

energija

| ekonomija | ekologija

es



ENERGETIKA 2020

energija

| ekonomija | ekologija



MONOGRAFIJA
XXXV Međunarodnog savetovanja
u organizaciji Saveza energetičara

ENERGETIKA 2020

ZBORNİK RADOVA CONFERENCE PROCEEDINGS

21-24. jun 2020. godine
Hotel Palisad, Zlatibor

SAVEZ ENERGETIČARA
Prof. dr Nikola Rajaković
Elektrotehnički fakultet Univerziteta u Beogradu
Bulevar kralja Aleksandra 73
11120 Beograd
Srbija
info@savezenergeticara.org

www.savezenergeticara.org

energija



| ekonomija | ekologija

Energija / Ekonomija / Ekologija

Monografija XXXV Međunarodnog savetovanja ENERGETIKA 2020 - Zbornik radova

Radovi su recenzirani uz tehničku obradu. Nijedan deo ove publikacije ne može biti reprodukovan, presnimavan ili prenošen bez prethodne saglasnosti Izdavača.

Izdavač: Savez energetičara
Bulevar kralja Aleksandra 73, 11020 Beograd
E-mail: info@savezenergeticara.org
www.savezenergeticara.org

Glavni i odgovorni urednik: Prof. dr Nikola Rajaković

Priprema i tehnička obrada: BBN Congress Management d.o.o.

Produkcija: NT Company

Tiraž: 150

Godina izdavanja: 2020.

CIP - Каталогизacija u publikaciji
Narodna biblioteka Srbije, Beograd

621.31(082)(0.034.2)
502.131.1:620.9(082)(0.034.2)
338.4:621.31(082)(0.034.2)

МЕЂУНАРОДНО саветовање Енергетика (35 ; 2020 ; Златибор)

Zbornik radova [Elektronski izvor] = Conference proceedings : XXXV Međunarodno savetovanje u organizaciji Saveza energetičara Energetika 2020 : 24-27. jun 2020. godine, Zlatibor / [glavni i odgovorni urednik] Nikola Rajaković. - Beograd : Savez energetičara, 2020 (Beograd : NT Company). - 1 elektronski optički disk (CD-ROM) ; 12 cm. - (Energija, ekonomija, ekologija, ISSN 0354-8651)

Sistemske zahteve: Nisu navedeni. - Radovi na više jezika. - Nasl. sa naslovne strane dokumenta. - Tiraž 150. - Napomene i bibliografske reference uz tekst. - Bibliografija uz svaki rad. - Abstracts.

ISBN 978-86-86199-02-7

а) Електроенергетика -- Зборници б) Енергетска политика -- Зборници в) Енергетски извори -- Одрживи развој -- Зборници

COBISS.SR-ID 15460873

energija

| ekonomija | ekologija

ORGANIZACIONO – PROGRAMSKO – NAUČNI ODBOR

Kopredsednici organizaciono-programsko-naučnog odbora:

Prof. dr Milun Babić, Predsednik Skupštine Saveza energetičara

Prof. dr Nikola Rajaković, Predsednik Saveza energetičara

Sekretarijat organizaciono-programsko-naučnog odbora:

dr Ilija Batas-Bijelić, naučni saradnik, v.d. Generalni sekretar Saveza energetičara

Prof. dr Dušan Gordić, v.d. Glavni i odgovorni urednik časopisa "Energija".

Sandra Alagić, Portparol ODS EPS Distribucija Beograd

Marko Popović, Direktor BBN Congress Management

Članovi:

Dr Matthias Jochem, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH, Germany

Dr Jean Rizzon, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH

Dr Patrick Weckes, Mitsubishi Hitachi Power System Europe GmbH

Prof. dr Jovica V. Milanović, The University of Manchester, Manchester Christian Kissling

Dejan Popović, Predsednik Agencije za energetiku Republike Srbije

Prof. dr Adriana Sida Manea, Politehnica-Universitety of Timisoara, Romania

dr Ivan Souček, Prague Institute of Chemical Technology, Czech Republic

Prof. dr Miloš Banjac, pomoćnik ministra u Ministarstvu Rudarstva i energetike Republike Srbije

Prof. dr Branko Kovačević, predsednik Nadzornog odbora JP Elektroprivreda Srbije

Prof. dr Miloš Nedeljković, Mašinski fakultet u Beogradu

Prof. dr Aleksandar Gajić, Mašinski fakultet u Beogradu

Prof. dr Damir Đaković, Fakultet tehničkih nauka u Novim Sadu

prof. dr Zlate Veličković, Vojna akademija, Univerzitet odbrane u Beogradu

Mirko Petković, Rafinerija ulja Modriča a.d. Modriča, Republika Srpska, BiH

Mladen Simović, direktor Energoprojekt ENTEL

Prof. dr Valentino Stojkovski, Faculty of Mechanical Engineering u Skopju, Republika Severna Makedonija

Prof. dr Zoran Markov, Faculty of Mechanical Engineering u Skopju, Republika Severna Makedonija

Ass. mr Marija Lazarevikj, Faculty of Mechanical Engineering u Skopju, Republika Severna Makedonija

Prof. dr Vlatko Cingoski, Goce Delcev University of Štip, Faculty of Electrical Engineering, Republika Severna Makedonija

dr Goce Vasilievski, Rudarski institut, u Skopju, Republika Severna Makedonija

Prof. dr Atanaso Tuneski, Faculty of Mechanical Engineering u Skopju, Republika Severna Makedonija

dr Aleksandar Levkoski, ELEM Macedonian Power Plants u Skopju, Republika Severna Makedonija

doc. dr Vladimir Rajs, Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu

Prof. dr Neven Dujić, Fakultet strojarstva i brodogradnje u Zagrebu

Prof. dr Mirko Komatina, Mašinski fakultet u Beogradu

Prof. dr Željko Đurišić, Elektrotehnički fakultet u Beogradu

Slobodan Babić, Poslovno udruženje Elektromašingradnja, Beograd

prof. dr Mirjana Laković, Mašinski fakultet u Nišu

Prof. dr Milan Petrović, Mašinski fakultet u Beogradu

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

Prof. Daniela Marasova, CSc. Technical university of Kosice Faculty of Mining, Ecology, Czech Republic

Prof. dr Беляков Алексей Васильевич, Российская Федерация

Mr Milenko Nikolić, direktor Instituta Mihailo Pupin - Automatika, Beograd

Olga Stavskaya, Lead Engineer JSC «ZiO-COTES», Russian Federation

Prof. dr Danijela Milošević, dekan Fakulteta tehničkih nauka u Čačku

Prof. dr Milo Tomašević, dekan Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu

