



Broj rada: R-2.01

DOI broj: [10.46793/CIREĐ24.R-2.01VK](https://doi.org/10.46793/CIREĐ24.R-2.01VK)

ISTRAŽIVANJA KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SRBIJI - KRATAK PREGLED KROZ RADOVE SAVETOVANJA CIREĐ SRBIJA

RESEARCH OF THE POWER QUALITY IN SERBIA - SHORT OVERVIEW THROUGH THE CIREĐ SERBIA CONFERENCES PAPERS

Vladimir A. KATIĆ, Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

KRATAK SADRŽAJ

CIREĐ Srbije osnovan je kao Jugoslovenski nacionalni komitet CIREĐ (JUKO CIREĐ) davne 1997. god. Kvalitet električne energije naveden je kao jedna od ključnih oblasti delovanja od prvih dana i formalizovan kroz stručnu komisiju "Kvalitet električne energije" (STK 2), koju su predvodili prof. dr Milan Savić (1997 - 2005) i prof. dr Vladimir Katić (od 2005 pa nadalje). U ovom dugom periodu od preko dvadeset pet godina, prezentovan je veliki broj saopštenja iz ove oblasti, koja tretiraju izobličenja i poremećaje napona i struja u distributivnoj mreži, metode merenja i otklanjanja poremećaja, primenu postojećih standarda, te prikazuju iskustva, studije slučaja, specifična rešenja i dr. U radu je prvo izvršena tematska analiza predstavljenih referata, u cilju sagledavanja ključne tematike istraživanja parametara kvaliteta električne energije. Zatim je za najzastupljeniju tematiku dat kratak pregled najznačajnijih doprinosa, čime je omogućen sveobuhvatni uvid u intenzitet bavljenja i sadržaj istraživanja ove problematike savremenih distributivnih električnih mreža u praksi elektrodistributivne delatnosti u Srbiji.

Ključne reči: Kvalitet električne energije, Pregled istraživanja u Srbiji, Radovi sa savetovanja CIREĐ

ABSTRACT

CIREĐ Serbia was founded as the Yugoslav National Committee CIREĐ (JUKO CIREĐ) back in 1997. The power quality has been listed as one of the key areas of action since the first days and was formalized through the expert commission "Power Quality" (STK 2), led by Prof. Dr. Milan Savić (1997 - 2005) and Prof. Dr. Vladimir Katic (from 2005 onwards). In this long period of over twenty-five years, a large number of papers from this field have been presented treating distortions and disturbances of voltage and current in the distribution network, methods of measuring and mitigating disturbances, application of existing standards, and show experiences, case studies, specific solutions and similar. In the paper, the thematic analysis of the presented reports was first carried out, with the aim of understanding the key topic of research on the parameters of the power quality. Then, a brief overview of the most significant contributions was given for the most represented topic, which enabled a comprehensive insight into the intensity of dealing with and the content of research on this issue of modern distribution electric networks in the practice of electricity distribution activity in Serbia.

Key words: Power Quality, Overview of research in Serbia, CIREĐ Serbia papers

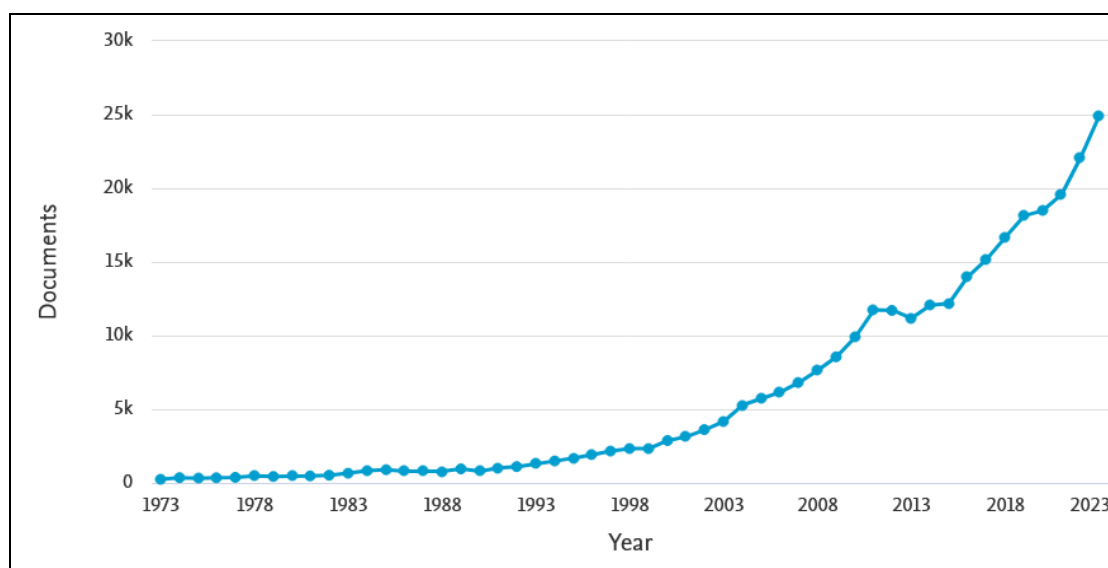
Vladimir Katić, katav@uns.ac.rs

1. UVOD

Pitanje kvaliteta električne energije (engl. *Power Quality*) u raznim oblicima postoji još od početka elektrifikacije u drugoj polovini XIX veka. U prvom periodu, ključno je bilo postavljanje osnovnih parametara električne mreže, njena stabilnost rada, te pouzdano i sigurno napajanje potrošača. Ovi aspekti se odnose na kvalitet isporuke električne energije i u manjem obimu su prisutni i danas. Tada se pojavljuju i prvi problemi sa kvalitetom isporučene električne energije, ali su oni postali izraženiji u poslednjoj trećini XX veka širim uvođenjem nelinearnih opterećenja (urađaja energetske elektronike) u industrijske pogone i širi potrošački konzum. Nešto kasnije, devedesetih godina XX veka pojavljuju se zahtevi za deregulaciju elektroenergetskog

sistema i razbijanje njegove vertikalne strukture, što dovodi do potrebe rešavanja i kvaliteta ekonomskih (tržišnih) odnosa između različitih entiteta u elektroenergetskom sistemu uključujući i odnose sa potrošačima. Početkom XXI veka, dolazi do novog talasa značajnih promena usled sve intenzivnije primene obnovljivih izvora u vidu distribuiranih generatora, postavljanja mreže punjača električnih vozila sa mogućnošću obostranog protoka energije, te težnje ka rekonfiguraciji tradicionalnih mreža u mikromreže ili u širem obliku u pametne mreže (engl. *Smart Grids*) i za njihovu dekarbonizaciju. Time se sva tri pomenuta aspekta kvaliteta električne energije dodatno aktuelizuju, pa se interes za ova pitanja u stručnoj i akademskoj zajednici pojačava. Na slici 1, prikazan je broj naučnih i stručnih publikacija koje se godišnje objavljuju u međunarodnim časopisima i konferencijama na temu kvaliteta električne energije. Pretraživanje je urađeno u bazi Scopus izdavačke kuće Elsevier na bazi pojavljivanja termina „*Power Quality*“ u naslovu, abstraktu ili među ključnim rečima nekog rada. Rezultati pokazuju da je do sada (jul 2024. god.) publikovano preko 312.000 naučnih i stručnih radova sa daljim trendom porasta. Može se uočiti da poslednjih 30 godina dolazi do značajnog rasta interesovanja za ovu oblast, kao i da je prethodne, 2023. god. publikovano čak oko 25.000 radova.

