



Univerzitet u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka



**XXII Savetovanje  
Energetska elektronika Ee 2023**

**Zbornik radova**



Novi Sad, Beograd, Srbija  
25 - 28.10.2023.



**POWER ELECTRONICS SOCIETY  
NOVI SAD, REPUBLIC OF SERBIA**

**DRUŠTVO ZA ENERGETSKU ELEKTRONIKU  
NOVI SAD, REPUBLIKA SRBIJA**

# ***XXII Savetovanje Energetska elektronika - Ee 2023***

## **Zbornik radova**

**25 - 28. 10. 2023.**

**NOVI SAD - BEOGRAD,  
REPUBLIKA SRBIJA**



**POWER ELECTRONICS SOCIETY,  
NOVI SAD**



**SERBIAN ACADEMY OF SCIENCES  
AND ARTS, BELGRADE**



**ELECTROTECHNICAL INSTITUTE  
"NIKOLA TESLA", BELGRADE**



**UNIVERSITY OF NOVI SAD,  
FACULTY OF TECHNICAL SCIENCES,  
NOVI SAD**

---

## PUBLISHED BY - IZDAVAČI

POWER ELECTRONICS SOCIETY,  
Novi Sad



DRUŠTVO ZA ENERGETSKU  
ELEKTRONIKU, Novi Sad

ELECTROTECHNICAL INSTITUTE  
"NIKOLA TESLA", Belgrade



ELEKTROTEHNIČKI  
INSTITUT "NIKOLA TESLA",  
Beograd

FACULTY OF TECHNICAL  
SCIENCES,  
Novi Sad



FAKULTET TEHNIČKIH  
NAUKA,  
Novi Sad

SRPSKA AKADEMIJA NAUKA I  
UMETNOSTI  
Beograd



SERBIAN ACADEMY OF  
SCIENCES  
AND ARTS, Belgrade

### EDITOR - UREDNIK

Prof. dr Vladimir Katić

### TECHNICAL SUPPORT & DESIGN - TEHNIČKA OBRADA I DIZAJN

Zoltan Čorba  
Dragomir Nikolić  
Jadranka Galić

### COVER DESIGN – DIZAJN KORICA

Assoc. Prof. Ivan Pinčjer

## UNDER AUSPICES OF: - POD POKROVITELJSTVOM:

- Ministry of Science, Technological Development and Innovation of the Republic of Serbia, Belgrade
- Provincial Secretariat for Higher Education and Scientific Research Activity of the AP Vojvodina, Novi Sad
- Matica srpska, Novi Sad



- Ministarstvo nauke, tehnološkog razvoja i inovacija Republike Srbije, Beograd
- Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučno - istraživačku delatnost AP Vojvodine, Novi Sad
- Matica srpska, Novi Sad

## TECHNICAL COSPONSORS - STRUČNI POKROVITELJI

- IEEE Power Electronics Society, Piscataway, USA
- IEEE Industrial Electronics Society, Piscataway, USA
- IEEE Industry Applications Society, Piscataway, USA
- IEEE - Serbia and Montenegro Section, Belgrade, Serbia
- IEEE Joint Chapter IAS/IES/PELS, Novi Sad, Serbia
- European Power Electronics and Drives Association, Brussels, Belgium
- European Center for Power Electronics, Nuremberg, Germany
- PEMC Council, Budapest, Hungary
- Society for Electronics, Telecommunications, Computers, Automatic Control and Nuclear Engineering, Belgrade, Serbia



- IEEE Društvo za energetska elektroniku, Piskatavej, SAD
- IEEE Društvo za industrijsku elektroniku, Piskatavej, SAD
- IEEE Društvo za industrijske primene, Piskatavej, SAD
- IEEE – Sekcija Srbija i Crna Gora, Beograd, Srbija
- IEEE zajednička podružnica IAS/IES/PELS, Novi Sad, Srbija
- Evropsko udruženje za energetska elektroniku i pogone, Brisel, Belgija
- Evropski centar za energetska elektroniku, Nuremberg, Nemačka
- PEMC udruženje, Budimpešta, Mađarska
- Društvo za Elektroniku, Telekomunikacije, Računarstvo, Automatiku i Nuklearnu tehniku, Beograd, Srbija

## PARTNER - PARTNER

- Science and Technology park Novi Sad, Serbia



- Naučno-tehnološki park Novi Sad, Srbija

## SUPPORTED BY - PODRŽAN OD

- ZF Serbia, Pančevo, Serbia



## GOLDEN SPONSORS - ZLATNI SPONZORI

- Tajfun HIL d.o.o., Novi Sad, Serbia



- Bosch, Belgrade, Serbia

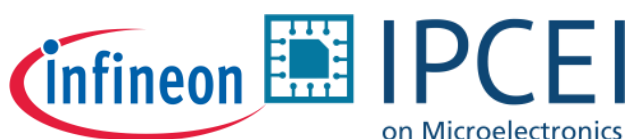


## SILVER SPONSORS - SREBRNI SPONZORI

- Brose d.o.o., Pančevo, Serbia



- Infineon, Villach, Austria



## EXHIBITORS - IZLAGAČI

- Continental, Novi Sad, Serbia



- MIND park, Kragujevac, Serbia



- Origin, Belgrade, Serbia / Nova Zona, Pančevo, Serbia



- Electrical Institute Nikola Tesla, Belgrade, Serbia



- Department of power, electronic and telecommunication engineering, Novi Sad, Serbia



## ORGANIZED BY - ORGANIZATORI



*Power Electronics Society - Društvo za energetska elektroniku*  
21000 Novi Sad, Fruškogorska 11, Serbia  
Phone-Tel. 021/485-4547,  
[www.dee.uns.ac.rs](http://www.dee.uns.ac.rs) E-mail: [dee@uns.ac.rs](mailto:dee@uns.ac.rs)



*Electrotechnical Institute "Nikola Tesla" - Elektrotehnički institut "Nikola Tesla"*  
11000 Beograd, Koste Glavinića 8a, Serbia  
Phone-Tel. 011/36-91-447, Fax 011/36-90-823  
[www.ieent.org](http://www.ieent.org) E-mail: [info@ieent.org](mailto:info@ieent.org)



*University of Novi Sad - Univerzitet u Novom Sadu*  
*Faculty of Technical Sciences - Department for Power, Electronics & Telecom. Eng.*  
*Fakultet tehničkih nauka - Departman za energetiku, elektroniku i telekomunikacije*  
21000 Novi Sad, Fruškogorska 1, Serbia  
Phone-Tel. +381 21 485 4501,  
[www.ftn.uns.ac.rs](http://www.ftn.uns.ac.rs) E-mail: [ftndean@uns.ac.rs](mailto:ftndean@uns.ac.rs)



*Serbian Academy of Sciences and Arts – Srpska Akedmija nauka i umetnosti,*  
Kneza Mihaila St. 35, Belgrade, Serbia  
[www.sanu.ac.rs](http://www.sanu.ac.rs) E-mail: [sasadir@sanu.ac.rs](mailto:sasadir@sanu.ac.rs)

## GENERAL CHAIRS - PREDSEDAVAJUĆI

**Prof. Dr. Vladimir Katić**

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

**Academ. Prof. Slobodan Vukosavić**

University of Belgrade and  
Serbian Academy of Sciences and Arts, Belgrade, Serbia

**Prof. Dushan Boroyevich**

Virginia Tech, Blacksburg (VA), United States

## TECHNICAL CHAIRS – PREDSEDAVAJUĆI PROGRAMSKOG ODBORA

**Asst. Prof. Miroslav Vasić**

Universidad Politecnica de Madrid, Center for Industrial Electronics  
Madrid, Spain

**Prof. Jelena Popović**

The University of Twente, Twente, The Netherlands

**Dr. Dusan Graovac**

Infineon Technologies AG,  
Neubiberg, Germany

**Dr. Žarko Janda**

University of Belgrade, Institute Nikola Tesla,  
Belgrade, Serbia

## **PUBLICATION CHAIR – PREDSEDAVAJUĆI ZA IZDAVAŠTVO**

**Assist. Prof. Aleksandar Stanisavljević**  
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences,  
Novi Sad, Serbia

## **TRESURER & ORG. COMM. CHAIR - BLAGAJNA & PREDSEDNIK ORG.ODBORA**

**Assoc. Prof. Zoltan Corba**  
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences,  
Novi Sad, Serbia

## **EXHIBITION CHAIRS – PREDSEDAVAJUĆI ZA IZLOŽBU**

**Assoc. Prof. Stevan Cvetičanin**  
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences,  
Novi Sad, Serbia

**Assist. Prof. Nikola Vukajlović**  
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences,  
Novi Sad, Serbia

## **INFORMATION CHAIR – PREDSEDAVAJUĆI ZA INFORMISANJE**

**Dragomir Nikolić, MSc**  
University of Novi Sad, Faculty of Technical Sciences,  
Novi Sad, Serbia

## **INTERNATIONAL PROGRAMME COMMITTEE - MEĐUNARODNI PROGRAMSKI KOMITET**

1. Kouzou Abdellah, University of Djelfa, Algeria
2. Vanja Ambrozic, University of Ljubljana, Slovenia
3. Goce L. Arsov, SS Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia
4. Seddik Bacha, Grenoble Alpes University/G2Elab and Supergrid Institute, France
5. Drago Ban, University of Zagreb, Zagreb, Croatia
6. Pavol Bauer, Delft University of Technology, Netherlands
7. Milan Bebić, University of Belgrade, Belgrade, Serbia
8. Frede Blaabjerg, Aalborg University, Denmark
9. Branko Blanuša, University of Banja Luka, Banja Luka, B&H
10. Ion Boldea, University Politehnica of Timisoara, Romania
11. Dushan Boroyevich, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia, USA
12. Sergio Busquets-Monge, Universitat Politecnica de Catalunya, Spain
13. Mihai Cernat, "Transilvania" University of Brasov, Brasov, Romania
14. Ilhami Colak, Nisantasi University, Istanbul, Turkey
15. Sergio Cruz, University of Coimbra, Portugal
16. Željko Despotović, University of Belgrade, Mihajlo Pupin Institute, Serbia
17. Sasa Djokic, The University of Edinburgh, United Kingdom
18. Branko Dokić, University of Bajnje Luka, Banja Lika, B&H
19. Martin Doppelbauer, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany
20. Dinu Dragan, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
21. Jasna Dragosavac, Institute Nikola Tesla, Belgrade, Serbia
22. Drazen Dujic, EPFL, Lausanne, Switzerland
23. Viliam Fedak, Technical University of Kosice, Slovakia
24. Dusan Gajic, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia

25. Ilya Galkin, Riga Technical University, Latvia
26. Dusan Graovac, Infineon Technologies AG, Germany
27. Stevan Grabic, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
28. Adrian Graur, "Stefan Cel Mare" University of Suceava, Suceava, Romania
29. Petar Grbović, University of Innsbruck, Innsbruck, Austria
30. Boguslaw Grzesik, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland
31. Marc Hiller, University in Karlsruhe, Karlsruhe, Germany
32. Žarko Janda, Institute Nikola Tesla, Belgrade, Serbia
33. Borislav Jeftenic, University of Belgrade, Belgrade, Serbia
34. Dejan Jerkan, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
35. Gojko Joksimović, Univerzitet Crne Gore, Podgorica, Crna Gora
36. Milutin Jovanović, Northumbria University, Newcastle, UK
37. Vladimir Katić, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
38. Jovan Knezevic, BMW Group, Germany
39. Johann W. Kolar, Swiss Federal Institute of Technology, ETH Zentrum, Switzerland
40. Emil Levi, Liverpool John Moores University, Liverpool, UK
41. Leo Lorenz, University of Ilmenau and ECPE, Nuremberg, Germany
42. Slobodan Lubura, University of East Sarajevo, East Sarajevo, B&H
43. Darko Marčetić, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
44. Petar Matic, University of Banja Luka, Banja Luka, Republic of Srpska, B&H
45. Luis Martinez-Salamero, Rovira i Virgili University, Tarragona, Spain
46. Jovica Milanović, The University of Manchester, Manchester, UK
47. Miro Milanovič, University of Maribor, Maribor, Slovenia
48. Čedomir Milosavljević, University of East Sarajevo, BIH
49. Slobodan Mircevski, SS Cyril and Methodius University, Skopje, Macedonia
50. Nebojša Mitrović, University of Niš, Niš, Serbia
51. Valentin Oleschuk, Academy of Sciences of Moldova, Moldova
52. Denis Pelin, University of Osijek, Croatia
53. Milutin Petronijevic, University of Nis, Serbia
54. Juan Peracaula, Polytechn. University of Catalonia, Barcelona, Spain
55. Aleksandar Prodić, University of Toronto, Toronto, Canada
56. Jovan Radaković, EPS, Subotica, Serbia
57. Lepasava Ristić, University of Belgrade, Belgrade, Serbia
58. Marco Rivera, Universidad de Talca, Talca, Chile
59. Milan Radmanović, University of Niš, Niš, Serbia
60. Miran Rodič, University of Maribor, Slovenia
61. Pedro Rodriguez-Ayerbe, CENTRALESUPELEC, France
62. Alfred Rufer, EPFL, Lausanne, Switzerland
63. Mincho Simeonov, Technical University of Gabrovo, Gabrovo, Bulgaria
64. Aleksandar Stanisavljevic, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
65. Aleksandar M. Stanković, Tufts University, Boston, USA
66. Vojislav Stefanović, V-S Drives, New York, USA
67. Mariusz Stepien, Silesian University of Technology, Gliwice, Poland
68. Djordje Stojic, Institute Nikola Tesla, Belgrade, Serbia
69. Milomir Šoja, University of East Sarajevo, East Sarajevo, B&H
70. Alberto Tassarolo, University of Trieste, Trieste, Italy
71. Miroslav Vasic, Universidad Politecnica de Madrid, Center for Industrial Electronics, Madrid, Spain
72. Vladimir Vukić, Institute Nikola Tesla, Belgrade, Serbia
73. Slobodan Vukosavić, University of Belgrade and SANU, Belgrade, Serbia
74. Yongheng Yang, Aalborg University, Denmark

## ORGANIZING COMMITTEE –ORGANIZACIONI KOMITET

1. **Assoc. Prof. Zoltan Čorba, University of Novi Sad, Serbia, Chairman**
2. Prof. Vladimir Katić, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, Co-chairman
3. Academ, Prof. Slobodan Vukosavić, University of Belgrade & SANU, Belgrade, Serbia, Co-chairman
4. Dr Žarko Janda, Institute Nikola Tesla, Belgrade, Serbia
5. Nebojša Drakulić, Science Technology Park, Novi Sad, Serbia
6. Prof. Borislav Jeftenić, Power Electronics Society, Serbia
7. Prof. Nebojša Mitrović, University of Niš, Serbia
8. Prof. Darko Marčetić, University of Novi Sad, Serbia
9. Prof. Dragan Simić, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
10. Assoc. Prof. Boris Dumnić, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
11. Assis. Prof. Aleksandar Stanisljević, University of Novi Sad, Serbia
12. Assoc. Prof. Marko Vekić, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
13. Assoc. Prof. Stevan Cvetičanin, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
14. Assoc. Prof. Stevan Grabić, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
15. Assist. Prof. Ivan Todorović, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
16. Assist. Prof. Bane Popadić, University of Novi Sad, Novi Sad, Serbia
17. Assoc. Prof. Dejan Jerkan, University of Novi Sad, Serbia
18. Milica Banović, Ph.D. student, University of Belgrade, Serbia
19. Kristina Vujkov, Ph.D. student, University of Novi Sad, Serbia
20. Barbara Vujkov, University of Novi Sad, Serbia
21. Mladen Vučković, University of Novi Sad, Serbia
22. Dragomir Nikolić, University of Novi Sad
23. Ljubinka Buba Gerić, University of Novi Sad

### Reviewers

International Programme Committee

### Technical Support

Assoc. Prof. Zoltan Čorba

### Web Master and E-Publishing

Dragomir Nikolić

### Exhibition

Assoc. Prof. Stevan Cvetičanin

### Finances

Ljubinka Gerić

### Ee 2023 - Sekretariat

*Ms Ljubinka-Buba Gerić, Ms Jadranka Galić,  
Mr Dragomir Nikolić, Assoc.Prof. Zoltan Čorba*

University of Novi Sad  
Faculty of Technical Sciences  
21000 Novi Sad  
Trg Dositeja Obradovića 6  
Serbia

### Recenzenti

Međunarodni programski odbor

### Tehnička podrška

van.prof. dr Zoltan Čorba

### Vebsajt i e-izdavaštvo

Dragomir Nikolić

### Izložba

vanr.prof. dr Stevan Cvetičanin

### Finansije

Ljubinka Gerić

### Ee 2023 – Sekretarijat

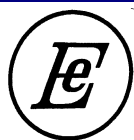
Univerzitet u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
21000 Novi Sad  
Trg Dositeja Obradovića 6  
Srbija

Tel.: +381 21 485 4504

E-mail: [dee@uns.ac.rs](mailto:dee@uns.ac.rs), URL: [www.dee.uns.ac.rs](http://www.dee.uns.ac.rs)

Publishing of this Book of Abstracts & Electronics proceedings on USB was supported by Ministry of Education, Science and Technological Development of Republic of Serbia, Belgrade, and Provincial Secretariat for Higher Education and Scientific Research Activity, AP Vojvodina, Novi Sad

Štampanje ovog zbornika apstrakata i elektronskog zbornika radova na USB-u finansijski je pomoglo Ministarstvo prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, Republike Srbije, Beograd i Pokrajinski sekretarijat za visoko obrazovanje i naučno-istraživačku delatnost, AP Vojvodine, Novi Sad



## Symposiums on Power Electronics

### Simpozijumi/Savetovanja Energetska elektronika

1. 1973 - I Savetovanje Energetska Elektronika - Beograd
2. 1975 - II Savetovanje Energetska Elektronika - Beograd
3. 1978 - III Savetovanje Energetska Elektronika - Zagreb
4. 1981 - IV Savetovanje Energetska Elektronika - Sarajevo
5. 1984 - V Savetovanje Energetska Elektronika - Ljubljana
6. 1986 - VI Savetovanje Energetska Elektronika - Subotica
7. 1988 - VII Savetovanje Energetska Elektronika - Beograd
8. 1995 - VIII Simpozijum Energetska Elektronika - Novi Sad  
8<sup>th</sup> Symposium on Power Electronics
9. 1997 - IX Simpozijum Energetska Elektronika - Novi Sad  
9<sup>th</sup> Symposium on Power Electronics
10. 1999 - X Simpozijum Energetska Elektronika - Novi Sad  
10<sup>th</sup> Symposium on Power Electronics
11. 2001 - 11<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XI Međunarodni simpozijum Energetska Elektronika
12. 2003 - 12<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XII Međunarodni simpozijum Energetska Elektronika
13. 2005 - 13<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XIII Međunarodni simpozijum Energetska Elektronika
14. 2007 - 14<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XVI Međunarodni simpozijum Energetska Elektronika
15. 2009 - 15<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XV Savetovanje Energetska Elektronika
16. 2011 - 16<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XVI Savetovanje Energetska Elektronika
17. 2013 - 17<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XVII Savetovanje Energetska Elektronika
18. 2015 - 18<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XVIII Savetovanje Energetska Elektronika
19. 2017 - 19<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XIX Savetovanje Energetska Elektronika
20. 2019 - 20<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XX Savetovanje Energetska Elektronika
21. 2021 - 21<sup>st</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XXI Savetovanje Energetska Elektronika
22. 2023 - 22<sup>nd</sup> International Symposium on Power Electronics - Novi Sad  
XXII Savetovanje Energetska Elektronika





# **XXII Savetovanje Energetska elektronika Ee 2023**



# **PREDGOVOR**

Savetovanje/Simpozijum Energetska elektronika obeležava 50 godina od svog prvog okupljanja u Beogradu daleke 1973. god. Ova duga tradicija pokazuje da je zajednica energetske elektronike u Srbiji aktivnai da ima značajne rezultate, vredne širom sveta. Prva konferencija održana je na srpskom jeziku kao savetovanje, a prezentovano je 47 referata iz bivše Jugoslavije. Uvedena je popularna naslovna skraćenica Ee(od Energetska elektronika). Sledeće konferencije održane su u Beogradu 1975. god. sa 50 referata, Zagrebu 1978. god. sa 94 rada, Sarajevu 1981. god. sa 95 referata, Ljubljani 1984. god. sa 104 rada, Subotici 1986. god. sa 126 referata i Beogradu 1988. god. sa 109 referata.

Posleduže pauze, usled nemilih događaja i raspada Jugoslavije, Energetska elektronika je oživela i nastavila 1995. god. u Novom Sadu, sa 79 radova. Počeo je kao naučni simpozijum sa izložbom, pa je za mesto održavanja izabran Međunarodni sajam elektronike i informatike Sledećisimpozijumi održanis u Novom Sadu 1997. god. sa 98 referata i 1999. god. sa 82 rada. Značajno učešće stranih autora rezultiralo je nadogradnjom simpozijuma u međunarodni, koji je 2001. god. okupio 107 radova, 2003. god. 101 rad, 2005. god. 94 rada, 2007. god. 101 rad, a 2009. god. 105 radova. Simpozijum je 2011. god. uključen u novu manifestaciju šireg obima „Dani energije” u Master konferencijskom centru Novosadskog sajma i privukao je102 rada, dok je Ee2013 imao 69 radova Međutim učešće industrije na izložbi je oslabilo, pa je odlučeno da se mesto održavanja premesti na univerzitet Sledećj Ee 2015 simpozijum održan je u Centralnoj zgradi Univerziteta u Novom Sadu, na kome je prezentovan 71 rad.

19. Međunarodni simpozijum o energetskoj elektronici Ee 2017 organizovan je po standardima vrhunske svetske naučne konferencije. Bio je to prvi tehnički kosponzorisan od IEEE Power Electronics Society (PELS) and IEEE Industrial Electronics Society (IES), the European Power Electronics (EPE) Association, i od the European Centre for Power Electronics (ECPE), kao i od IEEE Serbia and Montenegro Section and IEEE Joint Chapter PELS/IES/IAS of Serbia and Montenegro Section. Ovo snažno angažovanje IEEE donelo je promene u procesu pregleda i prihvatanja radova, koji su obavljani po IEEE standardima, pa je predstavljeno 75 radova i predavanja 248 autora iz 29 zemalja. Svi predstavljeni radovi su uključeni u IEEE Xplore bazu podataka i citirani u bazama Web of Science, Scopus i Google Scholar. 20. jubilarni simpozijum nastavljen uz IEEE tehničko kosponzorstvo i uz uključnje IEEE Industry Application Society, Ee 2019, okupio je u Novom Sadu 73 rada i predavanja, koje je napisalo 235 autora i koautora iz 23 zemlje. Nedavna pandemija virusa COVID-19 2020. god. i tada uvedena ograničenja putovanja, primorali su Organizacioni odbor da 21. međunarodni simpozijum o energetskoj elektronici - Ee 2021 organizuje u virtuelnoj formi (online). Ipak, 234 autora iz 27 zemalja pripremlilo je ukupno 81 rad i predavanja.

Godina 2023. donosi još jedan jubilej, 50 godina od prve konferencije. Organizacioni odbor 22. međunarodnog simpozijuma o energetskoj elektronici Ee 2023 odlučio je da unese neke izmene u organizaciji. Konferencija se po prvi put organizuje na dve lokacije, u Beogradu u Srpskoj akademiji nauka i umetnosti (SANU) i u Novom Sadu u salama Naučno-tehnološkog parka (NTP). Ideja je bila da se oda počast osnivačima Ee simpozijuma, srpskim akademikima, profesorima i naučnicima, pa je otvaranje, proslava jubileja i deo uvodnih predavanja zakazan u Svečanoj sali SANU u Beogradu, kao i da se oživi učešće vrhunskih tehnoloških kompanija, pa je naučni deo i ponovo oživljena izložba organizovana u salama i atrijumu NTP u Novom Sadu. Simpozijum je okupio 88 radova i predavanja (55 vrhunskih radova, uključujući 4 pozvana i 1 Keynote referat, 6 Keynote predavanja, 2 pozvana predavanja, 15 industrijskih prezentacija, 3 tutorijala, 1 istaknuto predavanje i 6 radovana nacionalnom savetovanju), koji su napisani od 280 autora i koautora iz 24 zemlje. Svi radovi su prošli kroz process dvostruke “slepe” revizije od strane Međunarodnog programskog komiteta i tehničkog prilagođavanja od strane Sekretarijata. Od 67 pristiglih radova za međunarodni simpozijum, 55 (82%) je prihvaćeno za predstavljanje na uvodnim, pozvanim i redovnim sesijama. Pored toga, organizovane su tri industrijske sesije, jedno predavanje uglednog profesora i tri tutorijala.

Ovom prilikom želim da odam priznanje za veliki rad i trud kopredsedavajućinsimpozijuma prof. Dušanu Borojeviću sa Virginia Tech, SAD, i akademiku prof. Slobodanu Vukosaviću iz SANU/Univerzitet u Beogradu, te prof. dr Miroslavu Vasiću sa Politehničkog univerziteta u Madridu Španija prof. Aleksandru Prodićusa Univerziteta u Torontu, Kanada, dr Žarku Jandi iz Elektrotehničkog Instituta Nikola Tesla, Srbija, prof. Jeleni Popovićsa Univerziteta Tvente, Holandija i dr. Dušanu Graovcu iz Infineon Technologies, Nemačka/Austrija, koji su okupili veliki tim stručnjaka za energetsku elektroniku kao voditelje tema i recenzente, pozvali poznate uvodničare i vrhunske predavače i organizovali tutorijale, što je rezultiralo visokim kvalitetom programa simpozijuma Takođe zahvaljujemi prof Aleksandru Stanisavljeviću koji je uspeo da prođe kroz složenu procedure pripreme osnova za uvrštavanje svih prezentovanih radova u IEEE Xplore digitalnu biblioteku, te Web of Science, Scopus i Google Scholar baze citiranja. Njihov rad je veoma cenjen.

Predstavljeni radovi prikazuju najnovije rezultate istraživanja, nove tehnologije i trendove, kao i dostignuća industrije. Na Simpozijumu je da proceni značaj ovih doprinosa. Za tačnost rezultata, iskaza i zaključaka odgovorni su sami autori.

Paralelno, održava se XXII Savetovanje Energetska elektronika (na srpskom jeziku) i godišnja skupština Društva za energetsku elektroniku Srbije.

Prof. dr Vladimir Katić  
Predsedavajući simpozijuma Ee 2023 i Predsednik Društva za  
Energetsku elektroniku Srbije

## **FOREWORD**

The Power Electronics Symposium is celebrating 50 years from its first gathering in Belgrade way back in 1973. This long tradition shows that the power electronics community in Serbia is active and has significant results, valuable worldwide. The first conference was held in the Serbian language as a national one, and 47 papers from all over ex-Yugoslavia were presented. It introduced the popular title abbreviation **Ee** (abbreviated from the Serbian name *Energetska elektronika*). The next conferences were held in Belgrade in 1975 with 50 papers, Zagreb in 1978 with 94 papers, Sarajevo in 1981 with 95 papers, Ljubljana in 1984 with 104 papers, Subotica in 1986 with 126 papers, and Belgrade in 1988, with 109 papers.

After a long break, due to unfortunate events in ex-Yugoslavia, Power Electronics revived and continued in 1995 in Novi Sad, with 79 papers. It started as a scientific symposium with an exhibition, so for the venue, the International Fair on Electronics and Informatics was chosen. The next symposiums were held in Novi Sad – in 1997, with 98 papers, and in 1999, with 82 papers. Significant participation of foreign authors resulted in an upgrade of the symposium into an international one, which in 2001 gathered 107 papers, in 2003 101 papers, in 2005 94 papers, in 2007 101 papers, and in 2009 105 papers. In 2011 the symposium was included in the new wider-scope event „Energy Days” in the Master Conference Center of Novi Sad Fair and attracted 102 papers in 2011 and 69 papers in 2013. However, the industry participation at the exhibition weakened, so it was decided to move into academia. The next, 2015 symposium was held in the Central Building of the University of Novi Sad, where 71 papers have been presented. The average number of participants was between 150 and 200 of which a significant portion were students and industry experts.

