

Milica Porobić¹, Radislav Milankov², Dragan Cvetinov³, Ratko Rogan⁴

Analiza isporučene električne energije korisniku „Barry-Callebaut-Chocolate Factory Novi Sad“



¹ ODS „Elektro distribucija Srbije“ d.o.o. Beograd, Direkcija za upravljanje DEES, Srbija

² ODS "Elektro distribucija Srbije" d.o.o. Beograd, Ogranak ED Zrenjanin", Srbija¹

³ ODS "Elektro distribucija Srbije" d.o.o. Beograd, Ogranak "ED Novi Sad", Srbija

⁴ ODS „Elektro distribucija Srbije“ d.o.o. Beograd, NDDC, Srbija

Kategorija rada: Stručni rad

Ključne poruke

- Razlozi podnošenja reklamacija korisnika distributivnog sistema
- Preduzimanja merenja željenih parametara kvaliteta električne energije
- Analiza izmerenih vrednosti i sagledavanje uzroka događaja
- Međusobni uticaji korisnik – distributivni elektroenergetski sistem

Kratak sadržaj

Operator Distributivnog Sistema „Elektro distribucija Srbije“ (ODS), prilikom izdavanja Uslova za projektovanje i priključenje (UPP) korisnicima distributivnog sistema (KDS) pod stavkom 4. tih Uslova jasno definiše Osnovne tehničke podatke o distributivnom elektroenergetskom sistemu (DEES) na mestu priključenja. Ovim podacima industrijski KDS dobija informacije o tehničkim karakteristikama podešenja u DEES kojima prilagođava svoje proizvodne procese. U protivnom, proizvodni proces će biti osetljiv na isporuku električne energije tehničkih karakteristika definisanih kroz UPP.

U operativnom upravljanju DEES dešavaju se reklamacije KDS na kvalitet isporučene električne energije. Stručne službe ODS nakon uložene reklamacije postavljaju analizator kvaliteta električne energije visokih tehničkih performansi, na mestu priključenja KDS. Cilj je dobiti tehnički kvalitetnu analizu kojom će se utvrditi uzroci problema zastoja proizvodnog procesa kod KDS.

Ovaj rad ima za cilj da predstavi jedan primer iz prakse na distributivnom području „DP Novi Sad“ na području ogranka „Elektro distribucija Novi Sad“, gde je KDS „Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad“ uložio reklamaciju na kvalitet električne energije. Rezultati monitoringa isporučene električne energije su predstavljeni u ovom radu.

Ključne reči

Kvalitet električne energije, reklamacija KDS, analiza merenja

Napomena:

Članak predstavlja proširenu, unapređenu i dodatno recenziranu verziju rada „Analiza isporučene električne energije KDS Barry-Callebaut - Chocolate Factory Novi Sad“, nagrađenog u Stručnoj komisiji STK-2 Kvalitet električne energije u elektrodistributivnim sistemima, na 13. Savetovanju CIRED Srbija, Kopaonik, 12-16. septembra 2022.

Primljeno: 6. april 2023. Recenzirano: 3. jul 2023.

Izmenjeno: 10. jul 2023. Odobreno: 28. jul 2023.

¹Korespondirajući autor: Radislav Milankov

E - mail: Radislav.Milankov@ods.rs

1. UVOD

Pojam kvaliteta električne energije se nameće kao nezaobilazna stavka kada su u pitanju ocene vrednosti isporučene robe kako se tržište ponaša i otvara. Jedan aspekt je dat u radu kao intervencija na reklamaciju, dok je to samo jednostrani pogled, može se naslutiti ogromno polje ispitivanja kada je u pitanju uticaj rada korisnika na DEES i druge korisnike. Posebno je zanimljiva problematika merenja električne energije u nesinusnom okruženju i mogućoj korekciji obračunskih parametara pri određenim uslovima, naročito faktora snage. Tačnost merenja pri ovim uslovima iziskuje promenu zakonskih i podzakonskih akata kako bi se sačinila korektivna formula.

Ogranak „Elektro distribucija Novi Sad“ je jedan od sedam Ogranaka na konzumu Distributivnog područja (DP) Novi Sad Operatora distributivnog sistema (ODS) električne energije, „Elektro distribucija Srbije“.

„Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad“ je korisnik distributivnog sistema (KDS) na konzumu Ogranka „ED Novi Sad“ koji se napaja iz distributivne transformatorske stanice TS 20/0,4 kV „Fabrika čokolade“, koja se nalazi u distributivnoj mreži kojom upravlja Ogranak „ED Novi Sad“. Kompanija „Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad“ je od strane Republike Srbije prepoznata kao značajan investitor u oblasti ekonomskog razvoja države, što svakako unosi dodatnu obavezu ODS o brizi za kvalitet isporuke i isporučene električne energije ovom KDS. Potreba za analizom isporuke i isporučene električne energije KDS „Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad“ je nastala zbog žalbe ovog KDS ODS-u na česte zastoje u proizvodnom procesu fabrike. Prekidu u proizvodnom procesu fabrike su po mišljenju KDS prouzrokovani lošim kvalitetom električne energije ODS. U okviru sektora za upravljanje DEES Ogranka „ED Novi Sad“ formiran je tim zadužen za postavljanje uređaja za praćenje kvaliteta isporuke i isporučene električne energije, kao i za analizu podataka.

U ovom radu su, u okviru tri celine, predstavljene karakteristike DEES, analiza problema u vezi sa žalbom KDS na kvalitet električne energije, kao i zaključci analize.

2. KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE: DEFINICIJE I REZULTATI

Jedan od najvažnijih koraka u praćenju pouzdanosti rada sistema je monitoring karakteristika elektroenergetskog sistema. Monitoring može pomoći pri određivanju uzroka poremećaja, pa čak i pri identifikaciji stanja u sistemu, koja su bila pre nego što su izazvala prekid ili poremećaj.

Monitoring kvaliteta električne energije (snage) predstavlja proces prikupljanja, analize i interpretacije merenih podataka u svrhu izvlačenja korisnih informacija.

Da bi se poboljšao kvalitet ili posebno zaštitili osetljivi potrošači, elektrodistribucije preduzimaju veliki broj mera za stabilizaciju rada elektroenergetskog sistema i

obebeđenja kvalitetne isporuke. Investiraju se značajna sredstva u opsežne projekte istraživanja parametara kvaliteta, donose se tehničke regulative za limitiranje nivoa harmonika i flikera, uvode se strožije norme za priključenje nelinearnih potrošača, a u poslednje vreme se razvijaju specijalne metode i uređaji za isporuku električne energije garantovanog kvaliteta [1].

2.1 Karakteristike konzuma DEES na koji je priključen KDS

TS 20/0,4 kV „Fabrika čokolade“ se u DEES nalazi na konzumu TS 110/20/10 kV „Novi Sad 9“, ET 110/20/10 kV broj 1, na 20 kV izvodu Zrenjaninski put. TS 110/20/10 kV „Novi Sad 9“ se napaja sa dva 110 kV dalekovoda DV broj 176/1 sa TS 400/220/110 kV „Novi Sad 3“ i DV broj 176/2 sa „Termoelektrane Toplane Novi Sad“ („TE-TO“). 110 kV postrojenje se sastoji od dva dalekovodna polja i dva energetska transformatora 110/20/10 kV instalisane snage 63 MVA. TS 110/20/10 kV „Novi Sad 9“ snabdeva električnom energijom 9993 korisnika. Distributivna mreža oba ET 110/20/10 kV iznosi 77,465 km kablovske mreže i 55,617 km nadzemne mreže. Na konzumu ove napojne TS se nalaze KDS koji po internim Uputstvima i Procedurama ODS imaju status „značajan korisnik DEES“. Pored „Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad“ isti status imaju i kompanije „Lear“ i „CTP Gama Continental“, „Naftovod“, „Rafinerija“ i drugi.

TS 110/20/10 kV „Novi Sad 9“ je u sistemu daljinskog nadzora, kontrole i upravljanja (SCADA), što daje mogućnost praćenja rada rasklopne opreme i jedinstvenog sistema zaštite, nadzora, kontrole i upravljanja u normalnim pogonskim uslovima kao i u režimu kvara. Zvezdišta energetskih transformatora su uzemljena preko zajedničkog otpornika od 40 Ω u neutralnoj tački, čime se struje zemljospojeva ograničavaju na 300 A. Za otklanjanje prolaznih kvarova u sredjenaponskoj mreži koristi se kombinacija tehnike zemljospojnog prekidača (ZP) i automatike ponovnog uključenja izvoda (APU).

