENERGY SECTOR FOR THE PERIOD 2022 TO 2024	
Filip Marković	
11.5. #478	95
MIKROMREŽE – TRENUTNI RAZVOJI I IZAZOVI	
MICROGRIDS – CURRENT DEVELOPMENTS AND CHALLENGES	
Aleksej Žilović, Luka Strezoski, Chad Abbey	
11.6. #468	96
IMPORTANCE OF A ROBUST AND RELIABLE DCS AT PSP IN LIGHT OF RENEWABLE SOURCES AND ENERGY STORAGE	
Milan Bjedov; Gordan Konečni; Nebojša Panjevac; Bojan Papić	
11.7. #471	97
FUNKCIONALNOSTI I PREDNOSTI NOVITA SISTEMA U TRŽIŠTU ELEKTRIČNE ENERGIJE	
FUNCTIONALITIES AND ADVANTAGES OF THE NOVITA SYSTEM IN ELECTRICITY MARKET	
Ksenija Stefanović; Ana Nešović; Aleksandar Savić; Stefan Filipović; Aleksandra Vojnović	
11.8. #496	98
UTICAJ ELEKTRIČNIH VOZILA NA EMISIJU CO2 U ENERGETSKOM SEKTORU	
THE IMPACT OF ELECTRIC VEHICLES ON CO2 EMISSIONS IN THE ENERGY SECTOR	
Petar Ostojić	

12. EKONOMSKE TEME U ENERGETICI / ECONOMY TOPICS WITHIN ENERGY

12.1. #457	99
IZAZOVI ZA ENERGETSKI SEKTOR I UTICAJ ENERGETSKE INFLACIJE NA INFLACIJU U ZEMLJAMA JUGOISTOČNE EVROPE	
CHALLENGES FOR THE ENERGY SECTOR AND THE IMPACT OF ENERGY INFLATION ON INFLATION IN SOUTHEAST EUROPEAN COUNTRIES	
Aleksandra Prašćević; Milutin Ješić	
12.2. #403	100
IZAZOVI ODRŽIVOG RAZVOJA U ENERGETSKOM SEKTORU	
CHALLENGES OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT IN THE ENERGY SECTOR	
Gordana Kokeza; Sonja Josipović	

12.3. #488	100
DOPRINOS CENA ENERGIJE INFLACIJI U SRBIJI U 2024. GODINI	
THE IMPACT OF ENERGY PRICES ON INFLATION IN SERBIA IN 2024	
Marko Miljković	
12.4. #463	101
ZNAČAJ I MOGUĆNOSTI ŠIRE PRIMENE VODONIKA U PROCESU NISKOUGLJENIČNE TRANZICIJE	
THE IMPORTANCE AND OPPORTUNITIES OF BROADER HYDROGEN APPLICATION IN THE LOW-CARBON TRANSITION PROCESS	
Maja Pisarov; Marko Vučković	
12.5. #464	102
FENOMEN NEGATIVNIH CENA ELEKTRIČNE ENERGIJE I NJEGOVE IMPLIKACIJE NA INTEGRACIJU OBNOVLJIVIH IZVORA I SKLADIŠTENJE ENERGIJE	
THE PHENOMENON OF NEGATIVE ELECTRICITY PRICES AND ITS IMPACT ON THE INTEGRATION OF RENEWABLE SOURCES AND ENERGY STORAGE	
Marko Vučković; Dušan Jakovljević; Maja Pisarov	
12.6. #479	103
MEĐUZAVISNOST EKONOMSKOG RASTA I CO2 EMISIJA: TESTIRANJE EKC HIPOTEZE NA PRIMERU EU-15 I CEE-11	
THE INTERDEPENDENCE BETWEEN ECONOMIC GROWTH AND CO2 EMISSIONS: TESTING THE EKC HYPOTHESIS ON THE EXAMPLE OF EU-15 AND CEE-11	
Nemanja Lojanica; Vladimir Mihajlović; Dejan Molnar	
12.7. #480	104
TRANZICIJA KA CIRKULARNOJ EKONOMIJI U SRBIJI - DOSTIGNUĆA I BUDUĆI PRAVCI	
CIRCULAR ECONOMY TRANSITION IN SERBIA: ACHIEVEMENTS AND FUTURE DIRECTIONS	
Đorđe Mitrović	
12.8. #482	106
KALKULATOR KARBONSKOG OTISKA KAO INSTRUMENT ZA BRŽU ZELENU TRANZICIJU: STUDIJA SLUČAJA - GLASSMAKING TRADITION MEETS INNOVATION	
CARBON FOOTPRINT CALCULATOR AS AN INSTRUMENT FOR FASTER GREEN TRANSITION: CASE STUDY - GLASSMAKING TRADITION MEETS INNOVATION	
Dejan Molnar; Jelena Nikolić; Hristina Mikić; Đorđe Mitrović	
PREDAVANJE PO POZIVU / INVITED LECTURE	
KRITIČNE SIROVINE I ENERGETSKA TRANZICIJA / CRITICAL RAW MATERIALS AND ENERGY TRANSITION	
Prof. dr Aleksandar Jovović	
13. ENERGETSKI MENADŽMENT U SISTEMU FINALNE ENERGIJE (INDUSTRIJA, SAOBRAĆAJ, DOMAĆINSTVA, JAVNE/KOMERCIJALNE DELATNOSTI, POLJOPRIVREDA) / ENERGY MANAGEMENT IN THE FINAL ENERGY SYSTEM (INDUSTRY, TRAFFIC, HOUSEHOLDS, PUBLIC/COMMERCIAL ACTIVITIES, AGRICULTURE)	
13.1. #348	109
ENERGETSKO OZNAČAVANJE I ZAHTEVI ZA EKODIZAJN PAMETNIH TELEFONA I TABLETA	
ENERGY LABELLING AND ECODESIGN REQUIREMENTS OF SMARTPHONES AND TABLETS	
Minja Velemir Radović; Dušan Gordić; Danijela Nikolić; Mladen Josijević	
13.2. #367	111
MOGUĆNOSTI ZA DEKARBONIZACIJU CEMENTNE INDUSTRIJE PRIMENOM BIOMASE	
POSSIBILITIES OF CEMENT INDUSTRY DECARBONIZATION USING BIOMASS	
Filip Nastić; Vladimir Vukašinović; Davor Končalović; Mladen Josijević; Dušan Gordić; Dubravka Živković	

13.3. #375	112
EKSPERIMENTALNO ISTRAŽIVANJE EKOLOŠKIH POKAZATELJA I PROCESA SAGOREVANJA DIZEL MOTORA ZA SLUČAJ PRIMENE BIODIZELA I BIOETANOLA	
EXPERIMENTAL RESEARCH OF ENVIRONMENTAL INDICATORS AND COMBUSTION PROCESSES IN A DIESEL ENGINE WHEN APPLYING BIODIESEL AND BIOETHANOL	
Željko Đurić; Vladimir Vukašinić; Dušan Gordić; Ivan Grujić; Nadica Stojanović	
13.4. #391	113
EKOLOŠKI EFEKTI PRIMJENE BIODIZELA DOBIJENOG OD SJEMENKI GROŽĐA U VOZOM PARKU DOSTAVNIH VOZILA	
ECOLOGICAL EFFECTS OF USING BIODIESEL OBTAINED FROM GRAPE SEEDS IN THE FLEET OF DELIVERY VEHICLES	
Marko Lučić; Vladimir Vukašinić; Dušan Gordić; Ivan Grujić	
13.5. #402	114
ANALIZA VOZNOG PARKA I PREDLOG KORIŠĆENJA ELEKTRIČNIH VOZILA U ELEKTRODISTRIBUCIJI SOMBOR	
ANALYSIS OF THE VEHICLE PARK AND PROPOSAL FOR THE USE OF ELECTRIC VEHICLES IN ELECTRIC DISTRIBUTION SOMBOR	
Aleksandar Stolić; Nebojša Berić; Marko Filakov	
13.6. #443	115
OPTIMIZACIJA KONSTRUKTIVNIH PARAMETARA KOMPONENTI VODNIH HIDRAULIČKIH SISTEMA - RAZVOJ OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE	
OPTIMIZATION OF CONSTRUCTION PARAMETERS OF COMPONENTS OF WATER HYDRAULIC SYSTEMS - DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY SOURCES	
Nenad Todić; Slobodan Savić; Dušan Gordić; Živojin Stamenković; Vanja Šušteršić	
13.7. #423	116
OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE I ENERGETSKA EFIKASNOST U INDUSTRIJI	
RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ENERGY EFFICIENCY IN INDUSTRY	
Saša Đorđević	
13.8. #421	117
POTENCIJAL BIOGASNIH ELEKTRANA, I BIOMETAN KAO MOGUĆA ZAMENA ZA PRIRODAN GAS	
THE POTENTIAL OF BIOGAS POWER PLANTS, AND BIOMETHANE AS A POSSIBLE SUBSTITUTE FOR NATURAL GAS	
Milica Dukić, Milica Repac, Nataša Savić	

14. AKTUELNE TEME IZ PRENOSNIH MREŽA I TRŽISTA ELEKTRIČNE ENERGIJE / TRENDING TOPICS WITHIN DISTRIBUTION NETWORKS AND POWER

14.1. #382	118
ZELENA I INJEKTIRANA ENERGIJA NA PRENOSNOJ MREŽI SRBIJE U PROCESU DEKARBONIZACIJE	
THE GREEN AND INJECTED ENERGY ON SERBIA'S TRANSMISSION NETWORK IN THE DECARBONIZATION PROCESS	
Vladimir Grujić	
14.2. #343	119
NOVA REALNOST I NOVA OPTIMALNOST ENERGETSKE I KLIMATSKE POLITKE REPUBLIKE SRBIJE	
NEW REALITY AND OPTIMALITY OF SERBIAN ENERGY AND CLIMATE POLICY	
Ilija Batas Bjelić; Nikola Rajaković	
14.3. #346	120
DODATNE MJERE ZA ZELENU TRANZICIJU UNUTAR ENERGETSKE STRATEGIJE	
ADDITIONAL MEASURES FOR A GREEN TRANSITION WITHIN THE ENERGY STRATEGY	
Zinaida Dimitrijević	
14.4. #411	121
INTEGRACIJA OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE U DISTRIBUTIVNE SISTEME: IZAZOVI, ZAKONODAVNA REGULATIVA I ULOGA INVERTORA	
Stevan Rakočević; Martin Čalasan; Ivan Šaranović	

14.5. #447	122
TEORIJSKA ANALIZA LANČANICE ODREĐENE KVADRATNOM FUNKCIJOM I FUNKCIJOM KOSINUS HIPERBOLIČKI	
<i>THEORETICAL ANALYSIS OF CATENARY DETERMINED BY PARABOLA AND COSINE HYPERBOLIC</i>	
Žarko Nestorović; Slobodan Stamenov; Dragan Marinović; Bojan Rakić; Goran I. Jovanović; Petar Nikolić	
14.6. #469	123
MODELOVANJE I OPTIMIZACIJA EES-A U PLEXOS-U: OD DISPEČA DO DUGOTRAJNOG PLANIRANJA	
<i>MODELLING AND OPTIMIZATION OF THE POWER SYSTEM IN PLEXOS: FROM DISPATCH TO LONG-TERM PLANNING</i>	
Mina Dimić; Mila Drajić	
14.7 #448	124
PRAKTIČNI PRIMERI LANČANICE / <i>EXAMPLES OF CATENARY FROM PRACTICE</i>	
Petar Nikolić, Slobodan Stamenov, Dragan Marinović, Bojan Rakić, Goran I. Jovanović, Žarko Nestorović	
14.8 #344	125
RAZMATRANJE SLUČAJA AKO SNAGA SOLARNIH PANELA PREMAŠUJE SNAGU POTROŠNJE U NISKONAPONSKOJ MREŽI	
<i>CASE CONSIDERATION IF SOLAR PANELS POWER EXCEEDS CONSUMPTION IN THE LOW-VOLTAGE NETWORK</i>	
Siniša Spremić; Aleksandar Antonić	
15. GRAĐANKE I GRAĐANI U ENERGETSKOJ TRANIZICIJI / CITIZENS IN ENERGY TRANSITION	
15.1. #363	126
DOMAĆINSTVA I ENERGETSKA TRANZICIJA U REPUBLICI SRBIJI: PRAVNI OKVIR I STVARNA PRAKSA	
<i>HOUSEHOLDS AND ENERGY TRANSITION IN THE REPUBLIC OF SERBIA: LEGISLATIVE FRAMEWORKS AND REAL PRACTICE</i>	
Aleksandar Madžarević; Boban Pavlović; Dušan Mojić; Dejan Ivezić; Marija Živković	
15.2. #366	127
PREKO ZAJEDNIČKE ENERGIJE DO ZAJEDNIČKOG OTREŽNJENJA	
<i>THROUGH COMMUNITY ENERGY TO ENERGY SOBRIETY</i>	
Davor Končalović; Dubravka Živković; Filip Nastić; Ana Džokić; Marc Neelen; Nenad Maričić; Chris Vrettos	
15.3. #456	128
GRAĐANSKA SVEST I ENERGETSKA KULTURA KAO GARANCIJA ODRŽIVE ENERGETSKE TRANZICIJE: SVET I SRBIJA	
<i>CITIZEN AWARENESS AND ENERGY CULTURE AS A GUARANTEE OF A SUSTAINABLE ENERGY TRANSITION: THE WORLD AND SERBIA</i>	
Petar Đukić	
15.4. #359	129
ENERGY COMMUNITIES AS A LEGAL PHENOMENON: KEY CHARACTERISTICS OF THE ANALYTICAL FRAMEWORK	
Predrag Cvetković	
15.5. #369	131
UPOTREBA ALTERNATIVNIH MERA JAVNE POLITIKE ZA OSTVARENJE CILJEVA UŠTEDA ENERGIJE: STUDIJA SLUČAJA IZ SRBIJE	
<i>THE USE OF ALTERNATIVE PUBLIC POLICY MEASURES TO ACHIEVE ENERGY SAVING GOALS: A CASE STUDY FROM SERBIA</i>	
Filip Blagojević; Aleksandar Macura; Jasminka Young	
15.6. #432	132
ENERGETSKA BUDUĆNOST GRADOVA: ŠTA JE VAŽNO IZ UGLA RAZLIČITIH ZAJEDNIČKIH STRANA	
<i>THE ENERGY FUTURE OF CITIES: PERSPECTIVES FROM DIFFERENT STAKEHOLDERS</i>	
Jelena Nikolić; Dušan Gordić; Vladimir Vukašinović; Dubravka Živković; Davor Končalović; Mladen Josijević	
15.7. #430	133
ENERGETSKE ZAJEDNICE U SRBIJI I EVROPI: KOMPATIVNA ANALIZA REGULATONNIH OKVIRA	
<i>ENERGY COMMUNITIES IN SERBIA AND EUROPE: A COMPARATIVE ANALYSIS OF REGULATORY FRAMEWORKS</i>	
Jelena Nikolić; Karl Sperling; Peter Sorknæs; Henk-Jan Kooij; Martijn Gerritsen; Maja Louise Ørsted Clemmensen	
15.8. #487	134
ELEKTRIČNI PUTEVI BUDUĆNOSTI: INOVACIJE U ODRŽIVOJ SAOBRAĆAJNOJ INFRASTRUKTURI	
<i>ELECTRIC ROADS OF THE FUTURE: INNOVATIONS IN SUSTAINABLE TRAFFIC INFRASTRUCTURE</i>	
Dejan Janjić; Branko Koprivica	

16. AKTUELNE TEME IZ DISTRIBUTIVNIH MREŽA - DISTRIBUTIVNI SISTEM U USLOVIMA ENERGETSKE TRANZICIJE / CURRENT TOPICS FROM DISTRIBUTION NETWORKS - DISTRIBUTION SYSTEM IN CONDITIONS OF ENERGY TRANSITION

16.2. #388	135
IZAZOVI ZA ENERGETSKU TRANZICIJU POVEZANI SA DISTRIBUTIVNIM SISTEMOM I PREDLOZI ZA NJHOVO PREVAZILAŽENJE CHALLENGES FOR THE ENERGY TRANSITION RELATED TO THE DISTRIBUTION SYSTEM AND PROPOSALS FOR OVERCOMING THEM	
Dunja Grujić; Jelisaveta Krstivojević; Jelena Stojković Terzić	
16.3. #404	136
IZAZOVI PROCEDURE PRIKLJUČENJA ELEKTRANA NA DSEE U RS CHALLENGES OF THE PROCEDURES FOR CONNECTING POWER PLANTS TO EDS IN THE RS	
Obrenko Čolić; Biljana Janković; Marija Kričak	
16.4. #427	137
UTICAJ INTEGRACIJE KUPACA-PROIZVOĐAČA NA GUBITKE ELEKTRIČNE ENERGIJE I NASTALI IZAZOVI U ELEKTRODISTRIBUTIVNOM SISTEMU CRNE GORE INFLUENCE OF THE PROSUMER INTEGRATION ON ELECTRICITY LOSSES AND ARISING CHALLENGES IN THE ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM OF MONTENEGRO	
Milena Vukčević; Jelena Gajović; Dražen Jovanović	
16.5. #409	138
PLANIRANJE I SPROVOĐENJE NABAVKE ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA POKRIVANJE GUBITAKA OPERATORA DISTRIBUTIVNOG SISTEMA CRNE GORE NA TRŽIŠNIM OSNOVAMA PLANNING AND IMPLEMENTATION OF ELECTRICITY PROCUREMENT TO COVER THE LOSSES OF THE DISTRIBUTION SYSTEM OPERATOR OF MONTENEGRO ON A MARKET BASIS	
Jovana Maljković; Stevan Živković; Milena Vukčević; Vladimir Ivanović	
16.6. #410	139
FLEKSIBILNOST ELEKTRODISTRIBUTIVNOG SISTEMA CRNE GORE I MOGUĆNOSTI ZA NJENO UNAPREĐENJE FLEXIBILITY OF DISTRIBUTION POWER SYSTEM SISTEMA OF MONTENEGRO AND OPPORTUNITIES FOR ITS IMPROVEMENT	
Andrija Vujović; Stevan Živković	
16.7. #446	140
PRAKTIČNA ISKUSTVA IZ BIH U OTKUPU ELEKTRIČNE ENERGIJE OD MALIH I SREDNJIH PROIZVOĐAČA IZ OIE PRACTICAL EXPERIENCES FROM BOSNIA AND HERZEGOVINA IN PURCHASING ELECTRICITY FROM SMALL AND MEDIUM RENEWABLE ENERGY PRODUCERS	
Miroslav Divčić; Mladen Apostolović; Milan Timotija	
16.8. #466	141
POSLEDICE UVOĐENJA TRŽIŠTA FLEKSIBILNOSTI NA DISTRIBUTIVNOM NIVOU NA OPERATORA PRENOSNOG SISTEMA IMPLICATION OF THE INTRODUCTION OF THE FLEXIBILITY MARKET AT THE DISTRIBUTION LEVEL ON THE TRANSMISSION SYSTEM OPERATOR	
Nikola Tošić; Marko Zarić; Jadranka Janjanin; Saša Zdravković	

17. ENERGETSKA I EMISIONA EFIKASNOST SISTEMA / ENERGY AND EMISSION EFFICIENCY OF THE SYSTEM

17.1. #440	143
METODOLOGIJA PRORAČUNA KARBONSKOG OTISKA PROIZVODA NA PRIMERU MLEKARE A METHODOLOGY FOR CALCULATING PRODUCT CARBON FOOTPRINT IN THE CASE OF A DIARY	
Mladen Josijević; Dušan Gordić; Vanja Šušteršić; Vladimir Vukašinović; Dubravka Živković; Jelena Nikolić	
17.2. #441	144
ENERGETSKA EFIKASNOST KOMONENTI I SISTEMA VODNE HIDRAULIKE -TRIBOLOŠKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA I RAZVOJA ENERGY EFFICIENCY OF WATER HYDRAULICS COMPONENTS AND SYSTEMS - TRIBOLOGY ASPECTS OF RESEARCH AND DEVELOPMENT	
Nenad Todić; Slobodan Savić; Blaža Stojanović; Snežana Vulović	

17.3. #352	145
POBOLJŠANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI PRIMENOM BATERIJA ZA KOMUNALNU PUMPNU STANICU ZA VODOSNABDEVANJE	
MUNICIPAL WATER SUPPLY PUMPING STATION ENERGY EFFICIENCY IMPROVEMENT USING BATTERIES	
Marijan Dominković; Danijel Pavković; Sandra Stanković; Karlo Kvaternik; Mihael Cipek	
17.4. #406	146
PRIMJENA DVOGORIVNIH MOTORA U BRODSKOM POGONU: IZAZOVI I PERSPEKTIVE	
APPLICATION OF DUAL-FUEL ENGINES IN MARINE PROPULSION: CHALLENGES AND PERSPECTIVES	
Sead Cvrk; Draško Kovač; Đorđe Nedeljkov	
17.5. #407	147
ANALIZA ENERGETSKE EFIKASNOSTI BRODSKIH ENERGETSKIH SISTEMA	
ANALYSIS OF ENERGY EFFICIENCY OF SHIP ENERGY SYSTEMS	
Draško Kovač; Sead Cvrk; Đorđe Nedeljkov	
17.6. #408	148
PRIMENA GEOGRAFSKIH INFORMACIONIH SISTEMA (GIS) U IZRAČUNAVANJU VEGETACIONOG INDEKSA	
APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS) IN VEGETATION INDEX CALCULATION	
Nikola Stanković	
17.7. #379	149
HYBRID PUMPED HYDRO STORAGE	
Matej Fike	
17.8. #365	150
PROCENA EMISIJE UGLJEN-DIOKSIDA NA FARMAMA MLEKA	
ASSESSMENT OF CARBON-DIOXIDE EMISSIONS ON DAIRY FARMS	
Anđela Ivković; Mladen Josijević; Dušan Gordić; Đorđe Ivković	
 18. ENERGETSKA TRANZICIJA, NOVE TEHNOLOGIJE, POGONSKI ASPEKTI I ODRŽAVANJE / ENERGY TRANSITION, NEW TECHNOLOGIES, OPERATIONAL ASPECTS AND MAINTENANCE	
18.1. #450	151
MODELIRANJE KVALITETA VODA U ZONI RUDNIKA SA POVRŠINSKOM EKSPLOATACIJOM LIGNITA, PRIMENOM METODA DALJINSKE DETEKCije I GIS-A	
MODELING OF WATER QUALITY IN A SURFACE MINE ZONE EXPLOITATION OF LIGNITE, APPLICATION OF REMOTE DETECTION METHODS AND GIS	
Milisav Tomić; Milica Živanović; Miodrag Tomić; Miodrag Đurović; Nikola Petrović; Zorica Gojak	
18.2. #477	152
VIBRACIONO TERMIČKI INDIKATOR OŠTEĆENJA KLIZNIH LEŽAJEVA	
VIBRATION THERMAL INDICATOR OF SLIDING BEARING DAMAGE	
Ranko Antunović	
18.3. #384	153
UNAPREĐENJE PREDIKCIJE SNAGE NA IZLAZU HIDROELEKTRANE KROZ KLASTER ANALIZU PODATAKA I KOMBINOVANI MODEL VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA	
IMPROVEMENT OF POWER OUTPUT PREDICTION IN HYDROELECTRIC PLANTS THROUGH CLUSTER ANALYSIS OF DATA AND A COMBINED ARTIFICIAL NEURAL NETWORK MODEL	
Stefan Čubonović; Aleksandar Ranković; Marko Krstić	
18.4. #412	154
VLAGA U ENERGETSKIH TRANSFORMATORA	
MOISTURE IN POWER TRANSFORMERS	
Filip Rzharov	

18.5. #413	155
ANALIZA VOĐENA VEŠTAČKOM INTELIGENCIJOM ZA OPTIMIZACIJU UPRAVLJANJA VELIKOM FLOTOM VISOKONAPONSKIH ELEMENATA POMOĆU PAMETNIH ALATA	
<i>AI-DRIVEN ANALYSIS FOR OPTIMIZING LARGE FLEET MANAGEMENT OF HIGH-VOLTAGE ASSETS USING SMART TOOLS</i>	
Filip Rzharov	
18.6. #420	156
POREĐENJE RAZLIČITIH TIPOVA MOKRIH POLJA U PREČIŠĆAVANJU OTPADNE VODE	
<i>COMPARISON OF DIFFERENT TYPES OF CONSTRUCTED WETLANDS FOR WASTEWATER TREATMENT</i>	
Nikola Stanković	
18.7. #425	157
IZRADA I PRIMENA UREĐAJA ZA MERENJE OPERACIONIH VREMENA GENERATORSKOG PREKIDAČA U HE ĐERDAP 1	
<i>DEVELOPMENT AND APPLICATION OF A DEVICE FOR MEASUREMENT OF GENERATOR CIRCUIT BREAKER OPERATING TIMES IN THE ĐERDAP 1 HYDRO-POWER PLANT</i>	
Dragan Nikolić; Miloš Gicić; Petar Nikolić; Dragan Marinović; Žarko Nestorović	

Tehno-ekonomska analiza rada elektroenergetskog sistema sa integracijom električnih vozila

Techno-economic analysis of the power system operation with the integration of electric vehicles

Jovana Nikodijević*, Mileta Žarković**, ...

* Go2Power d.o.o., Beograd

** Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd

Rezime - Energetska tranzicija i povećana primena obnovljivih izvora energije u elektroenergetskim sistemima dovode do izazova u upravljanju mrežom. Jedan od značajnih faktora u ovom procesu je integracija električnih vozila (EV) i njihova mogućnost dvosmernog punjenja kroz *Vehicle-to-Grid* (V2G) tehnologiju, koja omogućava vraćanje energije iz baterija EV u mrežu. Ovaj rad analizira uticaj V2G tehnologije na stabilnost napona u distributivnoj mreži naponskog nivoa 35 kV, kao i njen ekonomski značaj za sistem. Pomoću PLEXOS i MATLAB softverskih paketa, modelovani su različiti scenariji punjenja i pražnjenja EV, uz solarne elektrane kao primarni obnovljivi izvor. Rezultati ukazuju na pozitivne efekte V2G tehnologije, uključujući poboljšanje naponskih prilika i smanjenje operativnih troškova. Ekonomska analiza pokazuje da V2G omogućava uštede potrošačima i smanjuje potrebu za konvencionalnim izvorima snabdevanja tokom vršnih opterećenja. Međutim, ubrzano trošenje baterija EV predstavlja značajan izazov, te se preporučuju dalja istraživanja radi unapređenja tehnologije i razvoja regulatornih okvira za široku primenu V2G u budućnosti.

Ključne reči - Energetska tranzicija, Električna vozila, Naponska stabilnost, Ekonomska analiza

Abstract - The energy transition and increased application of renewable energy sources in power systems pose challenges in electric grid management. One significant factor in this process is the integration of electric vehicles (EVs) and their capability for bidirectional charging through *Vehicle-to-Grid* (V2G) technology, enabling energy return from EV batteries to the grid. This paper analyses the impact of V2G technology on voltage stability in a 35 kV distribution network and its economic significance for the system. Using PLEXOS and MATLAB software packages, various EV charging and discharging scenarios were modelled, with solar power plants as the primary renewable energy source. The results indicate positive effects of V2G technology, including improved voltage conditions and reduced operational costs. Economic analysis shows that V2G enables consumer cost savings and reduces the need for conventional supply sources during peak loads. However, accelerated battery wear in EVs presents a significant challenge, and further research is recommended to enhance the technology and develop regulatory frameworks for the broader adoption of V2G in the future.

Index Terms - Energy Transition, Vehicle-to-Grid (V2G), Voltage Stability, Economic Analysis

Proračun godišnje potrošnje energije toplotne pumpe metodom temperaturnih segmenta

Calculation of Annual Energy Consumption of a Heat Pump by Bin-method

Branislav Petrović*, Marija Vasilev*, Miloš Banjac*

* Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, Beograd

Rezime - Odlika toplotnih pumpi da električnu energiju iskoriste da preuzmu toplotu iz okoline (zemlje, vode ili vazduha) i predaju u prostor koji se greje, tri do šest puta više toplote nego što potroše električne energije, po efikasnosti ih čini neprikosnovenim u tehnici grejanja. Isto svojstvo pokazuju i u slučaju kada se u letnjem periodu koriste za obezbeđivanje potreba za hlađenjem. Među njima, zbog najmanjih investicionih troškova kao i mogućnosti da se primene na svakoj lokaciji, iako energetske najmanje efikasne, najčešće su u primeni toplotne pumpe koji okolni vazduh koriste kao izvor (ponor) toplote – tzv. vazduh-voda ili vazduh-vazduh toplotne pumpe. Budući da njihova efikasnost, tj. koeficijent grejanja u zimskom periodu, kada se koriste za potrebe grejanja i koeficijent hlađenja, kada se u letnjem periodu koriste za potrebe hlađenja, zavisi od temperature okolnog vazduha, za određivanje ukupne potrošnje energije primenjuju se metode koje uključuju i podatke o temperaturi okolnog vazduha. Mada postoji mnogo različitih metoda, standard ISO EN 15316-4-2:2017/AC:2017 predviđa korišćene samo dve i to tzv. metodu stepen dana i tzv. metodu temperaturnih segmenata (eng. bins).

U domaćoj praksi, koristi se jednostavnija i manje precizna, pa čak i potpuno neadekvatna za određivanje potrošnje energije u letnjem periodu, metoda stepen dana, dok je iako pouzdanija, metoda temperaturnih segmenata ostala praktično nepoznata i nije u upotrebi. Osnovanu prepreku za njeno korišćenje, između ostalog predstavlja neophodnost poznavanja vrednosti časovnih temperatura spoljašnjeg vazduha tokom sezone grejanja, odnosno sezone hlađenja.

U svrhu upoznavanja sa ovom pouzdanijom i preciznijom metodom proračuna - metodom temperaturnih segmenata, predstavljene su njene teorijske osnove, koncept i elementi proračuna, a na konkretnom primeru objekta Upravne zgrade EPS AD Ogranka „Drinsko-Limske“ HE u Bajinoj Bašti, prikazan proračun godišnje potrošnje električne energije potrebne za pogon toplotne pumpe za obezbeđivanje grejanja i hlađenja ovog objekta.

Ključne reči - metoda temperaturnih segmenata; metoda proračuna energetske analize; toplotna pumpa; godišnja potrošnja energije ×

Abstract - The characteristic of heat pumps to use electrical energy to extract heat from the environment (such as from the ground, water, or air) and deliver it to the space being heated, providing three to six times more heat than the electrical energy consumed, makes them unrivaled in heating technology. The same property is exhibited when used in the summer to meet cooling needs. Among them, due to their lowest investment costs and the possibility of being applied in any location, although they are the least energy-efficient, the most commonly used are air-source heat pumps – the so-called air-to-water or air-to-air heat pumps. Since their efficiency, namely the coefficient of performance (*COP*) for heating in the winter and the energy efficiency ratio (*EER*) for cooling in the summer, is influenced by the ambient air temperature, methods that account for outdoor air temperature variations are employed to calculate total energy consumption. Although there are various methods, the standard ISO EN 15316-4-2:2017/AC:2017 specifies the use of only two methods: the so-called degree-day method and the bin method.

In domestic practice, a simpler and less accurate, and even entirely inadequate method for determining energy consumption during the summer period, the degree-day method, is used. Although more reliable, the bin-method has remained practically unknown and is not in use. A significant obstacle to its application is, among other things, the need for knowledge of the hourly outdoor air temperatures during both the heating and cooling seasons.

To introduce this more reliable and accurate calculation method – the bin method, its theoretical foundations, concept, and calculation elements are presented. A concrete example of the calculation of the annual electricity consumption required for the operation of a heat pump to provide heating and cooling for the building is shown for the Administrative Building of EPS AD Branch "Drinsko-Limske" HE in Bajina Bašta.

Index Terms - bin-method; energy analysis calculation method; heat pump; annual energy consumption

Matematički modeli sistema za hlađenje pokretanih energijom sunčevog zračenja

Mathematical models of solar driven cooling systems

Marija VASILEV*, Miloš BANJAC*

* Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, Beograd

Rezime - S obzirom na sve intenzivnije i očiglednije promene klime i porast globalne temperature, a istovremeno i na rast svetske populacije i ubrzane procese migracije stanovništva iz ruralnih u urbane sredine, potrošnja energije za hlađenje stambenog i poslovnog prostora je u stalnom porastu, sa tendencijom da će se i dalje ubrzano uvećavati. Sa druge strane, s obzirom na danas opšteprihvaćenu teoriju da je porast globalne temperature prouzrokovan povećanim antropogenim emisijama gasova sa efektom staklene bašte, kao jedan od ključnih načina za usporavanje njenog porasta ustanovljen je princip neophodnosti prelaska sa fosilnih goriva na korišćenje obnovljivih izvora energije (OIE). U tom smislu, povezujući porast potreba za energijom za hlađenje i prelazak na korišćenje OIE, kao optimalno rešenje nameće se korišćenje sunčeve energije za potrebe hlađenja. U prilog tome idu činjenice da je, među svim vrstama OIE, korišćenje sunčeve energije najperspektivnije jer je neiscrpno, svuda dostupno i gotovo bez efekata zagađivanja okoline. Pored toga, potrebe za hlađenjem su najveće upravo kada i sunčevo zračenje dostiže svoj maksimum, a i potreba za hlađenjem je veća u oblastima sa toplijom klimom. Jedna od mogućih tehnologija koje omogućavaju ostvarivanje procesa hlađenja pomoću sunčeve energije predstavljaju apsorpcioni rashladni sistemi. Usled razvijanja sve efikasnijih sistema za prikupljanje i skladištenje sunčeve energije, postoji mnogo razloga za sve veće istraživanje u oblasti apsorpcionih rashladnih sistema. Pored objašnjenja principa rada i sagledavanja energetskih tokova, te određivanja energetskih stepena korisnosti ovih sistema u ovom radu su predstavljeni do sada razvijeni matematički modeli sistema za hlađenje pokretanih energijom sunčevog zračenja i izvršena njihova termodinamička analiza.

Ključne reči - solarno hlađenje, apsorpcioni rashladni sistemi, matematički modeli

Abstract - Considering the increasingly intense and obvious climate change and the increase in global temperature, as well as the growth of the world population and the accelerated process of population migration from rural to urban areas, the energy consumption for cooling residential and commercial spaces is constantly increasing, with a tendency to continue to increase rapidly. On the other hand, given the widely accepted theory that the increase in global temperature is caused by increased anthropogenic emissions of greenhouse gases, transitioning from fossil fuels to renewable energy sources (RES) has been established as a key strategy for slowing this temperature rise. In this sense, linking the growing demand for cooling energy and the transition to the use of RES, the use of solar energy for cooling purposes is imposed as an optimal solution. This is supported by the fact that, among all types of RES, the use of solar energy is the most promising because it is inexhaustible, available everywhere and almost without the effects of environmental pollution. In addition, the demand for cooling is greatest precisely when solar radiation reaches its maximum, and the need for cooling is greater in areas with a warm climate. One of the possible technologies that enable the realization of the cooling process using solar energy is absorption refrigeration systems. Due to the development of increasingly efficient systems for collecting and storing solar energy, there are many reasons for increasing research in the field of absorption refrigeration systems. In addition to explaining the working principles and observing energy flows, and determining the energy efficiency of these systems, this paper presents the mathematical models of cooling systems powered by solar radiation that have been developed so far and their thermodynamic analysis has been performed.

Index Terms - solar cooling, absorption refrigeration systems, mathematical models

Povećanje energetske efikasnosti kroz toplotnu izolaciju zgrade i prelazak sa daljinskog grejanja na grejanje pomoću toplotne pumpe: termomehanička i ekonomska analiza

Enhancing Energy Efficiency Through Thermal Insulation of the Building and Transfer from District Heating to Heating by Heat Pump: A Thermomechanical and Economic Analysis

Nedžad Rudonja, Miloš Banjac, Milan Gojak, Ružica Todorović

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija

Rezime - Povećanje energetske efikasnosti postojećih objekata značajno doprinosi smanjenju troškova za pokrivanje energetskih potreba objekata, zagađenju životne sredine, emisiji CO₂ i slično. Poboljšanje karakteristika termičkog omotača objekata i primena toplotnih pumpi su česte mere koje preduzimaju investitori, odnosno korisnici objekata. U ovom radu data je tehno-ekonomska analiza primene toplotne izolacije na posmatranom objektu, koja uključuje aktuelne cene svih potrebnih radova i materijala. Takođe, za razmatrani objekat urađena je ekonomska analiza prelaska sa sistema daljinskog grejanja na sistem grejanja visokotemperaturnom toplotnom pumpom vazduh-voda.

Ključne reči - energetska efikasnost; toplotna izolacija; toplotne pumpe; tehno-ekonomska analiza, energetski pregled.

Abstract - Increasing the energy efficiency of existing buildings significantly contribute to reducing costs for meeting the buildings' energy needs, environmental pollution, CO₂ emissions, and similar factors. Improving the characteristics of the building envelope and the application of heat pumps are common measures undertaken by investors or building users. This paper presents a techno-economic analysis of the application of thermal insulation on the examined building, including current prices of all necessary works and materials. Additionally, an economic analysis was conducted for the transition of the considered building from a district heating system to a high-temperature air-to-water heat pump heating system.

Index Terms - energy efficiency; thermal insulation; heat pumps, techno-economic analysis; energy audit.

Analiza korišćenja energije u različitim sektorima u Republici Srbiji

Energy usage analysis in the various sectors in the Republic of Serbia

Ružica Todorović, Milan Gojak, Nedžad Rudonja

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet, Beograd, Srbija

Rezime - Između korišćenja energije i ekonomske razvijenosti jednog društva postoji nesumljiva uzajamna povezanost. S toga je od velikog značaja poznavanje bilansa energije u različitim sektorima jedne države, a sve u cilju definisanja dugoročne strategije razvoja njene energetike. U ovom radu prikazana je analiza korišćenja energije u sektorima industrije, saobraćaja, domaćinstava, poljoprivrede i sektoru ostalih potrošača u Srbiji, za vremenski period od 15 godina. U analizi su korišćeni relevantni statistički podaci o potrošnji energenata između 2008. i 2022. godine. Za svaki od sektora prikazana je struktura korišćenja finalne energije prema vrsti energenata (ugalj, nafta i derivati nafte, prirodni gas, drvna goriva, biogas i industrijski otpad) i vidu energije (električna, toplotna i geotermalna energija). Određeni su udeli korišćenja svih oblika energije u ukupno korišćenoj energiji u navedenim sektorima, kao i na nivou Republike Srbije. Istaknut je značaj energetskeg pregleda u cilju povećanja energetske efikasnosti u različitim sektorima gde se ona koristi.

Ključne reči - korišćenje energije; finalna energija, različiti sektori u Srbiji; energetskeg pregled

Abstract - *There is an unquestionable mutual connection between the use of energy and the economic development of a society. Therefore, it is of great importance to know the energy balance in different state sectors, all in order to define a long-term strategy for the development of its energetics. This paper presents an analysis of energy use in sectors of industry, transport, households, agriculture and other consumer sectors in Serbia, for a period of 15 years. Relevant statistical data on the different energy sources consumption between 2008 and 2022 were used in the analysis. For each of the sectors, the structure of final energy use is shown according to the type of energy source (coal, oil and oil derivatives, natural gas, wood fuel, biogas and industrial waste) and type of energy (electricity, heat and geothermal energy). The shares of all forms of energy use in the total energy used in the considered sector, as well as at the level of the Republic Serbia, were determined. The importance of the energy audit was highlighted in order to increase energy efficiency in various sectors where it is used.*

Index Terms - energy use; final energy, various sectors in Serbia; energy audit

Određivnje količine toplote akumulisane u zidu pri nestacionarnim promenama temperature spoljašnjeg vazduha

Determination of the amount of heat accumulated in the wall in conditions of changeable outside temperature

Branislav Petrović*, Sandra Kovačević*, Miloš Banjac*

* Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Kraljice Marije 16, Beograd

Rezime - Iako standard EN ISO 13790:2010 „Energetske performanse zgrada - Proračun energije koja se koristi za grejanje i hlađenje“ pruža tri metode proračuna (jedan kvazi-stacionarni mesečni metod i dva dinamička – jednostavan i detaljan časovni metod), trenutno važeći Pravilnik o energetske efikasnosti zgrada (Sl. glasnik RS, br. 61/2011) iz 2011. godine propisuje da se za izračunavanje godišnje količine toplote potrebne za grejanje zgrade koristi najjednostavniji i najnepouzdaniji kvazi-stacionarni mesečni metod. Baš kao što i glasi naziv metode, on se zasniva na pretpostavci da su procesi prolaženja toplote stacionarni, što znači da se temperature spoljašnjeg vazduha i vazduha unutar zgrade ne menjaju tokom vremena. Posledično, ovaj metod ne uzima u obzir akumulaciju toplote u građevinskim elementima zgrade, što može dovesti do značajnih razlika između proračunatih vrednosti i stvarnog stanja. Nedostaci ovog pristupa, koji su prvenstveno posledica neuzimanja u obzir nestacionarnosti procesa, prepoznati su od strane mnogih evropskih institucija, što je dovelo ne samo do prestanka korišćenja ove metode, već i do povlačenja standarda EN ISO 13790:2010, a umesto njega uveden je novi standard EN ISO 52016-1:2017 „Energetske performanse zgrada – Energetske potrebe za grejanje i hlađenje, unutrašnje temperature i osetna i latentna toplotna opterećenja – Deo 1: Proračunske procedure“.

U cilju utvrđivanja nivoa greške koja se pravi, u ovom radu upoređene su vrednosti toplotnih protoka, koji se dobijaju primenom stacionarnog i nestacionarnog, tj. dinamičkog pristupa, a koji obuhvata promene temperature spoljašnjeg vazduha i akumulaciju toplote u građevinskim elementima. Dinamički proračun nestacionarnog harmonijskog prolaženja toplote kroz građevinske elemente sproveden je korišćenjem numeričkih simulacija u programu Python.

Ključne reči - nestacionarno prolaženje toplote, akumulacija toplote, numerička simulacija, energetske performanse zgrada, toplotni gubici

Abstract - Although the EN ISO 13790:2010 standard "Energy performance of buildings - Calculation of energy use for space heating and cooling" provides three calculation methods (one quasi-stationary monthly method and two dynamic methods – a simple and a detailed hourly method), the currently valid Regulation on Energy Efficiency of Buildings (Official Gazette of the Republic of Serbia, no. 61/2011) from 2011 prescribes the use of the simplest and least reliable quasi-stationary monthly method for calculating the annual heat demand of building. As the name of the method suggests, it is based on the assumption that the heat transfer processes are stationary, meaning that the external air temperature and the air temperature inside the building do not change over time. Consequently, this method does not account for amount of heat accumulated in the building's structural elements, which can lead to significant differences between the calculated values and the actual conditions. The drawbacks of this approach, primarily resulting from the failure to consider the non-stationary nature of the processes, have been recognized by many European institutions, which has led not only to the abandonment of this method but also to the removal of the EN ISO 13790:2010 standard. It has been replaced by the new standard EN ISO 52016-1:2017 "Energy performance of buildings — Energy needs for heating and cooling, internal temperatures and sensible and latent heat loads – Part 1: Calculation procedures."

In order to determine the error introduced by using the quasi-stationary monthly method, which is still valid in Serbia but abandoned in the European Union, for determining the annual heat demand of building, this paper compares the values of heat flows and total heat losses obtained by applying both stationary and non-stationary, i.e., dynamic, approach, which account for variations in external air temperature and heat accumulation in the building's structural elements. The dynamic calculation of non-stationary harmonic heat transfer through building elements was performed using numerical simulations with specialized software developed for this purpose.

Index Terms - transient heat transfer, heat accumulation, numerical simulation, energy performance of buildings, heat losses

Poređenje i analiza vrednosti koeficijenta transmisionih gubitaka toplote prema tlu određenog prema EN ISO 13790:2010 i EN ISO 13370:2017

Comparison and analysis of the total heat transfer coefficient to the ground determined according to EN ISO 13790:2010 and EN ISO 13370:2017

Sandra Lj. Kovačević*, Branislav N. Petrović*, Miloš J. Banjac*

** Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet*

Rezime - U nameri da se ustanovi kolike razlike nastaju pri korišćenju u Srbiji trenutno aktuelnog proračuna za određivanje koeficijenta transmisionih gubitaka toplote prema tlu prema EN ISO 13790:2010, čija je upotreba propisana Pravilnikom o energetske efikasnosti zgrada ("Sl. glasnik RS", br. 61/2011) i proračuna prema standardu EN ISO 13370:2017, koga propisuje nova revidirana direktiva EPBD EU/2024/1275 u radu su predstavljene obe metode, a rezultati proračuna i odstupanja upoređena i analizirana na konkretnom primeru. Između ostalog, ustanovljeno je da za razliku od prethodne mesečne/sezonske metode, utvrđene standardom EN ISO 13790, koja ne obuhvata inerciju tla, metoda iz standarda EN ISO 13370:2017 obuhvata ne samo razlike temperature zemljišta u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha, već i inerciju, tj. kašnjenje promene temperature tla u odnosu na temperaturu spoljašnjeg vazduha, što je čini superiornijom, a rezultate dobijene njenim korišćenjem kvalitetnijim i pouzdanijim.

Ključne reči - koeficijent transmisionih gubitaka toplote prema tlu; EN ISO 13790:2010; EN ISO 13370:2017

Abstract - In order to establish the differences arising from the use of the currently applicable calculation method for determining the total heat transfer coefficient to the ground in Serbia, according to EN ISO 13790:2010, which is prescribed by the Rulebook on Energy Efficiency of Buildings ("Official Gazette of RS", No. 61 /2011), and the calculation according to the EN ISO 13370:2017 standard, which is prescribed by the new revised directive EPBD EU/2024/1275, both methods are presented in this study. The calculation results and deviations are compared and analyzed based on a specific example.

Among other things, it was found that, unlike the previous monthly/seasonal method established by the EN ISO 13790 standard, which does not include thermal inertia of the ground, the method from the EN ISO 13370:2017 standard not only considers the temperature differences of the ground in relation to the outside air temperature, but also inertia, that is delay in the change of ground temperature in relation to the temperature of the outside air. That makes it superior, and the results obtained using this method are more accurate and reliable.

Index Terms - heat transfer coefficient to the ground; EN ISO 13790:2010; SRPS EN ISO 13370:2017

Smanjenje emisije zagađujućih materija i potrošnje energije u zgradarstvu korišćenjem procene životnog ciklusa

Reduction of pollutant emissions and energy consumption in buildings using life cycle assessment

Sandra Lj. Kovačević *, Mirko S. Komatina *, Miloš J. Banjac *

* Univerzitet u Beogradu Mašinski fakultet

Rezime – Za procenu ekološkog uticaja na životnu sredinu i potrošnje energije sektora zgradarstva koristi se metoda procene životnog ciklusa (LCA). Navedena metodologija predstavlja kompleksan proces koji obuhvata sve faze od procesa proizvodnje i transporta sirovina za proizvodnju građevinskih materijala, fazu izgradnje objekata, njihovog korišćenja, do odlaganja i reciklaže materijala nakon isteka životnog veka. S obzirom da je određivanje ekoloških uticaja kompleksan proces, koriste se softverski alati koji su dizajnirani za sprovođenje analize životnog ciklusa (LCA), analize ugljeničnog otiska (CF - carbon footprint) ili određivanje drugih ekoloških pokazatelja, kao što su: GaBi, SaaS, Open LCA i SimaPro. U cilju poređenja različitih građevinskih materijala, u radu je opisan postupak sprovođenja LCA analize za različite građevinske elemente: laka konstrukcija slama-glina, kob, zemljani zid, izolovani zemljani zid, izolovani drveni zid, betonski zid i izolovani betonski zid. Prikazana je i analiza inventara životnog ciklusa (LCI) u svim fazama proizvodnje u cementnoj industriji, ukoliko bi se koristio cement proizveden u Srbiji za dobijanje betonskog zida. Vrednosti emisija gasova staklene bašte izražene su preko CO₂ eq.

Analizom dobijenih rezultata je utvrđeno da je potrošnja energije u toku procesa proizvodnje i transporta značajno veća nego u samom procesu eksploatacije sirovina. Najveći uticaj na emisiju zagađujućih materija kod betonskih zidova ima proces proizvodnje cementa, zbog štetnih i opasnih materija koje se ispuštaju u procesu proizvodnje, kao i od fugitivnih emisija koje se generišu tokom prenosa i obrade sirovina.

Procenom uticaja na životni ciklus (LCIA) u fazi izgradnje za svih sedam građevinskih elemenata utvrđeno je da se korišćenjem građevinskih elemenata od prirodnih materijala smanjuje potrošnja energije za 30 – 83 %. Emisije zagađujućih materija smanjuju se za 27 – 99 %, dok se zakiseljavanje vazduha smanjuje za 57 – 98 %.

Rezultati istraživanja ukazuju na varijacije u ekološkim uticajima različitih faza, od samog procesa proizvodnje do korišćenja i krajnjeg odlaganja. Kombinovanjem tehnoloških inovacija, održive izgradnje i promene u ponašanju korisnika može se doprineti izgradnji zgrada koje su ekološki prihvatljivije i sa manjom potrošnjom energije tokom njihovog životnog veka. Istraživanje je pokazalo da je opravdan prelazak ka zemljanoj i bio-baziranoj gradnji kao strategiji za smanjenje ekoloških uticaja zgrada na okolinu. Osim što smanjuju emisiju CO₂ eq i potrošnju energije, korišćenje ovih materijala smanjuje ukupnu emisiju zagađujućih materija tokom celokupnog životnog veka.

Ključne reči - procena životnog ciklusa (LCA), inventar životnog ciklusa (LCI), ekološki uticaji, CO₂ eq

Abstract - Life cycle assessment (LCA) is used to evaluate environmental impact and energy consumption of the construction sector. This methodology is a complex process that includes all stages, from the production and transportation of raw materials for building materials, through the construction phase, to the usage and recycling of materials at the end of their lifetime. Since determining any environmental impact is a complex process, software tools designed for conducting LCA, carbon footprint (CF) analysis, or other environmental indicator assessments are used, such as: GaBi, SaaS, Open LCA and SimaPro. For the purpose of comparing different construction materials, the paper outlines the procedure for conducting LCA analysis on various construction elements: light straw clay, cob, rammed earth, insulated rammed earth, insulated wooden wall, concrete wall and insulated concrete wall. Additionally, an analysis of the life cycle inventory (LCI) accross all stages of production in the cement industry is presented, assuming the use of cement produced in Serbia for the production of concrete walls. Greenhouse gas emissions are expressed in terms of CO₂ eq.

The analysis of the obtained results revealed that energy consumption during the production and transportation process is significantly higher than during the raw material extraction phase. The cement production process has the greatest impact on the emission of pollutants that affect human health in concrete walls, due to harmful and hazardous substances released during production, as well as fugitive emissions generated during the transport and processing of raw materials.

Life cycle impact assessment (LCIA) during the construction phase of all seven building elements showed that using building elements made from natural materials reduces energy consumption by 30 – 83 %. Pollutant emissions are reduced by 27 - 99 %, while air acidification is reduced by 57 - 98 %.

The research results indicate variations in the environmental impacts across different stages, from the production process to the use and final disposal. By combining technological innovations, sustainable construction practices, and changes in user behavior, it is possible to contribute to the construction of buildings that are more environmentally friendly and have lower energy consumption throughout their lifecycle. The study showed that transitioning to earth and bio-based construction is a justified strategy for reducing the ecological impact of buildings on the environment. In addition to reducing CO₂ eq emissions and energy consumption, the use of these materials also alters the total emissions of pollutants throughout the entire life cycle.