Prof. dr Radivoje Mitrović, dekan Mašinskog fakulteta u Beogradu

Prof. dr Dobrica Milovanović, dekan Fakulteta inženjerskih nauka u Kragujevcu

Prof. dr Ozren Očić, Savez energetičara

dr Miodrag Arsić, IMS Beograd

Prof. dr Željko Despotović, Institut Mihailo Pupin Beograd

Prof. dr Zoran Rajić, Poljoprivredni fakultet Beograd

Prof. dr Silvana Ilić, Fakultet za menadžment Zaječar

Jovica Budimir, izvršni direktor JP Srbijagas

Prof. dr Pavlović Vladimir, Rudarsko-geološki fakultet

dr Radoslav Raković, "Energoprojekt Entel" a.d. Beograd

prof. dr Martin Čalasan, Elektrotehnički fakultet Podgorica

Prof. dr Nenad Đajić, Akademija inženjerskih nauka Srbije

Prof. dr Petar Đukić, Tehnološko-metalurški fakultet u Beogradu

Ljubo Mačić, specijalni savetnik Ekonomskog instituta iz Beograda



Sadržaj

Uvodno predavanje

| | |
|---|----|
| MOGUĆI SCENARIJI RAZVOJA ENERGETSKOG SEKTORA REPUBLIKE SRBIJE | 11 |
| Miloš Banjac, Srbija | |

Tema 1 - Ekonomska i regulatorno-razvojna pitanja energetskog sektora

| | |
|---|----|
| ANALIZA LEGISLATIVE KOJA UREĐUJE DJELATNOST SNABDIJEVANJA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM U BOSNI I HERCEGOVINI IZ PERSPEKTIVE SNABDJEVAČA - JP ELEKTROPRIVREDA BIH | 12 |
| Meliha Džizić, Džemo Borovina, Elvedin Grabovica, Bosna i Hercegovina | |
| ANALIZA MEĐUZAVISNOSTI POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE I RASTA BRUTO DOMAĆEG PROIZVODA U SRBIJI | 19 |
| Mileta Đurković, Vojin Grujić, Đorđe Ristić, Srbija | |
| OCENA I RAZVOJ STRATEGIJA ZA ODRŽIVO ENERGETSKO PLANIRANJE U SRBIJI PRIMENOM SWOT-AHP METODOLOGIJE | 24 |
| Bojan Stojčetović, Živče Šarkoćević, Dragan Lazarević, Jasmina Dedić, Srbija | |
| ZELENA EKONOMIJA I DUGOROČNA STRATEGIJA RAZVOJA ENERGETIKE | 30 |
| Gordana Kokeza, Srbija | |
| METODOLOGIJA ZA PRIORITIZACIJU INVESTICIONIH PROJEKATA | 35 |
| Miljan Žikić, Vladan Ristić, Vojislav Simović, Srbija | |
| NAJVEĆI IZAZOVI ENERGETSKE TRANZICIJE U SRBIJI: U SREDNJEM I DUGOM ROKU | 40 |
| Petar Đukić, Slaviša Đukanović, Srbija | |
| UPRAVLJANJE LJUDSKIM RESURSIMA U ENERGETSKIM KOMPANIJAMA – PRIMER KOMPANIJE ROSETI (RUSIJA) | 46 |
| Aleksandar Latinović, Jovana Petrović, Dragan Surudžić, Dušan Marinković, Jelena Drašković, Uroš Rajović, Milan Vuksan, Isidora Ljumović, Srbija | |
| ISTRAŽIVANJE MOGUĆIH SCENARIJA ENERGETSKE BUDUĆNOSTI REPUBLIKE SRBIJE UZ POMOĆ BACKCASTING METHODOLOGY I SOFTVERA ENERGOVIZIJA MB | 51 |
| Milun Babić, Srbija | |
| PROJEKTI SOLARNIH FOTONAPONSKIH SISTEMA U INDUSTRIJI | 60 |
| Miodrag Vuković, Aca Jovanović | |

Tema 2 - Elektroenergetske mreže i tržišta u energetici

| | |
|--|-----|
| REKONFIGURACIJA I OTOČNA KOMPENZACIJA DISTRIBUTIVNE MREŽE U SVRHU SMANJENJA GUBITAKA NA ELEKTRIČNU ENERGIJU | 65 |
| Branko Stojanović, Tomislav Rajić, Srbija | |
| STOHAŠTIČKA ANALIZA RADA I RAZVOJA ELEKTROENERGETSKOG SISTEMA SRBIJE | 73 |
| Đorđe Lazović, Aleksandar Savić, Mileta Žarković, Kristina Džodić, Srbija | |
| UTICAJ GREŠKE PRENOSNOG ODNOSA ENERGETSKOG TRANSFORMATORA NA ODREĐIVANJE POLOŽAJA REGULACIONE PREKLOPKE IZ STRUJA I NAPONA PRIMARA I SEKUNDARA | 81 |
| Siniša Spremić, Dušan Obradović, Srbija | |
| VOĐENJE PODATAKA O POUZDANOSTI ELEKTRODISTRIBUTIVNE MREŽE U ED KRAGUJEVAC | 86 |
| Miroslav Domanović, Biljana Janković, Srbija | |
| ANALIZA STANJA SISTEMA ZAŠTITE NA OBJEKTIMA ELEKTRANA SRBIJE I REPUBLIKE SRPSKE I SMERNICE ZA UNAPREĐENJE PODEŠENJA | 91 |
| Milorad Zakić, Miljana Todorović, Srbija | |
| UPOTREBA NOVIH TEHNOLOGIJA U UPRAVLJANJU DISTRIBUTIVNIM ELEKTROENERGETSKIM SISTEMOM | 100 |
| Milica Porobić, Sonja Nikolić, Gordana Jovanović, Ratko Rogan, Milan Ogrizović, Srbija | |
| ZAŠTITA TRONAMOTAJNOG ENERGETSKOG TRANSFORMATORA ZASNOVANA NA FAZNOJ KOMPARACIJI STRUJA | 106 |
| Jelisaveta Krstivojević, Zoran Stojanović, Milenko Đurić, Srbija | |
| ANALIZA IZVODLJIVOSTI JAVNOG OSVETLJENJA GRADA KRAGUJEVCA PRIMENOM RAZLIČITIH SVETLOSNIH IZVORA | 113 |
| Zoran Kovačević, Marija Mladenović, Srbija | |

