



Милица Поробић¹, Радислав Миланков², Драган Цветинов³, Ратко Роган⁴

Анализа испоручене електричне енергије кориснику „Barry-Callebaut-Chocolate Factory Нови Сад“

¹ ОДС „Електродистрибуција Србије“ д.о.о. Београд, Дирекција за управљање ДЕЕС, Србија

² ОДС „Електродистрибуција Србије“ д.о.о. Београд, Огранак ЕД Зрењанин, Србија*

³ ОДС „Електродистрибуција Србије“ д.о.о. Београд, Огранак „ЕД Нови Сад“, Србија

⁴ ОДС „Електродистрибуција Србије“ д.о.о. Београд, НДЦ, Србија

<https://doi.org/10.18485/epij.2023.1.1.5>

Категорија рада: Стручни рад

Кључне поруке

- Разлози подношења рекламација корисника дистрибутивног система
- Предузимања мерења жељених параметара квалитета електричне енергије
- Анализа измерених вредности и сагледавање узрока догађаја
- Међусобни утицаји корисник – дистрибутивни електроенергетски систем

Кратак садржај

Оператор Дистрибутивног Система „Електродистрибуција Србије“ (ОДС), приликом издавања Услови за пројектовање и прикључење (УПП) корисницима дистрибутивног система (КДС) под ставком 4. тих Услови јасно дефинише Основне техничке податке о дистрибутивном електроенергетском систему (ДЕЕС) на месту прикључења. Овим подацима индустријски КДС добија информације о техничким карактеристикама подешавања у ДЕЕС којима прилагођава своје производне процесе. У противном, производни процес ће бити осетљив на испоруку електричне енергије техничких карактеристика дефинисаних кроз УПП.

У оперативном управљању ДЕЕС дешавају се рекламације КДС на квалитет испоручене електричне енергије. Стручне службе ОДС након уложене рекламације постављају анализатор квалитета електричне енергије високих техничких перформанси, на месту прикључења КДС. Циљ је добити технички квалитетну анализу којом ће се утврдити узроци проблема застоја производног процеса код КДС.

Овај рад има за циљ да представи један пример из праксе на дистрибутивном подручју „ДП Нови Сад“ на подручју огранка „Електродистрибуција Нови Сад“, где је КДС „Barry-Callebaut-Chocolate Factory Нови Сад“ уложио рекламацију на квалитет електричне енергије. Резултати мониторинга испоручене електричне енергије су представљени у овом раду.

Кључне речи

Квалитет електричне енергије, рекламација КДС, анализа мерења

Примљено: 6. април 2023. Рецензирано: 3. јул 2023.

Измењено: 10. јул 2023. Одобрено: 28. јул 2023.

*Кореспондирајући аутор: Радислав Миланков

Имејл: Radislav.Milankov@ods.rs

Напомена:

Чланак представља проширену, унапређену и додатно рецензирану верзију рада „Анализа испоручене електричне енергије КДС Barry-Callebaut - Chocolate Factory Нови Сад“, награђеног у Стручној комисији СТК-2 Квалитет електричне енергије у електродистрибутивним системима, на 13. Саветовању ЦИРЕД Србија, Копаоник, 12-16. септембра 2022.

1. УВОД

Појам квалитета електричне енергије се намеће као незаобилазна ставка када су у питању оцене вредности испоручене робе како се тржиште понаша и отвара. Један аспект је дат у раду као интервенција на рекламацију, док је то само једнострани поглед, може се наслутити огромно поље испитивања када је у питању утицај рада корисника на ДЕЕС и друге кориснике. Посебно је занимљива проблематика мерења електричне енергије у несинусном окружењу и могућој корекцији обрачунских параметара при одређеним условима, нарочито фактора снаге. Тачност мерења при овим условима изискује промену законских и подзаконских аката како би се сачинила корективна формула.

Огранак „Електродистрибуција Нови Сад“ је један од седам Огранака на конзуму Дистрибутивног подручја (ДП) Нови Сад Оператора дистрибутивног система (ОДС) електричне енергије, „Електродистрибуција Србије“.

„Barry-Callebaut-chocolate factory Нови Сад“ је корисник дистрибутивног система (КДС) на конзуму Огранка „ЕД Нови Сад“ који се напаја из дистрибутивне трансформаторске станице ТС 20/0,4 kV „Фабрика чоколаде“, која се налази у дистрибутивној мрежи којом управља Огранак „ЕД Нови Сад“. Компанија „Barry-Callebaut-chocolate factory Нови Сад“ је од стране Републике Србије препозната као значајан инвеститор у области економског развоја државе, што свакако уноси додатну обавезу ОДС о брзи за квалитет испоруке и испоручене електричне енергије овом КДС. Потреба за анализом испоруке и испоручене електричне енергије КДС „Barry-Callebaut-chocolate factory Нови Сад“ је настала због жалбе овог КДС ОДС-у на честе застоје у производном процесу фабрике. Прекиди у производном процесу фабрике су по мишљењу КДС проузроковани лошим квалитетом електричне енергије ОДС. У оквиру сектора за управљање ДЕЕС Огранка „ЕД Нови Сад“ формиран је тим задужен за постављање уређаја за праћење квалитета испоруке и испоручене електричне енергије, као и за анализу података.

У овом раду су, у оквиру три целине, представљене карактеристике ДЕЕС, анализа проблема у вези са жалбом КДС на квалитет електричне енергије, као и закључци анализе.

2. КВАЛИТЕТ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ: ДЕФИНИЦИЈЕ И РЕЗУЛТАТИ

Један од најважнијих корака у праћењу поузданости рада система је мониторинг карактеристика електроенергетског система.

Мониторинг може помоћи при одређивању узрока поремећаја, па чак и при идентификацији стања у систему, која су била пре него што су изазвала прекид или поремећај.

Мониторинг квалитета електричне енергије (снаге) представља процес прикупљања, анализе и интерпретације мерених података у сврху извлачења корисних информација.

Да би се побољшао квалитет или посебно заштитили осетљиви потрошачи, електродистрибуције предузимају велики број мера за стабилизацију рада електроенергетског система и обезбеђења квалитетне испоруке. Инвестирају се значајна средства у опсежне пројекте истраживања параметара квалитета, доносе се техничке регулативе за лимитирање нивоа хармоника и фликера, уводе се строжије норме за прикључење нелинеарних потрошача, а у последње време се развијају специјалне методе и уређаји за испоруку електричне енергије гарантованог квалитета [1].