Index Terms - life cycle assessment (LCA), life cycle inventory (LCI), environmental impacts, CO₂ eq

Evaluacija mera za uštedu energije na postojećim stambenim zgradama na Novom Beogradu upotrebom modeliranja energetske performansi zgrada

Evaluation of Energy Conservation Measures for Existing Residential Buildings in Novi Beograd Using Building Energy Modeling

Dr. Dimitrije Manić^{*}, prof. dr. Mirko Komatina^{}, dr. Dragi Antonijević^{*}, prof. dr. Olivera Ećim-Đurić^{***}, prof. dr. Dejan Ivezić^{****}**

^{*}The Innovation Center of the Faculty of Mechanical Engineering in Belgrade, Kraljice Marije 16, Belgrade

^{**}University of Belgrade Faculty of Mechanical Engineering, Kraljice Marije 16, Belgrade

^{***} University of Belgrade Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Beograd – Zemun

^{****} University of Belgrade Faculty of Mining and Geology, Dušina 7, Belgrade

Rezime - Objekti stare gradnje čine najveći deo postojećeg stambenog fonda u Republici Srbiji i po pravilu su energetske neefikasne, što ih svrstava među ključne činioce u procesu energetske tranzicije. Ovaj rad se bavi analizom mogućnosti za smanjenje potrošnje energije, emisija zagađujućih materija i gasova sa efektom staklene bašte, kod ovakvih objekata, kroz energetske sanacije i prelazak na grejanje hibridnim sistemima sa obnovljivim izvorima energije (OIE).

Prethodna istraživanja su na osnovu izmerene potrošnje na postojećim objektima, te korišćenjem proračuna baziranih na kvazi stacionarnim modelima za evaluaciju energetske performansi zgrada (u skladu sa metodologijom iskazanom u Pravilniku o energetske efikasnosti zgrada), pružala procene o postojećim performansama i potencijalnim uštedama energije u slučaju energetske sanacije. Ti rezultati su prezentovani u okviru Nacionalne tipologije stambenih zgrada Srbije i Energetske mape Novog Beograda. Ovaj rad ide korak dalje u dva aspekta, najpre korišćenjem dinamičke simulacije energetske performansi zgrada daje precizniju i detaljniju evaluaciju grupe mera za uštedu energije obrađene u prethodnim istraživanjima, a koje se odnose na građevinsku fiziku tj. energetske sanacije termičkog omotača objekta. Potom, u radu je prikazana i analiza dodatnih mera za uštedu energije, a koje se odnose na primenu hibridnih sistema za grejanje sa obnovljivim izvorima energije, kao i procena ušteda proisteklih iz implementacije takvih mera.

U radu su analizirana dva tipa objekta karakterističnih za Novi Beograd, a to su stambena zgrada tipa lamela (kategorija D4 prema Nacionalnoj topologiji) i stambena zgrada velike spratnosti – soliter (kategorija E6 prema Nacionalnoj tipologiji). Najpre je izrađen detaljan matematičko-fizički simulacioni model, na osnovu podataka o lokaciji, geometriji i građevinskoj fizici. Potom je na osnovu stvarno izmerene potrošnje za grejanje taj model kalibrisan prema ASHRAE-14 kriterijumima. Kalibrisani model je potom usklađen prema uslovima koji se očekuju u periodu nakon implementacije MUE, da bi na kraju takav usklađeni model bio korišćen za simulacije sa ciljem procene ušteda. Rezultati pokazuju da osim mera za uštedu energije koje se odnose na termički omotač objekta, moraju se razmatrati uzeti i mere koje se odnose na modernizaciju sistema grejanja, a koje u pojedinim slučajevima mogu imati i prioritet što se tiče redosleda implementacije.

Ključne reči - Objekti stare gradnje, mere za uštedu energije, grejanje, modeliranje energetske performansi zgrada

Abstract - Old buildings make up the majority of the existing housing stock in the Republic of Serbia and are generally energy inefficient, giving them a critical role in the energy transition process. This paper analyzes the potential for reducing energy consumption, pollutant emissions, and greenhouse gases in such buildings, through energy retrofitting and transition to hybrid heating systems utilizing renewable energy sources (RES).

Previous research efforts were based on measured consumption in existing buildings and calculations using quasi-steady-state models for evaluating building energy performance (in line with the methodology outlined in the Energy Efficiency Regulation for Buildings), provided estimates of current performance and potential energy savings from retrofitting. These results have been presented in the National Typology of Residential Buildings in Serbia and the Energy Map of Novi Beograd.

This study advances the analysis in two aspects. First, by using dynamic simulations of building energy performance, it offers more accurate and detailed evaluations of energy-saving measures addressed in previous research, particularly those related to the building

envelope thermal retrofitting. Second, the study also includes an analysis of additional energy-saving measures focused on implementing hybrid heating systems with renewable energy sources and assessment of the savings from such measures.

The study analyzes two types of buildings characteristic of Novi Beograd: a lamella-type residential building (category D4 according to the National Typology) and a high-rise residential building (category E6 according to the National Typology). A detailed software simulation models were developed based on location, geometry, and construction data. This model was calibrated according to ASHRAE Guideline 14 criteria using actual heating consumption measurements. The calibrated model was then adjusted to reflect post-implementation conditions of energy conservation measures (ECMs), and this adjusted model was used for simulations to estimate savings.

The results show that in addition to energy-saving measures focused on the thermal envelope, modernization of heating systems must also be considered, as such measures can, in some cases, take precedence in the order of implementation.

Index Terms - Existing buildings stock, energy-saving measures, heating, building energy performance modeling.

Proširenje nadležnosti ACER u oblasti električne energije na prostor Zapadnog Balkana

dr Branislava Lepotić Kovačević

Udruženje za pravo energetike Srbije

Rezime - Agencija Evropske unije za saradnju energetskih regulatora (ACER) je institucija Evropske unije osnovana Uredbom (EZ) 713/2009, sa ciljem da pruža podršku regulatornim telima u oblasti energetike osnovanih u članicama Evropske unije.

Uredba (EZ) 713/2009 je stavljena van snage novom Uredbom (EU) 2019/942. Novi pravni okvir proširuje nadležnosti ACER-a u pravcu osnaživanja njegove regulatorne funkcije u procesu povezivanja tržišta energije i usklađivanja funkcionisanja ovog tržišta, dajući mu nadležnost nad regulatornim telima država članica Evropske unije.

Odlukom Ministarskog saveta Energetske zajednice br. 2022/03/MC-EnC, adaptirana je Uredba (EU) 2019/942 za primenu u Energetskoj zajednici, a ACER je dobio nadležnosti i nad Regulatornim odborom Energetske zajednice i regulatornim telima Ugovornih strana Energetske zajednice.

Istom odlukom Ministarskog saveta i adaptiranom Uredbom 2019/942 za primenu u Ugovornim stranama Energetske zajednice, dato je pravo fizičkim i pravnim licima nezadovoljnim odlukama ACER-a da pokrenu drugostepeni postupak protiv odluka ACER-a, kao i da protiv drugostepenih odluka ACER-a pokreću postupke pred Sudom pravde Evropske unije.

U ovom radu će se razmatrati nadležnosti ACER-a, kao institucije Evropske unije, u Ugovornim stranama Energetske zajednice, u oblasti električne energije. Takođe, razmatraće se mogućnosti zaštite prava fizičkih i pravnih lica u Ugovornim stranama Energetske zajednice na koje će se odnositi ove odluke.

Ključne reči - ACER, povezivanje tržišta električne energije, nadležnosti ACER, Energetska zajednica, Sud pravde Evropske unije

Abstract - The European Union Agency for the Cooperation of Energy Regulators (ACER) is an institution of the European Union established by Regulation (EC) 713/2009, with the aim of providing support to regulatory bodies in the field of energy, established in the member states of the European Union.

Regulation (EC) 713/2009 was repealed by the new Regulation (EU) 2019/942. The new legal framework expands the competences of ACER in the direction of strengthening its regulatory function in the process of the energy market coupling and harmonization of the functioning of this market, giving it jurisdiction over the regulatory bodies of the European Union member states.

By decision of the Ministerial Council of the Energy Community no. 2022/03/MC-EnC, Regulation (EU) 2019/942 was adapted for application in the Energy Community, and ACER was given jurisdiction over the Regulatory Board of the Energy Community and the regulatory bodies of the Contracting Parties of the Energy Community.

By the same decision of the Ministerial Council and adapted Regulation 2019/942 for application in the Contracting Parties of the Energy Community, natural and legal persons dissatisfied with the decisions of ACER were given the right to initiate second-instance proceedings against the decisions of ACER, as well as to against the second-instance decisions of ACER, they initiate proceedings before the Court of Justice of the European Union.

In this paper it is going to be considered, the competence of ACER, as an institution of the European Union, in the Contracting Parties of the Energy Community, in the field of electricity. The possibility of protecting the rights of natural and legal persons in the Contracting Parties of the Energy Community influenced by these decisions is also going to be considered.

Index Terms - ACER, electricity market coupling, competences of ACER, Energy Community, Court of Justice of the European Union

TEORIJSKI OKVIR ZA ANALIZU ULOGE I ZNAČAJA ELEKTROPRIVREDNOG PREDUZEĆA

Theoretical Frame for Role and Importance of Electricity Company Analysis

Žarko Nestorović*

*EPS AD Beograd, Ogranak Đerdap, Kladovo

Rezime - U ovom radu razmatra se teorijski okvir za analizu uloge i značaja elektroprivrednog preduzeća u društvu. Analiziraju se mogućnosti primene različitih teorija i koncepata u okviru kojih je moguće tumačiti odnos društva i elektroprivrednog preduzeća. Takođe se objašnjavaju pojedini potencijalni uticaji iz okruženja na elektroprivredno preduzeće i njihovi efekti na rezultate poslovanja i donošenje strategijskih odluka. U okviru ovog rada prikazuju se osnove Stigler-Peltzman modela, Teorije normalnih akcidenata, Konant-Ešbi teoreme i Gedelove teoreme o nekompletnosti. U manjem obimu prikazuju se i drugi standardni okviri za analizu odnosa elektroprivrednog preduzeća i društvenog okruženja.

Ključne reči - poslovno okruženje, Stigler-Peltzman model, Konant Ešbi teorema

Abstract - In this paper the theoretical frame for role and importance of electricity power company is considered which might be useful for research relations between society and electricity companies. Among common analytical frames in this paper some potential influences of environment on the electricity company and their effects on the business results as well as on the strategic decision are explained in the shortest possible way. This paper encompasses the core explanation of following theories and models: Stigler-Peltzman theory, theory of normal accidents, Conant-Ashby theorem, and Gedel's incompleteness theorem. In the smaller scale some other concepts which could be useful for analysing relationships between electricity company and its societal environment.

Index Terms – business environment, Stigler-Peltzman model, Conant-Ashby theorem

Ubrzanje energetske reforme putem uvođenja infrastrukture za alternativna goriva

Accelerating Energy Transition through the Introduction of Alternative Fuels Infrastructure

Miloš Kuzman *

* Udruženje za pravo energetike Srbije, Pjarona de Mondezira 30, Beograd

Rezime - Sve vidljivije posledice klimatskih promena su znak da se intenzivno mora raditi na smanjenju negativnih efekata koje utiču na ubrzano zagrevanje naše planete. Energetske reforme idu u pravcu sve veće prisutnosti obnovljivih izvora energije u energetsom miksu, u kome važno mesto, uz određene preduslove, zauzimaju vozila na obnovljiv i energetski efikasan pogon. Preduslov za značajnije prisustvo vozila na obnovljiv pogon u saobraćaju predstavlja, između ostalog, i garancija sigurnosti snabdevanja alternativnim gorivima. Kako bi alternativna goriva bila dostupna svim korisnicima, potrebno je omogućiti adekvatnu infrastrukturu koja će biti prisutna u potrebnoj meri na celokupnom geografskom području države. U ovom radu biće reči o mogućnostima, preduslovima i obavezi uvođenja infrastrukture za alternativna goriva u Republici Srbiji. Posebna pažnja u radu će biti posvećena električnoj energiji i vodoniku kao gorivima za koje je potrebno u najskorije vreme obezbediti adekvatnu infrastrukturu. Na kraju će biti predloženi zaključci i preporuke u susret donošenju propisa koji se odnose na uvođenje infrastrukture za alternativna goriva.

Ključne reči - alternativna goriva, električna vozila, vodonik, energetska tranzicija

Abstract - The increasingly visible consequences of climate change are a sign that urgent actions must be performed to reduce the negative effects that affect the accelerated warming of our planet. Energy reforms are moving in the direction of the increasing presence of renewable energy sources in the energy mix, in which, with certain preconditions, renewable and energy-efficient vehicles occupy an important place. A prerequisite for a more significant presence of renewable vehicles in traffic is, among other things, the guarantee of security of supply of alternative fuels. In order for alternative fuels to be available to all users, it is necessary to provide adequate infrastructure that will be present to the necessary extent throughout the geographical area of the country. This paper will discuss the possibilities, preconditions and obligations of introducing alternative fuels infrastructure in the Republic of Serbia. Special emphasis will be placed on electricity and hydrogen as fuels for which it is necessary to provide adequate infrastructure as soon as possible. Finally, conclusions and recommendations will be presented in anticipation of the adoption of regulations related to the deployment of alternative fuels infrastructure.

Index Terms - Accelerating Energy Transition through the Introduction of Alternative Fuels Infrastructure

Podsticaji za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora i visokoefikasne kogeneracije i mere za unapređenje energetske efikasnosti u Republici Srbiji

Incentives for Electricity Production from Renewable Energy Sources and High-Efficiency Cogeneration, and Measures to Improve Energy Efficiency in the Republic of Serbia

Tamara Zejak

Advokat u advokatskoj kancelariji Petričić i Partneri AOD u saradnji sa CMS RRH

Rezime: Ovaj rad obrađuje mere podsticaja koje se sprovode u Republici Srbiji radi promocije proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije (OIE) i visokoefikasne kogeneracije električne i toplotne energije, zajedno sa setom ostalih mera koje se primenjuju u cilju unapređenje energetske efikasnosti. Prelazak na održivu proizvodnju i potrošnju energije postao je strateški prioritet za Srbiju, u skladu sa njenim obavezama prema međunarodnim klimatskim sporazumima i težnjama za integraciju u Evropsku uniju. Rad daje pregled regulatornih mehanizama koji su osmišljeni da podstaknu ulaganja u obnovljive izvore energije i kogeneraciju, uključujući i finansijske podsticaje dostupne pravnim i fizičkim licima.

Ključni mehanizmi podsticaja uključuju fid-in tarife i tržišne premije za projekte obnovljive energije (uključujući i projekte visokoefikasne kogeneracije), kao i subvencije za unapređenje energetske efikasnosti.

Tržišna premija je vrsta operativne državne pomoći koja predstavlja dodatak na tržišnu cenu električne energije koju korisnici tržišne premije isporuče na tržište i koja se određuje u evrocentima po kWh u postupku aukcija. Fid-in tarifa je vrsta operativne državne pomoći koja se dodeljuje u obliku podsticajne otkupne cene koja se garantuje po kWh za isporučenu električnu energiju u elektroenergetski sistem u toku podsticajnog perioda, i dodeljuje se po pravilu za manje projekte kapaciteta do 500kW ili 3MW kada je u pitanju elektrana na vetar. Ministarstvo rudarstva i energetike Republike Srbije, kao nadležno telo, raspisalo je dva javna poziva za dodelu tržišnih premija za projekte koji proizvode električnu energiju iz energije vetra i sunca. Prvi javni poziv raspisan je 2023. godine, gde je dodeljeno pravo na tržišnu premiju za kvotu od 400MW i 13,5MW za solarne elektrane. Kvota za vetroelektrane za aukcije raspisane krajem 2024. godine iznosi 300MW za vetroelektrane i 126,5MW za solarne elektrane. Međutim, do sada nije raspisan nijedan javni poziv za dodelu fid-in tarifa ili tržišnih premija za projekte visokoefikasne kogeneracije.

U prethodnom periodu Ministarstvo rudarstva i energetike subvencionisalo je fizička lica – vlasnike stambenih zgrada, porodičnih kuća i stanova za potrebe energetske sanacije nepokretnosti. Prema zvaničnim navodima iz ovog ministarstva, do sada je u tim programima učestvovalo 137 gradova i opština, preko kojih se sprovodi ova mera podsticaja. Javni poziv za 2025. godinu očekuje se da bude raspisan u drugom kvartalu. Takođe, jedna od mera su i subvencije je i finansiranja projekata ugradnje solarnih panela i prateće instalacije za proizvodnju električne energije za sopstvene potrebe u objektima od javnog značaja u jedinicama lokalne samouprave, kao i gradskim opštinama. U toku 2024. godine Ministarstvo rudarstva i energetike raspisalo je takva dva javna poziva.

Ključne reči: obnovljivi izvori energije, mere podsticaja, tržišna premija, aukcije, energetska efikasnost

Rezime (Engleski): This paper examines the incentive measures implemented in the Republic of Serbia to promote electricity production from renewable energy sources (RES) and high-efficiency cogeneration of electricity and heating, alongside a set of other measures aimed at improving energy efficiency. The transition to sustainable energy production and consumption has become a strategic priority for Serbia, in line with its obligations under international climate agreements and its aspirations for European Union integration. This paper provides an overview of the regulatory mechanisms designed to encourage investments in renewable energy and cogeneration, including the available financial incentives available to individuals and companies.

Key incentive mechanisms include feed-in tariffs and market premiums for renewable energy projects (including high-efficiency cogeneration projects), as well as subsidies for energy efficiency improvements.

A market premium is a type of operational state aid provided as an addition to the market price of electricity delivered by premium users to the market. It is determined in euro cents per kWh through an auction process. A feed-in tariff is another type of operational state aid,

provided in the form of a guaranteed purchase price per kWh for electricity delivered to the power grid during the incentive period. Feed-in tariffs are generally awarded to smaller projects with a capacity of up to 500 kW or up to 3 MW in the case of wind power plants.

The Ministry of Mining and Energy of the Republic of Serbia, as the competent authority, has published two public calls for awarding market premiums for projects generating electricity from wind and solar energy. The first public call, issued in 2023, granted market premiums for a quota of 400 MW for wind power plants and 13.5 MW for solar power plants. The auction quotas announced at the end of 2024 include 300 MW for wind power plants and 126.5 MW for solar power plants. However, no public calls have yet been issued for awarding feed-in tariffs or market premiums for high-efficiency cogeneration projects.

In recent years, the Ministry of Mining and Energy has subsidized private individuals—owners of residential buildings, family houses, and apartments—for energy renovation of properties. According to official statements from the said Ministry, 137 municipalities and cities have participated in these programs, which serve as the implementation channels for this incentive measure. A public call for 2025 is expected to be announced in the second quarter of the year.

Additionally, subsidies are available for financing the installation of solar panels and accompanying equipment for electricity generation for self-consumption in buildings of public significance within local self-government units and city municipalities. In 2024 alone, the Ministry of Mining and Energy issued two such public calls.

Ključne reči (Engleski): renewable energy sources, incentives, market premium, auctions, energy efficiency

Energija iz otpada: pravni aspekt proizvodnje vodonika iz komunalnog otpada u Evropskoj uniji

Energy from waste: legal aspects of hydrogen production from municipal waste in the European Union

Bojana Petrović Raičević*

* NIS a.d. Novi Sad, Narodnog fronta 12, Novi Sad

Rezime - Upotreba vodonika kao goriva predstavlja jedan od nosećih stubova energetske tranzicije Evropske unije, čiji je cilj dekarbonizacija i postizanje klimatske neutralnosti do 2050. godine. Proizvodnja vodonika iz komunalnog otpada ima perspektivu da doprinese kako stepenu iskorišćenja otpada, što će značajno uticati na smanjenje deponijskog odlaganja, tako i dekarbonizaciji određenih privrednih sektora koje je teško elektrifikovati poput hemijske ili čelične industrije. Međutim, kako bi ovaj proces bio kompatibilan sa ciljevima postavljenim u Evropskom zelenom dogovoru, kao i u Evropskom zakonu o klimi i drugim strateškim dokumentima, neophodno je ispuniti specifične uslove koje se odnose kako na karakteristike i vrstu samog otpada kao sirovine, tako i na metode njegove obrade.

Cilj rada je analiza evropskog pravnog okvira za proizvodnju vodonika iz komunalnog otpada sa fokusom na usklađivanje sa principima cirkularne ekonomije i održivog upravljanja otpadom.

Prvi deo ovog rada fokusiran je na analizu načela hijerarhije upravljanja otpadom u kontekstu proizvodnje vodonika sa posebnim naglaskom na ograničenja i mogućnosti korišćenja komunalnog otpada kao resursa. Naglašava se prednost prevencije, ponovne upotrebe i reciklaže komunalnog otpada, dok je energetska iskorišćenja moguće jedino za nerekiclabilne frakcije komunalnog otpada.

Budući da evropska regulativa nema precizno utvrđene zakonske definicije vodonika pod tim nazivom, već koristi različite termine u zavisnosti od njegovog porekla i načina proizvodnje, drugi deo rada posvećen je analizi terminologije i klasifikacije vrsta vodonika koji mogu biti proizvedeni iz komunalnog otpada, kao i njihove uloge u energetske tranziciji. U tom smislu posebna pažnja se pridaje Evropskoj direktivi o obnovljivoj energiji (RED III) kojom se reguliše vodonik dobijen iz organske frakcije komunalnog otpada, čime se svrstava u kategoriju obnovljivih goriva. Takođe, razmatra se i Direktiva o zajedničkim pravilima za unutrašnje tržište gasa iz obnovljivih izvora energije, prirodnog gasa i vodonika koja reguliše niskougljenični vodonik u koji spada vodonik dobijen iz fosilne frakcije nerekiclabilnog komunalnog otpada.

Ključne reči - vodonik, komunalni otpad, cirkularna ekonomija, dekarbonizacija

Abstract - The use of hydrogen as an energy carrier is one of the pillars of the European Union's energy transition, which aims to decarbonize and achieve climate neutrality by 2050. The production of hydrogen from municipal waste has the potential to contribute both to the level of waste utilization, which will significantly enhance the reduction of landfilling, and to the decarbonization of certain economic sectors that are difficult to electrify, such as the chemical or steel industries. However, in order for this process to be compatible with the objectives set in the European Green Deal, as well as in the European Climate Law and other strategic documents, it is necessary to meet specific conditions relating to both the characteristics and type of waste itself as a feedstock, and to its processing methods. The aim of the paper is to analyze the European legal framework for hydrogen production from municipal waste with a focus on harmonization with the principles of the circular economy and sustainable waste management. The first part of this paper focuses on the analysis of the principles of the waste management hierarchy in the context of hydrogen production with a special emphasis on the limitations and possibilities of using municipal waste as a feedstock. The advantage of prevention, reuse and recycling of municipal waste is emphasized, while energy recovery is possible only for non-recyclable fractions of municipal waste. Since European regulations do not have a precisely established legal definition of hydrogen under that name, but instead use different terms depending on its origin and production method, the second part of the paper is dedicated to the analysis of the terminology and classification of types of hydrogen that can be produced from municipal waste, as well as their roles in the energy transition. In this regard, special attention is paid to the European Renewable Energy Directive (RED III), which regulates hydrogen produced from the organic fraction of municipal waste, thus classifying it as a renewable fuel. Also under consideration is the Directive on common rules for the internal markets in renewable and natural gases and in hydrogen, which regulates low-carbon hydrogen, which includes hydrogen produced from the fossil fraction of non-recyclable municipal waste.

Index Terms - hydrogen, municipal waste, circular economy, decarbonization

Energetska dozvola iz ugla izmena i dopuna Zakona o energetici

Energy permit from the point of view of amendments to the Energy law

Iva Đinđić Ćosić, LLM

član Udruženja za pravo energetike Srbije, Pjarona de Montezira 34, Beograd

Rezime: U okviru donetog Zakona o izmenama i dopunama zakona o energetici iz 2024. godine zakonodavac je težio da ispuni obaveze i usaglasi postojeći tekst Zakona sa paketom energetske propisa iz odluka Ministarskog saveta Energetske zajednice Jugoistočne Evrope donetih 2021. i 2022. godine. Takođe, istim Zakonom zakonodavac je išao korak dalje kada su pojedini procesi u pitanju, pa je tako posebnu pažnju posvetio energetske dozvoli kao jednom od preduslova za dobijanje građevinske dozvole za izgradnju energetskih objekata.

Energetski objekti se u Republici Srbiji grade, u skladu sa propisima kojima se uređuju uslovi i način uređenja prostora, uređivanje i korišćenje građevinskog zemljišta i izgradnja objekata, i svim drugim tehničkim propisima, a po prethodno pribavljenoj energetske dozvoli koja se izdaje u skladu sa Zakonom o energetici.

U radu analiziramo odredbe propisa Republike Srbije koji se odnose na izgradnju energetskih objekata i njihovo priključenje na sistem za prienos i distribuciju električne energije, kao i efekte izmena i dopuna zakona koji se odnose na pribavljanje energetske dozvole.

Na kraju ćemo predložiti rešenja kojima bi se unapredio proces priključenja te ostvario puni potencijal pribavljanja energetske dozvole u postojećem pravnom okviru, uz puno poštovanje principa nediskriminacije i primene kriterijuma koji moraju biti objektivni i javni.

Ključne reči: *energetski objekti, energetska dozvola, energetski subjekti, procedura za priključenje energetskih objekata na sistem, pravo energetike Evropske unije*

Abstract: Within the 2024 Law on Amendments to the Energy Law the legislator sought to fulfill obligations and harmonize the existing text of the Law with the package of energy regulations from the decisions of the Ministerial Council of the Energy Community of Southeast Europe made in 2021 and 2022. Also, with the same Law, the legislator went a step further when it comes to certain processes, so he paid special attention to the energy permit as one of the prerequisites for obtaining a building permit for the construction of energy facilities.

Energy facilities are built in the Republic of Serbia, in accordance with the regulations governing the conditions and manner of spatial arrangement, arrangement and use of construction land and the construction of facilities, and all other technical regulations, and according to a previously obtained energy permit issued in accordance with the Law on Energy.

In the paper, we analyze the provisions of the regulations of the Republic of Serbia related to the construction of energy facilities and their connection to the system for the transmission and distribution of electric energy, as well as the effects of amendments to the law related to obtaining an energy permit.

Finally, we will propose solutions that would improve the connection process and realize the full potential of obtaining an energy license in the existing legal framework, with full respect for the principle of non-discrimination and the application of criteria that must be objective and public.

Key words: *energy facilities, energy permit, energy entities, procedure for connecting energy facilities to the system, energy law of the European Union*

„Energetske zajednice građana“ kao novina Zakona o energetici od decembra 2024. godine

The «Citizen energy communities» in the Serbian Energy Law amendments

Vesna Živković*

* „LUKOIL SRBIJA“ d.o.o. Beograd, Bulevar Mihajla Pupina 165d, 11070 Novi Beograd

Rezime - Izmenama i dopunama Zakona o energetici od kraja 2024. godine pored ukidanja moratorijuma na izgradnju nuklearnih elektrana¹, koje je imalo najglasniji odjek u domaćoj javnosti, postavljen je pravni okvir za poseban vid podsticaja energetske tranzicije — formiranje energetskih zajednica građana (dalje: EZG). Poput modela „kupac-proizvođač“, koji je usvojen aprila 2021. godine, EZG omogućuje aktivno učešće pojedinaca u energetske tranziciji i dostavlja nove mogućnosti za razvoj u praksi.

Povezani neprofitnim interesom i omeđeni istom jedinicom lokalne samouprave „građani“ u okviru EZG, učestvuju u proizvodnji, korišćenju, skladištenju električne energije, dok im Zakon dozvoljava da nezavisno od svoje komercijalne delatnosti vrše i druge usluge. Uporednim prikazom prava Evropske Unije (Direktiva 944/2019) i novih zakonskih rešenja, autor nastoji da ispita stepen harmonizacije, koja je bila jedan od ciljeva predmetnih zakonskih promena, status ove zajednice, ali i njen odnos sa srodnim modelima koji su poznati u praksi evropskih zemalja.

Poseban osvrt dat je na odnos EZG i „zajednica obnovljivih izvora energije“ iz Zakona o korišćenju obnovljivih izvora energije. Pored toga, u radu se razmatraju neke od osnovnih dilema, koje otvara novi institut: počev od dileme ko može biti član u zajednici, podzakonske regulative neophodne da bi se EZG uveo u praksu, do podsticaja u vidu olakšica koje bi bilo opravdano obezbediti, za iste se u radu predlažu moguća rešenja.

Ključne reči - Zakon o energetici, energetska zajednica građana, električna energija, energetska tranzicija, Direktiva 2019/944

Abstract - Creation of 'citizen energy communities', a unique kind of incentive for the development of energy efficiency and security, was established by amendments to the Energy Law of Republic of Serbia (in Serbian: Zakon o energetici) at the end of 2024, which gave them the legal framework.

This innovation enables more active participation of private law entities in the energy transition. 'Citizen energy communities' participate in producing, using, and storing electricity, while the legal regulation allows them to perform other services independent of their commercial activities.

By comparing European Union regulation (Directive 944/2019) and new legal solutions in Serbian law, the author tries to examine the level of harmonization, which was one of the goals of these legal changes. The paper analyses the legal nature and status of 'citizen energy communities', but also its relationship with the energy cooperative, known in the practice of the EU members.

A special focus is on the connection between The Energy Law of Republic of Serbia and The Law on the Use of Renewable Energy Sources of the Republic of Serbia. In addition, the work discusses some of the basic dilemmas that this new institute opens - starting with terminological issues, questions of the justification of the set operating conditions, the by-laws necessary to introduce 'citizen energy communities' into practice, and finally possible solutions.

Index Terms - 'citizen energy communities', CEC, EU Directive 2019/944, Energy Law...

¹ SFRJ 1989. godine uvodi zabranu izgradnje nuklearnih elektrana i postrojenja za preradu isluženog nuklearnog goriva, osim za izgradnju objekata za potrebe zbrinjavanja postojećeg radioaktivnog otpada. Zakon od 1989. zabranjuje donošenje investicionih odluka, programa ili izradu tehničke dokumentacije za izgradnju gore navedenih energetskih objekata. Kršenje zabrane činilo je biće krivičnog dela za koje je bila propisana kazna zatvora od 6 meseci do 5 godina.

Godine 1995. tadašnja SRJ ukida dati zakon, vrši dekriminalizaciju opisanog krivičnog dela, dok se dozvoljena aktivnost u vezi nuklearne energije svodi isključivo na istraživačko-naučnu delatnost i obrazovanje kadrova, što je predstavljalo pozitivno pravo Republike Srbije sve do decembra 2024. godine, koje ponovo dozvoljava izgradnju nuklearnih elektrana. [1, 2].

Optimalna estimacija električnih parametara netransponovanih vodova korišćenjem sinhrofazorskih merenja

Optimal untransposed transmission line parameter estimation using synchrophasors

Miljana Todorović*, Zoran Stojanović**

* Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, PowerGrid Engineering d.o.o. Beograd, Srbija

** Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu, Srbija

Rezime - Konvencionalni načini za određivanje električnih parametara dalekovoda jesu izvođenjem primarnih merenja ili pomoću proračuna koji uvažavaju geometriju stuba, tip provodnika, estimaciju stvarne dužine provodnika i ugiba provodnika, otpornost tla, temperaturu i druge faktore. Sa razvojem i sve većom dostupnošću sinhrofazorske tehnologije za merenja, često se u literaturi obrađuju metode za proračune električnih parametara dalekovoda na osnovu pomenutih sinhrofazorskih merenja sa oba kraja dalekovoda. Najčešće su obrađene metode određivanja parametara dalekovoda direktnog redosleda za slučaj transponovanih vodova.

U radu je predstavljena metoda za estimaciju parametara netransponovanog dalekovoda, koji se može predstaviti zamenskom π -šemom, u realnom vremenu. Za estimaciju parametara je korišćena metoda minimuma ponderisanih kvadrata odstupanja (engl. Weighted Least Square, WLS) koja koristi tri seta sinhronizovanih fazorskih merenja napona i struja na oba kraja dalekovoda, od kojih minimalno jedno merenje sadrži dovoljno nulte komponente napona. Metoda je primenjiva u opštem slučaju – za transponovane i netransponovane dalekovode, simetrično ili nesimetrično opterećene. Primenom predstavljene metode moguće je proračunati vrednosti sopstvenih i međusobnih impedansi, kao i susceptansi. Prelaskom u sistem simetričnih komponenti, izračunavaju se impedanse i susceptanse direktnog, inverznog i nultog redosleda, kao i međusobne impedanse između direktnog, inverznog i nultog redosleda.

Parametri netransponovanog voda su određivani u dva različita slučaja. Merenja napona i struja na oba kraja dalekovoda su generisana u okviru MATLAB Simulink softvera gde su određeni odgovarajući fazori, koji su kasnije bili ulazni podaci za proračun. U prvom idealizovanom slučaju nije uvaženo prisustvo greške merenja, dok je u drugom slučaju modelovana greška merenja u ulaznim podacima. U oba slučaja su primenjene dve metode: prva, koja nepoznate parametre netransponovanog voda estimira na osnovu jednačina za netransponovani dalekovod, i druga, koja nepoznate parametre estimira na osnovu jednačina transponovanog voda.

Ključne reči - Električni parametri netransponovanog dalekovoda, estimacija, sinhrofazorska merenja, WLS

Abstract - Conventional methods for determining the electrical parameters of transmission lines involve conducting primary measurements or using calculations that take into account the geometry of the tower, conductor type, the estimated actual length of the conductor and its sag, soil resistivity, temperature, and other factors. With the development and increasing availability of synchrophasor measurement technology, methods for calculating the electrical parameters of transmission lines based on these measurements from both ends of the line are often discussed in the literature. Most commonly addressed are methods for determining positive-sequence transmission line parameters in case of transposed line models.

The paper presents a method for estimating the parameters of an untransposed transmission line, which can be represented by an equivalent π -model, in real-time. The estimation of parameters is performed using the Weighted Least Squares (WLS) method, which utilizes three sets of synchronized phasor measurements of voltages and currents at both ends of the transmission line, with at least one measurement containing a sufficient zero-sequence voltage component. This method could be used in general case – for both transposed and untransposed lines, that have balanced or unbalanced load. By applying this method, it is possible to calculate the values of self-impedances and mutual impedances, as well as the values for susceptances. By transforming these values into the system of symmetrical components, the impedances and susceptances of positive, negative, and zero sequences, as well as mutual impedances between the positive, negative, and zero sequences, are also determined.

The parameters of the untransposed line were determined in two different cases. Voltage and current measurements at both end of the transmission line were generated using MATLAB Simulink software, where phasors were determined and later used as data input for the calculations. In the first idealized case, measurement errors were not considered, while in the second case, measurement error was modeled in the input data. In both cases, two methods were applied: the first one which estimates the unknown parameters of the untransposed line using equations for an untransposed transmission line, and the second one which estimates the unknown parameters based on equations for a transposed line.

Index Terms - Untransposed transmission line parameter, estimation theory, synchrophasor measurements, WLS

Poređenje distribuiranih izvora koji injektiraju aktivnu i reaktivnu snagu sa onima kod kojih se injektira isključivo aktivna snaga a pridodate su im i kondenzatorske baterije uz prisutnu rekonfiguraciju mreže

Comparison of distribution resources that inject both active and reactive power with active power units accompanied with capacitors in presence of network reconfiguration

Branko Stojanović*, Tomislav Rajić**, Darko Šošić**

* Tehnički opitni centar, Beograd, Srbija

** Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Rezime - U radu je izvršeno tehničko i ekonomsko poređenje tri scenarija: distribuirani izvori su faktora snage 0.8 induktivno, faktora snage 0.95 induktivno i faktora snage 1 uz prisutne tri kondenzatorske baterije. Sva tri scenarija analizirana su za 1008 sati rada mreže uz prisutnu rekonfiguraciju i teretni naponski regulator u napojnom čvoru mreže. Analiza je izvršena na mreži od 69 čvorova sa 73 grane, 68 sekcionih i 5 spojnih koje sve mogu da komutuju. U sva tri slučaja prisutna su dva vetrogeneratora i dva solarna generatora čija su aktivna injektiranja ista. Pozicije za distribuirane generatore određene su na osnovu zametnog postupka uniformne raspodele po čvorovima mreže, za vetrogeneratore ukupne aktivne snage jednake 10 posto od nazivne aktivne potrošnje i solarne panele postavljene u sabirnicama najveće aktivne potrošnje, sve za nazivni režim. Postavljene su kondenzatorske baterije koje su fiksne za ceo period od 1008 sati na osnovu najčešće posećivanih čvorova mreže, najveći broj pojavljivanja. Primenjena je metoda minimalno razgranatog stabla, Kruskalov algoritam za rekonfiguraciju mreže i simulirano kaljenje za njenu kompenzaciju. Kruskalovim algoritmom se iznalazi konfiguracija koja je optimalna sa aspekta gubitaka aktivne snage ili joj vrlo bliska a simuliranim kaljenjem konfiguracija koja minimizira funkciju cilja svakog sata sastavljenu od cene gubitaka aktivne snage, cene ugrađenih kondenzatora i cene neisporučene električne energije. Ekonomska vrednost svakog scenarija predstavljena je zbirnom funkcijom cilja koju čine cena gubitaka isporučene električne energije, cena neisporučene električne energije, gubici vršne snage, cena kondenzatorskih baterija i cena komutacija sve za period od 1008 sati. U analizu je uključena i stohastičnost potrošnje i proizvodnje kao i dijagrami potrošnje za radni i neradni dan. Svaki od tri scenarija analiziran je i u pogledu tehničkih ograničenja (dozvoljenih napona i struja, neprekompensovanosti, zadovoljavajućeg faktora snage i maksimalnog broj komutacija po prekidačkom elementu). Zbog skalabilnosti Kruskalovog algoritma trajanje programa je 2 minuta. Poređenje pokazuje da je tehnički i ekonomski najbolji scenario sa generatorima koji injektiraju samo aktivnu snagu a pridružene su im i kondenzatorske baterije.

Ključne reči - distribuirani izvori, rekonfiguracija, kondenzatorske baterije, simulirano kaljenje, minimalno razgranato stablo (Kruskalov algoritam)

Abstract - Technical and economical comparison of scenarios with distributed generation (DG): the first with DG-s of 0.8 inductive power factor, the second with DG-s of 0.95 inductive power factor and the third DG-s with unity power factor accompanied with capacitors, is done. Time span is 1008 hours and reconfiguration is presented with On Load Tap Changer (OLTC) in supplying node. Analyzed network has 68 sectional and 5 tie branches that all can commute. Injected active power of DGs is the same in all three scenarios. Positions of wind turbines are done after uniform distribution of them amounting 10 percents of nominal active power consumption and solar panels are allocated to the most active power heavily loaded nodes. Capacitors are placed in accordance to the most visited nodes and are fixed for 1008 hour period. Minimum Spanning Tree (Kruskal algorithm) is applied for reconfiguration and Simulated Annealing for compensation. Kruskal algorithm gives configuration close to the global optimum in respect of power loss reduction and Simulated Annealing the best configuration for hourly objective function comprising of the cost of capacitors, the cost of active losses and of the undelivered electric energy. Economical value is presented by objective function for 1008 hours being of the following parts: the price of capacitors, of the peak power loss, the supplied electric energy loss, the undelivered energy and the cost of commutations. Stochastic nature of consumption and production as well as load diagrams for working and nonworking day are incorporated in the analysis. Each of the presented scenarios has to comply with technical requirements (voltage drop, allowed ampacities, input power factor, not-overcompensation and maximum number of commutations per switching element). Because of Kruskal algorithm scalability duration of program is 2 minutes. Comparison brings us to conclusion that the best technical and economical scenario is the one with DGs of unity power factor accompanied with the capacitor banks.

Index Terms - distribution resources, reconfiguration, capacitor banks, Simulated Annealing, Minimum Spanning Tree (Kruskal algorithm)

Primena PSCAD-a u EMT Studijama u Elektroenergetskom Sistemu: Modelovanje i energizacija nadzemnih vodova

Application of PSCAD in EMT Power System Studies: Modeling and Energization of Overhead Lines

Aleksandar Milošević, Mila Drajić
Go2Power

Rezime - Povećanje kompleksnosti elektroenergetskih sistema i potreba za analizama koje će osigurati bezbedno i pouzdano funkcionisanje sistema dovela je do razvoja i korišćenja softverskih alata koji simuliraju rad sistema. U tom kontekstu, elektromagnetne tranzijentne (EMT) studije su ključne za razumevanje visokofrekventnih pojava u elektroenergetskom sistemu, najčešće uzrokovanih sklopnim operacijama i atmosferskim pražnjenjima.

U ovom radu će se diskutovati o primeni PSCAD/EMTDC-a, jednog od vodećih softverskih alata za EMT studije. U radu će biti prikazan primer modelovanja i energizacije nadzemnog voda, sa fokusom na prenapone i struje koje se javljaju u procesu energizacije. Biće objašnjeno modelovanje voda pomoću frekvencijski zavisnog modela u PSCAD/EMTDC-u, što je neophodan nivo detalja u studijama u kojima se javljaju frekvencije više od osnovne frekvencije sistema. Kako sklopni prenaponi zavise od trenutnih vrednosti napona po fazama, energizacija će se obavljati u različitim vremenskim trenucima tokom jedne periode kako bi se predstavio slučaj sa najvećim prenaponom.

Rezultati simulacija biće analizirani i upoređeni sa važećim tehničkim preporukama za mrežno priključenje. Takođe će biti dat uvid u potencijalne probleme koji mogu nastati pri sklopnim operacijama, kao i predlog mera koje se mogu primeniti kako bi se smanjila prenaponska naprezanja.

Ključne reči - Elektromagnetni tranzijenti, PSCAD/EMTDC, Energizacija voda, Prenaponi

Abstract - The increasing complexity of power systems and the need for analyses that ensure the safe and reliable operation of the system have led to the development and use of software tools that simulate system behaviour. In this context, Electromagnetic transient (EMT) studies are essential for understanding high-frequency phenomena in power systems, most often occurring during switching operations and atmospheric discharge.

This paper discusses the application of PSCAD/EMTDC, one of the leading software tools for EMT studies. It provides an example of modelling and energization of an overhead transmission line, with a focus on overvoltages and inrush currents that occur in the process. A detailed explanation of line modelling using the frequency-dependent model in PSCAD/EMTDC will be provided, as this level of detail is necessary for studies involving frequencies higher than the system's fundamental frequency. Since switching overvoltages depend on the instantaneous voltage values in each phase, energization will be performed at different time instants within a single cycle to capture the worst-case overvoltage scenario.

The simulation results will be analysed and compared with official technical recommendations for grid connection. Additionally, the study will provide insights into potential issues arising from switching operations and propose mitigation measures to reduce overvoltage stresses.

Index Terms - Electromagnetic transients, PSCAD/EMTDC, Transmission line energization, Overvoltages

Analiza stabilnosti elektroenergetskog sistema nakon integracije solarne elektrane korišćenjem softvera Power Factory

Analysis of power system stability after solar power plant integration using Power Factory software

Aleksa Vukotić, Sonja Angelovski
Go2Power d.o.o

Rezime – Rast proizvodnje električne energije korišćenjem solarnih panela predstavlja veliki tehnički izazov za inženjere širom sveta. Efikasno modelovanje i provera stabilnosti sistema nakon integracije solarnih elektrana korišćenjem komercijalno dostupnih softvera za analize elektroenergetskih sistema, danas postaje neophodan korak, kako bi se proces na terenu unapredio i izbegle materijalne posledice usled neadekvatno izabrane opreme.

U ovom radu biće ispitana stabilnost sistema nakon integracije solarne elektrane, korišćenjem komercijalnog softvera za analizu elektroenergetskih sistema - Power Factory.

Provera rada PV elektrane biće izvršena u dva kritična scenarija, u zavisnosti od opterećenja mreže. Biće analizirana stabilnost sistema usled kratkog spoja na priključnim sabirnicama solarne elektrane, kao i ponašanje sistema u slučaju iznenadnog nailaska oblaka i momentalnog smanjenja proizvodnje iz solarnih panela.

Sve ispitane pojave će biti objašnjene i prikazane korišćenjem adekvatnih tabela i grafika.

Ključne reči - Power Factory, Stabilnost Sistema, Integracija OIE, Solarna Elektrana.

Abstract - The growth of electricity generation using solar panels is a major technical challenge for engineers around the world. Effective modeling and investigating system stability after the integration of solar power plants using commercially available power system analysis software is becoming a necessary step today, in order to improve the process on the ground and avoid material consequences due to inadequately selected equipment.

In this paper, the stability of the system after the integration of the solar power plant will be examined, using commercial software for the analysis of power systems - Power Factory.

The verification of the operation of the PV power plant will be carried out in two critical scenarios, depending on the network load. The stability of the system due to a short circuit on the connection buses of the solar power plant will be analyzed, as well as the behavior of the system in case of a sudden appearance of clouds and an immediate decrease in production from the solar panels.

All examined phenomena will be explained and shown using adequate tables and graphics.

Index Terms - PowerFactory, System Stability, RES Integration, Solar Power Plant

Implementacija centralizovanog sistema za obračun električne energije

Implementation of The Centralized System for Electricity Calculation

Dejan Polugić*

* Flaner d.o.o. Beograd, Bulevar Mihajla Pupina 115v Novi Beograd

Rezime - Regionalni energetska ugovor koje je potpisala Vlada Republike Srbije i direktive Evropske unije su promenili tržišno okruženje električne energije u liberalizovano, otvoreno tržište od 2013. godine za krajnje kupce priključene na visokom naponu, od 2014. godine za one na srednjem naponu, dok svi krajnji kupci mogu da učestvuju na tržištu električne energije od 2015. godine. Razdvajanje delatnosti distribucije i snabdevanja, u skladu sa Zakonom o energetici i direktivama Evropske unije, izvršeno je sredinom 2013. godine, dok je prenosna mreža izdvojena još 2005. godine. Pri tom, na tržištu je dozvoljeno i učešće novih učesnika na tržištu kao što su npr. proizvođači, skladištari i agregatori.

Ovaj rad će prikazati proces implementacije centralizovanog biling rešenja za obračun i fakturisanje električne energije na strani operatora distributivnog sistema i na strani snabdevača električnom energijom za krajnje kupce koje snabdeva regulisani, garantovani snabdevač, po principu fizičkog razdvajanja. Uzimajući u obzir regulatorne okvire Republike Srbije i preporuke Evropske unije, tri najvažnija zahteva procesa fizičkog razdvajanja su: *Razdvajanje podataka, Otvorena razmena podataka (tržišna komunikacija), Transparentan račun.*

U prvom delu ovog rada biće prikazan proces izrade konceptualnog dizajna i realizacije rešenja, migracije podataka iz izvornih sistema i njegove primene na izabranim organizacionim jedinicama operatora distributivnog sistema i garantovanog snabdevača.

U nastavku biće opisana rollout implementacija u ostalim organizacionim jedinicama.

Na kraju rada biće predstavljeni rezultati sprovedenih aktivnosti centralizacije obračuna i fakturisanja na strani operatora distributivnog sistema i garantovanog snabdevača, kao i dalji planovi za razvoj i unapređenje sistema.

Ključne reči – operator distributivnog sistema električne energije, tržište električne energije, snabdevač električnom energijom, garantovano snabdevanje, obračun električne energije

Abstract - The regional energy agreement signed by the Government of the Republic of Serbia and the directives of the European Union have changed the electricity market environment into a liberalized, open market since 2013 for end customers connected to high voltage, since 2014 for those connected to medium voltage, while all end customers can participate in the electricity market since 2015. The separation of distribution and supply activities, in accordance with the Law on Energy and European Union directives, was carried out in mid-2013, while the transmission network was separated back in 2005. At the same time, the participation of new participants in the market, such as for example producers, warehouse owners and aggregators.

This paper will present the process of implementing a centralized billing solution for the calculation and invoicing of electricity on the side of the distribution system operator and on the side of the electricity supplier for end customers supplied by a regulated, guaranteed supplier, based on the principle of physical separation. Considering the regulatory framework of the Republic of Serbia and the recommendations of the European Union, the three most important requirements of the physical separation process are: Data separation, Open data exchange (market communication), Transparent bill.

In the first part of this work, the process of conceptual design and solution implementation, data migration from source systems and its application to selected organizational units of the distribution system operator and guaranteed supplier will be presented.

In the following, the rollout implementation in other organizational units will be described.

At the end of the work, the results of the activities of the centralization of calculation and invoicing on the part of the distribution system operator and the guaranteed supplier will be presented, as well as further plans for the development and improvement of the system.

Index Terms - electricity distribution system operator, electricity market, electricity supplier, guaranteed supply, electricity calculation

Provera usaglašenosti rada solarnih elektrana koje su priključene na distributivni sistem sa tehničkim zahtevima iz Uredbe o mrežnim pravilima koja se odnose na priključenje proizvodnih jedinica

Compliance testing of solar power plants connected to the distribution system with the technical requirements outlined in the Network Code on requirements for grid connection of generators

Sima Tatalović, Sage Solutions d.o.o,

Miroslav Žerajić, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Rezime - Stupanjem na snagu Uredbe o mrežnim pravilima koja se odnose na priključenje proizvodnih jedinica na mrežu, definisana je potreba provere usaglašenosti rada proizvodnih modula sa tehničkim zahtevima koji su definisani ovom Uredbom. Ova potreba se, pored najvećih proizvodnih modula koji su priključeni na prenosnu mrežu (tip D), odnosi i na proizvodne module koji su priključeni na srednjenaponsku distributivnu mrežu (tip B i C). Provera usaglašenosti ima tri celine: provera usaglašenosti u toku probnog rada elektrane (izvođenjem testova na terenu), simulaciona provera usaglašenosti (za testove koje je fizički nemoguće sprovesti na terenu) i monitoring u trajnom radu (provera usaglašenosti u toku celog životnog veka elektrane).

U ovom radu će najpre biti prikazan pregled tehničkih zahteva koji su predmet provere usaglašenosti rada proizvodnih modula tipa B i C, a zatim će biti prikazani rezultati simulacione provere usaglašenosti sprovedene na solarnoj elektrani odobrene snage 9,99 MW, koja je priključena na 35 kV distributivnu mrežu, a koji se odnose na mogućnost regulacije napona.

Ključne reči - distributivni sistem, priključenje, provera usaglašenosti, mrežna pravila

Abstract - With the enactment of the Regulation on Network Codes related to the connection of generating units to the grid, the need to verify the compliance of generating modules with the technical requirements defined by this Regulation was established.

This requirement applies not only to the largest generating modules connected to the transmission network (type D) but also to generating modules connected to the MV distribution network (types B and C). The compliance verification process comprises three components: compliance verification during the trial operation of the power plant (through on-site testing), simulation-based compliance verification (for tests that are physically impossible to conduct on-site), and continuous monitoring during the plant's operational lifetime (ensuring compliance throughout the plant's lifecycle).

This paper will first provide an overview of the technical requirements subject to compliance verification for type B and C generating modules. Subsequently, it will present the results of simulation-based compliance verification conducted on a solar power plant with an approved capacity of 9.99 MW, connected to a 35 kV distribution network, focusing on its voltage regulation capabilities.

Index Terms - distribution system, connection, compliance testing, network codes

Analiza performansi solarne elektrane: simulacija i eksperimentalna validacija

Performance Analysis of a Solar Power Plant: Simulation and Experimental Validation

Snežana Dragičević, Milan Marjanović, Nebojša Mitrović, Marko Šućurović

Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu

Rezime - Tokom poslednjih nekoliko decenija problemi zagađenja životne sredine su sve intenzivniji, najvećim delom usled proizvodnje energije iz neobnovljivih izvora energije. Zbog tehnološkog napretka i sve veće potrošnje energije, istraživanja su duži vremenski period usmerena na analize primene obnovljivih izvora energije. Zahvaljujući brojnim prednostima, kao što su dug vek trajanja, minimalni zahtevi za održavanje tokom višedecenijskog perioda eksploatacije i mogućnost integracije u različite energetske sisteme, fotonaponski solarni sistemi predstavljaju pouzdan, ekonomski isplativ i ekološki održiv izvor energije. Njihova upotreba doprinosi smanjenju zavisnosti od fosilnih goriva, smanjenju emisije štetnih gasova i smanjenju troškova energije.

Fotonaponska tehnologija omogućava direktnu konverziju sunčevog zračenja u električnu energiju, što je čini pogodnom za primenu u različitim geografskim i klimatskim uslovima. Intenzivan razvoj solarnih tehnologija omogućio je povećanje efikasnosti fotonaponskih sistema i smanjenje troškova instalacije, čime je omogućena njihova široka primena u proizvodnji električne energije kako u centralizovanim elektranama, tako i u decentralizovanim sistemima u urbanim i ruralnim područjima.