The 19<sup>th</sup> International Symposium on Power Electronics *Ee 2017* was organized according to the standards of the top World scientific conference. It was the first one technically co-sponsored by the IEEE Power Electronics Society (PELS) and IEEE Industrial Electronics Society (IES), the European Power Electronics (EPE) Association, and the European Centre for Power Electronics (ECPE), as well as by IEEE Serbia and Montenegro Section and IEEE Joint Chapter PELS/IES/IAS of Serbia and Montenegro Section. This strong involvement of IEEE brought changes in the paper review and acceptance process, which were performed according to IEEE standards, so 75 papers and lectures by 248 authors from 29 countries were presented. All presented papers were included in the IEEE Xplore database and cited in Web of Science, Scopus, and Google Scholar. The 20<sup>th</sup> jubilee symposium continued with IEEE technical sponsorship and included the IEEE Industry Application Society, as well. It gathered at *Ee 2019* in Novi Sad 73 papers and lectures, which were written by 235 authors & co-authors from 23 countries. The famous pandemic virus COVID-19 in 2020 and the travel restrictions introduced at that time, forced the Organizing Committee to organize the 21<sup>st</sup> International Symposium on Power Electronics *Ee 2021* in virtual form (online). Still, 234 authors from 27 countries prepared in total 81 papers and lectures.

The 2023 brings another jubilee, 50 years from the first conference. The Organizing Committee of the 22<sup>nd</sup> International Symposium on Power Electronics – *Ee 2023* decided to bring some changes to the organization. For the first time, the conference is organized at two locations, in Belgrade at the Serbian Academy of Sciences and Arts (SASA) and in Novi Sad at the halls of the Science and Technology Park (STP). The idea was to make a tribute to the founders of the *Ee* symposiums, Serbian academicians, professors, and scientists, so the opening, jubilee celebration, and some Keynotes are scheduled in the Ceremonial Hall of the SASA in Belgrade, and to revive the Hi-Tech industry participation, so the scientific part and reestablished exhibition are programmed in the Halls and Atrium of the STP in Novi Sad. The symposium gathered 88 papers and lectures (55 top-quality papers including 4 invited and 1 Keynote paper, 6 Keynote lectures, 2 invited lectures, 15 industry presentations, 3 tutorials, 1 distinguished professor lecture, and 6 papers at national conference) prepared by 280 authors and co-authors from 24 countries. All papers have passed through a double-blind reviewing process by the International Program Committee and technical adjustment by the Secretariat. From 67 submitted full papers for the international symposium, 55 (82%) have been accepted and will be presented in Keynote, Invited, and Regular sessions. Additionally, three industry sessions, one distinguished professor lecture, and three tutorials will be organized.

I would like to acknowledge the great work of the symposium co-chairs Prof. Dushan Boroyevic, from Virginia Tech, USA, and Academician Prof. Slobodan Vukosavic, from SASA/University of Belgrade, Serbia, the symposium Technical Chairs Prof. Miroslav Vasic, from the Universidad Politecnica de Madrid, Spain, Prof. Aleksandar Prodic, from University of Toronto, Canada, Dr. Zarko Janda, from Electrical Engineering Institute Nikola Tesla, Serbia, Prof. Jelena Popovic, from University of Twente, The Netherlands and Dr. Dushan Graovac, from Infineon Technologies, Germany/Austria, who gathered a large team of power electronics experts as topic chairs and reviewers, invited famous key-note speakers and high expert presenters and organized the tutorials, which resulted in high quality of the symposium program. Also, the Publication Chair Prof. Aleksandar Stanisavljevic managed to go through a complex procedure of preparing fundamentals for post-conference inclusion of all presented papers in the *IEEE Xplore* digital library and *Web of Science*, *Scopus*, and *Google Scholar* citation bases. Their work is highly appreciated.

The presented contributions show the latest research results, new technologies, and trends, as well as achievements of the industry. It is to the Symposium to evaluate the significance of these contributions. The authors themselves are responsible for the accuracy of the results, statements, and conclusions.

As parallel events, the XXII National Conference *Energetska elektronika* (in the Serbian language) and the annual assembly of the Serbian Power Electronics Society will be held.

Prof. Dr. Vladimir Katić

Ee 2023 Chairman &  
President of the Serbian Power Electronics Society

## SADRŽAJ

Sesija - Oznaka rada Prezime i ime autora	Država	Naziv sesije ili Naziv rada	Br. str.
<b>S1</b>		<b>ENERGETSKA ELEKTRONIKA I SRODNE OBLASTI</b>	17
<b>S1-1</b> Katić Vladimir Nikolić Dragomir Čorba Zoltan Stanisavljević Aleksandar Cvetičanin Stevan Gerić Ljubinka Galić Jadranka	Srbija Srbija Srbija Srbija  Srbija Srbija Srbija	50 GODINA SKUPOVA ENERGETSKA ELEKTRONIKA	17
<b>S1-2</b> Katić Vladimir Nikolić Dragomir Čorba Zoltan Stanisavljević Aleksandar Cvetičanin Stevan Gerić Ljubinka Galić Jadranka	Srbija Srbija Srbija Srbija  Srbija Srbija Srbija	ZNAČAJ I UTICAJ SKUPOVA ENERGETSKA ELEKTRONIKA	24
<b>S1-3</b> Damnjanović Mirjana Kisić Milica	Srbija Srbija	KARAKTERIZACIJA POTISKIVAČA ZAJEDNIČKIH SMETNJI KORIŠĆENJEM ANALIZATORA SPEKTRA	29
<b>S1-4</b> Čorba Zoltan Milićević Dragan Popadić Bane Dumnić Boris Cvetičanin Stevan	Srbija Srbija Srbija Srbija Srbija	PROJEKTANT KAO BALANS IZMEĐU ŽELJA INVESTITORA I TEHNIČKIH MOGUĆNOSTI IZGRADNJE FOTONAPONSKIH ELEKTRANA	34
<b>S1-5</b> Milanković Filip	Srbija	PRELAZNI REŽIMI PRILIKOM ENERGIZACIJE TRANSFORMATORA I KABLA	37
<b>S1-6</b> Katić Vladimir	Srbija	NAUČNI SKUPOVI I INDIKATORI PRAĆENJA NJIHOVOG UTICAJA	41
		<b>INDEKS AUTORA</b>	47





# 50 GODINA SKUPOVA ENERGETSKA ELEKTRONIKA

Vladimir A. Katić<sup>1</sup>, Dragomir Nikolić<sup>2</sup>, Zoltan Čorba<sup>3</sup>, Aleksandar Stanisavljević<sup>4</sup>,  
Stevan Cvetičanin<sup>5</sup>, Ljubinka Gerić<sup>6</sup>, Jadranka Galić<sup>7</sup>

<sup>123456</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

<sup>7</sup>Društvo za energetska elektroniku, Novi Sad, Srbija

<sup>1</sup>[kataw@uns.ac.rs](mailto:kataw@uns.ac.rs), <sup>2</sup>[nikolicd@uns.ac.rs](mailto:nikolicd@uns.ac.rs), <sup>3</sup>[zobos@uns.ac.rs](mailto:zobos@uns.ac.rs), <sup>4</sup>[acas@uns.ac.rs](mailto:acas@uns.ac.rs),

<sup>5</sup>[stevan.cveticanin@uns.ac.rs](mailto:stevan.cveticanin@uns.ac.rs), <sup>6</sup>[buba@uns.ac.rs](mailto:buba@uns.ac.rs), <sup>7</sup>[jadranka\\_galic2000@yahoo.com](mailto:jadranka_galic2000@yahoo.com)

**Kratak sadržaj:** *Od početnog savetovanja, pokrenutog od strane akademika, istraživača, profesora, inženjera i eksperata davne 1973. god., tokom 50 godina simpozijum Energetska elektronika prerastao je u vrhunsku međunarodnu naučnu manifestaciju, koja okuplja učesnike iz celog sveta. U radu je dat prikaz razvoja ovog skupa u ovih pola veka postojanja, kroz kratak istorijat, najznačajnije ličnosti i ključne odrednice, odnosno analizu statističkih podataka o radovima i autorima. Kompletan uvid u sve izložene radove i niz drugih podataka moguće je sagledati preko web sajta simpozijuma [www.dee.uns.ac.rs](http://www.dee.uns.ac.rs), odnosno glavnog organizatora Društva za energetska elektroniku Srbije [www.dee.org.rs](http://www.dee.org.rs).*

**Ključne reči:** *Skupovi Energetska elektronika, 50 godina, Istorijat, Najznačajnije ličnosti, Statistička analiza radova i autora*

## 1. UVOD

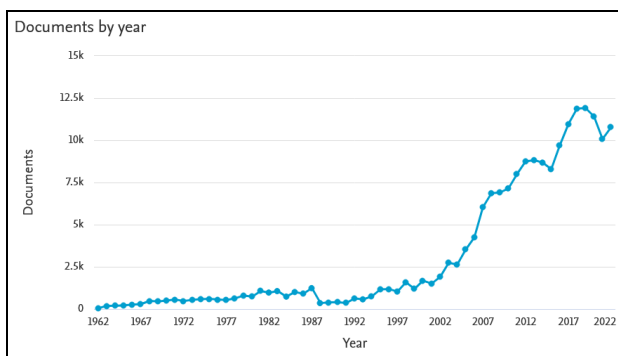
Pola veka održavanja jednog naučnog skupa je redak i jedinstven odraz trajnosti i upornosti istraživača sa ovih prostora. Ako se zna da je on pokrenut u junu 1973. god. u Beogradu, u Srbiji, i da je svojom aktuelnošću ubrzo okupio vrhunske umove ex-Jugoslavije preko Međuakademijskog odbora za energetska elektroniku jugoslovenskih akademija nauka i umetnosti (ANU BiH Sarajevo, JAZU Zagreb, MANU Skoplje, SANU Beograd i SAZU Ljubljana), ali i tadašnje vodeće elektroinženjere u uznapredovanoj industriji, to upućuje na zaključak o visokom kvalitetu grupe naučnika i istraživača okupljenih oko prof. dr Petra Miljanića, tada dopisnog člana Srpske akademije nauka i umetnosti (SANU), profesora Mašinskog fakulteta u Beogradu i višeg naučnog savetnika Instituta „Nikola Tesla“, dr Vladana Vučkovića, tadašnjeg rukovodioca Odeljenja za automatiku i regulaciju Instituta „Nikola Tesla“ i dr Đorđa Kalića, naučnog savetnika sa istog instituta [1]. Održavanje ovog skupa čak 50 godina u jednoj relativno maloj, specifičnoj, ali poletnoj oblasti, poseban je fenomen za koji su zaslužni brojni pojedinci, među kojima je i prvi autor ovog rada [2].

Ipak, u ovih pet decenija, energetska elektronika, kao oblast koja se bavi visoko-efikasnim pretvaranjem

električne energije koristeći elektronske, poluprovodničke komponente izuzetno je napredovala, podižući svoj značaj, privlačeći kvalitetne mlade umove i donoseći širi privredni razvoj u društvima, koja su je negovala. Njene najvažnije aplikacije vezane su za električne potrošače, regulisane elektro-motorne pogone, napredno električno osvetljenje, skladištenje električne energije, napajanje elektronskih i računarskih uređaja i sklopova, mobilnih uređaja, ali i za sisteme prenosa električne energije (HVDC), distribuirane generatore na bazi obnovljivih izvora energije, te električnu vuču i transport, te električna i autonomna vozila. Uređaji ili sklopovi energetske elektronike nalaze se kao interfejsi napojne mreže (distributivne ili prenosne) ili energetskog izvora i objekta upravljanja (potrošača), odnosno neke druge mreže (mikromreže, DC mreže i sl.).

Interesovanje i istraživačka radoznalost, ali i aktuelnost energetske elektronike iskazuje se i kroz veliki broj radova, koji se svake godine publikuju u naučnim i stručnim časopisima ili na naučnim skupovima (konferencijama, simpozijumima ili savetovanjima), poput Međunarodnog simpozijuma o Energetskoj elektronici (*International Symposium on Power Electronics*). Česte su i kompilacije, specijalna tematska izdanja, kao i naučne knjige [3]. Na slici 1 prikazan je pregled broja godišnjih publikacija na engleskom jeziku prema podacima iz digitalne baze *Scopus*, koje u svom naslovu, abstraktu ili ključnim rečima imaju termin energetska elektronika, odnosno „*power electronics*“. U dosadašnjem periodu zabeleženo je preko 200.000 takvih radova i to sa brzo rastućim trendom [4]. Sve ovo pokazuje da je značaj energetske elektronike kao oblasti izuzetan, a time i ovog skupa, pa ne čudi stalni interes za njegovim održavanjem i trajanjem.

Cilj ovog rada je da da pregled naučnih skupova, prvo savetovanja, a zatim simpozijuma o energetskoj elektronici, koji su se održavali uglavnom u Srbiji tokom ovog poluvekovnog perioda. Neke informacije i preglede ovih skupova, autori su već publikovali na prethodnim simpozijumima i savetovanjima [5-8], tako da će se truditi da se u ovom radu izbegnu ponavljanja (osim neophodnih), odnosno da se usresrede na nove i do sada nepoznate momente.



Sl. 1. Godišnji broj radova publikovanih u naučnim časopisima i konferencijama na engleskom jeziku koji u naslovu, abstraktu ili u ključnim rečima sadrže pojam "power electronics" (prema bazi Scopus [4])

## 2. ENERGETSKA ELEKTRONIKA U SRBIJI

U periodu između dva simpozijuma (Ee 2021 – Ee 2023) obeleženo je niz značajnih godišnjica iz istorije energetske elektronike. Autori su izdvojili par istaknutijih: 135 godina od patentiranja Teslinog asinhronog motora (*Nikola Tesla*, 1888. god.), 125 godina od Tesline pobede u „ratu struja“, odnosno puštanja u rad prvog naizmeničnog prenosa električne energije (Nijagara – Bafalo, USA, *Nikola Tesla i dr.*, 1896. god.), 120 godina od početka (cevne, jonske) energetske elektronike (*Peter Cooper Hewitt*, 1902. god.), 75 god. od pronalaska tranzistora i početka poluprovodničke ere (1947. god.), kao i 65 godina pronalaska tiristora, odnosno početka moderne (poluprovodničke) energetske elektronike (1957. god.) [9-14].

Naučnici i inženjeri u Srbiji pomno su pratili nova tehnička dostignuća u elektrotehnici, a naročito brze promene u elektronici, koje je donela poluprovodnička tehnologija. Pedesete godine XX veka, bile su doba intenzivne elektrifikacije Srbije u tadašnjoj Jugoslaviji, a istraživači su tražili najbolja i najefikasnija rešenja. Stručnjaci i profesori u tri najznačajnija centra, Beogradu (Elektrotehnički institut „Nikola Tesla“ i Elektrotehnički fakultet), Zagrebu (Elektrotehnički institut „Rade Končar“ i Elektrotehnički fakultet) i Ljubljani (Fakultet za elektrotehniku), dobro su poznavali cevnu tehnologiju i na tadašnjih naučnim skupovima (ETAN, JUREMA, CIGRE i dr.) i u naučnim časopisima (Elektrotehnika, Elektrotehnički vestnik i dr.) objavljivali radove sa prikazom teorijskih modela, novih rešenja, rezultata ispitivanja i dr.

Smatra se da je prekretnicu u razvoju energetske elektronike u Srbiji donelo stručno usavršavanje prof. Petra Miljanića u Kanadi, gde je boravio dva puta. On se tamo sreo sa novom poluprovodničkom tehnologijom ventilskih komponenti (dioda i tiristora), čija primena je tada u našim krajevima bila poznata samo iz časopisa. Boravak je bio izuzetno uspešan i on je već 1961. god. prijavio patent podsinkrone (ili Šerbijusove) poluprovodničke kaskade za regulaciju brzine klizno-kolutnog asinhronog motora koristeći rednu (kaskadnu) vezu diodnog ispravljača i tiristorskog invertora i to kod patentnih zavoda u Kanadi i u SAD [15]. Istraživanja u ovom smeru dalje je razradio u drugom boravku, pa je 1968. god. publikovao detaljno rešenje sa odgovarajućim

rezultatima laboratorijskih ispitivanja u prestižnom američkom naučnom časopisu *IEEE Transactions on Power Apparatus and Systems* [16]. Iste godine je izabran za dopisnog člana SANU, što je doprinelo daljoj neraskidivoj vezi savetovanja/simpozijuma Energetska elektronika sa tom najvišom naučnom ustanovom u Srbiji.

Sa tih putovanja prof. Miljanić se vratio sa tada veoma novom i u našim krajevima malo poznatom, snažnom elektronskom komponentom - tiristorom, pronađenim 1957. god., a komercijalno dostupnim od 1960. god. Ona je tada nazivana SCR (*Silicon Controlled Rectifier*), a kod nas je odmah prihvaćen termin tiristor, a svrstana je u grupu poluprovodničkih ventila. Još je nejasno da li je to bilo već posle prvog boravka 1962. god., kako je navedeno u [17] ili tek posle drugog 1967. god., kako je sam prof. Miljanić napisao u [18], ali su svakako naučnici u Srbiji bili u mogućnosti da se sretnu sa novom tehnologijom ubrzo posle njene pojave, koja će značajno promeniti energetska elektroniku u svetu i Srbiji, i otvoriti novu eru razvoja.

U to vreme u Jugoslaviji se pripremala izgradnja velike Đerdapske hidroelektrane. Istraživački tim sa Instituta Nikola Tesla, predložio je primenu nove tiristorske tehnologije za pretvarački sklop pobude sinhronih generatora umesto standardne cevne tehnologije sa živinim usmeračama, kako je originalno bilo predviđeno u projektu proizvođača opreme iz SSSR-a. Predlog delegacije, koju je predvodio prof. Miljanić, prihvaćen je na sastanku u Moskvi, a sam pretvarački sklop od 190 MVA proizveo je i ugradnju izvršili inženjeri Elektrotehničkog instituta „Rade Končar“ iz Zagreba 1970. god. [19]. To se smatra jednim od prvih značajnijih primera ugradnje nove tiristorske (poluprovodničke) tehnologije u Srbiji, pored izrade regulisanog elektromotornog pogona sa asinhronim motorom na bazi patenata prof. Miljanića za Institut „Jaroslav Černi“ u Beogradu 1968/69. god. [18], te početkom snažnog razvojnog zamaha energetske elektronike u Srbiji.

Značajne naučne i istraživačke aktivnosti, primena novih elektronskih tehnologija, te projektovanje i razvoj potpuno novih rešenja, prvenstveno na Institutu „Nikola Tesla“ u Beogradu, ali i na još par institucija u Jugoslaviji, te bliska saradnja sa SANU, dovela su do potrebe da se razmene novo stečena iskustva, usaglasi terminologija i publikuju referentni rezultati. Predlog da se organizuje savetovanje na ovu temu dala je već pomenuta grupa istraživača (prof. Miljanić, dr Vučković i dr Kalić), pa je u junu 1973. god. u prostorijama Srpske akademije nauka i umetnosti u Beogradu održano Prvo savetovanje o energetske elektronice.

Na prvo savetovanje Ee 1973, prijavljeno je bilo 47 referata, od kojih oko 20 van Srbije. Učesnici su uglavnom bili iz pet najznačajnijih istraživačkih institucija u Srbiji, odnosno Jugoslaviji, Elektrotehničkog instituta „Nikola Tesla“ (EINT), Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu, Elektrotehničkog instituta „Rade Končar“ iz Zagreba, Elektrotehničkog fakulteta iz Zagreba i Fakulteta za elektrotehniku iz Ljubljane. Bila su izložena i tri rada iz inostranstva (Nemačke i Mađarske), koja su prevedena na srpski. Uspeh skupa, koji se ogledao i u pozamašnom Zborniku radova sa 660 strana, ohrabrio je organizatore

da kroz dve godine sakupe, na istom mestu, još veći broj stručnjaka. Podrška je došla još i iz Bosne i Hercegovine i Makedonije, tako da je novembra 1975. god. održano Drugo savetovanje energetska elektronika – Ee 1975. Pripremljeno je bilo 50 referata, a broj autora/koautora, odnosno participirajućih institucija znatno je porastao. Pojavili su se i novi istraživački centri pored pet pomenutih, a radovi su većinom uređeni na jednoobrazni način (na bazi templejta). Skup je doživeo još veći uspeh, indirektno utičući na razvoj oblasti i podstičući originalna rešenja ili unapređenje licenciranih. Problematika poluprovodničke energetske elektronike, odnosno energetskih pretvarača i regulisanih elektromotornih pogona privlači sve više pažnje, pa i šire akademske javnosti, te se ažuriraju postojeći i/ili formiraju novi nastavni predmeti na fakultetima u Beogradu i Novom Sadu, kao i Zagrebu i Ljubljani.

U narednom periodu, savetovanje „izlazi“ iz Srbije i postaje opšte jugoslovensko. Na predlog kolega iz Hrvatske, Slovenije i Bosne i Hercegovine, odlučeno da domaćinstva narednih skupova bude pokretno, u raznim gradovima Jugoslavije, s tim da skup zadrži naziv, simbole i ostala formalna obeležja. Utvrđen je i trogodišnji period održavanja. Uključivanjem stručnjaka i inženjera, tada rastućih privrednih giganta „Rade Končara“ iz Zagreba, „Iskre“ iz Ljublane i njenog razvojnog instituta „Iskra – Avtomatika“, „Litostroja“ „Energoinvesta“ iz Sarajeva i njegovog istraživačkog instituta IRCA, te „Severa“ iz Subotice, „Minela“ iz Mladenovca i dr., kao i iz drugih visokoškolskih ustanova (Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada, Elektrotehničkog fakulteta iz Sarajeva, Visoke tehničke škole iz Maribora i dr.) i privrede, savetovanje dobija na značaju i postaje vrhunski naučni skup u oblasti energetske elektronike u Jugoslaviji.

Treće savetovanje održano je u maju 1978. god. u Zagrebu u organizaciji tada najvećeg istraživačkog centra posle Elektrotehničkog instituta „Nikola Tesla“, Elektrotehničkog instituta „Rade Končar“ iz Zagreba, a pod okriljem Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti (JAZU) i uz saradnju zagrebačkog Elektrotehničkog fakulteta. Četvrto je održano u Sarajevu 1981. god., sa firmom „Energoinvest“ i tamošnjim Elektrotehničkim fakultetom kao suorganizatorima, a pod okriljem novo formiranog Međuakademijskog odbora za energetska elektroniku jugoslovenskih akademija nauka i umetnosti. Peto savetovanje je održano u junu 1984. god. u Ljubljani sa „Iskrom“, Fakultetom za elektrotehniku, Elektrotehničkom zvezom kao lokalnim suorganizatorima i uz aktivnu saradnju Visoke tehničke škole iz Maribora i pokroviteljstvo Međuakademijskog odbora.

Za šesto savetovanje skup se „vraća“ u Srbiju, kada suorganizaciju preuzimaju fabrika „Sever“ i Institut za energetiku i elektroniku Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada. Savetovanje je održano u junu 1986. u Subotici uz do sada najveće interesovanje, sa izloženih rekordnih 127 radova i štampanim zbornikom radova u tri knjige. Tada je dogovoreno da se naredni skupovi održavaju u dvogodišnjim intervalima.

Sedmo savetovanje, na jubilarnih 15 godina od inicijalnog, održano je u tada najmodernijem prostoru Kongresnom centru „Sava“ u Beogradu. Skup je okupio

veliki broj učesnika, koji su predstavili 109 radova uz zapaženo učešće inostranih autora.

Turbulentni događaji u Jugoslaviji početkom devedesetih godina, prekinuli su „kruženje“ savetovanja i ugrozili njegovu egzistenciju. Ipak, nakon sedam godina, okupljena je ponovo osnivačka grupa istraživača sa EINT, proširena sa mladim kolegama sa Fakulteta tehničkih nauka, docentima dr Vladimirom Katićem i dr Radišom Jevremovićem, koja je odlučila da se nastavi sa organizovanjem savetovanja Energetska elektronika, ali sada u Novom Sadu, kao fiksnim mestom održavanja.

U narednom periodu, savetovanje nastavlja sa radom u redovnim dvogodišnjim intervalima, ali sada sve više orijentisano na istraživače sa fakulteta i instituta, ali i iz inostranstva. To dovodi do postepene promene karaktera skupa, pa on od savetovanja postaje simpozijum, a zatim i međunarodni simpozijum. O nastavku rada i daljim skupovima, dosta je pisano u [5-7, 17, 20], pa se ovde ne bi ponavljali.

Do sada su održane 22 naučna skupa, savetovanja i simpozijuma, uključujući i ovaj i to:

1.	Beograd	1973. god.
2.	Beograd	1975. god.
3.	Zagreb	1978. god.
4.	Sarajevo	1981. god.
5.	Ljubljana	1984. god.
6.	Subotica	1986. god.
7.	Beograd	1988. god.
8.	Novi Sad	1995. god.
9.	Novi Sad	1997. god.
10.	Novi Sad	1999. god.
11.	Novi Sad	2001. god.
12.	Novi Sad	2003. god.
13.	Novi Sad	2005. god.
14.	Novi Sad	2007. god.
15.	Novi Sad	2009. god.
16.	Novi Sad	2011. god.
17.	Novi Sad	2013. god.
18.	Novi Sad	2015. god.
19.	Novi Sad	2017. god.
20.	Novi Sad	2019. god.
21.	Novi Sad	2021. god.
22.	Novi Sad/Beograd	2023. god.

Iz ovog pregleda se vidi da su svi skupovi održani u Srbiji, osim tri (Zagreb, Sarajevo i Ljubljana), tako da se u neku ruku Srbija može smatrati centrom ili jednim od centara razvoja energetske elektronike u regionu. Posmatrajući ostale države ex-Jugoslavije, pa i šire, možemo videti da su se održale samo dve tematski slična konferencije: Međunarodni simpozijum o industrijskoj elektronici - INDEL u Banja Luci, koji se sa Međunarodnim simpozijumom Energetska elektronika u Novom Sadu naizmenično održava svake godine i Međunarodna konferencija EDPE (*Electric Drives and Power Electronics*), koja se svake druge godine naizmenično održava u Slovačkoj (Visoke Tatire) i Hrvatskoj (Dubrovnik). Pored njih, u bliskom okruženju je i ACEMP&OPTIM konferencija, koja se svake druge godine naizmenično održava u Turskoj i Rumuniji, te IEEE PEMC, koja se održava svake druge godine u nekom univerzitetskom centru istočne Evrope. Više o ovim skupovima, kao i poređenje sa simpozijumima Ee dato je u [3, 21].

