

**UTICAJ NA ELEKTROENERGETSKI SISTEM POJAVA NOVIH POTROŠAČA U VIDU
PUNIONICA ZA ELEKTRIČNA VOZILA, I UTICAJ PRIKLJUČENJA ELEKTRANA IZ
OBNOVLJIVIH IZVORA**

**THE IMPACT ON THE ELECTRIC POWER SYSTEM IS CAUSED BY NEW CONSUMERS IN THE
FORM OF CHARGING STATIONS FOR ELECTRIC VEHICLES, AND THE IMPACT OF THE
INCLUSION OF ELECTRICITY FROM RENEWABLE SOURCES**

Goran ŽIVKOVIĆ dipl.el.inž. EDS, Ogranak Aranđelovac
Dejan PETROVIĆ, dipl.el.inž. EDS, Ogranak Aranđelovac
Vlada JOVANOVIĆ, dipl.el.inž. EDS, Ogranak Lazarevac
Aleksandar JANJIĆ, dipl.el.inž. EDS, Ogranak Aranđelovac-Pogon Topola

KRATAK SADRŽAJ

U svetu je sve veći broj električnih vozila, što iziskuje potrebu za što većim brojem punjača, što može imati značajan uticaj na elektroenergetski sistem. Sve je veći broj priključenja elektrana iz obnovljivih izvora, što takođe može imati uticaj na elektrenergetski sistem.

U radu je analiziran uticaj punionica i elektrana na naponske prilike u određenim tačkama sistema, uticaj prilikom promene smeru kretanja električne energije u elektroenergetskom sistemu. Predložene su aktivnosti koje potrbno preduzimati prilikom planiranja razvoja distributivnog sistema

Ključne reči: Elektrana, Punionica, Elektroenergetski sistem

ABSTRACT

The number of electric vehicles in the world is increasing, which requires the need for as many chargers as possible, which can have a significant impact on the power system. The number of power plants connected from renewable sources is increasing, which can also have an impact on the power system.

The paper analyzes the influence of charging stations and power plants on voltage conditions at certain points of the system, the influence when changing the direction of movement of electricity in the power system. The activities that must be undertaken when planning the development of the distribution system are suggested

Key words: Power plant, Filling station, Electric power system

Goran Živković, goran.zivkovic@ods.rs
Dejan Petrović, dejan.petrovic@ods.rs
Vlada Jovanović, vlada.jovanovic@ods.rs
Aleksandar Janjić, aleksandar.janjic@ods.rs

1. UVOD

Prva pojava električnih automobila bila je 20 godina pre pojave automobila sa unutrašnjim sagorevanjem. Primat je trajao do 20-ih godina 20. veka. Početkom 21. veka električni vozila se vraćaju u tržišnu utakmicu. Sa pojavom sve većeg broja električnih vozila došlo je do potrebe za punjenjem akumulatorskih baterija istih što je dovelo do pojave auto punionica kao nove vrste električnih potrošača priključenih na elektroenergetski sistem. Proizvođači električnih vozila imaju dva osnovna cilja, povećanje autonomije i skraćenje vremena punjenja baterija, što iziskuje auto punionice velikih snaga. Sa stanovišta elektroenergetskog sistema ovo su nepredvidivi nelinearni potrošači, koji mogu imati uticaja na kvalitet električne energije. Pored navedenih auto punionica, novi deo elektroenergetskog sistema su i elektrane koje proizvode električnu energiju iz obnovljivih izvora. U radu su vršena merenja na jednoj auto punionici i na jednoj solarnoj elektrani gde su obrađeni parametri koji utiču na kvalitet električne energije, i vršena je analiza da li su u skladu sa evropskim propisom EN 50160.