| | |
|---|------------|
| PROBLEMATIKA PRIKLJUČENJA VETROELEKTRANA NA PRENOSNU MREŽU EMS AD..... | 118 |
| Saša Zdravković, Milan Blažić, Branko Šumonja, Marija Đorđević, Julijana Vićovac, Nebojša Đurin, Srbija | |
| ANALIZA UTICAJA INTEROPERABILNOSTI NA TROŠKOVE UVOĐENJA SISTEMA ZA DALJINSKO OČITAVANJE BROJILA I UPRAVLJANJE POTROŠNJOM | 124 |
| Jovan Vujašinović, Goran Savić, Nikola Rajaković, Srbija | |
| IMPLEMENTACIJA ALGORITMA KOLONIJE MRAVA ZA OPTIMALNU REKONFIGURACIJU DISTRIBUTIVNE MREŽE | 128 |
| Predrag Mršić, Bosna i Hercegovina, Nikola Rajaković, Srbija | |
| ANALIZA ZAGREVANJA BAKARNIH PROVODNIKA SA STRUJOM | 136 |
| Karolina Kasaš-Lažetić, Gorana Mijatović, Dejana Herceg, Miroslav Prša, Srbija | |
| UTICAJ ARMIRANO BETONSKOG STUBA NA RASPODELU MAGNETSKOG POLJA MEŠOVITOG VODA | 142 |
| Teodora Gavrilov, Karolina Kasaš-Lažetić, Kristian Haška, Miroslav Prša, Srbija | |
| PRORAČUN EKVALENTNOG VREMENA TRAJANJA GUBITAKA NA OSNOVU IZMERENIH ISTORIJSKIH VREDNOSTI | 149 |
| Vojislav Simović, Vladan Ristić, Miljan Žikić, Ivan Trkulja, Srbija | |
| POBOLJŠANJE KVALITETA ISPORUKE ELEKTRIČNE ENERGIJE OPŠTINE OBRENOVAC U PERIODU 2016.-2018. | 154 |
| Aleksandar Milojković, Dragan Milenković, Srbija | |
| BRZA REGULACIJA FREKVENCIJE U SISTEMIMA MALE INERCIJE | 160 |
| Jelena Stojković, Predrag Stefanov, Srbija | |
| PRIMENA GIS REZULTATA I GIS ANALIZE NAKON PRIKUPLJENIH TERENSKIH PODATAKA O DISTRIBUTIVNOJ MREŽI NA PRIMERU OGRANKA MLADENOVAC | 166 |
| Vladimir Stojičić, Srbija | |

Tema 3 - Energetska efikasnost (domaćinstva, komunalni sektor, industrija, zgradarstvo, ...

| | |
|---|------------|
| LABORATORIJSKIM ISTRAŽIVANJEM DO IZBORA MJESTA UVOĐENJA STEPENOVANOG VAZDUHA ZA SAGORIJEVANJE U LOŽIŠTE..... | 174 |
| Nihad Hodžić, Anes Kazagić, Kenan Kadić, Bosna i Hercegovina | |
| POBOLJŠANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI INDUSTRIJSKE GASNE PEĆI KORIŠĆENJEM SISTEMA PONOVNE UPOTREBE TOPLOTE | 181 |
| Vlatko Cingoski, Sašo Gelev, Zoran Kocevski, Republika Severna Makedonija | |
| TOPLOTNO BILANSIRANJE I POVEĆANJE EFIKASNOSTI KORIŠĆENJA TOPLOTNE ENERGIJE VRTIČA „ZEKA“ U GRADU KRAGUJEVCU, SRBIJA..... | 187 |
| Davor Jovanović, Dušan Gordić, Jelena Nikolić, Mladen Josijević, Nebojša Jurišević, Srbija | |
| REKONSTRUKCIJA ELEKTROMOTORNOG POGONA KOLICA TRANSPORTNIH TRAKA T5L I T5P U SISTEMU DOPREME UGLJA NA TERMOELEKTRANI „NIKOLA TESLA“-B.... | 194 |
| Željko V. Despotović, Aleksandar Ribić, Dejan Đokić, Ranko Rakijaš, Dušan Ivanić, Srbija | |
| PREGLED MERA ENERGETSKE EFIKASNOSTI I SPROVOĐENJE ENERGETSKOG PREGLEDA U PREHRAMBENOJ INDUSTRIJI..... | 203 |
| Mladen Josijević, Vanja Šušteršić, Dušan Gordić, Vladimir Vukašinović, Danijela Nikolić, Nikola Rakić, Srbija | |
| POBOLJŠAVANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI HIDRAULIČNIH SISTEMA KOD TEŠKIH MAŠINA..... | 209 |
| Emil Zaev, Darko Babunski, Laze Trajkovski, Dejvid Anastasovski, Republika Severna Makedonija, Gerhard Rath, Austrija | |
| OTPADNI GAS KAO ENERAGENT – POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI U SKLADU SA STRATEGIJOM RAZVOJA HIP-PETROHEMIJE | 217 |
| Siniša Petrić, Biljana Suslov, Srbija | |
| ISPITIVANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI U DOMAĆINSTVIMA NA TERITORIJI GRADA NOVOG SADA | 222 |
| Ivona Cokić, Aleksandra Ivanović, Srbija | |
| PRIMJENA RC-MODELA U SIMULACIJI DINAMIČKIH PROCESA RAZMJENE TOPLOTE GRAĐEVINSKIH OBJEKTA SA OKRUŽENJEM | 228 |
| Svetlana Dumonjić-Milovanović, Petar Gvero, Zdravko Milovanović, Bosna i Hercegovina | |
| SISTEM MENADŽMENTA ENERGIJOM HIP-PETROHEMIJA PANČEVO | 234 |
| Biljana Suslov, Miša Bulajić, Srbija | |