## 2. TEMATIKA

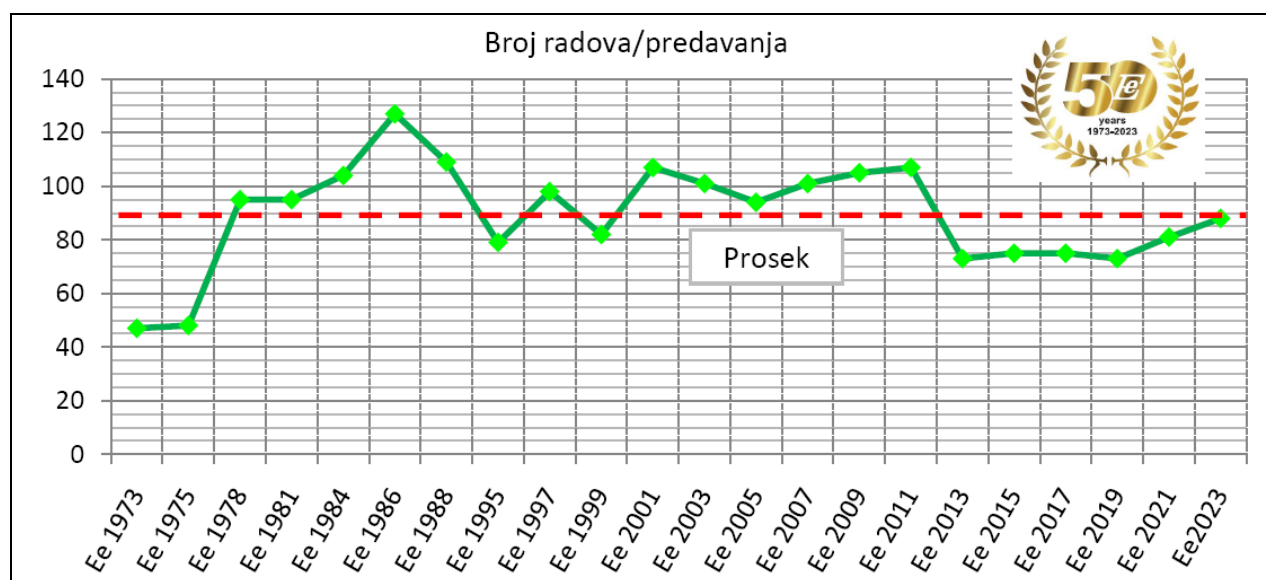
Glavne teme ovih savetovanja/simpozijuma bile su komponente energetske elektronike, energetski pretvarači, elektromotorni pogoni, kvalitet električne energije, električne mašine, upravljanje i merenje, obnovljivi izvori energije i primena uređaja energetske elektronike. Međutim, one nisu odmah definisane, a vremenom su se i menjale, dopunjavale ili uvodile nove.

Savetovanja, odnosno simpozijumi tematski se jasno profilisu tek od šestog skupa u Subotici, kada su radovi grupisani u čak trinaest sekcija (Teorije regulacionih sistema Ee, Modeliranje i regulacioni algoritmi pretvarača, Pretvarači snage, Energetska elektronika u regulisanim pogonima, Sistemi neprekidnog napajanja, Primena mikroprocesora u sistemima Ee, Aplikacije sistema Ee u industriji, energetici i transportu, Pretvarači solarne energije, Statički poluprovodnički kompenzatori, Komponente Ee, Primena i iskustva eksploatacije, Obrazovanje kadrova i Električna vuča).

## 3. RADOVI

Na skupovima od Ee1973 do Ee2023 ukupno je prezentovano 1964 radova i predavanja, koji su dostupni preko veb-sajta skupa [www.dee.uns.ac.rs](http://www.dee.uns.ac.rs). Na slici 1 dat je pregled broja radova po pojedinačnim skupovima. Može se uočiti određena pravilnost, sa trendom rasta na poslednja dva skupa. Interesantno je da je ukupan prosečan broj radova po skupu u periodu 1973-2023. god. 89,3, dok je u novoj seriji (u „novosadskom periodu“) u periodu od 1995-2023. god. on takođe 89,3.

Treba napomenuti da su u ovaj broj pored pozvanih radova (*Invited Papers*), redovnih radova (*Regular Papers*) i radova po specijalnim sesijama (*Special Session Papers*), uključena i predavanja, tj. referati predstavljeni kao prezentacije i/ili prošireni abstrakti, kao što su ključna predavanja (*Key Note Lectures*), pozvana predavanja (*Invited Lectures*), Industrijske prezentacije (*Industry Sessions*), panel prezentacije (*Panel Sessions*) i tutorijali (*Tutorials*). Takođe, u njima su uključeni i radovi, koji se od Ee 2009 izlažu na nacionalnom skupu - savetovanju Energetska elektronika, koji se paralelno odvija na srpskom jeziku.



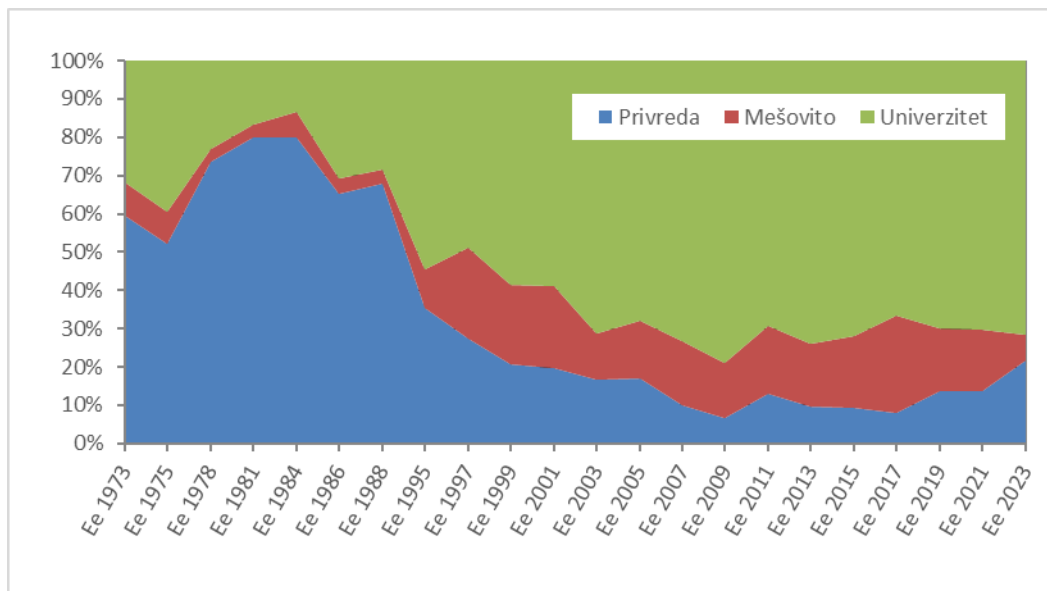
Sl.1. Ee 1973–2023: Pregled ukupnog broja radova/predavanja po skupovima

### 3.1 Učešće privrede

Na ovim skupovima prezentovani su radovi istraživača i inženjera iz akademije (univerziteta), naučnih instituta i privrede. Time se svi radovi mogu svrstati prema mestu istraživanja (instituciji) autora, odnosno koautora na univerzitet, privredu ili mešovito. Trendovi i pravci razvoja, novija rešenja i savremene metode ispitivanja uglavnom su dolazili od prve grupe istraživača, dok su praktična iskustva, realizacije i aktuelni problemi uglavnom dolazili od druge grupe, dok je zajednički rad rezultirao u trećoj grupi. Time je skup postajao bogatiji, interesantniji i privlačniji, ali i iskazivao svoju generalnu orijentaciju. Na slici 2 dat je pregled učešća radova po pomenutim grupama. Treba napomenuti da su naučni instituti pre svega orijentisani na transfer znanja u privredu ili na razvoj novih rešenja i inoviranje postojećih, a sve za potrebe privrede, pa su u ovom svrstavanju stavljeni pod »privreda«. Pod

»mešovito«, podrazumeva se da je rad urađen u saradnji univerziteta i privrede, odnosno da je deo autora bio sa univerziteta, a deo iz privrede.

Analizirajući ovaj dijagram može se lako uočiti da je tokom vremena došlo praktično do promene karaktera skupa. U početnim godinama on je pretežno bio mesto razmene iskustva eksperata iz privrede i razvojnih instituta, dok je u novije vreme dominantno učešće istraživača sa univerziteta. Ovaj trend nešto se menja poslednjih godina, kada se može zapaziti povećanje učešća istraživača iz privrede, što ukazuje na njeno oživljavanje. To se može primetiti i u programu 22. simpozijuma, gde se održavaju čak tri industrijske sesije, a skup je praćen malom izložbom sa 12 štandova, od kojih su 9 izlagači iz „nove“ privrede. Ako se svi dosadašnji radovi uzmu u obzir, može se konstatovati da je 34% poteklo od autora iz privrede i instituta, 13% iz mešovitog koautorstva, a 53% sa univerziteta.



Sl.2. Ee 1973-2023: Pregled radova po mestu istraživanja

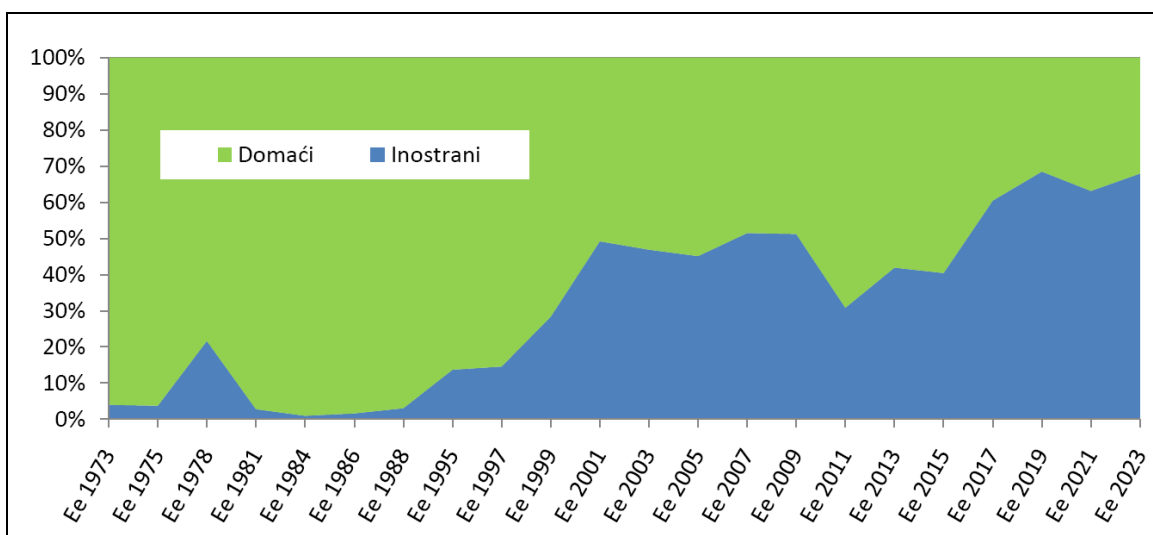
### 3.2 Međunarodna participacija

Simpozijum Energetska elektronika danas spada u grupu vrhunskih međunarodnih skupova, koji je pod tehničkim kosponsorstvom više IEEE društava sa sedištem u Piskataveju, SAD i to: IEEE Društva za energetska elektroniku (*IEEE Power Electronics Society*), IEEE Društva za Industrijsku elektroniku (*IEEE Industrial Electronics Society – IES*) i IEEE Društva za primene u industriji (*IEEE Industry Applications Society – IAS*). Pored toga, podržavaju ga i Evropska asocijacija za Energetska elektroniku iz Brisela (*European Power Electronics Association – EPE*), Evropski centar za energetska elektroniku iz Ninberga (*European Centre for Power Electronics – ECPE*) i Društvo za ETRAN iz Beograda. To ukazuje da simpozijum ima široku međunarodnu reputaciju, a i domaću podršku, pa je interesantno pogledati iz kojih zemalja dolaze autori radova.

U [6] je analizirano učešće po zemljama iz kojih dolaze autori/koautori radova. Tamo je uveden princip

ravnopravnog deljenja autorstva i urađen pregled iz koga se može videti da su do Ee 2021 svoje radove na simpozijumima i savetovanjima Ee izlagali autori iz 48 zemalja sa svih svetskih kontinenata. Ako se doda statistika sa simpozijuma Ee 2023, broj država se povećava na 52. Sa preko 10 radova zastupljeno je čak 20 država, a pored Srbije, jedino Rumunija ima oko 100 doprinosa. Očekivano, najveći broj autora bio je iz Srbije (68,7%), ali da je i značajan broj bio iz inostranstva (31,3%).

Na slici 3 prikazan je udeo domaćih i stranih autora/koautora po skupovima, ali sa uključenim podacima sa Ee 2023. Može se uočiti sve veće učešće inostranih autora, tako da oni kreće ka 2/3-ćinskom. To ukazuje da se simpozijum Ee polako etablira kao značajan međunarodni skup. Tome je naročito doprinelo povezivanje sa IEEE, odnosno uključivanje radova sa skupa u digitalnu biblioteku IEEE Xplore od simpozijuma 2017. god., što se vidi u trendu povećanja stranih učesnika.



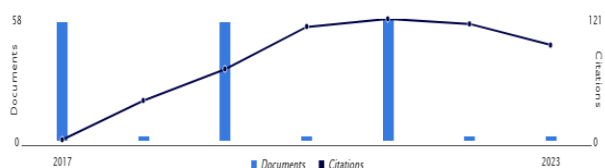
Sl. 3. Ee 1973-2023: Pregled odnosa broja domaćih i inostranih autora/koautora

### 3.3 Prisutnost u svetskim digitalnim bazama

Od 2001. god., kada simpozijum dobija međunarodni karakter, radovi počinju da se pojavljuju u digitalnoj bazi *Google Scholar*. Međutim, tek uključivanjem u najpoznatiju svetsku digitalnu biblioteku *IEEE Xplore*, oni postaju globalno vidljivi i citirani. Detaljniji analiza prikazana je u [8], a ovde će biti dat samo kratak prikaz.

Radovi sa Međunarodnog simpozijuma Energetska elektronika (*International Symposium on Power Electronics*) počinju redovno da se pojavljuju u vrhunskim svetskim digitalnim bazama *Scopus* i *Web of Science* i da se prati njihova citiranost od XVIII skupa 2017 god. U toj godini je u bazu *IEEE Xplore* uvršteno 56 naučnih radova, u 2019. god. 56, a u 2021. god. takođe 56, odnosno do sada ukupno 168 radova. Na slici 4 prikazana je brojnost radova, kao i broj njihovih citata u periodu 2017-2023. god. na bazi podataka iz baze *Scopus* [4]. Može se uočiti da citiranost polako raste, tako da je sa 6. 10. 2023. god. broj citata iznosio 563.

Simpozijum ima i Hiršov (*h*) faktor, koji iznosi  $h=10$ , dok  $i_{10}$  faktor iznosi  $i_{10}=12$  [4]. Faktor uticaja (*Impact Factor*) simpozijuma u periodu od 2017 – 2022 brzo je rastao i poslednjih godina se ustalio na oko 2.0. Detaljnija analiza citiranosti i ocena uticaja ovih radova na naučnu misao u Evropi i svetu takođe je data u [8].



Sl. 4. Broj obuhvaćenih radova u bazi *Scopus* i broj citata sa skupova Ee2017-Ee2021) [4]

### 4. ZAKLJUČAK

Simpozijum/savetovanje Energetska elektronika slavi jubilarnu 50-tu godišnjicu održavanja. U tom poluvekovnom periodu na njemu se moglo pratiti stanje, trendovi, razvoj, budući pravci i iskustva primene ove oblasti kako u Srbiji/Jugoslaviji, tako i u svetu. Poslednjih 20 godina simpozijum ima međunarodni karakter i kao takav postavio se u grupu vrhunskih skupova čiji radovi se nalaze u najboljoj svetskoj bazi *IEEE Xplore*, a uvršteni su i u citatne baze *Web-of-Science* (WoS), *Scopus* i *Google Scholar*. Ipak, on je i dalje manji regionalni skup sa ispod 100 radova i predavanja, koji okupi između 250 i 300 autora/koautora iz oko 25 država sveta, ali koji pruža priliku srpskoj naučnoj, akademskoj i stručnoj javnosti, kao i onoj iz regiona, da upozna najnovije (*state-of-the-art*) rezultate istraživanja u zemlji, Evropi i svetu. Zahvaljujući tome, a i dugogodišnjem redovnom održavanju, predstavlja jedan od najznačajnijih naučnih događaja u Srbiji.

### 5. ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Departmana za energetiku, elektroniku i telekomunikacije, u okviru realizacije projekta pod nazivom: "Istraživanja u cilju unapređenja nastavnog procesa i razvoja naučno-stručnih oblasti

Departmana za energetiku, elektroniku i telekomunikacije".

### 6. LITERATURA

- [1] Vladan Vučković, "10 godina simpozijuma /savetovanja Energetska elektronika", Uvodna reč, X Simpozijum Energetska elektronika – Ee 1999, Novi Sad, 14.-16. 10. 1999., Rad #T0-2, pp. 1-2.
- [2] S. Vukosavić, „Srpski naučnici u energetske elektronici“, Katalog sa izložbe, Galerija nauke i tehnike SANU, broj 43, Srpska akademija nauka i umetnosti, Beograd, 2020, [Pristupljeno 1.10.2023.] <https://www.odborzaenergetiku.rs/pdf/akademijski-odbor-za-energetiku-izlozbe.pdf>
- [3] V.A. Katić, S. Mirčevski, „Energetska elektronika – pregled knjiga, časopisa i naučnih skupova“, XXI Savetovanje Energetska elektronika – Ee2021, rad #S1.5-0535, Novi Sad, 27-30. 10. 2021., pp.1-6.
- [4] Scopus, <https://www.scopus.com> [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [5] V.A. Katić, and G. Arsov, „Power Electronics in Serbia – a look backward on 20 symposiums“, 20<sup>th</sup> Inter. Symp. on Power Electronics - Ee 2019, Novi Sad, Serbia, Oct. 21-23, 2019.
- [6] V.A. Katić, D. Nikolić, Z. Čorba, A. Stanisavljević, Lj. Gerić, J. Galić, „Energetska elektronika – simpozijum u godinama jubileja“, XXI Savetovanje Energetska elektronika – Ee2021, rad #S1.1-00135, Novi Sad, 27-30. 10. 2021., pp. 1-6.
- [7] V.A. Katić, „40 Years of The Symposium on Power Electronics“, 17<sup>th</sup> Intern. Symposium on Power Electronics – Ee 2013, Novi Sad, Oct. 30 – Nov. 1, 2013, pp. 4-15.
- [8] V.A. Katić, D. Nikolić, Z. Čorba, A. Stanisavljević, S. Cvetković, Lj. Gerić, J. Galić, „Značaj i uticaj skupova Energetska elektronika“, XXII Savetovanje Energetska elektronika – Ee2023, Rad #S1.2-00539, Novi Sad, 25-28. 10. 2023., pp. 1-5.
- [9] T. G. Wilson, „The Evolution of Power Electronics“, IEEE Trans. on Power Electronics, Vol. 15, No.3, pp. 439-446, May 2000.
- [10] M. Williams, „Who invented the rectifier?“, 2018, <https://www.quora.com/Who-invented-the-rectifier>
- [11] \*\*\*, „Diode Bridge“, Wikipedia, [30.09.2023.], [https://en.wikipedia.org/wiki/Diode\\_bridge](https://en.wikipedia.org/wiki/Diode_bridge)
- [12] W.F. Brinkman, D.E. Haggan, and W.W. Troutman, „A History of the Invention of the Transistor and Where It Will Lead Us“, IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol.32, No.12, Dec. 1997, pp.1858-1865.
- [13] G. L. Arsov, and S. Mirčevski, „The Sixth Decade of the Thyristor“, 15<sup>th</sup> Inter.Symp. on Power Electronics - Ee 2009, Novi Sad, Serbia, Oct. 28-30, 2009.
- [14] V. Katić, „Power Electronics - More than 100 years of Continuous Development“, 12<sup>th</sup> Intern. Symposium on Power Electronics – Ee 2003, Novi Sad, Nov.5 - 7, 2003, Rad #JP-2, pp. 1-6.
- [15] P. Miljanic, „Speed control of wound rotor induction motor“, Canadian patent 790 935, U. S. patent 3 136 937, 1961.

- [16] P.N. Miljanic, "The Through-Pass Inverter and Its Application to the Speed Control of Wound Rotor Induction Machines", IEEE Tran. on Power Appar. and System, Vol. PAS-87, No. 1, Jan. 1968, pp.234-239.
- [17] V. Vučković, „Thirty years of a symposium“, 12<sup>th</sup> Intern. Symposium on Power Electronics – Ee 2003, Novi Sad, Nov. 5-7, 2003, Rad #JP-1, pp.1-6.
- [18] P.N. Miljanić, "Biti koristan - moto saradnika Instituta „Nikola Tesla“", Autorski prilozi o radu i razvoju instituta, Elektrotehnički Institut "Nikola Tesla", Beograd, [Pristupljeno 1.10.2023.], [http://esp.etf.rs/prilog%201\\_pm.pdf](http://esp.etf.rs/prilog%201_pm.pdf)
- [19] M. Džanić, „Zvonko Benčić – znanstveni put kroz „mravlju zemlju“ učinske elektronike“, <https://www.sveopoduzetnistvu.com/index.php?main=clanak&id=142> [Pristupljeno 1.10.2023.]
- [20] Vladan Vučković, "10 godina simpozijuma /savetovanja Energetska elektronika", Uvodna reč, X Simpozijum Energetska elektronika – Ee 1999, Novi Sad, 14.-16. 10. 1999., Rad #T0-2, pp. 1-2.
- [21] V.A. Katić, „Naučni skupovi i indikatori praćenja njihovog uticaja“, XXII Savetovanje Energetska

elektronika – Ee2023, Novi Sad, 25-28. 10. 2023., pp.1-6.

## 50 YEARS OF POWER ELECTRONICS CONFERENCES

**Abstract:** *From the initial conference, initiated by academics, researchers, professors, engineers, and experts back in 1973, over 50 years the Power Electronics Symposium has grown into a top international scientific event, which gathers participants from all over the world. The paper presents an account of the development of this conference in this half-century of existence, through a brief history, the most significant people, and key determinants defined by the statistical data on papers and authors. A complete overview of all exhibited papers and many other data can be seen on the website of the symposium [www.dee.uns.ac.rs](http://www.dee.uns.ac.rs), and of the Society for Power Electronics of Serbia [www.dee.org.rs](http://www.dee.org.rs), the main organizer.*

**Keywords:** *Power Electronics Conferences, 50 years, History, The significant people, Statistical analysis of papers and authors*



# ZNAČAJ I UTICAJ SKUPOVA ENERGETSKA ELEKTRONIKA

Vladimir A. Katić<sup>1</sup>, Dragomir Nikolić<sup>2</sup>, Zoltan Čorba<sup>3</sup>, Aleksandar Stanisavljević<sup>4</sup>,  
Stevan Cvetičanin<sup>5</sup>, Ljubinka Gerić<sup>6</sup>, Jadranka Galić<sup>7</sup>

<sup>123456</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

<sup>7</sup>Društvo za energetska elektroniku, Novi Sad, Srbija

<sup>1</sup>[katav@uns.ac.rs](mailto:katav@uns.ac.rs), <sup>2</sup>[nikolicd@uns.ac.rs](mailto:nikolicd@uns.ac.rs), <sup>3</sup>[zobos@uns.ac.rs](mailto:zobos@uns.ac.rs), <sup>4</sup>[acas@uns.ac.rs](mailto:acas@uns.ac.rs),

<sup>5</sup>[stevan.cveticanin@uns.ac.rs](mailto:stevan.cveticanin@uns.ac.rs), <sup>6</sup>[buba@uns.ac.rs](mailto:buba@uns.ac.rs), <sup>7</sup>[jadranka\\_galic2000@yahoo.com](mailto:jadranka_galic2000@yahoo.com)

**Kratak sadržaj:** Naučni skup *Energetska elektronika* održava se već pola veka i po tome je jedan od najdugovečnijih u Srbiji i regionu. U tom dugom periodu prošao je kroz niz faza da bi od nacionalnog savetovanja došao do simpozijuma u rangu vrhunskih međunarodnih konferencija. U radu je razmotren značaj i uticaj koji je ovaj simpozijum imao i ima u naučnoj i akademskoj javnosti Srbije, regiona i sveta. Za to su iskorišćeni publikovani naučni radovi sa poslednjih simpozijuma (od 2017. god.), kada je on stekao pomenuti međunarodni status. Kao mera uticaja, uzet je njihova brojnost i citiranost, definisana kroz četiri indikatora, kao i ukupni faktor uticaja (Total Impact Factor). Radi procene vrednosti, dobijenih rezultati su upoređeni sa indikatorima od još dva slična skupa iz regiona.

**Ključne reči:** Međunarodni simpozijum Energetska elektronika, Citiranost, Faktor uticaja

## 1. UVOD

Naučni skupovi „Energetska elektronika“ održavaju se već 50 godina [1, 2]. Prvi skup, pod nazivom Savetovanje Energetska elektronika, održan je davne 1973. god. u Beogradu, kao izraz želja i potreba da se prezentuju dostignuća i razmene iskustva iz ove tada nove i veoma propulzivne oblasti. Uspeh i široko interesovanje koje je ovo okupljanje privuklo, kao i njegov odjek širom tadašnje Jugoslavije, podstaklo je organizatore da u narednim godinama nastave sa njegovim održavanjem i unapređenjem. U narednih 15 godina savetovanje prerasta u jednu od najznačajnijih naučnih konferencija u Jugoslaviji, vođenu od međuakademijskog odbora, koji su sačinjavali najpoznatiji naučnici iz svih akademija nauka i umetnosti u Jugoslaviji, a koji je bio snažno podržan od tadašnjih privrednih giganta (Rade Končar iz Zagreba, Iskra iz Ljubljane, Sever iz Subotice, Energoinvest iz Sarajeva, Minel iz Mladenovca i dr.). Raspadom Jugoslavije i tranzicijom društvenog uređenja, savetovanje je pauziralo nekoliko godina, da bi onda oživelo u novom obliku 1995. god. u Novom Sadu. Ono nastavlja da se organizuje u dvogodišnjim intervalima, kao nacionalni skup sa sve većim međunarodnim učešćem, odražavajući dalji napredak istraživanja u ovoj oblasti, ali sada na

naučnim institutima i fakultetima u Srbiji. Tako se od te godine održavaju zajedno (isprepletano) domaće savetovanje (radovi na srpskom jeziku) i međunarodni simpozijum (radovi na engleskom jeziku). Potreba za širom komunikacijom i većim okupljanjima istraživača sa akademije, instituta i privrede iz zemlje i inostranstva, dovela je do odluke da se međunarodni simpozijum više potencira, zadržavajući i radove za savetovanje na srpskom jeziku. Tako se od 2001. god. održavaju u zajedno, delimično dvojezično, ali i dalje isprepletano, međunarodni simpozijum i savetovanje. Ovo stanje je potrajalo do 2011. god., kada se ova dva skupa razdvajaju i dalje nastavljaju kao paralelni događaji, razvijajući se nezavisno. Novi skok predstavlja 2017. god., kada međunarodni simpozijum prerasta u vrhunski međunarodni skup sa tehničkom podrškom najznačajnijih svetskih i evropskih udruženja (IEEE PELS, IEEE IES, IEEE IAS, IEEE Sekcija Srbija i Crna Gora, EPE Brisel, ECPE Ninberg i dr.) i počinje da okuplja najistaknutije naučnike, profesore i istraživače iz Evrope i sveta. Radovi sada ulaze u globalnu digitalnu biblioteku *IEEE Xplore* [3], a njihova citiranost počinje da se pojavljuje i prati u najznačajnijim citatnim bazama *Scopus* [4], *Web of Science (Clarivate)* [5] i *Google Scholar* [6].

Ovaj brzi i dinamični razvoj skupova Energetska elektronika odražava veliki entuzijazam i posvećenost ovoj oblasti grupe istraživača sa Fakulteta tehničkih nauka iz Novog Sada, ali i značajno interesovanje svetskih naučnika za rezultate rada u Srbiji. Ovaj drugi aspekt bio je motivacija autorima ovog rada da istraže kakav je značaj skupova Energetska elektronika, kao i njihov uticaj, odnosno odjek u široj (međunarodnoj) naučnoj javnosti.