Automatika ZP treba da detektuje u kojoj fazi je kvar a potom da da nalog za uključenje ZP u fazi pogođenoj kvarom, tj. da uzemli fazu sabirnica 20 kV koja je pogođena kvarom. Za vreme dok je prekidač uključen, fazni naponi zdravih faza porastu do vrednosti međufaznih napona, fazni napon faze u kvaru je nula, a međufazni naponi ostaju praktično nepromenjeni. Kako je sprega distributivnih transformatora Dyn ili Yzn i pošto se međufazni naponi ne menjaju, potrošači na niskom naponskom nivou neće imati prekide u napajanju. Ako je kvar bio prolazan, posle isključenja ZP nastavlja se redovan pogon DEES. Ukoliko kvar ne prođe nakon isključenja pola ZP, reagovaće zaštita izvoda i APU izvoda (brzi/spori APU). Ukoliko kvar bude eliminisan radom APU (brzi/spori) nastavlja se redovan pogon DEES. Ako kvar nije bio prolazan, i ukoliko je kvar definitivn, zemljospojna zaštita 20 kV izvoda će isključiti izvodni prekidač (definitivno isključenje izvoda).

KDS-u se prilikom izdavanja Uslova za projektovanje i priključenje (UPP) daju i osnovni tehnički podaci o DEES na mestu priključenja KDS. Kroz stav 4 Uslova su definisani parametri zaštitnih uređaja u mreži DEES (vremena i vrednosti) na koje proizvodni proces KDS ne sme biti osetljiv.

Konkretno, stav 4 UPP za navedenog KDS je:

„4. Osnovni tehnički podaci o DEES na mestu priključenja Nivo pouzdanosti: 2. nivo

Subtranzijentna („Sk“) snaga trofaznog kratkog spoja na sabirnicama 20 kV u TS110/20 kV/kV iznosi 500 MVA, vreme trajanja kratkog spoja $t=0,2$ s.

Vrednost struje jednofaznog zemljospoja u uzemljenim mrežama 20 kV napona je ograničena na vrednost 300 A.

Za eliminisanje prolaznog zemljospoja primenjuje se:

- jednopolni zemljospojni prekidač sa brzinom delovanja manjom od 0,2 s,
- zemljospojna zaštita na izvodnom prekidaču sa vremenom trajanja do 0,5 s,
- na izvodima 20 kV u TS 110/20 kV/kV se primenjuje automatsko ponovno uključanje (APU) sa dva pokušaja. U prvom pokušaju se vrši brzo APU sa beznaponskom pauzom (trajanje) 0,3 s. Ako je kvar i dalje prisutan, vrši se drugi pokušaj uključanja posle beznaponske pauze (trajanje) do 3 min (sporo APU). Ukoliko je i nadalje prisutan kvar, zaštita izvršava trajno isključenje 20 kV izvoda, nakon čega se pristupa lokalizaciji kvara i njegovom otklanjanju.

Ukoliko rad uređaja stranke prouzrokuje smanjenje kvaliteta električne energije drugim korisnicima, pod uslovom da prekoračuje emisione nivoe dozvoljene Pravilima o radu distributivnog sistema „EPS Distribucija“ d.o.o. Beograd, može stranki da obustavi isporuku električne energije sve dok se ne otklone uzroci smetnji.“

Iste stavke definisane su i u okviru Pravila o radu distributivnog sistema, [2], ODS, deo 2 Kvalitet električne energije, Odeljak Neprekidnost isporuke, stavke 2.3.4 i 2.3.5, koje kažu:

- Naponske smetnje uzrokovane operacijama rasklopnih aparata, dejstvom uređaja relejne zaštite i isključenjem opterećenja u poremećenom pogonu čije se dejstvo nije moglo predvideti ni izbeći ne smatraju se prekidima u isporuci električne energije.
- Na korisniku DEES je odgovornost da ugradi dodatnu opremu u svoj objekat u cilju zaštite tehnološkog procesa za slučaj pojave poremećaja u distributivnoj mreži. Ova oprema ne sme biti aktivirana od prelaznih procesa.

Svakako kroz dokument UPP, KDS prihvata da se njegov pogon projektuje tako da rad zaštitnih uređaja u DEES ne remeti proizvodni proces u postrojenju KDS.

2.2 Kvalitet električne energije - obaveza ODS

Odgovornosti i dužnosti Operatora distributivnog sistema električne energije definisane su i članom 135. Zakona o energetici, stav 1 u kome se navodi da je Operator distributivnog sistema električne energije odgovoran za

siguran, pouzdan i bezbedan rad distributivnog sistema i kvalitet isporuke električne energije, [3].

U skladu sa članom 136. Zakona o energetici, [4], Operator distributivnog sistema je doneo Pravila o radu distributivnog elektroenergetskog sistema (DEES), [2]. Ovim pravilima uređuju se međusobni odnosi ODS, korisnika i snabdevača. U delu 2 navedenog pravila definiše se Kvalitet električne energije, [2].

ODS je odgovoran za kvalitet električne energije, a koji obuhvata:

- kvalitet isporučene električne energije i
- kvalitet isporuke električne energije.

Kvalitet isporučene električne energije ocenjuje se na osnovu kvaliteta napona i kvaliteta frekvencije. Kvalitet isporuke električne energije ocenjuje se na osnovu trajanja i učestalosti prekida u isporuci električne energije.

Pouzdanost isporuke električne energije prati se preko sledećih pokazatelja pouzdanosti: prosečno trajanje prekida isporuke u minutima po mestu predaje električne energije, SAIDI, prosečna učestalost prekida isporuke po mestu predaje električne energije, SAIFI, i prosečno trajanje prekida isporuke, CAIDI.

Pravilima o Radu DEES se utvrđuju parametri i način kontrole kvaliteta električne energije. Kvalitet električne energije se procenjuje u odnosu na normalne pogonske uslove. Merenje parametara kvaliteta električne energije vrši se na mestu preuzimanja ukoliko postoje tehničke mogućnosti ili na tehnički pogodnom mestu za obavljanje merenja, a po potrebi i u objektima korisnika radi utvrđivanja činjeničnog stanja.

2.2.1 Kvalitet napona. Kvalitet napona na mestu priključenja objekta korisnika i proizvođača, odnosno povezivanja DEES sa prenosnim sistemom, drugim DEES i zatvorenim DEES, utvrđuje se merenjem i praćenjem parametara:

- veličine (amplitude U_{eff}),
- talasnog oblika (THD),
- fluktuacije (flikeri) i
- simetričnosti faznog napona.

Veličina (amplituda) napona utvrđuje se merenjem. Pri normalnim pogonskim uslovima tokom sedam dana u bilo kojem periodu godine, 95% desetominutnih srednjih efektivnih vrednosti napona napajanja mora biti u opsegu definisanom u aktu kojim se uređuje isporuka električne energije i to $\pm 10\%$.

Talasni oblik napona utvrđuje se merenjem. Pri normalnim pogonskim uslovima tokom sedam dana u bilo kojem periodu godine, 95% desetominutnih srednjih efektivnih vrednosti napona za svaki pojedinačni harmonik napona ne sme da pređe vrednost datu u tabeli I. Faktor ukupnog harmonijskog izobličenja napona napajanja, THD, ne sme da pređe 8%.

Fluktuacija napona koja se ispoljava pojavom flikera utvrđuje se merenjem. Pri normalnim pogonskim uslovima, tokom sedam dana u bilo kojem periodu godine, dugotrajni fliker faktor koji je izazvan fluktuacijom napona mora da bude manji ili jednak 1,0 tokom 95% vremena.

Simetričnost faznog napona se utvrđuje merenjem. Pri normalnim pogonskim uslovima tokom sedam dana u bilo kojem periodu godine, 95% desetominutnih srednjih

efektivnih vrednosti inverzne komponente napona napajanja mora biti u opsegu od 0% do 2% direktne komponente osnovnog napona napajanja.