2. SKRACENICE I POJMOVI

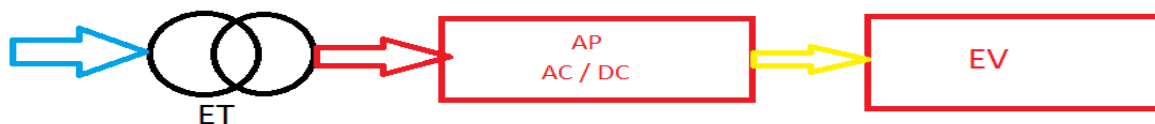
- ELEKTRIČNO VOZILO (EV) –vozilo koje pokreće elektromotor koristeći energiju iz akumulatorskih baterija ili drugih uređaja za skladištenje energije
- AUTO PUNIONICE (AP) – Elektromehanički sklop koji služi za punjenje električnih automobila
- SOLARNA ELEKTRANA (SE) – Sistemi koji sunčevu energiju pretvaraju u električnu
- TS – Trafostanica

3. PUNJENJE ELEKTRIČNIH VOZILA

Proizvođači električnih vozila imaju dva osnovna cilja , povećanje autonomije i skraćanje vremena punjenja baterija. U zavisnosti od struje punjeanja postoje AC I DC punionice. AC punionicama je potrebno više vremena za punjenje baterija, pošto su ograničene strujom ispravljača koji je ugrađen u EV. DC punionice imaju u sebi ugrađen ispravljač što omogućava veću snagu punjenja, (40, 50,100,120,150KW, 250KW i više) a samim tim skraćuje se vreme punjenja baterije. U tehničkim dokumentacijama superpunionica se navodi vreme punjenja baterije, ali do 80% kapaciteta baterije, razlog tome je što vreme punjenja preostalih 20% je duže nego predhodnih 80%, jer baterije sa povećanjem napona pružaju sve veći “otpor” punjenju. U pogledu na zaštitu životne sredine i emisiju CO₂, najprihvatljivije je energija kojom se pune baterije dobijena iz elektrana koji koriste obnovljive izvore.EV imaju svoje pozitivne i svoje negativne karakteristike. Pozitivne karakteristike su zaštita životne sredine, u koliko se punjenje prebaci u periode van vršnog opterećenja,mogu se dobiti benefiti: peglanja dnevnih dijagrama opterećenja, poboljšanje naponskih prilika, rasterećenje EES. Takođe je moguće i vraćanja energije iz baterija električnih vozila u elektroenergetsku mrežu u tzv. V2G (eng. Vehicle-to-Grid) modul rada.Negativni uticaj je pre svega u pogledu kvaliteta električne energije, povećanje gubitaka.

Sve nove punionice sadrže:

- Daljinsko praćenje rada (monitoring) i podršku
- Daljinsko ažuriranje (update) i nadograđivanje (upgrade) punjača
- Displej (touchscreen)
- Prikaz procesa punjenja
- Detekciju zauzetosti parkinga
- Konektore koji omogućavaju punjenje svih vrsta vozila



Slika 1 - Prikaz punjenja EV

4. SOLARNE ELEKTRANE

SE su sistemi koji sunčevu energiju pretvaraju u električnu. Prednosti SE su što nema štetnih emisija prilikom dobijanja električne energije. Ukupna količina električne energije koju proizvede SE zavisi od toga koliko sunčeve svetlosti padne na modul solarnog panela i koliko panel iskoristi tu svetlost.Solarne elektrane pored svojih pozitivnih strana imaju svoje negativne strane, pre svega se misli na količinu svetlosti koje primaju od sunca, u vrlo kratkom vremenskom roku mogu iz pune proizvodnje preći na minimalnu.