Tema 4 - Nove tehnologije u energetici

| | |
|---|------------|
| LABORATORIJSKIM ISTRAŽIVANJEM PULSIRAJUĆEG SAGORIJEVANJA DO NOVIH TEHNOLOGIJA U TERMOENERGETICI | 238 |
| Nihad Hodžić, Sadit Metović, Bosna i Hercegovina | |
| OPTIMIZACIJA KONCENTRATORA VAZDUHA VETROTURBINA SA VERTIKALNOM OSOM OBRTANJA | 244 |
| Ognjen Peković, Jelena Svorcan, Aleksandar Simonović, Toni Ivanov, Dragoljub Tanović, Srbija | |
| ISPITIVANJE MEHANIČKIH KARAKTERISTIKA KOMPOZITNIH PLOČA NA ISTEZANJE | 250 |
| Marija Baltić, Mohammad Sakib Hasan, David Daou, Aleksa Milovanović, Aleksandar Kovačević, Miloš Milošević, Srbija | |
| OTKRIVANJE I ANALIZA SIGNALA PARCIJALNIH PRAŽNENJA U ENERGETSKOM TRANSFORMATORU UHF METODOM | 256 |
| Đorđe Dukanac, Srbija | |
| NUMERIČKA STRUKTURALNA ANALIZA KOMPOZITNE LOPATICE VETROTURBINE ... | 262 |
| Milica Milić, Jelena Svorcan, Vladimir Jazarević, Srbija | |
| MODIFIKACIJA MODELA HIDROELEKTRIČNE CENTRALE PREKO IZMERENIH ODZIVA REALNE CENTRALE | 267 |
| Darko Babunski, Pance Bogoevski, Emil Zaev, Atanasko Tuneski, Republika Severna Makedonija | |
| RAZVOJ PROPELERSKE TURBINE SA PROMENLJIVOM BRZINOM ZA PIKO HIDROELEKTRANE..... | 272 |
| Filip Stojkovski, Slovenija, Valentino Stojkovski, Republika Severna Makedonija | |
| OPTIMIZACIJSKI MODEL ZA ODREĐIVANJE PARAMETARA EKSPLOATACIJE TURBINA KOD HEC SA VIŠE AGREGATA | 278 |
| Zvonimir Kostikj, Jovan Adamovski, Vojo Atanasovski, Jovan Stefanovski, Valentino Stojkovski, Republika Severna Makedonija | |
| ODNOS INOKULUM/SUPSTRAT: PRORAČUNSKE METODE | 285 |
| Nikola Rakić, Vanja Sušteršič, Dušan Gordić, Mladen Josijević, Nebojša Jurišević (Srbija), Jelena Nikolić, Srbija | |
| NEKI ASPEKTI PRIMENE HERMETIČKI ZAPTIVENIH TRANSFORMATORA 20(10)/0,4 KV U DISTRIBUTIVNOJ MREŽI SRBIJE..... | 292 |
| Vladimir Ostračanin, Veljko Jovanović, Radomir Todorović, Novica Knežević, Nenad Janković, Srbija | |
| ANALIZA RAZLOGA NASTANKA PUKOTINA NA CEVOVODU JELOVSKI SIFON | 297 |
| Aleksandar Levkoski, Valentino Stojkovski, Darko Mičkoski, Republika Severna Makedonija | |
| IZAZOVI U PROJEKTOVANJU I MONTAŽI HIDROMEHANIČKE OPREME VELIKIH RAZMERA | 305 |
| Filip Stojkovski, Sašo Belšak, Robert Broz, Slovenija | |
| FRANCIS TURBINE S PROMJENJIVOM BRZINOM U MALIM HIDROELEKTRANAMA: MOGUĆNOSTI I IZAZOVI | 312 |
| Filip Stojkovski, Slovenija, Marija Lazarevikj, Valentino Stojkovski, Zoran Markov, Republika Severna Makedonija | |
| STRATEGIJA ZA REVITALIZACIJU OPREME MHE SA EFEKTIMA ZA POVEĆANJE ENERGETSKE EFIKASNOSTI HS STREZEVO..... | 318 |
| Jovan Adamovski, Metodija Gramatkovski, Dame Korunoski, Valentino Stojkovski, Republika Severna Makedonija | |
| ANALIZA ALGORITAMA ZA KOMPENZACIJU ZASIĆENJA STRUJNOG TRANSFORMATORA | 324 |
| Nenad Belčević, Zoran Stojanović, Srbija | |
| PRIMENA SOFTVERSKOG ALATA XGSLAB ZA PRORAČUN ELEKTROMAGNETSKOG POLJA U BLIZINI DALEKOVODA | 331 |
| Dragutin Salamon, Jovan Mikulović, Tomislav Rajić, Srbija | |
| INCIDENTI U INFORMACIONO-KOMUNIKACIONIM SISTEMIMA U ENERGETICI..... | 337 |
| Zdravko Ristić, Duško Ralić, Srbija | |
| MOGUĆNOSTI UPOTREBE REZNICA MALINE I KUPINE ZA PROIZVODNJU: PELETA, BRIKETA, TERMO-ZVUČNE IZOLACIONE PLOČE I KOMPOSTA..... | 345 |
| Srećko Čurčić, Sandra Milunović Koprivica, Milan Vesković, Srbija | |
| HIBRIDNO NAPAJANJE TELEKOMUNIKACIONE I MERNE OPREME DALJINSKIH MERNIH STANICA U SISTEMIMA ZAŠTITE OD POPLAVA | 350 |
| Željko V. Despotović, Marko Tajdić, Jovan Kon, Srbija | |
| SANACIJA OŠTEĆENJA VRATILA I LOPATICA VENTILACIONOG PRSTENA GENERATORA AGREGATA NA HIDROELEKTRANI..... | 360 |
| Miodrag Arsić, Vencislav Grabulov, Mladen Mladenović, Srđan Bulatović, Zoran Savić, Srbija | |
| SANACIJE OŠTEĆENIH POVRŠINA RUKAVACA I ZAVARENIH OBLOGA LOPATICA USMERNOG APARATA NA HIDROELEKTRANI ĐERDAP 1 | 364 |
| Miodrag Arsić, Srđan Bošnjak, Vencislav Grabulov, Mladen Mladenović, Dušan Arsić, Srbija | |

Tema 5 – Obnovljivi izvori energije (sunce, vetar, voda biomasa, biogas, geotermalna energija,...)