U ovom radu je prikazana analiza performansi krovne solarne elektrane snage 30 kWp, instalirane na lokaciji grada Čačka. Istraživanje obuhvata evaluaciju rada elektrane tokom perioda od 12 meseci, poređenjem izmerenih podataka o proizvodnji električne energije sa rezultatima simulacija dobijenim korišćenjem softverskog alata System Advisor Model (SAM). Za modelovanje fotonaponskog sistema u SAM-u korišćeni su lokalni meteorološki uslovi, uključujući podatke o solarnom zračenju, temperaturi i vetru, kao i tehničke karakteristike instaliranih komponenti, poput tipa i efikasnosti modula, invertora i ostalih elemenata sistema. Pored analize energetske performansi, sprovedena je i termovizijska analiza panela nakon jedne godine korišćenja, sa ciljem identifikacije potencijalnih oštećenja i nehomogenosti koje mogu uticati na efikasnost rada sistema. Ova analiza omogućila je detekciju mogućih termičkih anomalija, poput vrućih tačaka, neispravnih ćelija i mehaničkih oštećenja, koji mogu smanjiti dugoročnu pouzdanost elektrane.

Poređenjem rezultata simulacija i izmerenih vrednosti izvršena je procena tačnosti modela tokom različitih perioda godine. Rezultati pokazuju da su odstupanja između simuliranih i stvarnih vrednosti najmanja tokom letnjih meseci, dok su u zimskom periodu zabeležene veće razlike, usled smanjenog intenziteta solarnog zračenja, vremenskih nepogoda i mogućih gubitaka usled snega i vlage.

Istraživanje potvrđuje pouzdanost SAM softvera za evaluaciju i predikciju performansi solarnih elektrana, ali istovremeno ukazuje na značaj dopunske analize kroz dugoročnija eksperimentalna merenja i dijagnostičke metode, poput termovizijske inspekcije. Ovi nalazi mogu doprineti optimizaciji rada fotonaponskih sistema i definisanju strategija za njihovo efikasno održavanje, što je ključno za dugoročnu stabilnost i održivost solarnih elektrana u realnim uslovima eksploatacije.

Ključne reči - solarna elektrana, modelovanje elektrane, simulacija, SAM Advisor model, termovizija

Abstract - Over the past few decades, environmental pollution problems have become more intense, largely due to the production of energy from non-renewable energy sources. Due to technological advances and increasing energy consumption, research has focused on analysing the use of renewable energy sources over a longer period. Thanks to numerous advantages, such as the long shelf life, minimum maintenance requirements during the decades of operation and the possibility of integration into different energy systems, photovoltaic solar systems are a reliable, economically viable and ecologically sustainable source of energy. Their use contributes to reducing dependence on fossil fuels, reducing emissions of harmful gases and reducing energy costs.

Photovoltaic technology enables direct conversion of solar radiation into electricity, making it suitable for application in different geographical and climatic conditions. The intensive development of solar technologies has made it possible to increase the efficiency of photovoltaic systems and reduce installation costs, thus allowing their wide application in the production of electricity in both centralised power plants and decentralised systems in urban and rural areas.

This paper presents an analysis of the performance of the 30 kWp roof solar power plant installed in the town of Čačak. The research involves evaluating the operation of the plant for 12 months and comparing measured data on electricity production with simulation results obtained using the System Advisor Model (SAM) software tool. Local meteorological conditions, including data on solar

radiation, temperature and wind, as well as the technical characteristics of the installed components, such as the type and efficiency of the module, inverter and other system elements, were used to model the photovoltaic system in SAM. In addition to the analysis of energy performance, a thermal analysis of the panels was carried out after one year of use to identify potential damage and non-homogeneity that may affect the efficiency of the system. This analysis allowed the detection of possible thermal anomalies, such as hot spots, defective cells and mechanical damage, which can reduce the long-term reliability of the plant.

By comparing simulation results and measured values, the SAM model's accuracy was assessed during different periods of the year. The results show that the discrepancies between simulated and real values are the smallest during the summer months, while during the winter period, large differences were recorded due to reduced intensity of solar radiation, weather disasters and possible losses due to snow and moisture.

The research confirms the reliability of SAM software for evaluating and predicting the performance of solar power plants, but at the same time highlights the importance of complementary analysis through longer-term experimental measurements and diagnostic methods, such as thermal inspection. These findings can contribute to optimising the work of photovoltaic systems and defining strategies for their effective maintenance, which is crucial for the long-term stability and sustainability of solar power plants in real operating conditions.

Index Terms - solar power plant, power plant modelling, simulation, SAM Advisor model, thermography

Komparativna analiza rada modula za ispitivanje naponske stabilnosti CASE a i PowerFactory

Comparative analysis of CASE and PowerFactory voltage stability modules

Bojan Ivanović*, Tomislav Rajić**

* Elektrodistribucija Srbije, Beograd, Srbija

** Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet, Beograd, Srbija

Rezime - Proračun naponske stabilnosti na male poremećaje se retko izvodi ili skoro uopšte ne izvodi u dugoročnim planovima i studijama razvoja sistema. Jedan od rezultata ovog proračuna stabilnosti je određivanje maksimalne snage potrošnje u nekom čvoru. To je tačka u kojoj aktivna snaga na tzv. P–V krivi ima maksimalnu vrednost. Ova tačka i čitava P–V kriva se određuju softverski pomoću proračuna tokova snaga i naponskih prilika koji se sprovodi za veliki broj slučajeva pri čemu se u svakom narednom slučaju za određeni iznos povećava snaga potrošnje u analiziranom čvoru ili grupi čvorova. U radu je urađena komparativna analiza modula softvera CASE i DIGSILENT PowerFactory za ispitivanje naponske stabilnosti na male poremećaje. U prvom delu rada ukratko su date teorijske postavke naponske stabilnosti na male poremećaje. Nakon toga prikazan je način rada modula za naponsku stabilnost u oba softvera i data komparativna analiza rezultata proračuna na istom, školskom, simulacionom modelu. Na kraju rada prikazani su rezultati proračuna u CASE u na realnom modelu prenosnog sistema Srbije.

Ključne reči – Naponska stabilnost, P–V kriva, CASE, PowerFactory.

Abstract - Small-signal voltage stability calculation is rarely or almost not carried out at all in long term plans and studies of power system development. One of the results of this stability calculation is estimation of consumption maximum power at particular node. It is point at which active power at so called P–V curve has a maximum value. This point and entire P–V curve are determined by software using load flow calculation which is carried out for many cases whereby in each subsequent case power consumption of analyzed node or group of nodes is increased by a certain value. Comparative analysis of CASE and DIGSILENT PowerFactory modules for small signal voltage analyses is conducted in this paper. Theoretical background of small signal voltage stability is briefly given at the paper beginning. Afterwards, it is presented how voltage stability modules work in both software along with comparative analysis of calculation results using the same, educational, simulation model. CASE calculation results using real model of Serbian transmission system are given at the paper end.

Index Terms – Voltage stability, P–V curve, CASE, PowerFactory.

Projektovanje i održavanje električnih instalacija solarnih elektrana za napajanje baznih stanica mobilne telefonije

Design and maintenance of electrical installations for solar power plants supplying mobile telephony base stations

Samed Mušović*, Saša Štatkić, Željko V. Despotović*****

*EuroTeleSities d.o.o, Novi Beograd

** Fakultet tehničkih nauka u Kosovskoj Mitrovici, Kosovska Mitrovica

*** Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, Beograd

Rezime - U radu je prikazan koncept sistema radio baznih stanica, njihova funkcija kao i topologije solarnog napajanja. U radu je dat detaljniji opis implementacije solarnih elektrana na radio baznim stanicama kao i neke metode projektovanja koje se odnose na specijalne elektroenergetske instalacije kao što je solarno napajanje prikazano u ovom radu. Navedene sve prednosti i mane projekta izgradnje solarnih elektrana na radio baznim stanicama i prikazana su praktična tehnička rešenja pri održavanju električnih instalacija u sistemu napajanja, a koja su deo svakodnevne prakse. Na kraju rada su dati rezultati projektovanja i izvođenja solarnog napajanja izlazne snage 8kW na radio baznoj stanici "Kumane".

Ključne reči – Radio bazna stanica, solarna elektrana, napajanje, specijalne instalacije, distributivna mreža

Abstract - The paper presents the concept of the radio base station system, their function as well as the topology of the solar power supply. The paper provides a more detailed description of the implementation of solar power plants on radio base stations as well as some design methods related to special power installations such as the solar power supply shown in this paper. All the advantages and disadvantages of the project of building solar power plants on radio base stations are listed and practical technical solutions for maintaining electrical installations in the power supply system, which are part of everyday practice, are presented. At the end of the paper, the results of the design and realisation of the solar power supply with an output power of 8kW at the "Kumane" radio base station were given.

Index Terms - Radio base station, solar power plant, power supply, special installations, grid power

Primer koordinacije izolacije mrežnog fotonaponskog invertora sa tri naponska nivoa sa fiksiranom neutralnom tačkom

Example of insulation coordination for a three level neutral point clamped (3L NPC) grid connected PV inverter

Željko V. Despotović*, Miodrag Vuković**, Marko Tajdić*

* Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, Beograd

** CONSEKO d.o.o, Beograd

Rezime - Trofazni fotonaponski mrežni invertori sa tri naponska nivoa sa fiksiranom neutralnom tačkom ("*three level neutral point clamped*")-3L NPC su postali veoma interesantni za fotonaponske sisteme velikih snaga sa aspekta kvaliteta izlaznog napona i smanjenja harmonika koji se injektiraju u elektroenergetsku mrežu. Ovaj tip invertora pokazuje niz prednosti u odnosu na klasične trofazne invertore sa dva nivoa. Jedan od bitnih aspekata pouzdanog i sigurnog rada mrežnog fotonaponskog invertora su tipovi izolacije koji su primenjeni u njemu. Kada se govori o izolaciji, misli se na izolaciju između energetske sklopove invertora i mrežnog napajanja sa jedne strane, i izolaciju između upravljačkih i komunikacionih elektronskih sklopova i energetskih modula invertora. U radu je dat jedan primer analize i koordinacije izolacije mrežnog fotonaponskog invertora sa tri naponska nivoa sa fiksiranom neutralnom tačkom baziran na standardu EN62109-1. Ulazni DC napon analiziranog fotonaponskog invertora je $\leq 1500\text{V}$, 50Hz, mrežni napon $3 \times 400\text{V}$, 50Hz, sistem zaštite od previsokog napona dodira TN-C, a sam fotonaponski inverter je na mrežu vezan preko trofaznog energetskog transformatora prenosnog odnosa 2:1 (800Vac/400Vac).

Ključne reči - Fotonaponski sistemi, 3L NPC PV inverter, koordinacija izolacije, mrežno napajanje, galvanska izolacija, TN-C sistem zaštite

Abstract - Three-phase photovoltaic "on-grid" three level with neutral point clamped (3L NPC) have become very interesting for high-power photovoltaic systems from the aspect of output voltage quality and reduction of harmonics injected into the power grid. This type of inverter shows several advantages compared to classic three-phase inverters with two levels. One of the important aspects of the reliable and safe operation of this grid photovoltaic inverter is the types of insulation applied in it. When we talk about isolation, it means the isolation between the power circuits of the inverter and the grid power supply on the one hand, and the isolation between the control and communication electronic circuits and the power stage of the inverter. The paper presents an example of the analysis and coordination of the insulation of a "on-grid" 3L NPC photovoltaic inverter, based on the EN62109-1 standard. The input DC voltage of the analysed PV inverter is $\leq 1500\text{V}$, the mains voltage is $3 \times 400\text{V}$, 50Hz, the protection system is TN-C, and the photovoltaic inverter is connected to the power grid via a three-phase power transformer with a transmission ratio of 2:1 (800Vac/400Vac).

Index Terms - Photovoltaic systems, 3L NPC PV inverter, coordination insulation, On-Grid, galvanic insulation, TN-C protection system

Off-grid solarno napajanje rezonantnog vibracionog dozatora sa elektromagnetnom pobudom

Off-grid photovoltaic power supply of resonant vibratory feeder having electromagnetic excitation

Željko V. Despotović, Uroš Ilić

Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, Srbija

Rezime - Vibracione hranilice ili dozatori (popularno nazvani i kao “vibracioni fideri”) sa elektromagnetnom pobudom koji su prilagođeni za rad u režimu mehaničke rezonance su se pokazali kao veoma energetski efikasan način za doziranje rasutih i zrnastih materijala. Standardni mrežni rezonantni vibracioni fideri se napajaju iz mrežnog napajanja 230V, 50Hz pri čemu se vrši pretvaranje mrežnog napona u jednosmerni napon 300Vdc, a iz ovog napona se odgovarajućim DC/AC pretvaračem napaja namotaj pobudnog elektromagneta vibracionog dozatora. U ovom radu je prikazan “off-grid” solarno napajan sistem vibracionog fidera u kojem se pored PV panela koristi baterijska banka 24Vdc. Punjenje baterijske banke se ostvaruje sa solarnim MPPT regulatorom dok se prilagođenje DC napajanja izlaznog DC/AC pretvarača vibracionog dozatora ostvaruje DC/DC pretvaračem podizačem napona 24Vdc/300Vdc. U radu su prikazani metodologija i rezultati proračuna predloženog sistema kao i DC/DC pretvarača. Tehničko rešenje predstavljeno u ovom radu bi imalo potencijalnu mogućnost primene u sistemima za doziranje hrane na ribnjacima, doziranje zrnaste hrane za ptice u rezervatima i ruralnim sredinama i sličnim aplikacijama gde se zahteva doziranje sitnozrnastih materijala.

Ključne reči - Solarni sistemi, off-grid napajanje, vibracioni dozatori, mehanička rezonanca, DC/DC pretvarač, DC/AC pretvarač

Abstract - Vibrating feeders with electromagnetic excitation that are adapted to operate in the mechanical resonance mode have proven to be a very energy-efficient way to dose bulk and granular materials. Standard on-grid resonant vibration feeders are powered from a 230V, 50Hz mains supply, where the mains voltage is converted into a DC voltage of 300Vdc, and from this voltage the excitation electromagnetic coil of the vibrating feeder is powered by a suitable DC/AC power converter. This paper presents a solar-powered vibrating feeder system in which a 24Vdc battery bank is used in addition to the PV panel. The charging of the battery bank is realized with an MPPT regulator, while the adjustment of the DC power supply of the output DC/AC power converter of the vibrating feeder is realized with a boost DC/DC power supply 24Vdc/300Vdc. The paper presents the methodology and calculation results of proposed system including the DC/DC power converter. The presented technical solution would have potential application on dosage of food for fish in ponds, dosing of granular feed for birds in reserves and rural areas, and similar applications where dosing and feeding of fine-grained materials is required.

Index Terms - Solar systems, off-grid power, vibratory feeder, mechanical resonance, DC/DC converter, DC/AC converter

Modeliranje i analiza uticaja magnetnog zasićenja na elektromagnetnu silu u vibracionim aktuatorima

Modeling and analysis of magnetic saturation effects on the electromagnetic force in vibratory actuators

Uroš Lj. Ilić*, Željko V. Despotović *

* Univerzitet u Beogradu, Institut Mihajlo Pupin

Rezime - Elektromagnetni vibracioni aktuatori imaju ključnu ulogu kao pogonski elementi industrijskih vibracionih transportera, koji se koriste za transport zrnastih i rasutih materijala u različitim procesnim industrijama, uključujući prehrambeni, farmaceutski i poljoprivredni sektor. Elektromagnetna sila generisana u ovim aktuatorima značajno zavisi od magnetnih osobina jezgra aktuatora. Magnetno kolo aktuatora sastoji se od vazdušnog zazora i feromagnetičnog jezgra, koje je obično sastavljeno od gvozdениh limova sa nelinearnom magnetskom permeabilnošću, koja je u direktnoj zavisnosti od pobudne struje. Ovaj rad analizira dva karakteristična slučaja vezana za generisanje elektromagnetne pobudne sile: (1) kada se razmatra samo vazdušni zazor u magnetnom kolu i (2) kada se uzima u obzir kompletno magnetno kolo, uključujući i materijal sa nelinearnom magnetskom permeabilnošću. Uticaj magnetske nelinearnosti na pobudnu silu estimiran je primenom metode konačnih elemenata (MKE) u softverskom paketu Maxwell. U završnom delu rada prikazani su i analizirani ključni rezultati kompjuterskih simulacija za oba razmatrana slučaja.

Ključne reči - Elektromagnet, aktuator, vibracioni transporter, MKE simulacije

Abstract - Electromagnetic vibration actuators play a crucial role as the drive elements of industrial vibration conveyors, which are used to transport granular and bulk materials in various process industries, including the food, pharmaceutical and agricultural sectors. The electromagnetic force generated in these actuators significantly depends on the magnetic properties of the actuator core. The magnetic circuit of the actuator consists of an air gap and a ferromagnetic core, which is usually composed of iron sheets with a non-linear magnetic permeability, which is directly dependent on the excitation current. This paper analyzes two characteristic cases related to the generation of electromagnetic excitation force: (1) when considering only the air gap in the magnetic circuit and (2) when considering the complete magnetic circuit, including the material with nonlinear magnetic permeability. The influence of magnetic nonlinearity on the excitation force was estimated using the finite element method (FEM) in the Maxwell software package. In the final part of the paper, the key results of computer simulations for both considered cases are presented and analyzed.

Index Terms - Electromagnet, actuator, vibration transport, FEA simulations

Predikcija proizvodnje krovne fotonaponske elektrane softverskim alatom System Advisor Model (SAM) sa validacijom rezultata

Prediction of rooftop photovoltaic power plant production using the System Advisor Model (SAM) software with results validation

Milan Ivezić*, Ivana Vlajić-Naumovska*, Aleksandra Grujić*, Neša Rašić*, Miloš Borak**

*Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd Odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva, Starine Novaka 24, Beograd

**Elektromeža Srbije A.D., Kneza Miloša 11, Beograd

Rezime – U radu je opisana mogućnost korišćenja softverskog alata System Advisor Model (SAM) u planiranju fotonaponske elektrane na krovu industrijskog objekta u Čačku. Konfiguracija elektrane je u znatnoj meri određena konfiguracijom krova i njegovim statičkim uslovima posebno kada je u pitanju orijentacija fotonaponskih modula i potreba za dodatnom potkonstrukcijom. Stoga su urađene simulacije rada elektrane pri uslovima optimalnim za proizvodnju električne energije i uslovima optimalnim sa stanovišta potrebe za dodatnim elementima koji obezbeđuju mehaničku sigurnost konstrukcije. Analizirano je smanjenje proizvedene električne energije u odnosu na optimalnu orijentaciju modula. Rezultati su verifikovani podacima o mesečnoj proizvodnji električne energije koje se imala nakon puštanja u rad elektrane.

Ključne reči - System Advisor Model (SAM), krovna fotonaponska elektrana, predikcija proizvodnje, softverski alat.

Abstract - The paper describes the possibility of using the System Advisor Model (SAM) software tool in planning a photovoltaic power plant on the rooftop of an industrial building in Čačak. The configuration of the power plant is largely determined by the configuration of the rooftop and its static conditions, especially when it comes to the orientation of the photovoltaic modules and the need for additional substructure. Therefore, simulations of the power plant operation were carried out under conditions optimal for the production of electric power and conditions optimal from the point of view of the need for additional elements that ensure the mechanical safety of the structure. The reduction of the produced electricity concerning the optimal orientation of the module was analysed. The results were verified by data on the monthly electricity production available after the power plant commissioning.

Index Terms - System Advisor Model (SAM), rooftop photovoltaic, power prediction, software tool.

Laboratorijski simulator opterećenja za analizu energetske efikasnosti rada frekventno regulisanih pogona

Laboratory Load Simulator for Analysis of Energy Efficient Operation of Frequency Controlled Drives

Neša Rašić, Aleksandra Grujić, Ivana Vlajić Naumovska, Milan Ivezić*, Milan Bebić**

* Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd Odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva

** Elektrotehnički fakultet Beograd

Rezime - Od ukupno proizvedene električne energije 60 - 70% potroši se u industrijskom sektoru, gde se u različitim tehnološkim procesima u elektromotornim pogonima, ona koristi za pokretanje pogonskih mehanizama (ventilatori, pumpe, transportne trake, dizalice i dr.). Dalja istraživanja o mogućnostima za povećanje energetske efikasnosti u elektromotornim pogonima su važna, ali ništa manje nije važna ni pravovremena edukacija studenata koji se bave energetikom, i čiji će zadatak u budućoj profesionalnoj karijeri biti primena tehnoloških rešenja koja mogu da povećaju energetske efikasnosti elektromotornih pogona / tehnoloških procesa.

Razumevajući gore navedeno u Laboratoriji studijskog programa NOVE ENERGETSKE TEHNOLOGIJE Odsek Visoke škole elektrotehnike i računarstva Akademije tehničko-umetničkih strukovnih studija u Beogradu (Višer), realizovan je simulator opterećenja elektromotornih pogona. Pomoću Laboratorijskog simulatora mogu se ispitati elektromotorni pogoni u realnim uslovima, njegovih osnovnih delova: napajanja, energetskog pretvarača, motora, zaštita i algoritama upravljanja [1] (testiranje kontrolnih algoritama upravljanja pre stvarne implementacije u proces).

Ključne reči - Energetska efikasnost, laboratorijski simulator, elektromotorni pogon, frekventni pretvarač

Abstract - Of the total electricity produced, 60 - 70% is consumed in the industrial sector, where in various technological processes in electric drives, it is used to start drive mechanisms (fans, pumps, conveyor belts, cranes, etc.). Further research on the possibilities for increasing energy efficiency in electric drives is important, but no less important is the timely education of students who deal with energy, and whose task in their future professional career will be the application of technological solutions that can increase the energy efficiency of electric drives / technological processes.

Understanding the above, in the Laboratory of the NEW ENERGY TECHNOLOGY study program Academy of Technical and Art Applied Studies School of Electrical and Computer Engineering, a load simulator of frequency-regulated drives was realized. The realized simulator provides the possibility of testing the complete electric motor drive in real conditions, including power supply, power converter, motor, protection and management (testing of control management algorithms before actual implementation in the process).

Index Terms - Energy Efficiency, laboratory simulator, electrical drives, frequency converter

Uticaj zaprljanosti fotonaponskih panela na proizvodnju električne energije iz krovne fotonaponske elektrane snage 700 kW

The influence of soiling of photovoltaic panels on the production of electricity from a rooftop photovoltaic power plant with a capacity of 700 kW

Ivana Vlajić-Naumovska *, Aleksandra Grujić *, Neša Rašić *, Milan Ivezić *, Petar Đorđević **

* Akademija tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd Odsek Visoka škola elektrotehnike i računarstva, Starine Novaka 24, Beograd, Republika Srbija

** student Akademije tehničko-umetničkih strukovnih studija Beograd

Rezime - U radu je analiziran uticaj zaprljanosti fotonaponskih panela na proizvodnju električne energije iz krovne fotonaponske elektrane od 700 kW u Gornjem Milanovcu. Zaprljanost fotonaponskih panela može da izazove otežan rad celog fotonaponskog sistema i da se zbog toga dobije manje električne energije. Za potrebe rada sprovedeno je praktično ispitivanje koje se sastoji se od upoređivanja proizvodnje električne energije serije očišćenih i serije neočišćenih panela. Kroz detaljno praćenje i merenje proizvodnje električne energije, utvrđeno je da redovno čišćenje fotonaponskih panela rezultira značajnim povećanjem efikasnosti u proizvodnji električne energije. Analiza merenih rezultata naglašava važnost redovnog održavanja fotonaponskih sistema radi ostvarivanja optimalnih performansi i povećanja iskoristivosti sistema. Pored ekoloških benefita, ekonomska analiza pokazuje da čišćenje fotonaponskih panela donosi i finansijske koristi.

Ključne reči - zaprljanost fotonaponskih panela, čišćenje fotonaponskih panela, održavanje fotonaponskih sistema

Abstract - The paper analyzes the influence of the soiling of photovoltaic panels on the production of electricity from the 700 kW rooftop photovoltaic power plant in Gornji Milanovac. Dirtiness of photovoltaic panels can cause the entire photovoltaic system to work and therefore generate less electricity. For the purposes of this paper, a practical test was carried out, which consists of comparing the electricity production of a series of cleaned and a series of uncleaned photovoltaic panels. Through detailed monitoring and measurement of electricity production, it was determined that regular cleaning of photovoltaic panels results in a significant increase in electricity production. The analysis of the measured results emphasizes the importance of regular maintenance of photovoltaic systems in order to achieve optimal performance and increase system utilization. In addition to environmental benefits, economic analysis shows that cleaning photovoltaic panels also brings financial benefits.

Index Terms - soiling of photovoltaic panels, cleaning of photovoltaic panels, maintenance of photovoltaic systems

Eksploataciona ispitivanja brzih punjačkih stanica za E-automobile snaga 120kW i 240kW

Exploitation tests of fast charging 120kW and 240kW power stations for E-cars

Milan Đerić^{*}, Željko V. Despotović^{}, Miloš Kostić^{*}, Uroš Ilić^{**}**

^{*} Charge & GO, Beograd

^{**} Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, Beograd

Rezime - U radu su predstavljena eksploataciona ispitivanja i testovi koji su sprovedeni na brzim punjačkim stanicama za električne automobile. Ispitivanja su rađena na punjačkim stanicama izlaznih DC snaga od 120kW i 240kW. Ulazni napon testiranih punjačkih stanica je 3x400V, 50Hz, a izlazni jednosmerni napon 400V. Merene veličine od interesa su bile ulazni mrežni napon i ulazna mrežna struja, izlazni jednosmerni napon i izlazna jednosmerna struja, stanje napunjenosti baterijske banke na električnom vozilu (SOC%), kao i ulazna i izlazna aktivna snaga. U radu su prikazani ključni eksperimentalni rezultati dobijeni tokom ispitivanja i izvršeno je snimanje krive stepena iskorišćenja brzih punjačkih stanica u zavisnosti od izlazne snage pri različitim režimima rada.

Ključne reči - Električna vozila, električne baterije, brze punjačke stanice, energetske pretvarači, AC snaga, DC snaga

Abstract - The paper presents exploitation testing that were carried out at fast charging stations for electric cars. Tests were performed at charging stations with output DC powers of 120kW and 240kW. The input voltage of the tested charging stations is 3x400V, 50Hz, and the output DC voltage is 400V. The measured quantities of interest were input grid voltage and input grid current, output DC voltage and output DC current, state of charge (SOC%), of the electric vehicle battery bank as well as input and output active power. The paper presents the key experimental results obtained during the test and it is recorded the efficiency curve of fast charging stations depending on the output power in different operating modes.

Index Terms - E-cars, electrical battery, fast charging station, power converters, AC power, DC power

Predlog racionalizacije sistema daljinskog grejanja u gradu Čačak

Proposal for Rationalizing the District Heating System in the City of Čačak

Srećko Ćurčić*, Bojan Bogdanović, Slobodan Jerotić*****

* Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerzitet u Kragujevcu

** Evropska banka za obnovu i razvoj, Beograd

*** Slobodan Jerotić, Šabac

Rezime

Na lokaciji postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda u Čačku (PPOV) treba da se izgradi postrojenje za proizvodnju toplotne energije. Očekivani protok prečišćene otpadne vode tokom sezone grejanja očekuje se da iznosi $611 \text{ m}^3/\text{h}$, a njena očekivana prosečna temperatura očekuje se da iznosi $15,1^\circ\text{C}$.

Prečišćena otpadna voda, pomenutih karakteristika, predstavlja potencijal za proizvodnju toplotne energije za potrebe sistema daljinskog grejanja u Čačku upotrebom toplotnih pumpi. Toplotne pumpe, pored energije iz prečišćene otpadne vode, koristiće i električnu energiju za pogon kompresora. Za korišćenje potencijala otpadnih voda upotrebom toplotnih pumpi u ovom radu biće razmatrana dva scenarija za implementaciju navedenih komponenti, i to:

Scenarij 1 - toplotna pumpa kapaciteta 6 MW (pokriva bazno opterećenje u trenutnom stanju) uz izgradnju PV elektrane kapaciteta 6 MW;

Scenarij 2 - toplotna pumpa kapaciteta 3,6 MW (pokriva bazno opterećenje u slučaju implementacije mera energetske efikasnosti koje su obavezujuće u skladu sa Nacionalnim energetske i klimatskim planom NEKP [1] i dovođenjem zgrada u Čačku u energetske razred „C“) uz izgradnju fotonaponske solarne elektrane (PV) kapaciteta 6 MW.

U Scenariju 1 električna snaga kompresora toplotne pumpe iznosi 2 MW_e . Ukupna proizvodnja toplotne energije iznosi 20.600 MWh_{th} godišnje, a potrošnja električne energije iznosi 6.867 MWh_e godišnje. Radni režim toplotne pumpe je $90/55^\circ\text{C}$, dok je protok radnog fluida (voda) $169,7 \text{ kg/s}$.

U Scenariju 2 električna snaga kompresora toplotne pumpe iznosi $1,3 \text{ MW}_e$. Ukupna proizvodnja toplotne energije iznosi 15.359 MWh_{th} godišnje, a potrošnja električne energije iznosi 5.120 MWh_e godišnje. Radni režim toplotne pumpe je također $90/55^\circ\text{C}$, dok je protok radnog fluida (voda) $103,03 \text{ kg/s}$.

Snaga PV elektrane je ista u oba scenarija i iznosi 6 MW_e . Nakon izgradnje, očekuje se da će PV elektrana proizvoditi 7.379 MWh električne energije na godišnjem nivou. Međutim, s obzirom da solarni paneli gube efikasnost u proseku od $0,5\%$ godišnje, količina električne energije koju će proizvoditi PV elektrana nakon 20 godina će biti $6,709 \text{ MWh}$ godišnje.

Ključne reči: prečišćena otpadna voda, toplotna pumpa, daljinsko grejanje, grad Čačak

Model proizvođač – kupac toplote

Heat Prosumer Model

Slobodan Jerotić

Energetska zadruga „Sunčani krovovi“

Rezime

Model prosumer toplote (model proizvođač-kupac toplote) je održivi poslovni model i predstavlja dobar primer očuvanja fleksibilnosti sistema daljinskog grejanja uz optimizaciju postojećih resursa. Ostvareni indirektni ciljevi uključuju smanjenje troškova daljinskog grejanja za potrošače toplotne energije i smanjenje emisija stakleničkih gasova kao i drugih polutanata. Sprovođenjem mera energetske efikasnosti u zgradama koje su priključene na daljinsko grejanje povećava se raspoloživi kapacitet postojećih toplotnih izvora i distributivnih mreža. Pored toga, ugradnja toplotnih izvora koji koriste obnovljivu energiju na strani krajnjih korisnika takođe doprinosi povećanju raspoloživog kapaciteta distributivne mreže i povećanju udela obnovljive energije u energetsom miksu. Ovaj raspoloživi kapacitet se može iskoristiti za povezivanje novih korisnika uz minimalna ulaganja kompanija za daljinsko grejanje.

Prosumer toplotne energije je pravno ili fizičko lice koje je priključeno na mrežu daljinskog grejanja, poseduje i na održiv način koristi i sopstveni izvor toplote. Ovo lice (entitet) preuzima toplotu (za grejanje sanitarne vode, grejanje i/ili hlađenje prostora) od lokalne kompanije za daljinsko grejanje (u opštem slučaju od snabdevača) u periodima kada upotrebom sopstvenog izvora toplote ne može proizvesti dovoljno toplote za objekat koji koristi. Nasuprot tome, prosumer isporučuju toplotu snabdevaču (lokalnoj kompaniji za daljinsko grejanje) tokom perioda kada ima više toplote nego što mu je potrebno.

Ovaj model je kreiran uz podršku kompanije za daljinsko grejanje grada Sombora. Studija slučaja predviđa ugradnju toplotne pumpe tipa vazduh-voda u postojeći sistem grejanja u OŠ Dositej Obradović. Režim rada toplotne pumpe je usklađen sa kliznim temperaturnim dijagramom. Klizni dijagram definiše parametre rada sistema daljinskog grejanja i objavljen je u dokumentu „Pravilnik o radu sistema daljinskog grejanja“ koji koristi JKP Energana Sombor. Toplotna pumpa je projektovana da može da radi neprekidno bez obzira na spoljnu temperaturu i da snabdeva toplotom zgradu škole. Na temperaturama iznad -3°C toplotna pumpa može da isporučuje toplotu sistemu daljinskog grejanja. U opsegu spoljnih temperatura od -3°C do $+5^{\circ}\text{C}$, temperatura polazne vode iz toplotne pumpe bi bila 65°C , dok bi pri spoljnoj temperaturi vazduha iznad $+5^{\circ}\text{C}$ temperatura polazne vode bila 55°C . Prema kliznom dijagramu, temperatura povratne vode u mreži daljinskog grejanja pri spoljnoj temperaturi vazduha od -3°C iznosi 54.8°C , a pri spoljnoj temperaturi vazduha od $+5^{\circ}\text{C}$ iznosi 45.7°C . Na osnovu ovih parametara odabrana je toplotna pumpa nominalnog kapaciteta 65 kWth , sa varijabilnom temperaturom polazne i povratne vode. Koeficijent performanse (COP) kreće se od 2.2 do 3.3, a u slučaju rada isključivo za potrebe škole, COP može dostići vrednosti do 4.2.

Ključne reči: kupac-proizvođač, daljinsko grejanje, toplotna energija

Abstract

The heat prosumer model (the heat producer-consumer model) is sustainable business model and represents a good example of preserving district heating system flexibility while optimizing existing resources. The indirect goals achieved include reducing district heating costs for a heat prosumer and decreasing greenhouse gas emissions and other pollutants. Implementing energy efficiency measures in buildings connected to district heating increases the available capacity of heat sources and distribution networks. Additionally, installing heat sources that use renewable energy on the side of end users also contributes to increasing the available capacity of the distribution network and to enhancing the share of renewable energy in the energy mix. This available capacity can be used to connect new users with minimal investment from district heating companies.

A heat prosumer is a legal or natural person who is connected to a district heating network and sustainably uses their own heat source. This entity takes heat energy (for heating sanitary water, heating, or cooling spaces) from the company responsible for providing heat energy during periods when their own heat source cannot produce enough heat energy for the facility they use. Conversely, they supply heat energy to the provider during periods when they have more heat energy than the property requires.

This model has been created in the district heating system in the city of Sombor. Case study foreseen installation of air to water type heat pump unit in the existing heating system in elementary school Dositej Obradović. The operation mode of the heat pump is aligned

with the sliding temperature diagram of the supply and return water in the distribution network (depending on the external temperature). The sliding diagram defines the operating parameters of the district heating system and is included in the document "Rules on the Operation of the District Heating System" used by JKP Energana Sombor. The heat pump is designed to operate continuously regardless of the external temperature and to supply thermal energy to the heating system in the school. At temperatures above -3°C , it can also supply thermal energy to the district heating system. In the range of external temperatures from -3°C to $+5^{\circ}\text{C}$, the supply water temperature from the heat pump would be 65°C , while at external air temperatures above $+5^{\circ}\text{C}$, the supply water temperature would be 55°C . According to the sliding diagram, the return water temperature at an external air temperature of -3°C is 54.8°C , and at an external air temperature of $+5^{\circ}\text{C}$, it is 45.7°C . Based on these parameters, a heat pump with a nominal capacity of 65 kW was selected, featuring variable supply and return water temperatures. The coefficient of performance (COP) ranges from 2.2 to 3.3, and in the case of operation solely for the school's needs, the COP can reach values of up to 4.2.

Key-words: producer-consumer, heat prosumer, district heating

Determination of issues in controlled environment in integration systems of heat pumps

Žana Stevanović¹, Stanislaw Anweiler², Sławomir Pochwała²

¹ „VINČA” INSTITUTE OF NUCLEAR SCIENCES NATIONAL INSTITUTE OF THE
REPUBLIC OF SERBIA UNIVERSITY OF BELGRADE

² Opole University of Technology, Opole, Poland

Abstract

Urbanization and the increasing concerns about energy efficacy in buildings have led to the emergence of heat pumps as viable solutions for producing sustainable thermal environment. These systems utilize environmental controls to ensure consistent yields and quality. Nonetheless, their high energy costs pose a challenge. The majority of heat pumps energy consumption is attributed to air-conditioning, heating, and ventilation systems. In order to reduce their energy consumption, heat pumps need to adopt effective control strategies and highly efficient systems. In this study, the performance of two different systems was compared. One of these is a combination of a dehumidification unit and an electric heat pump. A building energy simulation was utilized to evaluate the system's efficiency. This issue could make it challenging to sustain a suitable thermal environment. Conversely, System 2 made significant improvements to the humidity management, facilitating a more conducive environment for enhanced thermal production and enhancing the electric heat pump's cooling capabilities.

Keywords: Heat pumps, Controlled environment, Building energy simulation, Urban environment

Апстракт

Урбанизација и све већа забринутост за енергетску ефикасност у зградама довели су до појаве коришћења топлотних пумпи као решења за стварање одрживог топлотног окружења. Ови системи користе контролу топлотног окружења како би осигурали конзистентан топлотни квалитет. Без обзира на то, њихови високи трошкови коришћења енергије представљају изазов. Већина потрошњу енергије топлотних пумпи приписује системима за климатизацију, грејање и вентилацију. Да би смањиле потрошњу енергије, топлотне пумпе морају да усвоје ефикасне стратегије управљања за високо ефикасне системе. У овој студији упоређене су перформансе два различита система. Једна од њих је комбинација јединице за одvlaживање и електричне топлотне пумпе. За процену ефикасности система коришћена је симулација енергије зграде. Овај проблем би могао да изазове одржавање одговарајућег топлотног окружења. Супротно томе, Систем 2 је направио значајна побољшања у управљању влажношћу, омогућавајући повољније окружење за побољшану топлотну производњу и побољшавајући способност хлађења електричне топлотне пумпе.

Softverski paket za kratkoročnu prognozu potrošnje prirodnog gasa

Software package for short-term natural gas demand forecasting

Pavle Lučić*, Sovjetka Krstonijević*, Goran Jakupović*, Milan Josifović*,
Đorđe Jovanović*, Gordan Konečni*, Ljiljana Topalović**, Milovan Milojević**

* Institut Mihajlo Pupin

** JP Srbijagas, Novi Sad

Rezime - U radu je opisan alat namenjen kratkoročnoj prognozi potrošnje prirodnog gasa koji je realizovan u okviru projekta *SCADA platform for DSO* za potrebe korisnika DSO Distribucijagas Srbija. Za odabranu prognostičku oblast, realizovana funkcionalnost vrši prognozu satnih vrednosti potrošnje gasa za narednih 7 dana, koristeći istorijske vrednosti za potrošnju gasa i meteorološke varijable, kao i prognoziranje vrednosti meteoroloških varijabli za narednih 7 dana. Procedura prognoziranja se, u osnovnom režimu rada, pokreće svakog sata, alternativno, na zahtev korisnika alata. Razvijena funkcionalnost koristi zasebne modele potrošnje za regularne i specijalne dane, čime se osigurava bolja tačnost prognoziranja. Alat sadrži dve aplikacije: *real-time* aplikacija koja podržava funkcionalnost prognoziranja u realnom vremenu i njena studijska verzija koja, primarno, služi definisanju nove ili ponovnom modelovanju postojeće prognostičke oblasti. Verzije aplikacije koje odgovaraju različitim režimima rada su instalirane na namenskim zasebnim radnim stanicama. *Real-time* verzija aplikacije je integrisana u postojeći SCADA sistem u distributivnom centru i namenjena je, primarno, dispečerima, ali i drugim učesnicima u upravljanju sistemom. Studijska verzija aplikacije je namenjena korisnicima koji su uključeni u proces operativnog planiranja i rada. Rad ovih aplikacija se oslanja na podatke iz odgovarajućih baza podataka i podržane su nizom pomoćnih aplikacija za uvoz/izvoz podataka, kao i odgovarajućim korisničkim interfejsima.

Ključne reči - prognoza potrošnje prirodnog gasa, kratkoročna prognoza potrošnje gasa, upravljanje distributivnim sistemima za gas

Abstract - This paper describes a tool for short-term forecasting of natural gas demand which is developed as a part of the SCADA platform for DSO project, for DSO Distribucijagas Serbia. For the selected forecasting area, the implemented functionality generates hourly gas demand forecasts for the next 7 days, using historical values for gas demand and meteorological variables, as well as meteorological forecasts for the next 7 days. The forecasting procedure is, by default, initiated every hour, alternatively, 'on demand', according to the requirements of the user. The developed functionality uses separate models for regular and special days, projecting better forecasting accuracy. The developed forecasting tool relies on two main applications: a real-time application that supports the real-time forecasting functionality and its study version, used to define a new or remodel an existing forecasting area. These applications are installed on dedicated separate workstations. The real-time version of the application is integrated into the existing SCADA system in the distribution center and is primarily intended for dispatchers, but also for other participants in system management. The study version of the application is intended for users who are involved in the process of operational planning. The operation of these applications relies on data from the corresponding databases and is supported by a number of auxiliary applications for data import/export, as well as appropriate user interfaces.

Index Terms - natural gas demand forecasting, short-term gas demand forecasting, management of gas distribution systems

Polyvalent Energy System for Sustainable Central Preparation of Domestic Hot Water in Multifamily Residential Buildings - Case Study

Polivalentni sistem za održivu centralnu pripremu sanitarne tople vode u zgradama kolektivnog stanovanja – Studija slučaja

Goran Vučković, Mirko Stojilković, Marko Ignjatović

Mašinski fakultet u Nišu, Srbija

Rezime: Energy consumption for heating DHW, in addition to energy consumption for thermal comfort (space heating/cooling), is one of the major consumers in the residential building sector. The needs for space heating/cooling have a seasonal character, while the needs for heating domestic water have a year-round character. The largest number of households in Serbia use electricity for preparation DHW in individual water tank, usually with a volume of 60 or 80 liters, with an electric heater with a power of 2 kW. There are few local governments, such as Belgrade and Novi Sad, which have central preparation of DHW using a district heating system. The public-utility company "Gradska toplana Niš" transforms the chemical energy of fuel (natural gas and fuel oil) into thermal energy in 16 heat sources (two heating plants and 14 boiler houses), and distribution to users is carried out through a district heating network, about 69 km long with 1,140 substations of the indirect type to which 31,203 facilities are connected (29,098 residential and 2,104 office buildings). However, the central preparation of DHW from the district heating system in the city of Nis is done only from one heat source (boiler house "Majakovski") and in only 4 heat substations connected to nine buildings with 339 units and about 600 citizens. Five condensing boilers on natural gas are used for heating domestic water in the winter, each with an individual power of 100 kW (500 kW in total), which annually produce about 1,000 MWh of heat energy and generates GHG in the amount of about 186 tCO₂. In the summer period, nine electric boilers are used, each with a nominal power of 24 kW (total 216 kW), which annually consume 243 MWh of electricity, which generates about 267 tCO₂. In this paper, a techno-economic analysis of the transition from seasonal monovalent heating (natural gas in winter and electricity in summer) to year-round polyvalent heating (solar energy, heat pump and natural gas) was performed. Basic needs would be met primarily by using solar energy from 108 high-efficiency thermo-solar collectors for direct heating of domestic water and a photovoltaic plant with capacity of 42 kWp for the transformation of solar energy into electricity in the prosumer system, which would be used for heat pump. A highly efficient air-to-water heat pump with a nominal heat output of 182 kW would be used primarily for heating domestic water when the capacity of thermo-solar collectors is not sufficient (winter and transition period), and then for preheating water that would be finally prepared in hot water boilers for heating residential units. The peak needs in the coldest winter days when the coefficient of performance of the air source heat pump drops below 2 (COP < 2) would be met by using existing natural gas condensing boilers with reduced capacities to the level of 20-25% of current production. The results of the techno-economic analysis show that the investment of EUR 359,100.00 will provide average annual financial savings of EUR 61,633.00 and will contribute to the reduction of natural gas consumption in the amount of 829 MWh and the reduction of greenhouse gas emissions of 52 tCO₂.

Ključne reči: Solar energy, Heat pump, DHW

Rezime (Engleski): Potrošnja energije za zagrevanje sanitarne tople vode pored potrošnje za očuvanje termičkog komfora (grejanje i hlađenje) spada u red velikih potrošača u rezidencijalnom sektoru zgradarstva. I dok su potrebe za grejanjem i hlađenjem prostora sezonskog karaktera, potrebe za sanitarnom toplom vodom imaju celogodišnji karakter. Najveći broj domaćinstva u Republici Srbiji za zagrevanje sanitarne tople vode koristi električnu energiju u individualnim akumulacionim bojlerima, najčešće zapremine 60 ili 80 litara, sa električnim grejačem snage 2 kW. Retke su jedinice lokalne samouprave, poput Beograda i Novog Sada, koje imaju centralnu pripremu sanitarne tople vode korišćenjem sistema daljinskog grejanja. Javno-komunalno preduzeće „Gradska toplana Niš“ transformaciju hemijske energije pogonskih energenata (prirodni gas i mazut) u toplotnu energiju obavlja u ukupno 16 toplotnih izvora (dve toplane i 14 kotlarnica), a distribucija do korisnika vrši se posredstvom toplovodne mreže dužine oko 69 km i u 1.140 toplotnih podstanica indirektnog tipa na koje je priključeno 31.203 objekta, i to 29.098 stambenih i 2.104 poslovnih zgrada. Međutim, centralna priprema sanitarne tople vode iz daljinskog sistema grejanja u gradu Nišu vrši se samo iz jednog toplotnog izvora (kotlarnica „Majakovski“) i u svega 4 toplotne podstanice na kojima je priključeno devet stambenih zgrada sa 339 stambenih jedinica, u kojima živi oko 600 stanara. Za zagrevanje sanitarne vode koristi se u zimskom periodu pet kondenzacionih kotlova na prirodni gas, svaki

pojedinačne snage 100 kW (ukupno 500 kW) koji na godišnjem nivou proizvedu oko 1.000 MWh toplotne energije i emituju gasove sa efektom staklene bašte u količini od oko 186 tCO₂, dok se u letnjem periodu koristi devet električnih kotlova svaki nazivne snage 24 kW (ukupno 216 kW) koji godišnje potroše 243 MWh električne energije zbog čega se generiše oko 267 tCO₂. U ovom radu izvršena je tehno-ekonomska analiza prelaska sa sezonskog monovalentnog zagrevanja (zimi - prirodni gas i leti - električna energija) na celogodišnje polivalentno zagrevanje (solarna energija, toplotna pumpa i prirodni gas). Bazne potrebe zadovoljavale bi se primarno korišćenjem solarne energije iz 108 visokoeфикаsnih termo-solarnih kolektora za direktno zagrevanje sanitarne vode i fotonaponskih panela instalisane snage 42 kWp za transformaciju solarne energije u električnu u sistemu kupac-proizvođač, koja bi se koristila za pogon toplotne pumpe. Visokoeфикасна toplotna pumpa vazduh-voda nazivne toplotne snage 182 kW koristila bi se primarno za zagrevanje sanitarne vode kada kapacitet termo-solarnih kolektora nije dovoljan (zimski i prelazni period), a potom i za predgrevanje vode koja bi se finalno pripremala u toplovodnim kotlovima za grejanje stambenih jedinica. Vršne potrebe u najhladnijim zimskim danima kada koeficijent performansi vazdušne toplotne pumpe padne ispod 2 ($COP < 2$) podmirivale bi se korišćenjem postojećih kondenzacionih kotlova na prirodni gas sa redukovanim kapacitetima do nivoa 20-25% trenutne proizvodnje. Rezultati tehno-ekonomske analize pokazuju da će investicija od 359.100,00 EUR obezbediti prosečne godišnje finansijske uštede od 61.633,00 EUR i doprineće smanjenju potrošnje prirodnog gasa u količini od 829 MWh i redukciji emisije gasova sa efektom staklene bašte od 52 tCO₂.

Ključne reči (Engleski): Solarna energija, toplotna pumpa, STV

Numeričke simulacije prenosa toplote u sistemu podzemnog skladištenja termalne energije (UTES): CFD pristup

Numerical simulations of heat transfer in underground thermal energy storage (UTES) system: CFD approach

Mahir Hafizović*, Muhamed Hadžić**, Bojan Ničeno***

* Enova d.o.o. Consultants and Engineers Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

** International University of Sarajevo, Bosnia and Herzegovina

*** Paul Scherrer Institute, Switzerland

Rezime – Fenomen prenosa toplote unutar podzemnog skladišta toplotne energije analiziran je koristeći metodu računske dinamike fluida (CFD). Analizirana su tri scenarija kako bi se istražili mehanizmi prenosa toplote: (i) *Dotok tople vode* – Topla voda ulazi u komoru, potiskuje hladniju vodu i prenosi toplotu na okolno tlo i odlaznu vodu. Tlo, kao toplotni rezervoar, apsorbira toplotu uz minimalne promjene temperature, osim u blizini komore; (ii) *Prirodno hlađenje* – Kada su ulazi i izlazi zatvoreni, voda se postepeno hladi kroz interakciju s hladnijim tlom. Posebno je analizirana početna brzina hlađenja, koja određuje koliko dugo voda ostaje iznad određene temperature prije nego što sistem dostigne termičku ravnotežu; (iii) *Ekstrakcija toplote izmjenjivačem* – Uronjeni izmjenjivač odvodi toplotu iz vode u komori, dok okolno tlo nadoknađuje gubitak. Efikasnost ovog procesa zavisi od dimenzija i radnih parametara izmjenjivača.

Rezultati pokazuju da sistem u svim scenarijima zadržava stabilnu termičku stratifikaciju, gdje toplija voda ostaje u gornjim slojevima, dok se hladnija spušta uslijed razlika u gustini. Interakcija vode i tla je ključna – tlo djeluje kao izvor toplote tokom ekstrakcije i kao rezervoar tokom hlađenja.

Ključne riječi - Skladištenje toplotne energije, prenos toplote, geotermalna energija, interakcija čvrstog tijela i fluida, akvifer, računaska dinamika fluida (CFD).

Abstract - This study presents a numerical analysis of heat transfer phenomena within an underground thermal energy storage system using Computational Fluid Dynamics (CFD). Three scenarios were analysed to examine heat transfer mechanisms: (i) *Influx of hot water* – Hot water enters the chamber, displacing colder water and transferring heat to both the surrounding soil and the outgoing water. The soil, acting as a thermal reservoir, absorbs heat with minimal temperature variation, except in regions near the chamber; (ii) *Natural cooling* – With the chamber's inlets and outlets sealed, the water gradually cools through interaction with the colder surrounding soil. The focus is on the initial cooling rate, which determines how long the water remains above a certain temperature before reaching thermal equilibrium; (iii) *Heat extraction via a heat exchanger* – A submerged heat exchanger extracts heat from the chamber water while the surrounding soil compensates for the loss. The efficiency of this process depends on the dimensions and operational parameters of the heat exchanger.

The results indicate that in all scenarios, the system maintains stable thermal stratification, with warmer water staying in the upper layers while cooler water settles due to density differences. The interaction between water and soil plays a crucial role – acting as a heat source during extraction and as a reservoir during cooling.

Index Terms – thermal energy storage, heat transfer, geothermal energy, solid-fluid interaction, aquifer, computational fluid dynamics (CFD)

Issue of heat pumps and climate change in continental climate

Žana Stevanović¹, Stanisław Anweiler²

¹ „VINČA “INSTITUTE OF NUCLEAR SCIENCES NATIONAL INSTITUTE OF THE REPUBLIC OF SERBIA UNIVERSITY OF BELGRADE

² Opole University of Technology, Opole, Poland

Abstract

Heat pumps represent a pivotal technology in the global transition toward sustainable energy systems, offering significant potential to mitigate climate change. By efficiently transferring heat rather than generating it through combustion, heat pumps can drastically reduce greenhouse gas emissions when paired with low-carbon electricity sources. This paper examines the role of heat pumps in addressing climate change, focusing on their energy efficiency, environmental benefits, and integration into building heating and cooling systems. It also discusses challenges such as high initial costs, reliance on electricity grids, and the need for policy support to accelerate deployment. Emphasizing their ability to decarbonize residential and commercial heating—a sector responsible for a substantial portion of global CO₂ emissions—this study highlights heat pumps as a critical component of climate action strategies. Future research and development, combined with policy incentives, are essential to maximize their impact in achieving global climate goals.