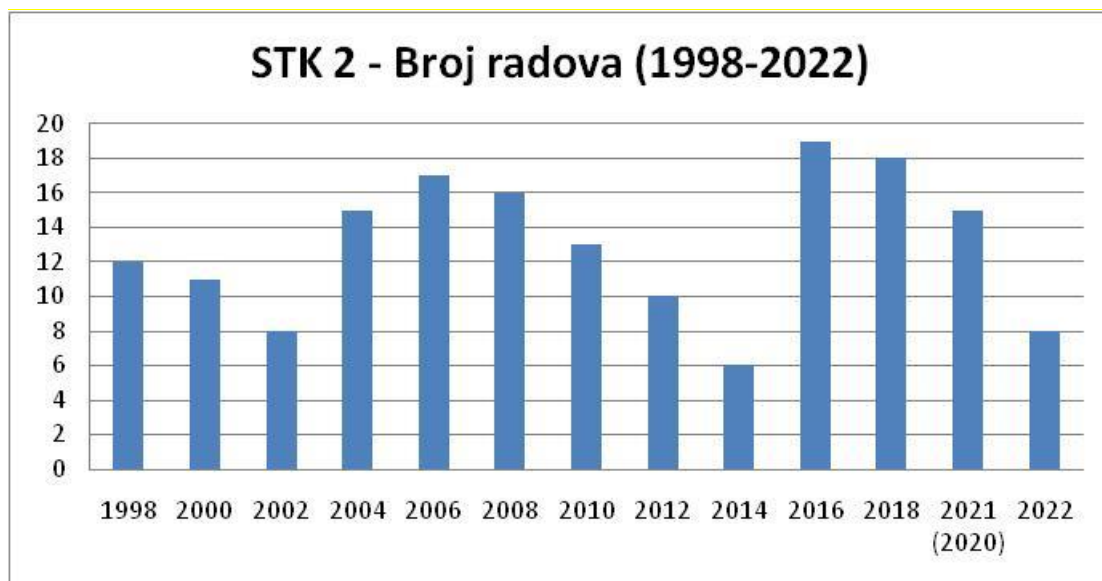
CIREĐ Srbije osnovan je kao Jugoslovenski nacionalni komitet CIREĐ (JUKO CIREĐ) davne 1997. god. i predstavlja ogranak međunarodne organizacije CIREĐ, koja takođe organizuje bianualne internacionalne konferencije. Kvalitet električne energije naveden je kao jedna od ključnih oblasti delovanja od prvih dana i formalizovan kroz stručnu komisiju "Kvalitet električne energije u distributivnim sistemima" (STK 2), koju su predvodili prof. dr Milan Savić (1997 - 2005) i prof. dr Vladimir Katić (od 2005 pa nadalje). Prvo savetovanje nacionalnog komiteta CIREĐ Srbija, tada JUKO-CIREĐ-a, održano je 1998. godine, dakle u vreme intenziviranja interesovanja za ovu oblast. U dosadašnjem periodu (1998. – 2022. god.) na sednicama ove komisije referisano je 168 radova, uglavnom autora iz Srbije i regiona (Crne Gore, Bosne i Hercegovine i Rumunije i dr.), s tim da je prosečan broj radova po savetovanju 12,9. Na slici 2, prikazano je kretanje broja radova u ovom periodu. Mogu se uočiti periodi porasta i opadanja, što delimično prati i svetske trendove naročito u periodu 2012 – 2014. god.



Izvor: Scopus (<https://www.scopus.com>), jul 2024.

Slika 1 - Pregled broja godišnje objavljenih naučnih i stručnih radova u časopisima i na konferencijama na temu Kvalitet električne energije (*Power Quality*)

U dosadašnjoj literaturi, retko se mogu naći tematske analize radova izlaganih na konferencijama u Srbiji, koje bi ukazale na stanje razvoja naučne misli. Neki nedavni rezultati ovakvih istraživanja, vezani za CIREĐ konferenciju dati su u radovima [1] i [2]. U [1] generalno je razmatrana tematika nacionalnih konferencija CIREĐ Srbija i ETRAN, pa time i pitanje kvaliteta električne energije, koje se na obe konferencije pojavljuje kao samostalna tema. Izvršeno međusobno poređenje i dati odgovarajući zaključci. U [2] je posmatran širi obuhvat, kako vrsta publikacija, tako i mesta njihovog objavljivanja (region zapadnog Balkana), što je uključivalo i konferencije CIREĐ-a. U zaključku je navedeno da je „primećeno veće prisustvo viših harmonika, pre svega strujnih, u mreži kao posledice rada malih nelinearnih potrošača, ali da je njihov uticaj na naponske prilike u mreži manje izražen.“ Što se tiče distribuiranih generatora, ukazano je da se parametri kvaliteta električne energije „kreću u dozvoljenim granicama i u skladu sa postojećom regulativom.“



Slika 2. Pregled broja radova prezentovanih u sklopu STK 2 na savetovanjima CIRED-a od 1998 do 2022. god.

U ovom radu će biti dat kratak pregled aktivnosti stručne komisije STK 2 CIRED-a Srbije, najznačajnijih referata sa savetovanja, a u cilju sagledavanja ključne tematike, različitih aspekata istraživanja parametara kvaliteta električne energije i primenjene metodologije. Time će se omogućiti uvid u presek stanja kvaliteta i intenziteta bavljenja ovom oblašću, kao i dati odgovarajući zaključci po pojedinim aspektima bavljenja ovom oblašću, kao što su metode merenja i otklanjanja poremećaja, primenjeni standardi, iskustva iz prakse, studije slučaja, specifična rešenja i drugo.

2. TEMATSKA ANALIZA

Problematika kvaliteta električne energije (KVEE) obuhvata niz pojedinačnih tematskih celina, koje odražavaju različite pojave (anomalije) u elektroenergetskom sistemu, a koje se sumiraju pod terminom KVEE. One se obično definišu kao preferencijalne teme pojedinih savetovanja i usklađene su sa istim na međunarodnim konferencijama CIRED-a. U prilogu, u Tabeli P1 prikazani su nazivi svih preferencijalnih tema savetovanja JUKO CIRED-a i CIRED Srbija u periodu 1998. – 2022. god. na osnovu podataka raspoloživih sa [3]. Pored toga, prikazan je i broj radova po pojedinim preferencijalnim temama, čijim sumiranjem se dobijaju brojevi dati na slici 2. Pregledom ove tabele može se uočiti da se broj i domen preferencijalni tema (PT) vremenom povećavao, pa je od inicijalnih četiri dostigao sedam-osam poslednjih godina. Takođe, zapaža se raznolikost tema, što ukazuje na postepeno menjanje fokusa stručne komisija sa jednih na druge parametre, ali i na pojavu novim interesovanja i pravaca istraživanja. Ipak, ocenjeno je da broj preferencijalnih tema treba svesti na manji, lakše razumljiv autorima radova.

2.1 Referentne teme za tematsku analizu

Ako se razmotre sve dosadašnje preferencijalne teme, može se uočiti da se one mogu svrstati u pet referentnih tema (RT), koje su više ili manje zastupljene na svim savetovanjima. Ove teme su definisane u Tabeli 1 sa indikacijom koje preferencijalne teme sa svih savetovanja one obuhvataju. Na taj način, moguće je bolje analizirati stepen zastupljenosti i interesovanja za pojedina istraživanja, te kvalitetnije oceniti stanje pojedinih parametara kvaliteta električne energije u Srbiji i regionu.

Rezultati generalizovanja preferencijalnih tema, odnosno uvođenja referentnih tema, prikazani su u Tabeli 2 i na slici 3, gde se vidi brojčano, odnosno procentualno učešće radova pojedinih referentnih tema u ukupno publikovanom broju radova. Vidi se da je najzastupljeniji bili radovi iz RT1 sa 44%, zatim radovi iz RT4 sa 23%, pa RT3 sa 21% te RT2 i RT5 sa po 6%, pa se može zaključiti da je tematika izobličenja talasnih oblika struja i napona privlačila najviše interesovanja naučne i stručne javnosti u Srbiji.