5. KVALITET ELEKTRIČNE ENERGIJE

Kvalitet električne energije definisan je standardom EN 50160, koji definiše kvalitet napona na priključku potrošača pri normalnim pogonskim uslovima. Kvalitet električne energije se odnosi na skup ograničenja koja omogućavaju da električna energija bude kvaliteta da potrošači koji su priključeni na elektroenergetski sistem nemaju poteškoća u radu. Postoje mnogi uzroci koji dovode do narušavanja kvaliteta električne energije, pre svega se misli na nelinearne potrošače. Šteta koja može biti prouzrokovana lošim kvalitetom električne energije pogotovo se to odnosi na industrijske kupace može biti izuzetno velika. Svaki zastoj ili prekid u proizvodnji dovodi do velikih finansijskih troškova. Nova oprema i mašine koji se koriste u modernoj industriji daleko su osetljiviji na kvalitet električne energije nego oprema i mašine koje su se ranije koristile, a posmatrano sa druge strane ta ista oprema i mašine mogu prouzrokovati naponske smetnje za druge korisnike. Analiza kvaliteta

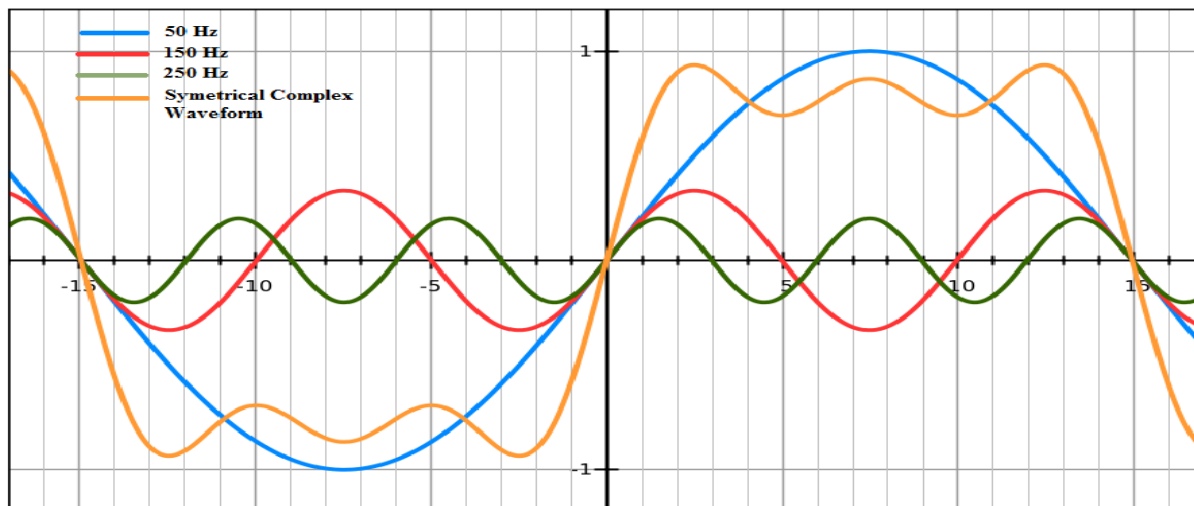
najčešće obuhvata naponske propade i prekide, harmonike, promenu frekvencije mreže, prisutnost DC komponente u AC komponenti, faktor snage.

Tabela 1 - Parametri prema standardu EN 50160

Parametri	Vreme usrednjavanja	Granične vrednosti tokom 95% nedelje	Granične vrednosti tokom cele nedelje
Promene napona	10min	$\pm 10\%$	
Flikeri	$P_{st} - 10min$ $P_{It} - 120min$	$P_{It} < 1$	
THD	10min	$< 8\%$	
Frekvencija	10s	$\pm 1\%$	$+4\%/-6\%$
Naponski propadi	10ms		