Keywords: Heat pumps, Urban environment, Climate change

Абстракт

Топлотне пумпе представљају кључну технологију у глобалној транзицији ка одрживим енергетским системима, нудећи значајан потенцијал за ублажавање климатских промена. Ефикасним преносом топлоте уместо употребе класичних котлова у којима се генерише топлота путем сагоревања фосилних горива заобилази серизик од могуће појаве емисије угљен-моноксида. Са те стране топлотне пумпе могу драстично смањити емисије гасова стаклене баште када су упарене са нискоугљеничним изворима електричне енергије. Овај рад испитује улогу топлотних пумпи у решавању климатских промена, фокусирајући се на њихову енергетску ефикасност, користи за животну средину и интеграцију у системе грејања и хлађења зграда. Наглашавајући њихову способност да декарбонизирају резиденцијално грејање – сектор одговоран за значајан део глобалних емисија. Будућа истраживања и развој, у комбинацији са политичким подстицајима, од суштинског су значаја за максимизирање њиховог утицаја у постизању глобалних климатских циљева.

Кључне речи: Топлотне пумпе, Урбана средина, Климатске промене

Нова регулатива у области стратешког развоја енергетског сектора у Републици Србији

New regulations in the area of strategic development of the energy sector in the Republic of Serbia

Milan Petrović, Biljana Trivić, Iva Batić

Agencija za energetiku Republike Srbije i Elektrotehnički fakultet Beograd

Rezime: У Републици Србији је 2024. година означила амбициозно отпочињање нове етапе развоја енергетског сектора. Крајем јула 2024. године у Републици Србији је усвојен Интегрисани национални енергетски и климатски план (ИНЕКП) за период до 2030. године, са пројекцијама до 2050. године. Доношењем ИНЕКП-а Република Србија је добила важан стратешки документ, који је усклађен са визијом Европске уније у погледу декарбонизације енергетског сектора. Овај документ представља мапу пута Републике Србије у енергетској транзицији који ће помоћи и у остваривању циља спајања тржишта електричне енергије са јединственим тржиштем Европске уније. У складу са захтевима из ИНЕКП-а у Србији се планирају велика инвестициона улагања до 2030. године у обновљиве изворе енергије, са око 3,5 GW нових електрана на сунце и ветар (која ће се прикључити на електроенергетску мрежу), са циљем повећања сигурности снабдевања потрошача, уз повећање учешћа чистих извора енергије и већу заштиту животне средине. Други важан стратешки документ у области развоја енергетског сектора је Стратегија развоја енергетике Републике Србије до 2040. године са пројекцијама до 2050. године која је усвојена у новембру 2024. године, а поред тога у децембру 2024. године су усвојене и измене и допуне Закона о енергетици, са циљем испуњења обавеза из Уговора о оснивању Енергетске заједнице. У овом раду аутори ће дати осврт на све новине које нам доносе претходно наведени стратешки документи, као и на то шта нам доносе измене и допуне Закона о енергетици.

Кључне речи: енергетика, ОИЕ, декарбонизација, енергетска транзиција

Rezime (Engleski): In the Republic of Serbia, 2024 year marked the ambitious start of a new stage in the development of the energy sector. At the end of July 2024, the Republic of Serbia adopted the Integrated National Energy and Climate Plan (INECP) for the period until 2030, with projections until 2050. By adopting the INECP, the Republic of Serbia received an important strategic document, which is aligned with the European Union's vision for the decarbonization of the energy sector. This document represents a map for the Republic of Serbia in the energy transition, which will also help achieve the goal of connecting the electricity market with the single market of the European Union. In accordance with the requirements of the INECP, Serbia plans to make large investments in renewable energy sources by 2030, with around 3.5 GW of new solar and wind power plants (which will be connected to the electricity grid), with the aim of increasing the security of supply to consumers, increasing the share of clean energy sources and greater environmental protection. Another important strategic document in the field of energy sector development is the Energy Development Strategy of the Republic of Serbia until 2040 with projections until 2050, which was adopted in November 2024, and in addition, amendments to the Energy Law were adopted in December 2024, with the aim of fulfilling the obligations under the Treaty establishing the Energy Community. In this paper, the authors will provide an overview of all the innovations brought to us by the previously mentioned strategic documents, as well as what the amendments to the Energy Law bring to us.

Кључне речи (Engleski): energetics, RES, decarbonization, energy transition

Biogas u srbiji i pitanje opstanka

Biogas in Serbia and the Question of Survival

Marko Nedić

Budućnost doo

Rezime: Biogasno postrojenje kao svoj osnovni energent koristi biogas, koji je u osnovi mešavina gorivih i negorivih gasova. On nastaje anaerobnom fermentacijom organskih materija. Anaerobna fermentacija predstavlja proces razlaganja (truljenja) organske materije bez prisustva vazduha, odnosno bez prisustva kiseonika. Osim što je process anaeroban, on je i mezofilan i odigrava se na oko 43C. Biogas je pogonsko gorivo za SUS motor koji je vratilom povezan sa generatorom(CHP). Kao izlazni proizvod, biogasno postrojenje generiše dva oblika energije – električnu i toplotne, kao i visokokvalitetno organsko đubrivo, odnosno postfermentorski ostatak, koji se, ukoliko se separiše, deli na tečnu i čvrstu fazu. Prva postrojenja ovakvog tipa u Srbiji su počela sa radom krajem 2011. i početkom 2012. godine i po tadašnjem Zakonu o Energetici, odnosno Uredbi o uslovima za sticanjem statusa povlašćenog proizvođača električne energije potpisali su Ugovor o otkupu električne energije po tzv feed in uslovima na 12 godina. Krajem 2019. godine, Uredba o podsticajnim merama za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora prestaje da važi i dugo se čekalo na donošenje nove Uredbe. Ona je doneta konačno 2023. godine, ali po novim uslovima, gde je feed in sistem više ne važi. Takodje, padaju u zaborav i postrojenja koja su Ugovore potpisali 2012. godine i kojima su Ugovori od 12 godina istekli. Nadležno Ministarstvo, ne razmatra njihov dalji status i potencijalni opstanak, iako svi znamo njihov značaj i po životnu okolinu, kao i po samu stabilnost elektgroenergetskog sistema. Biometan, koji je uz zbrinjavanje biološkog, neopasnog otpada, potencijalna budućnost i put kojim bi potencijalno, ova postrojenja, ali i neka sledeća mogla da podju, još uvek je kod nas opšta nepoznanica, iako je u Evropi u primeni više od 10 godina. Ovo nije pitanje samo energetskog sektora i nadležnog ministarstva, nego i sektora poljoprivrede, kao i ekologije i potrebno je zajedničkim delovanjem osnažiti i podržati dalji opstanak i razvoj sektora, koji je na rubu egzistencije.

Ključne reči: Biogas, opstanak, biološki otpad, biometan

Rezime (Engleski): The biogas plant uses biogas as its main energy source, which is basically a mixture of combustible and non-combustible gases. Biogas is made by anaerobic fermentation of organic matter. Anaerobic fermentation is the process of decomposition (decay) of organic matter without the presence of air, without the presence of oxygen. In addition to being anaerobic, it is also mesophilic and it is made on about 43C. Biogas is the fuel for the SUS engine that is shaft- connected to the generator(CHP). As an output product, a plant generates two forms of energy – electrical and heat, as well as high-quality organic fertilizer, post-fermentation residue, which, if separated, is divided into liquid and solid phase. The first plants of this type in Serbia started operating at the end of 2011. and at the beginning of 2012., and according to the then Law on Energy, i.e. the Regulation on the conditions for obtaining the status of a privileged producer of electricity, they signed an Agreement on the purchase of electricity under the so-called feed-in conditions on 12 years. At the end of 2019., the Regulation on incentive measures for the production of electricity from renewable sources ceases to be valid, and the adoption of a new Regulation has been long awaited. It was finally adopted in 2023, but under new conditions, where the feed-in system is no longer valid. Also, the plants that signed the Agreements in 2012 and whose 12-year Agreements have expired are also being forgotten. The competent Ministry does not consider their further status and potential survival, although we all know their importance for the living environment, as well as for the very stability of the electricity system. Biomethane, which, along with the disposal of biological, non-hazardous waste, is a potential future and the path by which these plants, as well as some of the next ones, could potentially start, is still a general unknown in our country, although it has been in use in Europe for more than 10 years. This is not only an issue of the energy sector and the competent ministry, but also of the agriculture sector, also ecology, and it is necessary to strengthen and support the further survival and development of the sector, which is on the verge of existence, through joint action.

Ključne reči (Engleski): Biogas, survival, biometan, biological waste

Prediction of Area Control Error (ACE) using neural networks in the Serbian power system

Предикција грешке регулаторне области (ACE) применом неуралних мрежа у електроенергетском систему Србије

Vladimir Antonijević, Mileta Žarković, Goran Kvaščev
Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Rezime: This paper investigates the application of neural networks for predicting the Area Control Error (ACE) in Serbia's transmission power system, managed by the Transmission System Operator (TSO) EMS. ACE is a key indicator of the balance between the actual and scheduled electricity exchange with neighboring control areas, and its accurate prediction is essential for improving system stability and reducing operational costs.

The proposed model utilizes a Long Short-Term Memory (LSTM) neural network for time series analysis. Input data include historical ACE values, system frequency, and other system-related data, as well as meteorological information. Additionally, the model integrates parameters of system regulation and dynamics to capture the complex relationships within the power system.

The results show that the proposed model achieves limited accuracy in ACE prediction. This research provides a foundation for further development of methods to predict and mitigate ACE, particularly in the context of increased integration of renewable energy sources.

Ključne reči: ACE, Neural Network, LSTM, Prediction

Rezime (Engleski): Овај рад истражује примену неуралних мрежа за предикцију грешке регулаторне области (ACE) у преносном електроенергетском систему Србије, којим управља оператор преносног система ЕМС. ACE представља кључни показатељ баланса између остварене и планиране размене електричне енергије са околним контролним областима, а његова прецизна предикција од суштинског је значаја за унапређење стабилности система и смањења оперативних трошкова.

Предложени модел користи Long Short-Term Memory (LSTM) неуралну мрежу за анализу временских серија. Као улазни подаци коришћени су историјски подаци о ACE, фреквенцији система и остали системски подаци, као и метеоролошки подаци. Додатно, модел интегрише податке о параметрима системске регулације и динамике како би обухватио сложеније односе у електроенергетском систему.

Резултати показују да предложени модел постиже ограничену тачност у предикцији ACE. Ово истраживање пружа основу за даљи развој метода за предикцију и смањење ACE, посебно у контексту повећане интеграције обновљивих извора енергије.

Ključne reči (Engleski): ACE, неуралне мреже, LSTM, предикција

Kritički osvrt na vođenje energetske politike Republike Srbije

Critical Review of Energy Policy Management in the Republic of Serbia

Miroslav Parović

Elektrodistribucija Srbije doo Beograd

Rezime: U okviru rada biće dat kritički osvrt na način vođenja energetske politike u Republici Srbiji, a sa osnovnim ciljem da se doprinese podizanju svesti stručne i naučne zajednice o važnosti direktnijeg učešća u svim procesima koji se tiču energetskeg sektora. Srpska energetika je na prekretnici. Donošenje ključnih odluka sada će oblikovati razvoj društva i države u narednih nekoliko decenija. Naime, način na koji ćemo obezbeđivati energetske sigurnost i nezavisnost određivaće moguće modele razvoja privrede kao i politička savezništva u budućnosti. Iz tog razloga energetska politika mora biti postavljena tako da uvažava ne samo trenutne političke okolnosti već i projekcije za naredni period. Sa tim u vezi fokus u ovom radu biće geonegetske analize, pogotovo vezano za nuklearnu energiju imajući u vidu da je upravo taj aspekt energetike novina koja se predviđa u novom pravnom i političkom okviru koji je usvojen. Na osnovu dostupnih pokazatelja, donosioci odluka u nuklearnoj energetici vide rešenje bazne proizvodnje električne energije, a to otvara niz različitih izazova koji dovode u pitanje mogućnost realizacije takvih projekata.

Iz tog razloga, ovaj rad analizira ključne izazove i prilike u energetskej politici Republike Srbije, s posebnim osvrtom na potencijalne rizike i benefite uvođenja nuklearne energije.

Ključne reči: energetska politika; energetska sigurnost; nuklearna energetika; energetska trilema; energetska pravda

Rezime (Engleski): This paper provides a critical review of the energy policy management in the Republic of Serbia, aiming to raise awareness within the professional and scientific community about the importance of more direct involvement in all processes concerning the energy sector. Serbian energy policy stands at a crossroads. The decisions made today will shape the development of society and the state over the coming decades. The manner in which energy security and independence are ensured will determine the potential economic development models and future political alliances. For this reason, energy policy must be designed to consider not only the current political context but also projections for the future. In this regard, the focus of this paper will be on geoneergy analyses, which explore the geographical and geopolitical dimensions of energy management, particularly concerning nuclear energy, given that this aspect of the energy sector represents a novelty anticipated within the newly adopted legal and political framework. Based on available data, decision-makers in nuclear energy perceive it as a solution for base-load electricity generation, which opens up a range of challenges that call into question the feasibility of such projects. For this reason, the paper analyzes the key challenges and opportunities in Serbia's energy policy, with particular emphasis on the potential risks and benefits of introducing nuclear energy.

Ključne reči (Engleski): energy policy; energy security; nuclear energy; energy trilemma; energy justice

Izazovi i iskustva pri izboru bitnih elemenata opreme za izgradnju solarnih elektrana na tlu

Challenges And Experiences in Selecting Essential Elements of Equipment for the Construction of Ground-Based Solar Power Plants

Biljana Lovčević Kureljušić, Rastislav Kragić, Aleksandr Kozhevnikov
NIS ad Novi Sad

Kako u Svetu, tako i poslednjih decenija u regionu, postoji veliki broj solarnih elektrana izgrađenih na tlu pa se može zaključiti da postoji značajno iskustvo njihovog projektovanja. Projektovanje solarnih elektrana se praktično svodi na izbor gotovih, tipskih elemenata koje brojni proizvođači opreme i konstrukcija nude na tržištu i zasniva se na uklapanju tipskih elemenata u jednu funkcionalnu celinu u skladu sa važećim standardima i tehničkim propisima.

Međutim, s obzirom da svaka solarna elektrana ima svoje specifičnosti u zavisnosti od sredine u kojoj se gradi (geomehaničkih uslova tla, usvajanja mehanička opterećenja, specifičnosti lokacije ili kompleksa u kojem se gradi elektrana i sl), projektom moraju biti obuhvaćeni svi uslovi i predviđene sve mere u pogledu stabilnosti i sigurnosti kompletnog objekta. Ponekad, zbog velikog broja različitih pristupa projektovanju solarnih elektrana, ili zanemarivanja nekih specifičnosti pri izboru opreme i konstrukcije, javljaju se propusti koji mogu prouzrokovati vrlo nepovoljne posledice za investitora.

Ovaj rad prenosi iskustva na izboru opreme i proveru ključnih elemenata noseće konstrukcije pri izgradnji solarnih elektrana. Rad daje smernice projektantima i investitorima na koje ulazne parametre posebno treba obratiti pažnju prilikom izbora opreme, daje rešenje za eventualna dodatna ojačanja elemenata tipske noseće konstrukcije i poboljšavanje performansi kompletne elektrane.

Ključne reči: solarne elektrane, konstrukcija

Rezime (Engleski): Both in the World and in recent decades in the region, there is a large number of solar power plants built on the ground, so it can be concluded that there is significant experience in their design. The design of solar power plants practically comes down to the selection of ready-made, standard elements that numerous equipment and construction manufacturers offer on the market and is based on the integration of standard elements into a single functional unit in accordance with applicable standards and technical regulations.

However, since each solar power plant has its own specificities depending on the environment in which it is built (geomechanical soil conditions, adoption of mechanical loads, specificities of the location or complex in which the power plant is built, etc.), the project must include all conditions and provide all measures regarding the stability and safety of the entire facility. Sometimes, due to the large number of different approaches to designing solar power plants, or neglect of some specificities in the selection of equipment and construction, omissions occur that can cause very adverse consequences for the investor.

This paper conveys experiences in the selection of equipment and checking key elements of the supporting structure in the construction of solar power plants. The paper provides guidelines for designers and investors on which input parameters should be given special attention when selecting equipment, provides a solution for possible additional reinforcement of the elements of the typical supporting structure and improving the performance of the entire power plant.

Ključne reči (Engleski): photovoltaic power plant , steel structure

Korišćenje fasada za proizvodnju električne energije, prednosti i nedostaci

Using facades for electricity generation, advantages and disadvantages

Miodrag Vuković, Mihajlo Jakovljević*,

*CONSEKO d.o.o., Beograd

Rezime - Ograničene površine raspoloživih krovova i zemljišta u vlasništvu za proizvodnju električne energije za sopstvene potrebe, predstavljaju granice mogućnosti za zadovoljenje sopstvenih potreba za električnom energijom. Dodatni potencijal za proizvodnju električne energije predstavljaju fasade izgrađenih objekata. Postoje brojne studije urađene na temu korišćenja fasada za solarne sisteme na objektima u urbanim područjima. U radu se prikazuju primeri realizovanih fotonaponskih elektrana sa korišćenjem fasadnih sistema, ali na komercijalnim i industrijskim objektima, sa prednostima i nedostacima korišćenja fasada. Prikazani su rezultati ostvarene proizvodnje električne energije na fasadama i poređenje rezultata ostvarene proizvodnje energije u letnjem, zimskom i prelaznom periodu na industrijskom objektu.

Ključne reči – solarna proizvodnja električne energije, sezonalnost proizvodnje, fasadni sistemi, fotonaponski sistemi integrisani u zgrade (BIPV)

Abstract - The limited areas of available roofs and owned land to produce electricity for self consumption needs represent the limits of the possibilities for satisfying own needs for electricity. Additional potential to produce electricity could be found on facades of existing buildings. The paper presents examples of implemented photovoltaic power plants using facade systems on commercial and industrial buildings, the advantages and disadvantages of using facades for solar power plants. The results of the achieved electricity production on facades and a comparison of the results of the achieved energy production in the summer, winter and transitional periods are presented.

Index Terms – solar PV production, seasonality of PV production, facade systems, BIPV

Virtual Power Plants: A Key for a Net-Zero Transition

Ivana Kockar, Gary Howorth

University of Strathclyde
United Kingdom

Rezime: Aggregation by Virtual Power Plants (VPPs) is seen as one of the key elements in managing of flexibility which is necessary to support transition towards Net-zero energy systems due to various changes in system operation. This includes significant levels of renewable generation with variable outputs, connections of different Distributed Energy Resources (DERs) at distribution level networks as well as extension of energy and ancillary services markets to local/community levels. Thus, VPPs will ease interactions of large numbers of potential customers by managing and coordinating technical operation of these devices as well as market aspects of provision of flexibility and ancillary services. First part of this paper will outline both technical and economic layers of VPPs, and will discuss challenges of employing and coordinating flexibility from DERs, including looking into the appropriate optimization of market access, assets and understanding of the constraints on the wider distribution system.

The second part of the paper will outline work carried out in the EU SIES 2022 ERA-Net project, which is investigating in detail the possible provision of flexibility by different technologies. Thus, presented work will be based on real use cases, and we will present and discuss learnings from developing and implementing VPP management, optimization and other software tools in a pilot deployed in the Engineering Technical Centre in Central Scotland (ETC), which are necessary to manage these different technologies/participants. In addition, paper will outline and discuss business aspects, such as understanding of participation in different flexibility and ancillary services markets, risks associated with trading and forecasting, as well as a need for portfolio optimization when trading in different markets.

Ključne reči: Integration of Distributed Energy Resources (DERs), Virtual Power Plants, Flexibility Services, Net-Zero

Analiza isplativosti primene solarnih sistema kod kupaca-proizvođača koji su domaćinstva

Profitability analysis of solar system implementation for prosumer households

Jelisaveta Krstivojević*, Jelena Stojković Terzić*, Dunja Grujić*

* Univerzitet u Beogradu - Elektrotehnički fakultet

Rezime - U radu će biti analiziran uticaj ugradnje solarnih sistema kao primene novih tehnologija u domaćinstvima, kroz procenu troškova, ušteda na računima za električnu energiju i perioda povraćaja investicije. Na početku će biti prikazan uporedni pregled stavki računa za električnu energiju između potrošača koji nisu kupci-proizvođači i onih koji to jesu. Nakon toga, analiza će obuhvatiti primenu solarnih sistema u domaćinstvima kategorije kupaca-proizvođača sa različitim nivoima godišnje potrošnje električne energije i različitim odnosima potrošnje u višoj i nižoj tarifi. Biće razmatrano šest grupa potrošača koje se razlikuju po prosečnoj godišnjoj potrošnji, dok će za svaku grupu biti analizirana dva slučaja odnosa potrošnje u višoj i nižoj tarifi. Na osnovu podataka o potrošnji električne energije, usvojene godišnje raspodele potrošnje po mesecima i modela proizvodnje solarnih sistema dobijenih korišćenjem PVGIS Online Tool-a, biće određene optimalne instalisane snage solarnih sistema za analizirane grupe potrošača. Analiza će obuhvatiti procenu potrebnih investicionih sredstava, očekivane uštede na računima za električnu energiju i vreme povraćaja investicije. Posebna pažnja biće posvećena uticaju odnosa potrošnje u višoj i nižoj tarifi na izbor optimalne snage solarnog sistema, kao i mogućnostima korišćenja viškova proizvedene energije. Očekuje se da će rezultati ukazati na isplativost i opravdanost investicije u zavisnosti od vrednosti godišnje potrošnje električne energije domaćinstva.

Ključne reči - kupac-proizvođač, solarni sistem, optimalna instalisana snaga, ekonomski uticaj, nove tehnologije

Abstract - This paper analyzes the impact of solar system installation as an application of new technologies in households, focusing on cost assessment, electricity bill savings, and investment payback period. An initial comparison of electricity bill components will be presented between consumers who are not prosumers and those who are. Subsequently, the analysis will cover the application of solar systems in prosumer households with different levels of annual electricity consumption and varying consumption ratios between higher and lower tariff rates. Six consumer groups differing in average annual electricity consumption will be considered, with two consumption ratio scenarios between higher and lower tariff rates analyzed for each group. Based on electricity consumption data, the adopted annual consumption distribution by months, and solar system production models obtained using the PVGIS Online Tool, optimal installed solar system capacities for the analyzed consumer groups will be determined. The analysis will include the evaluation of required investment funds, expected electricity bill savings, and investment payback periods. Special attention will be given to the impact of the consumption ratio between higher and lower tariff rates on the selection of optimal solar system capacity, as well as the possibilities of utilizing excess generated energy. The expected results should highlight the profitability and justification of the investment depending on the household's annual electricity consumption value.

Index Terms - prosumer, solar system, optimal installed capacity, economic impact, new technologies

Određivanje optimalne lokacije i snage solarne elektrane u cilju poboljšanja naponske stabilnosti

Optimal Placement and Sizing of Solar Power Plant for Voltage Stability Improvement

Doroteja Zarev*, Jelena Stojković Terzić**, Jovan Trifunović*

*Katedra za energetske pretvarače i pogone

** Katedra za elektroenergetske sisteme

Univerzitet u Beogradu – Elektrotehnički fakultet
Beograd, Republika Srbija

Rezime - U ovom radu razmatra se problem određivanja optimalne lokacije i snage solarnih elektrana u distributivnim mrežama, sa ciljem poboljšanja naponske stabilnosti. Na standardnoj IEEE mreži sa 69 čvorova analizirani su ključni pokazatelji u vezi sa naponskom stabilnošću, uključujući indeks predikcije naponskog kolapsa, dok su gubici snage takođe uzeti u obzir prilikom definisanja optimalne snage solarne elektrane. Sve veća primena distribuiranih izvora energije naglašava značaj pravilnog dimenzionisanja i pozicioniranja ovih izvora, jer neadekvatno postavljene solarne elektrane ili solarne elektrane prevelike snage mogu dovesti do porasta napona, povratnih tokova snage i degradacije performansi sistema. Svrha analize je da se utvrdi kako solarne elektrane, koje se potencijalno priključuju na mrežu, utiču na naponsku stabilnost u distributivnim mrežama sa ograničenim kapacitetom za integraciju obnovljivih izvora energije. Ova pitanja su posebno značajna u situacijama kada je instalisana snaga solarnih elektrana, koje čekaju odluku o priključenju, veća od prihvatnog kapaciteta posmatranog dela distributivne mreže, čime se postavlja pitanje prioriteta priključenja.

Ključne reči – naponska stabilnost; optimalna lokacija; solarna elektrana; distributivna mreža; priključenje solarne elektrane na mrežu;

Abstract - This paper addresses the problem of determining the optimal location and capacity of solar power plants in distribution networks to improve voltage stability. Key voltage-related indicators, such as voltage stability and power losses, were analyzed on standard IEEE 69 network to identify the optimal location for connecting a solar power plant. The growing deployment of distributed energy resources highlights the importance of proper sizing and positioning of these sources, as improperly located or oversized solar power plants can lead to voltage rise, reverse power flows, and system performance degradation. The purpose of this analysis is to assess how solar power plants, which will be potentially connected to the network, affect voltage stability in distribution networks with limited hosting capacity for renewable energy sources. These issues are particularly significant in cases where the installed capacity of solar power plants awaiting connection exceeds the hosting capacity of the observed part of the distribution network, raising the question of connection prioritization.

Index Terms – voltage stability; optimal location; solar power plant; distribution network; connection of solar power plants to the grid;

Implementacija i benefiti Imbalance netting i Imbalance Netting Optimization Module u elektroenergetskom sistemu Srbije

Implementation and Benefits of Imbalance Netting and the Imbalance Netting Optimization Module in the Power System of Serbia

Vladimir Bečejac*•, Aleksandar Georgiev*, Milan Trifunović*, Damjan Ilić*

* AD Elektromreža Srbije

• Mašinski fakultet, Univerzitet u Beogradu

Rezime - Ovaj rad istražuje implementaciju mehanizma Imbalance Netting u okviru evropskog elektroenergetskog sistema sa fokusom na njegovu primenu u Srbiji. Mehanizam Imbalance Netting omogućava smanjenje aktivacije suprotnih automatskih rezervi (aFRR) putem optimizacije zahteva među operatorima prenosnih sistema (TSO). U radu su predstavljene koristi od primene ovog procesa, uključujući smanjenje troškova, povećanje efikasnosti sistema i unapređenje regionalne saradnje. Analizirani su konkretni primeri simulacija i benefiti za Srbiju. Uvođenje mehanizma ne samo da unapređuje balansiranje mreže, već i doprinosi smanjenju operativnih troškova i povećanju sigurnosti elektroenergetskog sistema Srbije u skladu sa ENTSO-E regulativom.

Ključne reči - Imbalance Netting, aFRR, optimizacija

Abstract - This paper explores the implementation of the Imbalance Netting mechanism within the European power system, with a focus on its application in Serbia. The Imbalance Netting mechanism enables the reduction of opposing automatic Frequency Restoration Reserves (aFRR) activation by optimizing requests among Transmission System Operators (TSOs). The paper presents the benefits of applying this process, including cost reduction, increased system efficiency, and improved regional cooperation. Specific simulation examples and benefits for Serbia are analyzed. The introduction of this mechanism not only enhances grid balancing but also contributes to reducing operational costs and improving the security of Serbia's power system in compliance with ENTSO-E regulations.

Index Terms - Imbalance Netting, aFRR, optimization

Ispitivanje dinamičkog modela solarne elektrane korišćenjem ETAP softvera za analizu EESa

Investigating dynamic model of the solar power plant using the ETAP software for power systems analysis

Ana Vuković, Sonja Angelovski

Go2Power doo

Rezime - Pravilno modelovanje dinamičkog modela solarne elektrane je ključno kada se ispituje stabilnost sistema jer omogućava precizno ispitivanje ponašanja sistema usled promene u uslovima rada. Solarne elektrane, kao izvor energije koji zavisi od meteoroloških faktora, mogu doživeti nagle promene u proizvodnji, poput prekrivanja oblacima ili kratkog spoja na priključnim sabirnicama. Ako model ne oslikava adekvatno ponašanje opreme, može doći do netačnih pretpostavki i posledično ugrožene stabilnosti sistema.

U ovom radu biće ispitano ponašanje dinamičkog modela PV elektrane, dostupnog u okviru javno dostupne biblioteke ETAP softvera, koji se oslanja na preporuke WECC (Western Electricity Coordinating Council) organizacije. Uticaj modela će biti ispitan na primeru integracije solarne elektrane u postojeći elektroenergetski sistem, kroz dva kritična scenarija, u zavisnosti od opterećenja mreže. Biće analizirana stabilnost sistema usled kratkog spoja na sabirnicama solarne elektrane, kao i odgovor sistema na iznenadno prekrivanje oblacima i brzo smanjenje proizvodnje sa solarnih panela.

Cilj ovog rada je ispitivanje dostupnog dinamičkog modela solarne elektrane i daljeg uticaja na stabilnost sistema nakon integracije modela u tipičnu električnu mrežu.

Svi proučavani fenomeni biće detaljno objašnjeni i prikazani putem relevantnih tabela i grafičkih prikaza.

Ključne reči – ETAP, Dinamički modeli, Solarna elektrana, uticaj na sistem

Abstract - Proper modeling of the dynamic model of a solar power plant is crucial when investigating the stability of the system because it allows for accurate investigation of the behavior of the system due to changes in operating conditions. Solar power plants, as an energy source that depends on meteorological factors, can experience sudden changes in production, such as being covered by clouds or a short circuit on the connection buses. If the model does not adequately depict the behavior of the equipment, incorrect assumptions may be made and consequently the stability of the system may be compromised.

This paper will examine the behavior of a dynamic model of a PV power plant, available within the publicly available ETAP software library, which relies on the recommendations of the WECC (Western Electricity Coordinating Council) organization. The impact of the model will be examined on the example of the integration of a solar power plant into the existing power system, through two critical scenarios, depending on the network load. The stability of the system due to a short circuit on the busbars of the solar power plant will be analyzed, as well as the response of the system to sudden cloud cover and a rapid reduction in production from the solar panels.

The aim of this work is to examine the available dynamic model of a solar power plant and the further impact on the stability of the system after the integration of the model into a typical electrical grid.

All studied phenomena will be explained in detail and shown through relevant tables and graphic displays.

Index Terms – ETAP, Dynamic models, Solar power plant, System impact

Automatsko smanjenje snage OIE usled preopterećenja u prenosnoj mreži

Automatic curtailment of RES production due to overload in the transmission system

Miroslav Žerajić, Vojislav Simović, Sonja Simović
Elektrotehnički fakultet Beograd, Elektromreža Srbija

Rezime: Priključenje obnovljivih izvora energije na prenosni sistem se sprovodi tako da kriterijum sigurnosti (N-1) u prenosnoj mreži bude ispunjen u potpunosti. Provera ispunjenosti ovog kriterijuma se sprovodi dan unapred, i ukoliko simulaciona provera pokaže da postoji mogućnost pojave preopterećenja usled jednostrukih ispada nekog od elementa prenosne mreže, koriguju se planovi proizvodnje elektrana za dan unapred (preventivno se ograničava izlazna snaga elektrane na vrednost za koju je kriterijum sigurnosti ispunjen u slučaju da se ispad elementa prenosnog sistema zaista desio).

Zakonom o energetici Republike Srbije je predviđeno tzv. operativno ograničenje, koje operatoru prenosnog sistema daje mogućnost da ograniči izlaznu snagu elektrane do nivoa koji ne ugrožava siguran i stabilan rad prenosnog sistema. Uzimajući u obzir nesigurnost u prognozi proizvodnje OIE za dan unapred, kao i činjenicu da je ispad određenog elementa teško predvideti, umesto preventivnog ograničavanja proizvodnje OIE dan unapred, analize sigurnosti je moguće sprovoditi na satnom nivou, za sat unapred, čime bi se smanjila potreba za smanjenjem izlazne snage elektrana. Takođe, u svetu je aktuelna upotreba elemenata relejne zaštite, koji imaju mogućnost detekcije preopterećenja određenog elementa u prenosnom sistemu, nakon čega se automatski šalje signal za smanjenje aktivne snage elektrane, čime se preopterećenje otklanja skoro u realnom vremenu.

U ovom radu će biti sprovedeno poređenje vrednosti povećanja energije koja se plasira u prenosnu mrežu usled korišćenja automatskog smanjenja izlazne snage elektrane i sprovođenja proračuna N-1 sat unapred umesto dan unapred.

Ključne reči: preopterećenje, prenosni sistem, priključenje OIE, automatsko operativno ograničenje

Rezime (Engleski): Connection of renewable energy sources (RES) to the transmission system is carried out in a way that ensures the security criterion (N-1) in the transmission system is fully met. Compliance with this criterion is checked a day in advance. If simulation results indicate a potential overload due to the single outage of an element in the transmission system, merit order list for power plants are adjusted in advance (the plant's output is limited to a value that ensures the security criterion is met in the event of an actual transmission system element outage).

The Energy Law of the Republic of Serbia defines curtailment constraints, allowing the transmission system operator to limit a power plant's output to a level that does not compromise the secure and stable operation of the transmission system. Considering the uncertainty in day-ahead RES generation forecasts and the difficulty of predicting specific outages, security analyses can be conducted hourly, one hour in advance, reducing the need for preemptive RES output limitations.

Globally, relay protection schemes capable of detecting overloads in specific transmission system elements are increasingly being used. These systems can automatically send signals to reduce a power plant's active power output, effectively resolving overloads almost in real-time.

This paper will compare the increase in energy injected into the transmission network achieved by using automatic power reduction systems and performing N-1 calculations one hour in advance instead of a day ahead.

Ključne reči (Engleski): overload, transmission system, RES connection, automatic curtailment

Uloga agregatora u elektroenergetskom sistemu

Role of Aggregators in the Electric Power System

Jovana Lazin, Kovica Bibić, Miloš Stanković, Ivan Vasiljević

Elektromreža Srbije a.d. Beograd, Srbija

Rezime - Agregatori su prepoznati Zakonom o energetici kao učesnici na tržištu električne energije. Oni predstavljaju glavnu ulogu u fleksibilnosti potrošnje i proizvodnje. Prilikom nabavke i aktivacije usluga fleksibilnosti, kako bi se osigurala optimalna upotreba resursa i omogućio razvoj pomoćnih usluga, operator distributivnog sistema dužan je da sarađuje sa operatorom prenosnog sistema. Ova saradnja omogućava brzo i efikasno reagovanje na fluktuacije u proizvodnji i potrošnji, što je posebno važno u eri povećane upotrebe obnovljivih izvora energije koji mogu izazvati nestabilnost u mreži. Agregatori omogućavaju integraciju velikog broja malih proizvođača i potrošača električne energije u širi energetski sistem, što doprinosi stabilnosti i efikasnosti celokupnog sistema. Udružuju se različiti energetski resursi, kao što su solari, vetroturbine, baterije i fleksibilna potrošnja, kako bi obezbedili balans između proizvodnje i potrošnje energije. Dopunama i izmenama Zakona o energetici podstiče se razvoj agregatora kao važnih aktera na tržištu energije. Omogućen je pristup tržištu energetske efikasnosti i usluga balansiranja, što im omogućava da ponude usluge za regulaciju elektroenergetskog sistema u stvarnom vremenu. Agregatori omogućavaju brzu reakciju na promene u proizvodnji i potrošnji, čime pomažu u održavanju balansirane frekvencije i smanjenju potreba za tradicionalnim, skupljim metodama pomoćnih usluga. Pored ugovora o balansnoj odgovornosti, agregatori će posedovati ugovor o pružanju balansnih usluga sa operatorom prenosnog sistema. Sa aspekta operatora prenosnog sistema, agregator će dostavljati ponude u skladu sa Pravilima o radu tržišta električne energije.

Ključne reči - agregatori, elektroenergetski sistem, fleksibilnost, operator prenosnog sistema

Abstract - Aggregators are recognized by the Law on Energy as participants in the electricity market. They play a major role in the flexibility of consumption and production. During the procurement and activation of flexibility services, in order to ensure optimal use of resources and enable the development of auxiliary services, the operator of the distribution system is obliged to cooperate with the operator of the transmission system. This cooperation enables quick and efficient response to fluctuations in production and consumption, which is especially important in the era of increased use of renewable energy sources that can cause instability in the grid. Aggregators enable the integration of a large number of small producers and consumers of electricity into the wider energy system, which contributes to the stability and efficiency of the entire system. Various energy resources, such as solar, wind turbines, batteries and flexible consumption, are combined to ensure a balance between energy production and consumption. Amendments to the Law on Energy encourage the development of aggregators as important players in the energy market. Access to the market of energy efficiency and balancing services is enabled, which allows them to offer services for the regulation of the electric power system in real time. Aggregators enable rapid response to changes in production and consumption, thereby helping to maintain a balanced frequency and reducing the need for traditional, more expensive methods of ancillary services. In addition to the contract on balancing responsibility, aggregators will have a contract on the provision of balancing services with the transmission system operator. From the point of view of the transmission system operator, the aggregator will submit offers in accordance with the Market Code.

Index Terms - aggregators, electric power system, flexibility, transmission system operator

Primena baterijskih sistema kod solarnih elektrana

Use of energy storage systems with photovoltaic power plants

Miodrag Vuković, Željko V.Despotović*

*CONSEKO d.o.o, Beograd
Institut „Mihajlo Pupin“, Univerzitet u Beogradu

Rezime - Kada energija iz solarne elektrane ne može da se utroši u momentu proizvodnje, onda je kao jedno od mogućih rešenja skladištenje viška električne energije u baterije. U radu se opisuje koncept rada solarnog sistema sa skladištem energije i faktori koji utiču da ovaj koncept bude ekonomski dugoročno isplativ za primenu u industrijskim i trgovinskim kompanijama. U radu se prikazuje primer baterijskog sistema sa skladištem energije (BSSE) realizovan sa inverterima evropskih proizvođača, sa kojima su autori uspešno realizovali nekoliko baterijskih sistema sa solarnim elektranama za proizvodnju električne energije za sopstvene potrebe.

Ključne reči – skladištenje električne energije, baterijski sistemi za skladištenje energije (BSSE), solarne elektrane, isplativost BSSE

Abstract - When the energy from the solar power plant cannot be used at the time of production, one of the possible solutions is the storage of excess electricity in batteries. The paper describes the operation concept of the solar system + energy storage and the factors that influence this concept to be economically profitable in the long term for application to industrial and commercial companies. The paper shows an example of a system with battery energy storage (BESS) implemented with inverters from European manufacturers, with which the authors successfully implemented several battery systems with solar power plants for the production of electricity for self-consumption.

Index Terms – energy storage, BESS, solar power plants, economic payback of BESS

Praćenje kvaliteta električne energije na mestima priključenja korisnika elektrodistributivnog sistema

Monitoring the quality of electric energy at the Points of Connection (POC) of users of the electric distribution system

Dušan Vukotić

Elektrodistribucija Srbije

Rezime: Poslednje promene zakonskih okvira kojim se definiše pojavu i mogućnosti novih korisnika elektrodistributivnog sistema donele su nove tehničke zahteve u pogledu njihovog priključenja na elektroenergetski sistem Republike Srbije. Imajući u vidu potrebu da se veliki broj novih korisnika priključi na elektrodistributivni nivo, neophodno je da se u tehničke zahteve priključenja uključe i zahtevi koji se odnose na uspostavljanje merne strukture za potrebe praćenje kvaliteta električne energije, praktično na svim mestima na kojima se vrši priključenje novih korisnika. Novi tehnički zahtevi treba da objedine i već data parcijalna rešenja u pogledu praćenja kvaliteta električne energije kod pojedinih krajnjih korisnika i objekata za proizvodnju električne energije, pre svega na srednjenaponskom (SN) nivou mreže. Takođe, potrebno je na integrisani način sagledati i zahteve za praćenje kvaliteta električne energije na mestima priključenja objekata elektrodistributivnog sistema na prenosni sistem u okviru izvornih transformatorskih stanica 110/x kV, kao i zahteve za praćenje kvaliteta električne energije u elektrodistributivnim transformatorskim stanicama (SN/SN i SN/NN) po dubini elektrodistributivne mreže. U okviru rada će biti date standardne šeme priključenja objekata za proizvodnju električne energije, koje se primenjuju prilikom davanja uslova za projektovanje i priključenje korisnika elektrodistributivnog sistema, u okviru kojih su dati funkcionalni zahtevi za uspostavljanje merne strukture za potrebe praćenja kvaliteta na mestima priključenja, kao i zahtevi u pogledu integracije uspostavljenih Sistema za praćenje kvaliteta električne energije kod operatora distributivnog sistema (ODS). Takođe, u radu će biti dat i osvrt na integraciju mernih uređaja za praćenje kvaliteta električne energije u okviru sistema integrisane zaštite i upravljanja transformatorskih stanica i prenos određenog skupa merenja u nadređeni centar upravljanja ODS. U slučaju, kada se merni uređaji za praćenje kvaliteta električne energije integrišu u okviru integrisanih sistema zaštite i upravljanja u okviru izvornih transformatorskih stanica 110/x kV, tada se ciljni skup procesnih merenja prosleđuje i operatoru prenosnog sistema (EMS a.d.) za potrebe efikasnog praćenja rada elektroenergetskog sistema u celini. Prezentovane šeme priključenja korisnika elektrodistributivnog sistema će biti osnovne šeme koje će biti uključene u nova Pravila o radu distributivnog sistema, koja treba da se usvoje u toku ove godine.

Ključne reči: Mesto priključenja, Korisnik elektrodistributivnog sistema, Operator distributivnog sistema (ODS), Inteligentna mreža, Merna infrastruktura za praćenje kvaliteta električne energije (PQS)

Rezime (Engleski): The latest changes in the legal framework defining the appearance and possibilities of new users of the electric distribution system brought new technical requirements regarding their connection to the electric system of the Republic of Serbia. Bearing in mind the need for a large number of new users to be connected to the electric distribution level, it is necessary that the technical requirements for connection also include requirements related to the establishment of a measurement structure for the purpose of monitoring the quality of electric energy, practically in all places where new users are connected. The new technical requirements should also consolidate already given partial solutions in terms of monitoring the quality of electric energy at individual end users and facilities for electricity production, primarily at the medium voltage (MV) level of the network. Also, it is necessary to take an integrated look at the requirements for monitoring the quality of electric energy at the points of connection (PoC) of the facilities of the electrical distribution system to the energy transmission system within the source 110/x kV transformer stations, as well as the requirements for monitoring the quality of electric energy in the electrical distribution transformer stations (MV/MV and MV/LV) according to the depth of the electrical distribution network. In the framework of the work, standard schemes for connecting facilities for electricity production will be given, which are applied when providing conditions for designing and connecting users of the electric distribution system, within which functional requirements are given for establishing a measurement structure for the needs of quality monitoring at PoC, as well as requirements regarding the integration of the established systems for monitoring the quality of electric energy at the distribution system operator (DSO). Also, the paper will review the integration of meter devices for monitoring the quality of electricity within the system of integrated protection and operation of transformer stations and the transfer of a certain set of process measurements to the superior control center of the DSO. In the case when measuring devices for monitoring the quality of electric energy are integrated within the integrated protection and control systems within the source 110/x kV transformer stations, then the target set of process measurements

is forwarded to the transmission system operator (TSO - EMS a.d.) for the purposes of efficient monitoring of the operation of the power system as a whole. The presented schemes for connecting users of the electrical distribution system will be the basic schemes that will be included in the new „Grid code of the distribution system“, which should be adopted this year.

Ključne reči (Engleski): Point of Connection (POC), Electric distribution system user, Distribution system operator (DSO), Smart Grids, System for monitoring the power quality (PQS)

Perspectives on hydropower potential development in the region: New hydropower plants and management support systems

Перспективе коришћења хидропотенцијала у региону: изградња нових хидроелектрана и развој система за подршку управљању

Dejan Divac, Nikola Milivojević, Dejan Vučković, Dragan Vukosavić, Dragan Stanković²

Jaroslav Černi Water Institute, 2 Joint Stock Company Elektroprivreda Srbije

Rezime: This paper first provides an overview of the current energy landscape in the region (primarily in the territory of the former SFRY), with reference to various incentives for developing renewable energy sources and the progress toward meeting commitments and adopted plans. Environmental protection aspects and relevant economic factors are also discussed.

Although Serbia and its immediate surroundings possess a considerable unexploited hydropower potential, there is still a need for certain economic incentives, i.e., a suitable energy-economic strategy. The paper examines possible economic mechanisms aimed at differently evaluating additional benefits of hydropower plant construction—such as mitigating flood impacts. Potential hydropower projects in Serbia and neighboring areas are presented, including both highly likely endeavors and some that raise specific technical or political questions.

The second part of the paper focuses on existing and future systems to support the management of hydropower operations, which often extend beyond purely energy-related functions to include multidisciplinary issues (water regime impacts, flooding, water quality, sediment transport, etc.). The paper presents existing Hydro-Information Systems in the region and outlines future directions for their development. In practice, such systems typically rely on creating “digital twins” of hydropower plants, reservoirs, and their associated basins, leading to optimized energy production while also ensuring effective monitoring and mitigation of adverse environmental impacts. These impacts include changes in groundwater regimes (as varying reservoir operations can raise or lower groundwater levels, potentially affecting water supply, terrain stability, and natural ecosystems), sediment flow changes, and more.

Ključne reči: hydropower potential, renewable energy sources, power system, decision support systems

Rezime (Engleski): У раду се даје најпре преглед актуелног стања енергетике у региону (примарно на територији бивше СФРЈ). При томе се даје осврт на различите мере подстицаја развоја обновљивих извора и реализацију преузетих обавеза и усвојених планова. Такође се дискутују аспекти заштите животне средине и релевантни економски чиниоци.

Како у Србији и њеном ближем окружењу постоји и знатан неискоришћен хидропотенцијал, али је истовремено потребан и одређени економски подстицај, односно одговарајућа енергетско-економска стратегија, у раду се разматрају могући економски механизми који би могли да буду усмерени на другачије вредновање пратећих бенефита од изградње ХЕ, као што је, на пример, ублажење последица поплава. У раду су приказани потенцијални пројекти хидроелектрана у Србији и у окружењу, како они који су веома изгледни, тако и неки који у исто време отварају одређена стручна или политичка питања.

У другом делу рада разматрају се постојећи и будући системи за подршку управљању експлоатацијом хидропотенцијала, који често нема само енергетски аспект, већ је то по правилу мултидисциплинарни проблем (утицај на режим вода, поплаве, квалитет вода, наноси и сл.). У раду се приказују постојећи Хидро-информациони системи у региону и дефинишу се даљи правци њиховог развоја. Пракса је да се овакви системи по правилу ослањају на развој дигиталних близанаца хидроелектрана, акумулација и припадајућих сликова, чиме се постиже најпре оптимизација производње енергије, а додатно и ефикасно праћење и смањење негативних утицаја хидроенергетике на животну средину: питање утицаја на режим подземних вода (промене у раду акумулација могу довести до подизања или снижавања нивоа, што може утицати на водоснабдевање, стабилност терена и природне екосистеме), утицај на режим наноса и др.

Ključne reči (Engleski): хидроенергетски потенцијал, обновљиви извори енергије, електроенергетски систем, системи за подршку управљању

Aktuelni projekti budućih reverzibilnih hidroelektrana u Republici Srbiji - RHE „Bistrica“ i RHE „Đerdap 3“

Current Pumped-Storage Plant Projects in Republic of Serbia - “Bistrica” PSHPP and “Iron Gate 3” PSHPP

dr Zdravko Stojanović*, Marija Milić*, Filip Đorđević*, Dalibor Drašković*, Nenad Lazić*, Dragan Stanković**

*Energoprojekt Hidroinženjering

**AD Elektroprivreda Srbije

Rezime - Razvoj elektroenergetskog sistema Republike Srbije, pre svega sve veće učešće intermitentnih obnovljivih izvora energije u proizvodnom miksu, zahteva izgradnju novih pumpno-akumulacionih hidroenergetskih postrojenja, odnosno reverzibilnih hidroelektrana (RHE), pored postojeće RHE „Bajina Bašta“. Iako je u Republici Srbiji identifikovan niz potencijalnih lokacija novih RHE, dve lokacije se izdvajaju po značaju. RHE „Đerdap 3“ i RHE „Bistrica“ su predmet analiza već duži niz godina, tokom kojih su razmatrana različita varijantna rešenja. U radu su opisana aktuelna tehnička rešenja, sa osvrtom na dosadašnji razvoj ovih projekata.

Ključne reči - hidroenergetika, tehnička rešenja, projektna dokumentacija,

Abstract - Development of the Republic of Serbia electric power system, primarily the increasing share of the intermittent renewable energy sources in the generation mix, requires construction of new pumped-storage hydropower plants, i.e., PSHPPs, beside the existing “Bajina Bašta” PSHPP. Although in the Republic of Serbia several potential locations for construction of new PSHPPs have been identified, two locations stand out in terms of their importance. “Iron Gate 3” PSHPP and “Bistrica” PSHPP have been analysed over a longer time period, and a number of variant solutions have been analysed. This paper describes current technical solutions; a review of the past development of these projects is also presented.

Index Terms - hydropower, technical solutions, design documentation

Primer metodologije za izbor perspektivnih lokacija za izgradnju reverzibilnih hidroelektrana

A Methodology for Selecting Suitable Sites for Pumped-Storage Hydropower Plants

Tina Dašić*, Ljubodrag Savić*, Miloš Stanić*, Andrijana Todorović*, Marija Milić**, Milan Tumara**

* Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet

** Energoprojekt – Hidroinženjering

Rezime - Porast udela intermitentnih izvora energije (posebno solarnih i vetroelektrana), nameće potrebu za efikasnim skladištenjem energije radi stabilizacije elektroenergetskog sistema. Najznačajniji kapaciteti za tu namenu su reverzibilne hidroelektrane (RHE). U radu je predstavljena nova metodologija za identifikaciju perspektivnih lokacija RHE i pumpno akumulacionih postrojenja pri postojećim hidroelektranama (PAP) – SMART-PSH (Site Mapping And Ranking Technique for Pumped Storage Hydropower plants). Metodologija se zasniva na kombinaciji automatizovanog pretraživanja prostora korišćenjem GIS alata, ekspertske analize lokacija i višekriterijumskog rangiranja potencijalnih sistema. Za izbor perspektivnih RHE i PAP koriste se prostorni odnosi (denivelacija i rastojanje) između akumulacija, hidrološke karakteristike vodotoka i morfološke karakteristike akumulacionih prostora. Pored ovih parametara, značajan uticaj na ocenu kvaliteta tih sistema imaju geološke karakteristike sredine, potencijalni uticaji na životnu sredinu, stanovništvo, kulturno-istorijsko nasleđe, infrastrukturu i privredu, kao i blizina saobraćajne i prenosne elektroenergetske mreže i drugi faktori. Rangiranje potencijalnih RHE i PAP vrši se na osnovu velikog broja kriterijuma sa različitim nivoima značajnosti (težinskim koeficijentima).

Ključne reči – reverzibilne hidroelektrane, GIS alati, prostorne analize, hidrološke analize, višekriterijumsko rangiranje

Abstract - The increasing share of intermittent energy sources, particularly solar and wind power plants, necessitates efficient energy storage to stabilize the power system. The most significant capacity for this purpose is pumped-storage hydropower plants (PSH). This paper presents a new methodology for identifying potential locations for PSH and pump-storage facilities (PSF) at existing hydropower plants – SMART-PSH (Site Mapping And Ranking Technique for Pumped Storage Hydropower plants). The methodology is based on a combination of automated spatial search using GIS tools, expert location analysis, and multicriteria ranking of potential systems. The selection of suitable PSH and PSF sites considers spatial relationships (elevation difference and distance) between reservoirs, hydrological characteristics of the watercourses, and the morphological features of reservoir areas. In addition to these parameters, key factors influencing system evaluation include geological characteristics of the terrain, potential environmental impacts, effects on the population, cultural and historical heritage, infrastructure, and economy, as well as proximity to transportation and power transmission networks, and other factors. The ranking of potential PSH and PSF is conducted based on multiple criteria with varying levels of their significance (weighting coefficients).