Tabela I - Harmonici napona – dozvoljene vrednosti, izvor: [5]

Neparni harmonici				Parni harmonici	
Nisu umnošci broja 3		Umnošci broja 3		Red harmonika	Relativna amplituda U_h
Red harmon.	Relativna amplituda U_h	Red harmon.	Relativna amplituda U_h		
5	6%	3	5%	2	2%
7	5%	9	1,5%	4	1%
11	3,5%	15	0,5%	6...24	0,5%
13	3%	21	0,5%		
17	2%				
19	1,5%				
23	1,5%				
25	1,5%				

Faktor snage se utvrđuje merenjem. Pod normalnim pogonskim uslovima tokom sedam dana u bilo kojem periodu godine vrednost faktora snage u distributivnoj mreži treba da bude u opsegu od 0,95 do 1,0.

2.2.2 Neprekidnost isporuke. Prekid u isporuci električne energije se može klasifikovati kao:

- 1) planirani prekid koji je prethodno dogovoren i kada su korisnici DEES blagovremeno obavešteni;
- 2) neplanirani prekid nastao usled trajnih ili prolaznih kvarova.

Neplanirani prekid nastaje usled događaja koji nisu mogli biti predviđeni u DEES. Neplanirani prekid prestaje uspostavljanjem normalnih pogonskih uslova.

2.3 Analiza merenja ODS i podataka KDS

Na osnovu žalbe KDS na kvalitet isporučene električne energije kojom su poremećeni poslovni i proizvodni procesi u fabrici, ODS postavlja uređaj za merenje kvaliteta isporučene električne energije i to u dva maha.

Merenja i analiza su rađeni u skladu sa obavezujućom regulativom u oblasti elektroenergetike:

- Zakon o energetici, [3,4];
- Uredba o uslovima isporuke električne energije, [6];
- Pravila o radu DEES, [2], Poglavlje 2;
- Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona, [7], *Službeni list SFRJ br. 53/88, 54/88, 28/95, Poglavlje 5, od člana 163. do člana 167.*

Merenja su obavljena mrežnim analizatorom proizvođača ELSPEC tip BlackBox G4500 class A, direktnim priključenjem na mestu primopredaje električne energije. Merenja su izvršena u dva vremenska intervala. Mrežni analizator je priključen na mestu primopredaje električne energije (slika 1) KDS, odnosno na redne stezaljke mernog uređaja (brojila električne energije). Brojilo električne energije je priključeno na sekundare mernih transformatora u 20 kV mernoj ćeliji, odnosno merenje je indirektno u TS 20/0,4 kV „Fabrika čokolade“. Sam priključak mrežnog analizatora je izveden preko petoamperskih strujnih klešta, a napon od 100 V, 50 Hz se dovodi direktno na ulaz mrežnog analizatora.



Slika 1 – Mrežni analizator na mestu merenja

Merenja su izvršena u dva vremenska intervala

- 1) od 26.7.2021. do 11.8.2021. i
- 2) od 11.8.2021. do 19.8.2021.

2.3.1 Merenje u intervalu od 26.7. do 11.8.2021.

Dijagram efektivne vrednosti snimljenog napona u periodu od 26.7. do 11.8.2021. je prikazan na slici 2.

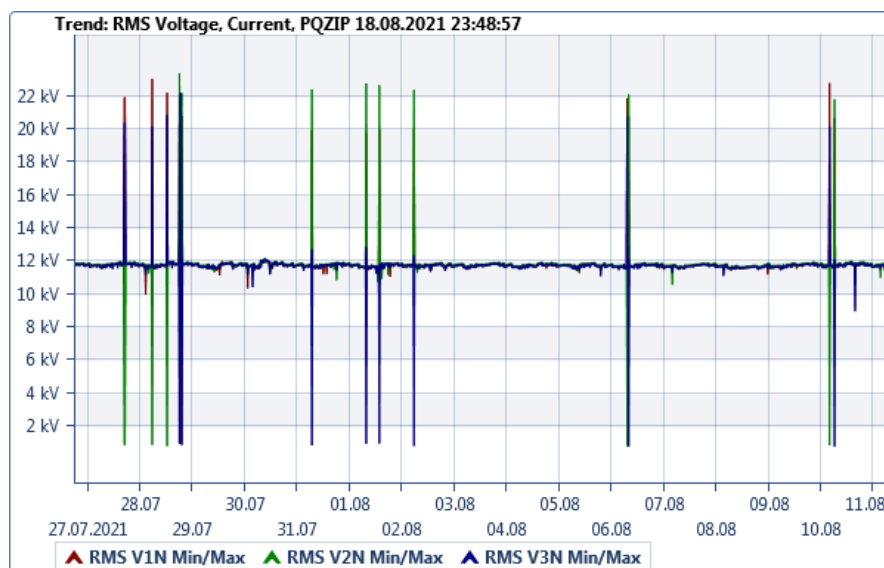
Zabeleženi poremećaji napona (početak, kraj) i njihovo trajanje u intervalu od 26.7. do 11.8.2021. prikazani su u tabeli II.

U intervalu od 26.7. do 11.8.2021. zabeleženo je 20 poremećaja napona. Najduže trajanje poremećaja napona je iznosilo 409,97 ms. U navedenom intervalu KDS „Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad“, TS

„Fabrika čokolade“ nije imala poremećaje u proizvodnom procesu u fabrici.

Kao zaključak za merenje u intervalu od 26.7. do 11.8.2021. može se reći da su poremećaji napona zabeleženi u navedenom vremenskom intervalu bili posledica prolaznih zemljospojeva na konzumima ET broj 1 ili ET broj 2 u TS 110/20/10 kV „Novi Sad 9“. Nijedan od registrovanih događaja, koji su posledica rada zaštitnih uređaja zbog prolaznih kvarova u mreži ODS nisu poremetili proizvodni proces u fabrici KDS „Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad“.

Iz analize merenja je utvrđeno da nijedan red harmonika ne prelazi dozvoljene granice.



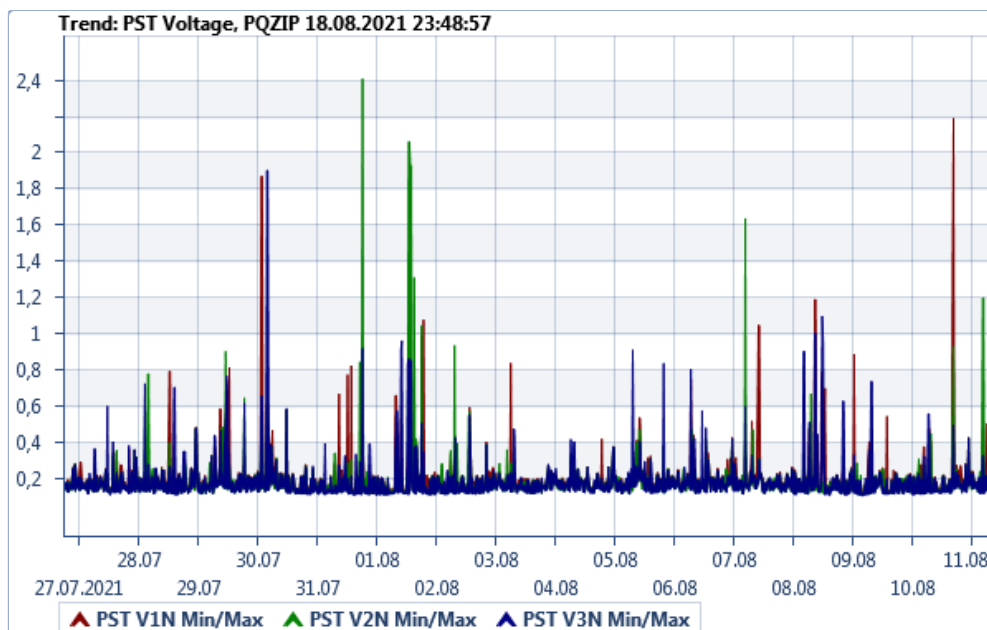
Slika 2 - Dijagram efektivne vrednosti snimljenog napona za prvi interval merenja