2.2 Tematska analiza najzapaženijih radova

Slična analiza može se uraditi posmatranjem najzapaženijih radova stručne sekcije STK2, koji su proglašeni na dosadašnjim savetovanjima [3, 4]. U Tabeli 3 data je njihova lista sa naznakom preferencijalne, odnosno referentne teme nagrađenog rada. Može se uočiti da je na dosadašnjih trinaest savetovanja najzapaženiji rad bio

pet puta iz referentne teme RT1, četiri puta iz RT4, tri puta iz RT3, i jedanput iz RT5, dok iz RT2 nije bio nijedanput, odnosno da je njihovo učešće bilo 38,5% za RT1, 30,7% za RT4, 23,1% za RT3 i 7,7% za RT5.

Tabela 1 – Predlog referentnih tema za tematsku analizu

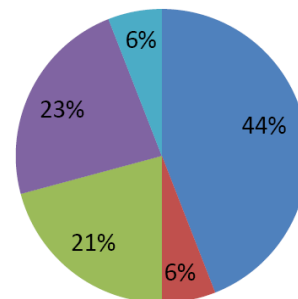
| # | Referentna tema (RT) | Pripadajuće preferencijalne teme (PT) za godinu savetovanja (u zagradi) |
|---|--|---|
| 1 | Izobličenje (distorzija) talasnog oblika napona i struje, te uticaj potrošača (nelinearnih, transformatora, i sl.) ili distribuiranih generatora (solar, vetar, biomasa, i sl.) na pojavu izobličenja – harmonici, impulsi, oscilacije, šumovi (izvori, matematičke predstave, transformacije vreme-frekvencija, pregled rezultata monitoringa, metode obrade i analize rezultata monitoringa, metode otklanjanja i dr.) | PT2(1998), PT1(2000), PT1(2002), PT2,PT6(2004), PT3,PT7(2006), PT3,PT5(2008), PT1,PT4(2010), PT3,PT4(2012), PT3,PT7(2014), PT1,PT4,PT8(2016), PT1,PT4(2018), PT1,PT4(2021), PT1,PT4(2022) |
| 2 | Poremećaji mrežnog napona zbog kvarova i preopterećenja, padova napona, nesimetričnog opterećenja i sl. (Propadi/poskoci napona, fliker, naponske fluktuacije, kratki prekidi, nesimetrija, preopterećenje transformatora i sl.) i metode otklanjanja. | PT1(1998), PT2(2000), PT2(2002), PT4(2004), PT4(2006), PT5(2012), PT4(2014) |
| 3 | Poremećaji mrežnog napona, zaštita, elektromagnetna kompatibilnost, uzemljenje – Prenaponi, podnaponi, zaštitne mere i dr. | PT3(1998), PT4(2000), PT3(2002), PT5(2004), PT5,PT6(2006), PT4(2008), PT6,PT7,PT8(2012), PT5,PT6(2014), PT6,PT7(2016), PT6,PT7(2018), PT6,PT7(2021), PT7(2022) |
| 4 | Pouzdanost, Standardizacija, Merna oprema i uređaji, metode merenja i praćenja, softverski alati i sl. | PT4(1998), PT1,PT3(2004), PT1,PT2(2006), PT1,PT2(2008), PT2,PT3,PT7(2010), PT1,PT2(2012), PT1,PT2(2014), PT2,PT3(2016), PT2,PT3(2018), PT2,PT3(2021), PT2,PT3(2022) |
| 5 | Ostalo (druge teme iz KVEE) | PT3(2000), PT5,PT6(2010), PT5(2016), PT5(2018), PT5(2021), PT5,PT6(2022) |

Tabela 2 - Broja radova po referentnim temama

| Savetovanje | Broj radova po referentnim temama | | | | | Broj radova |
|-------------|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-------------|
| | RT1 | RT2 | RT3 | RT4 | RT5 | Ukupno |
| 1998 | 4 | 2 | 5 | 1 | 0 | 12 |
| 2000 | 4 | 2 | 3 | 0 | 2 | 11 |
| 2002 | 2 | 0 | 6 | 0 | 0 | 8 |
| 2004 | 5 | 0 | 6 | 4 | 0 | 15 |
| 2006 | 4 | 5 | 2 | 6 | 0 | 17 |
| 2008 | 4 | 0 | 3 | 9 | 0 | 16 |
| 2010 | 10 | 0 | 0 | 1 | 2 | 13 |
| 2012 | 5 | 1 | 2 | 2 | 0 | 10 |
| 2014 | 1 | 0 | 0 | 5 | 0 | 6 |
| 2016 | 12 | 0 | 2 | 3 | 2 | 19 |
| 2018 | 11 | 0 | 4 | 3 | 0 | 18 |
| 2021 (2020) | 5 | 0 | 2 | 5 | 3 | 15 |
| 2022 | 7 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 |
| Ukupno: | 74 | 10 | 35 | 39 | 10 | 168 |

STK 2 - Udeo ref. tema

■ RT1 ■ RT2 ■ RT3 ■ RT4 ■ RT5



Slika 3 - Procentualno učešće broja radova pojedinih referentnih tema u ukupnom broju do sada publikovanih

Obe analize pokazuju da je najviše interesovanja bilo za tematiku RT1, pa RT4 i RT3, koje su privukle čak 88% naučno-stručnih radova, odnosno imale učešće od 92,3% kod najzapaženijih radova. Ovo ukazuje da se stanje istraživanja problematike kvaliteta električne energije u Srbiji može sagledati pregledom radova iz ovih oblasti. Ipak, zbog ograničenog prostora, u nastavku će biti dat pregled najinteresantnijih radova samo za najbrojniju tematiku, odnosno za RT1.

3. PREGLED RADOVA REFERENTNE TEME RT1

Prethodne analize pokazuju da su izobličenja talasnih oblika napona i struje vezana za rad industrijskih pogona i distribuiranih izvora (RT1) privukla najviše interesovanja i bila detaljno obrađena u čak 74, odnosno u 44% radova. One se javljaju i u 38,5% najzapaženijih radova, tako da se može zaključiti da dominiraju istraživanjima u Srbiji i regionu. To je bilo i očekivano, jer je dosta istraživanja rađeno sa ciljem generalnog sagledavanja stanja

Tabela 3 - Pregled najzapaženijih radova STK 2 i njihova pripadnost referentnim temama

| Saveto- vanje | Najzapaženiji rad [4] | Preferen- tema | Referen- tema |
|------------------|--|-------------------|------------------|
| 1998 | Aleksandra Popovac-Damjanović, Milan Čalović, "Eliminacija viših harmonika u elektroenergetskim mrežama primenom standardnih tipova filtera" | 2 | RT1 |
| 2000 | Milan S. Savić i Zlatan Stojković, "Zaštita stubnih transformatorskih stanica od atmosferskih prenapona" | 4 | RT3 |
| 2002 | Petar Vukelja, Jovan Mrvić, Dejan Hrvić, Dragan Radić, „Eksperimentalna istraživanja prenošenja prenapona kod distributivnih transformatora“ | 3 | RT3 |
| 2004 | M. Protić, J. Kosmač, "Risk assessment of middle-voltage overhead transmission line failures resulting from lightning discharges" | 5 | RT3 |
| 2006 | Milanko Radić, Dušan Radić, „Pristup održavanju elektroenergetske opreme utemeljen na pokazateljima kvaliteta isporuke električne energije i na analizi uzroka kvarova“ | 1 | RT4 |
| 2008 | Aleksandar Jović, Dobrivoje Stojanović, „Merenje prisustva trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika u niskonaponskoj distributivnoj mreži“ | 2 | RT4 |
| 2010 | Branislav Janković, Radislav Milankov, „Analiza uticaja kvaliteta električne energije na pouzdanost procesa u industriji na primeru MSK Kikinda“ | 1 | RT1 |
| 2012 | Vedad Bećirović, Mirsad Hasanić, Bojan Nikolić, Selma Hanjalić, „Naponske prilike u jednostrano napajanoj distributivnoj mreži sa distribuisanim generatorom“ | 4 | RT1 |
| 2014 | Nenad Zlatković, Željko Marković, Nenad Mraković, „Analiza kvaliteta električne energije i međusobnog uticaja prenosnog i distributivnog sistema u tački primopredaje električne energije“ | 2 | RT4 |
| 2016 | Milan Savić, Mileta Žarković, Ratko Kovačić, Marko Mijić, Mladen Banjanin, „Problem zaštite 35 kV postrojenja sa izolovanom neutralnom tačkom u planinskom području od prenapona“ | 6 | RT5 |
| 2018 | Nikola Laketić, Borko Čupić, „Smanjenje injekcije poremećaja u distributivnu mrežu usled rada postrojenja za proizvodnju peleta“ | 4 | RT1 |
| 2021 (2020) | Dušan Čomić, Zoran Mitrović, Boris Antić, Dragan Pejić, Platon Sovilj, „Razvoj naponskog mernog transformatora bez magnetnog jezgra - karakteristični problemi“ | 2 | RT4 |
| 2022 | Milica Porobić, Dragan Cvetinov, Radislav Milankov, Ratko Rogan, „Analiza isporučene električne energije KDS "Barry-Callebaut - Chocolate Factory Novi Sad"“ | 1 | RT1 |