Index Terms - pumped-storage hydropower plant, GIS tools, spatial analyses, hydrological analyses, multicriteria ranking

Pregled perspektivnih lokacija za izgradnju reverzibilnih hidroelektrana u Srbiji

Overview of prospective locations for the construction of Pumped Storage Hydropower Plants in Serbia

Miloš Ivetić^{*}, Milica Kovačević^{*}, Marija Milić^{*}, Tina Dašić^{}, Jovan Ilić^{***}, Vladimir Petrović^{***}**

^{*} Energoprojekt – Hidroinženjering

^{**} Univerzitet u Beogradu – Građevinski fakultet

^{***} Elektroprivreda Srbije

Rezime – Uvidom u topografsku kartu Republike Srbije, jasno se uočava da su brdska i planinska područja južno od reke Save i Dunava generalno pogodna za razmatranje izgradnje objekata RHE i PAP. Definisanjem diskriminacionih kriterijuma ustanovljeno je postojanje 96 dispozicija RHE i PAP iz reda potencijalno perspektivnih. Primenom kriterijuma i metodologije za dalju ocenu perspektivnosti lokacija, izdvojena su područja i lokacije koje imaju najznačajniji energetske potencijal uz prihvatljive potencijalne uticaje na životnu sredinu.

Ključne reči – reverzibilne hidroelektrane, elektroenergetski sistem, GIS alati, energetske potencijal, višekriterijumsko rangiranje

Abstract - The analysis of the topographic map of the Republic of Serbia clearly shows that the hilly and mountainous areas south of the Sava and Danube rivers are generally suitable for considering the construction of PSH (Pumped Storage Hydropower Plants) of different types. By defining discriminatory criteria, a total of 96 potential dispositions for PSH were identified as potentially promising. Through the application of criteria and methodology for further assessing the potential of locations, areas and sites with the most significant energy potential were selected, while ensuring acceptable potential impacts on the environment.

Index Terms - pumped-storage hydropower plant, Electric Power System, GIS tools, energy potential, multicriteria ranking

Hidroelektrane na Ibru: Sinergija privrede i ekologije

Hydropower plants on the Ibar River: Synergy of economy and ecology

Dejan Divac*, Dejan Vučković*, Ana Šainović*, Mladen Robajčević**, Vladimir Tkalc**

* Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

**Elektroprivreda Srbije AD

Rezime - Projekat sistema od 10 hidroelektrana na Ibru je jedinstven poduhvat u Srbiji, kojim se planira iskorišćenje hidroenergetskog potencijala, na delu toka između Raške i Kraljeva, dužine 55 km. Ukupna instalisana snaga sistema iznosi preko 120 MW, dok se očekuje godišnja proizvodnja električne energije od oko 450 GWh. Ovim projektom je omogućeno optimalno iskorišćenje hidropotencijala na predmetnom području i ekonomsku isplativost u skladu sa savremenim zahtevima, uz usklađenost sa standardima zaštite životne sredine i održivog razvoja. Hidroelektrane su protočne i održavaće stabilne nivoe vode. Sistem hidroelektrana neće imati negativan uticaj na kvalitet vode u Ibru, kao ni na postojeće izvoriste vodosnabdevanja Kraljeva. Mere koje će biti primenjene na slivu doprineće uređenju režima nanosa u vodotoku i nizvodnom području. Uticaji na biodiverzitet i staništa su pozitivni jer će stabilan nivo u akumulacijama obezbediti veću sigurnost za mrest ribljih vrsta i riblju mlađ. Projektom su predviđene riblje staze, koje će omogućiti nesmetanu migraciju riba i osigurati kontinuitet ekoloških procesa u reci. Uticaji na pejzaž su značajni i pozitivni. Realizacijom sistema HE, brza tekućica će biti zamenjena mirnim jezerskim akvatorijama koje će, uz refleksije okolnih visova, poboljšati vizuelni doživljaj. Predloženi koncept korišćenja hidropotencijala na predmetnom području ne samo što obezbeđuje značajan doprinos energetskom sektoru, već i otvara mogućnosti za unapređenje saobraćajne infrastrukture, razvoj turizma i poboljšanje kvaliteta života u regionu. Poseban naglasak stavljen je na harmonizaciju objekata sa kulturno-istorijskim okruženjem Ibra, poznatog po brojnim srednjovekovnim manastirima, tvrđavama i naseljima. Arhitektonska rešenja zasnivaju se na kombinaciji savremenih tehnologija i tradicionalne graditeljske baštine Raške škole, oslanjajući se na principe skladnog uklapanja u pejzaž i prilagođavanja vizuelnom identitetu doline Ibra. Sistem HE na Ibru predstavlja rešenje koje balansira između potreba za energetskim razvojem i očuvanjem lokalnog ekosistema i kulturno-istorijskog nasleđa.

Ključne reči - Ibar, kaskadne hidroelektrane, obnovljivi izvor energije, ekosistemi, kulturno nasleđe, održivi razvoj

Abstract - The project for a system of 10 hydropower plants on the Ibar River is a unique endeavor in Serbia, aimed at utilizing the hydroenergy potential along a 55 km river flow between Raška and Kraljevo. The total installed capacity of the system exceeds 120 MW, with an expected annual electricity production of approximately 450 GWh. This project enables the optimal use of hydro potential in the designated area while ensuring economic viability in line with modern requirements, adhering to environmental protection standards and sustainable development principles. The hydroelectric plants are run-of-river type and will maintain stable water levels. The hydroelectric system will not negatively impact the water quality of the Ibar River or the existing water supply source for Kraljevo. Measures implemented in the river basin will help regulate sediment transport in the watercourse and the downstream area. The effects on biodiversity and habitats are positive, as stable water levels in the reservoirs will provide greater security for fish spawning and juvenile fish development. The project also includes fish passages, allowing uninterrupted fish migration and ensuring the continuity of ecological processes in the river. The impact on the landscape is significant and positive. With the implementation of the hydroelectric system, the fast-flowing river will be replaced by calm lake-like water areas, enhancing the visual experience with reflections of the surrounding hills. The proposed concept for utilizing hydro potential in the area not only makes a significant contribution to the energy sector but also creates opportunities for improving transportation infrastructure, developing tourism, and enhancing the quality of life in the region. Special emphasis is placed on harmonizing the structures with the cultural and historical environment of Ibar, known for its numerous medieval monasteries, fortresses, and settlements. The architectural solutions combine modern technologies with the traditional building heritage of the Raška School, adhering to principles of harmonious integration into the landscape and adapting to the visual identity of the Ibar Valley.

The Ibar hydroelectric system represents a balanced solution that meets energy development needs while preserving the local ecosystem and cultural-historical heritage.

Index Terms - Ibar, cascade hydropower plants, renewable energy source, ecosystems, cultural heritage, sustainable development

Pregled stanja projektno-tehničke dokumentacije za hidroelektrane planirane na gornjem i donjem delu toka Drine

An Overview of the Status of Design-Technical Documentation for Hydropower Plants Planned at the Upper and Lower Part of the Drina River Watercourse

dr Zdravko Stojanović*, Radmilo Glišić*, Žarko Mrkić*, dr Vladimir Đorđević, Vladimir Tkalac**, Mladen Robajčević****

* Energoprojekt Hidroinženjering, Beograd

** A.D. Elektroprivreda Srbije, Beograd

Rezime - Izuzetno atraktivan hidroenergetski potencijal reke Drine koristi se još od 1955. godine, kada je u rad puštena HE „Zvornik“. Otada su u rad puštene i HE „Bajina Bašta“ (1966. godine) i HE „Višegrad“ (1989. godine), pri čemu je značajan deo raspoloživog potencijala ostao neiskorišćen. U proteklom periodu izvršene su detaljne analize mogućnosti izgradnje novih HE na gornjem (uzvodno od HE „Bajina Bašta“, odnosno HE „Višegrad“), srednjem (između HE „Bajina Bašta“ i HE „Zvornik“) i donjem (nizvodno od HE „Zvornik“) delu toka Drine. U radu je prikazano aktuelno stanje dokumentacije u kojoj su obrađena tehnička rešenja potencijalnih HE.

Ključne reči – hidroenergetika, tehnička rešenja, projektna dokumentacija, reka Drina

Abstract – The exceptionally attractive hydropower potential of the Drina River has been utilized since as early as 1955, when the “Zvornik” HPP was commissioned. In the meantime “Bajina Bašta” HPP (1966) and “Višegrad” HPP (1989) were commissioned too; however, a significant part of the available potential remained unused. In the past, detailed analyses of opportunities for construction of new HPPs at the upper (upstream to the “Bajina Bašta” HPP, i.e., the “Višegrad” HPP), middle (between the “Bajina Bašta” HPP and the “Zvornik” HPP) and lower (downstream to the “Zvornik” HPP) part of the Drina River watercourse have been performed. The paper presents the current status of the documentation that details technical solutions of potential HPPs.

Index Terms - hydropower, technical solutions, design documentation, Drina River

Završetak sanacije i adaptacije agregata R1 RHE Bajina Bašta i početak sanacije i adaptacije agregata R2

Finalization of upgrade of the R1 unit and initialization of upgrade of the R2 unit of the Bajina Bašta PSHPP

Luka Trišić *, Jovan Bolić *, Todora Lazić *, Ljiljana Milicanović **, Predrag Blagojević **, Slobodan Spasojević **

*Energoprojekt Hidroinženjering

**AD Elektroprivreda Srbije

Rezime - Reverzibilna hidroelektrana „Bajina Bašta“ sa dva pripadajuća agregata snage po 307 MW ima poseban značaj u elektroenergetskom sistemu Srbije naročito u uslovima povećanih zahteva za stabilizacijom električne mreže. Tokom 2024. godine izvršena je sanacija i adaptacija agregata R1 koji je nakon izvršenih ispitivanja pušten u pogon početkom godine. Sanacija i adaptacija drugog agregata startovala je u martu, a njen završetak se očekuje krajem oktobra tekuće godine. U radu su prikazani tehnički detalji radova na sanaciji agregata R1, faza ispitivanja i puštanje u pogon kao i osvrt na pripremne radove u okviru sanacije i adaptacije agregata R2.

Ključne reči - Reverzibilna hidroelektrana; Sanacija i adaptacija; Elektroenergetski sistem Srbije.,

Abstract - The “Bajina Bašta” pumped-storage hydropower plant, with its two units, each with the power of 307 MW, has a particular significance in the Serbian electricity power system, especially under the conditions of increased requirements regarding grid stabilization. During 2024 upgrade of the R1 unit was finalized and the unit was, after completion of tests, commissioned early that year. The upgrade of the remaining unit started in March, and its completion is expected by the end of October of this year. In this paper technical details of upgrade works for the R1 unit, the testing phase and commissioning, as well as an overview of preparatory works related to reconstruction of the R2 unit, are presented.

Index Terms - Pumped-storage hydropower plant; Upgrade works; Serbian electricity power system

Perspektive izgradnje hidroelektrana u Crnoj Gori: HE Komarnica i HE Kruševo

Perspectives on the Construction of Hydropower Plants in Montenegro: HPP Komarnica and HPP Kruševo

Dejan Vučković, Milan Tričković, Dragan Vukosavić, Miodrag Milovanović, Vladimir Milivojević

Institut za vodoprivredu „Jaroslav Černi“, Beograd

Rezime - Crna Gora nastoji da poveća učešće obnovljivih izvora u svojoj energetskej strukturi. Kao potpisnica Pariskog sporazuma i članica Energetske zajednice, zemlja se obavezala na smanjenje emisije ugljen-dioksida i postepenu dekarbonizaciju energetskeg sektora. Zbog toga su novi hidroenergetski projekti od strateškog značaja za održivi razvoj i energetske sigurnost zemlje. U tom kontekstu, razvoj novih hidroenergetskih potencijala na reci Pivi, hidroelektrana Komarnica i Kruševo, postaje prioritet.

Lokacija HE Komarnica predviđena je u zoni isključivanja postojeće akumulacije HE Piva (Mratinje). U pitanju je pribansko postrojenje, u čijem sastavu je lučna brana visine 171 m, sa kotom normalnog uspora 811 m n.m. Instalirana snaga postrojenja je 172 MW, a planirana prosečna godišnja proizvodnja električne energije oko 213 GWh.

HE Kruševo je locirana u donjem toku reke Pive, nizvodno od HE Piva, na teritoriji Crne Gore. (Moguća) betonska gravitaciona brana je integrisana sa mašinskom zgradom, a kota normalnog uspora je 495 m n.m. Akumulacija će imati ukupnu zapreminu od 9,7 miliona kubnih metara. Instalirana snaga HE Kruševo je 82 MW, a planirana prosečna godišnja proizvodnja električne energije oko 170 GWh.

Izgradnjom novih akumulacija na reci Pivi ostvariće se značajni vodoprivredni efekti na nizvodnom području. Posebno je značajna akumulacija HE Kruševo koja bi praktično imala ulogu kompenzacionog bazena sezonski akumulacione HE Piva. Neujednačenost protoka reke Pive nizvodno od HE Piva znatno bi bila umanjena. U energetskeg pogledu, treba istaći da se u budućnosti očekuje sve intenzivnija gradnja obnovljivih izvora električne energije (OIE) – vetroelektrana i solarnih elektrana. Njihovo priključivanje na elektroenergetski sistem dovodi do velike varijabilnosti i nepredvidivosti u proizvodnji i zahteva povećan nivo operativne i hladne rezerve. Uloga hidroelektrana, posebno akumulacionih kakva bi bila HE Komarnica, dobija na značaju.

Ključne reči - hidroenergetika, održivi razvoj, HE Komarnica, HE Kruševo

Abstract - Montenegro seeks to increase the share of renewable sources in its energy structure. As a signatory of the Paris Agreement and a member of the Energy Community, the country has committed to reducing carbon dioxide emissions and gradually decarbonizing its energy sector. Therefore, new hydropower projects are of strategic importance for the country's sustainable development and energy security. In this context, the development of new hydropower potential on the Piva River, the Komarnica and Kruševo hydropower plants, has become a priority.

The location of HPP Komarnica is planned in the decommissioning zone of the existing HPP Piva (Mratinje) reservoir. It is a dam-adjacent facility, consisting of an arch dam with a height of 171 m, with a normal water level of 811 m above sea level. The installed capacity of the facility is 172 MW, and the planned average annual electricity production is approximately 213 GWh.

HPP Kruševo is located in the lower course of the Piva River, downstream from HPP Piva, within the territory of Montenegro. Possible concrete gravity dam is integrated with the machine hall, with a normal water level of 495 m above sea level. The reservoir will have a total volume of 9.7 million cubic meters. The installed capacity of HPP Kruševo is 82 MW, and the planned average annual electricity production is around 170 GWh.

The construction of new reservoirs on the Piva River will bring significant water management benefits to the downstream area. Particularly important is the HPP Kruševo reservoir, which would effectively serve as a compensation basin for the seasonal storage reservoir of HPP Piva. The uneven flow of the Piva River downstream from HPP Piva would be significantly reduced. From an energy perspective, it is important to highlight that the future is expected to see an increasing development of renewable energy sources (RES), such as wind farms and solar power plants. Their integration into the power system leads to high variability and unpredictability in production, requiring an increased level of operational and cold reserves. The role of hydropower plants, especially storage plants like HPP Komarnica, is therefore becoming increasingly important.

Index Terms - hydropower, sustainable development, HPP Komarnica, HPP Kruševo

The Importance of Small Hydro Power Plant Development in Advancing Sustainable Energy Solutions: Methodology and Case Study of Bistrica Majstorovina SHPP

Uroš Karadžić, Vidosava Vilotijević, Radoje Vujadinović, Vuko Kovijanić, Ivan Božić

Abstract - Small hydropower plants (SHPPs) have evolved in a sustainable way, providing clean, renewable and reliable electricity with minimal impact on the environment. This paper looks at the methodology for planning SHPPs, with a detailed case study of the Bistrica Majstorovina SHPP. The study outlines the technical, environmental and economic aspects of SHPP development, including site selection, design optimization and integration into local energy grids. It also examines the socio-economic benefits of SHPPs, such as improving the living conditions of the local population and promoting local economic growth. The Bistrica Majstorovina SHPP case study demonstrates the practical implementation of sustainable energy solutions and highlights best practices and lessons learned from project implementation. This paper provides a comprehensive framework for future SHPP projects, contributing to the wider adoption of sustainable energy practices.

Key words: *small hydropower plant, design flow, methodology, case study*

An Integrated Water Management and Planning System for Optimization of Hydro Power Plant Operations

Integrirani sistem za planiranje i upravljanje vodama u cilju optimizacije rada hidroelektrane

Gordan Konečni, Milan Josifović, Radomir Stamatović, Nebojša Panjevac, Milan Bjedov, Nemanja Branisljević²
Institut Mihajlo Pupin,² Građevinski fakultet Beograd

Rezime: This paper introduces a comprehensive software solution designed to optimize the operation of a hydro power plant, forming a crucial part of its future integrated information system. The solution comprises two primary platforms: the Water Management System (WMS) and the Planning, Analysis, and Reporting

(PAR) platform. The WMS integrates multiple advanced models, including a hydrological model of the watershed, hydraulic models for both open headrace and tailrace systems, and a hydraulic model for systems under pressure.

These models generate forecasts for water discharges at key locations within the watershed and provide gate management scenarios that guide plant operations.

The PAR platform builds on these forecasts by incorporating production planning data, energy production requirements, maintenance schedules, and the specific characteristics of generators and tunnels. It generates optimized production schedule scenarios based on these factors, which are then used to perform a preliminary selection of unit schedules. These schedule scenarios are further refined and serve as the foundation for the joint controller module, which coordinates the real-time regulation of plant units. This integration ensures that production is closely aligned with water availability, operational constraints, and maintenance plans, maximizing efficiency and minimizing downtime.

Additionally, the system includes robust interfaces to external data sources, such as weather stations, weather forecasts, production planning tools, and control systems (including plant group controllers and SCADA). By incorporating real-time and forecast data from these systems, the solution allows for dynamic adjustments to plant operations, ensuring that power production meets demand while preserving the integrity and sustainability of the hydroelectric facility. The proposed system represents a significant advancement in optimizing hydro power plant operations, enabling improved decision-making, enhanced operational efficiency, and a more flexible response to varying conditions.

Ključne reči: Water management, Planning and Analysis

A Holistic Approach to Managing the Đerdap Hydropower and Navigation System

Холистички приступ управљању ХЕПС Ђердап

Nikola Milivojević, Dejan Divac, Boban Stojanović, Prvoslav Marjanović, ²Dragan Stanković

Jaroslav Černi Water Institute, ²Joint Stock Company Elektroprivreda Srbije

Rezime: The Đerdap Hydropower and Navigation System (composed of HPP “Đerdap 1” and HPP “Đerdap 2”) not only greatly influences water levels along a more than 300 km stretch of the Danube River but also affects groundwater regimes in wide coastal areas and the functioning and changes of ecosystems in the impounded zone. At the same time, it acts as a retention area for sediment and various types of pollutants originating from upstream parts of the basin, transported by the Danube and its tributaries.

The construction of the Đerdap 1 and Đerdap 2 hydropower and navigation systems permanently altered the natural conditions within the reservoirs and in the surrounding coastal areas, leading to certain negative consequences. These include increased groundwater levels in the coastal zone, threatening settlements, industrial, municipal, and transport infrastructure, and causing waterlogging of agricultural land; raised flood levels due to sediment deposition within the reservoir; threats to the stability of flood defense dikes and high banks; and changes in the river biocenosis, among others. From the outset, the highly complex task of managing these transboundary systems and their impact on the environment has required significant efforts to regulate interstate and international obligations, as well as to reconcile often conflicting interests.

Of special significance is the planned construction of PSH “Đerdap 3,” given the complex interstate relations and numerous unresolved questions in its design phase. Additionally, the future management of this system—where “Đerdap 3” would have different impacts on existing facilities and on the environment—highlights the need for decision support to harmonize conflicting interests between the two countries, both during planning and once the system becomes operational.

This paper presents the principles of a holistic management approach, which, in addition to the primary purpose of energy production, emphasizes handling all other relevant aspects: groundwater regimes in the coastal zone, sediment management—both in terms of quantity and quality—and more. The management approach is defined by considering all existing technical systems relevant to these issues.

Ključne reči: hydropower system management, holistic approach, decision support systems

Rezime (Engleski): Хидроенергетско пловидбени систем Ђердап чине ХЕ „Ђердап 1” и ХЕ „Ђердап 2” који имају не само велики утицај на нивое реке Дунав у дужини од преко 300 km већ и на режиме подземних вода у широком подручју приобаља, затим на функционисање и промене екосистема у зони успора, а истовремено представљају и зону ретензије и акумулације наноса и разних врста загађења са свих узводних делова слива које Дунав и притоке транспортују на свом путу до Ђердапа.

Изградњом ХЕПС „Ђердап 1” и ХЕПС „Ђердап 2” дошло је до трајне промене природних услова у акумулацијама и приобаљу, са одређеним негативним последицама. То су: повишење нивоа подземних вода у приобаљу, које угрожавају насељена места, индустријске, комуналне и саобраћајне објекте и доводе до превлаживања пољопривредног земљишта, повишење нивоа великих вода услед таложења наноса у акумулацији („допунски успор”), угрожавање стабилности одбрамбених насипа и високих обала, измене у речној биоценози, итд. Изузетно сложена проблематика управљања овим прекограничним системима и њихов утицај на окружење од самог почетка захтевају значајне напоре у погледу регулисања међудржавних и међународних обавеза и хармонизације често сукобљених интереса.

Од посебног је значаја и чињеница да се планира изградња РХЕ „Ђердап 3” имајући у виду сложене међудржавне односе и велики број отворених питања при њеном пројектовању. Додатно, управљање будућим системом у коме ће РХЕ „Ђердап 3” имати различите утицаје на постојећи систем и окружење, у први план ставља подршку одлучивању у хармонизацији често сукобљених интереса две државе, како у фази пројектовања, тако и у периоду када систем уђе у оперативни режим.

У раду се дају принципи холистичког приступа управљању како би се, поред енергетске експлоатације као основне намене, дало на значају и управљању свим другим аспектима: режимом подземних вода у приобаљу, режимом наноса, како по питању

количина тако и по питању квалитета и др. Приступ управљању се дефинише узимајући у обзир све постојеће техничке системе који су релевантни за дату проблематику.

У складу са дефинисаним принципима, у раду се даје и структура софтверско/хардверског система за подршку управљању која је базирана на постојећем Хидро-информационом систему „Ђердап“ као савременом хидро- информационом систему који обухвата велики број међусобно повезаних компоненти хардвера, софтвера, мерних објеката и инструмената и корисника система.

Ključne reči (Engleski): управљање хидроенергетским системима, холистички приступ, системи за подршку управљању

Određivanje protoka vode kroz hidroagregat na HE Đerdap 2

Determination of Water Flow Through a Hidro Generator on the Hydro Power Plant Đerdap 2

Miša Kožicić, Žarko Nestorović, Zvonko Živković

Elektroprivreda Srbije AD Beograd, Ogranak Đerdap Kladovo

Saša D. Milić

Elektrotehnički Institut Nikola Tesla Beograd

Rezime – određivanje protoka vode kroz agregate hidroelektrana osnovu modelskih ispitivanja često dovodi do rezultata koji nisu saglasni sa rezultatima u praksi. Primena Vinter-Kenedi (Winter Kennedy) metode u praksi takođe može dovesti do nelogičnih rezultata ako nisu ispunjeni svi uslovi za njenu primenu. U ovom istraživanju izvršena je provera mogućnosti za određivanje protoka vode kroz agregat na osnovu merene izlazne snage agregata i drugih parametara u jednačini snage. Analiza jednačine snage izvršena je sa aspekta uticaja greške određivanja pojedinih parametara na izlaznu veličinu kao i analiza određivanja protoka vode kroz turbinu na osnovu parametara za HE Đerdap 2. Kako je izlazna veličina (izlazna snaga) poznata izvršena je analiza drugih potencijalnih uticaja na izlazni rezultat a zatim je izvršeno poređenje ovih veličina. Takođe je određen protok po zadatom modelu i izvršeno poređenje sa dobijenim rezultatima merenja protoka na osnovu Vinter Kenedi metode. Poređenjem ovih rezultata ustanovljena je dobra saglasnost rezultata dobijenih po teorijskom modelu i po Vinter Kenedi metodi za agregat A5 na hidroelektrani Đerdap 2.

Ključne reči – hidrogenerator, protok vode, jednačina snage, Vinter Kenedi metoda

Abstract – determination water flow through a hidro generator based on the model investigation, often leads to inconstencz with the results obtained in practice. Utilization of Winter Kennedy method in practice also may lead to unlogic results if all conditions for its proper use are not fulfilled. In this research the power equation was conducted from the aspect of the influence of its parameters' errors determination on the power as well as the analysis of water flow through the turbine for the hydro power plant DJerdap 2. Bearing in mind that the final value of power is known the analysis of other potential influences on the result is provided and after that those values were compared. Also, the water flow through the turbine is conducted based on the model and it was compared with the results obtained by Winter Kennedy method. Based on the comparison of those results it was concluded that the results obtained by model and Winter Kennedy method were consistent for the aggregate A5 on the Djerdap 2 hydropower plant.

Index Terms – Hidro Generator, water flow, power equation, Winter Kennedy method

Integracija ADMS i postojećih SCADA Sistema u cilju efikasnijeg upravljanja distributivnom mrežom

Integration of ADMS and Existing SCADA Systems for More Efficient Management of Distribution Networks

Željko Živković, Gordan Konečni

Schneider Electric doo – Industrijska 3g Novi Sad
Institut Mihajlo Pupin Automatika doo – Volgina 15 Beograd

Rezime- Integracija ADMS (Advanced Distribution Management System) i postojećih SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) sistema predstavlja ključni korak ka unapređenju efikasnosti upravljanja distributivnim mrežama. Ovaj rad daje primer integracije ADMS sistema na različitim nivoima sistema daljinskog upravljanja Operatera distributivnog sistem kroz dva aspekta:

- mapiranje modela dva sistema u cilju lakšeg održavanja, i
- razmene podataka u realnom vremenu putem IEC 60870-6 TASE2/ICCP komunikacije.

Ova integracija omogućava bolju analizu podataka, optimizaciju resursa i brže donošenje odluka, čime se povećava pouzdanost i kvalitet snabdevanja električnom energijom. Kroz sinergiju ovih sistema, operatori mogu da prate realno stanje mreže, identifikuju i rešavaju probleme u realnom vremenu, kao i da implementiraju strategije za smanjenje gubitaka i poboljšanje operativne efikasnosti. U ovom radu biće razmotreni izazovi i rešenja vezana za ovu integraciju, kao i potencijalni benefiti za distribucione kompanije i njihove korisnike.

Ključne reči - SCADA, ADMS, DISTRIBUCIJA, EFIKASNOST, MREŽA, ELEKTRIČNA ENERGIJA

Abstract - The integration of ADMS (Advanced Distribution Management System) and existing SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) systems represents a key step towards improving the efficiency of distribution network management. This paper provides an example of integration of ADMS system into remote control systems at different levels in the Distribution System Operator (DSO) through two aspects:

- mapping the models of the two systems for easier maintenance, and
- real-time data exchange via IEC 60870-6 TASE2/ICCP communication.

This integration enables better data analysis, resource optimization, and faster decision-making, thereby improving the reliability and quality of electricity supply. Through the synergy of these systems, operators can monitor the real-time status of the network, identify and resolve issues promptly, as well as implementing strategies to reduce losses and enhance operational efficiency. This paper will discuss the challenges and solutions related to this integration, as well as the potential benefits for distribution companies and their customers

Index Terms - SCADA, ADMS, DISTRIBUTION, ELECTRIC ENERGY, NETWORK, EFFICIENCY

Softverska rešenja za digitalizaciju kontrolnih centara i upravljanje distributivnim mrežama

Software solutions for digitizing control centers and distribution networks management

Luka Strezoski

Departman za energetiku, elektroniku, i telekomunikacije, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Rezime - Digitalizacija kontrolnih centara postaje neophodna za savremene elektrodistributivne sisteme, s obzirom da poboljšava njihovu sigurnost, pouzdanost i efikasnost. Ovaj rad daje pregled softverskih rešenja za upravljanje distributivnim mrežama, sa fokusom na ADMS i DERMS sisteme. Opisane su njihove funkcije, način integracije distribuiranih izvora energije i doprinos optimizaciji rada elektroenergetskog sistema. Razmatrani su ključni izazovi i prednosti njihove primene, kao i uticaj na razvoj kontrolnih centara.

Ključne reči – Distribuirani energetske resursi, Distributivni menadžment sistem, Digitalizacija, ADMS, DERMS.

Primer upravljanja modelom mikromreže kroz softverske alate za nadzor i vođenje elektroenergetskih sistema

Example of Microgrid Control Using Software Tools for Power System Management

Luka Strezoski, Darko Lazarevic, Milan Zec

Departman za energetiku, elektroniku, i telekomunikacije, Fakultet tehničkih nauka, Univerzitet u Novom Sadu

Rezime - Ovaj rad predstavlja primer upravljanja modelom mikromreže koristeći softverske alate u okviru Laboratorije za pametne mreže. Model simulira rad savremene mikromreže sa distribuiranim energetske resursima (DER) i omogućava testiranje naprednih funkcionalnosti, kao što su optimizacija rada, balansiranje opterećenja i upravljanje energijom. Korišćenjem softverskih rešenja poput SCADA sistema, rad analizira proces digitalizacije kontrolnog centra i integracije distribuiranih resursa u mikromrežama. Takođe, ističemo ključne izazove i prednosti upravljanja mikromrežama u laboratorijskom okruženju, sa posebnim naglaskom na primenljivost dobijenih rezultata u stvarnim mrežama.

Ključne reči – Distribuirani energetske resursi, Distributivni menadžment sistem, ADMS, SCADA, Mikromreža.

Дигитална компонента концепта енергетске безбедности: Глобални преглед сајбер инцидента за период од 2022. године до 2024. године

The digital component of the energy security concept: A global overview of cyber incidents in energy sector for the period 2022 to 2024

Filip Marković

Fakultet bezbednosti, Univerzitet u Beogradu / KfW

Rezime

Вођене технолошким напретком, сајбер претње представљају један од најјачих изазова у савременом свету. Трансформација енергетског сектора ствара све више међусобно повезане енергетске системе који се ослањају на дигиталне технологије. Као витална компонента економије, енергетски сектор је веома изложен многим истовременим претњама, укључујући и дигиталне, где све већи број актера претњи у дигиталном простору отежава разумевање мотива иза сајбер напада у распону од финансијске добити до политичког циљања. . Развојем високо отпорних дигиталних компоненти енергетског сектора, земља јача шири концепт енергетске безбедности, штитећи физичку инфраструктуру и континуитет снабдевања енергијом. Рад има за циљ да пружи секторску анализу за одабрани трогодишњи период, од 2022. до 2024. године, уз примјену темељног истраживачког приступа који резултира стварањем шире слике о тренутном тренду на основу значајних података прикупљених о угрожености сектора због изложеност сталним сајбер инцидентима. Као резултат, представљени су главни догађаји, који сигнализирају обим потенцијалних претњи, њихову растућу сложеност и софистицираност, као и евентуалне последице. Циљ рада је и да се истакне приоритетни значај дигиталне компоненте концепта енергетске безбедности која се често занемарује иу теоријском и у практичном смислу. Сходно томе, рад има за циљ да пружи масивне истраживачке доказе који подржавају надоградњу теоретског оквира енергетске безбедности уз укључивање сајбер компоненти једнако као и других.

Кључне речи - енергетска безбедност, дигитална безбедност, пејзаж претњи, безбедносни ризици

Rezime (Dodatno)

Driven by technological progress, cyber threats present one of the most emerging challenges in the modern world. The energy sector transformation creates increasingly interconnected energy systems that rely on digital technologies. As a vital component of the economy, the energy sector is highly exposed to many simultaneous threats, including digital ones, where the growing number of threat actors in the digital space makes it difficult to understand the motivations behind cyberattacks ranging from financial gains to political targeting. By developing highly resilient digital components of the energy sector, the country strengthens a wider concept of energy security, protecting the physical infrastructure and continuity of energy supply. The paper aims to provide a sector analysis for a selected three-year period, from 2022 to 2024, applying a thorough research approach resulting in the creation of a broader picture of the current trend based on significant data collected on the sector's vulnerability due to the exposure to constant cyber incidents. As a result, major events are presented, signaling a scope of potential threats, their growing complexity and sophistication, as well as eventual consequences. The aim of the paper is also to highlight the priority importance of the digital component of the energy security concept often neglected in both theoretical and practical terms. Accordingly, the work aims to provide massive research evidence to support an upgrade of the energy security theoretical framework with the inclusion of cyber components equally as others.

Кључне речи (Dodatno) - energy security, cyber security, threat landscape, security risks

Microgrids – current developments and challenges

Aleksej Žilović^{1,2}, Luka Strezoski^{1,2}, Chad Abbey³

¹DerMag Consulting, Novi Sad, Serbia

²Faculty of Technical Sciences, University of Novi Sad, Serbia

³Quanta Technology, Raleigh, NC, USA

Abstract - In recent decades, the concept of microgrids has become a key component in the modernization of electrical systems, particularly in developed countries. Microgrids enable the integration of distributed energy resources, such as renewable energy sources (solar panels, wind turbines), and energy storage systems, into existing distribution networks. This approach provides greater efficiency, flexibility, and resilience to energy disruptions, while also reducing harmful emissions. However, while microgrids offer numerous advantages, they also pose a range of challenges and issues related to the technical, regulatory, and economic aspects of their implementation. Technical challenges include optimizing the real-time operation of the microgrid, managing energy consumption and production, and ensuring network stability in the face of variability in renewable energy sources. The regulatory framework and energy market models must also evolve to support the integration of microgrids and ensure a fair market environment. This paper explores the key challenges associated with the development of microgrids, as well as the open questions that still await answers to enable their widespread deployment and optimal functioning

Index Terms - Distributed energy resources (DER), microgrids, control strategies within microgrids, DER models, challenges.

Importance of a robust and reliable DCS at PSP in light of renewable sources and energy storage

Milan Bjedov, Gordan Konečni, Nebojša Panjevac, Bojan Papić

Institute Mihajlo Pupin

Rezime - In today's era of renewable sources, pump storage plants are a very important factor in regulating the voltage/frequency of the grid, as well as in energy storage. As solar panels and wind generators become more accessible and with an increasingly better level of utilization, more and more companies and countries are opting for this type of renewable energy source. However, this brings us to the problem of grid stability, since this energy generation does not coincide with the peaks of the highest consumption, as is the case with the sun and wind - these energy sources cannot cover 24-hour consumption. These indicators further strengthen reversible power plants as one of the crucial items in all power systems. Whether it is a matter of a power plant's rapid entry into the grid in energy generation mode, or of pumping water and storing energy. Therefore, the management of such facilities becomes of utmost importance, as well as the reliability of the operation of these systems. It is necessary that the power plant management system (distributive control system - DCS) takes into account all these requirements as well as the importance of the facility itself, and reflects certain characteristics in operation. System reliability, robustness and redundancy must be a priority of the DCS, so that the power plant is always available to respond to changes in the network, which are now increasingly pronounced due to the large share of renewable energy sources. All elements of the control system must meet certain standards, and together as a whole reliably manage the power plant and help operators react quickly in stressful situations. It will be shown that all PLC devices together with their I/O modules are a crucial part of the SCADA system, which is ready to respond to all the requirements of the increasingly dynamic power grid of today.

Ključne reči - pump storage, DCS, voltage/frequency regulation

Funkcionalnosti i prednosti Novita sistema u tržištu električne energije

Functionalities and advantages of the Novita system in electricity market

Ksenija STEFANOVIĆ, Ana VUKOLIĆ, Aleksandra VOJNOVIĆ, Aleksandar SAVIĆ, Stefan FILIPOVIĆ
Elektromreža Srbije

Rezime - Novita MMS (Market Management System) je napredna softverska platforma namenjena učesnicima na tržištu električne energije, uključujući trgovce električnom energijom, operatore prenosnog sistema (TSO) i druge relevantne subjekte, kao što su na primer učesnici na tržištu koji imaju samo proizvodnju ili samo potrošnju. Sistem podržava procese na dan-unapred i unutrašnjem tržištu, omogućavajući prijavu dnevnih planova rada i optimizaciju aktivnosti na tržištu. Ključne funkcionalnosti Novita MMS sistema, pored kontrole prijave trgovaca, uključuju generisanje i upravljanje izveštajima koji sadrže podatke o debalansu trgovaca, internim i eksternim transakcijama, prekograničnim razmenama sa susednim državama, i susednim operatorima prenosnih sistema. Takođe, ovaj sistem usko je povezan sa drugim operatorima sistema, jer razmenjuje veliki broj podataka sa njima. Pored toga, sistem obuhvata regulacioni plan EMS-a, omogućavajući efikasno balansiranje elektroenergetskog sistema. Zahvaljujući intuitivnom korisničkom interfejsu i naprednim algoritmima za obradu podataka, Novita MMS omogućava precizno i blagovremeno planiranje tržišnih aktivnosti, smanjuje operativne rizike i doprinosi stabilnosti elektroenergetskog sistema. Ova platforma je ključan alat za sve učesnike tržišta koji žele da optimizuju svoje poslovanje u skladu sa regulatornim zahtevima i dinamikom tržišta električne energije. Ovim radom želimo da prikazemo jedan deo rada u okviru tržišta električne energije, i da pokažemo način na koji obavljamo usluge za učesnike na tržištu, kao što ćemo predstaviti sve značajnije funkcije i prednosti ovog sistema, koji nam pomažu u našem svakodnevnom radu.

Ključne reči - softverska platforma, dan-unapred i unutrašnje tržište, operatori prenosnog sistema, učesnici na tržištu

Abstract - Novita MMS (Market Management System) is an advanced software platform designed for electricity market participants, including electricity traders, transmission system operators (TSOs), and other relevant entities, such as market participants with generation or consumption. The system supports day-ahead and intraday market processes, enabling the submission of daily work schedules and the optimization of market activities. The key functionalities of the Novita MMS system, in addition to controlling trader submissions, include the generation and management of reports containing data on traders' imbalances, internal and external transactions, cross-border exchanges with neighboring countries, and adjacent transmission system operators. Additionally, this system is closely integrated with other system operators, as it exchanges a large volume of data with them. Moreover, the system incorporates the regulatory plan of EMS, ensuring the efficient balancing of the power system. With an intuitive user interface and advanced data processing algorithms, Novita MMS enables precise and timely planning of market activities, reduces operational risks, and contributes to the stability of the electricity system. This platform is a key tool for all market participants looking to optimize their operations in line with regulatory requirements and the dynamics of the electricity market. This paper aims to present a segment of electricity market operations, demonstrating the way we provide services to market participants. Additionally, we will showcase the key functionalities and advantages of this system, which support our daily operations.

Index Terms - software platform, electricity market participants, day-ahead and intraday market processes, system operators

Uticaj električnih vozila na emisiju CO₂ u energetsom sektoru

The impact of electric vehicles on CO₂ emissions in the energy sector

Petar Ostojić*

* PwC ESG stručnjak

Rezime - Ovaj rad proučava uticaj električnih vozila (EV) na potražnju za energijom i emisije gasova sa efektom staklene bašte (GHG). Ključni fokus studije je premeštanje emisija iz transportnog sektora (tj. emisije konvencionalnih automobila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem koji koriste derivate nafte) u elektroenergetski sektor, koji koristi mešavinu goriva (od uglja do obnovljivih izvora energije), za proizvodnju električne energije za EV. Analiza će se fokusirati na emisije po jedinici energije koju vozila troše, omogućavajući objektivno poređenje između konvencionalnih automobila i EV. Pored toga, analiza će identifikovati nekoliko prostornih i vremenskih faktora koji određuju uticaj EV na emisije GHG u elektroenergetskom sektoru određene zemlje i/ili regiona. Rezultati istraživanja biće ilustrovani na primerima iz Kine, Evrope, i Sjedinjenih Američkih Država.

Ključne reči – Električna vozila, Emisije CO₂, Energetski sektor, Dekarbonizacija, Faktor mreže

Abstract - This paper examines the impact of electric vehicles (EVs) on energy demand and greenhouse gas (GHG) emissions. A key focus of the study is the displacement of emissions from the transportation sector (where conventional internal combustion engine vehicles powered by fossil fuels are the primary contributors) to the electricity sector, which relies on a diverse mix of energy sources, ranging from coal to renewables, to generate power for EVs. The analysis evaluates emissions per unit of energy consumed by vehicles, facilitating an objective comparison between conventional cars and EVs. Furthermore, the study explores the spatial and temporal factors influencing the extent to which EV adoption affects GHG emissions in the electricity sector of specific countries and regions. The results are illustrated using case studies from the United States, Europe, and China.

Index Terms – Electric vehicles, CO₂ emissions, Energy sector, Decarbonization, Grid factor

Izazovi za energetski sektor i uticaj energetske inflacije na inflaciju u zemljama Jugoistočne Evrope

Challenges for the energy sector and the impact of energy inflation on inflation in Southeast European countries

Aleksandra Prašcević*, Milutin Ješić*

* Ekonomski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Beograd

Rezime – Rad je posvećen analizi uticaja poremećaja u energetskom sektoru izabranih zemalja Jugoistočne Evrope na ostvarenu inflaciju u njima, kao i odgovorima ekonomske politike na ta kretanja. U fokusu je uticaj energetske inflacije na ukupnu inflaciju. Analiza uključuje osam zemalja Jugoistočne Evrope: Srbiju, Crnu Goru, Bosnu i Hercegovinu, Severnu Makedoniju, Hrvatsku, Albaniju, Bugarsku i Rumuniju, za period od poslednjih pet godina. Energetski sektor se u ovim zemljama suočio sa mnogim izazovima u prošlosti. Nakon udara COVID-19 pandemije, u prethodne tri godine ovi se izazovi prvenstveno odnose na geopolitičke tenzije usled ratnog sukoba u Ukrajini, kao i na energetske krize sa kojima se suočavala čitava Evropa u kontekstu energetskog rata Evrope sa Rusijom. Ove tenzije su izazvale promene u energetskom sektoru, otežavajući aktivnost ovog sektora u izabranoj grupi zemalja i provocirajući problem nestašice energije u regionu. To se dešavalo na različite načine u zavisnosti od specifičnosti svake od njih u domenu lakše ili otežane dostupnosti energetske resursa, geografske pozicije, ostvarene energetske bezbednosti, ali i političkih faktora. Ono što je zajedničko za sve njih je uticaj na rast stope inflacije. U radu se za ove zemlje prati i analizira učešće potrošnje energenata od strane stanovništva u ukupnoj potrošnji stanovništva. Vršiti se komparativna analiza ukupne inflacije i inflacije ostvarene u energetskom sektoru u domenu električne energije, kao i pondera električne energije u CPI indeksu. Na osnovu toga dolazi se do zaključaka o uticaju volatilnosti cena u energetskom sektoru na ukupnu cenovnu stabilnost u ovim zemljama. Istražuju se izazovi sa kojima se suočavaju kreatori ekonomske i energetske politike u domenu izvora električne energije i daju određene preporuke za poboljšanja, sa aspekta uticaja na inflaciju.

Ključne reči - energetski sektor, inflacija, energetska inflacija, ekonomska politika

Abstract – The paper analyzes the impact of disruptions in the energy sector of the selected countries of Southeast Europe on the resulted inflation in them, as well as the responses of economic policy to these developments. The focus is on the impact of energy inflation on overall inflation. The analysis includes eight countries in Southeast Europe: Serbia, Montenegro, Bosnia and Herzegovina, North Macedonia, Croatia, Albania, Bulgaria, and Romania, for the last five years. The energy sector in these countries has faced many challenges in the past. After the impact of the COVID-19 pandemic in the previous three years, these challenges primarily relate to geopolitical tensions due to the war conflict in Ukraine and to the energy crisis faced by the whole of Europe in the context of Europe's energy war with Russia. These tensions caused changes in the energy sector, hindering the activity of this sector in a selected group of countries and provoking the problem of energy shortages in the region. This happened in different ways, depending on the specifics of each of them in the domain of more straightforward or more difficult availability of energy resources, geographical position, achieved energy security, and political factors. What they all have in common is the impact on the growth of the inflation rate. The paper monitors and analyzes the share of energy consumption by the population in these countries' total consumption. A comparative analysis of the total inflation and the inflation realized in the energy sector in the field of electricity, as well as the weighting of electricity in the CPI index, is performed. Based on that, conclusions are reached about the impact of price volatility in the energy sector on overall price stability in these countries. The challenges faced by economic and energy policymakers in the field of electricity sources are investigated, and certain recommendations for improvements are given from the aspect of impact on inflation.

Index Terms - energy sector, inflation, energy inflation, economic policy

Izazovi održivog razvoja u energetsom sektoru

Challenges of sustainable development in the energy sector

Gordana Kokeza*, Sonja Josipović*

* Univerzitet u Beogradu – Tehnološko-metalurški fakultet, Karnegijeva 4, Beograd

Rezime - Primena principa održivog razvoja predstavlja jedan od osnovnih zahteva savremenog privređivanja. Ispunjavanje datih principa posebno je važno u privrednim granama koje predstavljaju najveće zagađivače životne sredine, kakva je i energetika. U ovom radu razmatraju se izazovi koji postoje u održivom razvoju energetskog sektora, s obzirom na njegovu specifičnost i značaj za celokupni privredni i društveni razvoj. U proučavanju predmetne problematike polazi se od razmatranja uloge i značaja održivog razvoja u savremenom privređivanju, zatim se pažnja usmerava na problematiku primene održivog razvoja u energetsom sektoru, dok se u završnom delu rada vrši komparativna analiza određenih pokazatelja poslovanja energetskog sektora u zemljama Evropske unije i Srbije, a koji se tiču njegove održivosti, kao što su energetska efikasnost, energetska sigurnost, korišćenje obnovljivih izvora i drugi. U radu se zaključuje da je preduslov održivog razvoja ovog sektora donošenje adekvatne energetske politike, budući da primena principa i različitih elemenata održivog razvoja podrazumeva odgovarajuća ulaganja, adekvatna tehnološka rešenja, ali i vreme da se ostvare željeni efekti. Zato zelena i održiva ekonomija podrazumevaju sprovođenje reformi koje bi omogućile energetske tranzicije, a koja bi mogla da doprinese kako povećanju energetske efikasnosti, tako i većem korišćenju obnovljivih izvora energije i čistih energetske tehnologije.

Ključne reči - energetika, održivi razvoj, zelena ekonomija, energetska tranzicija, energetska efikasnost.

Abstract - The application of the principles of sustainable development is one of the basic requirements of the modern economy. Fulfilment of the given principles is especially important in the branches of economy which are the biggest polluters of the environment, such as the energy sector. This paper discusses the challenges that arise in the sustainable development of the energy sector, considering its specificity and importance for the overall economic and social development. In studying this subject matter, we start from the consideration of the role and importance of sustainable development in the joint economy; then, we focus on the problems of the application of sustainable development in the energy sector, while in the final part of the paper, we conduct a comparative analysis of certain indicators of the energy sector in the EU countries and Serbia which concern its sustainability, such as energy efficiency, energy security, use of renewable sources and others. We conclude that a prerequisite for the sustainable development of this sector is the adoption of an adequate energy policy, since the application of the principles and various elements of sustainable development implies appropriate investments, adequate technological solutions, as well as a certain amount of time to achieve the desired effects. That is why a green and sustainable economy implies the implementation of the reforms that would enable energy transition, which would, in turn, contribute both to an increase in energy efficiency and to greater use of renewable energy sources and clean energy technologies.

Index Terms - energy, sustainable development, green economy, energy transition, energy efficiency.

The Impact of Energy Prices on Inflation in Serbia in 2024

Doprinos cena energije inflaciji u Srbiji u 2024. godini

Marko Miljković

Saobraćajni fakultet UB

Rezime

Inflation in Serbia in 2024 was measured at 4.3% using the consumer price index, according to the methodology of the Statistical Office of the Republic of Serbia, and 4.5% when calculated with the harmonized indices of consumer prices as per Eurostat's methodology. The first half of the year saw a significant reduction in year-on-year inflation, while the latter half experienced fewer fluctuations, remaining below the National Bank of Serbia's upper limit of 4.5%. This paper will provide an overview of year-on-year and monthly inflation trends, with a specific focus on the impact of energy prices on inflation in Serbia during 2024. Energy accounted for approximately 16% of the consumer basket in Serbia, and fluctuations in energy prices contribute to non-core inflation, which includes all price categories subject to significant short-term volatility due to supply shocks. The analysis will examine the contributions of electricity, gas, solid fuels, district heating, and fuel prices, including lubricants for passenger vehicles. Additionally, the situation in Serbia will be compared to trends in the European Union, the eurozone, and selected European countries with specific energy inflation characteristics.

Ključne reči

inflation, consumer prices, energy prices, Serbia

Rezime (Dodatno)

Inflacija u Srbiji u 2024. godini iznosila je 4,3% merena indeksom potrošačkih cena prema metodologiji koju primenjuje Republički zavod za statistiku, odnosno 4,5% merena harmonizovanim indeksom potrošačkih cena prema metodologiji koju primenjuje Eurostat. Prvi deo godine obeležilo je značajno smanjivanje međugodišnje inflacije, dok su drugi deo godine obeležile manje oscilacije ispod gornje granice cilja Narodne banke Srbije od 4,5%. Osim prikaza kretanja međugodišnje i mesečne inflacije, u radu će posebno biti analiziran doprinos cena energije inflaciji u Srbiji tokom 2024. godine. Energija je u 2024. godini činila oko 16% potrošačke korpe u Srbiji, a kretanje cena energije utiče na tzv. nebaznu inflaciju koja sadrži rast svih kategorija cena koje su podložne velikim kratkoročnim oscilacijama usled šokova ponude. Analizom će biti obuhvaćen doprinos inflaciji cena električne energije, gasa, čvrstih goriva, daljinskog grejanja, kao i cena goriva i maziva za putnička vozila. Situacija u Srbiji će biti upoređena sa kretanjima u Evropskoj uniji i evrozoni, te odabranim evropskim zemljama koje se ističu određenim specifičnostima po pitanju doprinosa cena energije inflaciji.

Ključne reči (Dodatno)

inflacija, potrošačke cene, cena energije, Srbija

Značaj i mogućnosti šire primene vodonika u procesu niskougljenične tranzicije

The Importance and Opportunities of Broader Hydrogen Application in the Low-Carbon Transition Process

Maja Pisarov*, Marko Vučković**, ...