Tabela II - Datum i trajanje poremećaja napona

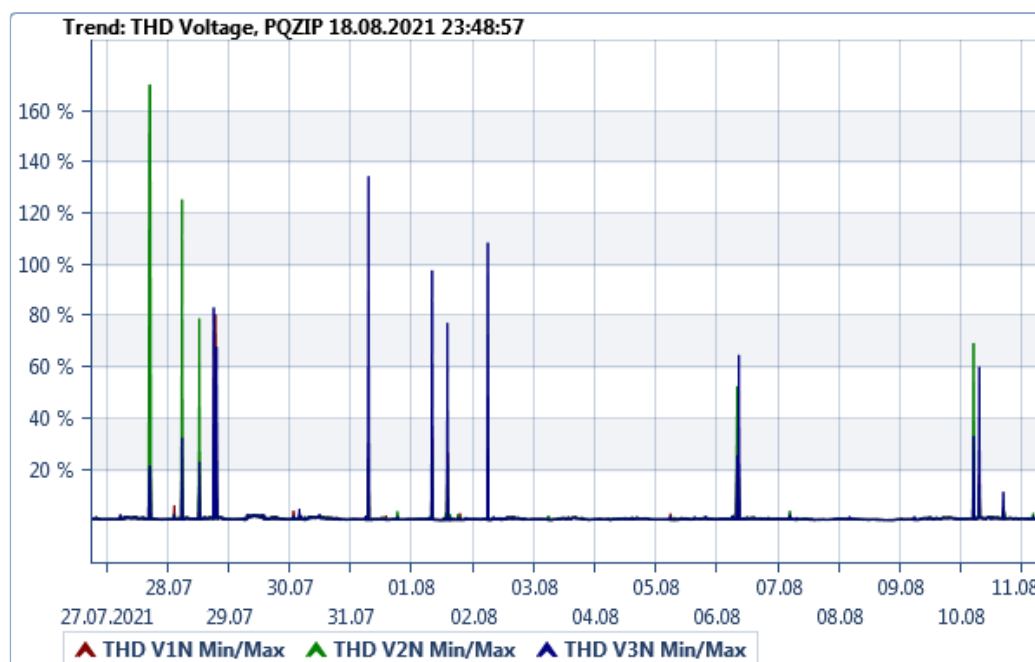
27.07.2021	17:38:49.219509	27.07.2021	17:38:49.629483400	00:00.409974400
27.07.2021	17:38:49.829520100	27.07.2021	17:38:49.939565600	00:00.110045500
28.07.2021	03:10:30.493782300	28.07.2021	03:10:30.553778300	00:00.059996000
28.07.2021	06:28:29.728859700	28.07.2021	06:28:30.038845	00:00.309985300
28.07.2021	13:04:15.924266400	28.07.2021	13:04:16.244345100	00:00.320078700
28.07.2021	18:44:38.754079800	28.07.2021	18:44:39.064087100	00:00.310007300
28.07.2021	19:20:02.246888900	28.07.2021	19:20:02.556910800	00:00.310021900
28.07.2021	19:56:31.011820100	28.07.2021	19:56:31.331837700	00:00.320017600
30.07.2021	02:11:57.180045100	30.07.2021	02:11:57.209942400	00:00.029897300
31.07.2021	07:40:30.307342500	31.07.2021	07:40:30.617221200	00:00.309878700
01.08.2021	08:41:34.315292100	01.08.2021	08:41:34.625395400	00:00.310103300
01.08.2021	14:36:46.761285500	01.08.2021	14:36:47.071219700	00:00.309934200
02.08.2021	06:21:12.931802800	02.08.2021	06:21:13.251630800	00:00.319828000
06.08.2021	08:16:10.583357300	06.08.2021	08:16:10.893396100	00:00.310038800
06.08.2021	09:04:10.214360700	06.08.2021	09:04:10.544534100	00:00.330173400
10.08.2021	05:18:23.057959800	10.08.2021	05:18:23.367890600	00:00.309930800
10.08.2021	07:48:09.167658300	10.08.2021	07:48:09.487674500	00:00.320016200
10.08.2021	16:54:30.962519	10.08.2021	16:54:31.022538	00:00.060019000
10.08.2021	17:00:41.195713800	10.08.2021	17:00:41.265594	00:00.069880200
10.08.2021	17:00:42.325034200	10.08.2021	17:00:42.385018100	00:00.059983900

Sa dijagrama prikazanog na slici 3 se vidi da se u periodu monitoringa prelaze dozvoljene granice flikera u različitim vremenima monitoringa. Dozvoljena maksimalna vrednost flikera je manja ili jednaka 1.

Dijagram na slici 4 predstavlja merenje THD faktora napona, sa graničnom vrednošću od 8%. Sa dijagrama se može utvrditi da su merene vrednosti iznad dozvoljene granice u različitim vremenima monitoringa.



Slika 3 - Flikeri napona (flickermax≤1)



Slika 4 - THD napona (THDmax≤8%)

2.3.2 Merenje u intervalu od 11.8. do 19.8.2021.

Dijagram efektivne vrednosti merenog napona snimljenog u periodu od 11.8. do 19.8.2021. je prikazan na slici 5, dok je tabelarni prikaz dat u Tabeli III.

Tehnička služba KDS „Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad“ je tehničkoj službi upravljanja ODS dostavila tri dokumenta u excel formi, gde su prikazani rezultati izveštajnih funkcija upravljačkih jedinica u fabrici, sa zabeleženim poremećajima u procesu proizvodnje.

Dostavljena dokumenta su:

1. VCP11.xls - događaj od 15.7.2021.
2. VCP12.xls - događaji od 13.8.2021. i jedan od 18.8.

3. HML01.xls - događaji od 18.8.2021.

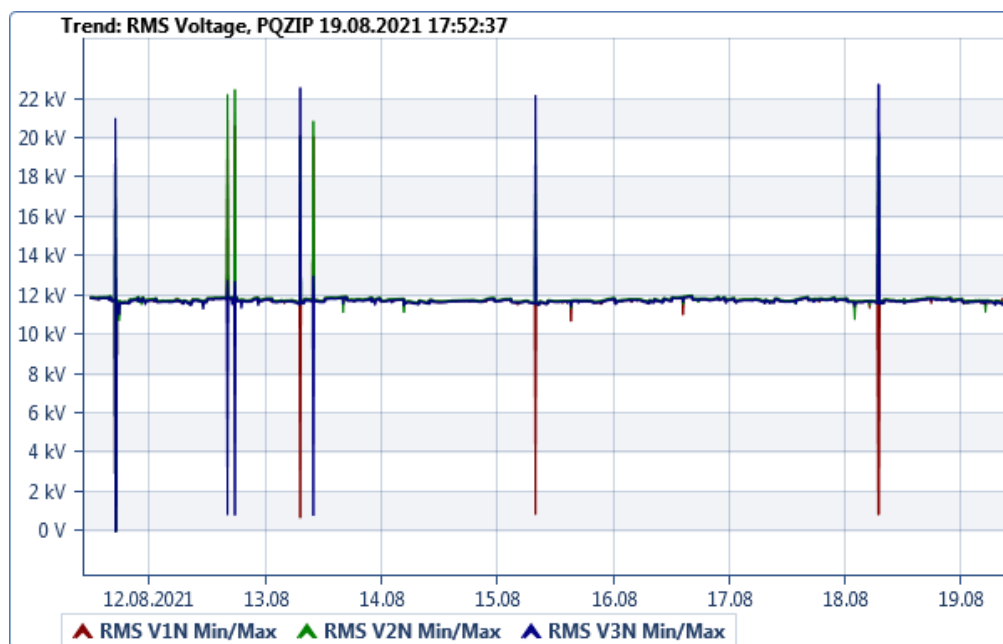
Uporedna analiza dostavljenih podataka KDS i podataka merenja analizatorom:

1. U dostavljenom dokumentu pod rednim brojem jedan VCP11.xls je dat podatak o događaju od 15.7.2021. u 23:45:47. gde je registrovan jedan događaj, gubitak faze (Phase 1 Loss). Navedeni datum je datum pre početka snimanja mrežnim analizatorom. Ne postoji snimljen dijagram napona sa mrežnog analizatora za navedeni datum. Snimanje je počelo 26.7. U SCADA sistemu ODS u mrežnoj topologiji hijerarhijski nadređenih objekata KDS-u nema zabeleženih događaja za navedeni datum i vreme. U SCADA

sistemu OPS (Operator prenosnog sistema) za hijerarhijski nadređene objekte ODS-u nema zabeleženih događaja za navedeni datum i vreme.

Poremećaj u proizvodnom procesu KDS od 15.7.2021. u 23:45:47 nije posledica događaja u DEES

niti poremećaja u kvalitetu isporučene energije od strane ODS. Poremećaja u kvalitetu isporučene električne energije od strane ODS nije bilo, za navedeni datum i vreme.



Slika 5 - Dijagram efektivne vrednosti snimljenog napona za drugi interval merenja

U dostavljenom dokumentu KDS-a pod rednim brojem dva, VCP12.xls, dati su podaci o događajima od 13.8.2021. podeljenih u više vremenskih intervala. U navedenom intervalima je registrovano ukupno 65 događaja, gubitak faze (Phase 1 Loss ili Phase 2 Loss ili Phase 3 Loss) u fabrici.