| | |
|---|------------|
| SKLADIŠTENJE ELEKTRIČNE ENERGIJE U NISKONAPONSKOJ DISTRIBUTIVNOJ MREŽI SA FOTONAPONSKIM ELEKTRANAMA | 369 |
| Sakib Jusić, Bosna i Hercegovina | |
| ENERGETSKO - EKONOMSKA ANALIZA RADA VETROELEKTRANA U SRBIJI SA ASPEKTA JP EPS..... | 377 |
| Nikola Milićević, Vladimir Brković, Srbija | |
| PROJEKTOVANJE MODELA OPTIMALNOG UPRAVLJANJA SA KASKADNO POVEZANIM HIDROELEKTRANAMA..... | 382 |
| Darko Babunski, Sašo Spasovski, Emil Zaev, Atanasko Tuneski, Republika Severna Makedonija | |
| SKRIVENI HIDROENERGETSKI POTENCIJAL U SISTEMU HEC VRBEN | 388 |
| Ejup Bekiri, Valentino Stojkovski, Stojče Ilieski, Republika Severna Makedonija | |
| ANALIZA KAPACITETA I USLOVA IZGRADNJE FOTONAPONSKIH SISTEMA NA KROVOVIMA ŠKOLSKIH OBJEKTA U SRBIJI..... | 394 |
| Iva Batić, Željko Đurišić, Srbija | |
| NAPAJANJE STAMBENOG OBJEKTA POMOĆU OBNOVLJIVIH IZVORA ENERGIJE PRIMJENOM PROGRAMA HOMER..... | 402 |
| Velemir Gavrilović, Bosna i Hercegovina | |
| ZAMENA IZOLACIONIH ULOŽAKA NA STATORU SINHRONOG GENERATORA U HIDROELEKTRANI POTPEĆ..... | 409 |
| Predrag Mladenović, Predrag Šaponjić, Srbija | |
| KORIŠĆENJE ALATA ZA TRŽIŠNO MODELOVANJE PRI ANALIZI BENEFITA PO ELEKTROENERGETSKI SISTEM IZGRADNJOM NOVOG INTERKONEKTIVNOG DALEKOVODA..... | 414 |
| Srđan Bošković, Srbija | |
| FOTONAPONSKE ELEKTRANE SA MODULIMA SA DVOSTRANIM AKTIVNIM POVRŠINAMA | 420 |
| Vladan Durković, Crna Gora, Željko Đurišić, Srbija | |
| TEHNOEKONOMSKA ANALIZA PROIZVODNJE BRIKETA I PELETA | 427 |
| Sandra Milunović Koprivica, Ivan Lapčević, Srećko Čurčić, Srbija | |
| UPOREDNA TERMODINAMIČKA ANALIZA ORGANSKOG RANKINOVOG I KALINA CIKLUSA..... | 434 |
| Miloš Banjac, Srbija | |
| UTICAJ SOLARNE ELEKTRANE NA KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE U NISKONAPONSKOJ DISTRIBUTIVNOJ MREŽI | 440 |
| Hidajet Salkić, Amir Softić, Amer Salkić, Bosna i Hercegovina | |
| PRIMENA GIS-A I FUZZY LOGIKE U EVALUACIJI POGODNIH LOKACIJA ZA SOLARNE PARKOVE | 449 |
| Ljubomir Gigović, Zlate Veličković, Zoran Bajić, Srbija | |
| PROVERA TEHNIČKIH PARAMETARA GENERATORA I BLOK-TRANSFORMATORA ZA POTREBE UKLAPANJA HE KOMARNICA U EES CRNE GORE | 456 |
| Brankica Popović Zdravković, Zoran Popović, Srbija | |
| PRIMENA LAGRANŽOVE OPTIMIZACIJE NA PROBLEMATIKU PROIZVODNJE ENERGIJE IZ OBNOVLJIVIH IZVORA..... | 463 |
| Vladan Ristić, Nikola Rajaković, Srbija | |
| ANALIZA MOGUĆIH EFEKATA REGULACIJE REAKTIVNIH SNAGA U PERSPEKTIVNIM VETROELEKTRANAMA NA NAPONSKE PRILIKE I GUBITKE U PRENOSNOJ MREŽI SRBIJE..... | 472 |
| Milica Koprivica, Ivana Stamenić, Željko Đurišić, Srbija | |
| OPERATIVNI REŽIM RADA HIDROELEKTRANA U KASKADNOM SISTEMU ZAVISNO OD POTREBE ENERGETSKOG SISTEMA | 478 |
| Sofija Nikolova Poceva, Anton Chaushevski, Valentino Stojkovski, Zoran Markov, Republika Severna Makedonija | |
| DEKARBONIZACIJA TRANSPORTNOG SEKTORA KROZ INTEGRACIJU FOTONAPONSKIH SISTEMA I ELEKTRIČNIH VOZILA..... | 485 |
| Đorđe Lazović, Bojana Škrbić, Kristina Džodić, Željko Đurišić, Srbija | |
| UTICAJ VETROPARKOVA NA ŽIVOTNU SREDINU | 493 |
| Nada Curović, Nebojša Petrović, Ivan Milanov, Srbija | |
| PREDIKCIJA INTENZITETA GLOBALNOG SUNČEVOG ZRAČENJA PRIMENOM VEŠTAČKIH NEURONSKIH MREŽA | 500 |
| Milan Marjanović, Nedeljko Dučić, Vojislav Vujičić, Snežana Dragičević, Srbija | |

| | |
|--|-----|
| ELEKTRIČNI AUTOMOBILI SA INTEGRISANIM FOTONAPONSKIM SISTEMOM | 505 |
| Vladimir Antonijević, Željko Đurišić, Srbija | |
| EKSPERIMENTALNO ISTRAZIVANJE KOEFICIJENTA PRITISKA AEROPROFILA U VAZDUSNI TUNEL | 512 |
| Borjan Janoski, Viktor Aleksoski, Marija Lazarevikj, Viktor Iliev, Makedonija | |

Tema 6 - Neobnovljivi izvori energije i nove tehnologije u energetici

| | |
|--|-----|
| ANALIZA VIBRACIJA NA STRELI KOPAČA UGLJA U SISTEMU NA DOPREMI UGLJA NA TERMOELEKTRANI „NIKOLA TESLA“-B | 517 |
| Željko V. Despotović, Aleksandar Ribić, Aleksandar Pavlović, Uroš Tanasić, Nenad Glišić, Srbija | |
| ISKUSTVO I PREDNOSTI RADA KOMBINIRANE GASNE ELEKTRANE TE-TO AD SKOPLJE NA CENTRALNOM SISTEMU GREJANJA U GRADU SKOPLJU | 524 |
| Dejan Kitanovski, Hristo Kirovski, Gjorgi Karaliev, Republika Severna Makedonija | |
| SIGURNOST SNABDEVANJA PRIRODNIM GASOM U REPUBLICI SRBIJI | 529 |
| Dejan Ivezić, Marija Živković, Srbija | |
| ANALIZA SAVREMENIH SISTEMA ZA PRAĆENJE KVANTITATIVNOG STANJA DERIVATA NAFTE U SKLADIŠTU I TERENSKIM USLOVIMA | 534 |
| Darko Latinkić, Jovica Bogdanov, Radovan Karkalić, Mihael Bučko, Srbija | |
| ISPITIVANJE ELEMENATA ZAŠTITE OD ATMOSFERSKOG PRAŽNJENJA UNAPREĐENIM METODAMA | 539 |
| Dejan Mojić, Daliborka Ilić, Srbija | |
| VIBRO-MONITORING SISTEM ZA TURBINE, ILI BILO KOJE DRUGE ROTACIONE MAŠINE | 546 |
| Vladimir Nešić, Aleksa Srećković, Ognjen Ristić, Predrag Marić, Srbija | |
| IMPLEMENTACIJA SISTEMA DOJAVE POŽARA NA LOKOMOTIVAMA ŽELEZNIČKOG TRANSPORTA U TENT-U | 551 |
| Nenad Jovanić, Dragana Miletić, Saša Trivić, Đorđe Babić, Srbija | |