2.1 Карактеристике конзума ДЕЕС на који је прикључен КДС

ТС 20/0,4 kV „Фабрика чоколаде“ се у ДЕЕС налази на конзуму ТС 110/20/10 kV „Нови Сад 9“, ЕТ 110/20/10 kV број 1, на 20 kV изводу Зрењанински пут. ТС 110/20/10 kV „Нови Сад 9“ се напаја са два 110 kV далеководна ДВ број 176/1 са ТС 400/220/110 kV „Нови Сад 3“ и ДВ број 176/2 са „Термоелектране Топлане Нови Сад“ („ТЕ-ТО“). 110 kV постројење се састоји од два далеководна поља и два енергетска трансформатора 110/20/10 kV инсталисане снаге 63 MVA. ТС 110/20/10 kV „Нови Сад 9“ снабдева електричном енергијом 9993 корисника. Дистрибутивна мрежа оба ЕТ 110/20/10 kV износи 77,465 km кабловске мреже и 55,617 km надземне мреже. На конзуму ове напојне ТС се налазе КДС који по интерним Упутствима и Процедурама ОДС имају статус „значајан корисник ДЕЕС“. Поред „Barry-Callebaut-chocolate factory Нови Сад“ исти статус имају и компаније „Lear“ и „СТР Gama Continental“, „Нафтовод“, „Рафинерија“ и други.

ТС 110/20/10 kV „Нови Сад 9“ је у систему даљинског надзора, контроле и управљања (SCADA), што даје могућност праћења рада расклопне опреме и јединственог система заштите, надзора, контроле и управљања у нормалним погонским условима као и у режиму квара. Звездишта енергетских трансформатора су уземљена преко заједничког отпорника од 40 Ω у неутралној тачки, чиме се струје земљоспојева ограничавају на 300 А. За отклањање пролазних кварова у средњенапонској мрежи користи се комбинација технике земљоспојног прекидача (ЗП) и аутоматике поновног укључења извода (АПУ).

Аутоматика ЗП треба да детектује у којој фази је квар а потом да да налог за укључење ЗП у фази погођеној кваром, тј. да уземљи фазу сабирница 20 kV која је погођена кваром. За време док је прекидач укључен, фазни напони здравих фаза порасту до вредности међуфазних напона, фазни напон фазе у квару је нула, а међуфазни напони остају практично непромењени. Како је спрега дистрибутивних трансформатора Дуп или Y_{zn} и пошто се међуфазни напони не мењају, потрошачи на ниском напонском нивоу неће имати прекиде у напајању. Ако је квар био пролазан, после искључења ЗП наставља се редован погон ДЕЕС. Уколико квар не прође након искључења пола ЗП, реаговаће заштита извода и АПУ извода (брзи/спори АПУ). Уколико квар буде елиминисан радом АПУ (брзи/спори) наставља се редован погон ДЕЕС. Ако квар није био пролазан, и уколико је квар дефинитиван, земљоспојна заштита 20 kV извода ће искључити изводни прекидач (дефинитивно искључење извода).

КДС-у се приликом издавања Услова за пројектовање и прикључење (УПП) дају и основни технички подаци о ДЕЕС на месту прикључења КДС. Кроз став 4 Услова су дефинисани параметри заштитних уређаја у мрежи ДЕЕС (времена и вредности) на које производни процес КДС не сме бити осетљив.

Конкретно, став 4 УПП за наведеног КДС је:

„4. Основни технички подаци о ДЕЕС на месту прикључења Ниво поузданости: 2. ниво Субтранзијентна („ S_k “) снага трополног кратког споја на сабирницама 20 kV и TS110/20 kV/kV износи 500 MVA, време трајања кратког споја $t=0,2$ s. Вредност струје једнофазног земљоспоја у уземљеним мрежама 20 kV напона је ограничена на вредност 300 А. За елиминисање пролазног земљоспоја примењује се:

- једнополни земљоспојни прекидач са брзином деловања мањом од 0,2 s,
- земљоспојна заштита на изводном прекидачу са временом трајања до 0,5 s,
- на изводима 20 kV у ТС 110/20 kV/kV се примењује аутоматско поновно укључење (АПУ) са два покушаја. У првом покушају се врши брзо АПУ са безнапонском паузом (трајање) 0,3 s. Ако је квар и даље присутан, врши се други покушај укључења после безнапонске паузе (трајање) до 3 мин (споро АПУ). Уколико је и надаље присутан квар, заштита извршава трајно искључење 20 kV извода, након чега се приступа локализацији квара и његовом отклањању.

Уколико рад уређаја странке проузрокује смањење квалитета електричне енергије другим корисницима, под условом да прекорачује емисионе нивое дозвољене Правилима о раду дистрибутивног система „ЕПС

Дистрибуција“ д.о.о. Београд, може странки да обустави испоруку електричне енергије све док се не отклоне узроци сметњи.“

Исте ставке дефинисане су и у оквиру Правила о раду дистрибутивног система, [2], ОДС, део 2 Квалитет електричне енергије, Одељак Непрекидност испоруке, ставке 2.3.4 и 2.3.5, које кажу:

- Напонске сметње узроковане операцијама расклопних апарата, дејством уређаја релејне заштите и искључењем оптерећења у поремећеном погону чије се дејство није могло предвидети ни избећи не сматрају се прекидима у испоруци електричне енергије.
- На кориснику ДЕЕС је одговорност да угради додатну опрему у свој објекат у циљу заштите технолошког процеса за случај појаве поремећаја у дистрибутивној мрежи. Ова опрема не сме бити активирана од прелазних процеса.

Свакако кроз документ УПП, КДС прихвата да се његов погон пројектује тако да рад заштитних уређаја у ДЕЕС не ремети производни процес у постројењу КДС.

2.2 Квалитет електричне енергије - обавеза ОДС

Одговорности и дужности Оператора дистрибутивног система електричне енергије дефинисане су и чланом 135. Закона о енергетици, став 1 у коме се наводи да је Оператор дистрибутивног система електричне енергије одговоран за сигуран, поуздан и безбедан рад дистрибутивног система и квалитет испоруке електричне енергије, [3].

У складу са чланом 136. Закона о енергетици, [4], Оператор дистрибутивног система је донео Правила о раду дистрибутивног електроенергетског система (ДЕЕС), [2]. Овим правилима уређују се међусобни односи ОДС, корисника и снабдевача. У делу 2 наведеног правила дефинише се Квалитет електричне енергије, [2].

ОДС је одговоран за квалитет електричне енергије, а који обухвата:

- квалитет испоручене електричне енергије и
- квалитет испоруке електричне енергије.

Квалитет испоручене електричне енергије оцењује се на основу квалитета напона и квалитета фреквенције. Квалитет испоруке електричне енергије оцењује се на основу трајања и учесталости прекида у испоруци електричне енергије.

Поузданост испоруке електричне енергије прати се преко следећих показатеља поузданости: просечно трајање прекида испоруке у минутима по месту предаје електричне енергије, SAIDI, просечна учесталост прекида испоруке по месту предаје електричне енергије, SAIFI, и просечно трајање прекида испоруке, CAIDI.