KVEE kroz monitoring nivoa viših harmonika, odnosno analiziru pojedinačnih slučajeva uticaja industrijskih pogona i njihovih nelinearnih potrošača. Takođe, uticaj novih distribuiranih izvora u vidu solarnih fotonaponskih i vetroelektrana na pojavu viših harmonika u mreži isto tako je privukao puno pažnje. Za sagledavanje stanja istraživanja, zbog ograničenog prostora, ovde će biti spomenuti tek oni najinteresantniji radovi, a biće predstavljeni hronološki, po savetovanjima na kojima su objavljeni.

3.1 Prikaz istaknutih radova po savetovanjima

Na prvom savetovanju 1998. god. pojavljuje se nekoliko značajnih doprinosa. U [5] su sistematično izloženi rezultati obimne studije o višim harmonicima bazirani na veoma detaljnim merenjima u elektrodistributivnoj mreži JP Elektovojvodine. Da bi se sagledao uticaj tipa potrošača na kvalitet električne energije, oni su podeljeni u tri grupe sa više podgrupa. Prikazani su reprezentativni rezultati od svake grupe i izvršena je njihova matematička i statistička analiza. Rezultati su pokazali da se u mreži pojavljuju neparni harmonici do 19-tog, s tim da su najizraženiji 3-ći, 5-ti, 7-mi i 11-ti. Harmonici su intenzivniji na 0,4 kV nego na 10 ili 20 kV nivou, a najveći uticaj su imali industrijski potrošači od kojih je posebno istaknut negativan uticaj elektrolučne peći u "Livnici" Kikinda (tada su i harmonici struje i harmonici napona premašili limite date standardima). Ipak, i pored izraženih harmonika struje, harmonici napona su se skoro uvek kretali unutar dozvoljenih limita (THDU=5%), pa je zaključeno da je kvalitet napona dovoljno dobar, ali da su harmonijski kapaciteti solidno iskorišćeni (oko 70%) [5]. Sličan zaključak dat je i u [6], gde je razmatran rad i uticaj elektrolučne peći u pogonu Željezare Nikšić sa uključenim i isključenim postrojenjem za kompenzaciju i filtriranje. U [7] su analizirani sistemi za smanjivanje nivoa viših harmonika primenom odgovarajućih filtera, koji imaju i funkciju kompenzacije reaktivne energije, što je privuklo najviše pažnje. Efekti njihove primene ilustrovani su na dva numerička primera. Zaključeno je da je za prigušenje viših harmonika na srednje-visokom naponu najbolje rešenje priključenje kombinacije usklađenih filtera podešenih na jednu frekvenciju u cilju eliminacije harmonika nižeg reda i visokopropusnog filtera II reda za prigušenje harmonika višeg reda [7].

Na drugom savetovanju 2000. god., problematika naponskih i strujnih izobličenja tretirana je teoretski i uglavnom je prezentovan metodološki pristup. Značajan je rad [8] u kom je pokazano da u analizi talasnih oblika (signala) tranzijentnih pojava mnogo bolje rezultate daje Wavelet transformacija, dok je Furijeova transformacija tačnija za određivanje harmonijskog spektra stacionarnih signala.

Treće savetovanje 2002. god. predstavlja novo istraživanje uticaja elektrolučnih peći u firmi „Cer“ iz Čačka, gde je potvrđeno visoko izobličenje talasnog oblika struje i preporučeno povezivanje na „jako“ tački mreže [9].

Na četvrtom savetovanju 2004. god. referisane su razne metode harmonijske kontrole i kompenzacije reaktivne snage, ali nije bilo doprinosa iz Srbije.

Peto savetovanje donelo je rezultate istraživanja viših harmonika u distributivnoj mreži sa rezultatima merenja i razvojem metoda modelovanja [10 – 13]. U [10] su dati rezultati merenja harmonijskog izobličenja napona i struja u sredjenaponskoj mreži na teritoriji ED Niš, koja su analizirana i diskutovana. Ukazano je na potencijalno „slaba“ mesta u mreži. U [11] je na bazi rezultata merenja 35/10 kV transformatora dat matematički model radijalne distributivne mreže i potrošača pogodan za istraživanje prostiranja viših harmonika. Slično istraživanje predstavljeno je u [12] i [13], s tim da je predmet merenja i modelovanja bila distributivna mreža Univerziteta u Novom Sadu, kao i karakteristični nelinearni potrošači. Grupacije računara (računarski centar) su izdvojene kao glavni izvori izobličenja, pa je model poslužio da se izračuna maksimalni harmonijski kapacitet mreže, odnosno maksimalni broj računara koji se mogu priključiti, a da se ne premaše standardom propisani limiti harmonijskog izobličenja napona.

Na šestom savetovanju 2008. god. pored izobličenja kao posledici rada nelinearnih potrošača, pojavljuju se i radovi koji razmatraju i KVEE sa aspekta rada malih elektrana (distribuiranih generatora) [14 – 16]. Interesantan je rad [14] u kom je razmatrana podela odgovornosti za generisanje harmonijskih izobličenja na primopredajnim mestima u deregulisanoj sistemu za industrijske potrošače i za krajnje distributivne potrošače. U [15] je razmatran uticaj nesimetričnog nelinearnog opterećenja, odnosno pojavu viših harmonika u struji neutralnog voda. Izvršen su merenja na nisko-naponskim izvodima karakterističnih transformatorskim stanicama na teritoriji PD “Jugoistok” - Ogranak Elektrodistribucija Leskovac. Rezultati pokazuju značajnu nesimetriju bez obzira na doba dana ili dan u nedelji, što izaziva pojavu izraženog trećeg harmonika struje u neutralnom provodniku, koji premašuje 50% vrednosti struje. U [16] su analizirani uticaji raznih naponskih poremećaja u mreži na rad vetroelektrana i dati su odgovarajući odgovori upravljačkog algoritma u cilju održanja sistema u skladu sa „zahtevima mreže“.