U istom dokumentu je jedan događaj od 18.8. u 04:00:32, gubitak faze (Phase 1 Loss). Dostavljeni događaji Phase 1 Loss od 13.08.2021. su podeljeni u više vremenskih intervala:

- od 07:19:26 do 07:53:51 AM ukupno 9 događaja
- od 01:05:59 do 01:06:42 PM ukupno 4 događaja
- od 02:41:54 do 02:48:38 PM ukupno 31 događaj
- od 4:36:26 do 6:31:43 PM ukupno 3 događaja
- u 9:11:41 PM 1 događaj
- od 12:04:30 do 12:53:38 PM ukupno 16 događaja

Od svih 65 događaja Phase x Loss (x=1,2 ili 3) registrovanih 13.8. u kojim su se desili poremećaji proizvodnog procesa kod KDS u fabrici, na dijagramu snimljenog napona za 13.8. zabeležena su samo tri poremećaja u mreži ODS.

Prvi se desio u 7:27:59.470 ms u trajanju od 39,8 ms, drugi u 7:27:59.540 ms u trajanju od 319,8 ms, treći se desio u 10:17:30.950 i trajao je 309,9 ms.

Prvi događaj u trajanju od 39,8 ms se neće razmatrati, obzirom na dužinu trajanja poremećaja.

Druga dva poremećaja su posledica delovanja zemljospojnog prekidača za kvarove na izvodu koji se napaja sa drugog energetskog transformatora u odnosu na izvor napajanja 20 kV izvoda „Zrenjaninski put“ na kome se nalazi fabrika, a koji se napaja sa ET broj 1.

U dostavljenom dokumentu iz fabrike, VCP12.xls, u intervalu a) postoje dva događaja u 07:27:52 Phase 1 Loss i 07:27:21 Phase 3 Loss koji su bliski vremenu snimljenog događaja poremećaja u mreži ODS u 7:27:59.540 ms. Ne može se sa sigurnošću tvrditi da je poremećaj u fabrici kod KDS prouzrokovao poremećajem u mreži ODS zabeleženim mrežnim analizatorom u 7:27:59.540.

Ako pretpostavimo da je poremećaj u mreži ODS od 7:27:59.540 prouzrokovao poremećaj kod KDS u 07:27:52, zaključili bismo da je od ukupno prijavljenih 65 događaja poremećaja proizvodnog procesa u fabrici 13.08. samo jedan mogao biti prouzrokovao događajem u mreži ODS, dok 64 događaja poremećaja proizvodnog procesa u fabrici KDS-a sigurno nisu posledica poremećaja u kvalitetu isporuke i isporučene električne energije ODS KDS-u, jer ih nema zabeleženih za period monitoringa mrežnim analizatorom.

Za sve preostale tehnički slične zabeležene događaje u mreži ODS, a njih je, pored razmatranog, bilo još šest u periodu monitoringa (tabela III) zaključeno je da nijedan poremećaj koji je bio posledica prolaznih zemljospojeva na 20 kV izvodima konzuma ET broj 1 ili ET broj 2 u TS 110/20/10 kV „Novi Sad 9“, nije uticao na poremećaj proizvodnog procesa u fabrici KDS.

Mrežnim analizatorom su 13.8. u 16:23 zabeležena dva događaja definisana kao RVC (*rapid voltage changes*) tj. brza promena efektivne vrednosti napona u trajanju oko 100 ms, a KDS nije imao problem u proizvodnji zbog ovih događaja.

Tabela III - Datum i trajanje poremećaja napona

Nam	Phase	Događaj u mreži ODS	Value	Value (% from re)	Start time	End time	Duration	Problem u proizvodnom procesu
Dip	V3N	radio ZP-eliminisaos ZS Kalište-ET2	833,3125	7,226563%	12.08.2021 16:24:31.623986	12.08.2021 16:24:31.944034	00:00.320048000	NE
Swell	V1N,V2N	radio ZP-eliminisaos ZS Kalište-ET2	21384	185,1563%	12.08.2021 16:24:31.633922100	12.08.2021 16:24:31.944034	00:00.310111900	NE
Dip	V3N	radio ZP-eliminisaos ZS Kovilj-ET1	807,25	7,03125%	12.08.2021 17:54:09.083165	12.08.2021 17:54:09.383227	00:00.300062000	NE
Swell	V1N,V2N	radio ZP-eliminisaos ZS Kovilj-ET1	21405	185,3516%	12.08.2021 17:54:09.073232100	12.08.2021 17:54:09.383227	00:00.309994900	NE
Dip	V1N	radio ZP- ZP + APU brzi Kalište-ET2	8172	70,80078%	13.08.2021 07:27:59.470624800	13.08.2021 07:27:59.510510100	00:00.039885300	DA
Swell	V2N,V3N	radio ZP- ZP + APU brzi Kalište-ET2	17594	152,3438%	13.08.2021 07:27:59.470624800	13.08.2021 07:27:59.510510100	00:00.039885300	DA
Swell	V2N,V3N	radio ZP- ZP + APU brzi Kalište-ET2	20941	181,3477%	13.08.2021 07:27:59.540526900	13.08.2021 07:27:59.850410100	00:00.309883200	DA
Dip	V1N	radio ZP- ZP + APU brzi Kalište-ET2	673,1563	5,859375%	13.08.2021 07:27:59.540526800	13.08.2021 07:27:59.860403700	00:00.319876900	DA
Dip	V3N	radio ZP-eliminisaos ZP Kalište-ET2	782,375	6,787109%	13.08.2021 10:17:30.913030400	13.08.2021 10:17:31.213005500	00:00.299975100	NE
Swell	V1N,V2N	radio ZP-eliminisaos ZP Kalište-ET2	21162	183,252%	13.08.2021 10:17:30.903104400	13.08.2021 10:17:31.213005600	00:00.309901200	NE
Dip	V1N	radio ZP-eliminisaos ZS Kovilj-ET1	920,1875	8,007813%	15.08.2021 08:10:37.623383700	15.08.2021 08:10:37.933534200	00:00.310150500	NE
Swell	V2N,V3N	radio ZP-eliminisaos ZS Kovilj-ET1	20934	181,25%	15.08.2021 08:10:37.613319100	15.08.2021 08:10:37.933534200	00:00.320215100	NE
Dip	V1N	radio ZP-eliminisaos ZP Kalište-ET2	839,0625	7,275391%	18.08.2021 07:10:45.626192800	18.08.2021 07:10:45.936341100	00:00.310148300	NE
Swell	V2N,V3N	radio ZP-eliminisaos ZP Kalište-ET2	20986	181,7383%	18.08.2021 07:10:45.616266700	18.08.2021 07:10:45.936341100	00:00.320074400	NE

U dostavljenom dokumentu KDS-a postoji i jedan događaj od 18.8. u 04:00:32, gubitak faze (Phase 1 Loss). Za dati događaj poremećaja kod KDS nema snimljenih poremećaja mrežnim analizatorom u toku monitoringa.

2. U dostavljenom dokumentu KDS-a pod rednim brojem tri, HML01.xls, dati su podaci o događajima od 18.8.2021. u 02:47:55 do 02:56:39. U navedenom intervalu je registrovano osam događaja, gubitak faze (Phase 1 Loss ili Phase 2 Loss).

U navedenom vremenskom intervalu na dijagramu napona snimljenog mrežnim analizatorom nije zabeležen nijedan poremećaj.

Poremećaj u proizvodnom procesu KDS od 18.8.2021. nije posledica poremećaja u kvalitetu isporučene energije od strane ODS.

Mrežnim analizatorom za navedeni datum i vreme nije registrovan nijedan poremećaj u kvalitetu isporučene električne energije.