Правилима о Раду ДЕЕС се утврђују параметри и начин контроле квалитета електричне енергије.

Квалитет електричне енергије се процењује у односу на нормалне погонске услове. Мерење параметара квалитета електричне енергије врши се на месту преузимања уколико постоје техничке могућности или на технички погодном месту за обављање мерења, а по потреби и у објектима корисника ради утврђивања чињеничног стања.

2.2.1 Квалитет напона. Квалитет напона на месту прикључења објекта корисника и произвођача, односно повезивања ДЕЕС са преносним системом, другим ДЕЕС и затвореним ДЕЕС, утврђује се мерењем и праћењем параметара:

- величине (амплитуде U_{eff}),
- таласног облика (THD),
- флукуације (фликери) и
- симетричности фазног напона

Величина (амплитуда) напона утврђује се мерењем. При нормалним погонским условима током седам дана у било којем периоду године, 95% десетоминутних средњих ефективних вредности напона напајања мора бити у опсегу дефинисаном у

акту којим се уређује испорука електричне енергије и то $\pm 10\%$.

Таласни облик напона утврђује се мерењем. При нормалним погонским условима током седам дана у било којем периоду године, 95% десетоминутних средњих ефективних вредности напона за сваки појединачни хармоник напона не сме да пређе вредност дату у табели I. Фактор укупног хармонијског изобличења напона напајања, THD, не сме да пређе 8%.

Флукуација напона која се испољава појавом фликера утврђује се мерењем. При нормалним погонским условима, током седам дана у било којем периоду године, дуготрајни фликер фактор који је изазван флукуацијом напона мора да буде мањи или једнак 1,0 током 95% времена.

Симетричност фазног напона се утврђује мерењем. При нормалним погонским условима током седам дана у било којем периоду године, 95% десетоминутних средњих ефективних вредности инверзне компоненте напона напајања мора бити у опсегу од 0% до 2% директне компоненте основног напона напајања.

Табела I - Хармоници напона – дозвољене вредности, извор:[5]

Непарни хармоници				Парни хармоници	
Нису умношци броја 3		Умношци броја 3			
Ред хармон.	Релативна амплитуда U_h	Ред хармон.	Релативна амплитуда U_h	Ред хармоника	Релативна амплитуда 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%				

Фактор снаге се утврђује мерењем. Под нормалним погонским условима током седам дана у било којем периоду године вредност фактора снаге у дистрибутивној мрежи треба да буде у опсегу од 0,95 до 1,0.

2.2.2 Непрекидност испоруке. Прекид у испоруци електричне енергије се може класификовати као:

- 1) планирани прекид који је претходно договорен и када су корисници ДЕЕС благовремено обавештени;
- 2) непланирани прекид настао услед трајних или пролазних кварова.

Непланирани прекид настаје услед догађаја који нису могли бити предвиђени у ДЕЕС. Непланирани прекид престаје успостављањем нормалних погонских услова.

2.3 Анализа мерења ОДС и података КДС

На основу жалбе КДС на квалитет испоручене електричне енергије којом су поремећени пословни и производни процеси у фабрици, ОДС поставља уређај за мерење квалитета испоручене електричне енергије и то у два маха.

Мерења и анализа су рађени у складу са обавезујућом регулативом у области електроенергетике:

- Закон о енергетици, [3,4];
- Уредба о условима испоруке електричне енергије, [6];
- Правила о раду ДЕЕС, [2], Поглавље 2;
- Правилник о техничким нормативима за електричне инсталације ниског напона, [7], Службени лист СФРЈ бр. 53/88, 54/88, 28/95, Поглавље 5, од члана 163. до члана 167.

Мерења су обављена мрежним анализатором произвођача ELSPEC тип BlackBox G4500 class A, директним прикључењем на месту примопредаје електричне енергије. Мерења су извршена у два временска интервала. Мрежни анализатор је прикључен на месту примопредаје електричне енергије (слика 1) КДС, односно на редне стезаљке мерног уређаја (бројила електричне енергије). Бројило

електричне енергије је прикључено на секундаре мерних трансформатора у 20 kV мерној ћелији, односно мерење је индиректно у ТС 20/0,4 kV „Фабрика чоколаде“. Сам прикључак мрежног анализатора је изведен преко петоамперских струјних клешта, а напон од 100 V, 50 Hz се доводи директно на улаз мрежног анализатора.



Слика 1 – Мрежни анализатор на месту мерења

Мерења су извршена у два временска интервала

- 1) од 26.7.2021. до 11.8.2021. и
- 2) од 11.8.2021 до 19.8.2021.

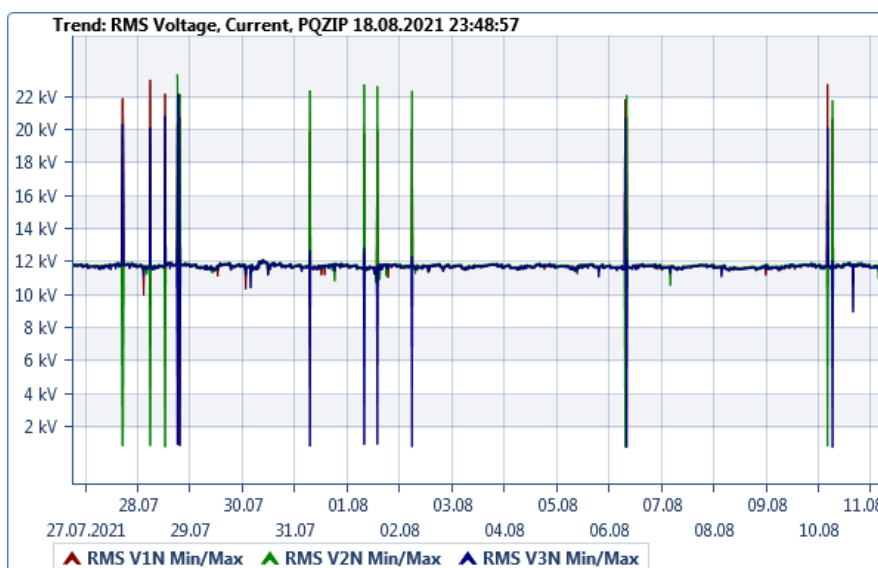
2.3.1 Мерење у интервалу од 26.7. до 11.8.2021.

Дијаграм ефективне вредности снимљеног напона у периоду од 26.7. до 11.8.2021. је приказан на слици 2.

Забележени поремећаји напона (почетак, крај) и њихово трајање у интервалу од 26.7. до 11.8.2021. приказани су у табели II.