Tema 7 - Multisektorski zadaci u oblasti unapređenja životne sredine na putu Republike Srbije prema EU

| | |
|--|-----|
| ENERGETSKO SIROMAŠTVO | 557 |
| Slavica Bardić, Hrvatska | |
| ZELENI PRSTEN KAO METOD UNAPREĐENJA ŽIVOTNE SREDINE U JP EPS | 563 |
| Jovana Šejat, Sandra Stefanović, Tijana Starčević, Srbija | |
| PRIMENA JEFTINOG ADSORBENTA NA BAZI LETEĆEG PEPELA ZA UKLANJANJE PESTICIDA IZ VODE | 570 |
| Zlate Veličković, Zoran Bajić, Aleksandar Marinković, Milica Karanac, Radovan Karkalić, Snežana Radić, Ljubomir Gigović, Srbija | |
| OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE - PRIMARNI MEHANIZAM ENERGETSKE POLITIKE EUROPSKE UNIJE | 576 |
| Milan Ivanović, Hrvoje Glavaš, Hrvatska | |
| METODOLOGIJE ENERGETSKO – KLIMATSKOG PLANIRANJA ZAPADNOG BALKANA: NAJNOVIJA DOSTIGNUĆA IZ REPUBLIKE SRBIJE I BOSNE I HERCEGOVINE | 582 |
| Ilija Batas Bjelić, Nikola Rajaković, Srbija | |
| SAJBER BEZBEDNOST U ENERGETSKOM SEKTORU | 583 |
| Biljana Trivić, Darko Šošić, Srbija | |
| SMANJENJE EMISIJE NOX IZ BLOKA A4 TE NIKOLA TESLA – IMPLEMENTACIJA PROJEKTA FINANSIRANOG IZ SREDSTAVA EU IZ PERSPEKTIVE FIDIC INŽENJERA | 590 |
| Danila Stančević, Jasna Grujić, Srbija | |
| ZAGAĐENJE ŽIVOTNE SREDINE I NAFTA I GAS | 597 |
| Sonja Ketin, Rade Biočanin, Mirjana Vojinović Miloradov, Marko Andrejić, Srbija | |

Sanacija oštećenja vratila i lopatica ventilacionog prstena generatora agregata na hidroelektrani

Repair of shaft and ventilation ring vanes damages of the generator of the hydroelectric generating set at the hydro power plant

Miodrag Arsić*, Vencislav Grabulov*, Mladen Mladenović*, Srđan Bulatović*, Zoran Savić*

* Institute for materials testing, Belgrade, Serbia

Apstrakt - Hidroelektrana Pirot, koja je izgrađena 1990 godine, je akumulaciona elektrana derivacionog tipa, koja se sastoji od dva nadzemna vertikalna agregata sa Francis turbinama nominalne snage 41,5 MW, proizvedene u Češkoj Republici, tunela i ukopanog cevovoda ukupne dužine 2030 m i prečnika od Ø 3000 mm do Ø 3500 mm. Cevovod debljine lima 22 mm je projektovan i izgrađen bez ankernih blokova na prelomima, što predstavlja retkost u svetu. Maksimalni pritisak u cevovodu ispred turbinskog zatvarača je 2,5 MPa. U radu su na osnovu rezultata ispitivanja metodama bez razaranja (vizuelno ispitivanje, ispitivanje penetrantima, ultrazvučno ispitivanje) izvršene analiza stanja vratila generatora sa mehaničkim oštećenjima i lopatica gornjeg i donjeg ventilacionog prstena za vazdušno hlađenje rotora generatora sa korozionim, erozionim i pre svega kavitacionim oštećenjima agregata A2. Za utvrđena oštećenja dati su postupci revitalizacije navedenih vitalnih delova generatora bez njihove potpune demontaže, čijom je primenom samo na sanaciji oštećena uštedeno oko 100.000 €. Računajući i vreme potrebno za njihovu potpunu demontažu i ponovnu montažu, što je u direktnoj vezi sa količinom hidro energije koju bi agregat A2 proizveo u tom periodu, ukupna ušteda bi iznosila oko 500.000 €.

Ključne reči - hidroagregat, vratilo generatora, lopatica ventilacionog prstena, sanacija oštećenja

Abstract- Hydro power plant 'Pirot', which was built in 1990, is an accumulation-derivative power plant, which consists of 2 above-ground vertical hydroelectric generating sets that contain Francis turbines with nominal power of 41,5 MW, manufactured in Czech Republic, a tunnel and a sunken pipeline with overall length of 2.030 m and diameter that ranges from 3.000 to 3.500 mm. Pipeline, made of 22 mm thick pipes, has been designed and built without anchor blocks at curvatures, which is a rarity elsewhere. Maximum pressure of 2.5 MPa occurs in front of the turbine cover. This paper contains the analysis of the state of the generator shaft on which the mechanical damages were

detected, as well as the analysis of the state of vanes of the upper and lower ventilation ring designed for air cooling of the generator rotor where corrosion, erosion and, most of all, cavitation damages were detected, based on results of non-destructive testing (visual testing, penetrant testing, ultrasonic testing). Procedures for the rehabilitation of damaged components without disassembling them were defined. The execution of these procedures helped in saving approximately 100.000 €. Taking into account the period of time necessary to perform complete disassembling of components, as well as the period of time needed to perform reassembling, which is directly linked with the amount of energy the hydroelectric generating set A2 would produce during that period, the overall save would amount up to approximately 500.000 €.

Index Terms- hydroelectric generating set, turbine shaft, ventilator ring vane, damage repair.

I. INTRODUCTION

Hydro power plant Pirot, which was built in 1990, is an accumulation-derivative power plant, which consists of above-ground vertical hydroelectric generating sets that contain Francis turbines with nominal power of 41,5 MW, manufactured in Czech Republic, a tunnel and a sunken pipeline with overall length of 2.030 m and diameter that ranges from 3.000 to 3.500 mm. Pipeline, made of 22 mm thick pipes, has been designed and built without anchor blocks at curvatures, which is a rarity elsewhere. Maximum pressure of 2.5 MPa occurs in front of the turbine cover.