## 2. ZNAČAJ SKUPOVA ENERGETSKA ELEKTRONIKA

Iz energetske elektronike publikuje se veliki broj radova u naučnim i stručnim časopisima ili na konferencijama, simpozijumima i savetovanjima. Česte su i kompilacije, specijalni tematski zbornici, kao i naučne knjige [7]. Sprovode se i veliki i značajni projekti, izrađuju studije, a i publikuje niz periodičnih izveštaja. Značajan je i stalno se povećava i broj patenata

iz ove oblasti. Povećava se i broj uređaja, sklopova i drugih industrijskih proizvoda, koji predstavljaju nova rešenja ili baziraju na ranijim iz energetske elektronika. To sve uvećava i ulogu i značaj i raznih okupljanja naučnika i istraživača, pa i ovih iz energetske elektronike i srodnih oblasti. Povećava se potreba i za izlaganjem najnovijih proizvoda, pa su skupovi često praćeni i većim ili manjim stručnim izložbama.

Sve ovo karakteriše i skupove Energetska elektronika, koji sada postaju centar okupljanja nove industrije u Srbiji. Njihov značaj je uvećan i odgovarajućom tradicijom, koja se ogleda i kroz „okrugle“ godišnjice, odnosno jubileje vezane za srpsku nauku. Tako u ovom periodu (2021.-2024. god.) obeležavamo 135 godina od patentiranja Teslinog asinhronog motora (*Nikola Tesla*, 1888. god.), 55 god. prvog tiristora u Srbiji (P. Miljanić, 1967. god.), 45 god. od prvog kursa iz Energetskih pretvarača na Elektrotehničkom fakultetu u Beogradu (P. Miljanić, 1978. god.), odnosno Industrijske elektronike na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu (B. Pantić i V. Katić, šk. 1978/79. god.), 40 god. od instalacije prvog industrijskog regulisanog naizmjeničnog pogona sa tranzistorskim invertorom i mikroprocesorskom regulacijom u fabrici »Viskoza«, Loznica (V. Vučković i saradnici iz Instituta Nikola Tesla, 1981. god.), itd. [1, 8]. Pored toga Društvo za energetska elektronika Srbije, koje okuplja stručnjake, inženjere, istraživače, univerzitetske profesore i dr. iz ove oblasti i koje je glavni organizator simpozijuma Ee, obeležava 25 godina od svog osnivanja (Novi Sad, 1997. god.), a samo savetovanje, odnosno simpozijum puni 50 god. uspešnog održavanja i rada (Beograd, 1973. god.).

Značaj se može videti i kroz glavne teme ovih savetovanja/simpozijuma, koje su se vremenom menjale, širile pokrivanje oblasti i dopunjavale. Na početku, tematski savetovanje je bilo orijentisano na probleme komponenti, energetskih pretvarača, industrijskih elektromotornih pogona i električnih mašina, uz neophodne teme iz upravljanja i merenja. Kasnije su dodate teme koje obrađuju kvalitet električne energije i primenu u telekomunikacijama. Poslednjih godina, pridodata je tematika obnovljivih i distribuiranih izvora energije, pametne energetske elektronike (*Smart Power Electronics*), pametnih mreža (*Smart Grids*) i energetskih skladišta, kao i automobilskih pogona.

Značaj se ogleda i u broju prijavljenih i izloženih naučnih i stručnih radova, koji se danas saopštavaju u različitim oblicima. Od Ee 1973 do Ee 2023 ukupno je prezentovano blizu dve hiljade radova (tačnije 1963) u obliku uvodnih (*Keynote Papers*) pozvanih (*Invited Papers*), redovnih radova (*Regular Papers*), radova po specijalnim sesijama (*Special Session Papers*), te uvodnih predavanja (*Keynote Lectures*), pozvanih predavanja (*Invited Lectures*), industrijskih (stručnih) prezentacija (*Industry Sessions*), panel prezentacija (*Panel Sessions*), okruglih stolova (*Round Tables*) i tutorijala (*Tutorials*), kao i radova izloženih u okviru savetovanja Energetska elektronika. Njihovu dalju sudbinu i uticaj teško je pratiti bez pomoći savremenih tehnologija i softverskih alata. Detaljnija analiza i niz korisnih dijagrama i informacija, koje ukazuju na visok značaj ovih skupova data je u [1, 8, 9], a u nastavku će više pažnje biti posvećeno uticaju na naučnu misao,

odnosno na odjek u naučnoj i akademskoj javnosti Srbije, regiona i sveta, koji ovi skupovi imaju.

### 3. UTICAJ SKUPOVA ENERGETSKA ELEKTRONIKA

Uticaj naučnih radova, odnosno dalje razmatranje i razrada u njima predloženih metoda, prikazanih modela, rezultata simulacije i laboratorijskih eksperimenata, merenja u pogonu i na terenu, te datih rešenja i predstavljenih prototipova u savremenoj nauci se prati preko odgovarajućih indikatora njihove citiranosti u drugim naučnim radovima ili saopštenjima. Na taj način i sama konferencija ima odgovarajući uticaj i značaj, pa je od interesa to utvrditi. Dodatno, uticaj se može izmeriti i kroz faktor uticaja (*Impact Factor*), koji se danas uglavnom publikuje za vrhunske časopise, ali se može izračunati i za skupove Energetska elektronika [10].

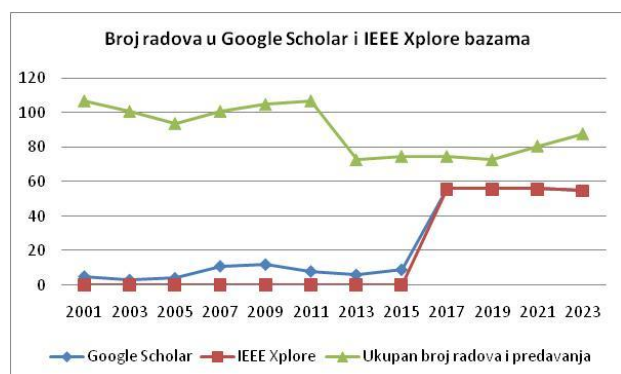
#### 3.1. Prisutnost u svetskim digitalnim bazama

Da bi se mogla pratiti citiranost radova sa savetovanja/simpozijuma Energetska elektronika, potrebno je da oni budu publikovani u digitalnom obliku i raspoloživi preko odgovarajućih digitalnih biblioteka ili websajtova. Danas se za najznačajnije digitalne baze smatraju *IEEE Xplore* [3], *Web of Science* (Clarivate) [5] i *Scopus* [4]. Pored toga, zbog velikog obuhvata i brzine registrovanja novih radova ili citiranosti, *Google Scholar* baza se takođe može uzeti u obzir [6].

Ove preduslove su simpozijumi Energetska elektronika počeli da ispunjavaju 2001. god., kada su dobili međunarodni karakter. Radovi se objavljuju u digitalnom obliku (CD ROM), a par godina kasnije su postali dostupni i preko vebsajta. To rezultuje njihovim delimičnim pojavljivanjem u *Google Scholar*-u i beleženjem njihove citiranosti. Međutim, tek organizacijom simpozijuma kao vrhunske međunarodne konferencije sa IEEE tehničkim kosponsorstvom i uključivanjem radova u najpoznatiju svetsku digitalnu biblioteku *IEEE Xplore* (2017. god.), publikovani radovi ulaze i u vrhunske svetske digitalne citatne baze *Scopus* i *Web of Science*. Od tada može da se kvalitetno prati i njihova citiranost i određuje godišnji uticajni faktor ( $IF_g$ ).

U prvoj godini (2017. god.) u *IEEE Xplore* se pojavljuje 56 kompletnih naučnih radova (redovnih i pozvanih) izloženih na 19. simpozijumu Ee. U 2019. god., posle 20-tog jubilarnog simpozijuma, dodato je novih 56 radova [8], a u 2021. god., nakon 21-og skupa održanog on-line zbog restrikcija usled pandemije virusa Korona-19 takođe još 56 radova [1]. Očekuje se da će posle 22-gog Međunarodnog simpozijuma Ee 2023 od ukupno 88 radova i predavanja u digitalnu bazu *IEEE Xplore* biti plasirano 55 kompletnih naučnih radova, koji zadovoljavaju stroge međunarodne kriterijume. Na slici 2 prikazan je pregled odnosa ukupnog broja radova i izloženih predavanja na međunarodnim simpozijumima Ee od 2001. god. i onog koji je vidljiv preko *Google Scholar* i *IEEE Xplore* digitalnih baza. Treba napomenuti, da od 2017. god. *Scopus* i *Web of Science* uvrštavaju sve radove iz digitalne biblioteke *IEEE Xplore*, kao i *Google Scholar*, pa se od tada podaci uglavnom preklapaju. Ovo ukazuje da se od tada

Međunarodni simpozijum Energetska elektronika svrstao rame-uz-rame sa ostalim najpoznatijim naučnim skupovima i da je time postao jedan od vrhunskih međunarodnih konferencija za značajnom „vidljivošću“ i visokom citiranošću.



Sl. 2. Broj radova i predavanja od 2001. god.: Ukupan i raspoloživ u Google Scholar i IEEE Xplore bazama [3, 6]

### 3.2 Citiranost

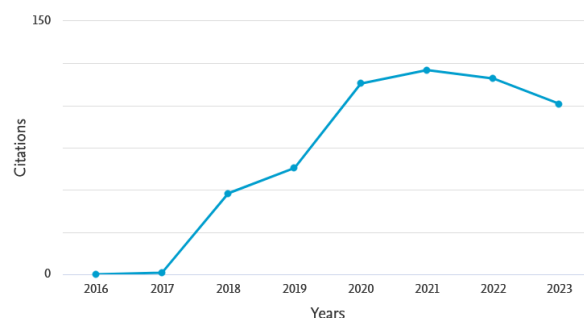
U citatnim bazama (*Scopus*, *Web of Science* ili *Google Scholar*) prate se godišnji i ukupni brojevi citiranja naučnih radova, koji se navode u pojedinačnim profilima naučnika i koji su uglavnom javno dostupni. Baza *Scopus* omogućava da se slična pretraga uradi i za izložene radove na naučnim skupovima, koji su uvršćeni u nju, tj. da se formira neformalni profil skupa.

U ovom radu će se pratiti citiranost Ee simpozijuma preko pomenuta dva parametra (godišnjeg u ukupnog broja citata) raspoloživih u *Scopus*-u [4], kao i uz pomoć dodatnih indikatora: prosečnog broja citata (*Average Citation*)  $BC_{AV}$ , Hiršovog ( $h$ ) ili  $h$ -indeksa, indeksa zapaženosti (*Noted Index*) ili  $i_{10}$  indeksa, indeksa primećenosti (*Notability Index*) ili  $i_1$  indeksa, procenta citiranosti (*Citation Percentage*)  $C_p$  i procenta zapažene citiranosti (*Noted Citation Percentage*)  $C_p^+$  [10].

### 3.3 Citiranost Ee simpozijuma

Od uključivanja radova u digitalnu bazu IEEE Xplore 2017. god., radovi izloženi na međunarodnom simpozijumu Energetska elektronika (Ee) počinju sistematski da se prate i da se utvrđuje njihova citiranost. Na slici 3 prikazan je godišnji broj citata u periodu 2017-2023. god. na bazi praćenja 168 naučnih radova iz digitalne biblioteke *IEEE Xplore*, a koji su nadgledani i od baze *Scopus* i koji su objavljeni u periodu od 2017. – 2021. god. (radovi sa Ee 2023 će biti uključeni nakon ovog skupa) [4]. Treba napomenuti da su podaci o citiranosti za 2023. god. nepotpuni, jer ne uključuju radove sa Ee 2023, a citiranost je očitana 6. oktobra 2023. Iz tog razloga su oni u kasnijoj analizi linearno uvećani i korigovani na procenjenu vrednost za stanje 31.12.2023.

Može se uočiti da citiranost simpozijuma polako raste, tako da je sa datumom 6.10.2023. ukupan broj citata bio 563. Najveći broj citata postigli su radovi predstavljeni u Tabeli 1. Na osnovu ovih podataka može se izračunati da je prosečan broj citata bio  $BC_{AV} = 3,35$ .

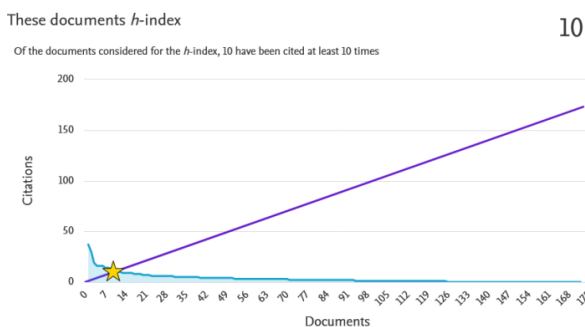


Sl. 3. Godišnji broj citata 2017 – 2021. prema bazi *Scopus* (stanje na dan 6.10.2023.) [4]

Tabela 1: Najviše citirani radovi Ee 2017 – 2023 [4]

Document title	Authors	Source	Year	Citations
1 Conference Paper - Open access Future of electric vehicle charging	Mouli, G.R.C., Venugopal, P., Bauer, P.	19th International Symposium on Power Electronics, Ee 2017, 2017-December, pp. 1-7	2017	37
2 Conference Paper Vector space decomposition algorithm for asymmetrical multiphase machines	Zoric, I., Jones, M., Levi, E.	19th International Symposium on Power Electronics, Ee 2017, 2017-December, pp. 1-6	2017	30
3 Conference Paper The Influence of Power Frequency Deviation on the Active and Reactive Power Measurement Error with the Application of DFT	Serov, A.N., Nevitskiy, A., Shatokhin, A.A., ... Dolgacheva, E.A., Westernmann, D.	2019 20th International Symposium on Power Electronics, Ee 2019, 8923242	2019	19
4 Conference Paper Full bridge MMC converter controller for HVDC operation in normal and DC fault conditions	Jovic, D., Lin, W., Nguetou, S., Saad, H.	19th International Symposium on Power Electronics, Ee 2017, 2017-December, pp. 1-6	2017	16
5 Conference Paper Optimized method for speed estimation using incremental encoder	Anuchin, A., Astakhova, V., Shtak, D., Zharkov, A., Britz, F.	19th International Symposium on Power Electronics, Ee 2017, 2017-December, pp. 1-5	2017	16
6 Conference Paper Future of high power PV plants - 1500V inverters	Čorba, Z., Popadić, B., Katić, V., Dumnić, B., Milićević, D.	19th International Symposium on Power Electronics, Ee 2017, 2017-December, pp. 1-5	2017	16
7 Conference Paper Design for reliability in renewable energy systems	Blažberg, F., Zhou, D., Sangwonwanich, A., Wang, H.	19th International Symposium on Power Electronics, Ee 2017, 2017-December, pp. 1-6	2017	14
8 Conference Paper A notch filter based active damping of ICL filter in shunt active power filter	Büyükt, M., Tan, A., Inci, M., Tümay, M.	19th International Symposium on Power Electronics, Ee 2017, 2017-December, pp. 1-5	2017	14
9 Conference Paper Investigating the Effect of Environmental Parameters on the Reliability of Power Supplies for Induction Heating Technologies	Prodanov, P., Dankov, D.	2019 20th International Symposium on Power Electronics, Ee 2019, 8923317	2019	13
10 Conference Paper Overview of voltage dips detection analysis methods	Stanićević, A.M., Katić, V.A., Dumnić, B.P., Popadić, B.P.	19th International Symposium on Power Electronics, Ee 2017, 2017-December, pp. 1-6	2017	11
11 Conference Paper - Open access Model identification and parameter estimation of lithium ion batteries for diagnostic purposes	Pozna, A.L., Magyar, A., Hangos, K.M.	19th International Symposium on Power Electronics, Ee 2017, 2017-December, pp. 1-6	2017	10

Na slici 4 prikazan je dijagram kojim je određen aktuelni Hiršov,  $h$ -indeks Ee simpozijuma (stanje 6.10.2023.), a dobijen je iz *Scopus*-a [4]. Vidi se, a to se može uočiti i iz Tabele 1, da on za Ee simpozijum iznosi  $h=10$ , odnosno da je 10 radova imalo 10 ili više citata. S druge strane, iz podataka *Scopus*-a [4], a delimično i sa slike 4 može se utvrditi da je 12 radova citirano 10 i više puta, pa je indeks zapaženosti (*Noted Index*) jednak  $i_{10}=12$ . Takođe, može se očitati i da je 125 radova citirano bar jedanput, pa je indeks primećenosti (*Notability Index*)  $i_1=125$ . Za upoređivanje sa drugim skupovima i eventualno rangiranje dobri pokazatelji su procenat citiranosti  $C_p$  i procenat zapažene citiranosti  $C_p^+$  definisani u [10]. Za simpozijume Ee oni sa stanjem na 6.10.2023. god. imaju vrednosti  $C_p = 74,4\%$  i  $C_p^+ = 7,1\%$ , što je takođe dato u [10].



Sl. 4. Hiršov ( $h$ ) indeks simpozijuma na bazi objavljenih radova 2017-2021. (stanje na dan 6.10.2023.) [4]

### 3.4 Faktor uticaja (Impact Factor) Ee simpozijuma

Faktor uticaja (Impact factor, IF) je danas opšte prihvaćen parametar kojim se procenjuje relativna važnost nekog časopisa u određenoj naučnoj oblasti. Međutim, on se proračunava samo za naučne časopise, dok se to ne radi za međunarodne konferencije.

Zbog složenosti proračuna i ograničene dostupnosti podataka, u [10] je predloženo da se uvede malo modifikovana definicija IF, koja se nešto razlikuje od standardne date u [11]. Taj novi faktor, nazvan je ukupni faktor uticaja (*Total Impact Factor,  $IF_{g\text{tot}}$* ) i određuje se na godišnjoj bazi. Na taj način se na bazi raspoloživih podataka o citiranosti iz baza *Scopus* (ili *Web of Science*) može jednostavno odrediti ovaj uticaj.

Na osnovu podataka iz baze *Scopus*, u Tabeli 2 prikazan je pregled godišnjih indikatora, odnosno broja radova, godišnje citiranosti i izračunatog ukupnog faktora uticaja ( $IF_{g\text{tot}}$ ) za radove publikovane na međunarodnim simpozijumima Ee 2017 – Ee2023 i uvršćene u digitalnu biblioteku *IEEE Xplore* [10]. Vidi se da proticanjem vremena ukupni faktor uticaja ( $IF_{g\text{tot}}$ ) Ee simpozijuma raste i da se sada kreće u opsegu od  $IF_{g\text{tot}}=2,0$  do  $IF_{g\text{tot}}=2,4$ .

Tabela 2. Godišnji indikatori za Ee simpozijume [10]

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Broj radova (IEEE Xplore)	56	/	56	/	56	/	55
Broj citata	1	48	63	113	121	116	101*/ 135**
Ukupni Faktor uticaja ( $IF_{g\text{tot}}$ )	0	0,86	1,13	2,02	2,16	2,07	2,41**

\* Broj citata do 6. 10. 2023.

\*\* Procena za celu 2023. god. na bazi stanja od 6.10.2023.

## 4. POREĐENJE SA SLIČNIM MEĐUNARODNIM SKUPOVIMA

Da bi se procenio uticaj simpozijuma Ee korisno bi bilo uporediti dobijene vrednosti sa onima, koje pokazuju drugi slični skupovi. U ovom radu data je ilustracija takvog postupka upoređivanjem indikatora citiranosti i ukupnog faktora uticaja simpozijuma Ee sa još dva druga, slična skupa, Međunarodnim simpozijumom za industrijsku elektroniku i aplikacije (INDEL), i Međunarodnom konferencijom o električnim pogonima i energetske elektronici (EDPE).

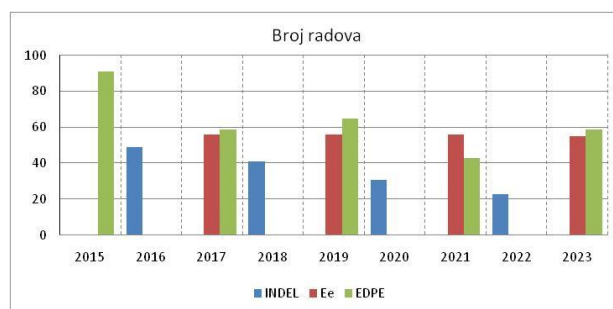
Međunarodni simpozijum Industrijska elektronika i aplikacije (*International Symposium on Industrial Electronics and Applications, INDEL*) svake druge (parne) godine održava se u Banja Luci (BIH) od 1997. god. [12]. Od 2016. god. radovi je arhiviraju u *IEEE Xplore* bazi i prate u *Scopus*-u.

Međunarodna konferencija o električnim pogonima i energetske elektronici (*International conference on Electrical Drives and Power Electronics, EDPE*) održava se u dvogodišnjim intervalima naizmenično u Visokim Tatrama (Slovačka) i Dubrovniku (Hrvatska) i to od 2003. god. [13]. Od 2015. god. konferencija ima tehničko kosponsorstvo IEEE i radovi su raspoloživi preko *IEEE Xplore* digitalne biblioteke.

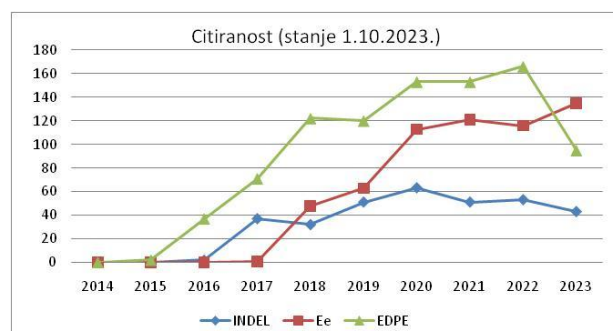
Zajedničko ovim skupovima sa Ee simpozijumima je da imaju dužu tradiciju i visoku međunarodnu reputaciju, da se redovno održavaju u dvogodišnjim intervalima, da su radovi višestruko „na slepo“ recenzirani, da se izlažu na engleskom jeziku i da se publikuju i arhiviraju preko digitalne baze *IEEE Xplore*. Svi publikovani radovi se navode i njihova citiranost prati preko citatnih baza *Web of Science (Clarivate)*, *Scopus* i *Google Scholar*, a za poređenje su korišćeni su podaci iz baze *Scopus* baze [4]. Detaljniji pregled i proračuni indikatora dati su u [10].

Zbog ograničenog prostora, ovde će radi poređenja biti prikazan broj radova/skupu, koji se nalaze u *IEEE Xplore* biblioteci (slika 5), kao i pregled godišnje citiranosti (slika 6). Biće upoređena samo tri indikatora (slika 7), prosečan broj citata ( $BC_{AV}$ ), procenat citiranosti ( $C_p$ ) i ukupni faktor uticaja ( $IF_{g\text{tot}}$ ).

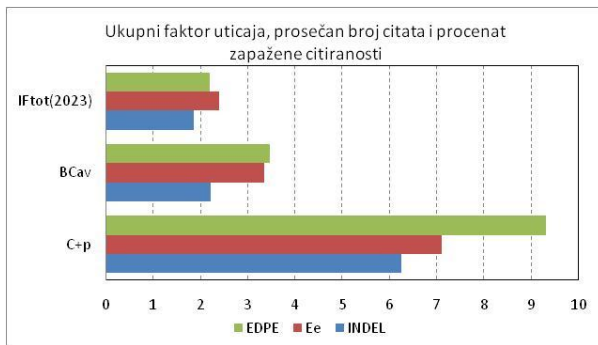
Sa slika 5-7 može se uočiti da je broj radova, tj. obim konferencije više-manje ujednačen, da citiranost ima uglavnom uzlazni trend, ali postoji veća međusobna razlika, kao i da su podaci o uticaju ( $IF_{g\text{tot}}$ ) i citiranosti slični, uz uočljivu razliku kod  $C_p^+$ .



Sl. 5. Poređenje prema broju radova



Sl. 6. Poređenje prema godišnjoj citiranosti



Sl. 7. Poređenje naučnih skupova na bazi faktora uticaja, prosečnog broja citata i procenta zapažene citiranosti

Ovi podaci su korisni za organizatore i mogu da ukažu na eventualne potrebe za poboljšanjima. Ipak, za ozbiljnija poređenje i složenije analize potrebno je posmatrati više skupova, odabranih po različitim kriterijumima. U [10] predstavljena je šira analiza iz koje su izdvojena pomenuta dva i upoređena sa simpozijumom Ee.

## 5. ZAKLJUČAK

Međunarodni simpozijum Energetska elektronika slavi svoju jubilarnoj 50-tu godišnjicu. U tom poluvekovnom periodu, doživeo je razne turbulencije, da bi se poslednjih godina razvio u vrhunsku međunarodnu naučnu manifestaciju. Njegov značaj i vrednost za naučnu i akademsku zajednicu su veliki, što se ogleda u velikoj citiranosti, značajnom prosečnom broju citata, te visokoj procentualnoj citiranosti i ukupnom faktoru uticaja. U poređenju sa drugim sličnim skupovima, on ima dobre i ujednačene pokazatelje, a u nekim slučajevima i najbolje. To upućuje da treba i dalje predano raditi na njegovom unapređivanju, razvoju i napretku.

## 6. ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Departmana za energetiku elektroniku i telekomunikacije, u okviru realizacije projekta pod nazivom: "Istraživanja u cilju unapređenja nastavnog procesa i razvoja naučno-stručnih oblasti Departmana za energetiku, elektroniku i telekomunikacije".

## 7. REFERENCE

- [1] V.A. Katić, D. Nikolić, Z. Čorba, A. Stanisavljević, Lj. Gerić, J. Galić, „Energetska elektronika – simpozijum u godinama jubileja“, XXI Savetovanje Energetska elektronika – Ee2021, rad #S1.1-00135, Novi Sad, 27-30. okt. 2021., pp. 1-6.
- [2] V.A. Katic, „50 years of the Ee Symposium (1973-2023)“, 22<sup>nd</sup> Intern. Symp. on Power Electronics - Ee 2023, Novi Sad, Serbia, Oct. 25-28, 2023, pp.1-6.
- [3] IEEE Xplore-Advancing Technology for Humanity, <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> [Pristupljeno, 6.10.2023.]

- [4] Scopus, <https://www.scopus.com> [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [5] Web of Science, Clarivate, <https://www.webofscience.com> [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [6] Google Scholar, <https://scholar.google.com/intl/en/scholar/libraries.html>, [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [7] V.A. Katić, S. Mirčevski, „Energetska elektronika – pregled knjiga, časopisa i naučnih skupova“, XXI Savetovanje Energetska elektronika – Ee2021, rad #S1.5-00535, Novi Sad, 27-30. okt. 2021., pp. 1-6.
- [8] V.A. Katić, and G. Arsov, „Power Electronics in Serbia – a look backward on 20 symposiums“, 20<sup>th</sup> Intern.Symp. on Power Electronics -Ee 2019, Novi Sad, Serbia, Oct. 21-23, 2019.
- [9] V.A. Katić, „40 Years of The Symposium on Power Electronics“, 17<sup>th</sup> Intern. Symposium on Power Electronics – Ee 2013, Novi Sad, Oct.30 – Nov. 1, 2013, pp. 4-15.
- [10] V.A. Katić, „Naučni skupovi i indikatori praćenja njihovog uticaja“, XXII Savetovanje Energetska elektronika – Ee2023, Novi Sad, 25-28. okt. 2023., pp. 1-6.
- [11] \*\*\*, „Impact Factor“, Wikipedia - The Free Encyclopedia, [Accessed on 1. Oct. 2023],[https://en.wikipedia.org/wiki/Impact\\_factor](https://en.wikipedia.org/wiki/Impact_factor) [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [12] Intern. Symp. on Industrial Electronics and Applic. (INDEL), <https://indel.etfbl.net/index.html> [Pristupljeno, 1.10.2023.]
- [13] International Conference on Electric Drives and Power Electronics (EDPE), <http://www.edpe.sk/> [Pristupljeno, 1.10.2023.]