У интервалу од 26.7. до 11.8.2021. забележено је 20 поремећаја напона. Најдуже трајање поремећаја напона је износило 409,97 ms. У наведеном интервалу КДС „Barry-Callebaut-chocolate factory Нови Сад“, ТС „Фабрика чоколаде“ није имала поремећаје у производном процесу у фабрици.

Као закључак за мерење у интервалу од 26.7. до 11.8.2021. може се рећи да су поремећаји напона забележени у наведеном временском интервалу били последица пролазних земљоспојева на конзумима ЕТ број 1 или ЕТ број 2 у ТС 110/20/10 kV „Нови Сад 9“.



Слика 2 - Дијаграм ефективне вредности напона за први интервал мерења

Табела II - Датум и трајање поремећаја напона

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

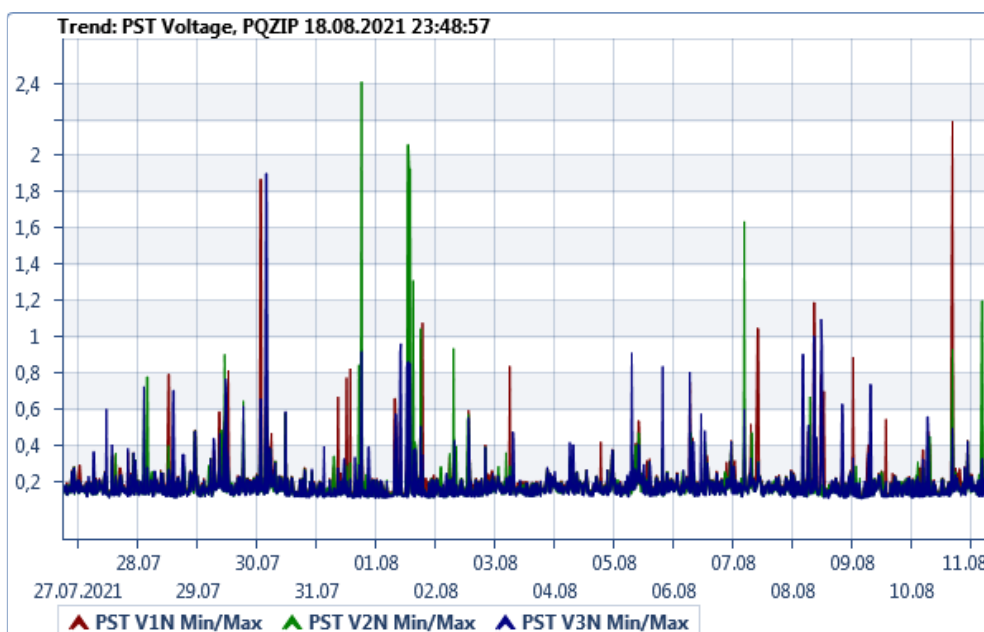
Ниједан од регистрованих догађаја, који су последица рада заштитних уређаја због пролазних кварова у мрежи ОДС нису пореметили производни процес у фабрици КДС „Barry-Callebaut-chocolate factory Нови Сад“.

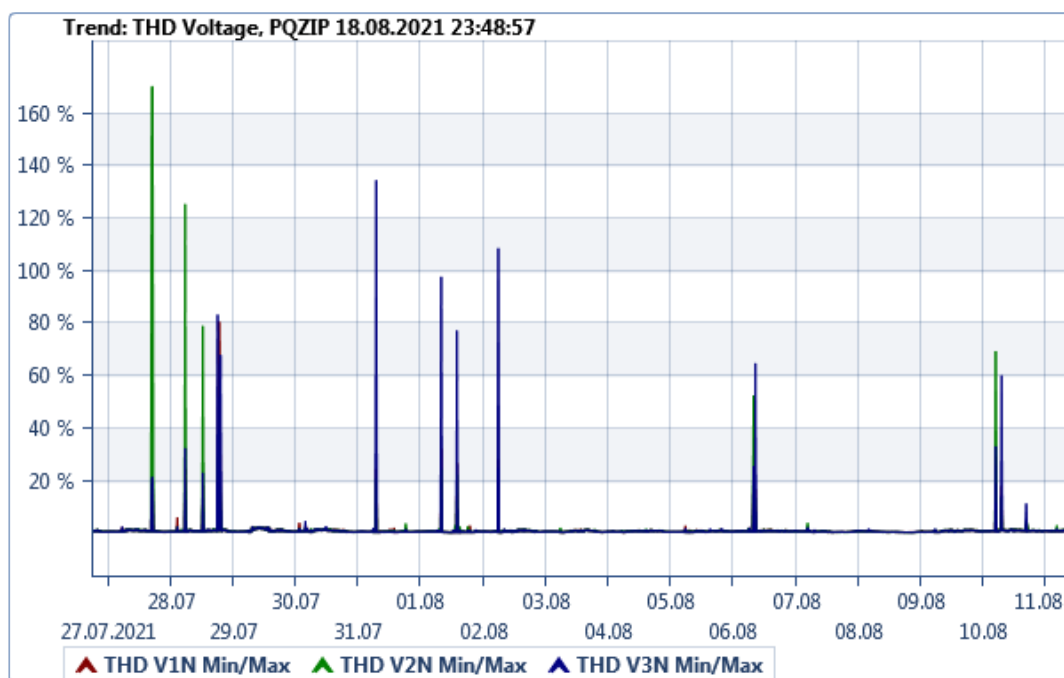
Из анализе мерења је утврђено да ниједан ред хармоника не прелази дозвољене границе.

Са дијаграма приказаног на слици 3 се види да се у периоду мониторинга прелази дозвољене границе фликера у различитим временима мониторинга.

Дозвољена максимална вредност фликера је мања или једнака 1.

Дијаграм на слици 4 представља мерење THD фактора напона, са граничном вредношћу од 8%. Са дијаграма се може утврдити да су мерене вредности изнад дозвољене границе у различитим временима мониторинга.