Sedmo savetovanje 2010. god. je donelo niz interesantnih radova od kojih treba istaći [17 – 21]. U [17] su predstavljeni rezultati merenja u distributivnoj mreži na tri naponska nivoa (10kV, 35kV i 110kV) pri istraživanju uticaja rada dve srednjefrekventne industrijske indukcionne peći (400-600 Hz) za topljenje metala firme “Livnica” iz Leskovca na parametre KVEE u distributivnoj mreži. Zaključeno je da je uticaj indukcionnih peći u Livnici, ograničen samo na naponski nivo 10 kV, gde su uočene velike deformacije talasnog oblika struje sa izraženim 5-tim i 7-mim harmonikom, ali da su nivoi harmonijske distorzije napona (THDU) bili u dozvoljenim granicama (ispod 5%). U [18], kao nastavak istraživanja iz [12,13] detaljnije je analiziran rad i uticaj računarskog centra FTN iz Novog Sada. Zaključeno je da su kritičnija strujna izobličenja (zabeleženi su iznosi THDI=5-25%), dok su izmerena naponska izobličenja uglavnom bila unutar definisanih limita. Drugi značajan rezultat je da je uočena zakonitost u vezi korelacije nivoa izobličenja struje (THDI) i broja računara u grupi (snage nelinearnih potrošača). Ovaj rezultat dalje je istraživan u narednim radovima autora. U [19] je dato teorijsko istraživanje vezano za metode kompenzacija reaktivne energije potrošača sa visokom distorzijom struje i napona. Radovi [20] i [21] daju praktične primere i analize primene parametara kvaliteta električne energije. U [20] su analizirani višegodišnji pokazatelji pouzdanosti. Predložene su metode za postavljanje mera radi kvalitetnijeg snabdevanja potrošača, kao i unapređenje planskog upravljanja održavanjem elektroenergetske opreme. U [21] je mereno i analizirano stanje parametara kvaliteta električne energije u preduzeću “MSK Kikinda”. Zaključeno je da postoji značajan uticaj slabijeg kvaliteta električne energije na stabilnost procesa u “MSK”, pa su predložena odgovarajuća rešenja da se stanje poboljša.

Osmo savetovanje, održano 2012. god., opet je donelo niz zanimljivih prikaza istraživanja [22 - 24]. U [22] je razmatran uticaj daljinskog upravljanja javnim osvetljenjem sa kontinualnom regulacijom svetlosnog fluksa na parametre kvaliteta električne energije. Izvršena su odgovarajuća merenja, a rezultati su analizirani. Uočeni su problemi u vidu niskog faktora snage i pojave viših harmonika napona i struje. Predložena su moguća rešenja u cilju sprečavanja negativnih uticaja. U [23] je prikazano postrojenje male elektrane na biogas u sklopu fabrike “Alltech” iz Sente i rezultati merenja uticaja na kvalitet električne energije. Pokazano je da ovaj generator doprinosi povećanju 5-tog harmonika, dok kod ostalih viših harmonika nije zabeležena promena. U [24] je razmatran uticaj povećanja dodatnih gubitaka opterećenja na smanjene (redukciju) prenosnih snaga transformatora, u mreži sa višim harmonicima struje. Utvrđeno je da navedena smanjenja mogu biti velika (10-15%), kada su u pitanju transformatori velikih snaga i visokih vrednosti napona kratkog spoja.

Deveto savetovanje predstavilo je samo jedan rad iz ove oblasti [25], koji predstavlja nastavak istraživanja prezentovana u [24]. U njemu su kvantifikovani postupci za proračun parametara ekvivalentne šeme transformatora za više harmonike i data odgovarajuća uputstva za proračune.

Deseto savetovanje 2016. god. donelo je najviše radov iz ove tematike, čak 12 od kojih je izdvojeno 4, kao najzanimljivijih za ovaj pregled [26 – 29]. U [26] prikazani su rezultati Komisije za merenje kvaliteta električne energije u Elektrovojvodini, koja se duže godina bavila monitoringom parametara kvaliteta električne energije. Klasifikovani su dobijeni rezultati prema razlogu merenja, vrsti interakcije, mestu nastanka smetnje i smeru generisanja pojave. Na osnovu ovih rezultata merenja mogu uočene su generisane smetnje koje utiču na rad ostalih potrošača, kao i na pojavu budućeg potencijalnog problema. U [27] su istraživani činioci kvaliteta

električne energije na bazi merenja na 10 kV razvodu stare zgrade Nacionalnog dispečerskog centra (NDC), Elektromreže Srbije u Beogradu. Uočena su odstupanja parametara kvaliteta električne energije za neke parametre, pa je za njih urađena analiza i predložena neka moguća rešenja. U [28] su nastavljena istraživanja. Čiji rezultati su već izlagani na savetovanjima CIRED Srbije [12,13,18]. U ovom radu su prikazani neki karakteristični rezultati merenja viših harmonika na FTN, zatim analizirani njihovi uzroci, te utvrđen stepen opasnosti od pojave negativnih efekata poređenjem rezultata sa limitima propisanim u postojećoj zakonskoj regulativi i standardima. Novina je da su u mreži FTN-a priključene i dve foto-naponske elektrane, kao izvori „zelene“ energije. Kao rezultat njihovog rada u pojedinim segmentima unutrašnje električne mreže pojavljuje se viši, a negde i niži stepen „zagađenja“ višim harmonicima. U [29] analizirana je tada hipotetička mogućnost integracije fotonaponskih sistema i električnih vozila u postojeći distributivni sistem. U zaključku naglašeno je da postoji mogućnost pogoršanja kvaliteta električne energije kao direktne posledice integracije ovih sistema u slučaju njihovog jednovremenog rada.

Jedanaesto savetovanje održano je 2018. god. i donelo je opet veliki broj radova za ovu stručnu komisiju, čak 11. Za ovaj pregled odabrano je pet [30 – 34]. U [30] su sumirani višegodišnjih rezultati nekih parametara KVEE na nekoliko mesta prenosne i distributivne mreže, kao i kod izabranih industrijskih potrošača. Za većinu negativnih pojava utvrđen je uzrok, kao i uticaj, odnosno posledice na rad odgovarajućeg industrijskog potrošača. Dati su veoma kvalitetni zaključci, koji mogu biti indikacija budućih pravaca delovanja za smanjivanje ozbiljnih ekonomskih posledica ovih pojava. Rad [31] razmatra uticaj kompenzacije reaktivne snage na nivo viših harmonika u naponu i struji jednog elektromotornog pogona i ukazuje moguće greške prilikom izbora tipske opreme za kompenzaciju. Posmatran je slučaj kad je nivo viših harmonika napona i struje značajno porastao nakon uključenja kompenzacije, a naročito vrednosti 5-tog i 7-mog harmonika. Dat je i pregled mogućih rešenja za ovaj slučaj. Slična problematika razmatrana je u [32], gde je pokazano kako je instalisanjem sistema za kompenzaciju reaktivne snage u pogonu za proizvodnju peleta, rešen je problem periodičnih strujnih naprezanja mreže, koji su izazivali fliker i padove napona u mreži. Predstavljeni su rezultati merenja pre i posle ugrađene kompenzacije, a urađena je i analiza najvažnijih parametara kvaliteta napona. Radovi [33] i [34] razmatraju uticaj rada krovnih fotonaponskih (FN) elektrana na parametre kvaliteta električne energije. U [33] je prikazan slučaj krovne FN elektrane u Vranju smeštene na stambenoj zgradi i postupak i rezultati merenja parametara KVEE. Nisu uočena neka odstupanja, a stečena su odgovarajuća iskustva i date preporuke investitorima. Slični rezultati su predstavljeni u [34], s tim da se tu radi o većim elektranama sa string inverterima. Takođe, nisu uočeni neki značajniji negativni efekti, osim većih vrednosti izobličenja struje (THDI), odnosno 5-tog, 7-mog i 11-tog harmonika u periodima slabog sunčevog zračenja. Ipak, s obzirom da su u tim intervalima apsolutne vrednosti struja jako male, ni jedan pojedinačni harmonik nije prelazio maksimalno dozvoljene vrednosti date u „Pravilima o radu distributivnog sistema“ [35].

Naredno dvanaesto savetovanje trebalo je da se održi u septembru 2020. god., ali je zbog ograničenja vezano za pandemiju Korona-19 virusa pomereno za 2021. god. Mada je bilo nekoliko radova iz ove tematike, oni se nisu odnosili na stanje u Srbiji, pa ovde neće biti dalje razmatrani.