5.1 Harmonici

Harmonici se koriste za objašnjenje izobličenja sinusnog talasa. Osnovni signal je sinusoida učestanosti 50Hz, i ovaj signal nazivamo osnovni harmonik. Svaka elektroprivreda teži da proizvede, prenese i preda kupcima takav kvalitet električne energije, što je u praksi nemoguće. Prisutnost nelinearnih potrošača je sve veći, a samim tim i harmoniska izobličenja su sve veća. Povećava se prisutstvo statičkih potrošača, obnovljivih izvora energije koji utiču na kvalitet električne energije. Kod linearnih potrošača trenutne vrednosti napona i struja su proporcionalni tokom čitave periode. (transformatori, trofazni asihroni motori, kondenzatori...) Sa pojavom nelinearnih potrošača (pretvarači, ispravljači, frekventni regulatori, indukcione peći, punjači, solarni invertori) dolazi do pojave viših harmonika koji utiču na kvalitet električne energije. Kod nelinearnih potrošača možemo kontrolisati broj obrtaja, snagu, moment, ali zauzvrat pojavljuju se viši harmonici koji utiču na kvalitet električne energije. Složeni talasni oblik možemo predstaviti kao sumu jednostavnih prostoperiodičnih komponenti različitih učestanosti. Što je izobličenje veće, veći je i broj viših harmonika. Viši harmonici postoje istovremeno sa osnovnim harmonikom, viši harmonici se superponiraju na osnovni harmonik i dovode do izobličenja osnovnog signala. Struja koja ima izobličenja (ima više harmonike) više opterećuje provodnik i transformator od struje koja sadrži samo osnovni harmonik.



Slika 2 - Primer nelinearnog signala

5.1.1 THD predstavlja ukupno harmonisko izobličenje (odnos viših harmonika i idealne sinusoida). THD faktor se izražava u %, što je vrednost viša izobličenje je više. THD faktor se definiše kao odnos efektivne vrednosti svih efektivnih viših harmoniskih komponenti ($i \geq 2$) i efektivne vrednosti osnovnog harmonika.

$$THDu = \frac{\sqrt{\sum_i^n U_i^2}}{U_1} \quad THDI = \frac{\sqrt{\sum_i^n I_i^2}}{I_1}$$

i – red harmonika ($i \geq 2$)

U_1, I_1 – efektivna vrednost osnovnog harmonika

U_i, I_i – efektivna vrednost i -tog harmonika

5.1.2 TDD faktor je odnos efektivne vrednosti svih efektivnih viših harmoniskih komponenti ($i \geq 2$) i maksimalne zabeležene vrednosti struje u merenom intervalu.

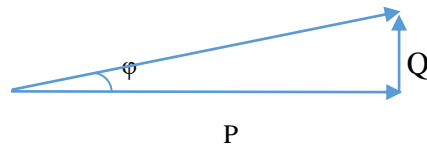
$$TDD = \frac{\sqrt{\sum_i^n I_i^2}}{I_{max}} \quad TDD = THD \times \frac{I_1}{I_{max}}$$

I_{max} – maksimalna izmerena struja na osnovnoj frekvenciji

5.2 Reaktivna snaga

Reaktivna ili Jalova snaga (Q) je snaga koja ne vrši nikakav rad, a prouzrokuju je reaktivne komponente potrošača zavojnice, kondenzatori, induktivni potrošači.

S



Slika 3 - Trougao snaga

Aktivna snaga P definiše koliko se snage troši, prividna snaga S definiše koliki kapacitet elektroenergetskog sistema treba da bude. Faktor snage $\cos\phi$ koji je vrlo bitan za kvalitet električne energije je odnos aktivne i prividne snage. Teži se da factor snage bude 1.

5.3 Flikeri

Flikeri su treperenje napona prouzrokovana promenom opterećenja potrošača. U koliko se promene dešavaju kod velikih industriskih potrošača, treperenje se može primetiti na širem području. Postoje kratkotrajni i dugotrajni flikeri u odnosu na vreme merenja. Kratkotrajni (Pst) se računaju u vremenskom periodu od 10minuta, a dugotrajni (Plt) se računaju u vremenskom periodu od 120minuta.

$$Pst = \sqrt[3]{\frac{\sum t_f}{10min}} \quad Plt = \sqrt[3]{\frac{\sum_i^{12} Pst^3}{12}}$$

t_f – vreme trajanja kratkotrajnih flikera

5.4 K - faktor

K-faktor je mera opterećenja harmoniskom strujom u odnosu na zagrevanje i gubitke u transformatoru. Kod linearnih potrošača K-faktor je 1, što je vrednost K veća veći je uticaj harmonika.