Слика 3 - Фликери напона ($flicker_{max} \leq 1$)

Слика 4 - THD напона ($\text{THD}_{\max} \leq 8\%$)

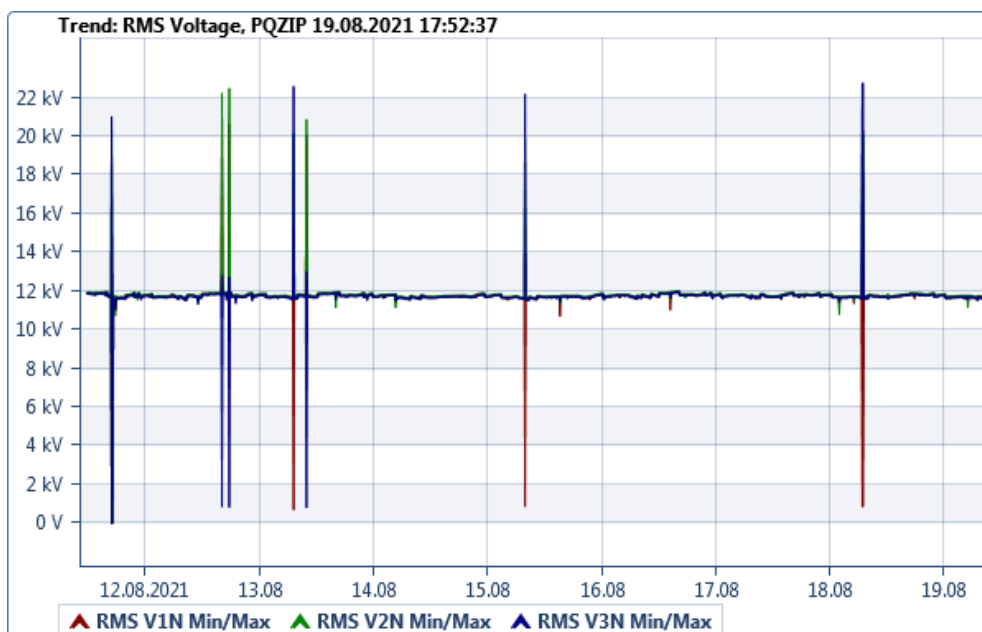
2.3.2 Мерење у интервалу од 11.8. до 19.8.2021.

Дијаграм ефективне вредности мереног напона снимљеног у периоду од 11.8. до 19.8.2021. је приказан на слици 5, док је табеларни приказ дат у Табели III.

Техничка служба КДС „Barry-Callebaut-chocolate factory Нови Сад“ је техничкој служби управљања ОДС доставила три документа у excel форми, где су приказани резултати извештајних функција

управљачких јединица у фабрици, са забележеним поремећајима у процесу производње. Достављена документа су:

1. VCP11.xls - догађај од 15.7.2021.
2. VCP12.xls - догађаји од 13.8.2021. и један од 18.8.
3. HML01.xls - doгађаји od 18.8.2021.



Слика 5 - Дијаграм ефективне вредности снимљеног напона за други интервал мерења

Табела III - Датум и трајање поремећаја напона

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

Упоредна анализа достављених података КДС и података мерења анализатором:

1. У достављеном документу под редним бројем један VCP11.xls је дат податак о догађају од 15.7.2021. у 23:45:47. где је регистрован један догађај, губитак фазе (Phase 1 Loss). Наведени датум је датум пре почетка снимања мрежним анализатором. Не постоји снимљен дијаграм напона са мрежног анализатора за наведени датум. Снимање је почело 26.7. У SCADA систему ОДС у мрежној топологији хијерархијски надређених објеката КДС-у нема забележених догађаја за наведени датум и време. У SCADA систему ОПС (Оператор преносног система) за хијерархијски надређене објекте ОДС-у нема забележених догађаја за наведени датум и време.

Поремећај у производном процесу КДС од 15.7.2021. у 23:45:47 није последица догађаја у ДЕЕС нити поремећаја у квалитету испоручене енергије од стране ОДС. Поремећаја у квалитету испоручене електричне енергије од стране ОДС није било, за наведени датум и време.

У достављеном документу КДС-а под редним бројем два, VCP12.xls, дати су подаци о догађајима од 13.8.2021. подељених у више временских интервала. У наведеном интервалима је регистровано укупно 65 догађаја, губитак фазе (Phase 1 Loss или Phase 2 Loss или Phase 3 Loss) у фабрици.

У истом документу је један догађај од 18.8. у 04:00:32, губитак фазе (Phase 1 Loss). Dostavljeni događaji Phase 1 Loss od 13.08.2021. su podeljeni u više vremenskih intervala:

- од 07:19:26 до 07:53:51 АМ укупно 9 догађаја
- од 01:05:59 до 01:06:42 РМ укупно 4 догађаја
- од 02:41:54 до 02:48:38 РМ укупно 31 догађај
- од 4:36:26 до 6:31:43 РМ укупно 3 догађаја
- у 9:11:41 РМ 1 догађај од 12:04:30 до 12:53:38 РМ укупно 16 догађаја

Од свих 65 догађаја Phase x Loss (x=1,2 или 3) регистрованих 13.8. у којим су се десили поремећаји производног процеса код КДС у фабрици, на дијаграму снимљеног напона за 13.8. забележена су само три поремећаја у мрежи ОДС.

Први се десио у 7:27:59.470 ms у трајању од 39,8 ms, други у 7:27:59.540 ms у трајању од 319,8 ms, трећи се десио у 10:17:30.950 и трајао је 309,9 ms.

Први догађај у трајању од 39,8 ms се неће разматрати, обзиром на дужину трајања поремећаја. Друга два поремећаја су последица деловања земљоспојног прекидача за кварове на изводу који се напаја са другог енергетског трансформатора у односу на извор напајања 20 kV извода „Зрењанински пут“ на коме се налази фабрика, а који се напаја са ЕТ број 1.

У достављеном документу из фабрике, VCP12.xls, у интервалу а) постоје два догађаја у 07:27:52 Phase 1 Loss и 07:27:21 Phase 3 Loss који су блиски времену снимљеног догађаја поремећаја у мрежи ОДС у 7:27:59.540 ms. Не може се са сигурношћу тврдити да је поремећај у фабрици код КДС проузрокован поремећајем у мрежи ОДС забележеним мрежним анализатором у 7:27:59.540.

Ако претпоставимо да је поремећај у мрежи ОДС од 7:27:59.540 проузроковао поремећај код КДС у 07:27:52, закључили бисмо да је од укупно пријављених 65 догађаја поремећаја производног процеса у фабрици 13.08. само један могао бити проузрокован догађајем у мрежи ОДС, док 64 догађаја поремећаја производног процеса у фабрици КДС-а сигурно нису последица поремећаја у квалитету испоруке и испоручене електричне енергије ОДС КДС-у, јер их нема забележених за период мониторинга мрежним анализатором. За све преостале технички сличне забележене догађаје у мрежи ОДС, а њих је, поред разматраног, било још шест у периоду мониторинга (табела III) закључено је да ниједан поремећај који је био последица пролазних

земљоспојева на 20 kV изводима конзума ЕТ број 1 или ЕТ број 2 у ТС 110/20/10 kV „Нови Сад 9“, није утицао на поремећај производног процеса у фабрици КДС.

Мрежним анализатором су 13.8. у 16:23 забележена два догађаја дефинисана као RVC (*rapid voltage changes*) тј. брза промена ефективне вредности напона у трајању око 100 ms, а КДС није имао проблем у производњи због ових догађаја.