Poslednje, trinaesto savetovanje je održano 2022. god., a od referisanih 7 radova odabrana su tri [36 – 38]. U [36] je prikazan jedan primer iz prakse načina postupanja kod rešavanja žalbe potrošača na nedovoljan nivo kvaliteta električne energije. Prikazan je kompletan postupak, rezultati odgovarajućih merenja i način zaključivanja o uzrocima problema. U [37] su predstavljeni rezultati nastavka istraživanja parametara KVEE na FTN u Novom Sadu, koja su u različitim oblicima rađena u ranijim periodima i opisana u [12, 13, 18, 28], ali sada na jedan kompletniji način i obuhvatajući duži vremenski period (2013-2021. god.). Merenja su organizovano sistematično, istom metodologijom i na istim ili sličnim mernim mestima. Na taj način može pratiti stanje KVEE i preduzimati mere za poboljšanje. Zaključeno je da su svi rezultati bili unutar propisanih granica (limita), te da tokom vremena nije došlo do njihove značajnije degradacije ili pojave koja bi ukazivala na moguće „iskakanja“ iz datih limita u budućnosti. U [38] je analizirano prostiranje flikera kroz prenosnu i distributivnu mrežu i analiziran jedan takav slučaj, kao posledica rada elektrolučne peći. Napravljen je odgovarajući model i ukazano je na problem njegovog prenosa i pojave u dubini distributivne mreže, te potrebe za poboljšanjem regulative za ovaj parametar kvaliteta električne energije.

4. ZAKLJUČAK

Na savetovanjima JUKO CIRED-a i CIRED Srbije u protekljih 25 godina izložen je veliki broj radova (konkretno, 168), koji tretiraju tematiku kvaliteta električne energije u distributivnim mrežama, što je i naziv stručne komisije 2 (STK 2) CIRED Srbije. Oni, na neki način predstavljaju stanje istraživanja ove problematike u Srbiji, mada se ova problematika tretira i na drugim naučno-stručnim skupovima u Srbiji i regionu.

Ovaj pregled najznačajnijih radova ukazuje da se problemu kvaliteta električne energije u Srbiji posvećivala značajna pažnja, što je rezultiralo nizom radova na skupovima CIRED-a. Najviše radova posvećeno problematici izobličenja talasnih oblika struje i napona, bilo kao uticaju potrošača (uređaja energetske elektronike,

nelinearnosti transformatora i sl.) ili distribuiranih generatora (solar, vetar, biomasa, i sl.), odnosno harmonicima, flikeru, impulsima, smetnjama i sl., ali su razmatrani i drugi parametri kvaliteta električne energije. Prikazano je da su vršena sistematska merenja na raznim lokacijama i praćeno stanje, pa je ukazano na određena odstupanja, te nalažena i predlagana odgovarajuća rešenja za njihovo otklanjanje. Takođe, razmatrani su i odgovarajući standardi i pravila, odnosno njihovo usklađivanje sa evropskim. Razvijeni su i praktične metode postupanja kod žalbi na loš KVEE, a iz radova se vidi da je tokom vremena nabavljena i profesionalna merna oprema, tako da naši stručnjaci mogu na pravi način da reaguju i zaključuju o daljim postupcima za otklanjanje eventualnih problema vezanih za KVEE.

LITERATURA

- [1] Simendić Z., Katić V.A., 2022, „Pravci istraživanja u elektroenergetici kroz tematsku orijentaciju radova sa skupova CIREC Srbija i ETRAN/IcETLAN”, Zbornik radova sa LXVI konferencije za ETRAN, Novi Pazar, 6-9. 06. 2022, Rad br. EE1.4, pp.1-6
- [2] Katić V.A., Mujović S., 2024, „Pregled istraživanja kvaliteta električne energije u Crnoj Gori i regionu sa aspekta uticaja rada malih nelinearnih potrošača i distribuiranih generatora“, CIREC Crna Gora, Prvo savetovanje o elektrodistributivnim mrežama Crne Gore, Budva, 10-13. 06. 2024. Rad. br. R2-03, pp.1-9.
- [3] <https://www.cired.rs/>
- [4] Simendić Z., Katić N., Jovanović D., Tanasković M., Perić D., Tasić D., Katić V., Janjić A., Vukotić D., Popović Ž., Škuletić S. i Bjelica B., 2022, „25 godina rada srpskog nacionalnog komiteta CIREC-SRBIJA”, CIREC Srbija, Novi Sad.
- [5] Katić V., 1998, „Istraživanje viših harmonika u mreži Elektrovojvodine“, Prvo jugoslovensko savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Zlatibor, 5-8. 10. 1998, Rad br. R.2.03, CD ROM.
- [6] Radović J., Martinović D., 1998, „Elektrolučna peć kao izvor smetnji u elektroenergetskom sistemu“, Prvo jugoslovensko savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Zlatibor, 5-8. 10. 1998, Rad br. R.2.05, CD ROM.
- [7] Popovac-Damjanović A., Čalović M., 1998, „Eliminacija viših harmonika u elektroenergetskim mrežama primenom standardnih tipova filtera”, Prvo jugoslovensko savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Zlatibor, 5-8. 10. 1998, Rad br. R.2.04, CD ROM.
- [8] Knežević J., Katić V., Graovac D., 2000, „Metod harmonijske analize talasnih oblika struje i napona primenom Wavelet transformacije“, Drugo jugoslovensko savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Herceg Novi, 26.-29. 09. 2000., Rad br. R.2.03, CD ROM.
- [9] Brajović D., Katić V., Popović S., 2002, „Elektrolučne peći kao izvori viših harmonika – analiza rezultata merenja”, Prvo regionalno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Vrnjačka Banja, 15-18. 10. 2002, Sveska 1, Rad br. R-2.01, pp.95-101.
- [10] Korunović L., Stojanović D., Kostić G., 2006, „Prisustvo harmonika na srednjem naponu distributivne mreže Niša”, Drugo regionalno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Zlatibor, 17-20. 10. 2006, Rad br. R-2.7.
- [11] Predić D., Srejić I., 2006, „Prostiranje viših harmonika u distributivnoj mreži”, Drugo regionalno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Zlatibor, 17-20. 10. 2006, Rad br. R-2.8.
- [12] Vekić M., Katić V., Ivanović Z., 2006, „Univerzitetski kampus i nivo viših harmonika u mreži ED Novi Sad“, Drugo regionalno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Zlatibor, 17-20. 10. 2006, Rad br. R-2.9.
- [13] Ivanović Z., Katić V., Vekić M., Dumnić B., 2006, „Efekti pojave viših harmonika u univerzitetskom kampusu - slučaj FTN“, Drugo regionalno savetovanje o elektrodistributivnim mrežama, Zlatibor, 17-20. 10. 2006, Rad br. R-2.10.
- [14] Šikoski J., Katić V., 2008, „Podele odgovornosti za harmonijsko izobličenje u deregulisanim elektroenergetskim sistemima”, VI Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama CIREC-a Srbije sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 30.09. – 3.10. 2008., Rad. br. R-2.11.
- [15] Jović A., Stojanović D., 2008, „Merenje prisustva trećeg harmonika u struji neutralnog provodnika u niskonaponskoj distributivnoj mreži“, VI Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama CIREC-a Srbije sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 30.09. – 3.10. 2008., Rad. br. R-2.8.
- [16] Jerkan D., Katić V., Ivanović Z., Vekić M., 2008, „Upravljanje vetroelektranom u skladu sa zahtevima mreže“, VI Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama CIREC-a Srbije sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 30.09. – 3.10. 2008., Rad. br. R-2.15.
- [17] Jović A., Stojanović D., Krečković N., 2010, „Uticaj industrijskih indukcionih peći na prostiranje viših harmonika u sredjenaponskoj i visokonaponskoj elektroenergetskoj mreži”, VII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 26.09. – 1.10. 2010., Rad. br. R-2.4.