$$K = \sum (I_i)^2 h^2$$

h – red harmonica

I_i – efektivna vrednost i-tog harmonica

U koliko je transformator projektovan za linearne potrošače, a želimo ga opteretiti sa nelinearnim potrošačima isti se ne sme opteretiti do nominalne struje, već je opterećenje zavisno od K –faktora. Što je K-faktor veći manje je opterećenje sa kojim možemo opteretiti transformator.

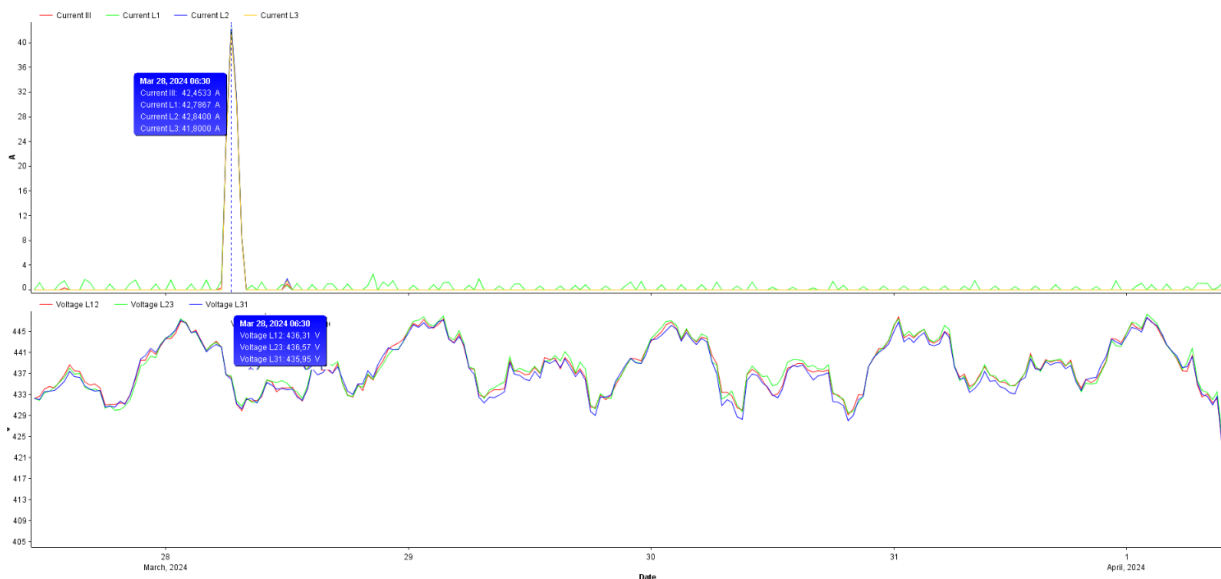
6. ANALIZA MERENJA

Merenja su vršena na jednoj AP, i jednoj SE.