У достављеном документу КДС-а постоји и један догађај од 18.8. у 04:00:32, губитак фазе (Phase 1 Loss). За дати догађај поремећаја код КДС нема снимљених поремећаја мрежним анализатором у току мониторинга.

2. У достављеном документу КДС-а под редним бројем три, HML01.xls, дати су подаци о догађајима од 18.8.2021. у 02:47:55 до 02:56:39. У наведеном интервалу је регистровано осам догађаја, губитак фазе (Phase 1 Loss или Phase 2 Loss).

У наведеном временском интервалу на дијаграму напона снимљеног мрежним анализатором није забележен ниједан поремећај.

Поремећај у производном процесу КДС од 18.8.2021. није последица поремећаја у квалитету испоручене енергије од стране ОДС.

Мрежним анализатором за наведени датум и време није регистрован ниједан поремећај у квалитету испоручене електричне енергије.

За наведени временски интервал од 11.8. до 19.8.2021. КДС је доставио податке о укупно 74 догађаја у којима су се десили проблеми у производним процесима у фабрици.

Мрежним анализатором је у датом периоду мониторинга регистровано седам поремећаја напона.

Само један поремећај напона од стране ОДС (13.08. у 7:27:59.540) је близак времену догађаја у коме се десио проблем у производном процесу у фабрици (13.08. 07:27:52).

За преостала 73 догађаја у коме су се десили проблеми у производном процесу у фабрици КДС, мониторинг мрежним анализатором не региструје ниједан поремећај у квалитету испоручене електричне енергије КДС.

Поремећаји производног процеса у фабрици „Barry-Callebaut-chocolate factory Нови Сад“ нису последица проблема квалитета испоручене електричне енергије од стране ОДС.

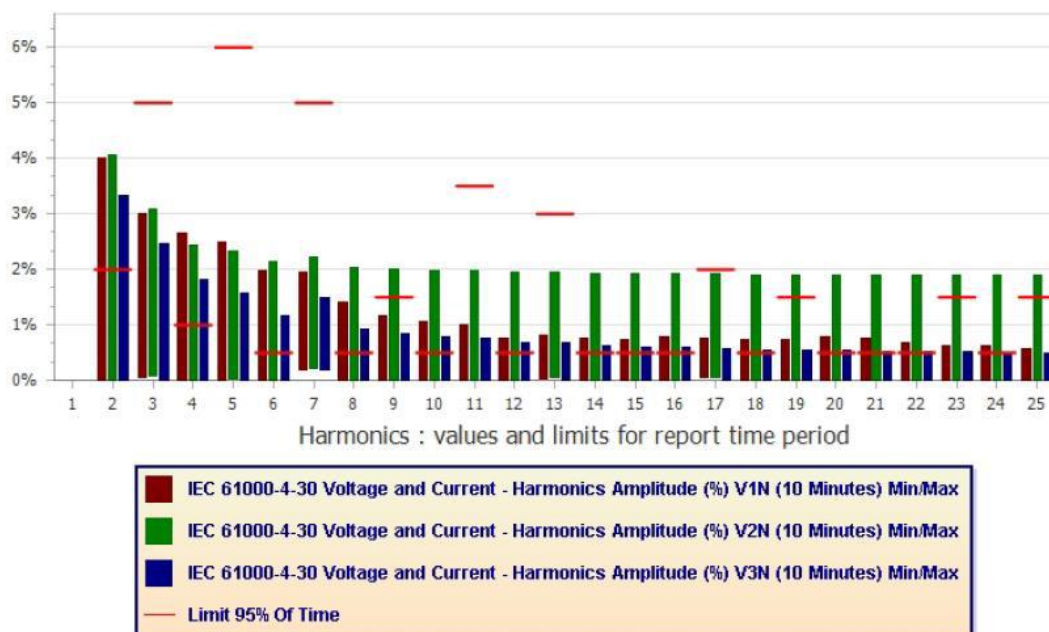
На дијаграму на слици 6 види се да велики број хармоника различитог реда прелази дозвољене границе (приказани у одељку 2.2.1).

Мерењем је утврђено да се у периоду мониторинга прелазе дозвољене границе фликера у различитим временима мониторинга. Дозвољена максимална вредност фликера је мања или једнака 1.

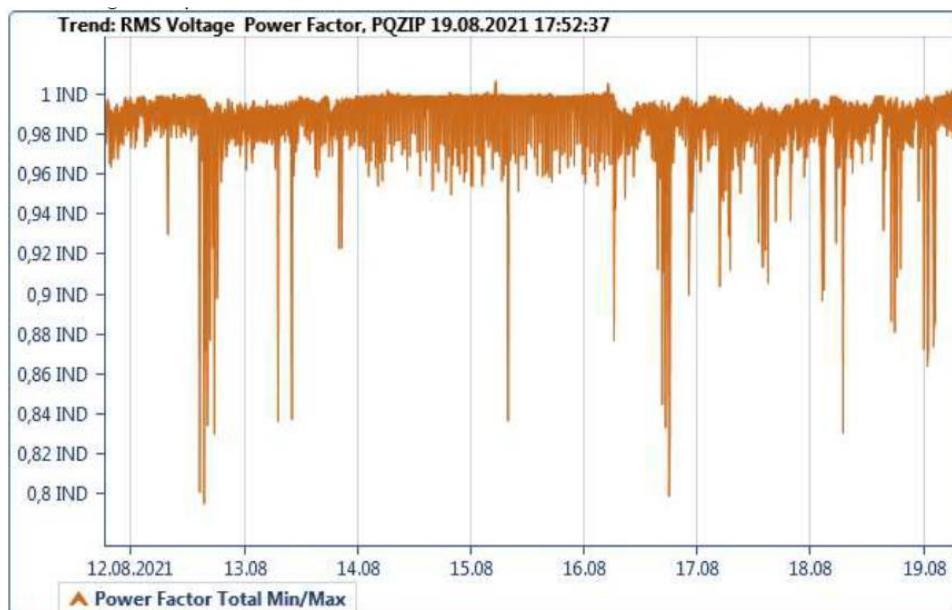
Закључак за мерење THD фактора, са граничном вредношћу од 8% јесте да су мерене вредности изнад дозвољене границе у различитим временима мониторинга.

Дијаграм на слици 7 представља мерење фактора снаге, цосф. Са дијаграма се уочава да је фактор снаге цосф у различитим временима мониторинга испод границе дефинисане УПП.

Са дијаграма мерења хармоника, фликера, THD и цосф се може закључити да постоји негативан утицај рада погона КДС на ДЕЕС. Потребно је да КДС регулише производни процес тако да наведени фактори квалитета електричне енергије не прелазе унапред дефинисане и дозвољене границе.