In figures 2 and 3 the mechanical damages detected at the upper and lower section of the generator shaft are shown. By dimensional checks it was determined that damages at the shaft are not more than 2 mm deep. Damages detected at the vanes of upper and lower ventilation ring for air cooling of the generator rotor are shown in figure 4. Corrosion, erosion and, most of all, cavitation damages at vanes, up to 1 mm deep, were detected by penetrant testing, figure 5.

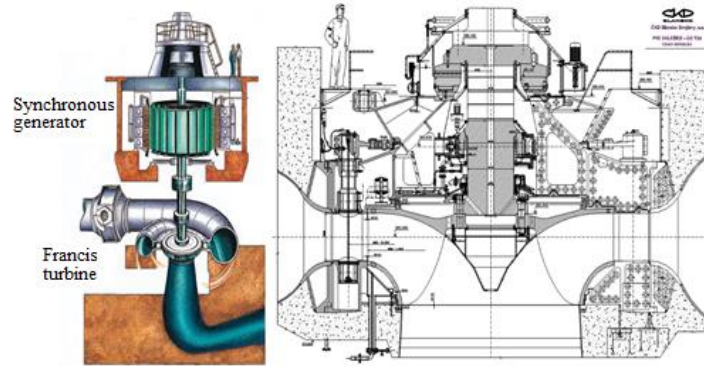
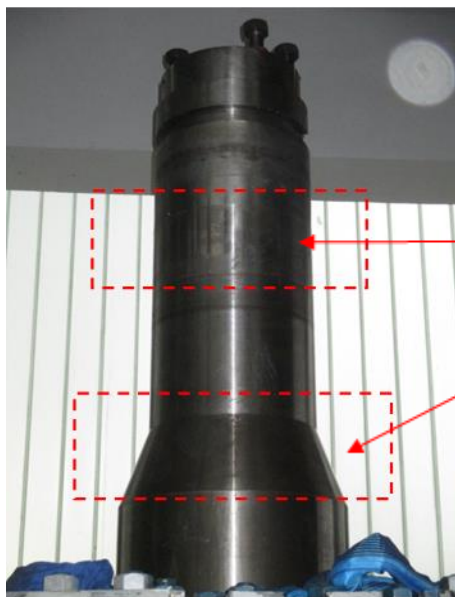
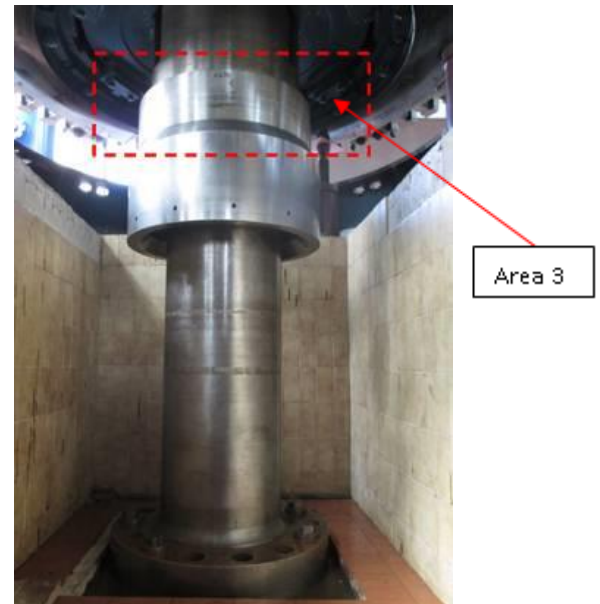


Figure 1. Appearance of the vertical Francis turbine, with nominal power of 41.5 MW



a) Appearance of mechanical damages detected at the upper section of the generator shaft



b) Appearance of mechanical damages detected at the lower section of the generator shaft

Figure 2. Appearance of mechanical damages detected at the upper and lower section of the generator shaft



a) Appearance of mechanical damages in area 1



b) Appearance of mechanical damages in area 2

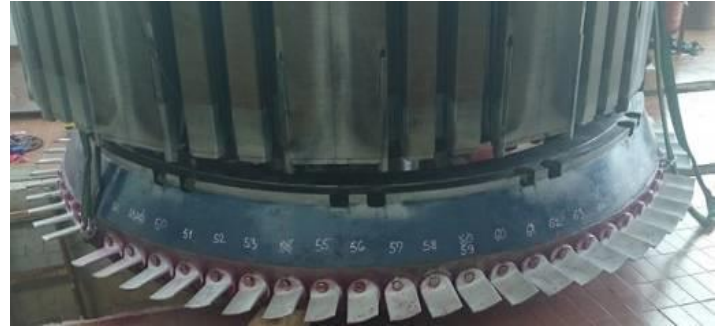


c) Appearance of mechanical damages in area 3

Figure 3. Detailed appearance of damages detected at the upper and lower section of the generator shaft

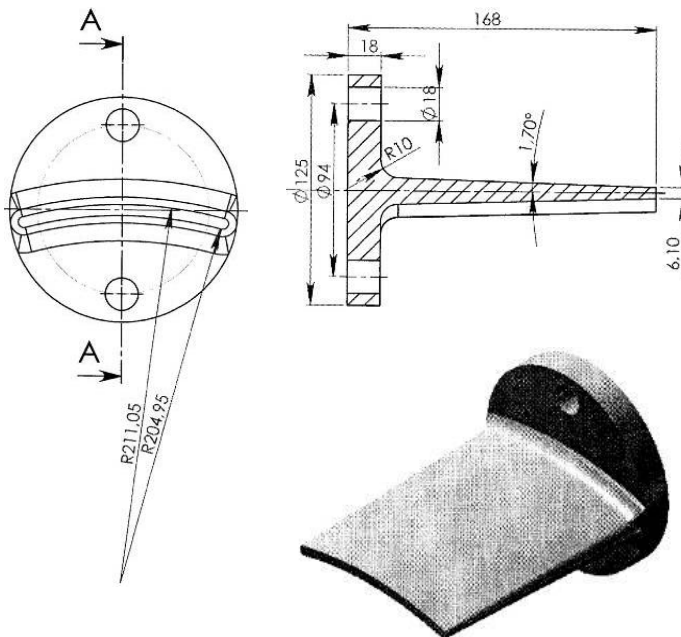


a) Upper row of ventilation ring vanes



a) Lower row of ventilation ring vanes

Figure 4. Appearance of mechanical damages detected at the upper and lower row of the ventilation ring vanes



a) Upper and lower ventilation ring vane



b) Upper ventilation ring vane c) Lower ventilation ring vanes

Figure 5. Corrosion and cavitation damages detected at the upper and lower ventilation ring vanes

II. REPAIR OF DAMAGES DETECTED AT THE SHAFT AND VENTILATION RING VANES FOR AIR COOLING OF THE GENERATOR ROTOR

The procedures for rehabilitation of the generator shaft and vanes of the upper and lower ventilation ring for air cooling of the generator rotor without complete disassembly [2] are presented below.