* Naftna Industrija Srbije a.d. Novi Sad

Rezime – Globalne klimatske promene više nisu isključivo naučni i ekološki problem, već sve više postaju pitanje unutrašnje i spoljne politike, poslovanja, međunarodnih finansijskih institucija i transnacionalnih korporacija. Usporavanje procesa globalnog zagrevanja, kao i razvoj privrednih sektora sa niskim nivoom emisije gasova sa efektom staklene bašte (niskougljenična ekonomija) smatraju se jednim od prioritarnih ciljeva danas u svetu. Pariskim sporazumom, koji je 2015. godine zamenio Kjoto protokol, postavljena je platforma za međunarodnu saradnju u borbi protiv posledica klimatskih promena u bližoj i daljoj budućnosti. Odgovor na ciljeve borbe sa klimatskim promenama nalazi se u terminu „globalna dekarbonizacija“, koji reflektuje opšti prelaz ka niskougljeničnom razvoju, što bi za rezultat trebalo da ima smanjenje tražnje za fosilnim gorivima i povećanje uloge obnovljivih i drugih izvora „zelene“ energije. Uprkos ideji i značaju intenziviranja privredne elektrifikacije kao instrumenta duboke dekarbonizacije, još uvek postoje određene barijere u vidu tehnološke kompleksnosti i ekonomske (ne)opravdanosti u određenim sektorima privrede. Da bi se te barijere prevazišle neophodno je pronaći «novog globalnog nosioca energije» koji bi bio primenjiv u različitim segmentima budućeg energetskog sistema, a pri tome ekološki neutralan i održiv. U ovom kontekstu sve više se otvaraju mogućnosti i perspektive za širu primenu vodonika i vodoničnih tehnologija. U okviru rada razmotreni su tehničko-ekonomski aspekti kompletnog lanca vrednosti ovih tehnoloških rešenja. Kroz statističku analizu globalnih tendencija u pogledu projekcija budućih proizvodnih i drugih povezanih sa vodonikom tehnoloških rešenja, sagledan je i potencijal redukcije troškova i povećanja operacione efikasnosti, kao i dostizanja nivoa komercijalne i ekonomske spremnosti za širu upotrebu. Cilj ovog rada je ukazivanje na važnosti razvoja i stimulacije šire primene vodonika i vodoničnih tehnologija, kao jedne od ključnih energetskih komponenti u procesu tranzicije ka niskougljeničnoj ekonomiji. Značaj ove teme treba sagledavati i sa aspekta nužnosti što objektivnije procene potencijala i optimalnog nivoa integracije vodonika u budući energetski sistem (i miks). Dodatni cilj rada je da ukaže na to, da je ključno uzeti u obzir nova rešenja bazirana na prihvatljivim, sa aspekta tranzicije, tehnologijama, kao i da se sagledaju praktični predlozi za dalji razvoj i formiranje međunarodnog tržišta ovog energetskog izvora, uz objektivnu procenu ekonomske opravdanosti njegove šire primene.

Ključne reči - Klimatske promene, niskougljenična tranzicija, energetska tranzicija, vodonične tehnologije, tehničko-ekonomska analiza.

Abstract – Global climate change is no longer exclusively a scientific and environmental problem, but is increasingly becoming a matter of internal and external politics, business, international financial institutions and transnational corporations. Slowing down the process of global warming, as well as the development of economic sectors with a low level of greenhouse gas emissions (low-carbon economy) are considered one of the priority goals in the world today. The Paris Agreement, which replaced the Kyoto Protocol in 2015, set a platform for international cooperation in the fight against the consequences of climate change in the near and distant future. The answer to the goals of combating climate change is found in the term "global decarbonization", which reflects the general transition to low-carbon development, which should result in a reduction in demand for fossil fuels and an increase in the role of renewable and other "green" energy sources. Despite the idea and importance of intensifying economic electrification as an instrument of deep decarbonization, there are still certain barriers in the form of technological complexity and economic (un)justification in certain sectors of the economy. In order to overcome these barriers, it is necessary to find a "new global energy carrier" that would be applicable in various segments of the future energy system, and at the same time ecologically neutral and sustainable. In this context, opportunities and perspectives for the wider application of hydrogen and hydrogen technologies are increasingly opening up. The technical and economic aspects of the complete value chain of these technological solutions were performed within the work. Through a statistical analysis of global trends in terms of projections of future production and other hydrogen-related technological solutions, the potential for reducing costs and increasing operational efficiency, as well as reaching the level of commercial and economic readiness for wider use, was also considered. The aim of this work is to indicate the importance of development and stimulation of the wider application of hydrogen and hydrogen technologies, as one of the key energy components in the process of transition to a low-carbon economy. The importance of this topic could also be seen from the aspect of the necessity to objectively assess the potential and optimal level of hydrogen integration into the future energy system (and mix). An additional goal of the work is to point out, that it is crucial to take into account new solutions based on acceptable, from the aspect of transition, technologies. As well, it is necessary to look at practical proposals for further development and formation of the international market of this energy source, with an objective assessment of the economic justification its wider applications.

Index Terms - Climate change, low-carbon transition, energy transition, hydrogen technologies, technical-economic analysis.

Fenomen negativnih cena električne energije i njegove implikacije na integraciju obnovljivih izvora i skladištenje energije

The phenomenon of negative electricity prices and its impact on the integration of renewable sources and energy storage

Marko Vučković, Dušan Jakovljević, Maja Pisarov
NIS a.d. Novi Sad

Rezime - Šira integracija obnovljivih izvora u energetske sistem, u današnje vreme predstavlja ključni i prioritetni mehanizam dekarbonizacije uz pozitivne doprinose konceptu održivosti i energetske sigurnosti. Dostizanje pariteta u domenu cene koštanja proizvodnje električne energije iz solarnih i vetroelektrana sa tradicionalnim izvorima, rezultovalo je njihovom progresivnom ekspanzijom praćenom regulatornom podrškom i različitim podsticajnim mehanizmima. U poslednjih nekoliko godina, svedoci smo negativne tendencije udele fosilnih goriva na tržištima električne energije na teritoriji Evrope, gde je u toku 2024. godine po prvi put proizvodnja iz solarnih elektrana prešla ugalj. Međutim, pored brojnih pozitivnih efekata porasta udela obnovljivih izvora, fenomen negativnih cena na tržištima električne energije postaje sve učestaliji. Kanibalizacija tržišta je retko idealna pojava, bez obzira na kontekst, ali u konkretnom slučaju postaje značajan problem na evropskim energetskim tržištima. Kako varijabilni kapaciteti za proizvodnju električne energije na bazi sunca i vetra iz godine u godinu beleže sve veći rast, povoljni vremenski uslovi često dovode do situacija kada ponuda energije prelazi potražnju, o čemu svedoči višestruki rast broja sati na tržištima sa nulitim ili negativnim vrednostima cena. Ova situacija ne samo da ugrožava ekonomsku održivost samih obnovljivih izvora, već stvara i finansijske pritiske na investitore i operatere energetskih sistema. Usled ovih izazova, pitanja fleksibilnosti energetskih sistema postaju ključna. Sistemi moraju biti u mogućnosti da se brzo prilagode varijabilnim proizvodnim kapacitetima koji dolaze od obnovljivih izvora. Ovo zahteva razvoj i integraciju naprednih tehnologija skladištenja energije, kao što su baterije velikog kapaciteta i druge forme skladištenja, koje omogućavaju čuvanje energije tokom perioda prekomerne proizvodnje i njeno oslobađanje kada je potražnja veća. Osim toga, potrebno je unaprediti infrastrukturu pametnih mreža koje mogu efikasno upravljati tokovima energije i reagovati na promene u ponudi i potražnji u realnom vremenu. Aktuelnost ovog pitanja je izuzetno važna u kontekstu budućnosti energetskih sistema, koji će biti sve više zasnovani na niskougljeničnim izvorima energije. Za postizanje stabilnosti i efikasnosti takvih sistema, neophodno je razvijati nove mehanizme upravljanja, kako bi se minimizirale posledice negativnih cena i omogućila optimalna upotreba obnovljivih izvora. Takođe, potrebno je usmeriti napore ka razvoju političkih i regulatornih okvira koji će podsticati efikasnu integraciju obnovljivih izvora i skladištenja energije, kako bi se obezbedila dugoročna održivost i sigurnost snabdevanja električnom energijom. U okviru ovog rada, biće analizirani faktori koji utiču na pojavu negativnih cena sa posebnim naglaskom na stepen integracije obnovljivih izvora energije i njihov uticaj na balans ponude i potražnje. U fokusu će biti statistička analiza istorijskih kretanja tržišnih cena električne energije uz uvid u korelacione zavisnosti učestalosti negativnih cena i faktora povezanih sa implikacijama različitih stepena integracije solarnih i vetroelektrana. Posebna pažnja biće posvećena analizi potencijala različitih tehnologija skladištenja energije kroz tehničko-ekonomsku procenu mogućnosti i investicione opravdanosti u trenutnim uslovima tržišta. S obzirom na trendove ubrzane tranzicije, rad će uzeti u obzir i dugoročne implikacije u pogledu energetske politike, investicija i infrastrukture. Osim toga, biće analizirane potencijalne politike i tržišne strategije koje mogu doprineti smanjenju učestalosti negativnih cena.

Ključne reči - Obnovljivi izvori energije, kanibalizacija tržišta, negativne cene, skladištenje energije, tehničko-ekonomska analiza.

Rezime (Dodatno) - The broader integration of renewable energy sources into the energy system is currently a key and priority mechanism for decarbonization, with positive contributions to sustainability and energy security. Achieving parity in the cost of electricity production from solar and wind power with traditional sources has resulted in their progressive expansion, supported by regulatory backing and various incentive mechanisms. In recent years, we have witnessed a negative trend in the share of fossil fuels in European electricity markets, with solar power production surpassing coal for the first time in 2024. However, alongside the numerous positive effects of increasing renewable energy share, the phenomenon of negative electricity prices in electricity markets is becoming more frequent. Market cannibalization is rarely an ideal occurrence, regardless of the context, but in this case, it becomes a significant problem in European energy markets. As variable capacities for electricity production from solar and wind power grow year by year, favorable weather conditions often lead to situations where the energy supply exceeds demand, as evidenced by the multiple increase in the number of hours on markets with zero or negative price values. This situation not only threatens the economic sustainability of renewable sources but also creates financial pressures on investors and energy system operators. Due to these challenges, issues of energy system flexibility become crucial. Systems must be able to quickly adapt to the variable production capacities coming from

renewable sources. This requires the development and integration of advanced energy storage technologies, such as large-capacity batteries and other forms of storage, which allow energy to be stored during periods of excess production and released when demand is higher. Furthermore, it is necessary to improve smart grid infrastructure capable of effectively managing energy flows and responding to changes in supply and demand in real time. The relevance of this issue is extremely important in the context of the future of energy systems, which will increasingly be based on low-carbon energy sources. To achieve stability and efficiency in such systems, it is essential to develop new management mechanisms to minimize the consequences of negative prices and enable optimal use of renewable sources. Moreover, efforts must be directed towards developing political and regulatory frameworks that will foster the efficient integration of renewable sources and energy storage, ensuring long-term sustainability and security of electricity supply. This paper will analyze the factors influencing the emergence of negative prices, with a particular focus on the degree of integration of renewable energy sources and their impact on supply and demand balance. The focus will be on a statistical analysis of historical electricity price trends, with insights into the correlational dependencies between the frequency of negative prices and factors related to the implications of different degrees integration of solar and wind power plants. Special attention will be paid to the analysis of the potential of different energy storage technologies through technical and economic assessment of feasibility and investment justification in the current market conditions. Given the trends of accelerated transition, the paper will also consider the long-term implications in terms of energy policy, investments, and infrastructure.

Ključne reči (Dodatno) - Renewable energy sources, market cannibalization, negative prices, energy storage, technical-economic analysis

Međuzavisnost ekonomskog rasta i CO₂ emisija: testiranje EKC hipoteze na primeru EU-15 i CEE-11

The interdependence between economic growth and CO₂ emissions: testing the EKC hypothesis on the example of EU-15 and CEE-11

Nemanja Lojanica, Vladimir Mihajlović, 2 Dejan Molnar

Ekonomski fakultet Univerziteta u Kragujevcu, 2 Ekonomski fakultet Univerziteta u Beograd

Rezime - Sprovođenje održive energetske tranzicije postalo je globalni izazov, koji sve više dobija na značaju usled neodložne potrebe da se rešavaju nagomilani ekološki problemi i ublažavaju uticaji klimatskih promena. Zemlje članice Ujedinjenih nacija usvojile su do sada najsveobuhvatniji akcioni plan za socijalno uključivanje, životnu sredinu i ekonomski rast u okviru Agende 2030. Agenda uključuje 17 ciljeva održivog razvoja (SDG) koji bi trebalo da omoguće razvojnu politiku u periodu 2015-2030. Naučnici, ali i kreatori i nosioci ekonomske politike iskazuju sve veću zabrinutost u vezi sa globalnim zagrevanjem i posledičnim klimatskim promenama, što neminovno skreće značajnu pažnju na pitanja zagađenja životne sredine. Osim što zauzima primat u strukturi gasova sa efektom staklene bašte (greenhouse gases - GHG), ugljen-dioksid tokom poslednjih nekoliko decenija beleži najveći porast emisija, što dodatno povećava njegov udeo u ukupnim štetnim gasovima koji se emituju u atmosferu. Sve je veći broj država koje se obavezuju da će postići neto nulte emisije u narednim decenijama. Prema nalazima Međuvladinog panela za klimatske promene (IPCC), predviđa se da će verovatno doći do porasta globalnog zagrevanja za oko 1,5°C u periodu od 2030. do 2052. godine, pod pretpostavkom da se trenutna putanja ekonomskog rasta nastavi. Obaveze koje su zemlje preuzele do sada su nedovoljne da bi se postiglo neophodno smanjenje globalnih emisija ugljen-dioksida i dostigli neto nulti ciljevi do 2050. godine. Glavni cilj rada je da se testira EKC (Environmental Kuznets Curve) hipoteza na primeru zemalja EU-15 i CEE-11. Pored toga, ispituju se efekti obnovljivih i neobnovljivih izvora energije, i ekonomskog rasta na emisije CO₂. Panel kointegracija i panel FMOLS koristili su se za istraživanje dugoročne veze između pomenutih promenljivih. Vremenski okvir posmatranja ograničen je na period 1995-2023. godina. Empirijski rezultati do kojih se u istraživanju došlo su pokazali da je uspostavljena panel kointegracija između varijabli. Dugoročno posmatrano, ekonomski rast i povećanje upotrebe obnovljivih izvora energije uzrokuju porast emisija CO₂, dok povećano učešće obnovljivih izvora energije u energetsom miksu smanjuje emisije CO₂. EKC hipoteza je potvrđena na primeru EU-15 i CEE-11 zemalja. Preporuke koje proizilaze su da u narednom periodu fokus treba da bude na čistijim tehnologijama, efikasnijem korišćenju svih oblika energije, kao i većoj zastupljenosti onih energetskih izvora koji ne izazivaju ekološki štetne uticaje. Našom analizom obuhvaćene su zemlje koje pripadaju EU i treba da budu nosioci promena u oblasti zaštite životne sredine. Iz metodološkog ugla, bavili smo se ulogom obnovljivih i neobnovljivih izvora energije u EKC jednačini.

Ključne reči - Klimatske promene, životna sredina, ekonomski rast, panel kointegracija, EU

Rezime (Dodatno) - Implementing a sustainable energy transition has become a global challenge, which is gaining more importance due to the urgent need to solve accumulated environmental problems and mitigate the impacts of climate change. Member countries of the United Nations (UN) have adopted so far the most comprehensive action plan for social inclusion, sustainability of environment and economic growth within Agenda 2030. It involves 17 Sustainable Development Goals (SDG) objectives that should lead developmental politics in 2015-2030. Scientists, as well as economic policymakers and bearers, express increasing concern about global warming and the resulting climate changes, which invariably draws considerable attention to environmental pollution issues. In addition to taking precedence in the structure of greenhouse gases (GHG), carbon dioxide has seen the largest increase in emissions over the last few decades, increasing its share in the total number of harmful gases emitted into the atmosphere. The number of nations declaring commitments to attain net zero emissions in the forthcoming decades is steadily increasing. According to the findings of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in their special report on the implications of global warming of 1.5°C, it is projected that there will likely be a rise in global warming of around 1.5°C between the time frame of 2030 to 2052, assuming the current trajectory persists. However, the commitments made by countries thus far are insufficient to achieve the necessary reduction in global energy-related carbon dioxide emissions to reach net zero by 2050. The main objective of the paper is to test EKC (Environmental Kuznets Curve) hypothesis by using the example of EU-15 and CEE-11 countries. Additionally, the effects of renewable energy, non-renewable energy and economic growth on CO₂ emissions are being examined. The panel cointegration testing approach and panel FMOLS are used to investigate long run relationship between the variables. Time span of observing variables is limited to the period 1995-2023.

The empirical results have shown that panel cointegration between variables was established. In the long run, economic growth and non-renewable energy cause the increase in CO₂ emissions, while increased participation of renewable energy sources in the energy mix decrease CO₂ emissions. Additionally, EKC hypothesis is valid for EU-15 and CEE-11 countries. The focus should be on insisting on cleaner technologies of growth, more efficient use of energy sources as well as the availability of energy sources that do not have harmful impacts. Our analysis includes EU countries that should be the bearers of changes in the area of environmental protection. From the methodological part, we addressed the role of renewable and nonrenewable energy production in the EKC hypothesis.

Ključne reči (Dodatno) - Climate changes, environment, economic growth, panel cointegration, EU

Circular Economy Transition in Serbia: Achievements and Future Directions

Tranzicija ka cirkularnoj ekonomiji u Srbiji - dostignuća i budući pravci

Dorđe Mitrović

Ekonomski fakultet Univerziteta u Beograd

Rezime - How material goods are produced and disposed of at the end of their lifespan significantly impacts the environment. At the end of the 20th century, the European Union recognized the development of the circular economy as a key prerequisite for environmental protection and as a means of increasing the competitiveness of its economies compared to the United States and Japan. The main source of economic growth in the circular economy is the greater possible reuse of a large number of materials obtained from products that have reached the end of their life cycle and the least possible extraction of new resources. This paper analyses whether Serbia is converging with the European Union countries regarding the level of development and implementation of the circular economy. In the paper, Eurostat indicators are used to measure the development of the circular economy. The paper will point out the basic trends in the development of the circular economy in Serbia and possible factors that limit its faster development and convergence towards the countries of the European Union.

Ključne reči - Circular Economy, Green Agenda, Economic Growth, Convergence

Rezime (Dodatno) - Način na koji je organizovana proizvodnja materijalnih dobara i njihovo odlaganje na kraju životnog veka ima značajan uticaj na životnu sredinu. Evropska unija je krajem XX veka prepoznala razvoj cirkularne ekonomije kako kao ključnu pretpostavku zaštite životne sredine, tako i kao sredstvo za povećavanje konkurentnosti svojih privreda u odnosu na SAD i Japan. Osnovni izvor ekonomskog rasta u cirkularnoj ekonomiji jeste što veća ponovna upotreba velikog broja materijala dobijenih iz proizvoda koji su završili svoj životni ciklus, a što manja ekstrakcija novih resursa. U radu se upotrebom Evrostat indikatora za merenje razvijenosti cirkularne ekonomije analizira da li Srbija konvergira ka zemljama Evropske unije po pitanju stepena razvijenosti i primene cirkularne ekonomije. U radu će biti ukazano na osnovne trendove u razvoju cirkularne ekonomije u Srbiji i moguće faktore koji ograničavaju njen brži razvoj i konvergenciju ka zemljama Evropske unije.

Ključne reči (Dodatno) - cirkularna ekonomija, Zelena agenda, ekonomski rast, konvergencija

Carbon footprint calculator as an instrument for faster green transition: case study - glassmaking tradition meets innovation

Kalkulator karbonskog otiska kao instrument za bržu zelenu tranziciju: studija slučaja - glassmaking tradition meets innovation

1 Dejan Molnar, 2 Jelena Nikolić, 3 Hristina Mikić, 1 Đorđe Mitrović

Univerzitet u Beogradu - Ekonomski fakultet, Institut za tehnologiju nuklearnih i drugih mineralnih sirovina, Beograd, Univerzitet Metropolitan

Rezime - According to the United Nations Framework Convention on Climate Change, the carbon footprint represents climate change that alters the composition of the atmosphere and is directly or indirectly attributed to anthropogenic activity. Depending on the nature of the activity, different types of carbon footprint can be identified, considering typical annual greenhouse gas (GHG) emissions. The individual carbon footprint is based on the consumption habits of the individual and takes into account GHG emissions originating from the use of means of transport, consumption of electricity for heating and cooling residential (and other) spaces, eating habits, consumption of goods and services, recycling habits, etc. The carbon footprint of a product includes emissions of harmful gases from all stages, starting from the extraction of raw materials, the production process, the required energy, the transformation of the product for the needs of other companies, the habits of customers when using the product and its treatment as waste, as well as transportation between all production stages. The corporate footprint includes the inventory of greenhouse gas emissions related to the operations of a particular company. This is the main information basis for identifying both energy efficiency measures at the level of an individual company and joint activities at the level of the entire sector with the aim of reducing the number of harmful gases emitted into the atmosphere. As part of the project "Glassmaking Tradition Meets Innovation" financed by the Creative Europe Program, it is planned to create an online carbon footprint calculator for creative practices in the field of handmade glass products/objects. The design and build calculator allow artists, craftsmen and creative entrepreneurs to work with glass to calculate the carbon footprint of a variety of hand-crafted creative expressions of glass. The result of the project mentioned will adapt the green paradigm, that is, it will contribute to the fact that artists and craftsmen in the glass industry become more aware, responsible and equipped for a future without carbon dioxide. This unique calculator is an innovative tool that will directly enable and widely promote the digital and green transformation of the creative and artistic production of glass objects through the development of innovative ways of dealing with the environmental challenges of working with glass and minimizing the impact on the environment. Its original results (in knowledge, technology and art) could significantly change the quality of work with glass in the EU countries, to increase the number of socially responsible creative entrepreneurs, craftsmen and artists working with glass, to reduce CO₂ emissions and to achieve zero waste production in the field of handmade glass objects. The methodology of creating the calculator will be based on an interdisciplinary analysis of different types of glass materials (especially glass waste) and ways of their creative processing. The calculator will be used in the evaluation and design of sustainable ideas for work based on the application of the circular economy model.

Ključne reči - carbon footprint, climate change, green transition, glass products, circular practices, EU

Rezime (Dodatno) - Prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih nacija o klimatskim promenama, ugljenični otisak predstavlja promenu klime koja menja sastav atmosfere i direktno ili indirektno se pripisuje antropogenoj aktivnosti. U zavisnosti od prirode aktivnosti, mogu se identifikovati različite vrste ugljeničnog otiska, s obzirom na tipične godišnje emisije gasova sa efektom staklene bašte. Pojedinačni ugljenični otisak zasniva se na potrošačkim navikama pojedinca i uzima u obzir emisije gasova sa efektom staklene bašte koje potiču od upotrebe prevoznih sredstava, potrošnje električne energije za grejanje i hlađenje stambenih (i drugih) prostora, navika u ishrani, potrošnje dobara i usluga, navika recikliranja itd. Ugljenični otisak nekog proizvoda uključuje emisije štetnih gasova iz svih faza, počev od ekstrakcije sirovina, proizvodnog procesa, potrebne energije, transformacije proizvoda za potrebe drugih kompanija, navika kupaca prilikom korišćenja proizvoda i njegovog tretmana kao otpada, kao i transporta između svih proizvodnih faza. Korporativni otisak uključuje inventar emisija gasova sa efektom staklene bašte koji se odnosi na poslovanje konkretnog preduzeća. U pitanju je glavna informaciona osnova za identifikaciju kako mera energetske efikasnosti na nivou pojedinačnog preduzeća, tako i zajedničkih aktivnosti na nivou celog sektora sa ciljem da se smanji količina emitovanih štetnih gasova u atmosferu. U okviru projekta „Glassmaking Tradition Meets Innovation“ finansiranog od strane Programa Kreativna Evropa je planirano kreiranje onlajn kalkulatora ugljeničnog (karbonskog) otiska za kreativne prakse u domenu ručne izrade proizvoda/predmeta od stakla. Dizajn i izrada kalkulatora omogućava umetnicima, zanatlijama i kreativnim preduzetnicima koji rade sa staklom da izračunaju ugljenični otisak različitih ručno izrađenih kreativnih izraza od stakla. Rezultat pomenutog projekta će prilagoditi zelenu paradigmu, odnosno doprineće tome da umetnici i zanatlije u staklarskoj delatnosti postanu svesniji, odgovorniji i opremljeniji za budućnost bez ugljen-dioksida. Ovaj unikatni kalkulator

predstavlja inovativni alat koji će direktno omogućiti i naširoko promovisati digitalnu i zelenu transformaciju kreativne i umetničke proizvodnje predmeta od stakla putem razvoja inovativnih načina suočavanja sa ekološkim izazovima u radu sa staklom i minimiziranjem uticaja na životnu sredinu. Njegovi originalni rezultati (u znanju, tehnologiji i umetnosti) mogli bi značajno da promene kvalitet rada sa staklom u zemljama Evropske unije, da povećaju broj društveno odgovornih kreativnih preduzetnika, zanatlija i umetnika koji rade sa staklom, da smanje emisiju CO₂ i da postignu nultu proizvodnju otpada u oblasti ručne izrade predmeta od stakla. Metodologija izrade kalkulatora će se zasnivati na interdisciplinarnoj analizi različitih vrsta staklenih materijala (posebno staklenog otpada) i načina njihove kreativne obrade. Kalkulator će se koristiti u proceni i dizajnu održivih ideja za rad koji je zasnovan na primeni modela cirkularne ekonomije.

Ključne reči (Dodatno) - karbonski otisak, klimatske promene, zelena tranzicija, proizvodi od stakla, cirkularne prakse, EU

Критичне сировине и енергетска транзиција

Critical raw materials and energy transition

Aleksandar Jovović

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

Rezime - Климатске промене и њихове све видљивије последице довеле су до опредељења ка угљеничној неутралности. Развијене земље посебно ЕУ, залажу се за преокрет у енергетском сектору уклањањем фосилних горива, и убрзаним развојем обновљивих извора енергије (ОИЕ) и водоника. Уз виши степен енергетске ефикасности, и, и даље нејасну позицију нуклеарне енергетике, циљ је масовна електрификација сектора крајње потрошње, првенствено у области електричних возила (ЕВ), која би требало да чине 80% свих друмских возила до 2050. године. Кључне технологије у области ОИЕ захтевају нове материјале, многе који до скоро нису ни имали неку или никакву употребу у овој области. Ове критичне сировине или критични материјали, како су названи, постали су ново средство енергетске и политичке транзиције света. У раду је приказано стање критичних сировина у свету, али и потенцијали Србије у овој области

Кључне речи - критичне сировине, енергетска транзиција, Србија

Rezime (Dodatno) - Climate change and its increasingly visible consequences have led to a commitment to carbon neutrality. Developed countries, especially the EU, are advocating for a transition in the energy sector by eliminating fossil fuels and accelerating the development of renewable energy sources (RES) and hydrogen. With a higher level of energy efficiency, and the still unclear position of nuclear energy, the goal is the mass electrification of the end-use sector, primarily in the field of electric vehicles (EVs), which should account for 80% of all road vehicles by 2050. Key technologies in the field of RES require new materials, many of which until recently had no or little use in this field. These critical raw materials, or critical materials, as they are called, have become a new tool for the world's energy and political transition. The paper presents the state of critical raw materials in the world, as well as Serbia's potential in this area

Кључне речи (Dodatno) - critical raw materials, energy transition, Serbia

Energetsko označavanje i zahtevi za ekodizajn pametnih telefona i tableta

Energy labelling and ecodesign requirements of smartphones and tablets

Minja Velemir Radović*, Dušan Gordić, Danijela Nikolić, Mladen Josijević

* Faculty of engineering University of Kragujevac, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac

Rezime - Suočeni sa rastućim ekološkim izazovima i povećanom potrošnjom energije elektronskih uređaja, efikasno energetsko označavanje i prakse ekodizajna postaju ključne u industriji pametnih telefona i tableta. Ovaj rad istražuje trenutno stanje zahteva za energetskim označavanjem i ekodizajnom za pametne telefone i tablete, naglašavajući njihov uticaj na energetsku efikasnost i održivost životne sredine. Autori analiziraju postojeće propise, standarde i šeme označavanja, uključujući Direktivu o energetskom označavanju Evropske unije, kao i međunarodne inicijative za promociju praksi ekološki prihvatljivog dizajna. Studija takođe razmatra izazove i mogućnosti povezane sa primenom ovih zahteva, uzimajući u obzir tehnološki napredak i tržišne trendove. Kroz analizu studija slučaja vodećih proizvođača i njihovih strategija usklađivanja, rad pruža uvide u najbolje prakse za smanjenje potrošnje energije i unapređenje ekoloških performansi mobilnih uređaja. Nalazi imaju za cilj da ponude sveobuhvatno razumevanje kako energetsko označavanje i ekodizajn mogu doprineti održivijoj industriji elektronike, uz preporuke za kreatore politika, proizvođače i potrošače u podršci ovim ciljevima.

Ključne reči - pametni telefoni, tableti, energetsko označavanje, energetska efikasnost, održivost životne sredine

Abstract - In the face of growing environmental concerns and the increasing energy consumption of electronic devices, adequate energy labelling and eco-design practices have become critical in the smartphone and tablet industries. This paper examines the current state of energy labelling and ecodesigning requirements for smartphones and tablets, highlighting their impact on energy efficiency and environmental sustainability. The authors analyze existing regulations, standards, and labeling schemes, including the European Union's Energy Labeling Directive and international efforts to promote eco-friendly design practices. The study also explores the challenges and opportunities associated with implementing these requirements, considering technological advancements and market trends. By evaluating case studies of leading manufacturers and their compliance strategies, the paper offers insights into best practices for reducing energy consumption and enhancing the environmental performance of mobile devices. The findings provide a comprehensive understanding of how energy labelling and ecodesigning can contribute to a more sustainable electronic industry and offer recommendations for policymakers, manufacturers, and consumers to support these goals.

Index Terms - Smartphones, tablets, energy labelling, energy efficiency, environmental sustainability

Mogućnosti za dekarbonizaciju cementne industrije primenom biomase

Possibilities of cement industry decarbonization using biomass

Filip Nastić, Vladimir Vukašinović, Davor Končalović, Mladen Josijević, Dušan Gordić, Dubravka Živković

Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, Sestre Janjić 6, 34000 Kragujevac

Rezime – Integracija obnovljivih izvora energije u finalnom energetsom miksu je postao narativ usled aktuelnih ekoloških problema, kao što su globalno zagrevanje, zagađenje vazduha, zavisnost od fosilnih goriva i drugi. Takođe je poznato da je industrija, zbog dosadašnjeg intenzivnog korišćenja fosilnih goriva, imala značajan uticaj na nastanak, razvoj i održanje ovih problema. Shodno tome, veliki broj istraživača je dalo svoj doprinos u oblasti primene obnovljivih izvora energije u industriji. Diverzitet obnovljivih izvora energije koji se mogu koristiti u industriji uslovljen je radnom temperaturom koja u najvećem broju slučajeva dostiže i vrednosti od 1000°C. Jedan od obnovljivih izvora energije koji može postići ove radne temperature je biomasa. Ovaj rad pruža pregled trenutnih tehnologija primene biomase u cementnoj industriji, razmatra mogućnosti njihove primene u Republici Srbiji i analizira benefite koji se njima postižu.

Ključne reči – Dekarbonizacija, Biomasa, Cementna industrija

Abstract - The integration of renewable energy sources in the final energy mix has become a narrative due to current environmental problems, such as global warming, air pollution, dependence on fossil fuels, and others. Due to the intensive use of fossil fuels so far, it is also known that the industry had a significant impact on the emergence, development, and maintenance of these problems. Accordingly, a large number of researchers have contributed to the field of application of renewable energy sources in industry. The diversity of renewable energy sources that can be used in industry is conditioned by the operating temperature, which in most cases reaches values of 1000°C. One of the renewable energy sources that can achieve these operating temperatures is biomass. This paper provides an overview of the current technologies of biomass application in the cement industry, considers the possibilities of their application in the Republic of Serbia, and analyzes the benefits that are achieved by them.

Index Terms – Decarbonization, Biomass, Cement industry

Eksperimentalno istraživanje ekoloških pokazatelja i procesa sagorevanja dizel motora za slučaj primene biodizela i bioetanola

Experimental research of environmental indicators and combustion processes of diesel engines for the case of application of biodiesel and bioethanol

Željko Đurić¹, Vladimir Vukašinović², Dušan Gordić², Ivan Grujić², Nadica Stojanović²

¹ Faculty of Mechanical Engineering Banja Luka, V. Stepe Stepanovic 71, 78000 Banja Luka, BiH

² University of Kragujevac, Faculty of Engineering, Sestre Janjic 6, 34000, Kragujevac, Serbia

Rezime - Biogoriva imaju sve veći značaj, jer ne utiču na bilans ugljen-dioksida (CO₂). Biodizel i bioethanol se smatraju gorivima budućnosti zbog pozitivnih efekata njihove primene sa ekološkog aspekta. U radu su prikazani rezultati eksperimentalnih istraživanja ekoloških pokazatelja i procesa sagorevanja dizel motora za slučaj primene biodizela i bioetanola kao alternativnih goriva. Cilj istraživanja je poređenje koncentracija štetnih gasovitih produkata sagorevanja u emisiji izduvnih gasova dizel motora, za slučaj primene konvencionalnog dizel goriva, biodizela ili bioetanola. Za potrebe istraživanja korišćen je modifikovan eksperimentalni dizel motor, kako bi se u istom motoru mogli realizovati dizel i oto ciklus. Tokom sagorevanja dizel goriva ili biodizela motor radi po dizel ciklusu, a tokom sagorevanja bioetanola motor radi po oto ciklusu. U radu su prikazani rezultati za 75% i 100 % opterećenja. Na osnovu dobijenih rezultata može se zaključiti da se pun potencijal biodizela i bioetanola, u pogledu smanjenja štetne emisije gasovitih produkata sagorevanja, ne može iskoristiti ako se ova biogoriva koriste kao čista goriva, već ih je bolje koristiti kao aditive za konvencionalna goriva.

Ključne reči - biogoriva, biodizel, bioethanol, ekološke karakteristike, sagorevanje

Abstract - Biofuels are of increasing importance, because they do not affect the carbon dioxide (CO₂) balance. Biodiesel and bioethanol are considered fuels of the future, because of their positive influence in terms of the environment. The paper presents the results of experimental research on environmental indicators and the combustion processes in a diesel engine when using biodiesel and bioethanol as alternative fuels. The aim of the research is to compare the concentrations of harmful gaseous products of combustion in the emission of diesel engine exhaust gases, for the cases when conventional diesel fuel, biodiesel or bioethanol is used. A modified experimental IC engine was used for the purpose of this research in order to realize both a diesel and an otto cycle in the same engine. During the combustion of diesel fuel or biodiesel, the engine works according to the diesel cycle, and during the combustion of bioethanol, the engine works according to the otto cycle. This paper presents the results for two loads, 75% and 100%. The results lead to a conclusion that the full potential of biodiesel and bioethanol, in terms of reducing harmful emissions of gaseous combustion products, cannot be used if these biofuels are used as pure fuels, but it is better to use them as additives for conventional fuels.

Index Terms - biofuels, biodiesel, bioethanol, ecological characteristics, combustion

Ekološki efekti primjene biodizela dobijenog od sjemenki grožđa u voznom parku dostavnih vozila

Ecological effects of using biodiesel obtained from grape seeds in the fleet of delivery vehicles

Marko Lučić*, Vladimir Vukašinović**, Dušan Gordić**, Ivan Grujić**

* Mašinski fakultet Univerziteta Crne Gore, Univerzitet Crne Gore

** Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu, Univerzitet u Kragujevcu

Rezime - Ekološki aspekti i održivost postaju sve važniji u transportnoj industriji, što nameće potrebu za pronalaženjem alternativnih goriva koja će doprinijeti smanjenju emisija gasova staklene bašte. Biodizel proizveden od nusproizvoda prehrambene industrije, kao što su sjemenke grožđa, predstavlja održivo rješenje koje omogućava smanjenje otpada i istovremeno doprinosi energetske tranziciji. Upotrebom biodizela od sjemenki grožđa podržavaju se principi cirkularne ekonomije. U ovom radu analiziran je ekološki potencijal korišćenja biodizela dobijenog iz sjemenki grožđa kao alternativnog goriva u voznom parku dostavnih vozila. Za analizu izduvne emisije koja potiče od voznog parka dostavnih vozila korišćen je softver COPERT koji je prvenstveno namijenjen za proračun zagađivača vazduha od drumskog saobraćaja. Rezultati dobijeni ovim istraživanjem ukazuju na ekološki potencijal implementacije biodizela dobijenog od sjemenki grožđa kao pogonskog goriva dostavnih vozila.

Ključne reči - biodizel, alternativna goriva, izduvna emisija, vozni park

Abstract - Environmental aspects and sustainability are becoming increasingly important in the transport industry, which imposes the need to find alternative fuels that will contribute to the reduction of greenhouse gas emissions. Biodiesel produced from by-products of the food industry, such as grape seeds, is a sustainable solution that allows for waste reduction and at the same time contributes to the energy transition. The use of grape seed biodiesel supports the principles of the circular economy. This paper analyzes the environmental potential of using grape seed biodiesel as an alternative fuel in the delivery vehicle fleet. The COPERT software, which is primarily intended for the calculation of air pollutants from road traffic, was used to analyze exhaust emissions from the delivery vehicle fleet. The results obtained from this research indicate the environmental potential of implementing biodiesel derived from grape seeds as a fuel for delivery vehicles.

Index Terms - biodiesel, alternative fuels, exhaust emission, vehicle fleet

Analiza voznog parka i predlog korišćenja električnih vozila u Elektrodistibuciji Sombor

Analysis of the vehicle fleet and proposal for the use of electric vehicles in Elektrodistibucija Sombor

Aleksandar Stolić*, Nebojša Berić*, Marko Filakov*

* Elektrodistibucija Srbije d.o.o. Beograd, Ogranak ED Sombor, Srbija

Rezime - Na tržištu se pojavljuju sve više električnih i hibridnih i automobila. Elektrodistibucija Srbije kao korisnik velikog broja putničkih i teretnih vozila je i zagađivač okoline što se tiče transporta svojih radnika i materijala.

Za poslove dežurnih ekipa i održavanje distributivnih elemenata je veoma teško naći odgovarajuća specijalizovana vozila. Nabavljaju se vozila opšte namene (putnička i teretna) koja se zatim prepravljaju da bi se prilagodila elektrodistibutivnim potrebama (sigurnosne mreže za odvajanje prostora kabine od tovarnog dela, vitla-čerkra za samoizvlačenje, nosača za moneterske lestve, radio stanice i dr). U radu je napravljena analiza postojećeg stanja voznog parka jednog ogranaka Elektrodistibucije Srbije. Analizirani su postojeći troškovi održavanja vozila koja troše različita pogonska goriva, njihove cene i isplativost korišćenja. Prezentovane analize pokazuju kako da se smanje troškovi, potrošnja goriva, a u cilju donošenja pravih odluka u pravcu daljeg razvoja voznog parka.

U skladu sa ekološkim trendovima Elektrodistibucija Srbije mora razmotriti mogućnosti korišćenja električnih vozila i koristiti ih u svom radu. Ukratko je prikazan dosadašnji razvoj i podela električnih vozila, karakteristike više električnih vozila, mane i prednosti i mogućnosti njihovog korišćenja u distributivnoj delatnosti. Upoređene su karakteristike električnih vozila sa vozilima na fosilna goriva. Analizirani su troškovi nabavke električnih i drugih vozila i troškovi održavanja tokom pet godina. Pored ekološkog razmatran je i finansijski deo. Dat je predlog za Elektrodistibuciju Sombor promene korišćenja goriva i nabavke novih električnih vozila u narednom periodu, a da se ne povećaju postojeći troškovi voznog parka i da se smanji zagađivanje okoline.

Ključne reči - Monetersko vozilo, hibridno vozilo, električno vozilo

Abstract - More and more electric and hybrid cars are appearing on the market. Elektrodistibucija Srbije, as the user of a large number of passenger and freight vehicles, is also a polluter of the environment in terms of the transport of its workers and materials.

It is very difficult to find suitable specialized vehicles for duty crews and maintenance of distribution elements. General-purpose vehicles (passenger and cargo) are acquired, which are then modified to adapt to electrical distribution needs (safety nets for separating the cabin space from the cargo area, self-extracting winches, supports for assembly ladders, radio stations, etc.). In the paper, an analysis of the current state of the rolling stock of one branch of Elektrodistibucija Srbije was made. The existing maintenance costs of vehicles that use different fuels, their prices and profitability of use were analyzed. The presented analyzes show how to reduce costs, fuel consumption, and in order to make the right decisions in the direction of further development of the vehicle fleet.

In accordance with ecological trends, the Electric Distribution of Serbia must consider the possibilities of using electric vehicles and use them in its work. The current development and distribution of electric vehicles, the characteristics of several electric vehicles, their disadvantages and advantages, and the possibilities of their use in the distribution industry are briefly presented. The characteristics of electric vehicles were compared with fossil fuel vehicles. The costs of purchasing electric and other vehicles and maintenance costs over five years were analyzed. In addition to the environmental aspect, the financial aspect was also considered. A proposal was made for Elektrodistibucija Sombor to change the use of fuel and purchase new electric vehicles in the coming period, without increasing the existing costs of the vehicle fleet and reducing environmental pollution.

Index Terms - Assembly vehicle, hybrid vehicle, electric vehicle

Optimizacija konstruktivnih parametara komponenti vodnih hidrauličkih sistema - razvoj obnovljivih izvora energije

Optimization of construction parameters of components of water hydraulic systems - development of renewable energy sources

Nenad Todić, Slobodan Savić, Dušan Gordić, 2 Živojin Stamenković, Vanja Šušteršić

Fakultet inženjerskih nauka Kragujevac, Masinski fakultet u Nišu

Rezime - Razvoj obnovljivih izvora energije postao je ključni element globalne strategije za smanjenje emisije štetnih gasova i borbu protiv klimatskih promena. Među različitim vrstama obnovljivih izvora, vodna energija zauzima značajno mesto, jer omogućava dugoročnu proizvodnju energije uz minimalne ekološke posledice. S obzirom na sve veće zahteve za održivim razvojem i efikasnijim korišćenjem prirodnih resursa, od velike je važnosti unaprediti dizajn i optimizaciju komponenti vodnih hidrauličkih sistema, kako bi se postigla veća efikasnost i smanjili troškovi. Cilj upotrebe vode umesto mineralnog ulja kao hidrauličkog prenosnog medija je prenos energije, snage i resursa na održiv način, u obimu koji ne ugrožava životnu sredinu. Zbog stalnog porasta zahteva ljudskog društva o zaštiti životne sredine, održivom razvoju i bezbednosti proizvodnje, hidraulički prenos snage vodom je privukao pažnju kao tehnologija koju je potrebno obnoviti i modernizovati. Vodna hidraulika postaje jedna od najbitnijih oblasti istraživanja u polju prenosa snage i energije fluidom zbog svojih izuzetnih karakteristika u radu, čistoće i uštede energije. Jedan od ključnih faktora u ovom procesu jeste optimizacija konstruktivnih parametara komponenti vodnih hidrauličkih sistema, kao što su pumpe, turbinske jedinice, rezervoari, cevovodi, regulatori protoka. Pravilno projektovanje i precizno podešavanje ovih elemenata može značajno doprineti povećanju energetske efikasnosti, smanjenju operativnih troškova i produženju životnog veka sistema. Ovaj rad će se fokusirati na metodologiju optimizacije konstruktivnih parametara komponenti vodnih hidrauličkih sistema, s posebnim naglaskom na primenu savremenih tehnoloških rešenja i računarskih metoda, koje omogućavaju precizno modeliranje i analizu hidrauličkih i mehaničkih karakteristika sistema. Takođe, biće razmatrane mogućnosti za integraciju novih tehnologija koje mogu doprineti većem udelu obnovljivih izvora energije u globalnoj energetskej potrošnji. Analizirane su aktuelne tehnike optimizacije u oblasti vodnih hidrauličkih sistema, kao i potencijali za unapređenje njihove efikasnosti i održivosti u kontekstu energetske tranzicije.

Ključne reči - Optimizacija, parametri, vodna hidraulika, obnovljivi izvori energije, metodologija

Rezime (Dodatno) - The development of renewable energy sources has become a key element of the global strategy for reducing emissions of harmful gases and combating climate change. Among different types of renewable sources, water energy occupies an important place, because it enables long-term energy production with minimal environmental consequences. Considering the growing demands for sustainable development and more efficient use of natural resources, it is essential to improve the design and optimization of water hydropower system components, in order to achieve greater efficiency and reduce costs. The goal of using water as a hydraulic transmission medium instead of mineral oils is to transfer energy, power and resources in a sustainable manner, to the extent that does not endanger the environment. Due to the ever-increasing demands of human society for environmental protection, sustainable development and production safety, water-based hydraulic power transmission has attracted attention as a technology that needs to be renewed and modernized. Water hydraulics is becoming one of the most important areas of research in the field of fluid power and energy transmission due to its exceptional characteristics in operation, cleanliness and energy saving. One of the key factors in this process is optimization of the structural parameters of the components of water hydraulic systems, such as pumps, turbine units, tanks, pipelines, flow regulators. Proper design and precise adjustment of these elements can significantly contribute to increasing energy efficiency, reducing operating costs and extending the lifespan of the system. This paper focuses on the methodology for optimization of the structural parameters of the components of water hydraulic systems, with a special emphasis on the application of modern technological solutions and computer methods which enable precise modeling and analysis of hydraulic and mechanical characteristics of the system. Possibilities to integrate new technologies that can contribute to a greater share of renewable energy sources in global energy consumption are also considered. Furthermore, current optimization techniques in the field of water hydraulic systems are analyzed, as well as the potential for improving their efficiency and sustainability in the context of the energy transition.

Ključne reči (Dodatno) - Optimization, parameters, water hydraulics, renewable energy sources, methodology

Potencijal biogasnih elektrana, i biometan kao moguća zamena za prirodan gas

The potential of biogas power plants, and biomethane as a possible substitute for natural gas

Milica Dukić, Milica Repac, Nataša Savić

Electroconsult doo

Rezime – Razvoj biogasnih elektrana, odnosno sam sektor biogasa, u Srbiji počeo je 2009. godine propisivanjem mera od strane Vlade Republike Srbije za otkup električne energije proizvedene iz biogasa. Ubrzo posle donošenja ovih mera, počela je izgradnja prvih biogasnih postrojenja. U Srbiji trenutno radi 39 elektrana sa ukupnom instalisanom snagom oko 39MW, dok je još 79 postrojenja u procesu izgradnje. Potencijal biogasa je veliki, samim tim što je 65 odsto teritorije Srbije poljoprivredno zemljište. Svi ostaci iz poljoprivrede, pre svega žetveni ostaci i stajnjak, su odlična sirovina za dobijanje biogasa. Biogas je mešavina gasova koja se sastoji od metana, ugljen-dioksida i drugih gasova u tragovima. Kada je reč o biometanu, on se dobija prečišćavanjem biogasa do nivoa metana. U ovom radu bavićemo se mogućnostima biogasnih elektrana, njihovim uticajem na životnu sredinu, kao i biometanom kao mogućnom zamenom za prirodan gas.

Ključne reči – biogasna elektrana, biogas, biometan

Abstract – The biogas power plants development, and the biogas sector itself, in Serbia had started in 2009 with Government implementation of predefined rules and regulations for repurchase of electrical energy produced from biogas. Soon after the enactment of these regulations, the construction of the first biogas power plants have began. There are currently 39 power plants operating in Serbia with total installed power around 39 MW, whereas the remaining 79 power plants are in construction process. The potential of biogas is huge, due to the fact that 65 percent of Serbia's territory is agricultural land. All that remains from agriculture lands, mostly harvest remains and compost, are great raw materials for biogas production. Biogas is the gas mixture that contains of methane, carbon dioxide and other gases in smaller percentages. Biomethane is obtained by purification of biogas to the level of methane. This paper will deal with the possibilities of biogas power plants, their affects on the environment, as well as biomethane as a possible substitute for natural gas.

Index Terms – biogas power plant, biogas, biomethane

Zelena i injektirana energija na prenosnoj mreži Srbije u procesu dekarbonizacije

The green and injected energy on serbia's transmission network in the decarbonization process

Vladimir Grujić,

Elektromreža Srbije ad, Beograd, Republika Srbija

Rezime - Svedoci smo sve većeg uticaja Obnovljivih izvora energije takozvane zelene-ekološke energije u energetske sistemima u Svetu i Evropi. Republika Srbija takođe prati „Zelenu povelju“ a viziju o dekarbonizaciji i klima neutralnosti sprovodi kompanija "Elektromreža Srbije ad", Operator prenosnog sistema. U radu će biti obrađen trend uvećanja proizvodnje električne energije iz OIE sa aspekta vetro generatora, energije injektirane iz ODS kao i vraćanje energije u mrežu prilikom kočenja u železnici Srbije. U "Izveštaju o protocima" električne energije na prenosnoj mreži Srbije može se videti rast OIE koji sve više utiče na Energetski portfolio Srbije. Energetska efikasnost Srbije upravo se povećava iz OIE i smanjenjem karbon proizvodnje tzv. „prljavih izvora“ energije.

Ključne reči : OIE-Obnovljivi izvori energije, ODS-operator distributivnog sistema, TSO-operator prenosnog sistema, Izveštaj o protocima, Energetski portfolio Srbije

Abstract - We are witnessing the growing influence of renewable energy sources, the green-ecological energy, in energy systems in the World and Europe. The Republic of Serbia also follows the "Green Charter" and the vision of decarbonization and climate neutrality is implemented by the company "Elektromreza Srbije a.d.", Transmission System Operator. The paper will deal with the trend of increasing the production of electrical energy from renewable energy sources from the aspect of wind generators, energy injected from DSO as well as the return of energy to the network during braking in the Serbian railways. In the "Report on flows" of electricity on the transmission network of Serbia, you can see the growth of RES, which is increasingly affecting the Energy Portfolio of Serbia. The energy efficiency of Serbia is increasing from RES and by reducing the carbon production of the so-called "dirty sources" of energy.

Key words : RES-renewable energy sources, DSO-distribution system operator, TSO-transmission system operator, Report of flows, Energy Portfolio of Serbia

Nova realnost i nova optimalnost energetske i klimatske politke Republike Srbije

New reality and optimality of Serbian energy and climate policy

Ilija Batas Bjelić, Nikola Rajaković

Institut tehnickih nauka SANU, Univerzitet u Beogradu, Elektrotehnički fakultet

Rezime - Upravljanje razvojem energetike danas je složen proces sa jako omeđenim manevarskim prostorom za nalaženje optimalnih rešenja. Na ta rešenja utiču i klimatske promene, prirodni energetske resursi, raspoložive tehnologije, ekonomska profitabilnost projekata ali i ciljevi postavljeni na putu dekarbonizacije energetike. Potrebno je u skladu sa novom realnoscu postaviti optimizacioni zadatak unutar integralne energetike i sagledati novu optimalnost. Kriticki osvrt na postojeće dokumente energetske i klimatske politike treba da bude osnova za uporedjivanje sa optimalnim scenarijima.

Ključne reči - integralna energetika, klimatsko energetske plan, upravljanje, optimizacija

Rezime (Dodatno) - Governance of energy development today is a complex process with very limited room for maneuver for finding optimal solutions. These solutions are influenced by climate change, natural energy resources, available technologies, economic profitability of projects, but also the goals set in the path of energy decarbonization. In accordance with the new reality, it is necessary to set an optimization task within integral energy system (electricity, heat, transport, industry) and to look at the new optimality. A critical review of existing energy and climate policy documents should be the basis for comparison with optimal scenarios.

Ključne reči (Dodatno) - energy system, climate energy plans, governance, optimization

Additional measures for a green transition within the energy strategy

Dodatne mjere za zelenu tranziciju unutar energetske strategije

Zinaida Dimitrijević

JP elektroprivreda BiH d.d. Sarajevo

Rezime - Like the majority of Western Balkan countries, Bosnia and Herzegovina has landfills of flying ash and slag from its thermal power plants. Material disposed of in landfills near the thermal power plants is not waste and can be efficiently used in the civil construction industry. without any harm to the environment. The significant damage to the environment is made by laying on the landfills' ground because particles are carried by the wind and underground water is polluted by different chemicals gained from the ash and slag. Of course, some of the preconditions have to be met. Environmental protection is achieved by using flying ash and slag, additional income could be made for the thermal power plants, and the costs of the civil construction industry could be decreased. Also, and this is quite important, the cement and concrete industry's CO2 emissions could be decreased, which is a win-win situation for both industries. The extraction of raw materials from nature could also be reduced. So, the quiet benefits could come from the reuse of fly ash and slag, but legislation like in the EU has to be implemented, and the investments have to follow the legislation.