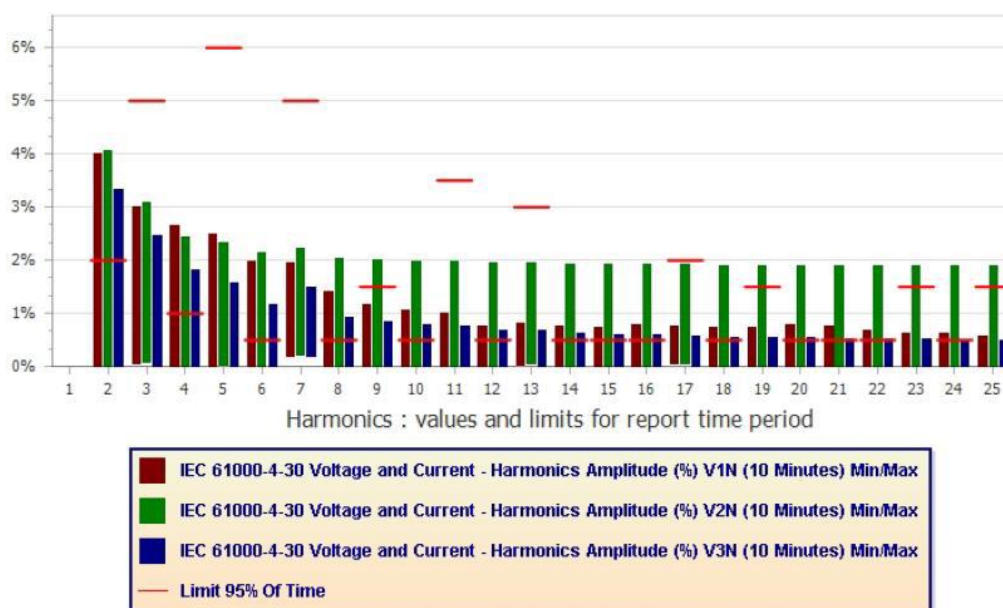
Za navedeni vremenski interval od 11.8. do 19.8.2021. KDS je dostavio podatke o ukupno 74 događaja u kojima su se desili problemi u proizvodnim procesima u fabrici.

Mrežnim analizatorom je u datom periodu monitoringa registrovano sedam poremećaja napona. Samo jedan poremećaj napona od strane ODS (13.08. u 7:27:59.540) je blizak vremenu događaja u kome se desio problem u proizvodnom procesu u fabrici (13.08. 07:27:52).

Za preostala 73 događaja u kome su se desili problemi u proizvodnom procesu u fabrici KDS, monitoring mrežnim analizatorom ne registruje nijedan poremećaj u kvalitetu isporučene električne energije KDS.

Poremećaji proizvodnog procesa u fabrici „Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad“ nisu posledica problema kvaliteta isporučene električne energije od strane ODS.

Na dijagramu na slici 6 vidi se da veliki broj harmonika različitog reda prelazi dozvoljene granice (prikazani u odeljku 2.2.1).



Slika 6 - Harmonici napona od 2. do 25. sa označenim dozvoljenim granicama za svaki harmonik

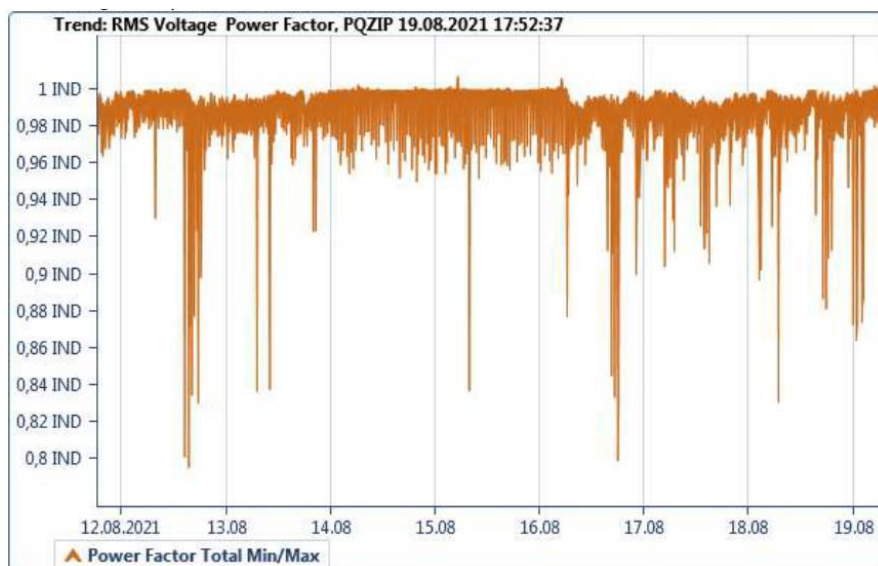
Merenjem je utvrđeno da se u periodu monitoringa prelaze dozvoljene granice flikera u različitim vremenima monitoringa. Dozvoljena maksimalna vrednost flikera je manja ili jednaka 1.

Zaključak za merenje THD faktora, sa graničnom vrednošću od 8% jeste da su merene vrednosti iznad dozvoljene granice u različitim vremenima monitoringa.

Dijagram na slici 7 predstavlja merenje faktora snage, $\cos\phi$. Sa dijagrama se uočava da je faktor snage $\cos\phi$ u

različitim vremenima monitoringa ispod granice definisane UPP.

Sa dijagrama merenja harmonika, flikera, THD i $\cos\phi$ se može zaključiti da postoji negativan uticaj rada pogona KDS na DEES. Potrebno je da KDS reguliše proizvodni proces tako da navedeni faktori kvaliteta električne energije ne prelaze unapred definisane i dozvoljene granice.

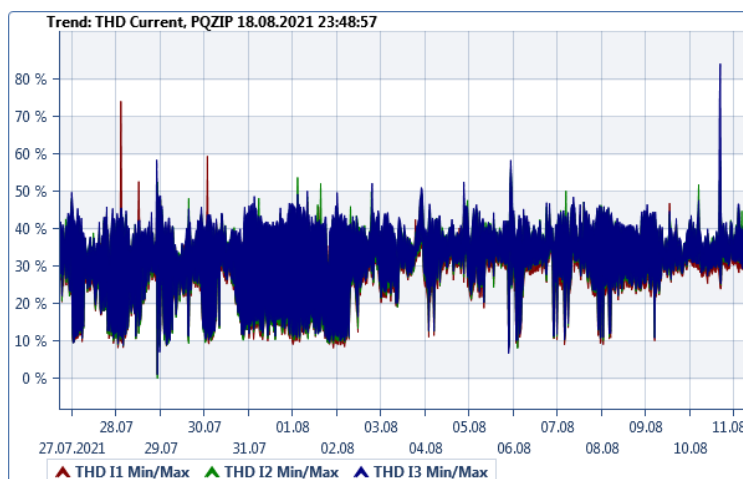


Slika 7 - Faktor snage $\cos\phi$

2.3.3 Merena distorzija struje. Autori su želeli da u okviru ovog rada daju i napomenu o rezultatima laboratorijskih merenja koja su vršena u svrhu utvrđivanja uticaja strujne distorzije na merenja indukcionih brojila, [8]. Naime, ispitivanjem opisanim u [8], ustanovljeno je da brojilo vrlo brzo izlazi iz klase tačnosti nakon što strujna distorzija pređe 50%. Greške merenja brojila se tada kreću od (3-5)%. Nažalost, u okviru usvojene zakonske regulative u oblasti elektroenergetike nije definisana granica dozvoljenog izobličenja talasnog oblika struje, THD struje. Autori su mišljenja da bi bilo dobro razmotriti uvođenje strujne distorzije KDS u zakonsku regulativu,

čime bi se upotpunilo regulisanje uticaja KDS na DEES. Potreba za tim se očituje i na ovom konkretnom primeru. Naime, dijagrami sa rezultatima merenja THD struje, pokazuju da je THD struje u prvom intervalu merenja u više mahova prelazi 50%, slika 8, dok je u drugom intervalu sve vreme merenja između 10% i 50%. Stoga je jasno da KDS „Fabrika čokolade“, sa ovakvim talasnim oblicima struje, svakako ima nepovoljan uticaj na mrežu DEES i da je upitna tačnost njegovog obračunskog merenja.