## SIGNIFICANCE AND IMPACT OF THE POWER ELECTRONICS CONFERENCES

**Abstract:** *The scientific conference on Power Electronics has been held for half a century and is therefore one of the longest-running in Serbia and the region. In that long period, it went through a series of stages to reach from a national conference to a symposium in the rank of top international conferences. The paper discusses the importance and influence that this symposium had and has on the scientific and academic public of Serbia, the region, and the world. For this, published scientific papers from the last symposiums (since 2017), when it acquired the mentioned international status, were used. As a measure of influence (impact), their number and citations were taken, defined through four indicators, as well as the Total Impact Factor. To evaluate the values, the obtained results were compared with the indicators of two other similar conferences from the region.*

**Keywords:** *International Symposium on Power Electronics, Citation, Impact Factor.*



# KARAKTERIZACIJA POTISKIVAČA ZAJEDNIČKIH SMETNJI KORIŠĆENJEM ANALIZATORA SPEKTRA

Mirjana Damjanović<sup>1</sup>, Milica Kisić<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

<sup>1</sup>mirad@uns.ac.rs, <sup>2</sup>mkisic@uns.ac.rs

**Kratak sadržaj:** U radu je prikazana karakterizacija i modelovanje potiskivača zajedničkih smetnji. Karakterizacija se zasniva na merenju  $S$ -parametara korišćenjem analizatora spektra.  $S$ -parametri se mere na jednom namotaju, dok je drugi namotaj sa otvorenim krajevima. Merna metoda se može koristiti u opsegu frekvencija do 50 MHz. Izmereni parametri se dalje koriste za ekstrahovanje električnih parametara komponente i njeno modelovanje. Metoda je prikazana na primeru jedne komercijalno dostupne komponente, i to klasičnog potiskivača zajedničke smetnje. Metoda je verifikovana poređenjem ekstrahovanih parametara sa vrednostima izmerenim pomoću analizatora impedanse.

**Ključne reči:** Potiskivači zajedničkih smetnji, merenje  $S$ -parametara, karakterizacija, modelovanje, analiza spektra

## 1. UVOD

Sve veći i brži tehnološki napredak čini izazove vezane za dizajn elektronskih kola sve većim. Unapređena proizvodnja poluprovodničkih komponenti omogućava veliku gustinu pakovanja, visoke radne frekvencije, brži prenos i obradu ogromne količine podataka uz primenu veštačke inteligencije i virtuelne stvarnosti. Svi ovi trendovi zahtevaju usklađivanje sa novim standardima i protokolima radi poboljšane elektromagnetske kompatibilnosti uređaja. Nedostatak primene standarda za elektromagnetnu kompatibilnost (EMC standarda) povećava verovatnoću pojave elektromagnetnih smetnji [1].

Savremeni trendovi i u oblasti energetske elektronike vode ka povećanju radnih frekvencija i snage uređaja, usled čega problemi elektromagnetne interferencije (EMI) postaju sve veći [2].

Induktivne komponente imaju široku primenu za potiskivanje smetnji i u oblasti energetske elektronike. One su ugrađene u mnogim savremenim uređajima, kao što su DC-DC konvertori [3].

Potiskivači zajedničkih smetnji (eng. *common mode chokes*, skraćeno CMC), su ključna komponenta EMI filtera namenjenih uglavnom za suzbijanje struje zajedničke smetnje [4], [5]. Rad CMC potiskivača se zasniva na njihovoj velikoj induktivnosti. CMC se najčešće sastoji od dva magnetski spregnuta kalema, namotana na jezgro napravljeno od materijala sa visokom permeabilnošću.

CMC potiskivači će u izvesnoj meri potiskivati i diferencijalne smetnje (eng. *differential mode noise DM*) koje se obično javljaju na višim frekvencijama [6] usled postojanja struja kroz parazitne induktivnosti (eng. *leakage inductance*). Zato, pri projektovanju elektronskog kola i korišćenju CMC potiskivača kao njegovog sastavnog dela koji treba da potiskuje provodne smetnje, veoma je važno imati što tačniju predikciju kako će se CMC ponašati.

Međutim, u praksi su performanse CMC potiskivača značajno umanjene usled prisustva parazitnih efekata na visokim frekvencijama [7]. Model jednostavnog kola CMC-a, zasnovanog isključivo na induktivnim komponentama, obično pokazuje malu tačnost na frekvencijama iznad nekoliko stotina kiloherca do nekoliko megaherca. Stoga je metoda za dobijanje tačnog modela CMC-a, koji uzima u obzir parazitne elemente, od najveće važnosti pri dizajniranju EMI filtera [3].

Generalno, CMC je teško karakterisati jer je to komponenta sa četiri izvoda čiji odziv zavisi od toga kako je ona priključena u kolo, vrste smetnji (CM ili DM struje) koje protiču, ali i od svojstava same komponente (prvenstveno od frekvencijski zavisne permeabilnosti materijala jezgra) [8], [9].

Zbog kompleksnosti problema, različite tehnike se koriste kako bi se odredio model CMC-a, koji može dobro da opiše rad komponente, kako na niskim, tako i na visokim frekvencijama. Većina ovih tehnika zahteva detaljno poznavanje karakteristika CMC potiskivača, kao što su geometrijski parametri provodnika, broj zavojaka, ali i geometrijski parametri i permeabilnost jezgra. Na osnovu tih podataka, mogu se odrediti svi parazitni elementi potiskivača, na primer, korišćenjem analitičkih izraza datih u [10]–[11], ili rešavanjem trodimenzionalnog elektromagnetskog modela CMC-a uz pomoć numeričkih tehnika [12].

Međutim, ove tehnike nije uvek lako koristiti za karakterizaciju i/ili pravilan izbor komercijalno dostupnih potiskivača za primenu u projektovanom kolu. Razlog za to je činjenica da su prethodno potrebni podaci za komercijalne komponente (kao što su svojstva jezgra) retko dostupni. Dodatno, za neke CMC-ove, koji se koriste kao sastavni elementi EMI komponenti i/ili EMI filtra, teško je utvrditi i broj zavoja i dužinu žica.

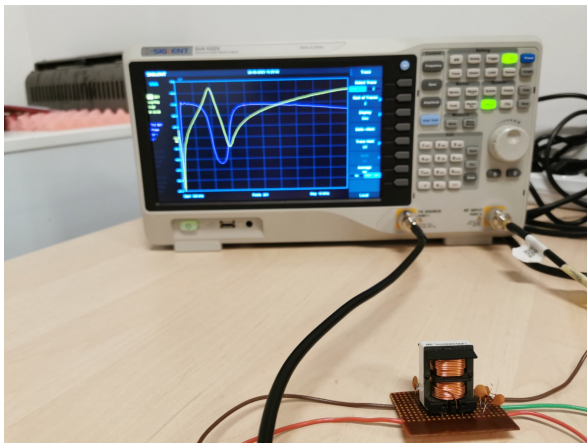
Alternativni pristup karakterizaciji komercijalnih CMC-ova je njihovo modelovanje na osnovu merenja odgovarajućih parametara, kao što je prikazano u [13]-[16]. Feritni transformatori ili CMC se najčešće karakterišu kao pojedinačne komponente pomoću analizatora impedanse, ali mogu biti karakterisani i korišćenjem analizatora spektra ili vektorskog analizatora mreže [17].

Pošto je poznavanje karakteristika CMC veoma važno za ispravno projektovanje elektronskog kola u cilju ispunjavanja EMC standarda, u ovom radu je prikazan postupak karakterizacije i modelovanja potiskivača zajedničkih smetnji merenjem transmisionih parametara ( $S$ -parametara) pomoću analizatora spektra.

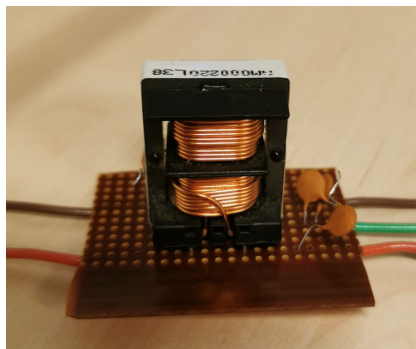
U drugom odeljku je prikazana korišćena merna postavka. U trećem su prikazani rezultati merenja  $S$ -parametara, na osnovu kojih je urađeno izračunavanje parametara i modelovanje potiskivača (prikazano u četvrtom poglavlju).

## 2. MERNÁ POSTAVKA I REZULTATI MERENJA

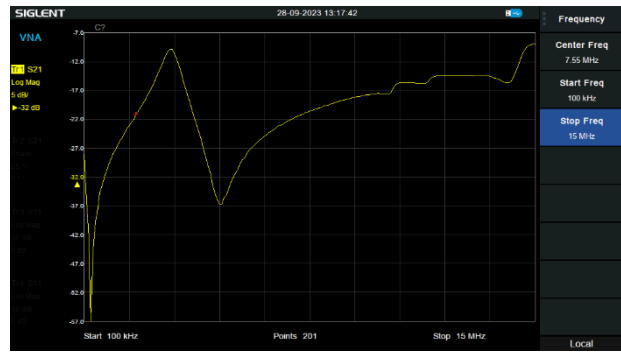
Prvi korak u karakterizaciji je povezivanje CMC komponente na analizator spektra.



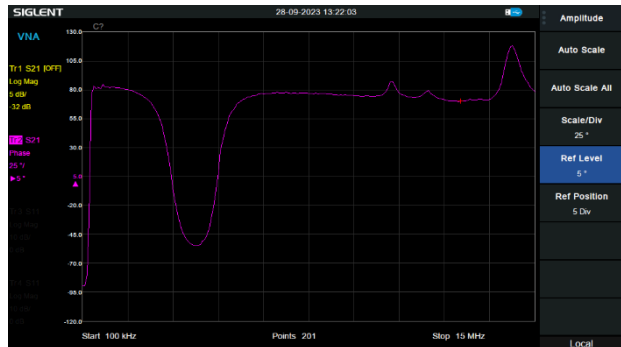
Sl. 1. Merna postavka za karakterizaciju CMC pomoću analizatora spektra



Sl. 2. Testirani potiskivač zajedničke smetnje (CMC)



Sl. 3. Izmerena vrednost amplitude parametra  $S_{21}$  za potiskivač zajedničkih smetnji (SA Siglent SX3200+)



Sl. 4. Izmerena vrednost faze parametra  $S_{21}$  za potiskivač zajedničkih smetnji (SA Siglent SX3200+)

Jedan namotaj komponente se putem VF kablova priključuje na treking generator (TG) a drugi na signalni ulaz (Input) analizatora spektra. Drugi namotaj se ostavlja otvorenim. Ovo je tzv. konfiguracija otvorenog kola (*open-circuit mode*). Za karakterizaciju korišćen je analizator spektra SIGLENT SVA1032X (slika 1).

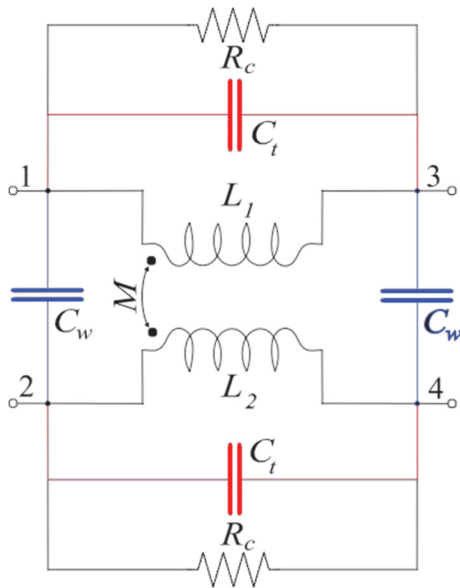
Merna metoda je prikazana na primeru klasičnog potiskivača zajedničke smetnje CMC. Merenje je izvršeno u opsegu frekvencija od 100 kHz do 50 MHz. Ovaj CMC potiskivač je izabran za karakterizaciju jer je jedan od najčešće korišćenih sastavnih komponenti u EMI filtrima koji služe za filtriranje naponskih linija u DC-DC konvertorima (slika 2).

Nakon povezivanja CMC-a u konfiguraciji otvorenog kola, mereni su amplituda i faza parametra  $S_{21}$ , u zavisnosti od frekvencije. Rezultati merenja za klasični potiskivač zajedničke smetnje prikazani su na slikama 3 i 4.

## 3. IZRAČUNAVANJE PARAMETARA I MODELOVANJE POTISKIVAČA

Na osnovu rezultata merenja  $S_{21}$  parametara moguće je ekstrahovati parametre modela komponente. Na slici 5 je prikazana električna šema CMC potiskivača. Model uključuje dva jednaka magnetno spregnuta namotaja. Takođe, dodate su parazitne sopstvene kapacitivnosti namotaja ( $C_i$ ) i kapacitivnosti između zavojaka ( $C_w$ ). U ovom modelu, gubici unutar magnetnog materijala uzimaju se u obzir pomoću otpornika ( $R_c$ ) povezanih paralelno sa induktivnostima prvog namotaja,  $L_1$ , i kapacitivnošću  $C_i$ .

Na isti način su prikazani parametri drugog namotaja  $L_2$ ,  $C_i$  i  $R_c$ . Međusobna induktivnost  $M$  je određena koeficijentom sprege  $k$ ,  $M = \pm k\sqrt{L_1 L_2}$ .



Sl. 5. Električna šema CM potiskivača

Kada je CMC povezan u konfiguraciji otvorenog kola (tj. priključci 1 i 3 preko VF kablova na analizator spektra, dok su priključci 2 i 4 su otvoreni), izmerena amplituda parametra  $S_{21}$  ima dva minimuma na rezonantnim frekvencijama, kao što se može videti na slikama 3 i 6.

Prva rezonantna frekvencija koja se javlja na nižim frekvencijama,

$$\omega_{OC1} = \frac{1}{\sqrt{C_t(L+M)}} = \omega_{CM}, \quad (1)$$

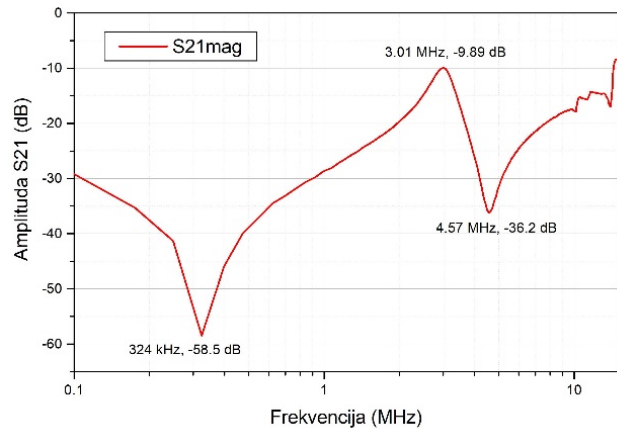
odgovara slučaju kada dođe do rezonancije između induktivnosti  $(L+M)$  i kapacitivnosti  $C_t$ . Za CMC je prva rezonantna frekvencija  $f_{OC1}=324$  kHz i potiče od CM struje (slika 6, tabela 1).

Nakon prvog minimuma komponenta dobija kapacitivni karakter i njena amplituda  $S_{21}$  parametra raste dok ne dostigne na  $f_{OC3}=3.01$  MHz, kada komponenta postaje čisto rezistivna. Nakon toga, amplituda  $S_{21}$  opada do drugog minimuma, kojeg dostiže na drugoj rezonantnoj frekvenciji:

$$\omega_{OC2} = \frac{1}{\sqrt{(C_t + C_w)(L - M)}} < \omega_{DM}. \quad (2)$$

Dakle, CMC rezonira i na višoj frekvenciji sa strujama koje teku u DM režimu (paralelna veza induktivnosti  $(L-M)$  i ekvivalentne kapacitivnosti  $(C_t + C_w)$ ).

Sa izmerenih grafika amplitude parametra  $|S_{21}|$  određene su dve rezonantne frekvencije na kojima se nalaze minimumi, rezonantna frekvencija na kojima se nalazi maksimalna vrednost, kao i amplituda signala na tim frekvencijama. Rezultati su prikazani u tabeli 1.



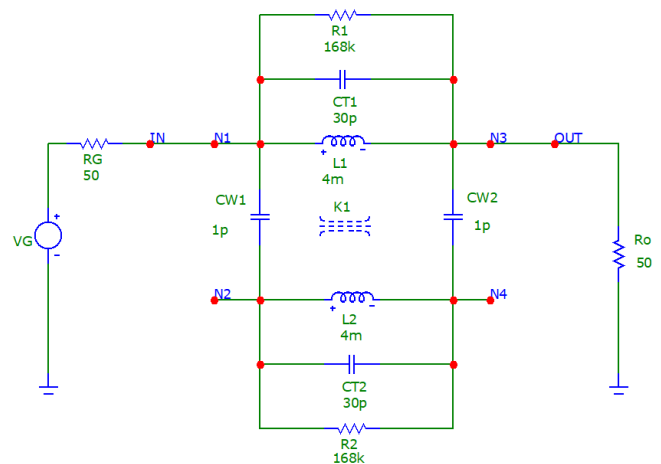
Sl. 6. Označene merne tačke od značaja na izmerenoj amplitudi parametra  $S_{21}$  (prikazanoj na slici 3)

Tabela 1. Izmerene vrednosti parametra  $S_{21}$  korišćenjem analizatora spektra Siglent SX3200+ u prve tri rezonantne tačke

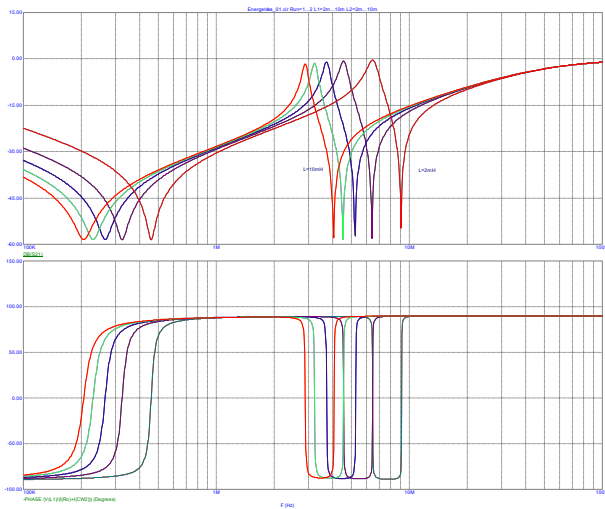
$f_{OC1}$	324 KHz
$ S_{21}(f_{OC1}) $	-58.5 dB
$f_{OC3}$	3.01 MHz
$ S_{21}(f_{OC3}) $	-9.89 dB
$f_{OC2}$	4.57 MHz,
$ S_{21}(f_{OC2}) $	-36.2 dB

U konfiguraciji otvorenog kola CMC potiskivač se priključuje na treking generator analizatora spektra ( $v_G$  i  $R_G$ ) i signalni ulaz, čija je otpornost  $R_o$ .

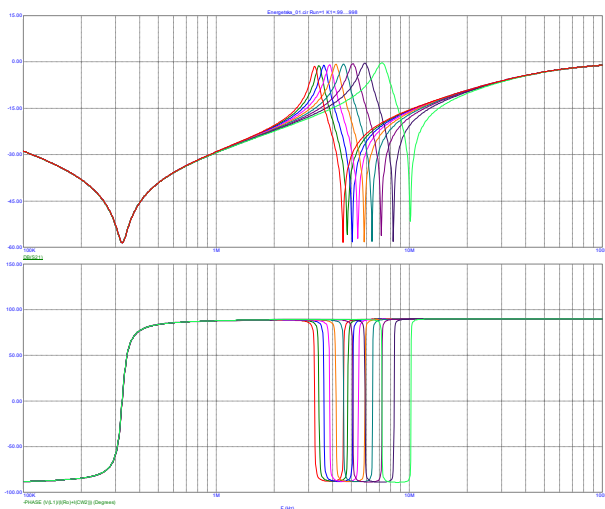
Za određivanje parametara potiskivača i simulaciju njegovog rada korišćen je programski paket MicroCAP. Na slici 7 je prikazan model CMC-a u konfiguraciji otvorenog kola, koji je korišćen za simulaciju.



Sl. 7. Električna šema CM potiskivača u konfiguraciji otvorenog kola, sa priključenim treking generatorom ( $v_G$  i  $R_G$ ) i signalnim ulazom analizatora spektra ( $R_o$ )



Sl. 8. Rezultati simulacija parametra  $S_{21}$  (amplituda i faza) za vrednosti induktivnosti  $L$  od 2mH do 10mH



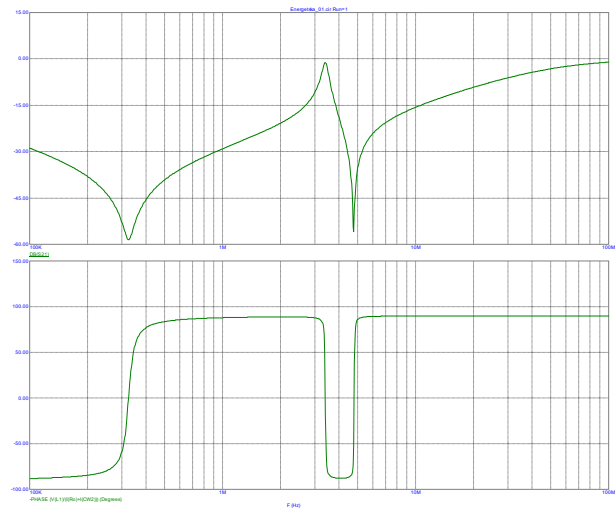
Sl. 9. Rezultati simulacija parametra  $S_{21}$  (amplituda i faza) za različite vrednosti koeficijenta sprege  $k$  u opsegu od 0.990 do 0.998

Parametri modela prikazanog na slici 7, mogu se dobiti putem iterativnog postupka. Kao početne vrednosti koriste se kataloški podaci ili ukoliko su nepoznati, možemo ih izmeriti povezivanjem na odgovarajući merni uređaj (kao što su LCR metar, analizator impedanse ili drugi).

Korišćenjem analizatora impedanse Hioki IM3590 izmerene su vrednosti električnih parametara CMC-a. Izmerena induktivnost jednog namotaja je  $L = 4$  mH, na frekvenciji od 100 kHz. Pošto je u jednačini (1) potrebna vrednost zbira induktivnosti ( $L+M$ ), kao početna vrednost može se koristiti dvostruka induktivnost namotaja,  $L+M = 2L$ , odnosno smatra se da je koeficijent sprege  $k = 1$ .

Iz izraza (1), na osnovu izmerene rezonantne frekvencije  $f_{OC1} = 324$  kHz, može se odrediti i kapacitivnost  $C_i = 30$  pF. Kapacitivnost  $C_w$  je obično reda nekoliko pF. Stoga se proizvoljna vrednost u tom opsegu može pretpostaviti kao početna,  $C_w = 1$  pF.

Nakon toga, na osnovu izmerene rezonantne frekvencije  $f_{OC2} = 4.57$  MHz može se odrediti i razlika ( $L-M$ ) korišćenjem jednačine (2), pošto su prethodno usvojene inicijalne vrednosti  $C_w$ ,  $C_i$  i koeficijent sprege  $k$ .



Sl. 10. Rezultati simulacija parametra  $S_{21}$  (amplituda i faza) za izabrane parametre modela (slika 7) i  $k=0.991$

Nakon što smo odredili početne vrednosti svih elemenata u modelu, koristiti se algoritam pomoću koga se promenom vrednosti parametara može pronaći set koji najbolje odgovara rezultatima merenja. U skladu sa tim, u MicroCAP-u su urađene parametarske analize svih elemenata modela. Na primer, uticaj induktivnosti  $L$  kao i koeficijenta sprege  $k$  na  $S_{21}$  parametar je prikazan na slikama 8 i 9, respektivno. Kao što je i očekivano, povećanjem induktivnosti  $L$  dolazi do smanjenja rezonantnih frekvencija (pogledati jednačine (1) i (2)). Slično, promenom koeficijenta sprege  $k$  sprege dolazi do promene kako zbira ( $L+M$ ), tako i razlike ( $L-M$ ). Međutim, pošto je  $k \approx 1$ , ovaj parametar značajnije menja drugu rezonantnu frekvenciju  $f_{OC2}$  i pomera je ka višim vrednostima.

Nakon analize uticaja pojedinih parametara, određene su vrednosti za elemente modela (slika 7), za koje se dobijaju karakteristike koje najbolje odgovaraju izmerenim  $S_{21}$ . Korišćenjem tih određenih parametara modela, dobijene su simulacijom  $S_{21}$  karakteristike prikazane na slici 10.

## 4. ZAKLJUČAK

U ovom je prikazana metoda za karakterizaciju potiskivača zajedničkih smetnji korišćenjem analizatora spektra. Ovom metodom je moguće da se brzo izvrši merenje transmisionih parametara komponente uz jednostavnu mernu postavku, koja uključuje samo analizator spektra sa trekking generatorom i odgovarajuće VF kablove. U ovoj metodi su uključeni i neželjeni uticaji CM i DM struje, uz istovremeno eliminisanje uticaja kablova i konektora koji su karakteristični za druge, tradicionalne metode.

Ova metoda može biti korisna kada je potrebno izabrati odgovarajući CMC ili za izbor odgovarajućeg CMC-a za EMI filter.

Tehnika predstavljena u ovom radu predstavlja kompromisno rešenje između jednostavnog modelovanja CMC-a, baziranog samo na kataloškim podacima o induktivnosti komponente, i mnogo složenijih pristupa za dobijanje visokofrekvencijskih modela CMC-a. Takve

tehlike uključuju u model frekvencijski zavisne induktivnosti i veći broj parazitskih elemenata, a mnogo su kompleksnije, duže traju i zahtevaju kompleksniju opremu.

Ova jednostavna i brza metoda se može koristiti u opsegu do 50 MHz, eventualno i do 100 MHz, u zavisnosti od karakteristika feritnog materijala.

Ovaj model je značajan jer može biti korišćen i kao početni korak u analizi uticaja CM i DM smetnji, a time i u rešavanju EMC problema.

## ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Departmana za energetiku elektroniku i telekomunikacije, u okviru realizacije projekta pod nazivom: „Istraživanja u cilju unapređenja nastavnog procesa i razvoja naučno-stručnih oblasti Departmana za energetiku, elektroniku i telekomunikacije“.