- [18] Katić V., Čorba Z., Mujović S., Dimitrijević I., Denić M., 2010, „Viši harmonici u električnoj mreži FTN-a: merenja i analize uticaja rada računarskog centra”, VII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 26.09. – 1.10. 2010., Rad. br. R-2.5.
- [19] Kostić M., Kostić B., 2010, „Kompenzacija reaktivne energije potrošača sa visokom distorzijom struje i napona”, VII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 26.09. – 1.10. 2010., Rad. br. R-2.6.
- [20] Radić M., 2010, „Praktične primene pokazatelja kvaliteta isporuke električne energije”, VII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 26.09. – 1.10. 2010., Rad. br. R-2.8.
- [21] Janković B., Milankov R., 2010, „Analiza uticaja kvaliteta električne energije na pouzdanost procesa u industriji na primeru MSK Kikinda”, VII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 26.09. – 1.10. 2010., Rad. br. R-2.9.
- [22] Brajović D., Lazarević Z., Osmokrović P., Kostić M., 2012, „Uticaj uređaja za kontinualnu regulaciju svetlosnog fluksa na parametre kvaliteta električne energije - analiza rezultata merenja”, VIII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 23 – 28. 09. 2012., Rad. br. R-2.02.
- [23] Kostić B., Nikolić A., Radaković J., 2012, „Merenje i analiza parametara kvaliteta električne energije male elektrane sa kogeneracionim postrojenjem na biogas”, VIII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 23 – 28. 09. 2012., Rad. br. R-2.06.
- [24] Kostić M., 2012, „Smanjenje prenosne (nominalne) snage transformatora u električnim mrežama sa višim harmonicima”, VIII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 23 – 28. 09. 2012., Rad. br. R-2.08.
- [25] Kostić M., 2014, „Dodatni gubici snage i ekvivalentne šeme transformatora za više harmonike”, IX Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 22 – 26. 09. 2014., Rad. br. R-2.06.
- [26] Čarnić J., Milankov R., Radosavljev M., 2016, „Interakcija mreže i korisnika na kvalitet električne energije”, X Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 26 – 30. 09. 2016., Rad. br. R-2.03.
- [27] Čupić B., Marković A., Marković Ž., Grujičić B., Arsić B., 2016, „Analiza kvaliteta električne energije u deregulisanom elektroenergetskom sistemu”, X Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 26 – 30. 09. 2016., Rad. br. R-2.04.
- [28] Katić V.A., Čorba Z., Milićević D., Dumnić B., Popadić B., 2016, „Merenje viših harmonika na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu”, X Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 26 – 30. 09. 2016., Rad. br. R-2.07.
- [29] Tovilović D., Rajaković N., 2016, „Zajednički uticaj fotonaponskih sistema i električnih automobila na harmonijsko izobličenje struja u urbanim distributivnim sistemima”, X Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Vrnjačka Banja, 26 – 30. 09. 2016., Rad. br. R-2.17.
- [30] Čarnić J., Milankov R., 2018, „Pravi problemi kvaliteta električne energije na području Vojvodine”, XI Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Kopaonik, 24 – 28. 09. 2018., Rad. br. R-2.03
- [31] Sekulić G., Ilić S., Makević Z., 2018, „Uticaj viših harmonika na kvalitet isporučene električne energije iz distributivnog sistema”, XI Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Kopaonik, 24 – 28. 09. 2018., Rad. br. R-2.08
- [32] Laketić N., Čupić B., 2018, „Smanjenje injekcije poremećaja u distributivnu mrežu usled rada postrojenja za proizvodnju peleta”, XI Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Kopaonik, 24 – 28. 09. 2018., Rad. br. R-2.14.
- [33] Grujić A., Todorović S., 2018, „Kvalitet električne energije generisane iz krovne PV elektrane stambenog objekta u Vranju”, XI Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Kopaonik, 24 – 28. 09. 2018., Rad. br. R-2.12
- [34] Čorba Z., Milićević D., Dumnić B., Katić V., Popadić B., 2018, „Ispunjenje kriterijuma dozvoljenih struja viših harmonika pri priključenju fotonaponskih elektrana na distributivni sistem”, XI Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Kopaonik, 24 – 28. 09. 2018., Rad. br. R-2.13.
- [35] ***, „Pravila o radu distributivnog sistema”, EPS Elektrodistribucija d.o.o., Beograd, 2017.
- [36] Porobić M., Cvetinov D., Milankov R., Rogan R., 2022, „Analiza isporučene električne energije KDS "Barry-Callebaut - Chocolate Factory Novi Sad"”, XIII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Kopaonik, 12 – 16. 09. 2022., Rad. br. R-2.01.
- [37] Katić V., Čorba Z., Vekić M., 2022, „Kvalitet električne energije na FTN – rezultati dugogodišnjeg praćenja”, XIII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Kopaonik, 12 – 16. 09. 2022., Rad. br. R-2.02.

[38] Laketić N., Đikić V., Krnajski V., Tatalović A., 2022, „Propagacija naponskog flikera kroz prenosnu i distributivnu mrežu“, XIII Savetovanje o elektrodistributivnim mrežama sa regionalnim učešćem, Kopaonik, 12 – 16. 09. 2022., Rad br. R-2.06.

PRILOG:

Tabela P1 - Pregled preferencijalnih tema STK 2 po savetovanjima i zastupljenost radova