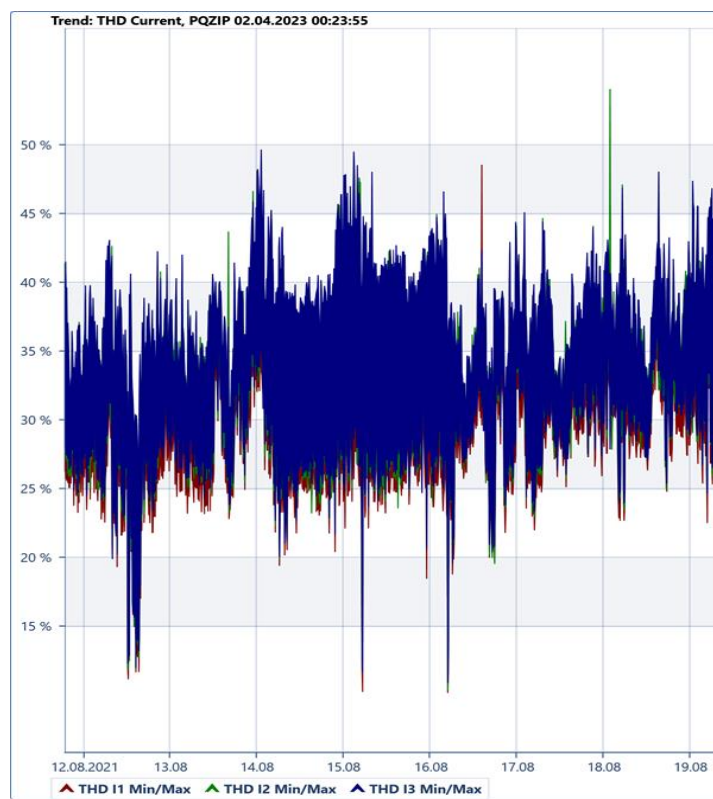
Na slici 8 dato je THD struje za interval prvog merenja 26.7.2021. – 11.8.2021.



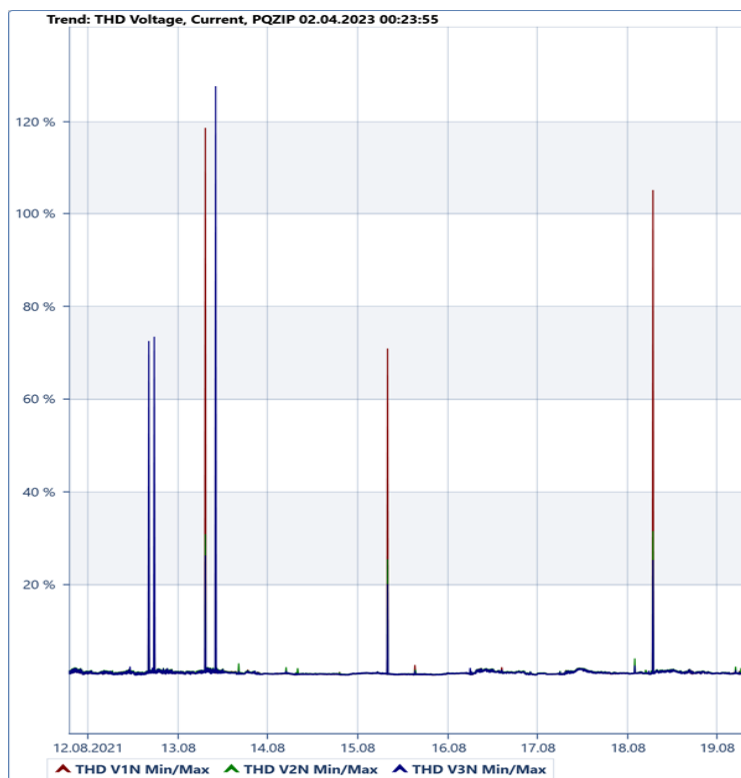
Slika 8 - THD struje – prvi interval merenja

Na slici 9 je prikazan THD struje za interval drugog merenja 11.8.2021.-19.8.2021.

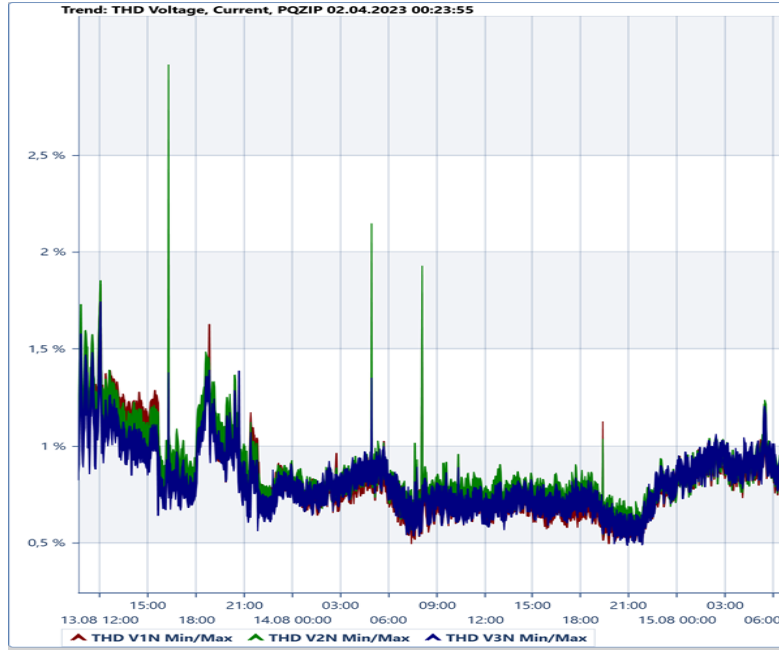
Na slici 10 je data THD napona gde se mogu uočiti niske vrednosti THD napona. Slika 11 predstavlja uvećani deo (zoom) slike 10 u intervalu od 13.08. u 10.00 č. do 15.08. u 07.00 č.



Slika 9 – THD struje – drugi interval merenja



Slika 10 - THD napona



Slika 11 - THD napona - zoom vremenskog intervala 13.08. 10.00 č. - 15.08. 07.00 č.
(dato je uvećanje vremenskog intervala slike 10 – od 12.08. do 19.08)

2.3.4 Faktor korekcije. Ako se pođe od osnovnih definicija distorzija napona i struja, uz određene usvojene pretpostavke, može se zaključiti da je opravdan faktor korekcije dat u poslednjem izrazu u [8], jer ako su harmonici struje i napona prisutni, tada se struje i naponi mogu izraziti na sledeći način:

$$v(t) = \sum_{k=1}^{\infty} U_k \sin(k\omega_0 t + \delta_k) , \quad (1)$$

$$i(t) = \sum_{k=1}^{\infty} I_k \sin(k\omega_0 t + \theta_k) . \quad (2)$$

Srednje kvadratne (efektivne) vrednosti (Root Mean Square) napona i struje su:

$$U_{rms} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \frac{U_k^2}{2}} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} U_{krms}^2} , \quad (3)$$

$$I_{rms} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} \frac{I_k^2}{2}} = \sqrt{\sum_{k=1}^{\infty} I_{krms}^2} . \quad (4)$$

Srednja snaga je data kao:

$$\begin{aligned} P_{avg} &= \sum_{k=1}^{\infty} U_{krms} I_{krms} \cos(\delta_k - \theta_k) \\ &= P_{1avg} + P_{2avg} + P_{3avg} + \dots , \end{aligned} \quad (5)$$

gde se vidi da svaki harmonik odstupa od vrednosti srednje snage u minusu ili plusu. Efekat harmonika se može videti i objasniti preko aktivne i reaktivne snage:

$$\begin{aligned} P &= \frac{1}{T} \int_0^T U(t) I(t) dt = \frac{U_{m1} I_{m1}}{2} \cos \theta_1 + \\ &+ \frac{U_{m2} I_{m2}}{2} \cos \theta_2 + \dots , \end{aligned} \quad (6)$$

$$Q = \frac{U_{m1} I_{m1}}{2} \sin \theta_1 . \quad (7)$$

Totalna harmonijska distorzija napona je:

$$THD_U = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_{krms}^2}}{V_{1rms}} 100\% = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} V_k^2}}{V_1} 100\% . \quad (8)$$

Totalna harmonijska distorzija struje je:

$$THD_I = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_{krms}^2}}{I_{1rms}} 100\% = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} I_k^2}}{I_1} 100\% . \quad (9)$$

Efektivne vrednosti napona i struje su:

$$U_{rms} = U_{1rms} \sqrt{1 + \left(\frac{THD_U}{100}\right)^2} , \quad (10)$$

$$I_{rms} = I_{1rms} \sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100}\right)^2} . \quad (11)$$