Ključne reči - reuse of fly ash and slag; thermal power plants; landfills

Rezime (Dodatno) - Kao i većina zemalja Zapadnog Balkana, Bosna i Hercegovina ima deponije letećeg pepela i šljake iz svojih termoelektrana. Materijal koji se odlaže na odlagališta u blizini termoelektrana nije otpad i može se učinkovito koristiti u građevinarstvu. bez ikakve štete po okolinu. Značajna šteta za okolinu nastaje odlaganjem na tlu odlagališta jer se čestice prenose vjetrom, a podzemne vode zagađuju različite kemikalije dobivene iz pepela i šljake. Naravno, neki od preduslova moraju biti ispunjeni. Iskorištavanjem letećeg pepela i šljake postiže se zaštita okoliša, mogu se ostvariti dodatni prihodi za termoelektrane, a mogu se smanjiti troškovi građevinske industrije. Također, što je vrlo važno, mogle bi se smanjiti emisije CO2 industrije cementa i betona, što je dobitna situacija za obje industrije. Moglo bi se smanjiti i vađenje sirovina iz prirode. Dakle, značajna korist mogla bi doći od ponovne upotrebe letećeg pepela i šljake, ali zakonodavstvo kao u EU mora se provoditi, a ulaganja moraju slijediti zakonodavstvo.

Ključne reči (Dodatno) - ponovna upotreba pepela i šljake, termoelektrane; odlagališta

Integracija obnovljivih izvora energije u distributivne sisteme: izazovi, zakonodavna regulativa i uloga invertora

Stevan Rakočević^{1,2}, Martin Čalasan², Ivan Šaranović³

¹Elektroprivreda Crne Gore, AD Nikšić

²Elektrotehnički fakultet Podgorica, Univerzitet Crne Gore

³Crnogorski elektroprenosni sistem, AD Podgorica

Abstrakt - Ovaj rad bavi se savremenim distributivnim sistemima i izazovima u integraciji obnovljivih izvora energije (OIE) u elektroenergetske mreže. Poseban akcenat stavljen je na zakonodavnu regulativu u Crnoj Gori i globalne prakse u ovom kontekstu. Kroz analizu postojećih problema, kao što su varijabilnost proizvodnje OIE i stabilnost mreže, rad identifikuje ključne prepreke koje ometaju efikasnu integraciju. U tom smislu, istražuje se uloga naprednih tehnologija, posebno invertora, u unapređenju stabilnosti i fleksibilnosti elektroenergetskih sistema. Na kraju, rad demonstrira konkretan primer upotrebe invertora kao rešenja za poboljšanje integracije fotonaponskih sistema u distributivnoj mreži.

Ključne riječi: savremeni distributivni sistemi, obnovljivi izvori energije, zakonska regulativa, fotonaponski inverter.

Teorijska analiza lančanice određene kvadratnom i funkcijom kosinus hiperbolički

Theoretical Analysis of Catenary determined by Quadratic and Cosine Hyperbolic Function

Žarko Nestorović, Slobodan Stamenov, Dragan Marinović, Bojan Rakić, Goran. I. Jovanović, Petar Nikolić

EPS AD Beograd, Ogranak Đerdap, Kladovo

Rezime - definicija lančanice vezuje se za prevashodno za funkciju kosinus hiperbolički. U teoriji se smatra da funkcija kosinus hiperbolički predstavlja matematički izraz za položaj užeta (lanca) obešenog o dve fiksne tačke. Postoje i mišljenje da je stvarni položaj užeta obešenog o dve fiksne tačke u prostoru kriva koja se nalazi između funkcija kosinus hiperbolički i parabole. Kako je problematika povezana sa određivanjem položaja užeta u prostoru od značaja za projektovanje elektroenergetske prenosne mreže, predmet ovog istraživanja je isključivo teorijska analiza tačnosti navedene dve funkcije i njihovih razlika. Teorijska analiza zasniva se na tačnosti određivanja položaja lančanice u prostoru kada ulazni parametri sadrže odstupanja odnosno kada nisu tačno određeni. Ova situacija nastaje u praksi i predstavlja razliku između projektovanog i izvedenog položaja užadi. U ovom radu teorijski se razmatraju opcije različitih odstupanja odnosno osetljivosti funkcije kosinus hiperbolički i parabole na ulazne parametre. Za pojedine slučajeve korišćeni su i rezultati veštačke inteligencije kako bi se uporedili sa rezultatima dobijenim na klasičan način.

Ključne reči – odstupanje ulaznih parametara, prostiranje grešaka, analiza funkcije, OpenAI

Abstract - definition of catenary is predominantly related to the function of cosine hyperbolic. In the theory is stated that cosine hyperbolic describes the position of chain suspended from two points. There is opinion that the catenary is the curve positioned between the functions of cosine hyperbolic and the function of parabola. Bearing in mind that the issue of determining the position of the cable in space is of importance to the process of power lines design, the main topic of this research is theoretical analysis of mentioned two functions and their differences. Theoretical analysis is based on the accuracy of catenary determination in space when input parameters contain the differences i.e. when they are not accurately determined. In this research the different options of differences are considered i.e. the issue of sensitivity of functions cosine hyperbolic and parabola. In some case artificial intelligence was applied to compare its results obtained with classical methods.

Index Terms – deviation of input parameters, error propagation, anaalzsis of function, OpenAI

Modelovanje i optimizacija EES-a u PLEXOS-u: Od dispeča do dugotrajnog planiranja

Modelling and Optimization of the Power System in PLEXOS: From Dispatch to Long-Term Planning

Mina Dimić, Mila Drajić

Go2Power d.o.o, Beograd, Trg Nikole Pašića 9, Stari Grad

Rezime - Energetski sektor nalazi se u fazi intenzivne tranzicije, gde je neophodno prilagođavanje elektroenergetskog sistema kako bi se omogućila veća integracija obnovljivih izvora energije i smanjio ukupni ugljeni otisak. U tom kontekstu, PLEXOS se ističe kao moćan alat za modelovanje i optimizaciju elektroenergetskih sistema, omogućavajući sveobuhvatnu tehnno-ekonomsku analizu njihovog rada.

Cilj ovog rada je prikaz postupaka modelovanja osnovnih elemenata elektroenergetskog sistema u PLEXOS-u, uključujući proizvodne jedinice (termoelektrane na gas i ugalj, hidroelektrane, vetroelektrane, solarne elektrane), prenosne vodove i sisteme za skladištenje energije (baterije), kao i sagledavanje osnovnih postavki simulacija.

Kroz analizu kratkoročnih (short term – ST) simulacija rad istražuje kako PLEXOS optimizuje angažovanje proizvodnih jedinica sa ciljem minimizacije ukupnih troškova sistema. Optimizacija angažovanja doprinosi efikasnijem korišćenju resursa i smanjenju troškova proizvodnje električne energije.

Na kraju će biti prikazano na koji način dugoročne (long term – LT) simulacije omogućavaju analizu budućeg razvoja elektroenergetskog sistema. Ove simulacije uzimaju u obzir investicione odluke, ekonomske projekcije i strategije razvoja novih kapaciteta (vetroparkova, solarnih elektrana, baterijskih skladišta). Na osnovu rezultata LT simulacija, moguće je odrediti optimalne strategije izgradnje novih proizvodnih jedinica i infrastrukture, što omogućava donošenje dobro utemeljenih odluka o budućem razvoju energetskog sektora.

Kombinovanjem kratkoročnih i dugoročnih analiza, PLEXOS se pokazuje kao ključni alat za strateško planiranje i optimizaciju elektroenergetskih mreža, omogućavajući balansiranje troškova, pouzdanosti i održivosti energetskog sistema.

Ključne reči - PLEXOS, Modelovanje, Optimizacija, Planiranje, Obnovljivi izvori energije

Abstract - The energy sector is undergoing an intense transition, requiring the adaptation of the power system to enable greater integration of renewable energy sources and reduce the overall carbon footprint. In this context, PLEXOS stands out as a powerful tool for modelling and optimization of power networks, providing a comprehensive techno-economic analysis of system operation.

The paper presents the process of modelling the basic elements of the power system in PLEXOS, including generation units (gas and coal-fired power plants, hydroelectric plants, wind farms, and solar power plants), transmission lines, and energy storage (batteries), as well as the fundamental simulation settings.

Through the analysis of short-term (ST) simulations, the paper explores how PLEXOS optimizes generation dispatch to minimize the system's total costs. Dispatch optimization contributes to more efficient resource utilization and reduces electricity production costs.

Finally, the paper will demonstrate how long-term (LT) simulations enable the analysis of the future development of the power system. These simulations consider investment decisions, economic projections and strategies for the development of new capacities (wind farms, solar power plants, battery storage). Based on the results of LT simulations, it is possible to determine optimal strategies for constructing new generation units and infrastructure, allowing for sensible decisions regarding the future development of the energy sector.

By combining short-term and long-term analyses, PLEXOS proves to be a key tool for strategic planning and optimization of power networks, enabling a balance between cost, reliability, and sustainability of the power system.

Index Terms - PLEXOS, Modelling, Optimization, Planning, Renewable Energy Sources

Praktični primeri lančanice

Catenary in Practice

Žarko Nestorović, Slobodan Stamenov, Dragan Marinović, Bojan Rakić, Goran. I. Jovanović, Petar Nikolić

EPS AD Beograd, Ogranak Đerdap, Kladovo

Rezime – Lančanica je kriva koja opisuje oblik koji zauzima homogen, nerastegljivi lanac obešen o dve krajnje tačke. Ova kriva se u matematici opisuje funkcijom kosinus hiperbolički i naglašava se da se nikako ne može zameniti krivom koju opisuje kvadratna funkcija. U matematičkom smislu ova tvrdnja je istinita i ne može se opovrgnuti. Izvesna odstupanja koja nastaju u primenama lančanice pre svega su povezana sa odstupanjem realnih od matematičkih uslova. U nekim primenama, kao što su provodnici električne energije, ne može se garantovati važenje bilo koje od tri pretpostavke (homogenost, nerastegljivost i slobodno vešanje). Dodatni problem predstavljaju spoljni uticaji (vetar, padavine, temperatura) kao i promena struje u provodnicima. Navedeni uticaji udaljavaju provodnike električne energije od matematičke definicije lančanice pa time i od opisivanja njihovog oblika u prostoru funkcijom kosinus hiperbolički. Sledeći problem koji se pojavljuje u praksi jeste određivanje oblika električnog provodnika. Određivanje oblika užeta moguće je jedino obradom rezultata merenja. Problem sa merenjima je taj što ona sadrže neizbežne greške čiji se uticaji prostiru kroz proces obrade i dovode do greške tražene veličine. Na taj način u praksi se pojavljuje problem nesigurnosti određivanja oblika užeta koje provodi električnu energiju zbog uticaja spoljnih faktora i zbog grešaka merenja. U ovom radu prikazani su primeri određivanja oblika električnih provodnika i izvršena analiza njihovog oblika i uticaj grešaka merenja na oblik krive koji provodnici zauzimaju u prostoru.

Ključne reči – Lančanica, greške merenja, statistička analiza, kosinus hiperbolički, kvadratna funkcija

Abstract – The catenary is a curve shaped by the homogeneous inextensible chain hanged on the two fixed points. This shape is mathematically described as cosine hyperbolic function and it should not be replaced with curve described by quadratic function. In the mathematical sense this statement is true and can not be refuted. Certain deviations of catenary curve in its applications are caused by the deviations between mathematical and real conditions. In some applications, such as overhead power lines, it is not possible to expect that any of three assumptions are valid (homogeneity, inextensibility and free hanging). Additional problems are caused by the external influences (wind, precipitations, temperature) as well as the exchange of power stream through the power line. These influences might move away the overhead power lines from the catenary definition and consequently from the shape defined by cosine hyperbolic function. The next problem in practice related to the catenary is the shape determination of overhead power lines. The overhead power line's shape could only be determined by surveying and processing the obtained data. The main problem with the survey is that every data obtained contains inevitable measurement errors which are spreading through the process of calculation causing the error of the unknown's value. Following those ideas, in practice the uncertainty of the shape of the overhead power line's is appearing as a result of external conditions and measuring errors. In this paper the examples of overhead power lines' shape are presented and the analysis of measurements' errors influence.

Index Terms – Catenary, measurement errors, statistical analysis, cosine hyperbolic, quadratic function

Razmatranje slučaja ako snaga solarnih panela premašuje snagu potrošnje u niskonaponskoj mreži

Case consideration if solar panels power exceeds consumption in the low-voltage network

Siniša Spremić, Aleksandar Antonić

Elektro distribucija Srbije d.o.o. Beograd – DP Novi Sad, Bulevar oslobođenja 100, Novi Sad

Rezime - Tehnički gubici električne energije su gubici u distribuciji električne energije od transformatora do potrošača u elektrodistributivnoj opremi. Najveći deo gubitaka je u niskonaponskim nadzemnim vodovima. Solarni paneli ugrađeni kod potrošača mogu uticati na smanjenje gubitaka smanjenjem protoka električne struje, tj. električne energije kroz niskonaponske vodove do trenutka kad je snaga solarnih panela jednaka snazi potrošača. Daljim povećanjima snage solarnih panela dolazi do povećanja gubitaka. Dat je prikaz pretpostavljenog dnevnog dijagrama simetričnog opterećenja niskonaponskog voda sa proračunom gubitaka po satima bez uticaja solarnih panela te sa različitim stepenima uticaja solarnih panela bez skladištenja električne energije i primer sa skladištenjem električne energije. Uticaji solarnih panela bez i sa skladištenjem električne energije su takođe prikazani dnevnim dijagramom, kao i vrednosti napona na kraju niskonaponskog voda. U proračunu se za niskonaponski vod koristi ekvivalentni vod sa pola dužine i punim satnim opterećenjem. Razmatraju se mogući negativni uticaji ukoliko snaga solarnih panela prevazilazi potrošnju.

Ključne reči - Solarni panel, Skladištenje električne energije, Niskonaponski, Nadzemni vod, Opterećenje, Tehnički gubici

Abstract – Technical losses of electricity are losses in the distribution of electricity from transformers to consumers in electrical distribution equipment. Majority of the losses are in low-voltage overhead lines. Solar panels installed by consumers can affect the reduction of losses by reducing the flow of electric current, i.e. electricity through low-voltage lines until the moment when the power of the solar panels is equal to the power of the consumer. Further increases in the power of solar panels lead to an increase in losses. The presentation of the assumed daily diagram of the symmetrical load of the low-voltage line with the calculation of losses per hour without the influence of solar panels and with different degrees of influence of solar panels without electricity storage and example with electricity storage is given. The impacts of solar panels without and with electricity storage are also shown in a daily diagram, as well as the voltage values at the end of the low-voltage line. In the calculation, an equivalent line with half the length and full hourly load is used for the low-voltage line. Possible negative impacts are considered if the power of the solar panels exceeds the consumption.

Index Terms - Solar panel, Electricity storage, Low voltage, Overhead line, Load, Technical losses

Domaćinstva i energetska tranzicija u Republici Srbiji: Pravni okvir i stvarna praksa

Households and energy transition in the Republic of Serbia: Legislative frameworks and real practice

Aleksandar Madžarević*, Boban Pavlović*, Dušan Mojić, Dejan Ivezić*, Marija Živković ***

* Rudarsko-geološki fakultet, Univerzitet u Beogradu, Dušina 7, Beograd, Srbija

** Filozofski fakultet, Univerzitet u Beogradu, Čika Ljubina 18-20, Beograd, Srbija

Rezime - Domaćinstva su među ključnim akterima u procesu energetske tranzicije. Ovaj sektor ima najveći udeo u potrošnji finalne energije, pružajući veliku mogućnost za smanjenje energetske intenziteta, emisije zagađujućih materija i gasova sa efektom staklene bašte, prelazak na obnovljive izvore energije (OIE) i povećanje energetske samodovoljnosti. Ipak, proces tranzicije u domaćinstvima prati visok nivo neizvesnosti na putu napretka.

Stoga, ovaj rad ima za cilj da proširi bazu znanja o energetske tranziciji u domaćinstvima. Politički i zakonski okvir definišu okruženje energetske tranzicije i zbog toga su predstavljeni glavni politički i pravni dokumenti EU i Srbije koji se odnose na uloge domaćinstava u energetske sektoru.

Pored toga, da bi se pružio dublji uvid u energetske navike, ponašanja i stavove u sektoru domaćinstava u Srbiji, sprovedena je sveobuhvatna anketa domaćinstava. Rezultati identifikuju ključne pokretače i prepreke koje oblikuju potrošnju energije u domaćinstvu, pružajući čvrst okvir za donosiocima odluka i relevantne zainteresovane strane. Ovaj okvir olakšava razvoj strategija koje podstiču energetske tranziciju, uzimajući u obzir specifičan društveno-kulturni kontekst Srbije. U radu se naglašava važnost usklađivanja nacionalnih politika sa standardima EU i korišćenja pouzdanih i kredibilnih podataka na nivou domaćinstava za efikasno rešavanje energetske izazova.

Prikazani rezultati su deo istraživanja koje se sprovodi u okviru projekta „Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition – FF GreEN“ koji se realizuje sredstvima Fonda za nauku Republike Srbije (grant br. 4344).

Ključne reči – domaćinstva, energetska tranzicija, energetske navike, anketa, OIE, Republika Srbija

Abstract - Households are among the key players in the energy transition process. This sector accounts for the main share of final energy consumption, providing a great possibility for reduction of energy intensity, emissions of pollutants and GHG, a shift to renewable energy sources (RES), and an increase in energy self-sufficiency. Still, the transition process in households is followed by a high level of uncertainty along the progress path.

Therefore, this paper aims to extend a knowledge base about energy transition in households. The policy and legal framework define the energy transition environment, and therefore, the main policy and legal EU and Serbian documents related to the roles of households in the energy sector are presented.

In addition, to provide deeper insight into Serbian household sector energy habits, behaviors, and attitudes, a comprehensive household survey was conducted. The results identify key drivers and barriers that shape household energy consumption, providing a robust framework for decision-makers and relevant stakeholders. This framework facilitates the development of strategies that encourage the energy transition, taking into account Serbia's specific socio-cultural context. The paper emphasizes the importance of aligning national policies with EU standards and utilizing reliable and credible household-level data to address energy challenges effectively.

The presented results are part of the research supported by the Science Fund of the Republic of Serbia (#Grant No. 4344), Forward-Looking Framework for Accelerating Households' Green Energy Transition - FF GreEN.

Index Terms – households, energy transition, energy habits, survey, RES, Republic of Serbia

Through community energy to energy sobriety

Preko zajedničke energije do zajedničkog otrežnjenja

1 Davor Končalović, 2 Dubravka Živković, 1 Filip Nastić, 3 Ana Džokić, 3 Marc Neelen, 3 Nenad Maričić, 4 Chris Vrettos

1 Fakultet inženjerskih nauka, Univerzitet u Kragujevcu, 2 Institut za informacione tehnologije, Univerzitet u Kragujevcu, 3 Elektropionir, 4 Electra Energy

Rezime - This paper provides an overview of citizen energy initiatives gathered under the European federation of energy communities REScoop. The citizens' initiatives refer to energy cooperatives, energy communities and other forms of joint action. They all act through a wide range of modalities, from producing (and selling) electricity, protecting vulnerable groups through the donation of electricity, deep renovation, and car sharing, all the way to introducing the concept of energy sobriety. The paper ends with a review of the need for introducing some of the presented modalities of civic organization in the Republic of Serbia.

Ključne reči - energy transition, energy cooperatives, energy communities, community energy, energy poverty, energy sobriety

Rezime (Dodatno) - U ovom radu je dat pregled građanskih energetske inicijativa okupljenih pod evropskom krovnom zadružnom oorganizacijom REScoop. Delovanje građana se odnosi na građanske energetske zadruge, energetske zajednice i druge vidove udruženog delovanja, a kroz širok spektar modaliteta, od proizvodnje (i prodaje) električne energije, zaštite ugroženih grupacija kroz doniranje električne energije, preko izvođenja energetske sanacije, formiranja deljenih voznih parkova, pa sve do uvođenja koncepta energetske otrežnjenja (eng. energy sobriety). Rad se završava osvrtom na potrebe za uvođenjem pojedinih od prikazanih modaliteta građanskog organizovanja u Republici Srbiji.

Ključne reči (Dodatno) - energetska tranzicija, energetske zadruge, energetske zajednice, energetska siromaštvo, energetska otrežnjenje, građanska energija

Citizen awareness and energy culture as a guarantee of a sustainable energy transition: the world and Serbia

Gradanska svest i energetska kultura kao garancija održive energetske tranzicije: svet i Srbija

Petar Đukić

University of Belgrade

Rezime - The energy transition is without a doubt an ambitious project for managing global socio-economic and technological changes. The entire humanity today has become aware of great structural contradictions, of which the production and use of energy is one of the biggest challenges for the survival and future of life on the planet. Exploitation of natural resources, especially non-renewable energy sources and the consequent burning of fossil fuels has only one perspective - a scorched Planet without life. At this moment, the world is distracted by geopolitical turmoil, and it seems that it is not sufficiently organizationally ready or efficient in the project of global energy transition. In addition to political, administrative and institutional assumptions, which lag behind the needs, the energy transition more than anything else requires the social cooperation of citizens and local communities. Previous analyzes of the transition to a sustainable system of energy production and consumption, to the greatest extent possible, concerned technological energy systems or economic relations in which large companies, producers and consumers of energy equipment are involved, especially those concerning renewable sources of energy, energy efficiency, planning and strategic state strategies and action plans. The so-called "Green Agenda" has become something that, in one way or another, is spreading around the world like the Holy Scriptures. Only with the power of money and law, it encourages a new somewhat confused reality, which has more and more resistance. We should not forget that the enormous social power and money of the world still finds its justification, through investments to find new reserves and massive use of non-renewable energy sources. The oil and gas industry is not moving forward easily, and they are certainly finding ways to adapt to new conditions and money flows in accordance with the "green agenda". In addition to the greening of energy and industry in general, the business of "green washing" is developing almost unhindered. Meanwhile, global climate conferences are suppressing the concept and policy of sustainable development in a certain way. Climate summits are held every year in the fall, but in terms of content, they seem to be repeating themselves more and more. They are performed by both direct and indirect participants, through alternatives to political gatherings. However, it seems that there is no interest in coordinating the entire world on a global level. This is especially true for large energy-surplus powers such as Russia, or the world's largest economies, which include China and India. And while the mouths of the participants of the KOP conference are full of slogans about the radical halting of climate change through a rapid energy transition, financial incentives and allocations for the uniform process of reducing carbon-intensive production are less and less effective. About the so-called ecological sensibility, culture and people's awareness of the need to protect the environment, has been talked about in the world for more than half a century. Regarding sustainable development, as a new development paradigm, there is a well-founded practice of institutional evolution for more than three decades.

Ključne reči - ENERGY TRANSITION, CLIMATE ACTION, GLOBAL ENERGY COOPERATION, ENERGY CULTURE

Rezime (Dodatno) - Energetska tranzicija je van sumnje priopritetan projekat upravljanja globalnim društveno-ekonomskim i tehnološkim promena. Čitavo čovečanstvo današnjice postalo je svesno velikih strukturnih protivrečnosti, od kojih je proizvodnja i korišćenja energije jedan od najvećih izazova opstanka i budućnosti života na Planeti. Eksploatacije prirodnih resursa, naročito neobnovljivih izvora energije i posledičnog spaljivanja fosilnih goriva ima samo jednu perspektivu – sprženu Planetu bez života. U ovom trenutku, svet zabavljen geopolitičkim previranjima, i kao da nije dovoljno organizaciono spreman niti efikasan u projektu globalne energetske tranzicije. Pored političkih, administrativnih i institucionalnih pretpostavki, koje su u zaostatku u odnosu na potrebe, energetska tranzicija više od svega drugog zahteva socijalnu kooperaciju građana i lokalnih zajednica. Dosadašnje analize prelaska na održiv sistem energetske proizvodnje i potrošnje, u najvećoj mogućoj meri tičale su se tehnoloških energetske sistema ili pak ekonomskih relacija u koje su upletene velike kompanije, proizvođači i potrošači energetske opreme, posebno one koje se tiču obnovljivih izvora energije, energetske efikasnosti, planskih i strateških državnih strategija i akcionih planova. Tzv „Zelena agenda“ postala je nešto što se, na ovaj ili onaj način, širi svetom kao svojevremeno Sveto pismo. Samo snagom novca i zakona, ona podstiče jednu novu pomalo konfuznu stvarnost, koja ima sve više otpora. Ne treba zaboraviti da još uvek ogromna društvena moć i novac sveta nalaze svoje opravdanje, kroz ulaganja radi pronalaženja novih rezervi i masovnog korišćenja neobnovljivih izvora energije. Industrija nafte i gasa se ne predju lako, i sigurno nalaze načina da se prilagode novim uslovima i tokovima novca u skladu sa „zelenom agendom“. Pored s ozelenjavanjem energetike i industrije uopšte, gotovo neometano se razvija biznis „green washinga“. Za to vreme globalne

konferencije o klimi, na izvestan način potiskuju koncept i politiku održivog razvoja. Klimatski samiti održavaju se svake godine u jesen, ali sadržinski kao da se sve više ponavljaju. Na njima nastupaju, kako direktni, tako i indirektni učesnici, kroz alternative političkim skupovima. Međutim, kao da ponestaje interesa da se na globalnom nivou koordinira čitav svet. To posebno važi za velike energetske sile kao što je Rusija, ili najveće ekonomije sveta, u koje spadaju Kina i Indija. I dok su učesnicima KOP konferencija usta puna parola o radiklanom zaustavljanju klimatskih promena brzom tranzicijom energetike, novčane stimulacije i izdvajanja za ujednačeni proces smanjivanja ugljenično intenzivne proizvodnje, sve su manje efikasne. O tzv. ekološkom senzibilitetu, kulturi i svesti ljudi o potrebi zaštite životne sredine, u svetu govori se više od pola veka. O održivom razvoju, kao novoj razvojnoj paradigmi postoji utemeljena praksa institucionalne evolucije duže od tri decenije. Međutim, energetskej kulturi uopšte, kao delu građanske kulture i ponašanja, kao o širenju svesti o suštini i neophodnosti održive energetske tranzicije, još uvek se ne poklanja dovoljno pažnje, društvene energije, pa i investicija. Fundamentalno obrazovanje koje dominira većim delom sveta, još uvek ne sadrži dovoljno upotrebljivih i pojednostavljenih činjeničkih analiza i metodskih pristupa koji bi promovisali potrebu štednje energije, podizanja energetske efikasnosti, energetske kooperacije i kulture.

Ključne reči (Dodatno) - ENERGETSKA TRANZICIJA, AKCIJA ZA KLIMU, GLOBALA ENERGETSKA KOOPERACIJA, ENERGETSKA KULTURA

Energy Communities as a Legal Phenomenon: Key Characteristics of the Analytical Framework

Predrag Cvetković

University of Nis, Faculty of Law

Rezime - The goal of the paper is to define the framework, key issues, and fundamental rules on which the concept of energy communities in the legal system of the Republic of Serbia is based. Energy communities are a relative novelty in the legal system of the Republic of Serbia. The aforementioned legal framework recognizes two types of energy communities: the Renewable Energy Community by the Law on Renewable Energy; and the Citizens Energy Community by the latest amendments to the Energy Law. The first type is the institutional format of the activities of subjects in the sector of renewable energy sources, while the second is the framework for the production of electricity from other sources (not excluding the possibility of participation and activities in the sector of renewable energy sources). There are three basic characteristics of the abovementioned legal framework. The first feature is its multidimensionality. The regulatory framework of renewable energy sources in the Republic of Serbia is multidimensional and complex: system laws (Energy Law, Law on the Use of Renewable Energy Sources), by-laws as well as regulations of a technical nature governing the activity of transmission system operators and distribution system operators. Another characteristic of the legal framework on energy communities is its dynamism. The legal regime of both community formats is a novelty. Therefore its application will have challenges that need to be answered by the expected amendments to the legal framework in which the energy communities operate. The third characteristic of the legal regulation of energy communities is the importance of a multidisciplinary approach to the interpretation and application of legal norms forming this framework. Multidisciplinarity has a threefold impact on the process of application and interpretation of the legal framework of energy communities. First, technical norms are highly important, conditioned by the technological and physical characteristics of the energy sector. Secondly, energy communities are a manifestation of the democratization of energy and thus are a factor in democratization, which is viewed as a process. Thirdly, energy communities are based on a balance of actors' interests that differ in nature and goals. This balance is achieved through a multidisciplinary methodology of acquiring common accord among those interests.

Ključne reči - Renewable Energy Community; Citizens Energy Community; Law on the use of Renewable Energy Sources; Energy Law

Rezime (Dodatno) - Cilj rada je da se definišu okvir, ključna pitanja i osnovna pravna pravila na kojima se zasniva koncept energetske zajednice u pravnom sistemu Republike Srbije. Energetske zajednice su relativna novost u pravnom sistemu Republike Srbije. Navedeni pravni okvir prepoznaje dva tipa energetske zajednice: zajednicu obnovljivih izvora energije uređenu Zakonom o korišćenju obnovljivih izvora energije i energetske zajednicu građana uređenu poslednjim izmenama Zakona o energetici. Prva je institucionalni format aktivnosti subjekata u sektoru obnovljivih izvora energije, dok je druga okvir proizvodnje električne energije i iz drugih izvora (ne isključujući mogućnost učešća i aktivnosti u sektoru obnovljivih izvora energije). Tri su osnovne karakteristike navedenog pravnog okvira. Prva je multidimenzionalnost. Regulatorni okvir obnovljivih izvora energije u Republici Srbiji je višedimenzionalan i složen: istovremeno funkcionišu sistemski zakoni (Zakon o energetici, Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije), podzakonska akta kao i propisi tehničkog karaktera kojima se reguliše aktivnost operatora prenosnog sistema i operatora distributivnog sistema. Druga karakteristika pravnog okvira energetske zajednice je dinamičnost. Pravni režim oba formata zajednica je novina. Stoga će njegova primena imati izazove na koje će se odgovoriti očekivanim izmenama i noveliranjima pravnog okvira u kome navedene zajednice deluju. Treća karakteristika pravnog uređivanja energetske zajednice i zajednice obnovljivih izvora energije je značaj multidisciplinarnog pristupa tumačenju i primeni pravnih normi koje čine okvir tog uređivanja. Multidisciplinarnost se trojako reflektuje na proces primene i tumačenja pravnog okvira energetske zajednice. Prvo, postoji visok stepen značaja tehničkih normi uslovljen tehnološkim i fizičkim karakteristikama energetske zajednice. Drugo, energetske zajednice predstavljaju manifestaciju demokratizacije energetike te samim tim jesu činilac te demokratizacije. Treće, energetske zajednice su zasnovane na balansu interesa aktera koji se razlikuju po prirodi i ciljevima. Ovaj balans ostvaruje se kroz multidisciplinarnu metodologiju usklađivanja tih interesa.

Ključne reči (Dodatno) - Zajednica obnovljivih izvora energije; Energetske zajednice građana; Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije; Zakon o energetici.

Употреба алтернативних мера јавне политике за остварење циљева уштеда енергије: студија случаја из Србије

The use of alternative public policy measures to achieve energy saving goals: a case study from Serbia

Filip Blagojević, Aleksandar Macura, Jasminka Young
RES Foundation

Rezime - Према директиви Европског парламента 2023/1791 државе имају могућност примене два модела јавних политика, како би испунили циљеве уштеде енергије и смањења емисија CO₂ до 2030. године. Први модел је обавезујућа шема енергетске ефикасности док је други модел, модел алтернативних мера јавних политика. У овом раду је представљена анализа употребе алтернативних мера јавне политике за смањење потрошње енергије. Једна од метода која је у раду коришћена је студија случаја пројекта „Енергетска санација стамбених, више-породичних зграда прикључених на систем даљинског грејања – Јавни ESCO Пројекат“ из Републике Србије. Овај пројекат спроводи Министарство рударства и енергетике. За спровођење пројекта предвиђено је финансирање средствима из међународних донација и путем зајма Европске банке за обнову и развој. Циљ пројекта је смањење потрошње енергије путем енергетске санације зграда прикључених на систем даљинског грејања, у више локалних самоуправа у Србији. У раду је дат осврт на познате елементе процеса кроз који се ова мера нашла при врху мера које ће се финансирати зарад испуњења циљева уштеде енергије. Посебан осврт ће бити дат на аспекте правичности употребе јавних средстава у околностима када постоји већи избор различитих мера које могу допринети истом циљу. За овај осврт коришћени су јавно доступни описи овог пројекта. На основу познатих елемената оквира за спровођење пројекта дата је и оцена у погледу учинковитости предвиђених мера гледајући на зацртане циљеве. У раду се налази и анализа усаглашености познатих елемената овог пројекта и постојећег правног оквира за енергетску ефикасност у Републици Србији са препорукама за усаглашавање овог и сличних пројеката са тим правним оквиром. Ова анализа укључује аспекте везане за примену ESCO модела. Рад настоји да пружи детаљнији увид у оквире у којима се спроводе алтернативне мере јавних политика за смањење потрошње енергије у Републици Србији са посебним освртом на процесе избора мера и усаглашеност оквира за спровођење са законодавством у области енергетске ефикасности у Републици Србији.

Кључне речи - Јавне политике, енергетска ефикасност, ESCO, правичност, усаглашеност

Rezime (Dodatno) - According to the directive of the European Parliament 2023/1791, states have the possibility of applying two models of public policies, in order to meet the goals of saving energy and reducing CO₂ emissions by 2030. The first model is an energy efficiency obligation scheme, while the second model is a model of alternative public policy measures. This paper presents an analysis of the use of alternative public policy measures to reduce energy consumption. One of the methods used in the work is the case study of the project "Energy renovation of residential, multi-family buildings connected to the district heating system - Public ESCO Project" from the Republic of Serbia. This project is implemented by the Ministry of Mining and Energy. The implementation of the project is planned to be financed with funds from international donations and through a loan from the European Bank for Reconstruction and Development. The goal of the project is to reduce energy consumption through the energy rehabilitation of buildings connected to the district heating system in several local municipalities in Serbia. The paper gives an overview of the known elements of the process through which this measure found itself at the top of the measures that will be financed for the purpose of meeting energy saving goals. A special review will be given to the aspects of fairness in the use of public funds in circumstances where there is a greater variety of different measures that can contribute to the same goal. Publicly available descriptions of this project were used for this review. Based on the known elements of the framework for the implementation of the project, an assessment was given regarding the effectiveness of the planned measures, looking at the set goals. The paper also contains an analysis of the compliance of the known elements of this project and the existing legal framework for energy efficiency in the Republic of Serbia with recommendations for the compliance of this and similar projects with that legal framework. This analysis includes aspects related to the application of the ESCO model. The paper seeks to provide a more detailed insight into the frameworks in which alternative public policy measures are implemented to reduce energy consumption in the Republic of Serbia with special reference to the process of selection of measures and compliance of the implementation framework with legislation in the field of energy efficiency in the Republic of Serbia.

Кључне речи (Dodatno) - Public policies, energy efficiency, ESCO, fairness, compliance

Energetska budućnost gradova: Šta je važno iz ugla različitih zainteresovanih strana

The Energy Future of Cities: Perspectives from Different Stakeholders

Jelena Nikolić, Dušan Gordić, Vladimir Vukašinović, 2 Dubravka Živković, Davor Končalović, Mladen Josijević
Fakultet inženjerskih nauka, Univerziteta u Kragujevcu, 2 Institut za informacione tehnologije, Univerzitet u Kragujevcu,

Rezime - Kako se u gradovima koristi gotovo 65% ukupno proizvedene finalne energije u svetu, oni predstavljaju nosioce energetskih promena. Shodno tome, ovaj rad analizira uticaj nacrtu Strategije razvoja energetike Republike Srbije do 2040. godine sa projekcijama do 2050. godine na kreiranje lokalnih politika i postizanje klimatske neutralizacije u gradovima. Metodologija koja se zasniva na skaliranju nacionalne strategije na nivo grada, primenjena je na primeru grada Kragujevca. U okviru ovog istraživanja korišćena je multikriterijumska analiza za evaluaciju i rangiranje mera predloženih Strategijom, uz analizu mišljenja ključnih zainteresovanih strana iz relevantnih oblasti, uključujući lokalne vlasti, stručnjake iz relevantnih oblasti, predstavnike civilnog društva, privatni sektor i građane. Rezultati istraživanja doprinose boljem razumevanju uticaja nacionalnih dokumenata na oblikovanje lokalnih politika, uz identifikaciju ključnih faktora za uspešno ostvarivanje energetskih promena. Prikazani zaključci pružaju smernice za donošenje odluka koje su u skladu s lokalnim potrebama i prioritetima.

Ključne reči - energetska planiranje, energetske politike, gradovi, energetska tranzicija, MCDM

Rezime (Dodatno) - As cities consume nearly 65% of the total final energy produced globally, they represent key drivers of energy transitions. Accordingly, this paper analyzes the impact of the draft of Energy Sector Development of Republic of Serbia up to 2040 with projections up to 2050, on the creation of local policies and the achievement of climate neutrality in cities. The methodology, based on scaling the national strategy to the city level, was applied to the case study of the city of Kragujevac. This research utilized multi-criteria decision making to evaluate and rank the measures proposed by the Strategy, alongside an analysis of the opinions of key stakeholders from relevant fields, including local authorities, experts, representatives of civil society, the private sector, and citizens. The research findings contribute to a better understanding of the impact of national documents on shaping local policies, identifying key factors for the successful implementation of energy transitions. The presented conclusions provide guidelines for decision-making that align with local needs and priorities.

Ključne reči (Dodatno) - energy planning, energy policy, cities, energy transition, MCDM

Energetske zajednice u Srbiji I Evropi: Komparativna analiza regulatornih okvira

Energy Communities in Serbia and Europe: A Comparative Analysis of Regulatory Frameworks

Jelena Nikolic^{*}, Karl Sperling^{*}, Peter Sorkneas^{*}, Henk-Jan Kooij^{}, Martijn Gerritsen^{**}, Maja Louise Ørsted Clemmensen^{***}**

^{*} Aalborg University, Denmark

^{**} Radboud University Nijmegen, The Netherlands

^{***} EBO Consult A/S, Denmark

Rezime - Energetska tranzicija, koja podrazumeva napuštanje konvencionalnih oblika proizvodnje energije treba da bude sprovedena u skladu sa načelima pravednosti. U ovom procesu, energetske zajednice prepoznate su kao novi koncept koji omogućava građanima i lokalnim zajednicama da budu nosioci energetske promene. U ovom radu analizirani su regulatorni okviri koji definišu funkcionisanje energetske zajednice u Danskoj, Nizozemskoj, kao i u Srbiji. Cilj rada je sistematizacija ključnih sličnosti i razlika u zakonodavnim pristupima pomenutih zemalja, sa naglaskom na uticaje koji podstiču ili ograničavaju razvoj energetske zajednice. Analizirano je prilagođavanje evropskih regulativa u nacionalne okvire, uz poseban osvrt na prilagođavanje pravnog sistema Srbije evropskim praksama. Takođe, na osnovu primera dobre prakse, prikazane su preporuke kojima bi se omogućilo olakšano delovanje građana u procesu energetske tranzicije.

Ključne reči – energetske zajednice, energetska tranzicija, pravedna energetska tranzicija, energetske politike

Abstract - The energy transition involves a careful shift away from conventional energy production, guided by principles of equity and fairness. In this context, energy communities have emerged as a new model, enabling citizens and local communities to play a crucial role in driving energy change. This paper analyzes the regulatory frameworks that govern the functioning of energy communities in Denmark, the Netherlands, and Serbia. The goal is to identify key similarities and differences in the legislative approaches of these countries, highlighting factors that encourage or hinder the development of energy communities. The paper examines how European regulations are adapted into national frameworks, with a particular focus on aligning Serbia's legal system with European practices. Also, based on examples of best practices, the paper offers recommendations to enhance citizen participation in the energy transition process.

Index Terms – energy community, energy transition, just energy transition, energy policy

Električni putevi budućnosti: inovacije u održivoj saobraćajnoj infrastrukturi

Electric Roads of the Future: Innovations in Sustainable Traffic Infrastructure

Dejan Janjić, Branko Koprivica

WPT Energy doo, Fakultet tehničkih nauka u Čačku

Rezime - Električni putevi budućnosti predstavljaju revolucionarni korak u razvoju održive saobraćajne infrastrukture. Ovi putevi biće opremljeni solarnim panelima i vetrogeneratorima, čime će omogućiti kontinuirano punjenje električnih vozila u toku kretanja, dok generišu zelenu energiju. Solarni paneli će koristiti sunčevu svetlost za proizvodnju struje, dok će vetrogeneratori, postavljeni na strateškim lokacijama, doprinosti snabdevanju mreže dodatnim izvorima obnovljive energije. Razvoj bežičnog sistema za punjenje vozila u pokretu smanjuje potrebu za čestim stajanjima i poboljšava efikasnost saobraćaja. Ova infrastruktura koristi obnovljive izvore energije, smanjujući emisiju štetnih gasova i unapređujući ekološke aspekte saobraćaja. Takođe, električni putevi mogu doprineti smanjenju zavisnosti od fosilnih goriva i smanjenju emisije ugljen-dioksida. Ovaj rad istražuje tehničke aspekte razvoja električnih puteva, ekološke prednosti, kao i ekonomsku i socijalnu korist koju donosi implementacija ovih tehnologija. Međutim, razvoj ove infrastrukture suočava se sa izazovima kao što su visoki inicijalni troškovi, tehnička pitanja vezana za efikasnost bežičnog punjenja i potreba za međuvladinom saradnjom. Ipak, dugoročno gledano, električni putevi predstavljaju ključni element u prelasku na održivu mobilnost i mogu značajno doprineti globalnim ciljevima smanjenja emisije ugljen-dioksida.

Ključne reči - električni putevi, solarni paneli, vetrogeneratori, bežično punjenje, održiva mobilnost, obnovljivi izvori

Rezime (Dodatno) - The electric roads of the future represent a revolutionary step in the development of sustainable traffic infrastructure. These roads will be equipped with solar panels and wind turbines, enabling continuous charging of electric vehicles while in motion and generating green energy. Solar panels will harness sunlight to produce electricity, while wind turbines, strategically placed along the roads, will contribute additional renewable energy sources to the grid. The development of a wireless charging system for vehicles in motion eliminates the need for frequent stops, improving traffic efficiency. This infrastructure utilizes renewable energy sources, reducing harmful gas emissions and enhancing the ecological aspects of transportation. Furthermore, electric roads can contribute to reducing dependence on fossil fuels and lowering CO2 emissions. This paper explores the technical aspects of electric road development, ecological benefits, and the economic and social advantages brought by the implementation of these technologies. However, the development of this infrastructure faces challenges such as high initial costs, technical issues related to wireless charging efficiency, and the need for intergovernmental cooperation. Nonetheless, in the long term, electric roads represent a crucial element in the transition to sustainable mobility and can significantly contribute to global goals for reducing CO2 emissions.

Ključne reči (Dodatno) - electric roads, solar panels, wind turbines, wireless charging, sustainable mobility, renewable energy

IZAZOVI ZA ENERGETSKU TRANZICIJU POVEZANI SA DISTRIBUTIVNIM SISTEMOM I PREDLOZI ZA NJIHOVO PREVAZILAŽENJE

CHALLENGES FOR THE ENERGY TRANSITION RELATED TO THE DISTRIBUTION SYSTEM AND PROPOSALS FOR OVERCOMING THEM

Dunja Grujić*, Jelisaveta Krstivojević*, Jelena Stojković Terzić*

*Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Beogradu

Rezime - Neophodnost energetske tranzicije je očigledna u uslovima značajnog zagađenja životne sredine i globalnog zagrevanja, kojima svedočimo. U okviru ovog rada biće analizirani izazovi za sprovođenje energetske tranzicije u Republici Srbiji, koji su povezani sa distributivnim elektroenergetskim sistemom, pri čemu će biti dati i predlozi za njihovo prevazilaženje. Za energetske tranzicije, između ostalog, neophodan je stabilan distributivni elektroenergetski sistem i pouzdan operator distributivnog sistema. S obzirom na to, pre svega biće dat pregled trenutnog stanja operatora distributivnog sistema kao i samog distributivnog elektroenergetskog sistema kroz osvrt na tehničko stanje, regulativu, finansije, planove poslovanja i kapacitete za priključenje proizvodnih objekata iz obnovljivih izvora energije. Uvidom u trenutno stanje operatora i sistema biće utvrđeni izazovi i barijere za sprovođenje energetske tranzicije. Takođe, biće dati i predlozi za prevazilaženje uočenih izazova i barijera. U radu će posebno biti analizirane mogućnosti integracije proizvodnih objekata iz obnovljivih izvora energije u distributivni sistem. Različiti koncepti korišćenja obnovljivih izvora energije biće predstavljeni, kao i trenutni stepen njihove integracije u distributivni sistem. Identifikovaće se izazovi za povećanje kapaciteta proizvodnih objekata iz obnovljivih izvora energije priključenih na distributivni sistem i biće dati predlozi za njihovo prevazilaženje kroz predloge za unapređenje regulative, tehničkih rešenja priključenja na sistem, načina obračuna električne energije i dodatnih mogućnosti među kojima su agregacija, pomoćne usluge, redispečing i skladištenje električne energije.

Ključne reči - energetska tranzicija, distributivni sistem, obnovljivi izvori energije, fleksibilnost

Abstract - The necessity of the energy transition is obvious in the conditions of significant environmental pollution and global warming, which we are witnessing. This paper will analyse the challenges for the implementation of the energy transition related to the distribution power system and provide suggestions for overcoming them. For the energy transition, among other things, a stable distribution power system and a reliable distribution system operator are necessary. In this regard, an overview of the current state of the distribution system operator as well as the distribution power system itself will be given through a review of the technical condition, regulations, finances, business plans and capacities for connecting production facilities from renewable energy sources. By reviewing the current state of operators and systems, challenges and barriers to the implementation of the energy transition will be identified. Also, suggestions will be given for overcoming the perceived challenges and barriers. The paper will specifically analyse the possibilities of integrating production facilities from renewable energy sources into the distribution system. Different concepts of using renewable energy sources will be presented, as well as the current level of their integration into the distribution system. Challenges for increasing the capacity of production facilities from renewable energy sources connected to the distribution system will be identified and suggestions will be made for overcoming them through proposals for improving regulations, technical solutions for connecting to the system, methods of electricity billing and additional possibilities, including aggregation, auxiliary services, redispatching and storage of electricity.

Index Terms - energy transition, distribution system, renewable energy sources, flexibility

Изазови процедуре прикључења електрана на ДСЕЕ у РС

Challenges of the procedures for connecting RES to EDS in the RS

Обренко Чолић*, Биљана Јанковић*, Марија Кричак*

* Електродистрибуција Србије д.о.о. Београд

Rezime - Krajem 2024. godine Narodna skupština Republike Srbije donela je Izmene i dopuna Zakona o energetici. Zakon o energetici je pretrpeo veliki broj izmena, među kojima su najobimnije izmene koje se odnose na transponovanje četvrtog energetskog paketa propisa Evropske unije. Pored toga, značajno je izmenjena procedura priključenja elektrana na distributivni sistem električne energije, sa idejom da se proces unapredi, da postane efikasniji i transparentniji, sve u cilju nesmetane realizacije projekata proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije, u skladu sa strateškim ciljevima energetske politike Republike Srbije. Takođe, kroz prelazne i završne odredbe Izmene i dopuna Zakona o energetici zakonodavac je predvideo mere, koje su usmerene na ograničenja stečenih prava imaoцима издатих аката о прикључењу, као и на смањење неизвесности у погледу коначне реализације започетих пројеката, са циљем да у процесу прикључења остану реално одрживи пројекти оних инвеститора, који имају намеру да реализују пројекат до краја. У овом раду дат је опис актуелног процеса прикључења електрана на дистрибутивни систем електричне енергије у РС и указано је на критичне тачке тог процеса. Идентификовани су неки узроци, који су отежали поступање оператора дистрибутивног система. На основу досадашње примене предметне регулативе дати су предлози за унапређење процеса прикључења, првенствено у процедуралном и организационом смислу.

Ključne reči - Procedura priključenja elektrana, distribuirane elektrane, regulatorni okvir Republike Srbije

Abstract - At the end of 2024, the National Assembly of the Republic of Serbia adopted the Amendments to the Energy Law. The Energy Law has undergone a large number of changes, the most extensive of which are those related to the transposition of the Fourth Energy Package of European Union regulations. In addition, the procedure for connecting power plants to the electricity distribution system has been significantly changed, with the idea of improving the process, making it more efficient and transparent, all with the aim of ensuring the smooth implementation of projects for the production of electricity from renewable energy sources, in accordance with the strategic goals of the energy policy of the Republic of Serbia. Also, through the transitional and final provisions of the Amendments to the Energy Law, the legislator has envisaged measures aimed at limiting the acquired rights of holders of issued connection acts, as well as reducing uncertainty regarding the final implementation of initiated projects, with the aim of ensuring that the connection process remains realistically viable for those investors who intend to implement the project to the end. This paper describes the current process of connecting power plants to the electricity distribution system in the Republic of Serbia and points out the critical points of that process. Some causes have been identified that have made it difficult for distribution system operators to act. Based on the previous application of the relevant regulations, some proposals have been made for improving the connection process, primarily in procedural and organizational terms.

Index Terms - Power plant connection procedure, distributed power plants, regulatory framework of the Republic of Serbia

UTICAJ INTEGRACIJE KUPACA-PROIZVOĐAČA NA GUBITKE ELEKTRIČNE ENERGIJE I NASTALI IZAZOVI U ELEKTRODISTRIBUTIVNOM SISTEMU CRNE GORE

INFLUENCE OF THE PROSUMER INTEGRATION ON ELECTRICITY LOSSES AND ARISING CHALLENGES IN THE ELECTRICAL DISTRIBUTION SYSTEM OF MONTENEGRO

Milena Vukčević,

Jelena Gajović,

Dražan Jovanović

CEDIS d.o.o. Podgorica, Crna Gora

Rezime:

Decentralizovana proizvodnja električne energije omogućila je doskorašnjim potrošačima u elektrodistributivnom sistemu (EDS) Crne Gore da proizvode sopstvenu električnu energiju, smanjujući troškove i zavisnost od centralnih sistema, kao i da direktno daju doprinos dekarbonizaciji i očuvanju životne sredine. Pokretanjem nekoliko projekata namijenjenih zaštiti životne sredine i finansijskom podsticaju korisnika da na krovovima objekata ugrađuju solarni sistem i postanu kupci-proizvođači (KP), u Crnoj Gori je, u posljednje tri godine došlo do ekspanzije distribuirane proizvodnje.

Crna Gora, kao dominantno mediteranska zemlja, ima odličan potencijal za korišćenje solarne energije, pritom značajni pad cijene fotonaponskih sistema dodatno olakšava put ka omasovljenju primjene solarnih elektrana.

Međutim, s tehničke strane, postavlja se pitanje kako pojava kupaca-proizvođača (KP) i njihova proizvodnja utiču na tokove snaga, naponske prilike, a u krajnjem slučaju i na gubitke električne energije u EDS-u Crne Gore?

S obzirom na to da je elektroenergetski sistem Crne Gore, shodno nekadašnjim regulatornim okvirima projektovan kao pasivni sistem uvažavajući faktor jednovremenosti potrošnje svih potrošača određenog dijela mreže, pojavom KP značajno se mijenja karakteristika sistema i on postaje dominantno aktivan.

Crnogorski EDS se, zbog navedene ekspanzije distribuirane proizvodnje, našao pred brojnim izazovima, koji se pokušavaju prevazići u realnom vremenu. U ovom radu su dati osvrt i analiza kretanja gubitaka električne energije u EDS-u Crne Gore prije i nakon priključenja KP, kao i analiza naponskih prilika u području konzuma gdje je skoncentrisan najveći broj priključenih KP.

Ključne riječi - Električna energija – Gubici – Kupac-proizvođač – OIE – Fotonaponski sistem

Abstract:

The decentralized electricity production has enabled consumers in the electricity distribution system of Montenegro to produce their own electricity, reducing costs and dependence on central systems, as well as to directly contribute to decarbonization and environmental protection. By launching several projects intended for environmental protection and financial incentives for users to install photovoltaic systems on the roofs of buildings and become prosumers, there has been an expansion of distributed generation in Montenegro in the last three years.