A. Repair of areas with mechanical damages at the generator shaft

On the basis of the analytical and numerical calculation of the generator shaft with mechanical damages it was determined that its repair could be performed only by fine grinding.

B. Repair of ventilation ring vanes for air cooling of the generator rotor

Vaness of the upper and lower ventilation ring for air cooling of the generator rotor were manufactured by casting the stainless

steel with 13% of Chrome and 1% of Nickel. Chemical composition required in Technical conditions, as well as chemical composition of vane material are presented in table 1, while mechanical properties are presented in table 2.

Table 1. Chemical composition, values in [%]

| Element | Technical condition | Vane material |
|---------|---------------------|---------------|
| C | $\leq 0,15$ | 0.13 |
| Cr | 11.5 - 14 | 13.85 |
| Ni | 0.7 - 1.2 | 1.13 |
| Mn | 0.5 - 0.9 | 0.78 |
| Si | ≤ 0.60 | 0.41 |
| P | ≤ 0.035 | 0.025 |
| S | ≤ 0.015 | 0.018 |
| Cu | ≤ 0.50 | 0.10 |

Table 2. Mechanical properties

| Mechanical properties | Technical condition | Vane material |
|--|---------------------|---------------|
| Yield strength, YS [N/mm ²] | 390 | 522 |
| Tensile strength, TS [N/mm ²] | 550 | 701 |
| Elongation, A5 [%] | 15.0 | 20.2 |
| Contraction, Z [%] | 50.0 | 60.8 |
| Impact energy, KCU _{300/2} [J/cm ²] | 50 (- 20°C) | 53 / 70 / 76 |

After the detection of corrosion, erosion and, most of all, cavitation damages at the vanes of the upper and lower ventilation ring for air cooling of the generator rotor, general opinion regarding the cause of the aforementioned degradation of vane material during service and general recommendation regarding the damage repair through the application of welding / surface welding technology were obtained.

B.1 Selection of the Procedure for Repair Welding / Surface Welding

The applicability of the welding procedure 111 was determined through the analysis of parameters on which the repair welding/surface welding procedure depends (weldability of material, energetic possibilities of welding procedures, geometric complexity of the structure, economic parameters). Due to limited capability of performing pre-heating and heat treatment after repair welding/surface welding, the optimal solution is to use the basic coated electrode.

B.2 Selection of Filler Material

Selection of filler material (electrode) was carried out on the basis of weldability of steel with 13,85% of chrome and 1,13% of nickel, dimensions and location of damaged areas due to corrosion, erosion and, most of all, cavitation, possibility of performing heat treatment, machinability of surface welds and experience of NDT staff regarding the repair of Francis turbine vanes.

Taking into account the aforementioned, the martensitic-ferrite electrode OK 68.17, manufactured by ESAB, Germany, was selected. Welds formed through the use of this electrode are resistant toward corrosion, erosion and cavitation [3]. Chemical composition of this electrode is presented in table 3, while mechanical properties of weld metal are presented in table 4.

Table 3. Chemical composition of electrode, values in [%]

| Element | Electrode OK 68.17 |
|---------|--------------------|
| C | 0.04 |
| Cr | 11.75 |
| Ni | 0.7 – 1.2 |
| Mn | 0.5 – 0.9 |
| Si | ≤ 0.60 |
| P | ≤ 0.035 |
| S | ≤ 0.015 |
| Cu | ≤ 0.50 |

Table 4. Mechanical properties of electrode OK 68.17

| Mechanical properties | Electrode OK 68.17 |
|--|--------------------|
| Yield strength, YS [N/mm ²] | 500 |
| Tensile strength, TS [N/mm ²] | 750 |
| Elongation, A5 [%] | min 20 |
| Impact energy, KCU _{300/2} [J/cm ²] | min 40 (- 200C) |

B.3 Technology for repair of damaged vanes

Basic principles of the repair technology for welding / surface welding of ventilation ring vanes for air cooling of generator rotor contain the following;

- Areas at vanes where corrosion, erosion and, most of all, cavitation damages were detected, were locally pre-heated at 150°C after the preparation was performed by angular and frontal grinder;
- Welding/surface welding was performed through the use of electrode OK 68.17 with 2.5 mm diameter
- After welding/surface welding was performed, vanes were additionally heated at 150°C for an hour; then isolated from both sides and slowly air-cooled;
- After the repair of areas where mechanical damages were detected by welding/surface welding was performed, welds were finely grinded by angular and frontal grinders in order to obtain adequate geometry and surface roughness.

III.CONCLUSION

Successfulness of the repair methodology carried out in areas where damages were detected has been acknowledged by the equipment manufacturer "ČKD Blansko" from Czech Republic. It should also be noted that significant financial effect was achieved, because the avoidance of complete disassembling helped to save approximately 100.000 €. Taking into account the period of time necessary to perform complete disassembling of components, as well as the period of time needed to perform reassembling, which is directly linked with the amount of energy the hydroelectric generating set A2 would produce during that period, the overall save would mount up to 500.000 €.

ACKNOWLEDGMENT

The authors acknowledge the support from the Serbian Ministry of Education, Science and Technological Development for projects TR 35006.

REFERENCES

- [1] Manufacturer's Documentation for the Hydroelectric Generating Set, ČKD Blansko, Czech Republic, 1990.
- [2] OK 68.17, E 13 4 R 3 2, Coated electrode designed for the welding of stainless-steel castings of the 13Cr4NiMo type, ESAB, Czech Republic.

AUTHORS

Miodrag Arsić, PhD, miodrag.arsic@institutims.rs.
 Vencislav Grabulov, PhD, vencilav.grabulov@institutims.rs.
 Mladen Mladenović, MSc, mladen.mladenovic@institutims.rs.
 Srđan Bulatović, PhD, srdjan.bulatovic@institutims.rs.
 Zoran Savić, MSc, zoran.savic@institutims.rs.
Correspondence Author – Miodrag Arsić,
 miodrag.arsic@institutims.rs, 062/233860.