Faktor snage je:

$$pf_{true} = \frac{P_{1avg}}{U_{1rms} I_{1rms} \sqrt{1 + \left(\frac{THD_U}{100}\right)^2} \sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100}\right)^2}} , \quad (12)$$

uz uslove:

$$P_{avg} \approx P_{1avg} , \quad (13)$$

$$THD_U \leq 10\% , \quad (14)$$

$$U_{rms} = U_{1rms} . \quad (15)$$

Faktor snage u nelinearnim režimima je:

$$pf_{true} = \frac{P_{1avg}}{U_{1rms} I_{1rms}} \cdot \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD_U}{100}\right)^2}} = pf_{disp} \cdot pf_{dist} , \quad (16)$$

$$pf_{true} \leq pf_{dist} = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{THD_I}{100}\right)^2}} . \quad (17)$$

U (1) do (17), upotrebljene oznake imaju sledeća značenja:

pf_{true} – faktor snage u nesinusnom okruženju

pf_{dist} – distorzioni faktor snage

pf_{disp} – faktor snage pomeranja
(displacement power factor)

Izraz (17) je faktor korekcije koji se može koristiti u sistemima obračuna, gde se kod ovog KDS može uočiti izraziti porast THD struje i samim tim opravdan zahtev za penalizaciju.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu merenja parametara kvaliteta električne energije i reklamacije KDS na određene parametre kvaliteta može se zaključiti da je na mestu predaje električne energije (20 kV obračunsko merno mesto) efektivna vrednost napona u okvirima tehničkih propisa definisanim kroz obavezujuću regulativu u oblasti elektroenergetike;

Na osnovu analize rezultata merenja i učenih događaja zaključeno je da KDS u svom pogonu treba da sagleda karakteristike tehnoloških procesa, tehničke osobine pogona i električne instalacije, kako bi se postigla veća pouzdanost i stabilnost procesa, na šta ukazuju i važeći propisi definisani kroz obavezujuću regulativu u oblasti elektroenergetike i uslovi definisani u UPP;

Vrednosti merenja faktora snage (ispod 0,95) ukazuju na neophodnost revizije kompenzacije, odnosno dovođenje faktora snage KDS do naznačene vrednosti (definisano u izdatim uslovima UPP).

U okviru zakonske regulative razmotriti uvođenje $THDI_{max}$ za KDS.

LITERATURA

- [1] V.Katić, A.Tokić, T. Konjić Kvalitet električne energije, EU TEMPUS PROJECT CD JEP-18126-2003, Novi Sad, jun 2007. ;
- [2] Pravila o radu Distributivnog sistema, „EPS Distribucija Beograd“ d.o.o Beograd, jul 2017, strane 12 i 13;
- [3] Zakon o energetici, „Službeni glasnik RS“, br. 145/2014, Član 135, stav 1;
- [4] Zakon o energetici „Službeni glasnik RS“, br. 145/2014, Član 136.
- [5] SRPS EN 50160:2012, 4.2.5. str. 15, Institut za standardizaciju Republike Srbije (2012)
- [6] Uredba o uslovima isporuke i snabdevanja električnom energijom „Službeni glasnik RS“, br. 63/2013 i 91/2018.
- [7] Pravilnik o tehničkim normativima za električne instalacije niskog napona, Službeni list SFRJ br. 53/88, 54/88, 28/95
- [8] R.Milankov, M. Radić, Active energy measuring and harmonics, ICHQP, 16th International conference on harmonics and quality of power, Bucharest, Romania, 25. – 28. May, 2014

BIOGRAFIJE



Milica Porobić - Fakultet tehničkih nauka u Novom Sadu završila februara 2001. godine, smer elektroenergetika. Radni odnos u tadašnjoj „Elektrovojvodini“, započinje 2005. godine u Sektoru upravljanja. 2010. godine je angažovana na projektu „Smart City“, automatizacija sredjenaponske mreže, za isti sistem je i dalje odgovorna. Autor je i koautor više radova na temu upravljanja distributivnim sistemom. Član STK 3, CIRED Srbija. Udata, majka troje dece.



Radislav Milankov - 1959 god. Aleksandrovo, Osnovna škola „Đura Jakšić“ Srpska Crnja, Gimnazija prirodno-matematičkog smera Srpska Crnja, Elektrotehnički fakultet Beograd, Elektrodistribucija Beograd, Ogranak Zrenjanin Pogon Kikinda, Šef Službe Upravljanja.

Autor nekoliko nagrađivanih radova na domaćim savetovanjima CIGRE i CIRED, rad na Savetovanju CIRED Stockholm 2013, rad na Savetovanju ICHQP Bucharest 2014, član STK2, SCADA sistemi, relejna zaštita, kvalitet električne energije. Oženjen, otac jedne ćerke.



Dragan Cvetinovic - Fakultet tehničkih nauka - elektrotehnički odsek, smer energetika upisao 1977. godine, a diplomirao 1983. godine. Zaposlio se 1985. godine u JP „Elektrovojvodina“, „Elektrodistribucija“ Novi Sad u Sektoru za eksploataciju u kojem je radio u Službi održavanja TS 110(35)/x kV, a nakon toga u Sektoru za eksploataciju Uprave preduzeća i naposljetku u Sektoru za upravljanje „Elektrodistribucije Novi Sad“. U nekoliko mandata je bio član STK grupe za eksploataciju u okviru CIRED Srbija, za koji je pisao nekoliko radova. Takođe, predstavljao je svoju kompaniju sa radovima na simpozijumu DA/DSM u Berlinu 2000. godine i na ogranku IEE u Brazilu 2002. godine. Penzionisan je 2023. godine.



Ratko Rogan – Nakon završene Gimnazije u Zrenjaninu - smer prirodno-matematički, diplomirao na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu, smer elektroenergetika. U Elektrodistribuciji Srbije obavljao više značajnih funkcija: Koordinator, Direktor sektora opštih poslova, trenutno zaposlen kao Direktor sektora upravljanja- Glavni dispečerski centar pri Direkciji za upravljanje DEES. Član STK6 u okviru CIRED Srbija za koji je kao autor i koautor pisao više radova. Takođe i član skupštine CIRED. Oženjen, otac troje dece.

Milica Porobić¹, Radislav Milankov², Dragan Cvetinov³, Ratko Rogan⁴

Analysis of Delivered Power to the Customer "Barry-Callebaut - Chocolate Factory Novi Sad"

¹ DSO Elektro distribucija Srbije“ d.o.o. Belgrade, DEPS Control Department, Serbia² DSO Elektro distribucija Srbije“ d.o.o. Belgrade, ED Zrenjanin Branch, Srbija*³ DSO Elektro distribucija Srbije“ d.o.o. Belgrade, ED Novi Sad Branch, Srbija⁴ DSO Elektro distribucija Srbije“ d.o.o. Belgrade, NDDC, Srbija

Category of article: Professional paper

Highlights

- Reasons of complaints of end-users of the distribution system
- Measurement of the desired parameters of the quality of electricity
- Analysis of measured values and consideration of the causes of events
- Mutual influences between the end-user and the distribution power system

Abstract

The Distribution System Operator "Elektro distribucija Srbije" (DSO), when issuing Design and Connection Conditions (DCC) to the users of the distribution system (UDS) under paragraph 4 of those Conditions, clearly defines the basic technical data on the distribution electric power system (DEPS) at the user's connection point. With this data, industrial UDS receives information about the technical characteristics of the settings in DEPS according to which it adjusts its production processes. Otherwise, the production process will be sensitive to the delivery of electricity of technical characteristics defined through DCC.

In the operational management of DEPS, UDS complaints about the quality of delivered electricity occur. Professional services of DSO, after filing a complaint, install an electricity quality analyzer of high technical performance, at the point of connection to UDS. The goal is to obtain a technically high-quality analysis that will determine the causes of the production process stoppage problem at UDS.

This paper aims to present an example from practice in the distribution area "DA Novi Sad" in the area of the branch "Elektro distribucija Novi Sad", where UDS "Barry-Callebaut-chocolate factory Novi Sad" filed a complaint about the quality of electricity. The results of the monitoring of the delivered electricity are presented in this paper.

Keywords

Power quality, Customer's complaint, Measurement analysis

Note:

This article represents an expanded, improved and additionally peer-reviewed version of the paper "Analysis of Delivered Power to Customer Barry-Callebaut - Chocolate Factory Novi Sad", awarded by Expert Committee EC-2 Power Quality in Power Distribution Systems at the 13th CIRED Serbia Conference, Kopaonik, September 12-16, 2022

Received: April 6th, 2023Reviewed: July 3rd, 2023Modified: July 10th, 2023Accepted: July 28th, 2023

*Corresponding author: Radislav Milankov

E - mail: Radislav.Milankov@ods.rs