## 5. REFERENCE

- [1] Tehnička informacija, “EMC Standards”, Academy of EMC, Available: [www.academyofemc.com/emc-standards](http://www.academyofemc.com/emc-standards), pristupljeno dana 17.9.2023.
- [2] F. A. Kharanaq, A. Emadi and B. Bilgin, “Modeling of Conducted Emissions for EMI Analysis of Power Converters: State-of-the-Art Review,” IEEE Access, vol. 8, pp. 189313-189325, 2020.
- [3] A. V. d. Bossche, V. C. Valchev, “Inductors and Transformers for Power Electronics“, Boca Raton, FL, USA: CRC Press, 2005.
- [4] C. Dominguez-Palacios, J. Bernal, M. M. Prats, „Characterization of Common Mode Chokes at High Frequencies With Simple Measurements“, IEEE Trans. on Power Electronics, vol. 33, no. 5, pp: 3975-3987, 2018.
- [5] M. Damnjanovic, L. Zivanov, G. Stojanovic, „Common Mode Chokes for EMI Suppression in Telecommunication Systems“, EUROCON 2007 - The Inter. Conf. on "Computer as a Tool", Warsaw, Poland, pp. 905-909, 2007.
- [6] P. González-Vizueté, C. Domínguez-Palacios, J. Bernal-Méndez, M. Martín-Prats, „Simple Setup for Measuring the Response to Differential Mode Noise of Common Mode Chokes“ Electronics, vol. 9, no. 3, pp: 1-17, 2020.
- [7] S.Wang, F. C. Lee, J. D. vanWyk, “Design of inductor winding capacitance cancellation for EMI suppression,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 21, no. 6, pp. 1825–1832, 2006.
- [8] M. Damnjanovic, L. Zivanov, G. Stojanovic, „Analysis of effects of material and geometrical characteristics on the performance of SMD common mode choke“, 26<sup>th</sup> Inter. Conf. on Microelectronics, Niš, Serbia and Montenegro, pp. 267-270, 2008.
- [9] M. Ali, R. Bushra, J. Friebe, A. Mertens, “Design and Potential of EMI CM Chokes with Integrated DM Inductance”, 24<sup>th</sup> European Conf. on Power Electronics and Applications (EPE'22 ECCE Europe), Hanover, Germany, pp. 1-10, 2022.
- [10] A. Roc'h, H. Bergsma, D. Zhao, B. Ferreira, and F. Leferink, “A new behavioural model for performance evaluation of common mode chokes”, 18th Int. Symp. Electromagn. Compat., Zurich, 2007, pp. 501–504.
- [11] M. Kovacic, Z. Hanic, S. Stipetic, S. Krishnamurthy, D. Zarko, “Analytical wideband model of a common-mode choke”, IEEE Trans. Power Electron., vol. 27, no. 7, pp: 3173–3185, 2012.
- [12] I. F. Kovacevic, T. Friedli, A. M. Muesing, J. W. Kolar, “3-D electromagnetic modeling of EMI input filters,” IEEE Trans. Ind. Electron., vol. 61, no. 1, pp. 231–242, 2014.
- [13] S. Skibin and I. Stevanovic, “Behavioral circuit modeling of chokes with multi-resonances using genetic algorithm,” in Proc. IEEE Int. Symp. Electromagn. Compat., 2011, pp. 454–458.
- [14] J. L. Kotny, X. Margueron, and N. Idir, “High-frequency model of the coupled inductors used in EMI filters,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 27, no. 6, pp. 2805–2812, Jun. 2012.
- [15] W. Tan, C. Cuellar, X. Margueron, and N. Idir, “A high frequency equivalent circuit and parameter extraction procedure for common mode choke in the EMI filter,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 28, no. 3, pp. 1157–1166, Mar. 2013.
- [16] I. Stevanovic, S. Skibin, M. Masti, and M. Laitinen, “Behavioral modeling of chokes for EMI simulations in power electronics,” IEEE Trans. Power Electron., vol. 28, no. 2, pp. 695–705, Feb. 2013.
- [17] M.S. Damnjanović, L.D. Živanov, S.M. Djurić, A.M. Marić, A.B. Meničanin, G.J. Radosavljević, N.V. Blaž, „Characterization and modelling of miniature ferrite transformer for high frequency applications“, Microelectronics International, vol. 29, no. 2, pp. 83-89, 2012.

## CHARACTERIZATION OF THE COMMON MODE CHOKE USING SPECTRUM ANALYZER

**Abstract:** *The paper presents the characterization and modelling of common-mode chokes. The characterization is based on the measurement of S-parameters using a spectrum analyzer. S-parameters are measured for one of the windings of the choke, while the other winding is open-circuited. The method can be used in the frequency range of up to 50 MHz. The measured parameters are used to extract the electrical parameters of the component and its modelling. The technique is shown on the example of a classic common-mode choke. The method was verified by comparing the extracted parameters with the values obtained by measuring the characteristics using an impedance analyzer.*

**Key words:** *Common mode choke, characterization, S-parameters measurement, modeling, spectrum analysis.*



# PROJEKTANT KAO BALANS IZMEĐU ŽELJE INVESTITORA I TEHNIČKIH MOGUĆNOSTI IZGRADNJE FOTONAPONSKIH ELEKTRANA

Zoltan Čorba, Dragan Milićević, Bane Popadić, Boris Dumnić, Stevan Cvetičanin

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija  
zobos@uns.ac.rs, milicevd@uns.ac.rs, banep@uns.ac.rs, dumnic@uns.ac.rs,  
stevan.cveticanin@uns.ac.rs,

**Kratak sadržaj:** *Donošenjem i izmenama zakona o primeni obnovljivih izvora energije stekli su se uslovi za široku primenu korišćenja sunčeve energije u Srbiji. Zakonodavac i Operater distributivnog sistema definiše pravne i tehničke mogućnosti korišćenja obnovljivih izvora električne energije, a posebno solarne energije. Investitori imaju svoje želje, dok projektanti znaju koje su mogućnosti izgradnje fotonaponskih elektrana. Rad prikazuje različite situacije, odnosno uspostavljanje balansa između želje investitora i tehničkih mogućnosti tokom projektovanja, pripreme, građenja i puštanja u rad fotonaponskih elektrane.*

**Ključne reči:** *Fotonaponska elektrana; Status kupac-proizvođač; Zakon*

## 1. UVOD

Izmena zakona o energetici krajem prve dekade ovog veka je omogućila početak korišćenja obnovljivih izvora električne energije. U narednih desetak godina su popunjavani zakonom doneti kapaciteti za pojedine obnovljive izvore energije. Fotonaponske elektrane srednjih i velikih snaga su izgrađene u roku od četiri godine i time je brzo popunjena odobrena instalisana snaga od 10MW. Vetroparkovi su se gradili nešto sporijim tempom zbog nedovoljne razvijene prenosne mreže. Naime zbog snage iznad 10MW oni su se priključivali na visokonaponsku elektroenergetsku mrežu, odnosno na prenosni sistem koji je u nadležnosti Elektromreže Srbije. Za biogasnja postrojenja kvote tada nisu definisane, tako da se oni kontinuirano grade sve do današnjih dana.

Nakon 2015. godine prestaje ulaganje u fotonaponske sisteme. Razlog je u tome da dugi niz godina, nasuprot obećanjima, kvote nisu proširene. Promene su se desile kada je 2022. godine promenjen Zakon o energetici i paralelno je donešen Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije. Ovi zakoni su omogućili masovno korišćenje energetskeg potencijala Sunca, sa kojim Srbija raspolaže u velikoj meri. Omogućene su

instalacije ne samo fotonaponskih elektrana srednjih i velikih snaga, nego i elektrana malih snaga, odnosno iskorišćenje solarne energije za proizvodnju električne energije od strane domaćinstva.

Nakon donošenja zakona, a tokom 2022. godine toliko je podneto zahteva Elektrodistribuciji Srbije i Elektromreži Srbije da je trebalo početkom 2023. godine korigovati zakon. Naime, tempo podnešenih zahteva za izgradnju fotonaponskih elektrana je bio takav da bi se ugrozila stabilnost elektroenergetskog sistema.

Izmenjen Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije uvodi ograničenja i obaveze proizvođačima električne energije radi očuvanja stabilnosti elektroenergetskog sistema.

Od 1. januara 2024. godine maksimalna instalisana snaga za domaćinstva u statusu kupac-proizvođač će biti 10,8kW. Od 1. jula 2024. godine za elektrane koji nisu domaćinstva a u statusu su kupca-proizvođača maksimalna instalisana snaga će iznositi 150kW. Svi koji do tog trenutka predaju zahteve za priključenje moći će da realizuju elektranu željene snage po starom zakonu [1].

Za elektrane velikih snaga neće postojati obaveza priključenja elektrane od strane elektrodistribucije odnosno operatera prenosnog sistema, sem ako ispune odrednice iz zakona. Ovde se prvenstveno misli na mogućnost skladištenja električne energije od strane elektrane. Investitori će morati da obezbede mogućnost skladištenja električne energije čiji je kapacitet najmanje 0,4MWh/MW instalisane snage elektrane. Pošto se radi o novoj tehnologiji, što se skladištenja električne energije velikih kapaciteta tiče, ovo je za sad veoma skupa investicija.

U slučaju da se gradi elektrana kapaciteta 400kW ili manje, bez ikakvih uslova će se moći ostvariti priključenje na sistem [1].

## 2. SITUACIJE PRI REALIZACIJI FN ELEKTRANA

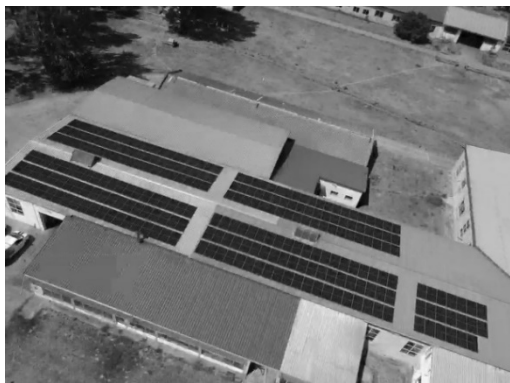
Neki investitori koji žele uložiti u izgradnju elektrane detaljno prouče principe rada, opremu FN elektrane, a neki se oslanjaju na projektante, izvođače radova. Ovi prvi nemaju pun uvid u situaciju i ponekad imaju želje koje nisu realne u tehničkom smislu. Ovi drugi zavise od znanja projektanta, ali u svakom slučaju je lakše sa njima saradivati.

Nadalje će biti prikazane različite situacije koje ispunjavaju želje investitora, kompromise koji su postignuti sa investitorima.

### 2.1. Elektrane na krovovima

#### 2.1.1. Rokovi za realizaciju elektrane

Po Zakonu o planiranju i izgradnji, kod većine izgradnje nekog objekta mora se imati dozvola za gradnju ili odobrenje za izvođenje radova. Što se FN elektrana tiče koji se priključuju na unutrašnje instalacije objekta u statusu kupca-proizvođača, za domaćinstva i elektrane privrednih subjekata snage do 50kW to nije slučaj. Za elektrane snage iznad 50kW potrebna je dozvola ili odobrenje za gradnju i sprovođenje duge procedure priključenja na elektroenergetski sistem. Ova procedura zna da potraje i do 1,5 godina, kao što je bila situacija sa elektranom čija se instalacija FN panela vidi na slici 1. Razlog leži u činjenici da je enormno porasla zainteresovanost za izgradnju FN elektrana u Srbiji, kao i činjenica da je distribucija nespremno dočekala donošenje zakona o korišćenju obnovljivih izvora energije.



Sl. 1. Realizovana FN elektrana snage 100kW

#### 2.1.2. Ograničenje snage

U većini slučajeva raspoloživa površina krova privrednog subjekta nije dovoljna da proizvodnja FN elektrane koja se instalise na krov pokrije potrošnju električne energije potrošača. Čak i kad se ima na raspolaganju velika krovna površina, neće se moći u svim situacijama iskoristiti cela površina za postavljanje FN panela. Kao primer se navodi situacija gde je krov približne površine od 90.000m<sup>2</sup>. Dimenzije su takve da bi se približno mogla realizovati elektrana snage od 7MW. Međutim, zakonska regulativa ograničava snagu elektrane koja je u statusu kupca-proizvođača. Naime, instalisana snaga elektrane ne sme biti veća od odobrene snage električnog priključka. S toga je za ovaj objekat maksimalna moguća snaga elektrane ograničena na

2,5MW, što nije dovoljno za pokrivanje potrošnje objekta na godišnjem nivou.

#### 2.1.3. Statika krova i ultralaki FN paneli

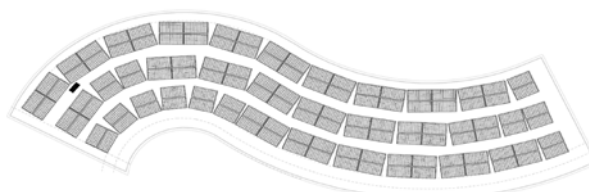
U retkim situacijama, ali se događa da krov nema dovoljnu nosivost na dodatno opterećenje. To dodatno opterećenje čine noseća konstrukcija FN panela, FN paneli i betonski balasti. Obično je dodatno opterećenje na krov usled instalacije FN panela bez betonskih balasta oko 13kg/m<sup>2</sup>. Klasični FN paneli u zavisnosti od snage imaju masu od 22kg do 35kg što je puno za problematične krovove koji su na granici ili nemaju dovoljnu nosivost. Rešenje je u izboru ultralakih FN panela. Ovi FN paneli se lepe na specijalnu konstrukciju, najčešće u horizontalnom položaju. Način razmeštaja FN panela se razlikuje od klasičnih FN panela, zbog načina izrade i pozicije priključnih kablova. Nemaju ram i ćelije su upakovane između specijalnih plastičnih ploča. Nedostatak ultralakih FN panela je cena. Oko 2 puta skuplji od klasičnih FN panela. Bez obzira na to, ako investitor insistira na izgradnji elektrane na objektu čiji krov nema dovoljnu nosivost, rešenje su ultralaki FN paneli.

#### 2.1.4. Specifičnost krovne konstrukcije

Čest je slučaj da se javlja problematika senčenja FN panela zbog arhitekture objekta, odnosno prepreka na krovnoj površini. Najčešće prepreke su razni tipovi ventilacionih otvora, dimnjaka, uređaji za klimatizaciju, kućice i visoka atika. Gubici senčenja su u prihvatljivim granicama ako su gubici energije sunčevog zračenja usled senčenja do 5%. Ako su gubici povećani treba predočiti investitoru ove gubitke i tehnoeкономskom analizom razrešiti nedoumice oko izgradnje elektrane sa velikim uticajem senčenja. Gubici se mogu umanjiti pametnim međusobnim spajanjem FN panela, pri čemu treba voditi računa o načinu povezivanja FN nizova na inverter.

#### 2.1.5. Zahtev za estetikom

Nekim investitorima je na prvom mestu estetika izgleda krova. Situacija takve elektrane je prikazana na slici 2. Zahtev je bio da redovi FN nizova prate oblik objekta, odnosno krova. Da bi se smanjili električni gubici po pravilu jedan formiran FN niz treba da ima FN panela iste orijentacije. Ovo znači da su paneli pod istim nagibnim i azimutnim uglom u nizu. Sa slike se može videti da u ovom slučaju nije ispunjen uslov istog azimutnog ugla. Pored ovoga FN nizovi iste orijentacije bi trebali da se povežu na isti MPPT ulaz invertora. Sa slike 2 se to ne može videti, ali ni ovaj uslov nije ispunjen. U ovakvim situacijama je bitno investitoru predočiti da će biti povećani električni gubici u elektrani.

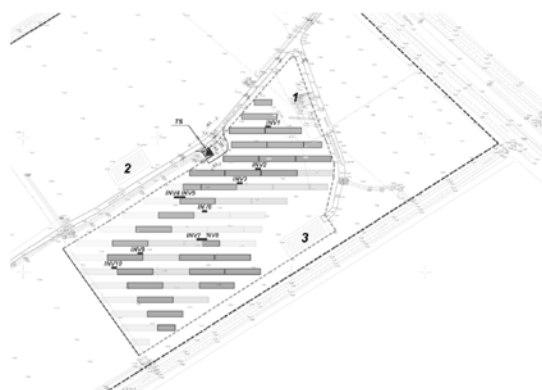


Sl. 2. FN paneli na krovu objekta u obliku slova S

### 3.1. Elektrane na zemlji

#### 3.1.1. Elektrana sa velikim koeficijentom invertora

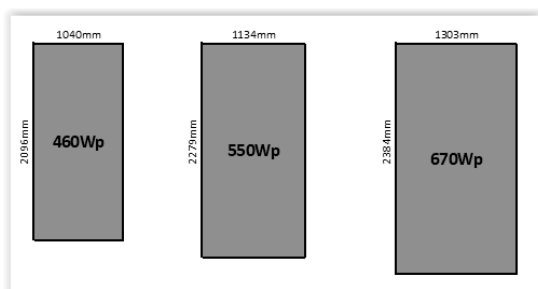
Koeficijent invertora predstavlja količnik snage FN polja koji se povezuje na inverter i nazivne snage invertora. U praksi on bi trebao da se kreće između 1,1 i 1,3. Proizvođači invertora dozvoljavaju da koeficijent invertora bude čak i do 1,5. Ova vrednost se može primeniti u uslovima kada je nepovoljna pozicija FN panela, ili recimo ako se proizvedena električna energija može skladištiti na DC strani elektrane. U primeru elektrane snage 990kW, čija je dispozicija FN panela prikazana na slici 3, po zahtevu investitora koeficijent invertora iznosi 1,5. Ovo znači da će gubici zbog zasićenja invertora biti prema proceni oko 13%. Ovo je ogromna vrednost za FN elektrane, ako se zna da je efikasnost FN panela mala, u proseku trenutno oko 22%.



Sl. 3. Dispozicija FN panela elektrane snage 990kW/1500MWp

#### 3.1.2. Maksimiziranje snage elektrane

Logično je da investitor želi iskoristiti raspoloživo zemljište na što bolji način, odnosno da maksimizira snagu elektrane. Na prvi pogled ovo se može postići bez problema smanjenjem redova između noseće konstrukcije FN panela i povećanjem snage pojedinačnog FN panela. Ali da li je zaista tako? Što se rastojanja redova tiče ono se može smanjivati do određene granice u odnosu na optimalno rastojanje. U svakom slučaju će doći do smanjenja proizvodnje. Što se izbora snage FN panela tiče ono zavisi od izbora invertora, oblika i dimenzija terena, proračuna i slično. Na slici 4 su prikazane dimenzije i snage FN panela koji se danas mogu naći na tržištu. Za određenu lokaciju za koju se radila analiza maksimiziranja snage, utvrdilo se da se najveća instalisana snaga FN panela može postići sa izborom pojedinačne snage od 550Wp.



Sl. 4. Različite dimenzije FN panela definišu snagu

### 4. ZAKLJUČAK

U radu su navedeni neki primeri različitih situacija koje se mogu desiti prilikom realizacije izgradnje i priključenja na elektroenergetski sistem jedne FN elektrane. Uvek treba poći od želje investitora i realno sagledati situaciju. Projektant je dužan da upozori investitora ako njegove želje nisu u skladu sa tehničkim pravilima koje treba poštovati prilikom realizacije FN elektrane. U kritičnim situacijama gde može doći do smanjenja u proizvodnji električne energije zbog specifičnih želja investitora sa kojima se projektant ili izvođač radova ne slaže, najbolje su pismene garancije. Pored investitora tu su i neki drugi objektivni faktori koji utiču na realizaciju projekta kao što je operater sistema, lokalna samouprava, zakoni i uredbi

### 5. REFERENCE

- [1] *Zakon o korišćenju obnovljivih izvora energije*, "Službeni glasnik RS", br. 40 od 22. aprila 2021, 35 od 29. aprila 2023.

### ZAHVALNICA

Ovaj rad je podržan od strane Fakulteta tehničkih nauka u Novom Sadu, Departmana za energiku, elektroniku i telekomunikacije u okviru realizacije projekta pod nazivom: "Istraživanja u cilju unapređenja nastavnog procesa i razvoja naučno-stručnih oblasti Departmana za energiku, elektroniku i telekomunikacije".

### DIFFERENT SITUATIONS DURING THE REALIZATION OF PHOTOVOLTAIC POWER PLANTS AFTER THE LATEST LAW ON THE USE OF RES

**Abstract:** *By passing and amending the law on the application of renewable energy sources, the conditions for the wide application of the use of solar energy in Serbia have been achieved. The legislator and the operator of the distribution system define the legal and technical possibilities of using renewable sources of electricity, especially solar energy. Investors have their own wishes, while designers know what the possibilities are for building photovoltaic power plants. The work shows different situations, i.e. establishing a balance between the investor's desire and technical possibilities during the design, repair, construction and commissioning of photovoltaic power plants.*

**Key words:** *Photovoltaic power plant; Prosumer status; The law.*



# PRELAZNI REŽIMI PRILIKOM ENERGIZACIJE TRANSFORMATORA I KABLA

Filip Milanković

Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija  
filip.milankovic@gmail.com

**Kratak sadržaj:** *Prikazano je modeliranje i analiza prelaznih režima prilikom uključivanja (energizacije) transformatora i kabla. U realizaciji rada je korišćen u komercijalni aplikativni softver PSCAD, verzija 5.0. Razmatrana je struja uključivanja transformatora, padovi napona na sabirnicama i prenaponi na priključcima kabla. Za primer iz prakse je urađeno modeliranje mreže i elemenata. U simulaciji uključivanja transformatora razmatrani su slučajevi rada jednog transformatora bez i sa uticajem zaostalog fluksa, kao i uticaj metoda za smanjenje struje uključivanja primenom upravljivog pravovremenog uključivanja. Softver PSCAD se primenjuje u studijskim analizama iz oblasti elektroenergetike, pogotovo u tranzijentnim i dinamičkim analizama.*

**Ključne reči:** *Prelazni režimi/ Uključenje/ Transformator/ Kabl*

## 1. UVOD

Poznavanje struje uključivanja transformatora, njene maksimalne vrednosti i brzine opadanja, je od velikog značaja za proizvođače i korisnike transformatora i predmet je mnogih stručnih radova, od ranih radova koje se bave analitičkom procenom struje uključivanja, poglavlja u stručnim knjigama, naučno- stručnih radova itd. U današnje vreme struja uključivanja transformatora, padovi napona na sabirnicama i priključcima kabla se izračunavaju simulacijama pomoću odgovarajućih softvera, npr PSCAD [1].

Za velike transformatore, udarna struja uključivanja može da traje i nekoliko sekundi. Uzrok tome je postojanje zaostalog (remanetnog) magnetizma u magnetnom kolu, a kada se transformator ponovo napaja, dolazni fluks će se dodati onom već postojećem, što će dovesti do toga transformator uđe u zasićenje. Tada samo otpornost primarnih namotaja i same mreže prigušuje struju uključivanja. Prelazna pojava traje relativno kratko, ali zbog svog velikog inteziteta može da utiče na prekostrujnu zaštitu koja treba da se podesi tako da ne deluje nepotrebno i isključujući transformator.

Maksimalne (udarne) struje uključivanja transformatora uzrokuju i privremene propade napona na sabirnicama na kojima se transformatora priključuje na krutu mrežu. Maksimalna struja uključivanja energetskog transformatora može da izazove niz problema u mreži [2]:

- Pogrešno delovanje zaštitnih uređaja
- Uticaj na druge transformatore priključene na iste sabirnice
- Povećanje buke transformatora zbog velike indukcije u zasićenju
- Pojava povećanih padova napona u mreži
- Mehanička oštećenja namotaja transformatora

## 2. FAKTORI OD KOJIH ZAVISI STRUJA UKLJUČENJA TRANSFORMATORA

U literaturi [3] dat je prikaz faktora od kojih zavisi struja uključivanja transformatora. Magnetni fluks u magnetnom kolu transformatora proporcionalan je integral napona napajanja i za njim zaostaje za ugao od 90 stepeni. Neupravljivo uključivanje transformatora je praćeno velikom nesimetrijom flukseva u magnetnom kolu. Kao posledica takvih nesimetričnih flukseva javljaju se velika talasna izobličenja struje magnećenja i vrlo velike udarne struje uključivanja transformatora na mrežu. Vrednost struje uključivanja zavisi od sledećih faktora:

- Ugla uključivanja na mrežu- tački talasa napona u trenutku kada se transformator uključuje na napon. Ako se uključivanje izvrši u trenutku kada napon prolazi kroz nulu, vrednost magnetnog fluksa kao izvoda priključenog napona je najveća, pa je posledično i trenutna vrednost udarne struje u toj fazi maksimalna
- Zaostalom magnetnom fluksu u namotajima transformatora- transformatori su izgrađeni od feromagnetnih materijala. Zato je zaostali magnetni fluks redovno prisutan u jezgru s

obzirom na efekat histerezisa, koji je jedan od glavnih fizičkih uzroka udarnih struja uključanja transformatora. Ugrađeni magnetni materijal transformatora uslovljava vrednost najvećeg zaostalog fluksa u jezgru, koji može da bude do 80% naznačenog magnetnog fluksa

- Radnoj otpornosti voda između izvora i transformatora
- Snazi i impedansi kratkog spoja mreže u tački spoja
- Naznačenoj snazi transformatora- transformatori manje naznačene snage (manje od 1000 kVA) imaju relativno veće struje uključanja, ali manjeg vremenskog trajanja

### 3. SOFTVER PSCAD

Usled razvijanja elektroenergetskih sistema raste potreba za preciznim i inovativnim simulacionim alatima. Sa PSCAD-om možete izgraditi, simulirati i modelirati sistem na jednostavan način. Sastoji se od obimne biblioteke modela delova elektroenergetskog sistema, od jednostavnih pasivnih elemenata i funkcija za kontrolu do električnih mašina i ostalih kompleksnih uređaja. PSCAD (engl. *Power System Computer Aided Design*) se utvrdio kao jedan od najpopularnijih programa za simulaciju tranzijentnih (prelaznih) procesa u elektroenergetici. Besplatna verzija je idealna za demonstraciju i simulaciju malih sistema. Najnovija verzija ovog programa je 5.0 i može se pristupiti sa licencom, takodje postoji i besplatna verzija sa ograničenim brojem čvorova.

U praksi, modeli u PSCAD se prave na osnovu modela iz drugih softvera kao što su DiGSilent Power Factory, PSSE, ETAP itd. Poseban značaj ovih analiza je u primeni obnovljivih izvora energije u električnoj mreži usled porasta instalacija solarnih i vetro- elektrana koje se priključuju preko kablova i transformatora na električnu mrežu. Vrednosti padova napona prilikom uključanja transformatora ne smeju da padnu ispod granica koje su propisane u regulatornim okvirima.

### 4. ULAZNI PODACI ZA SIMULACIJE

Model prenosnog i distributivnog elektroenergetskog sistema sa podacima elemenata i vrednosti parametara tokova snaga i kratkih spojeva se pravi u elektroenergetskim komercijalnim softverima kao što su npr. PSSE, Digsilent Power Factory ili ETAP. Modeli ovih prenosnih sistema se nalaze u većini nacionalnih prenosnih operatora. Prilikom instalacije novih obnovljivih izvora energije, fotonaponskih i vetro elektrana, studije u softverima se izvode da bi se proverile mogućnosti priključenja i proverili zahtevi propisani u prenosnim regulatornim okvirima. Model u PSCAD-u se pravi na osnovu gore pomenutih softvera. Verifikacija modela se zasniva na bliskom podudaranju vrednosti amplitude i ugla kratkog spoja na glavnoj sabirnici kao i vrednosti tokova snaga na vodovima koji su modelovani. Svi parametri transformatora, kablova, vodova i ekvivalenata izvora moraju da imaju tačne vrednosti da bi simulacija prikazala vrednosne rezultate. Podaci za simulacije i modeli su zasnovani na projektu

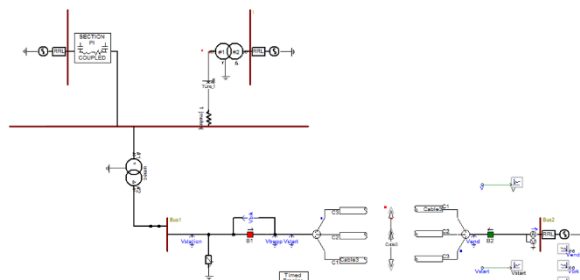
koji sam radio za Afričku državu Malavi, gde sam radio na studiji priključenja novih solarnih elektrana i sistema za skladištenje energije.