Слика 6 - Хармоници напона од 2. до 25. са означеним дозвољеним границама за сваки хармоник

Слика 7 - Фактор снаге $\cos\phi$

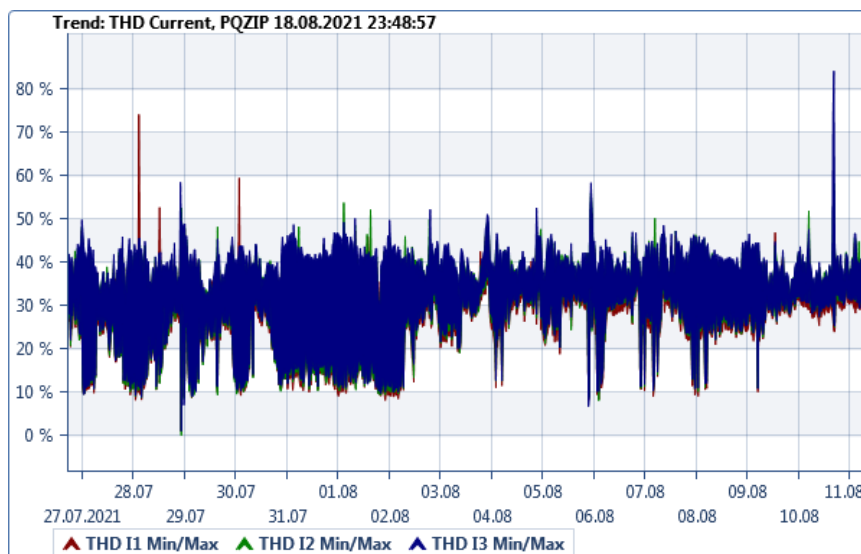
2.3.3 Мерења дисторзија струје. Аутори су желели да у оквиру овог рада дају и напомену о резултатима лабораторијских мерења која су вршена у сврху утврђивања утицаја струјне дисторзије на мерења индукционих бројила, [8]. Наиме, испитивањем описаним у [8], установљено је да бројило врло брзо излази из класе тачности након што струјна дисторзија пређе 50%. Грешке мерења бројила се тада крећу од (3-5)%. Нажалост, у оквиру усвојене законске регулативе у области електроенергетике није дефинисана граница дозвољеног изобличења таласног облика струје, THD струје. Аутори су мишљења да би било добро размотрити увођење струјне дисторзије КДС у законску регулативу, чиме би се употпунило регулисање утицаја КДС на ДЕЕС. Потреба за тим се очитује и на овом конкретном примеру. Наиме, дијаграми са резултатима мерења THD струје, показују

да је THD струје у првом интервалу мерења у више махова прелази 50%, слика 8, док је у другом интервалу све време мерења између 10% и 50%. Стога је јасно да КДС „Фабрика чоколаде“, са оваквим таласним облицима струје, свакако има неповољан утицај на мрежу ДЕЕС и да је упитна тачност његовог обрачунског мерења.

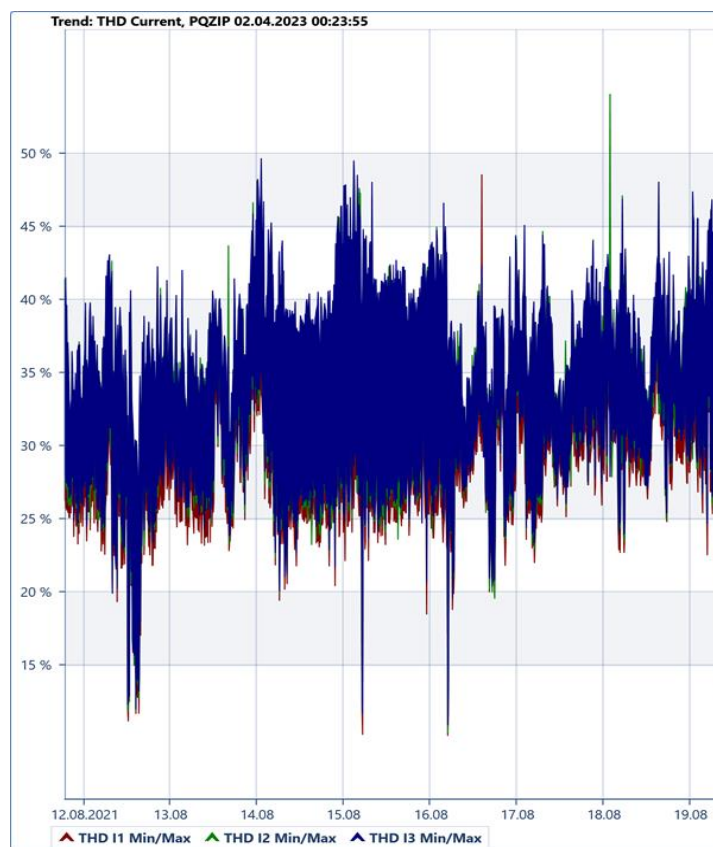
На слици 8 дато је THD струје за интервал првог мерења 26.7.2021. – 11.8.2021.

На слици 9 је приказан THD струје за интервал другог мерења 11.8.2021.-19.8.2021.

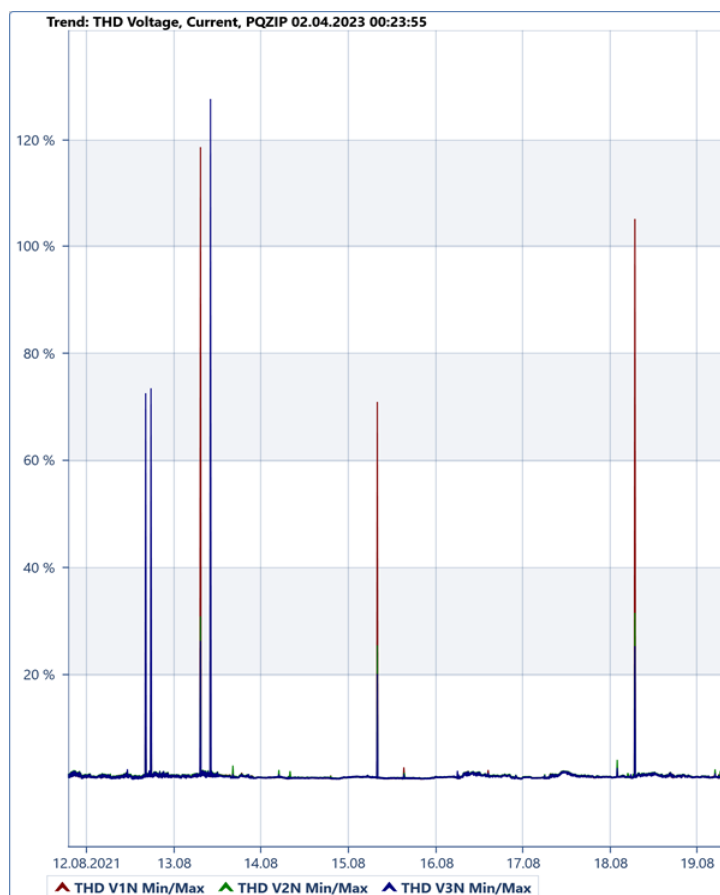
На слици 10 је дата THD напона где се могу уочити ниске вредности THD напона. Слика 11 представља увећани део (zoom) слике 10 у интервалу од 13.08. у 10.00 ч. до 15.08. у 07.00 ч.