| Saveto- vanje | Preferencijalna tema (PT) | Broj radova |
|------------------|---|--------------------------------------|
| 1998 | 1. Padovi napona u distributivnim mrežama 2. Harmonici napona i struja u distributivnim mrežama 3. Prenaponi i zaštitne mere 4. Tehnička rešenja uređaja za merenje brzopromenljivih električnih veličina | 2 4 5 1 |
| 2000 | 1. Teorija i merenje harmonika u distributivnim mrežama, metode za otklanjanje 2. Nesimetrija, flikeri, propadi i prekidi napona 3. Koordinacija izolacije 4. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama | 4 2 2 3 |
| 2002 | 1. Teorija i merenje harmonika u distributivnim mrežama, kao i metode za otklanjanje 2. Nesimetrije, flikeri, propadi i prekidi napona 3. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama. Koordinacija izolacije | 2 0 6 |
| 2004 | 1. Standardizacija i regulacija vezana za kvalitet električne energije 2. Harmonijska distorzija i uslovi za priključivanje instalacija potrošača koji je izazivaju 3. Dijagnostičke metode i oprema za merenje kvaliteta električne energije 4. Propadi napona, kratki prekidi i drugi poremećaji u napajanju potrošača 5. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama, elektromagnetna kompatibilnost 6. Primeri istraživanja kvaliteta električne energije, uticaj malih elektrana | 1 1 3 0 6 4 |
| 2006 | 1. Standardizacija, tehnički propisi i postupci, kao i primena regulative o kvalitetu električne energije 2. Dijagnostičke metode i oprema za merenje i monitoring kvaliteta električne energije 3. Instalacije potrošača koji degradiraju kvalitet - viši harmonici, fliker, nesimetrija – izvori, prostiranje, uslovi priključivanja, metode eliminisanja 4. Poremećaji koji direktno ugrožavaju rad potrošača - propadi napona, kratki prekidi i drugi poremećaji u napajanju potrošača – uzroci, prostiranje, imunitet, eliminisanje 5. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama, elektromagnetna kompatibilnost 6. Poremećaji u uzemljenju i kvalitet električne energije 7. Rad malih elektrana i drugih obnovljivih izvora električne energije i kvalitet električne energije | 3 3 4 5 2 0 0 |
| 2008 | 1. Tehnička regulativa o kvalitetu električne energije (standardizacija, tehnički propisi i postupci) 2. Merenje i monitoring kvaliteta električne energije (dijagnostičke metode, oprema, postupci i sl.) 3. Parametri kvaliteta električne energije i potrošači – izvori, prostiranje, imunitet, uslovi priključivanja, metode eliminisanja 4. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama, elektromagnetna kompatibilnost, poremećaji u uzemljenju i kvalitet električne energije 5. Rad malih elektrana i drugih obnovljivih izvora električne energije i kvalitet električne energije | 3 6 2 3 2 |
| 2010 | 1. Parametri kvaliteta električne energije (neprekidnost napajanja, flikeri, harmonici, propadi i povišenja napona, prenaponi, tranzijenti, i dr.); 2. Metode merenja u cilju praćenja kvaliteta elek. energ., kao i identifikacije pojava koje narušavaju kvalitet energije; 3. Praktična primena rezultata merenja kvaliteta elek. energije u cilju rešenja problema kvaliteta električne energije; 4. Modelovanje i simulacije potrošača koji potencijalno mogu da kvare kvalitet električne energije; 5. Otpornost opreme na poremećaje; 6. Ublažavanje poremećaja; 7. Inovacija tehničke regulative; | 10 0 0 0 2 0 1 |
| 2012 | 1. Tehnička regulativa o kvalitetu električne energije (standardizacija, tehnički propisi i postupci) 2. Merenje i monitoring kvaliteta električne energije (dijagnostičke metode, oprema, postupci i sl.) 3. Uticaj priključenja novih obnovljivih izvora i nelinearnih potrošača na kvalitet el. energije - viši harmonici, flikeri, nesimetrije, prostiranje, uslovi priključivanja, metode eliminisanja 4. Rad malih elektrana i drugih obnovljivih izvora električne energije i kvalitet električne energije 5. Poremećaji koji direktno ugrožavaju rad potrošača - propadi napona, kratki prekidi i drugi poremećaji u napajanju potrošača – uzroci, prostiranje, imunitet, eliminisanje 6. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama, elektromagnetna kompatibilnost 7. Poremećaji u uzemljenju i kvalitet električne energije 8. Uticaj prenapona na rad malih elektrana i drugih obnovljivih izvora električne energije | 0 2 3 2 1 2 0 0 |
| 2014 | 1. Domaća i evropska tehnička regulativa o kvalitetu električne energije (standardizacija, tehnički propisi i postupci) 2. Uređaji i metode za merenje i monitoring kvaliteta električne energije (dijagnostičke metode, oprema, postupci i sl.) 3. Priključenje potrošača, koji degradiraju kvalitet - viši harmonici, fliker, nesimetrija – izvori, prostiranje, uslovi priključivanja, metode eliminisanja 4. Poremećaji koji direktno ugrožavaju rad potrošača - propadi napona, kratki prekidi i drugi poremećaji u napajanju potrošača – uzroci, prostiranje, imunitet, eliminisanje 5. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama, elektromagnetna kompatibilnost | 0 5 0 0 0 |

| | | |
|----------------|--|---|
| | 6. Poremećaji u uzemljenju i kvalitet električne energije | 0 |
| | 7. Rad malih elektrana i drugih obnovljivih izvora električne energije i kvalitet električne energije. | 1 |
| 2016 | 1. Kvalitet isporučene električne energije (kvalitet napona) – viši harmonici, fliker, propadi napona, skokovi napona, kratki prekidi i drugi poremećaji u napajanju potrošača – uzroci, prostiranje, imunitet, eliminisanje, iskustva | 8 |
| | 2. Uređaji i metode za merenje i monitoring kvaliteta električne energije (dijagnostičke metode, oprema, postupci i sl.) | 2 |
| | 3. Domaća i evropska tehnička regulativa o kvalitetu električne energije (standardizacija, tehnički propisi i postupci) | 1 |
| | 4. Uslovi priključenja nelinearnih potrošača - viši harmonici, fliker, nesimetrija – izvori, prostiranje, uslovi priključivanja, metode eliminisanja. | 0 |
| | 5. Uticaj nedovoljnog kvaliteta na rad potrošača (tehnički problemi, energetska efikasnost, pouzdanost, finansijski efekti, odnosi sa potrošačima...) | 2 |
| | 6. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama, elektromagnetna kompatibilnost | 2 |
| | 7. Poremećaji u uzemljenju i kvalitet električne energije | 0 |
| | 8. Priključenje i rad malih elektrana (distribuiranih generatora) i drugih obnovljivih izvora električne energije i kvalitet električne energije (Tehnička preporuka 16 i sl.) | 4 |
| 2018 | 1. Kvalitet isporučene el. energije (kvalitet napona) – viši harmonici, fliker, propadi napona, skokovi napona, kratki prekidi i drugi poremećaji u napajanju potrošača – uzroci, prostiranje, imunitet, eliminisanje, iskustva. | 8 |
| | 2. Uređaji i metode za merenje i monitoring kvaliteta električne energije (dijagnostičke metode, oprema, postupci i sl.) | 3 |
| | 3. Domaća i evropska tehnička regulativa o kvalitetu električne energije (standardizacija, tehnički propisi i postupci) | 0 |
| | 4. Uslovi priključenja nelinearnih potrošača i distribuiranih generatora (malih elektrana) - viši harmonici, fliker, nesimetrija, metode eliminisanja. | 3 |
| | 5. Uticaj nedovoljnog kvaliteta na rad potrošača (tehnički problemi, energetska efikasnost, pouzdanost, finansijski efekti, odnosi sa potrošačima...) | 0 |
| | 6. Elektromagnetna kompatibilnost, bezbednost i interferencija. | 0 |
| | 7. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama, poremećaji u uzemljenju i kvalitet električne energije i druge teme. | 4 |
| 2021 (2020) | 1. Kvalitet isporučene el. energije (kvalitet napona)– uzroci, prostiranje, imunitet, eliminisanje, iskustva. | 5 |
| | 2. Uređaji i metode za merenje i praćenje parametara kvaliteta elek. en. (dijagnostičke metode, oprema, postupci i sl.) | 5 |
| | 3. Domaća i evropska tehnička regulativa o kvalitetu električne energije (standardizacija, tehnički propisi i postupci) | 0 |
| | 4. Uslovi priključenja nelinearnih potrošača i distribuiranih generatora. | 0 |
| | 5. Uticaj nedovoljnog kvaliteta u mreži na rad potrošača ili distribuiranih generatora (tehnički problemi, energetska efikasnost, pouzdanost, finansijski efekti, odnosi sa potrošačima...) | 3 |
| | 6. Elektromagnetna kompatibilnost, bezbednost i interferencija. | 0 |
| | 7. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama, poremećaji u uzemljenju i uticaj na kvalitet električne energije i druge povezane teme. | 2 |
| 2022 | 1. Kvalitet isporuke i kvalitet isporučene električne energije – uzroci, prostiranje, imunitet, eliminisanje, analize, iskustva. | 7 |
| | 2. Uređaji i metode za merenje i praćenje parametara kvaliteta električne energije (dijagnostičke metode, oprema, postupci i sl.) | 0 |
| | 3. Domaća i evropska tehnička regulativa o kvalitetu električne energije (standardizacija, tehnički propisi i postupci) | 0 |
| | 4. Uticaj distribuiranih generatora na kvalitet električne energije (naponski nivoi, struje kratkih spojeva, harmonici, podrška mreži – LVRT i sl.) | 0 |
| | 5. Uslovi priključenja nelinearnih potrošača i distribuiranih generatora, elektromagnetna kompatibilnost, bezbednost i interferencija. | 0 |
| | 6. Uticaj nedovoljnog kvaliteta u mreži na rad potrošača ili distribuiranih generatora (tehnički problemi, energetska efikasnost, pouzdanost, finansijski efekti, odnosi sa potrošačima...) | 1 |
| | 7. Prenaponi i zaštita od prenapona u distributivnim mrežama, poremećaji u uzemljenju i uticaj na kvalitet električne energije i druge povezane teme. | 0 |