U tabeli 1. prikazani su ulazni podaci transformatora. Glavni izazovi u modelovanju transformatora za proračun udarne struje uključanja su:

- Tačan prikaz ponašanja transformatora u potpunom zasićenju
- Modelovanje nelinearnog i histerezisnog magnetnog kola
- Prikaz gubitaka praznog hoda i usled opterećenja
- Određivanje početnih uslova, posebno zaostalog fluksa
- Procene parametara modela
- Prikupljanje podatka merenja za verifikaciju modela

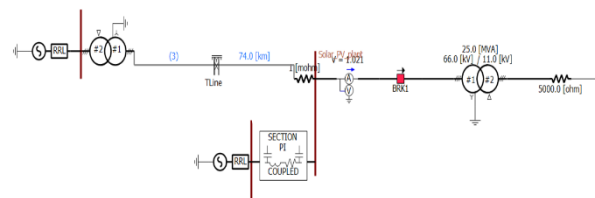
Tabela 1. *Ulazni podaci transformatora u PSCAD-u*

Parametar	Jedinica	Vrednost
Naznačena snaga	MVA	25
Naznačeni naponi	kV	66/11
Sprega		Yd
Gubici praznog hoda	r.j.	0.000717
Gubici usled opterećenja	r.j.	0.00412
Impedansa kratkog spoja	r.j.	0.095
Vazдушna reaktansa magnećenja	r.j.	0.1644



Slika 1.1. *Model mreže u simulaciji uključanja 11 kV kabla*

Na slici 1. je prikazan model mreže za energizaciju kabla. Nova solarna elektrana sa 4 kabla i 4 ekvivalenta sa desne strane se uključuje na 11 kV sabirnicu od transformatora. Ispituju se naponi na jednom od tih 4 kabla. Na slici je prikazan jedan kabl i ekvivalent zbog boljeg izgleda. Model energizacije transformatora 66/11 kV je prikazan na slici 2.



Slika 1.2. *Model za uključenje transformatora*

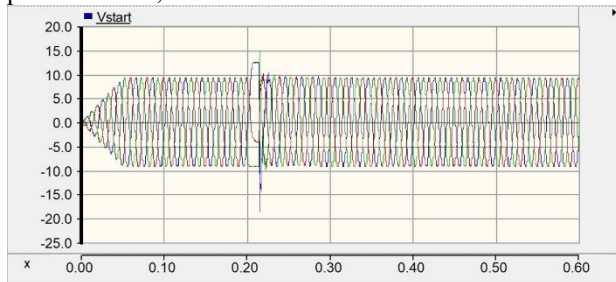
Za regulisanje ugla uključanja, tj. trenutka priključenja transformatora na napon koristi se logika upravljanja prekidačem, označen sa BRK1 na slici 2.

### 5. REZULTATI SIMULACIJA

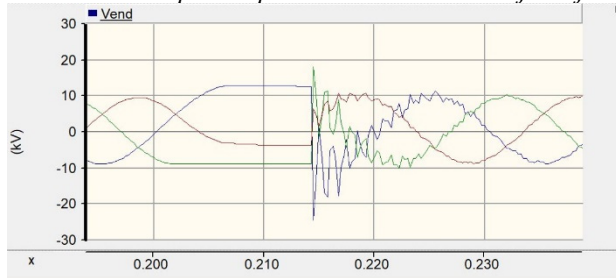
U ovom poglavlju biće prikazani rezultati simulacija uključanja kabla 11 kV i transformatora 66/11 kV u

okviru TS 66/11 kV u novoj priključenoj solarnoj elektrani.

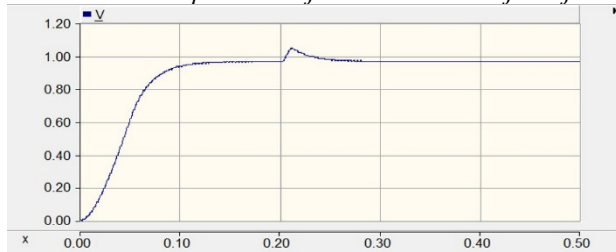
Glavni cilj studije uključenja kabla je da se odredi da li ima problema u mreži u toku procesa energizacije kabla u vidu prenapona koji prevazilaze dozvoljene vrednosti maksimalnog prekidačkog napona od 28 kV [4] ili privremenih prepona koji nastaju usled rezonantnih uslova koji se mogu pojaviti nakon energizacije kabla. Simulacija se izvodi sa vezanim naelektrisanjem (eng. *Trapped charge*) na kابلu zato što je to najkritičniji slučaj. Posmatraju se naponi na početku, slika 3., na kraju kabla, slika 4., efektivna vrednost napona na početku kabla, slika 5.



Sl.3. Fazni napon na početku kabla u toku uključenja



Sl.4. Fazni napon na kraju kabla u toku uključenja

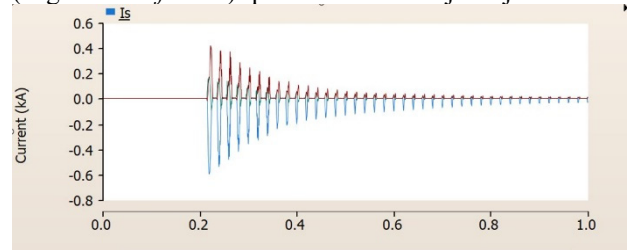


Sl.5. Efektivna vrednost prenapona na početku kabla u toku uključenja

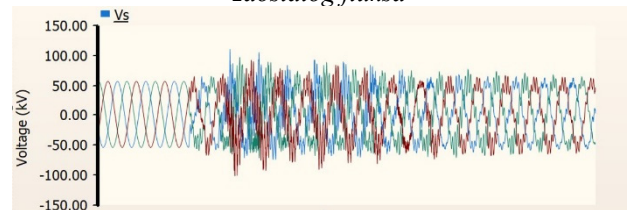
Rezultati simulacije sa slike uključenja kabla pokazuju dobre oblike napona. Za kabl 11 kV propisana gornja granica vrednosti napona prilikom ovog prelaznog procesa je 28 kV [4]. Na osnovu slika se može zaključiti da je napon u okviru granica, takođe efektivna vrednost prenapona ne prelazi granicu od 1.1 relativnih jedinica. Uključenje prekidača kabla je u 0,215 s. Vrednost prenapona na početku kabla je 18,48 kV, a na kraju kabla je 24,76 kV. Obzirom na dužinu od 740 metara i naponski nivo kabla, rezultati su očekivano u okviru granica, u slučaju kablova veće dužine i snage kablova, prenaponi će se povećati.

Glavni cilj analize uključenja transformatora je da se izračuna struja uključenja, slika 6., fazni napon (prenapon) na višenaponskim sabirnicama, slika 7., kao i efektivna vrednost napona na istim sabirnicama (propad napona), na slici 8. Potrebno je da efektivna vrednost napona ne padne ispod dozvoljene granice propisane u Grid kodu prenosne mreže. Ukoliko se to desi, radi se

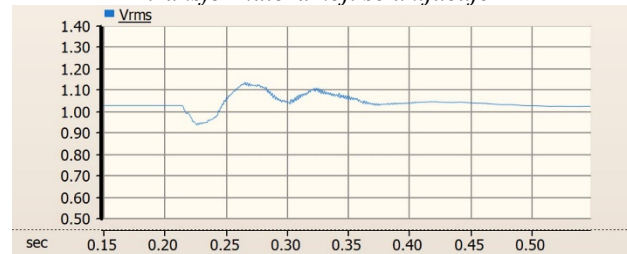
dotadni slučaj energizacije transformatora primenom PoW (engl. *Point of wave*)- pravovremeno uključenje.



Sl.6. Struja uključenja transformatora bez uticaja zaostalog fluksa



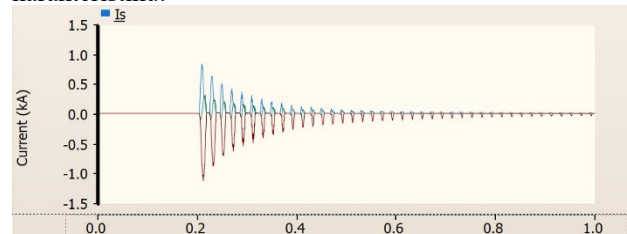
Sl.7. Fazna vrednost napona na glavnim sabirnicama do transformatora koji se uključuje



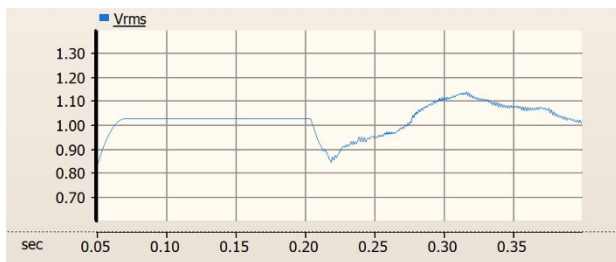
Sl.8. Efektivna vrednost propada napona na glavnim sabirnicama do transformatora koji se uključuje

Uključenje transformatora se vrši preko uključenja prekidača u 0,2 sekundi. Maksimalna fazna vrednost napona je 103 kV, što je skoro duplo više od nominalnog napona, dok efektivna vrednost propada napona je oko 8%, što prevazilazi dozvoljeni pad napona od 5%. Vrednost struje uključenja sa slike je 0,597kA, što je 2,73 puta veće od nominalne struje tog namotaja.

Simulacije uključenja transformatora sa uvaženim maksimalnim zaostalim fluksom biće prikazane na slici 9 i 10. U podešavanju vrednosti maksimalnog zaostalog fluksa u jezgru, potrebno je imati 0,8 r.j., 0 r.j. i -0,8 r.j. zaostale indukcije po fazama u odnosu na naznačenu indukciju. U PSCAD-u je primenjen Jiles- Atherton-ov model saturacije koji se zasniva na konverziji M-H karakteristike, gde je M magnetni momenat, a H predstavlja intezitet magnetnog polja, u B-H karakteristiku.

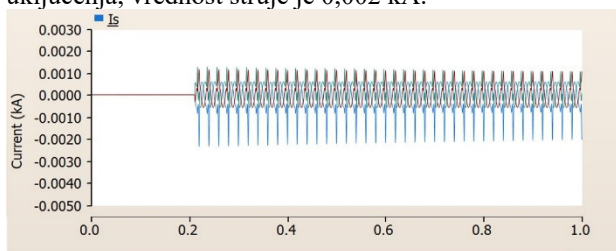


Sl.9. Struja uključenja transformatora u slučaju sa maksimalnim zaostalim fluksom u jezgru



Sl.10. Propad napona na glavnim sabirnicama do glavnog transformatora u slučaju zaostalog fluksa

Sa slike 9 i 10 se može zaključiti da je vrednost struje uključjenja i propada napona veća u slučaju sa zaostalim fluksom. U slučaju sa zaostalim fluksom, vrednost struje uključjenja je 1,05 kA, što je 4,81 puta veće od nominalne struje, a propad napona je oko 13 % što je izvan propisanih granica u Grid kodu. Navedeni problemi pri uključjenju transformatora mogu se izbeći upravljanim uključjenjem (eng. PoW- Point of Wave switching). Upravljivo uključjenje se postiže PoW kontrolerima [5], to su brzi mikroprocesorski releji koji otvaraju i zatvaraju kontakte prekidača u predefinisanim trenutku u cilju smanjenja prekidačkih tranzijentnih procesa. Nakon ugradnje uređaja za upravljivo uključjenje vrednosti napona i struja se nalaze u okviru propisanih regulatornih okvira. U PSCAD programu postupak ugradnje ovog uređaja je veoma jednostavan, u komponenti Multiple run se promene početna podešavanja. Na slici 11. je prikazana struja uključjenja transformatora nakon primene pravovremenog uključjenja, vrednost struje je 0,002 kA.



Sl.11. Struja uključjenja transformatora nakon ugradnje uređaja za pravovremeno uključjenje

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu opisane su pojave do kojih dolazi prilikom uključjenja neopterećenog transformatora i kabla na električnu mrežu. Pri uključjenju transformatora dolazi do pojave struje uključjenja koja može da ima vrednost više desetina puta veću od naznačene struje transformatora. Ta vrednost zavisi od trenutka uključjenja transformatora i o vrednosti zaostalog magnetnog fluksa, ali takođe uveliko zavisi i od same konstrukcije transformatora.

Za što tačnije određivanje struje uključjenja potrebno je poznavati karakteristike primenjenog magnetskog materijala kao i detaljne projektne podatke transformatora.

Velika je pažnja istraživanja je usmerene na otkrivanje i primenu metoda i sklopova za sigurno uključjenje transformatora na elektroenergetsku mrežu. Priključivanje novih izvora obnovljive energije zahteva studijske analize u komercijalnim softverima, da bi se imale vrednosti i procene parametara napona i struja u toku prelaznih procesa. Vrednosti svih parametara

moraju biti u okviru propisanih granica u regulatornim okvirima i standardima. PSCAD se utvrdio kao jedan od najpopularnijih programa za simulaciju tranzijentnih (prelaznih) procesa u elektroenergetici. Pored studijskih analiza u licenciranoj verziji, ovaj softver ima i edukativnu svrhu u usavršavanju budućih inženjera kroz besplatnu verziju koja je ograničena na broj čvorova i dostupna na sajtu.

## 7. REFERENCE

- [1] Glavna internet prezentacija softvera PSCAD, <https://www.pscad.com/>.
- [2] P. Marić, S. Nikolovski, Z. Baus, *Simulation of 300 MVA Transformer Energization in new substation 400/110 Kv Ernestovo*, Dreseden, 2006.
- [3] Alen Bernadić *Udarne struje uklopa energetskog transformatora, teorijska razmatranja, modeliranje pojave i mjere za umanjene efekata udarnih struja*, *Elektroprenos* BiH, 2016
- [4] Standard za prenapone, 2. *Insulation Coordination, Part 2- Application Guide*
- [5] Glavna internet prezentacija kontrolera za upravljivo uključjenje, <https://powertechlabs.com/point-on-wave-switching/>

## TRANSIENT PROCESSES OF ENERGIZATION OF TRANSFORMER AND CABLE

**Abstract:** The modeling and analysis of transient processes of switching on (energizing) transformers and cables are presented. The commercial application software PSCAD, version 5.0, was used in the realization of the work. Transformer inrush current, busbar voltage drops and cable terminal overvoltages will be considered. Modeling of the network and elements was done for a concrete example from practice. In the simulation of the switching on the transformer, the cases of operation of one transformer without and with the influence of residual flux and the influence of the method for reducing the switching current by applying controllable timely switching on will be considered. The applied PSCAD software is used in study analyzes in the field of power engineering, especially in transient and dynamic analyses.

**Key words:** Transient processes/ Switching on-Transformer/ Cable.



# NAUČNI SKUPOVI I INDIKATORI PRAĆENJA NJIHOVOG UTICAJA

Vladimir A. Katić<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

[katav@uns.ac.rs](mailto:katav@uns.ac.rs)

**Kratak sadržaj:** *U svetu se svaki dan održava veliki broj različitih naučnih skupova, koji pokrivaju sve oblasti naučnih i akademskih istraživanja. Izbor adekvatnog skupa za prezentovanje naučnih rezultata vezan je za razne objektivne i subjektivne parametre. Međutim, vrednovanje i procenjivanje uticaja takvih skupova nije pokriveno odgovarajućim indikatorima, kao što je to slučaj kod naučnih časopisa. U tom smislu, u radu je predložen i definisan set postojećih i novih indikatora kao merila vrednovanja uticaja naučnih skupova i to: Prosečan broj citata ( $BC_{AV}$ ), Hiršov ( $h$ ) indeks, Indeks zapaženosti (Noted Index) ili  $i_{10}$  indeks, Indeks primećenosti (Noticeability Index) ili  $i_1$  indeks, Procenat citiranosti ( $C_p$ ), Procenat zapažene citiranosti ( $C_p^+$ ) i Ukupni faktor uticaja ( $IF_{tot}$ ). Primena ovih indikatora predstavljena je kroz primere nekoliko skupova iz energetske elektronike i srodnih oblasti, a na bazi podataka o citiranosti iz baze Scopus.*

**Ključne reči:** *Indikatori, Naučni skupovi, Citiranost, Ukupni faktor uticaja, Energetska elektronika.*

## 1. UVOD

Naučni skupovi u tehnici predstavljaju važan način obaveštavanja i komunikacije sa naučnom i akademskom javnošću preko kojih se predstavljaju rezultati najnovijih naučnih istraživanja, predlažu nove metode merenja, simulacije i verifikacije, nova tehnička rešenja i konfiguracije električnih i elektronskih kola, predstavljaju razni mogući primeri primene, novi standardi, prototipovi i dr. Kao takvi, oni predstavljaju mesta ne samo za predstavljanje, nego i za razmatranje ovih rezultata i rešenja, za direktnu razmenu mišljenja i otvorenu diskusiju sa drugim naučnicima i istraživačima iz oblasti. Time se prikazani rezultati podvrgavaju kritičkoj misli naučne javnosti i time njihovom prihvatanju ili osporavanju, ali i daju doprinosi njihovom poboljšavanju ili rađanju novih usavršenih verzija, kao i potpuno novih, svežih ideja. Pored toga, naučni skupovi doprinose međusobnom upoznavanju kolega/koleginica iz struke i jačanju međusobnog poverenja i uvažavanja. Njihova prednost je i brzina komunikacije, odnosno relativno kratko vreme od pojavljivanja novih rezultata, njihove naučne evaluacije (recenzije) do njihove prezentacije i verifikacije.

S druge strane, naučni časopisi tradicionalno predstavljaju mesta publikovanja najvažnijih naučnih

rezultata, koji su teorijski, metodološki, sistematski i uz simulacionu i eksperimentalnu validaciju predstavljeni na prihvatljivi naučni, jezgrovit način sa obaveznom osvrtnom na ranija istraživanja u struci i jasnim određivanjem doprinosa, odnosno novina prikazanih u radu. Kao takvi, oni podležu strogim naučnim proverama i višestrukim recenzijama kolega iz struke (*peer-review*), pre nego što budu objavljeni (publikovani, arhivirani) ili poslani na doradu ili potpuno odbačeni. Time, ovako prikazani rezultati imaju veću naučnu vrednost, ali su i dalje podložni kritici, osporavanju i ukazivanju na greške. Iz tog razloga, oni predstavljaju i značajnije reference naučnog rada i dostignuća pojedinačnih autora, te njihovog vrednovanja i rangiranja. Časopisi se obavezno arhiviraju u naučnim i drugim javnim bibliotekama i preko njih su trajno dostupni naučnoj i akademskoj javnosti. Tokom vremena razvijeni su različiti alati za praćenje i brzo obaveštavanje o objavljivanju naučnih časopisa, njihovom sadržaju, kao i sažetku pojedinačnih objavljenih radova. Za razliku od konferencija, proces publikovanja u časopisima je značajno duži i obično traje bar godinu dana, pa i do više godina.

Početakom XXI veka, prodorom digitalizacije u oblast publikovanja naučnih radova, došlo je do značajnih promena u dostupnosti svih vrsta publikacija, kao i u brzini njihovog objavljivanja. Razvojem Interneta, raznih alata za pretraživanje (*Browser-a*), metoda brzog i ciljanog pretraživanja (*Google* i sl.), te standardizacije formatiranja naučnih radova i prikazivanja rezultata (*Template*), oblika digitalnog publikovanja (PDF, html i sl.) i razvojem digitalnih biblioteka (*IEEE Xplore*, *Science Direct* i dr.) [1], značajno su se proširile mogućnosti razmene naučnih informacija. Novi momenat je unapređenje u dostupnosti naučnih radova, kroz pokret za otvoreni pristup (*Open Access*), čime je omogućen zamah u istraživanju i ubrzanje u pripremi i publikovanju radova u naučnim časopisima.

S druge strane, digitalizacija je omogućila i razvoj brzih alata za praćenje dalje „sudbine“ objavljenih naučnih rezultata, određivanje njihovog značaja i uticaja u naučnoj i akademskoj javnosti. Razvijeni su razni alati za praćenje i objavljivanje njihovog citiranja (*Web of Science/Clarivate*, *Scopus*, *Google Scholar*) i time određivanje značaja i uticaja [2,3,4]. Time je otvoren put i za njihovu selekciju preko postavljanja visokih kriterijuma, odabir vrhunskih, njihovo rangiranje i

objavljivanje njihovih godišnjih lista (*ISI ili SCI* liste, *Scientific Journal Ranking – SJR* i dr.). Na taj način je ova oblast više-manje uređena, a ovi indikatori opšte prihvaćeni za označavanje značaja i uticaja pojedinih časopisa, kao i za vrednovanje i međusobno poređenje naučnika i istraživača.

Međutim, domen naučnih skupova (kongresa, konferencija, simpozijuma, radionica ili sastanaka) je digitalizacijom i otvorenim pristupom časopisima izgubio jedan od svojih ključnih atributa, brzinu i direktnost komunikacije. Istovremeno, došlo je do značajnog porasta ponude konferencija, ali i časopisa, što je dovelo do pojave opadanja interesa za predstavljanje istraživanja i publikovanje rezultata u zbornicima radova sa konferencija. Iz tih i drugih razloga, naučni skupovi još nisu sistematizovani i uređeni na način kako je to urađeno kod časopisa ili neki drugi, pa se otvara prostor za predlaganje raznih rešenja.

Cilj ovog rada je da predloži i/ili definiše nekoliko indikatora za vrednovanje naučnih skupova, slično kako postoji za naučne časopise. Biće predstavljeni ili korišćeni: Prosečan broj citata ( $BC_{AV}$ ), Hiršov ( $h$ ) indeks, Indeks zapaženosti (*Noted Index*) ili  $i_{10}$  indeks, Indeks primećenosti (*Noticeability Index*) ili  $i_1$  indeks, Procenat citiranosti ( $C_p$ ), Procenat zapažene citiranosti ( $C_p^+$ ) i Ukupan faktor uticaja ( $IF_{g10}$ ). Primena ovih indikatora biće predstavljena kroz primere nekih skupova iz energetske elektronike i srodnih oblasti, a na bazi podataka o citiranosti iz baze *Scopus*.

## 2. INDIKATORI UTICAJA NAUČNIH RADOVA

Uticaj naučnih radova, odnosno dalje razmatranje i razrada u njima predloženih metoda, prikazanih modela, rezultata simulacije i laboratorijskih eksperimenata, merenja u pogonu i na terenu, te datih rešenja i predstavljenih prototipova u savremenoj nauci se prati preko njihove citiranosti u drugim naučnim radovima ili saopštenjima. Na taj način i sama konferencija ima odgovarajući uticaj i značaj, pa je od interesa to utvrditi. Posebno, uticaj se može izmeriti i kroz faktor uticaja (*Impact Factor*), koji se danas uglavnom izračunava i publikuje za vrhunske časopise [2].

### 2.1. Prisutnost u svetskim digitalnim bazama

Da bi se mogla pratiti citiranost radova sa nekog naučnog skupa, potrebno je da oni budu publikovani u digitalnom obliku i raspoloživi preko odgovarajućih digitalnih biblioteka ili websajtova. Danas se za najznačajnije digitalne baze smatraju *IEEE Xplore* [1], *Web of Science* (*Clarivate*) [2] i *Scopus* [3]. Pored toga, zbog velikog obuhvata i brzine registrovanja novih radova ili citiranosti, *Google Scholar* baza se takođe može uzeti u obzir [4]. Na slici 1 prikazani su logoi ovih digitalnih baza.

*IEEE Xplore* digitalna biblioteka je istraživačka baza koja omogućava pretraživanje, nalaženje i pristup naučnim radovima objavljenim u vrhunskim naučnim časopisima, vodećim međunarodnim konferencijama i tematskim zbornicima, kao i tehničkim standardima iz oblasti elektrotehnike i računarstva [1]. Pristup bazi je

slobodan, ali je pristup radovima vezan za članstvo u IEEE i njegovim odgovarajućim stručnim društvima [5].



Sl. 1. Logoi digitalnih biblioteka i platformi [1,2,3,4]

*Web of Science* je istraživačka platforma, koja je pokrenuta 1997. god. od strane Instituta za naučne informacije (*The Institute for Scientific Information*), a danas je u vlasništvu kompanije Clarivate iz Londona [2]. Ona radi na bazi pretplate i obezbeđuje pristup većem broju najznačajnijih digitalnih biblioteka. Takođe, ona daje reference i pregled citiranosti radova iz najjemenitnijih naučnih časopisa i zbornika radova sa konferencija. Prisustvo na njoj se danas smatra potvrdom da se radi o vrhunskom međunarodnom časopisu ili konferenciji.

*Scopus* je baza podataka o abstraktima i citiranosti, koju vodi izdavačka kuća Elsevier od 2004. god. [3]. Ona prati blizu 40.000 vrhunskih časopisa i međunarodnih konferencija iz svih oblasti nauke, a prisustvo u njoj je takođe jedan od dokaza visokog kvaliteta radova u nekom časopisu ili konferenciji.

*Google Scholar* je besplatna platforma za pretraživanje tekstova vezanih za naučna i stručna istraživanja fokusirana na naučne radove publikovane u časopisima i konferencijama, kao i na naučne knjige, disertacije i patente [4]. Na bazi toga ona daje pregled godišnje i ukupne citiranosti pojedinačnih naučnika. Za razliku od prethodnih baza, *Google Scholar* uključuje i radove iz časopisa koji nisu obuhvaćeni *ISI* listom (bez impakt faktora), tako da je njen obuhvat značajno širi.

### 2.2 Indikatori citiranosti

Citiranost podrazumeva da se autori nekog rada publikovanog u naučnim časopisima ili konferencijama u svojim istraživanjima baziraju ili pozivaju na rezultate i ostvarenja istraživača objavljenih u ranije publikovanim člancima ili referatima, a koje navode u svojoj literaturi (referencama). U citatnim bazama (*Scopus*, *Web of Science* ili *Google Scholar*) prate se godišnji i ukupni broj citata, kao i Hiršov ( $h$ ) indeks. Pored njih, u bazi *Google Scholar* prati se i  $i_{10}$  indeks, koji se može nazvati indeks zapaženosti (*Noted Index*). Ovi brojevi se navode u pojedinačnim profilima naučnika, koji su uglavnom javno dostupni.

Na osnovu analize gornjih podataka u ovom radu se predlaže uvođenje dodatnih pokazatelja (indikatora) i to:

- Indeksa primećenosti (*Notability Index*) ili  $i_1$  indeksa,
- Prosečnog broja citata (*Average Citation*)  $BC_{AV}$ ,
- Procenata citiranosti (*Citation Percentage*)  $C_p$  i
- Procenata zapažene citiranosti (*Noted Citation Percentage*)  $C_p^+$ .

U nastavku će biti definisani pomenuti indeksi:

Hiršov indeks ( $h$ ) ili  $h$ -indeks predstavlja broj radova od ukupno objavljenih radova ( $BR_{tot}$ ), koji imaju najmanje  $h$  citata, s tim da ostalih  $BR_{tot} - h$  radova imaju najviše  $h$  citata [6]. Ovaj indeks je jedan od najčešće korišćenih merila obeležavanja značaja radova, odnosno rezultata istraživanja nekog autora.

Indeks zapaženosti (*Noted Index*) ili  $i_{10}$  indeks je uveo *Google Scholar* radi rangiranja uticaj pojedinih autora [4] i on predstavlja broj radova koji imaju najmanje 10 citata. On ukazuje na rezultate koji su zapaženi u naučnoj ili akademskoj javnosti.

Indeks primećenosti (*Noticability Index*) ili  $i_1$  indeks, predložen ovde, definiše se na sličan način kao  $i_{10}$  indeks, s tim da on predstavlja broj radova sa bar jednim citatom. Njime se ukazuje da je neki rad, odnosno istraživanje primećeno u naučnoj ili akademskoj javnosti.

Prosečan broj citata (*Average Citation*)  $BC_{AV}$  definiše se kao:

$$BC_{AV} = \frac{BC_{tot}}{BR_{tot}} \quad (1)$$

gde je  $BC_{tot}$  ukupan broj citata, a  $BR_{tot}$  ukupan broj objavljenih radova.