Слика 8 - THD струје – први интервал мерења



Слика 9 – THD струје – други интервал мерења



Слика 10 - THD напона



Слика 11 - THD напона - *zoom* временског интервала 13.08. 10.00 ч.-15.08. 07.00 ч. (дато је увећање временског интервала слике 10 – од 12.08. до 19.08)

2.3.4 Фактор корекције. Ако се пође од основних дефиниција дисторзија напона и струја, уз одређене усвојене претпоставке, може се закључити да је оправдан фактор корекције дат у последњем изразу у [8], јер ако су хармоници струје и напона присутни, тада се струје и напони могу изразити на следећи начин:

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

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

Средње квадратне (ефективне) вредности (*Root Mean Square*) напона и струје су:

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

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

Средња снага је дата као:

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

где се види да сваки хармоник одступа од вредности средње снаге у минусу или плусу. Ефекат хармоника се може видети и објаснити преко активне и реактивне снаге:

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

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

Тотална хармонијска дисторзија напона је:

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

Тотална хармонијска дисторзија струје је:

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

Ефективне вредности напона и струје су:

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

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

Фактор снаге је:

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

уз услове:

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

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

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

Фактор снаге у нелинеарним режимима је:

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

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

У (1) до (17), употребљене ознаке имају следећа значења:

pf_{true} – фактор снаге у несинусном окружењу

pf_{dist} – дисторзиони фактор снаге

pf_{disp} – фактор снаге померања

(displacement power factor)

Израз (17) је фактор корекције који се може користити у системима обрачуна, где се код овог КДС може уочити изразит пораст THD струје и самим тим оправдан захтев за пенализацију.

3. ЗАКЉУЧАК

На основу мерења параметара квалитета електричне енергије и рекламације КДС на одређене параметре квалитета може се закључити да је на месту предаје електричне енергије (20 kV обрачунско мерно место) ефективна вредност напона у оквирима техничких прописа дефинисаним кроз обавезујућу регулативу у области електроенергетике;

На основу анализе резултата мерења и уочених догађаја закључено је да КДС у свом погону треба да сагледа карактеристике технолошких процеса, техничке особине погона и електричне инсталације, како би се постигла већа поузданост и стабилност процеса, на шта указују и важећи прописи дефинисани кроз обавезујућу регулативу у области електроенергетике и услови дефинисани у УПП;

Вредности мерења фактора снаге (испод 0,95) указују на неопходност ревизије компензације, односно довођење фактора снаге КДС до назначене вредности (дефинисано у издатим условима УПП). У оквиру законске регулативе размотрити увођење $THD_{I_{max}}$ за КДС.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] В.Катић, А.Токић, Т. Коњић Квалитет електричне енергије, EU TEMPUS PROJECT CD ЈЕР-18126-2003, Нови Сад, јун 2007. ;
- [2] Правила о раду Дистрибутивног система, „ЕПС Дистрибуција Београд“ д.о.о Београд, јул 2017, стране 12 и 13;
- [3] Закон о енергетици, „Службени гласник РС“, бр. 145/2014, Члан 135, став 1;
- [4] Закон о енергетици „Службени гласник РС“, бр. 145/2014, Члан 136.
- [5] СРПС ЕН 50160:2012, 4.2.5. стр. 15, Институт за стандардизацију Републике Србије (2012)
- [6] Уредба о условима испоруке и снабдевања електричном енергијом „Службени гласник РС“, бр. 63/2013 и 91/2018.
- [7] Правилник о техничким нормативима за електричне инсталације ниског напона, Службени лист СФРЈ бр. 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

БИОГРАФИЈЕ



Милица Поробић - Факултет техничких наука у Новом Саду завршила фебруара 2001. године, смер електроенергетика. Радни однос у тадашњој „Електровојводи“ започиње 2005. године у Сектору управљања. 2010. године је ангажована на пројекту „Smart City“, аутоматизација средњенапонске мреже, за исти систем је и даље одговорна. Аутор је и коаутор више радова на тему управљања дистрибутивним системом. Члан СТК 3, ЦИРЕД Србија. Удата, мајка троје деце.



Радислав Миланков - 1959 год. Александрово, Основна школа „Ђура Јакшић“ Српска Црња, Гимназија природно-математичког смера Српска Црња, Електротехнички факултет Београд, Електродистрибуција Београд,

Огранак Зрењанин Погон Кикинда, Шеф Службе Управљања. Аутор неколико награђиваних радова на домаћим саветовањима CIGRE и CIRED, рад на Саветовању CIRED Stockholm 2013, рад на Саветовању ICHQP Bucharest 2014, члан СТК2, SCADA системи, релејна заштита, квалитет електричне енергије. Ожењен, отац једне ћерке.



Драган Цветинов - Факултет техничких наука - електротехнички одсек, смер енергетика уписао 1977. године, а дипломирао 1983. године. Запослио се 1985. године у ЈП „Електровојводина“, „Електродистрибуција“ Нови Сад у Сектору за експлоатацију у којем је радио у Служби одржавања ТС 110(35)/x kV, а након тога у Сектору за експлоатацију Управе предузећа и напослетку у Сектору за управљање „Електродистрибуције Нови Сад“. У неколико мандата је био члан СТК групе за експлоатацију у оквиру CIRED Србија, за који је писао неколико радова. Такође, представљао је своју компанију са радовима на симпозијуму DA/DSM у Берлину 2000. године и на огранку IEEE у Бразилу 2002. године. Пензионисан је 2023. године.



Ратко Роган – Након завршене Гимназије у Зрењанину - смер природно-математички, дипломирао на Факултету техничких наука у Новом Саду, смер електроенергетика. У Електродистрибуцији Србије обављао више значајних функција: Координатор, Директор сектора општих послова, тренутно запослен као Директор сектора управљања- Главни диспечерски центар при Дирекцији за управљање ДЕЕС. Члан СТК6 у оквиру ЦИРЕД Србија за који је као аутор и коаутор писао више радова. Такође и члан скупштине ЦИРЕД. Ожењен, отац троје деце.

Milica Porobić¹, Radislav Milankov¹, 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

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

*Corresponding author: Radislav Milankov

E - mail: Radislav.Milankov@ods.rs

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