Montenegro, as a predominantly Mediterranean country, has excellent potential for the use of solar energy, while the significant drop in the price of photovoltaic systems further facilitates the path to the widespread use of solar power plants.

However, from the technical side, the question is how the appearance of prosumers and their production affects power flows, voltage conditions, and in the last case, electricity losses in the electricity distribution system of Montenegro?

The electric power system of Montenegro, according to the former regulatory framework, was designed as a passive system respecting the factor of simultaneous consumption of all consumers of a certain part of the network. Meanwhile, the appearance of prosumers significantly changes the characteristic of the system and it becomes dominantly active.

Due to the mentioned expansion of distributed generation, the electrical distribution system of Montenegro has faced a number of challenges, which are being overcome in real time. This paper provides an overview and analysis of electricity losses in the electricity distribution system of Montenegro before and after the connection of prosumers, as well as an analysis of voltage conditions in the area of consumption where the largest number of connected prosumers is concentrated.

Index Terms - Electricity – Losses – Prosumer – RES - Photovoltaic system

PLANIRANJE I SPROVOĐENJE NABAVKE ELEKTRIČNE ENERGIJE ZA POKRIVANJE GUBITAKA OPERATORA DISTRIBUTIVNOG SISTEMA CRNE GORE NA TRŽIŠNIM OSNOVAMA

PLANNING AND IMPLEMENTATION OF ELECTRICITY PROCUREMENT TO COVER THE LOSSES OF THE DISTRIBUTION SYSTEM OPERATOR OF MONTENEGRO ON A MARKET BASIS

Jovana Maljković,
Stevan Živković,
Milena Vukčević,
Vladimir Ivanović

CEDIS d.o.o. Podgorica, Crna Gora

Rezime:

Nabavka električne energije za pokrivanje gubitaka kod nezavisnog operatora distributivnog sistema u Crnoj Gori – CEDIS, postala je tržišna realnost od 2017. godine. U skladu sa Zakonom o energetici, kao i Zakonom o javnim nabavkama, CEDIS je dužan da Poziv za nadmetanje za nabavku (Poziv) sprovede na javan i transparentan način. Na ovom nadmetanju može učestvovati isključivo ponuđač koji je registrovan na berzanskom tržištu Crne Gore (BELEN).

Pozivom se definiše profil gubitaka, odnosno procjena količine električne energije potrebne za pokrivanje gubitaka na satnom i dnevnom nivou, kao i ukupna procjena količine za period isporuke.

Procjena količine gubitaka postavlja sledeći izazov pred CEDIS: kako na satnom nivou planirati gubitke električne energije koji variraju u zavisnosti od mnogih faktora, kao što su: doba dana, sedmice, meseca, period godine, potrošnja distributivnog konzuma, i drugi. Upravo ovo je tema ovog rada.

Nakon uvodnog razmatranja, gdje je predstavljena satna količina gubitaka električne energije za prethodni period, prikazana je i neophodnost da CEDIS-ovim Pozivom bude definisana karakteristika prema kojoj snaga isporuke u satnoj rezoluciji može varirati.

Ključne riječi - Električna energija – Gubici – Nabavka – Tržište

Abstract :

The procurement of electricity to cover losses for the independent distribution system operator in Montenegro – CEDIS, has become a market reality since 2017. In accordance with the Energy Law and the Public Procurement Law, CEDIS is obliged to conduct the Invitation to Tender (Invitation) for procurement in a public and transparent manner. Only bidders registered on the Montenegrin electricity market (BELEN) can participate in this tender.

The Invitation defines the loss profile, i.e., the estimated amount of electricity required to cover losses on an hourly and daily basis, as well as the total estimated amount for the delivery period.

The estimation of loss quantities presents the following challenge for CEDIS: how to calculate hourly electricity losses that vary depending on many factors, such as the time of day, week, month, season, consumption in the distribution system, and others. This is precisely the topic of this paper.

After the introductory considerations, where the hourly electricity loss quantities for the previous period are presented, the necessity of defining, through the CEDIS Invitation, the characteristic according to which the delivery power in hourly resolution can vary is also discussed.

Index Terms - Electricity – Losses – Procurement – The market

FLEKSIBILNOST ELEKTRODISTRIBUTIVNOG SISTEMA CRNE GORE I MOGUĆNOSTI ZA NJENO UNAPREĐENJE

FLEXIBILITY OF DISTRIBUTION POWER SYSTEM OF MONTENEGRO AND OPPORTUNITIES FOR ITS IMPROVEMENT

Andrija Vujović,
Stevan Živković,

CEDIS d.o.o. Podgorica, Crna Gora

Rezime:

Operator distributivnog sistema u Crnoj Gori (CEDIS) suočava se sa brojnim izazovima koje sa sobom nosi veliko interesovanje i integracija obnovljivih izvora energije (OIE), prije svega malih solarnih elektrana. Sa druge strane, potrošnja konstantno raste, dok sami potrošači postaju sve zahtjevniji po pitanju kvaliteta isporuke električne energije.

Distributivna mreža ne smije biti kočnica planiranom razvoju, što će zahtijevati značajna ulaganja, uz promjenu pristupa upravljanju i planiranju sistema.

Kao jedno od potencijalnih rješenja nameću se usluge fleksibilnosti koje bi CEDIS koristio za nesmetani rad i funkcionisanje distributivnog sistema.

U ovom radu biće predstavljeno trenutno stanje u distributivnom sistemu Crne Gore po pitanju OIE i trendova potrošnje, kao i pregled planiranih ulaganja na poboljšanju vidljivosti same mreže čime će upravljanje biti značajno olakšano i modernizovano. U nastavku će biti dat pregled trenutne fleksibilnosti sistema, kao i mogućnost za njenim povećanjem uz neophodne izmjene zakonske regulative.

Ključne riječi - Električna energija – Fleksibilnost – Upravljanje mrežom – OIE – SCADA

Abstract :

The Distribution System Operator in Montenegro (CEDIS) faces numerous challenges brought about by the growing interest in and integration of renewable energy sources, primarily small solar power plants. On the other hand, electricity consumption is steadily increasing, while consumers are becoming more demanding in terms of the quality of electricity supply.

The distribution network must not hinder the planned development, which will require significant investments alongside changes in the approach to system management and planning.

One potential solution is the utilization of flexibility services, which CEDIS could employ to ensure the smooth operation and functioning of the distribution system.

This paper will present the current state of the distribution system in Montenegro concerning renewable energy sources and consumption trends, as well as an overview of planned investments aimed at improving the visibility of the network itself, thereby significantly facilitating and modernizing management. Furthermore, an overview of the system's current flexibility will be provided, along with possibilities for enhancing it through the necessary amendments to the regulatory framework.

Key words - Electricity – Flexibility – Network management – RES – SCADA

PRAKTIČNA ISKUSTVA IZ BIH U OTKUPU ELEKTRIČNE ENERGIJE OD MALIH I SREDNJIH PROIZVOĐAČA IZ OIE

Practical Experiences from Bosnia and Herzegovina in Purchasing Electricity from Small and Medium Renewable Energy Producers

Miroslav Divčić, Mladen Apostolović, Milan Timotija

Trading Energy Cluster (TEC) doo, EFT Trade d.o.o., Energomonitoring doo

Rezime - Agregatori, balansno odgovorne strane i otkupljivači električne energije igraju ključnu ulogu u stabilizaciji tržišta energije, kao i u unapređenju efikasnosti distribucije energije. S obzirom na sve veću integraciju obnovljivih izvora energije, mali i srednji proizvođači postaju ključni akteri u energetsom sektoru BiH, čime je efikasno upravljanje otkupom energije postalo nužno za stabilnost sistema. Imajući u vidu specifičnosti tržišta električne energije u BiH, gdje su prisutni različiti regulatori i operatori u entitetskim okvirima, odnos između agregatora/otkupljivača, BOS-ova i operatora distributivnih sistema ima značajan utjecaj na implementaciju tržišnih politika i operativnu efikasnost. Ovaj rad analizira praktična iskustva iz Bosne i Hercegovine (BiH) u otkupu električne energije od malih i srednjih proizvođača iz obnovljivih izvora energije (OIE), s posebnim naglaskom na ulogu balansno odgovorne strane (BOS) i operatora distributivnih sistema (ODS). Rad razmatra kako otkupljivači preko BOSa, kao odgovorne strana za usklađivanje proizvodnje i potrošnje, sarađuju s operatorima distributivnih sistema (ODS) u procesu otkupa energije. Proučavaju se regulatorni okviri, tehnički izazovi, kao i ekonomski interesi svih aktera. Analizirani su izazovi u balansiranju varijabilnosti proizvodnje iz OIE, tehnička ograničenja u integraciji OIE u distribucijsku mrežu, te problemi u koordinaciji između BOS i ODS, koji su ključni za stabilnost elektroenergetskog sistema. Takođe, analizirana je uloga balansnih grupa te prezentovani benefiti formiranja balansnih grupa, kako između otkupljivača unutar jednog BOSa tako i između različitih BOS-ova. U kontekstu trenutnog sistema, rad ispituje i regulatorne smjernice koje oblikuju mehanizme otkupa, uključujući sheme podsticaja za obnovljive izvore i njihov uticaj na razvoj tržišta. Analizirani su problemi u vezi sa razlikama između planirane (prognozirane) i realizovane proizvodnje energije iz OIE, te kako se ove razlike odražavaju na troškove i efikasnost balansiranja. Kroz analizu postojećih iskustava i praksi u BiH, rad nudi preporuke za unapređenje odnosa između BOS-ova, Otkupljivaca, ODS-ova i malih i srednjih proizvođača OIE. Posebno se fokusira na potrebu za jačanjem tehničkih kapaciteta ODS-a za podršku integraciji OIE, poboljšanje predvidljivosti i stabilnosti otkupa energije. Takođe, rad razmatra kako bi se implementacijom naprednih tehnologija i digitalizacije mogla poboljšati efikasnost tržišta i smanjiti operativni rizici. Kroz ove analize, rad doprinosi boljem razumijevanju dinamike tržišta i nudi smjernice za dalji razvoj integracije OIE u BiH, kao i za stvaranje održivog i konkurentnog tržišta električne energije koje će podržati rast malih i srednjih proizvođača.

Ključne reči - ODS, Agregator, Proizvođači iz OIE, Balansno odgovorna strana, Balansna grupa, Otkupljivač

Rezime (Dodatno) - Aggregators, Balance Responsible Parties (BRPs), and Electricity Purchasers play a key role in stabilizing the energy market and improving energy distribution efficiency. With the growing integration of renewable energy sources (RES), small and medium producers are becoming critical players in Bosnia and Herzegovina's (BiH) energy sector, making efficient energy procurement management essential for system stability. Considering the specificities of the electricity market in BiH, where various regulators and operators function within entity frameworks, the relationship between aggregators/purchasers, BRPs, and distribution system operators (DSOs) significantly impacts the implementation of market policies and operational efficiency. This paper analyzes practical experiences from Bosnia and Herzegovina (BiH) in the procurement of electricity from small and medium renewable energy producers, with a particular focus on the role of Balance Responsible Parties (BRPs) and Distribution System Operators (DSOs). The paper examines how electricity purchasers, through BRPs as the parties responsible for balancing production and consumption, collaborate with DSOs in the energy procurement process. Regulatory frameworks, technical challenges, and the economic interests of all stakeholders are studied. Challenges in balancing the variability of RES production, technical constraints in integrating RES into the distribution grid, and issues in coordination between BRPs and DSOs, which are critical for the stability of the electricity system, are analyzed. Furthermore, the role of balancing groups is examined, and the benefits of forming such groups are presented, both among purchasers within a single BRP and between different BRPs. In the context of the current system, the paper explores regulatory guidelines that shape procurement mechanisms, including incentive schemes for renewable energy and their impact on market development. Issues related to discrepancies between planned (forecasted) and actual RES production and how these discrepancies

affect balancing costs and efficiency are also discussed. Through an analysis of existing experiences and practices in BiH, the paper offers recommendations for improving relationships between BRPs, purchasers, DSOs, and small and medium RES producers. It emphasizes the need to strengthen the technical capacities of DSOs to support RES integration and improve the predictability and stability of energy procurement. Additionally, the paper considers how implementing advanced technologies and digitalization could enhance market efficiency and reduce operational risks. Through these analyses, the paper contributes to a better understanding of market dynamics and provides guidelines for further integration of RES in BiH, as well as for creating a sustainable and competitive electricity market that supports the growth of small and medium producers.

Ključne reči (Dodatno) - DSO, AGGREGATOR, RES Producers, Balance Responsible Party, Balancing Group, Electricity Purchaser

Posledice uvođenja tržišta fleksibilnosti na distributivnom nivou na operatora prenosnog sistema

Implication of the introduction of the flexibility market at the distribution level on the transmission system operator

Nikola Tošić*, Marko Zarić*, Jadranka Janjanin*, Saša Zdravković**

* Elektromreža Srbije a.d. Beograd

** Tetra Tech

Rezime - Uvođenje tržišta fleksibilnosti na distributivnom nivou predstavlja značajan korak u transformaciji elektroenergetskog sektora. Ovaj koncept omogućava integraciju obnovljivih izvora energije, povećava efikasnost korišćenja resursa i doprinosi stabilnosti energetskeg sistema, i na distributivnom i na prenosnom sistemu. U radu se analiziraju implikacije koje uspostavljanje ovakvog tržišta ima na operatora prenosnog sistema (OPS), uključujući uticaj na upravljanje mrežom, planiranje kapaciteta i tržišne mehanizme. Posebna pažnja je posvećena interakciji između operatora distributivnog (ODS) i prenosnog sistema, kao i ulozi digitalizacije u obezbeđivanju pravovremene i precizne razmene podataka. Rezultati istraživanja ukazuju na potencijalne prednosti za OPS, ali i na izazove u pogledu koordinacije, regulative i tehničke spremnosti infrastrukture. Rad doprinosi boljem razumevanju uloge tržišta fleksibilnosti u unapređenju održivosti i pouzdanosti elektroenergetskog sistema.

Ključne reči - fleksibilnost, tržište, OIE, upravljanje resursima, zagušenje

Abstract - The introduction of a flexibility market at the distribution level represents a significant step in the transformation of the power sector. This concept enables the integration of renewable energy sources, enhances resource utilization efficiency, and contributes to the stability of the energy system, both at the distribution and transmission levels. This paper analyzes the implications of establishing such a market on the transmission system operator (TSO), including its impact on grid management, capacity planning, and market mechanisms. Special attention is given to the interaction between distribution system operators (DSOs) and TSOs, as well as the role of digitalization in ensuring timely and accurate data exchange. The research findings highlight the potential benefits for TSOs but also identify challenges related to coordination, regulation, and the technical readiness of infrastructure. The study contributes to a better understanding of the role of the flexibility market in improving the sustainability and reliability of the power system.

Index Terms - flexibility, electricity market, RES (Renewable Energy Sources), system operation, congestion

METODOLOGIJA PRORAČUNA KARBONSKOG OTISKA PROIZVODA NA PRIMERU MLEKARE

A METHODOLOGY FOR CALCULATING PRODUCT CARBON FOOTPRINT IN THE CASE OF A DIARY

Mladen Josijević, Dušan Gordić, Vanja Šušteršič, Vladimir Vukašinović, Dubravka Živković, Jelena Nikolić

Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu

Rezime - U radu je predložena metodologija za proračun emisija CO₂ po proizvodu. Razvijena metodologija se bazira na detaljnom energetsom pregledu postrojenja radi utvrđivanja tokova energije i sirovina i primeni GHG protokola za proračun ugljeničnog otiska. Koeficijenti emisije su usvojeni pregledom literature i relevantnih baza podataka. Metodologija je testirana na studiji slučaja, preduzeću iz sektora mleka i mlečnih proizvoda.

Ključne reči - Ugljenični otisak proizvoda, mlekara, CO₂ emisije

Abstract - This paper proposes a methodology for calculating CO₂ emissions per product. The methodology developed here is based on a detailed energy review of a dairy plant to determine energy raw material flows and apply a GHG protocol for calculating carbon footprint. The emission coefficients are adopted from the current literature and the relevant databases. The methodology was tested on a case study: a dairy plant.

Index Terms - Product carbon footprint, dairy, CO₂ emissions

ENERGETSKA EFIKASNOST KOMPONENTI I SISTEMA VODNE HIDRAULIKE -TRIBOLOŠKI ASPEKTI ISTRAŽIVANJA I RAZVOJA

ENERGY EFFICIENCY OF WATER HYDRAULICS COMPONENTS AND SYSTEMS - TRIBOLOGY ASPECTS OF RESEARCH AND DEVELOPMENT

Nenad Todić, Slobodan Savić, Blaža Stojanović, Snežana Vulović

Fakultet inženjerskih nauka Kragujevac

Rezime - Hidraulički sistemi, osnova mnogih industrijskih procesa, sve su više pod lupom zbog rastućih zahteva za energetske efikasnošću. S obzirom na rastuću svest o zaštiti životne sredine i smanjenju troškova, istraživanja su usmerena na optimizaciju hidrauličnih sistema kako bi se smanjili gubici energije i povećala njihova ukupna efikasnost. Tribologija je ključni faktor u postizanju energetske efikasnosti u hidrauličnim sistemima. Kontinuiranim istraživanjem i razvojem moguće je postići značajne uštede energije, smanjiti troškove održavanja i povećati izdržljivost hidrauličnih komponenti. Budućnost hidraulike leži u sve većoj primeni naprednih materijala, inteligentnih sistema i kompjuterskih simulacija kako bi se stvorili još efikasniji i održiviji sistemi. Trenje između pokretnih delova izaziva značajne gubitke energije u vidu toplote, a habanje dovodi do smanjenja stepena korisnosti i skraćenog veka komponenti. Ovim radom predstavljena su istraživanja i razvoj različitih komponenti hidraulike. Svako istraživanje nove komponente vodne hidraulike počinje osnovnim tribološkim istraživanjima parova napravljenih od različitih materijala i njihovih površina. Zatim sledi projektovanje i proračun hidrauličnih karakteristika, izrada prototipa i njegova eksperimentalna ispitivanja.

Ključne reči - energetska efikasnost, hidraulički sistemi, vodna hidraulika, tribologija, stepen korisnosti.

Rezime (Dodatno) - Hydraulic systems, the basis of many industrial processes, are increasingly under scrutiny due to growing demands for energy efficiency. In view of the growing awareness of environmental protection and cost reduction, research is focused on optimization of hydraulic systems in order to reduce energy losses and increase their overall efficiency. Tribology is the key factor in achieving energy efficiency in hydraulic systems. Through constant research and development, it is possible to achieve significant energy savings, reduce maintenance costs and increase the durability of hydraulic components. The future of hydraulics lies in the increasing application of advanced materials, intelligent systems and computer simulations to create even more efficient and sustainable systems. Friction between the moving parts causes significant energy losses in the form of heat, while wear leads to a reduction in the efficiency and shortens the lifespan of the components. This paper presents research and development of various hydraulic components. Each investigation of a new water hydraulic component begins with basic tribological investigations of several pairs made of different materials and their surfaces. Then follows the design and calculation of hydraulic characteristics, the creation of a prototype and its experimental testing.

Ključne reči (Dodatno) - energy efficiency, hydraulic systems, water hydraulics, tribology, efficiency

Poboljšanje energetske efikasnosti primenom baterija za komunalnu pumpnu stanicu za vodosnabdevanje

Municipal Water Supply Pumping Station Energy Efficiency Improvement using Batteries

Marijan Dominković*, Danijel Pavković*, Sandra Stanković**, Karlo Kvaternik***, Mihael Cipek*

* University of Zagreb, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture, Zagreb, Croatia

** Academy of Applied Technical and Preschool Studies Department of Niš, Niš, Serbia

*** AVL-AST d.o.o., Zagreb, Croatia

Rezime - Elektrodistributivne mreže su inherentno podložne prekidima usluga, kao što su kvarovi na mreži. Održavanje kontinuiteta rada kritične infrastrukture, posebno izolovanih pumpnih stanica za vodosnabdevanje, zahteva robusna rešenja za rezervno napajanje. Sistemi za besprekidno napajanje (UPS) obično koriste sisteme za skladištenje energije baterija (BESS), koji pored obezbeđivanja rezervnog napajanja mogu omogućiti arbitražu energije radi smanjenja troškova električne energije. Ova studija istražuje izvodljivost komercijalno dostupnog BESS-a za obezbeđivanje autonomnog rada pumpne stanice za vodu, opremljene glavnim elektromotornim pogonom pumpe snage 330 kW. Koristeći istorijske podatke o komunalnoj potrošnji vode za Cresko-Lošinjski arhipelag, dobijene iz javno dostupnih izvora, sprovedene su simulacije za modeliranje rada pumpnih stanica sa i bez BESS integracije tokom kontinuiranog rada. Dobijeni podaci pružaju sveobuhvatnu analizu potencijalnih ušteda energije, smanjenja troškova i procenjenog povraćaja investicije (ROI).

Ključne reči - baterija, pumpna stanica, simulacija, ušteda energije, povrat investicije

Abstract - Electrical power distribution networks are inherently susceptible to service interruptions, such as those caused by grid faults. Maintaining the operational continuity of critical infrastructure, particularly isolated water supply pumping stations, requires robust backup power solutions. Uninterruptible Power Supply (UPS) systems commonly utilize Battery Energy Storage Systems (BESS), which, in addition to providing backup power, can facilitate energy arbitrage to reduce electricity costs. This study examines the feasibility of commercially available BESS for ensuring the autonomous operation of a water pumping station equipped with a main electric motor pump drive rated at 330 kW. Using historical municipal water consumption data for the Cres-Lošinj archipelago, obtained from publicly available sources, simulations were conducted to model the operation of pumping stations with and without BESS integration during continuous operation. The resulting data provides a comprehensive analysis of potential energy savings, cost reductions, and estimated return on investment (ROI).

Index Terms - battery, water pumping station, simulation, energy savings, return-on-investment

Primjena dvogorivnih motora u brodskom pogonu: Izazovi i perspektive

Application of Dual-Fuel Engines in Marine Propulsion: Challenges and Perspectives

Sead Cvrk¹, Draško Kovač¹, Đorđe Nedeljkov¹

¹ Univerzitet Crne Gore, Pomorski fakultet Kotor

Rezime- Tečni prirodni gas (LNG) predstavlja revolucionarno rešenje za ključne izazove s kojima se suočavaju brodovlasnici i brodograditelji, uključujući rastuće cijene goriva i stroge zahtjeve u pogledu zaštite životne sredine. Trenutno, većina brodova koristi teška i nekvalitetna fosilna goriva, što rezultira visokim emisijama štetnih gasova poput azotnih oksida (NO_x) i sumpornih oksida (SO_x), koji imaju značajan negativan uticaj na životnu sredinu. Međutim, sve stroži međunarodni propisi, naročito u područjima kontrole emisija (eng. Emission Control Area-ECA) kao što su Baltičko i Sjeverno more, kanal La Manš i obale Sjeverne Amerike, podstiču prelazak na održivije opcije. U ovim područjima, Međunarodna pomorska organizacija (IMO) nalaže da maseni udio sumpora u brodskim gorivima ne smije prelaziti 0,1%, dok je od 2020. godine udio sumpora u brodskom gorivu na globalnom nivou ograničen na 0,5%. Ove regulative zahtijevaju od broderskog sektora prelazak na alternativna pogonska goriva, a jedno od najefikasnijih rešenja je upotreba dvogorivnih motora koji koriste LNG. Ovaj rad istražuje tehničke, ekološke i ekonomske aspekte implementacije dvogorivnih motora u brodskom pogonu, kao i njihov potencijal da zadovolje savremene standarde i doprinesu smanjenju zagađenja u pomorskoj industriji.

Ključne riječi: : brodski motori, tečni prirodni gas, izduvna emisija, područja kontrole emisija.

Abstract- Liquefied natural gas (LNG) represents a revolutionary solution to the key challenges faced by shipowners and shipbuilders, including rising fuel costs and stringent environmental protection requirements. Currently, most ships use heavy and low-quality fossil fuels, resulting in high emissions of harmful gases such as nitrogen oxides (NO_x) and sulfur oxides (SO_x), which have a significant negative impact on the environment. However, increasingly stringent international regulations, particularly in Emission Control Areas (ECA) such as the Baltic Sea, the North Sea, the English Channel, and the coasts of North America, are encouraging the transition to more sustainable options. In these areas, the International Maritime Organization (IMO) mandates that the sulfur content in marine fuels must not exceed 0.1%, while as of 2020, the sulfur content in marine fuel globally has been limited to 0.5%. These regulations compel the maritime sector to adopt alternative marine propulsion fuels, and one of the most efficient solutions is the use of dual-fuel engines powered by LNG. This paper explores the technical, environmental, and economic aspects of implementing dual-fuel engines in marine propulsion, as well as their potential to meet contemporary standards and contribute to reducing pollution in the maritime industry

Index terms: marine engines, liquefied natural gas, exhaust emissions, emission control areas.

Analiza energetske efikasnosti brodskih energetskih sistema

Analysis of Energy Efficiency of Ship Energy Systems

Draško Kovač, Sead Cvrk, Đorđe Nedeljkov

Univerzitet Crne Gore, Pomorski fakultet Kotor

Rezime

Ovaj rad istražuje energetske i eksergetske efikasnosti brodskih energetskog sistema, uz studiju slučaja modernog kontejnerskog broda dizajniranog s ciljem poboljšanja energetske efikasnosti i smanjenja emisije štetnih gasova. Brod je dužine 366 metara, širine 51 metar, sa kapacitetom od 15.254 TEU, a pogonski sistem koristi dvogorivni motor snage 51.680 kW pri 80 obrtaja u minuti. Istraživanje se temelji na analizi operativnih parametara brodskih sistema, uključujući potrošnju goriva, energetske tokove i eksergetske gubitke. Analizirani su brodski sistemi koji koriste LNG kao pogonsko gorivo, čime se postiže smanjenje emisija CO₂ i NO_x u poređenju sa tradicionalnim brodovima na tečno gorivo. Rezultati analize ukazuju na to da pogonski sistem čini više od 70% ukupne energetske potrošnje broda, dok se preostala energija koristi za napajanje pomoćnih sistema i proizvodnju električne energije. Eksergetska analiza identifikuje ključne tačke gubitaka u sistemu, uključujući neiskorišćenu energiju u izduvnim gasovima, koja se već djelimično iskorišćava putem parnog kotla na izduvne gasove (ekonomajzer). Međutim, postoje mogućnosti za dodatno unapređenje efikasnosti sistema povrata energije i smanjenje eksergetskih gubitaka, kroz optimizaciju postojećih tehnologija i implementaciju novih rešenja. Zaključci rada pružaju smjernice za dalja istraživanja i unapređenja u optimizaciji brodskih energetskih sistema, čime se doprinosi održivosti pomorskog transporta.

Ključne reči

energetska efikasnost, eksergetska analiza, brodski sistemi, LNG, optimizacija, pomorski transport

Rezime (Dodatno)

This paper investigates the energy and exergy efficiency of ship energy systems, using a case study of a modern container ship designed to improve energy efficiency and reduce harmful gas emissions. The ship is 366 meters long, 51 meters wide, with a capacity of 15,254 TEU, and its propulsion system uses a dual-fuel engine with a power output of 51,680 kW at 80 RPM. The study is based on the analysis of operational parameters of the ship's systems, including fuel consumption, energy flows, and exergy losses. Ship systems utilizing LNG as fuel are analyzed, achieving reduced CO₂ and NO_x emissions compared to traditional fuel-powered ships. The analysis results indicate that the propulsion system accounts for more than 70% of the ship's total energy consumption, while the remaining energy is used to power auxiliary systems and produce electrical energy. The exergy analysis identifies key loss points in the system, including unused energy in exhaust gases, which is already partially recovered through the exhaust gas boiler (economizer). However, there are opportunities to further enhance energy recovery system efficiency and reduce exergy losses through optimization of existing technologies and the implementation of new solutions. The conclusions provide guidelines for further research and improvements in the optimization of ship energy systems, contributing to the sustainability of maritime transport.

Ključne reči (Dodatno)

energy efficiency, exergy analysis, ship systems, LNG, optimization, maritime transport

Primena geografskih informacionih sistema (GIS) u izračunavanju vegetacionog indeksa

Application of Geographic Information Systems (GIS) in Vegetation Index Calculation

Nikola Stanković

* Akcionarsko društvo „Elektroprivreda Srbije“, Balkanska 13, 11 000 Beograd

Rezime - Ovaj rad istražuje primenu Geografskih informacionih sistema (GIS) u izračunavanju i analizi vegetacionih indeksa, sa fokusom na opštinu Užice i Nacionalni park Tara. Korišćeni su Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) i Enhanced Vegetation Index (EVI) za procenu stanja i gustine vegetacije u ovim oblastima. Podaci su prikupljeni putem satelitskih snimaka misije Sentinel-2, sa rezolucijom od 10 metara. Analize su sprovedene u softveru QGIS, uz primenu metoda za ekstrakciju rasterskih slojeva i izračunavanje indeksa na osnovu bliskog infracrvenog i crvenog spektra. Rezultati ukazuju da područje opštine Užice dominira mladom šumom i listopadnom vegetacijom, dok Nacionalni park Tara obiluje četinarskim šumama. Rad potvrđuje značaj GIS alata u efikasnom praćenju i upravljanju prirodnim resursima.

Ključne reči - Geografski informacioni sistemi (GIS), daljinska detekcija, vegetacioni indeksi, sateletski snimci, QGIS

Abstract - This paper explores the application of Geographic Information Systems (GIS) in the calculation and analysis of vegetation indices, focusing on the municipality of Užice and Tara National Park. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) were used to assess vegetation density and condition in these areas. Data were obtained from Sentinel-2 satellite imagery with a spatial resolution of 10 meters. The analysis was conducted using QGIS software, applying methods for raster layer extraction and index computation based on near-infrared and red spectrum bands. The results show that the municipality of Užice is predominantly covered by young forests and deciduous vegetation, while Tara National Park features coniferous forests. The study highlights the significance of GIS tools in effective monitoring and management of natural resources.

Index Terms - Geographic Information Systems (GIS), remote sensing, vegetation indices, satellite imagery, QGIS

Hybrid pumped hydro storage

Matej Fike

Faculty of energy technology, Slovenia

Rezime - The demand for renewable energy technologies is increasing globally. With the rapid depletion of fossil fuels, there is an urgent need to focus on developing renewable resources. The ongoing shift towards intermittent and unpredictable renewable energy sources poses significant challenges for electrical power systems, particularly in the continuous balancing of generation and consumption. Energy storage can play a crucial role in addressing this issue by storing the surplus of energy during peak production and releasing it later when needed. Among various available storage methods, pumped hydro storage systems are prominent, particularly for bulk energy storage. The site selection for these structures is complexed and crucial for good working energy system. Water reservoirs are typically situated on hills, high above the structures housing water turbines. In Slovenia, the Pohorje mountains rise above the city of Maribor, home to a ski center with various slopes. Due to climate change, snowfall has decreased annually, increasing the need for artificial snowmaking. This process requires substantial amounts of water, leading to the construction of artificial reservoirs along the ski slopes. However, during periods of insufficient natural snow and extended cold weather, these reservoirs often lack adequate water. Our proposal is to develop a hybrid pumped hydro storage system with dual functions. The primary function is to generate electricity for a few hours daily when market prices are high. When electricity prices are low, water from the valley would be pumped back into the artificial reservoirs. Additionally, during high demand for snowmaking, water from the valley would be pumped uphill to ensure a sufficient supply. This paper outlines the energy system, including revenue calculations from electricity sales and the costs associated with water pumping.

Ključne reči - Hybrid pumped hydro storage, energy storage, water storage, optimization

Procena emisije ugljen-dioksida na farmama mleka

Assessment of carbon-dioxide emissions on dairy farms

Andjela Ivković, Mladen Josijević, Dušan Gordić, Djordje Ivković

Fakultet inženjerskih nauka Univerziteta u Kragujevcu

Rezime - Porastom populacije povećava se proizvodnja u prehrambenoj industriji, proporcionalno tome povećava se potrošnja energije, kako energije neophodne za potrebe populacije, tako i energije neophodne za industriju. U ovom radu akcenat je na prehrambenoj industriji, preciznije na industriji prerade mleka i mlečnih proizvoda, kako u Republici Srbiji, tako i u svetu. Srazmerno porastu populacije, povećavaju se potrebe za mlekom i mlečnim prerađevinama. Procesi prerade zahtevaju određeni utrošak energije. Adekvatnim upravljanjem energetskim tokovima u preduzećima, potrošnja se smanjuje. Mehanizam CBAM predstavlja propis za smanjenje emisije gasova sa efektom staklene bašte, kao doprinosa dostizanju ugljenične neutralnosti evropskog kontinenta do 2050. godine. Shodno tome, ovaj rad analizira emisiju ugljen-dioksida na mlečnim farmama. Uočeno je da se na mlečnim farmama ovaj gas emituje u procesu hranjenja, tj. pravljenja hrane za životinje. Takođe, uočava se da emisija u procesu primene stajnjaka, odnosu u procesu obrađivanja zemljišta stajnjakom. Ugljen-dioksid je važan gas sa efektom staklene bašte, međutim njegova uloga u emisijama farmi za proizvodnju mlečnih proizvoda nije velika. Analiziranjem je uočeno da je najveći udeo emisije ugljen-dioksida ostvaren realizacijom njivskih operacija i korišćenjem mašinskog parka. Manja emisija nastaje primenom tečnog i najmanja primenom čvrstog stajnjaka.

Ključne reči - Prehrambena industrija, Industrija prerade mleka i mlečnih proizvoda, CBAM, Emisija ugljen-dioksida

Abstract - With the increase in population, production in the food industry increases, and energy consumption increases proportionally, both energy necessary for the needs of the population and energy necessary for industry. In this paper, the emphasis is on the food industry, more precisely on the milk and dairy products processing industry, both in the Republic of Serbia and in the world. As the population grows, the demand for milk and milk products increases. Processing processes require a certain amount of energy. By adequately managing energy flows in companies, consumption is reduced. The CBAM mechanism is a regulation for reducing greenhouse gas emissions, as a contribution to achieving carbon neutrality on the European continent by 2050. Accordingly, this paper analyzes the carbon dioxide emissions of dairy farms. It has been observed that on dairy farms this gas is emitted during the feeding process, i.e. making animal feed. Also, it is observed that the emission in the process of application of manure, compared to the process of tilling the soil with manure. Carbon dioxide is an important greenhouse gas, but its role in emissions from dairy farms is not large. Analyzing it, it was observed that the largest share of carbon dioxide emissions was achieved by the implementation of field operations and the use of machinery. A smaller emission is produced by the application of liquid and the smallest by the application of solid manure.

Index Terms- Food industry, Milk and dairy products processing industry, CBAM, Carbon dioxide emission

MODELIRANJE KVALITETA VODA U ZONI RUDNIKA SA POVRŠINSKOM EKSPLOATACIJOM LIGNITA, PRIMENOM METODA DALJINSKE DETEKCIJE I GIS-A

MODELING OF WATER QUALITY IN A SURFACE MINE ZONE EXPLOITATION OF LIGNITE, APPLICATION OF REMOTE DETECTION METHODS AND GIS

Milisav Tomić, Milica Živanović, Miodrag Tomić, Miodrag Đurović, Nikola Petrović, 2 Zorica Gojak

RB "Kolubara" Lazarevac, EPS AD, 2 Elektroprivreda Srbija AD

Rezime - U radu su prikazani rezultati modeliranja kvaliteta voda u zoni rudnika sa površinskom eksploatacijom kolubarskog lignita, primenom metoda daljinske detekcije (RS) i geografskih informacionih sistema (GIS-a). Istraživan prostor obuhvata prostore opština Lazarevac, Lajkovac i Ub i zahvata površinu od preko 100 km². Rad je zasnovan na modeliranju rezultata kvaliteta voda i obradi Landsat satelitskih snimaka u softveru ArcGis. Modeliranje kvaliteta voda je urađeno za 5 elemenata: pH vrednost; (HPK)mg /L; (BPK)mg /L; Suspendovane materije mg /L; Amonijum jon mg NH₄⁺/L. U zaključku su predstavljeni rezultati modeliranja zagađenja voda.

Ključne reči - GIS, kolubarski basen, voda, monitoring

Rezime (Dodatno) - The paper presents the results of water quality modeling in the mining area with surface exploitation of Kolubara lignite, employing remote sensing (RS) and geographic information systems (GIS) methodologies. The investigated area encompasses the municipalities of Lazarevac, Lajkovac, and Ub, covering an area of over 100 km². The study is founded on water quality modeling outcomes and the analysis of Landsat satellite imagery using ArcGIS software. Water quality modeling encompassed five elements: pH value; (HPK) mg/L; (BPK) mg/L; Suspended matter mg/L; Ammonium ion mg NH₄⁺/L. In conclusion, the findings of water pollution modeling are presented.

Ključne reči (Dodatno) - GIS, Kolubara Basin, water, monitoring

Vibraciono termički indikator oštećenja kliznih ležajeva

Vibration thermal indicator of sliding bearing damage

Ranko Antunović

Mašinski fakultet Univerziteta u Istočnom Sarajevu, BiH

Rezime - Dva najznačajnija indikatora za predikciju otkaza kliznih ležaja su analiza dinamičkog ponašanja ležaja (analiza vibracija) i analiza temperature ležaja (termička metoda). Cilj ovog istraživanja jeste da se istraži mogućnost povezivanja ova dva indikatora u jedan integrisani vibraciono-termički indikator neispravnosti kliznih ležaja kroz primjenu fazi (fuzzy) logike. Primjenom fazi logike se mogu obraditi indikacije mjerenja temperature i indikacije mjerenja vibracija te integrisati u jedan jedinstveni integrisani indikator stanja ispravnosti kliznog ležaja tako što će se signali mjerenja temperature i mjerenja vibracija obraditi disjunktivno-probabilističkim fazi operatorom. Kao rezultat se dobiva signal koji u sebi sadrži informaciju kako o temperaturi tako i o vibracijama ležaja.

Ključne reči - klizni ležajevi, dijagnostika, vještačka inteligencija, energetska efikasnost

Rezime (Dodatno) - The two most important indicators for predicting the failure of sliding bearings are the analysis of the dynamic behavior of the bearing (vibration analysis) and the analysis of the bearing temperature (thermal method). The goal of this research is to explore the possibility of connecting these two indicators into one integrated vibration-thermal indicator of the failure of sliding bearings through the application of fuzzy logic. By applying phase logic, indications of temperature measurements and indications of vibration measurements can be processed and integrated into one single integrated indicator of the condition of the sliding bearing by processing the signals of temperature measurements and vibration measurements with a disjunctive-probabilistic phase operator. As a result, a signal is obtained that contains information about both the temperature and the vibrations of the bearing.

Ključne reči (Dodatno) - sliding bearings, diagnostics, fuzzy logic, energy efficiency

Unapređenje predikcije snage na izlazu hidroelektrane kroz klaster analizu podataka i kombinovani model veštačkih neuronskih mreža

Improvement of power output prediction in hydroelectric plants through cluster analysis of data and a combined artificial neural network model

Stefan Čubonović*, Aleksandar Ranković*, Marko Krstić**

* Fakultet tehničkih nauka u Čačku, Univerziteta u Kragujevcu

** Javno preduzeće Elektroprivreda Srbije

Rezime - Ovo istraživanje nastavlja prethodne napore uložene u primeni veštačkih neuronskih mreža (*Artificial Neural Network* – ANN) za predikciju snage na izlazu hidroelektrane (HE), sa ciljem daljeg unapređenja preciznosti i robusnosti modela. U radu je fokus na implementaciji i evaluaciji kombinovanog modela koji koristi klaster analizu podataka o protoku vode kroz turbinu sa zadatim pragom i dva modela ANN: veštačku neuronsku mrežu sa jednosmernim prostiranjem signala (*Feedforward Artificial Neural Networks* – FF-ANN) i rekurentnu neuronsku mrežu (*Recurrent Neural Network* – RNN). Klaster analiza podataka sa zadatim pragom, koji je definisan na osnovu stabilnosti protoka, primenjena je za odabir jednog od dva predložena ANN modela. Na taj način osigurano je poverenje u preciznost modela i identifikovali specifični operativni uslovi HE. Analiza obuhvata podatke prikupljene tokom različitih hidroloških ciklusa u jednoj godini, testirajući prilagodljivost predloženih modela. Rezultati ovog istraživanja obećavaju značajna poboljšanja efikasnosti prethodno kreiranog modela za predikciju snage HE.

Ključne reči - veštačka neuronska mreža; FF-ANN; RNN; hidroelektrana; klaster analiza; protok

Abstract - This research continues previous efforts invested in the application of Artificial Neural Networks (ANN) for predicting the output power of hydroelectric power plants, aiming for further improvements in the accuracy and robustness of the models. The paper focuses on the implementation and evaluation of a combined model that utilizes cluster analysis of water flow through the turbine data with a set threshold and two ANN models: Feedforward Artificial Neural Network (FF-ANN) and Recurrent Neural Network (RNN). Cluster analysis of data with a set threshold, defined based on water flow stability, was applied to select one of the two proposed ANN models. This approach ensured confidence in the model's accuracy and identified specific operational conditions of the hydroelectric power plant. The analysis includes data collected during various hydrological cycles in one year, testing the adaptability of the proposed models. The results of this research promise significant improvements in the efficiency of the previously created model for predicting the power output of hydroelectric power plants.

Index Terms - artificial neural network; FF-ANN; RNN; hydroelectric power plant; cluster analysis; water flow

Vlaga u energetske transformatora

Moisture in power transformers

Filip Rzharov*

* POWER VIEW ORG Borka Talevski 11/4, 1000 Skopje Macedonia

Rezime - Energetski transformatori su jedni od najkritičniji i najskupiji elementi visokonaponske mreže. Vreme zastoja i popravke energetskih transformatora najčešće počinje od nekoliko stotina hiljada dolara. Prvi deo ovog rada fokusira se na vlagu u transformatora - kako i zašto ima vlagu u transformatora. Drugi deo ovog rada fokusira se na merenje, monitoring tehnike, novi metodi sušenja transformatora kao sušenje niskih frekvencija, sušenja filterima i određivanje sadržaja vlage u papirnoj izolaciji.

Ključne reči - energetski transformatori, praćenje stanja, održavanje, kvarova transformatora

Abstract - Power transformers are one of the most critical and expensive elements of the electrical networks. The downtime and repair of these elements commonly starts from a couple hundred thousand to millions of dollars. The first part of the paper focuses on moisture in power transformers - how and why there is moisture in power transformers. The second part of the paper focuses on measuring, monitoring techniques, new drying techniques such as low frequency drying, filter drying and moisture in paper assessment.

Index Terms - power transformers, condition monitoring, maintenance, transformer failures

Analiza vođena veštačkom inteligencijom za optimizaciju upravljanja velikom flotom visokonaponskih elemenata pomoću pametnih alata

AI-Driven Analysis for Optimizing Large Fleet Management of High-Voltage Assets Using Smart Tools

Filip Rzharov*

* Power View ORG, Borka Talevski 11/4, 1000 Skopje Macedonia

Rezime - Upravljanje i održavanje visokonaponskih sredstava, uključujući transformatore, prekidače i trafostanice, od ključne su važnosti za osiguranje pouzdanosti i efikasnosti električnih mreža. Sa sve većom složenosti elektroenergetskih sistema i rastućom potrebom za praćenjem u realnom vremenu, tradicionalni pristupi upravljanja imovinom više nisu dovoljni. Ovaj rad predstavlja primenu veštačke inteligencije (AI) i digitalnih tehnologija u analizi i optimizaciji velikih flota visokonaponskih sredstava. Korišćenjem napredne analitike podataka, mašinskog učenja i pametnih alata kao što su platforme za digitalizaciju trafostanica, performanse, stanje i životni ciklus elemenata mogu se kontinuirano pratiti i analizirati. Sistemi vođeni veštačkom inteligencijom, integrisani sa digitalnim blizancima i alatima za prediktivno održavanje, omogućavaju identifikaciju potencijalnih kvarova i anomalija pre nego što se pojave, smanjujući neplanirane prekide i poboljšavajući iskorišćenost elemenata. Konkretno, digitalizacija trafostanica omogućava kreiranje virtuelnih reprezentacija fizičkih elemenata, omogućavajući preciznije praćenje, dijagnostiku, inspekciju i donošenje odluka. Štaviše, ove platforme olakšavaju centralizovano prikupljanje i vizuelizaciju podataka, podržavajući operatere u optimizaciji upravljanjem elemenata kroz intuitivnog grafičkog korisničkog interfejsa i uvide u realnom vremenu. Ovaj rad istražuje metodologije za analizu elemenata zasnovane na veštačkoj inteligenciji, naglašavajući ulogu fuzije podataka, analitike u realnom vremenu i sistema zasnovanih na oblaku u upravljanju flota velikih razmera. Studije slučaja pokazuju kako su ove tehnologije dovele do značajnog smanjenja vremena zastoja, povećane operativne efikasnosti i poboljšanih mogućnosti predviđanja. Štaviše, razmatra se budući potencijal veštačke inteligencije u upravljanju visokonaponskim elementima i unapređenju sistema pametnih mreža, pružajući mapu puta za elektroenergetsku infrastrukturu sledeće generacije.

Ključne reči - visokonaponski elementi, upravljanje elementima, digitalizacija trafostanice, prediktivno održavanje, pametna mreža, digitalni blizanci

Abstract - The management and maintenance of high-voltage assets, including transformers, circuit breakers, and substations, are critical for ensuring the reliability and efficiency of electrical grids. With the increasing complexity of power systems and the growing need for real-time monitoring, traditional asset management approaches are no longer sufficient. This paper presents the application of Artificial Intelligence (AI) and digital technologies in the analysis and optimization of large fleets of high-voltage assets. By leveraging advanced data analytics, machine learning, and smart tools such as substation digitalization platforms, the performance, health, and lifecycle of assets can be continuously monitored and analyzed. AI-driven systems, integrated with digital twins and predictive maintenance tools, enable the identification of potential failures and anomalies before they occur, reducing unplanned outages and improving asset utilization. In particular, substation digitalization allows for the creation of virtual representations of physical assets, enabling more precise monitoring, diagnostics, inspection and decision-making. Moreover, these platforms facilitate centralized data collection and visualization, supporting operators in optimizing asset management through intuitive dashboards and real-time insights. This paper explores the methodologies for AI-based asset analysis, highlighting the role of data fusion, real-time analytics, and cloud-based systems in large-scale fleet management. Case studies demonstrate how these technologies have led to significant reductions in downtime, increased operational efficiency, and enhanced predictive capabilities. Furthermore, the future potential of AI in managing high-voltage assets and advancing smart grid systems is discussed, providing a roadmap for next-generation power infrastructure.

Index Terms - High-Voltage Assets, Asset Management, Substation Digitalization, Predictive Maintenance, Smart Grid, Digital Twins

Poređenje različitih tipova mokrih polja u prečišćavanju otpadne vode

Comparison of Different Types of Constructed Wetlands for Wastewater Treatment

Nikola Stanković

* Akcionarsko društvo „Elektroprivreda Srbije“, Balkanska 13, 11 000 Beograd

Rezime - Ovaj rad istražuje efikasnost prečišćavanja otpadnih voda u različitim tipovima mokrih polja, uključujući horizontalne i vertikalne sisteme sa i bez aktivne aeracije i zasađenih biljaka. Analiza je sprovedena na osnovu merenja parametara kao što su biohemijska potrošnja kiseonika (BPK5), ukupni organski ugljenik (TOC), ukupni azot (TN) i amonijum azot (NH_4^+-N). Statistička analiza (ANOVA) i post hoc poređenje (Tukey HSD test) pokazali su da aerisana mokra polja značajno nadmašuju neaerisane sisteme, dok je zasađivanje biljaka poboljšalo efikasnost u svim slučajevima. Vertikalna mokra polja sa aktivnom aeracijom pokazala su veću efikasnost u odnosu na horizontalna u uklanjanju azota, posebno amonijum azota. Zaključeno je da mokra polja sa aktivnom aeracijom pružaju optimalne uslove za prečišćavanje vode, posebno u pogledu uklanjanja azota, dok dubina i tip supstrata takođe utiču na krajnje performanse. Rad doprinosi unapređenju ekološki održivih tehnologija tretmana otpadnih voda.

Ključne reči - prečišćavanje otpadnih voda, mokra polja, horizontalni i vertikalni tok, biljke, parametri prečišćavanja

Abstract - This paper investigates the efficiency of wastewater treatment using various types of constructed wetlands, including horizontal and vertical systems with and without active aeration and planted vegetation. The analysis is based on measurements of parameters such as biochemical oxygen demand (BOD_5), total organic carbon (TOC), total nitrogen (TN), and ammonium nitrogen (NH_4^+-N). Statistical analysis (ANOVA) and post hoc comparison (Tukey HSD test) revealed that aerated wetlands significantly outperform non-aerated systems, while planting vegetation improved efficiency in all cases. Vertical flow wetlands with active aeration demonstrated greater efficiency compared to horizontal systems in nitrogen removal, particularly ammonium nitrogen. It was concluded that wetlands with active aeration provide optimal conditions for wastewater purification, especially for nitrogen removal, while depth and substrate type also influence overall performance. This study contributes to the advancement of environmentally sustainable wastewater treatment technologies.

Index Terms - wastewater treatment, constructed wetlands, horizontal and vertical flow, vegetation, purification parameters

Izrada i primena uređaja za merenje operacionih vremena generatorskog prekidača u HE Đerdap 1

Development and Application of a Device for Measuring the Timing of the Generator Circuit Breaker in the Djerdap 1 Hydro-Power Plant

Dragan Nikolić, Miloš Gicić, Petar Nikolić, Dragan Marinović, Žarko Nestorović

Elektroprivreda Srbije AD Beograd, Ogranak HE Đerdap Kladovo

Rezime - U hidroelektrani Đerdap 1 koriste se generatorski prekidači sa tri prekidna mesta po fazi. Tokom eksploatacije došlo je do havarije na jednom generatorskom prekidaču. Prekidač je istog dana zamenjen sa rezervnim kako bi se nastavilo sa proizvodnjom električne energije. U narednim danima doneta je odluka da se popravka oštećenog prekidača izvrši uz korišćenje raspoloživog znanja stručnjaka koji rade na elektrani, raspoloživih resursa, sopstvenih rezervnih delova kao i pozajmljenih delova prekidača istog tipa sa druge elektrane. Jedan deo provere kvaliteta popravljenog generatorskog prekidača izvršen je merenjem vremena uključenja i isključenja prekidača kako za kompletan prekidač, tako i za svaku fazu pojedinačno kao i za svako prekidno mesto unutar jedne faze. U nedostatku specijalizovanog ispitnog uređaja za tu namenu stručnjaci Đerdapa 1 su razvili sopstvenu metodu merenja operacionih vremena prekidača uz upotrebu uređaja za akviziciju podataka i pomoćne električne šeme sastavljene od dostupnih elektronskih komponenti. Pored toga razvijen je i softver za utvrđivanje tačnog trenutka otvaranja i zatvaranja svakog kontakta prekidača. Na taj način utvrđeno je da je generatorski prekidač ispravan i spreman za pogon.

Ključne reči - visokonaponski prekidač za naizmeničnu struju, merenje operacionih vremena prekidača

Abstract - In the hydropower plant Djerdap 1 the generator circuit breakers with three break points per one phase are used. During the electricity production the malfunction of one generator circuit breaker appeared. Due to emergency in continual electricity power production circuit breaker is exchanged during same day with spare one. In the following days, a decision was made to repair the damaged circuit breaker using the available knowledge of experts working at the power plant, available resources, own spare parts as well as borrowed parts of the same type of circuit breaker from another power plant. The quality of repaired generator circuit breaker was provided by measuring the switching on and off time for both the whole generator circuit breaker and for every break point inside every phase. In the absence of specialized test devices for that purpose the engineers employed on the hydropower plant Djerdap 1 developed their own method for time measurement with precise data logger and auxiliary electric schema assembled of the available electronic components. Also, the software for determining the accurate moment of switching on and off for every contact of the generator circuit breaker. In that way it is proved that generator circuit breaker is correctly assembled and ready for use.

Index Terms - high-voltage AC circuit breaker, measurement of circuit breaker operating times