Procenat citiranosti (*Citation Percentage*)  $C_p$  je odnos broja indeksa primećenosti, odnosno broja radova sa bar jednim citatom i ukupnog broja radova u digitalnoj bazi, odnosno:

$$C_p = \frac{i_1}{BR_{tot}} \cdot 100 [\%] \quad (2)$$

Procenat zapažene citiranosti (*Noted Citation Percentage*)  $C_p^+$  je odnos indeksa zapaženosti, odnosno broja radova sa bar deset citata i ukupnog broja radova u digitalnoj bazi, odnosno:

$$C_p^+ = \frac{i_{10}}{BR_{tot}} \cdot 100 [\%] \quad (3)$$

### 2.3 Indikator uticaja

Faktor uticaja (*Impact factor, IF*) je danas opšte prihvaćen indikator kojim se procenjuje relativna važnost nekog časopisa u određenoj naučnoj oblasti. On pokazuje frekvenciju sa kojom je „prosečan članak“ u časopisu citiran u određenom periodu (dve ili pet godina) [7]. Časopis sa većim faktorom uticaja, smatra se značajnim, odnosno prestižnijim od onih sa nižim. Na bazi ove vrednosti, časopisi se rangiraju u 4 kategorije (Q1-Q4 ili u Srbiji M21a, M21, M22, M23).  $IF$  za godinu  $g$  ( $IF_g$ ) računa se po jedinstvenoj formuli:

$$IF_g = \frac{BC_g}{BR_{g-1} + BR_{g-2}} \quad (4)$$

gde je  $BC_g$  broj citata u godini ( $g$ ) koji su imali radovi, koji su publikovani u tom časopisu u prethodne dve godine, a  $BR_{g-1}$  i  $BR_{g-2}$  broj radova objavljenih u tom časopisu u tom periodu [7].  $IF$  svake godine publikuje kompanija *Clarivate* i to u obliku dvogodišnjeg i

petogodišnjeg, za sve naučne časopise i naučne oblasti, koji zadovoljavaju određene (visoke) kriterijume [2].

Međutim,  $IF$  se proračunavaju samo za naučne časopise, dok se to ne radi za međunarodne naučne skupove. Autor smatra da bi bilo interesantno otkloniti ovaj nedostatak. Ipak, zbog složenosti proračuna i ograničene dostupnosti podataka, te nedostatka odgovarajućih softverskih alata, standardna definicija data izrazom (4) nije pogodna za jednostavno izračunavanje. Iz tog razloga, ovde se predlaže da se koristi u malo pojednostavljenom obliku i nazove ukupni faktor uticaja  $IF_{gtot}$ . Parametar  $BC_g$  za godinu  $g$  iz (4) se zamenjuje sa ukupnom citiranošću ( $BC_{gtot}$ ) koje su imali radovi sa nekog naučnog skupa (simpozijuma, konferencije, kongresa i dr.) u godini  $g$ . Tako, sada izmenjen izraz (4) glasi:

$$IF_{gtot} = \frac{BC_{gtot}}{BR_{g-1} + BR_{g-2}} \quad (5)$$

Na taj način se na bazi raspoloživih podataka o citiranosti iz baza *Scopus* (ili *Web of Science*) može odrediti ovaj ukupni uticaj.

### 3. PRIMERI PRIMENE NA SKUPOVIMA IZ OBLASTI ENERGETSKE ELEKTRONIKE

U Evropi se redovno održava veći broj međunarodnih naučnih konferencija ili simpozijuma, koje tematski obuhvataju energetska elektronika ili njoj srodne oblasti. Za poređenje su izabrane konferencije koje po veličini i tradiciji odgovaraju Ee simpozijumima. Zajedničko im je da imaju dužu tradiciju (preko 30 god.) i visoku međunarodnu reputaciju, da se redovno održavaju u dvogodišnjim periodima, da su radovi višestruko recenzirani, da se izlažu na engleskom jeziku i da se publikuju i arhiviraju preko digitalne baze *IEEE Xplore*, a navode i njihova citiranost prati preko citatnih baza *Web of Science (Clarivate)*, *Scopus* i *Google Scholar*. U daljem tekstu, korišćeni su podaci iz *Scopus* baze [3].

Kao primere primene predloženih indikatora, izračunati su i prikazani rezultati analize za sledeće naučne skupove:

- Međunarodni simpozijum Industrijska elektronika i primene – INDEL (Banja Luka, BIH),
- Međunarodni simpozijum Energetska elektronika – Ee (Novi Sad, Srbija)
- Međunarodna konferencija o električnim pogonima i energetske elektronici – EDPE (Slovačka/Hrvatska),
- Međunarodna konferencija ACEMP & OPTIM (Turska/Rumunija) i
- IEEE Međunarodna konferencija o energetskim pretvaračima i upravljanim pogonima – IEEE PEMC (Istočna Evropa).

#### 3.1 INDEL (Bosna i Hercegovina)

Međunarodni simpozijum Industrijska elektronika i primene (*International Symposium on Industrial Electronics and Applications*) ili skraćeno INDEL održava se već više od 25 godina [8]. Pokrenut je 1997. god. na Elektrotehničkom fakultetu u Banja Luci (BIH) kao nacionalna konferencija, da bi od 1998. god. nastavio da se održava u dvogodišnjim intervalima. Od

2010. god. je međunarodna konferencija sa IEEE tehničkim kosponsorstvom, a od 2016. god. se radovi pojavljuju u *IEEE Xplore* digitalnoj biblioteci. Do sada je održano 14 skupova i objavljen 501 naučni rad i saopštenja, od kojih je 144 uvršteno u *IEEE Xplore* i vidljivo u *Scopus*-u [1,2,8]. Pregled godišnjih indikatora, odnosno broja radova, godišnje citiranosti i ukupnog faktora uticaja ovog simpozijuma dat je u Tabeli 1, a na osnovu podataka iz baze Scopus [3]. Vidi se da je u bazu uvršteno 144 rada sa INDEL-a od 2016. god., da su oni do 1.10.2023. god. citirani ukupno 321 put. Iz podataka sa *Scopus*-a mogu se očitati indeksi citiranosti simpozijuma: Hiršov indeks  $h=9$ , indeks zapaženosti:  $i_{10}=9$ , i indeks primećenosti  $i_f=85$ .

Sada se može izračunati da je prosečan broj citata bio  $BC_{AV}=2,23$ , pa je procenat citiranosti  $C_p=59,03\%$ , odnosno zapažene citiranosti  $C_p^+=6,25\%$ .

Na osnovu podataka, u Tabeli 1 dat je i ukupni faktor uticaja ( $IF_{gtot}$ ) simpozijuma, koji se poslednjih godina kreće između  $IF_{gtot}=1,57$  i  $IF_{gtot}=1,87$  i beleži konstantan uzlazni trend.

Tabela 1. Godišnji indikatori za INDEL simpozijume

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Broj radova</b> <small>(IEEE Xplore)</small>	49	/	41	/	31	/	23	/
<b>Broj citata</b>	2	37	32	51	63	51	53	32*/ 48**
<b>Ukupni Faktor uticaja</b> <small>(<math>IF_{gtot}</math>)</small>		0,76	0,65	1,24	1,57	1,65	1,71	1,87**

\* Broj citata do 1. 10. 2023.

\*\* Procena za celu 2023. god. na bazi stanja od 1.10.2023.

### 3.2 Energetska elektronika (Ee) (Srbija)

Međunarodni simpozijum Energetska elektronika (*International Symposium on Power Electronics*) ili skraćeno Ee održava se već 50 godina [9,10,11]. Pokrenut je 1973. god. u Beogradu pod imenom Savetovanje Energetska elektronika kao domaća konferencija, da bi od 2001. god. postao međunarodna konferencija sa IEEE tehničkim kosponsorstvom, a od 2017. god. radovi se pojavljuju u *IEEE Xplore* digitalnoj biblioteci. Do sada je održano 22 skupa i objavljeno blizu 2000 naučnih radova i saopštenja na srpskom i engleskom jeziku, od kojih je 168 uvršteno u *IEEE Xplore* i vidljivo u *Scopus*-u [1,3,10,11,12].

Pregled godišnjih indikatora, odnosno broja radova, godišnje citiranosti i ukupnog faktora uticaja ovog simpozijuma dat je u Tabeli 2, a na osnovu podataka iz baze Scopus i stanjem od 6.10.2023 [3]. Može se uočiti da broj citata radova sa Ee simpozijuma polako raste, tako da je sa pomenutim datumom ukupan broj citata bio 563. Iz baze *Scopus* može se očitati da Hiršov indeks ( $h$ -index) Ee simpozijuma iznosi  $h=10$ , odnosno da je 10 radova imalo 10 ili više citata. S druge strane, može se utvrditi da je 12 radova citirano 10 i više puta, pa je indeks zapaženosti ( $i_{10}$ ) jednak  $i_{10}=12$ , kao i da je 125 radova imalo bar jedan citat, odnosno da je indeks primećenosti ( $i_f$ ) jednak  $i_f=125$ .

Na osnovu ovih podataka može se izračunati da je prosečan broj citata bio  $BC_{AV} = 3,35$ , s tim da je procenat citiranosti  $C_p=74,4\%$ , a procenat zapažene citiranosti  $C_p^+=7,1\%$ .

Iz Tabele 2 vidi se i da se poslednjih godina ukupni faktor uticaja ( $IF_{gtot}$ ) simpozijuma kreće između  $IF_{gtot}=2,02$  i  $IF_{gtot}=2,4$  i beleži blagi porast.

Tabela 2. Godišnji indikatori za Ee simpozijume

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Broj radova</b> <small>(IEEE Xplore)</small>	56	/	56	/	56	/	55
<b>Broj citata</b>	1	48	63	113	121	116	101*/ 135**
<b>Ukupni Faktor uticaja</b> <small>(<math>IF_{gtot}</math>)</small>	0	0,86	1,13	2,02	2,16	2,07	2,41**

\* Broj citata do 6. 10. 2023.

\*\* Procena za celu 2023. god. na bazi stanja od 6.10.2023.

### 3.3 EDPE (Slovačka/Hrvatska)

Međunarodna konferencija o električnim pogonima i energetske elektronici (*International conference on Electrical Drives and Power Electronics – EDPE*) održava se u dvogodišnjim intervalima naizmenično u Visokim Tatrama (Slovačka) i Dubrovniku (Hrvatska) i to od 2003. god. [13]. Ona nastavlja tradiciju dve nacionalne konferencije koje pripadaju grupi najstarijih konferencija iz oblasti energetske elektronike i elektromotornih pogona. Od 2015. god. konferencija ima tehničko kosponsorstvo IEEE i radovi su raspoloživi preko *IEEE Xplore* digitalne biblioteke. Od 2003. god. održano je 11 konferencija i objavljeno 317 naučnih [13].

U Tabeli 3 dat je pregled godišnjih indikatora, odnosno broja radova, godišnje citiranosti i ukupnog faktora uticaja ove konferencije, a na osnovu podataka iz *IEEE Xplore* biblioteke i baze *Scopus* [1, 3]. Vidi se da je u bazu od 2016. god. uvršćeno 258 radova i da su oni do 1.10.2023. god. citirani ukupno 897 puta. Iz podataka sa *Scopus*-a mogu se očitati indeksi citiranosti simpozijuma i to za Hiršov indeks  $h=13$  i dobiti da je indeks zapaženosti ( $i_{10}$ ) jednak  $i_{10}=24$ , dok je indeks primećenosti ( $i_f$ ) jednak  $i_f=193$ .

Na osnovu ovih podataka, može se izračunati da je prosečan broj citata bio  $BC_{AV} = 3,48$ , pa je procenat citiranosti  $C_p=74,8\%$ , a procenat zapažene citiranosti  $C_p^+=9,3\%$

U Tabeli 3, prikazan je i ukupni faktor uticaja ( $IF_{gtot}$ ) konferencije, koji se poslednjih godina kreće između  $IF_{gtot}=2,03$  i  $IF_{gtot}=2,35$  sa pojedinačnim maksimumom od  $IF_{gtot}=3,86$  (2022. god.).

Tabela 3. Godišnji indikatori za EDPE konferencija

	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Broj radova</b> <small>(IEEE Xplore)</small>	91	/	59	/	65
<b>Broj citata</b>	2	37	71	122	120
<b>Ukupni Faktor uticaja</b> <small>(<math>IF_{gtot}</math>)</small>	0	0,41	0,78	2,07	2,03
(cont.)	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	
<b>Broj radova</b>	/	43	/	59 <sup>†</sup>	
<b>Broj citata</b>	153	153	166	71*/ 95**	
<b>Ukupni Faktor uticaja</b> <small>(<math>IF_{gtot}</math>)</small>	2,35	2,35	3,86	2,20**	

<sup>†</sup> Broj radova koji se još nije pojavio u *IEEE Xplore*

\* Broj citata do 1. 10. 2023.

\*\* Procena za celu 2023. god. na bazi stanja od 1.10.2023.

### 3.4 ACEMP & OPTIM (Turska & Rumunija)

Međunarodna konferencija ACEMP & OPTIM predstavlja fuzionisane Egejsku konferenciju o električnim mašinama i energetskoj elektronici (*Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics - ACEMP*) i Međunarodnu konferenciju Optimizacija električne i elektronske opreme (*Optimization of Electrical & Electronic Equipment Conference - OPTIM*) [14]. One su se nezavisno, naizmenično održavale od ranih 1990-tih. Od 2017. god. održavaju se zajedno, a radovi se uvrštavaju u *IEEE Xplore* digitalnu biblioteku. Održano je četiri zajedničke konferencije na kojima je objavljeno 416 naučnih radova.

U Tabeli 4 dat je pregled godišnjih indikatora, odnosno broja radova, godišnje citiranosti i ukupnog faktora uticaja ove konferencije, a na osnovu podataka iz baze *Scopus* [3]. Vidi se da je u bazu od 2017. god. uvršćeno 350 radova i da su oni do 1.10.2023. god. citirani ukupno 1108 puta. Iz podataka sa *Scopus*-a mogu se očitati indeksi citiranosti simpozijuma: Hiršov indeks  $h=14$ , indeks zapaženosti  $i_{10}=29$  i indeks primećenosti  $i_j=253$ .

Na osnovu ovih podataka može se izračunati da je prosečan broj citata bio  $BC_{AV} = 3,17$ , s tim da je procenat citiranosti  $C_p=72,3\%$ , a procenat zapažene citiranosti  $C^+_p=8,28\%$ .

Na osnovu gornjih podataka, u Tabeli 4 prikazan je i ukupni faktor uticaja ( $IF_{gtot}$ ) konferencije, koji se poslednjih godina kreće između  $IF_{gtot}=1,84$  i  $IF_{gtot}=2,53$  sa pojedinačnim maksimumom od  $IF_{gtot}=3,10$  (2022. god.).

Tabela 4. Godišnji indikatori ACEMP&OPTIM konferencija

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
<b>Broj radova</b> (IEEE Xplore)	179	/	94	/	77	/	66 <sup>+</sup>
<b>Broj citata</b>	23	152	143	173	238	239	140*/ 187**
<b>Ukupni Faktor uticaja</b> ( $IF_{gtot}$ )	0	0,85	0,8	1,84	2,53	3,10	2,43**

<sup>+</sup> Broj radova koji se još nije pojavio u IEEE Xplore

\* Broj citata do 1. 10. 2023.

\*\* Procena za celu 2023. god. na bazi stanja od 1.10.2023.

### 3.5 IEEE PEMC (Istočna Evropa)

IEEE Međunarodna konferencija o energetskim pretvaračima i upravljanim pogonima (*IEEE PEMC International Conference Power Electronics and Motion Control*), jedna je od najstarijih u istočnoj Evropi i održava se naizmenično, dvogodišnje u jednom od istočno-evropskih univerzitetskih centara [15]. Počela je u Budimpešti (Mađarska) davne 1971. god. kao odraz interesovanja naučnika i istraživača zemalja tadašnjeg Varšavskog pakta, a posebno veoma aktivne grupe oko kasnijeg rukovodioca, prof. Nađa. Konferencija se 2002. god. povezala sa Evropskom konferencijom o energetskoj elektronici (EPE – *European Power Electronics*), pa je promenila ime u EPE-PEMC. Nakon deset godina, 2012. god., konferencija se povezala u

svetski niz konferencija IEEE ECCE (*Energy Conversion Congress and Expo*), kada je prva takva konferencija održana u Novom Sadu (Srbija) kao EPE-PEMC ECCE Europe. Saradnja sa EPE prekinuta je naredne 2013. god., tako da je konferencija nastavila, uz tehničko sponzorstvo IEEE, kao IEEE PEMC i to od 2014. god. Do sada je održano pet ovih konferencija, na kojima je objavljeno 823 naučna rada.

U Tabeli 4 dat je pregled godišnjih indikatora, odnosno broja radova, godišnje citiranosti i ukupnog faktora uticaja ove konferencije, a na osnovu podataka iz baze *Scopus* [3]. Vidi se da je u bazu od 2014. god. uvršćeno 823 rada i da su oni do 1.10.2023. god. citirani ukupno 3495 puta. Iz podataka sa *Scopus*-a mogu se očitati indeksi citiranosti simpozijuma: Hiršov indeks  $h=21$ , indeks zapaženosti  $i_{10}=103$  i indeks primećenosti  $i_j=638$ .

Analizom ovih podataka može se izračunati da je prosečan broj citata bio  $BC_{AV} = 4,25$ , s tim da je procenat citiranosti  $C_p=77,5\%$ , a procenat zapažene citiranosti  $C^+_p=12,5\%$ .

Na osnovu podataka iz Tabele 4 vidi se da se ukupni faktor uticaja ( $IF_{gtot}$ ) konferencije poslednjih godina kreće između  $IF_{gtot}=2,17$  i  $IF_{gtot}=4,19$  sa rastućim trendom.

Tabela 5. Godišnji indikatori IEEE PEMC konferencija

	2014	2015	2016	2017	2018	2019
<b>Broj radova</b> (IEEE Xplore)	222	/	186	/	170	/
<b>Broj citata</b>	5	117	252	404	470	488
<b>Ukupni Faktor uticaja</b> ( $IF_{gtot}$ )	0	0,53	1,14	2,17	2,53	2,87
(cont.)	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>		
<b>Broj radova</b>	130 <sup>#</sup>	/	115	/		
<b>Broj citata</b>	421	435	545	358*/ 477**		
<b>Ukupni Faktor uticaja</b> ( $IF_{gtot}$ )	2,48	3,35	4,19	4,15**		

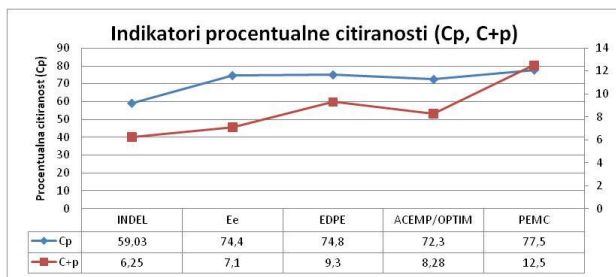
\* Broj citata do 1. 10. 2023.

\*\* Procena za celu 2023. god. na bazi stanja od 1.10.2023.

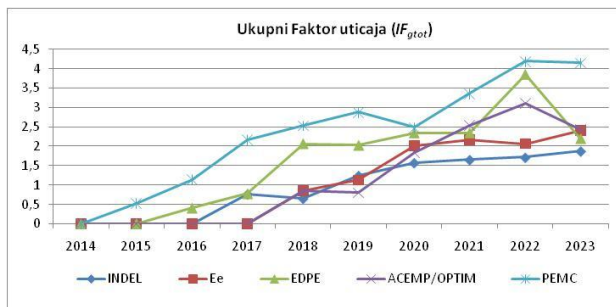
<sup>#</sup> Konferencija iz 2020. god. je održana 2021.god. zbog pandemije virusa Korona-19, ali se ovde vodi za 2020. god.

## 4. POREĐENJE SKUPOVA

U prethodnom odeljku prikazano je pet međunarodnih konferencija i simpozijuma, koji se održavaju u dvogodišnjim intervalima istočnoj i jugoistočnoj Evropi, a publikovani radovi se deponuju u *IEEE Xplore* digitalnu biblioteku. Dati su i osnovni parametri ovih skupova korišćenjem baze *Scopus* i izračunati odgovarajući indeksi i procenti citiranosti. Na osnovu njih moguće je uporediti ove skupove. Zbog ograničenog prostora, ovde će biti upoređena samo tri indikatora, procenat citiranosti ( $C_p$ ), procenat zapažene citiranosti ( $C^+_p$ ) i ukupni faktor uticaja ( $IF_{gtot}$ ). Na slici 2 prikazan je uporedni pregled indikatora procentualne citiranosti ( $C_p$  i  $C^+_p$ ), a na slici 3 godišnjih ukupnih faktora uticaja ( $IF_{gtot}$ ) ovih konferencija.



Sl. 2. Uporedni pregled procenta citiranosti ( $C_p$ ) i procenta zapažene citiranosti ( $C^+_p$ )



Sl. 3. Poređenje godišnjih ukupnih faktora uticaja ( $IF_{gtot}$ ) pet konferencija u regionu jugo-istočne i istočne Evrope

## 5. ZAKLJUČAK

U radu je predloženo ocenjivanje značaja i uticaja nekog naučnog skupa kroz posmatranje nekih tradicionalnih i nekih novouvedenih indikatora. Primena ovih indikatora prikazana je na nekoliko primera naučnih skupova iz oblasti energetske elektronike i primene, koji se tradicionalno održavaju na teritoriji jugo-istočne i istočne Evrope. Za njihovo izračunavanje korišćena je baza *Scopus*. Može se zaključiti da rezultati njihove primene na određivanju značaja i uticaja ovih skupova ukazuju da su indikatori više-manje ujednačeni po toku i vrednostima, uz određene razlike među njima. Da bi ove razlike postale izraženije, tj. da bi se vrednosti indikatora značajnije razdvojile i da bi se mogli uočiti odgovarajući trendovi, potrebno je posmatrati više primera, kao i širi vremenski interval vrednovanja ovih skupova. Tada bi se moglo uraditi i rangiranje konferencija, slično kako je urađeno sa časopisima, što je ostavljeno za budući rad.

## 6. REFERENCE

- [1] IEEE Xplore - Advancing Technology for Humanity, IEEE, Piscataway, NJ, USA, <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [2] Web of Science, Clarivate, <https://www.webofscience.com> [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [3] Scopus, <https://www.scopus.com> [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [4] Google Scholar, <https://scholar.google.com/intl/en/scholar/libraries.html> [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [5] Institute of Electrical and Electronics Engineers, (IEEE), Piscataway, NJ, USA, <https://www.ieee.org/> [Pristupljeno, 6.10.2023.]
- [6] J.E. Hirsch, „An index to quantify an individual's scientific research output” 2005, Available online

- at: <http://xxx.arxiv.org/abs/physics/0508025> [Pristupljeno, 1.10.2023.]
- [7] \*\*\*, „Impact Factor”, Wikipedia - The Free Encyclopedia, [Pristupljeno, 6.10.2023.], [https://en.wikipedia.org/wiki/Impact\\_factor](https://en.wikipedia.org/wiki/Impact_factor)
  - [8] International Symposium on Industrial Electronics and Applications (INDEL), <https://indel.etfbl.net/index.html> [Pristupljeno, 1.10.2023.]
  - [9] V.A. Katić, G. Arsov, „Power Electronics in Serbia – a look backward on 20 symposiums“, 20<sup>th</sup> Inter.Symp. on Power Electronics - Ee 2019, Novi Sad, Serbia, Oct. 21-23, 2019.
  - [10] V.A. Katić, D. Nikolić, Z. Čorba, A. Stanisavljević, Lj. Gerić, J. Galić, „Energetska elektronika – simpozijum u godinama jubileja“, XXI Savetovanje Energetska elektronika – Ee2021, rad #S1.1-00135, Novi Sad, 27-30. okt. 2021., pp. 1-6.
  - [11] International Symposium on Power Electronics (Ee), <http://www.dee.uns.ac.rs> [Pristupljeno, 6.10.2023.]
  - [12] V.A. Katić, D. Nikolić, Z. Čorba, A. Stanisavljević, S. Cvetković, Lj. Gerić, J. Galić, „50 godina skupova Energetska elektronika“, XXII Savetovanje Energetska elektronika – Ee2023, Novi Sad, 25-28. okt. 2023., pp. 1-6.
  - [13] International Conference on Electric Drives and Power Electronics (EDPE), <http://www.edpe.sk/> [Pristupljeno, 1.10.2023.]
  - [14] Joint International Conference ACEMP-OPTIM, Aegean Conference on Electrical Machines and Power Electronics (ACEMP) and Optimization of Electrical & Electronic Equipment Conference (OPTIM), <https://www.acemp-metu.com/> [Pristupljeno, 1.10.2023.]
  - [15] IEEE Power Electronics and Motion Control Conference - IEEE PEMC, <https://ieeepemc2022.org> [Pristupljeno, 1.10.2023.]

## SCIENTIFIC CONFERENCES AND INDICATORS FOR MONITORING THEIR IMPACT

**Abstract:** A large number of different scientific conferences are held in the world every day, covering all areas of scientific and academic research. The choice of an adequate set for presenting scientific results is related to various objective and subjective parameters. However, the evaluation and assessment of the impact of such conferences are not covered by appropriate indicators, as is the case with scientific journals. In this sense, the paper proposed and defined a set of existing and new indicators as criteria for evaluating the impact of scientific conferences, namely: Average number of citations ( $BC_{AV}$ ), Hirsch ( $h$ ) index, Noted Index or  $i_{10}$  index, Noticeability index or  $i_1$  index, Percentage of citations ( $C_p$ ), Percentage of noted citations ( $C^+_p$ ) and Total Impact factor ( $IF_{gtot}$ ). The application of these indicators is presented through examples of several sets from power electronics and related fields, based on citation data from the *Scopus* database.

**Keywords:** Indicators, Scientific conferences, Citation, Total Impact Factor, Power Electronics.



## 22<sup>nd</sup> INTERNATIONAL SYMPOSIUM on POWER ELECTRONICS - Ee 2023

NOVI SAD, SERBIA, October 25<sup>th</sup> – 28<sup>th</sup>, 2021

### AUTOR INDEX INDEKS AUTORA

Cvetičanin S.	34, 17, 24
Čorba Z.	34, 17, 24
Damnjanović M.	29
Dumnić B.	34
Galić J.	17, 24
Gerić L.	17, 24
Katić V.	17, 24, 41
Kisić M.	29
Milanković F.	37
Milićević D.	34
Nikolić D.	17, 24
Popadić B.	34
Stanisavljević A.	17, 24

CIP - Каталогизација у публикацији  
Библиотеке Матице српске, Нови Сад

621.38:620.9(082)

**САВЕТОВАЊЕ Енергетска електроника (22 ; 2023 ; Нови Сад)**

Zbornik radova / XXII Savetovanje Energetska elektronika - Ee 2023, 25-28.10. 2023., Novi Sad - Beograd. - Novi Sad : Društvo za energetska elektroniku : Fakultet tehničkih nauka ; Beograd : Elektrotehnički institut "Nikola Tesla" : Srpska Akademija nauka i umetnosti, 2023 (Novi Sad : FTN, Grafički centar Grid). - 48 str. : graf. prikazi ; 30 cm

Tiraž 100. - Bibliografija. - Rezimei na engl. jeziku uz svaki rad. - Registar.

ISBN 978-86-6022-630-5 (FTN)

а) Енергетска електроника -- Зборници

COBISS.SR-ID 132970761



Power Electronics Society  
Novi Sad, Serbia



Serbian Academy of  
Sciences and Arts  
Belgrade, Serbia



Electrical Institute  
"Nikola Tesla"  
Belgrade, Serbia



Faculty of Technical Sciences  
Novi Sad, Serbia

Supported by



Gold sponsor



**BOSCH**



Silver sponsor

**brose**  
Excellence in Mechatronics



Exhibitors:



Partner



SCIENCE &  
TECHNOLOGY  
PARK  
NOVI SAD

Technical sponsors



Under auspices of



МАТИЦА СРПСКА



ISBN 978-86-6022-630-5



9 788660 226305