6.1 Analiza merenja AP,

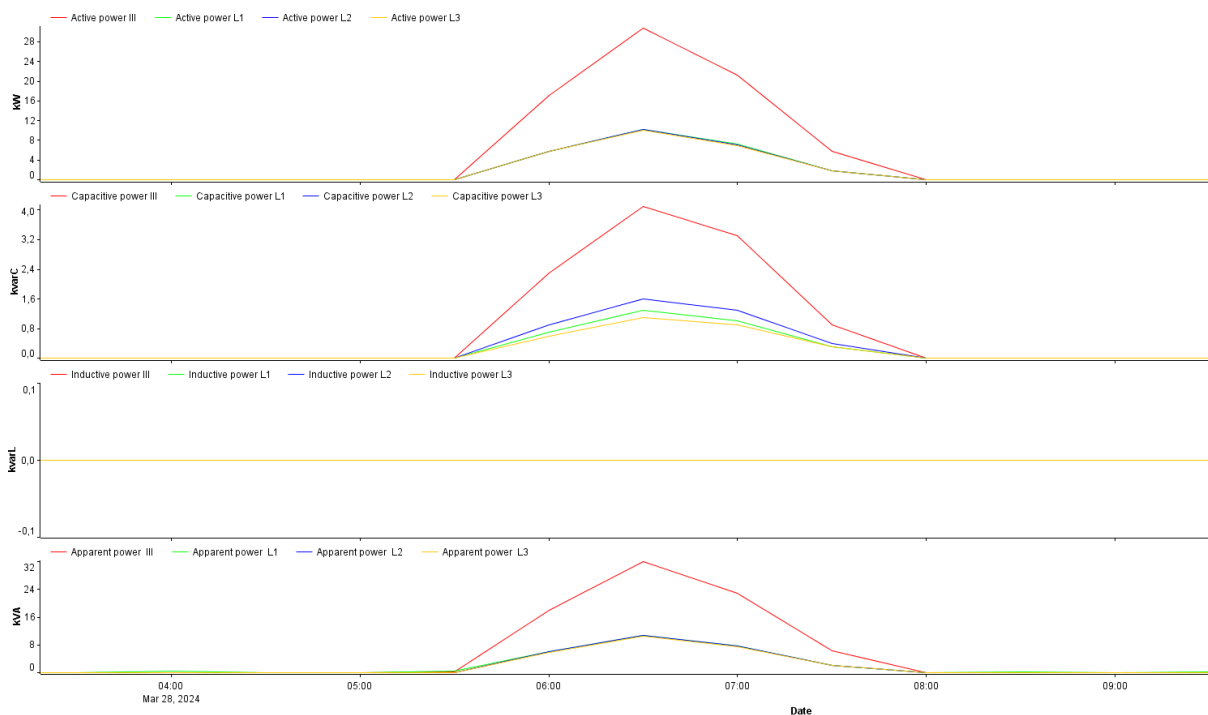
karakteristike AP:

- Snaga 40KW
- Nominalni ulazni napon AC400V (3p+N)
- Nominalna ulazna struja 64^a
- Izlazni napon DC250-750V
- Nominalna izlazna struja jednog pištolja 80A
- Nominalna izlazna struja jednog pištolja kada su oba aktivna 40^a



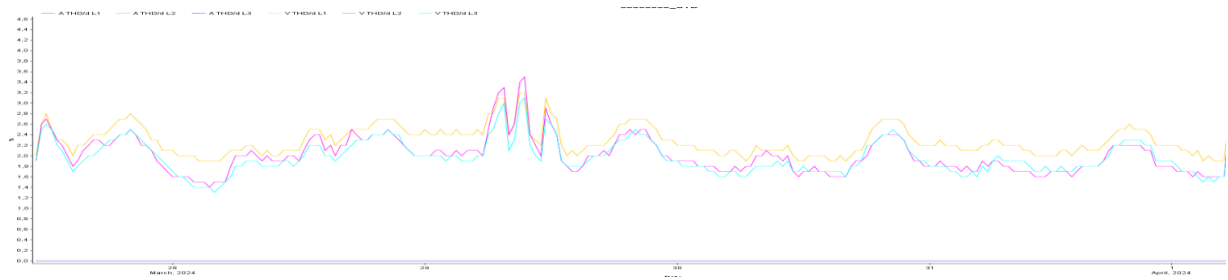
Slika 4 - Grafici izmerenih struja i napona

Merenja su vršena u periodu od 27.03.2024 do 01.04.2024.godine. Sa dijagrama prikazanog na slici 4. Učljivo je da je na predmetnu punionicu u napred navedenom vremenskom periodu bilo priključeno vozilo 28.03.2024god u periodu od 05^h i 30min do 08^h.



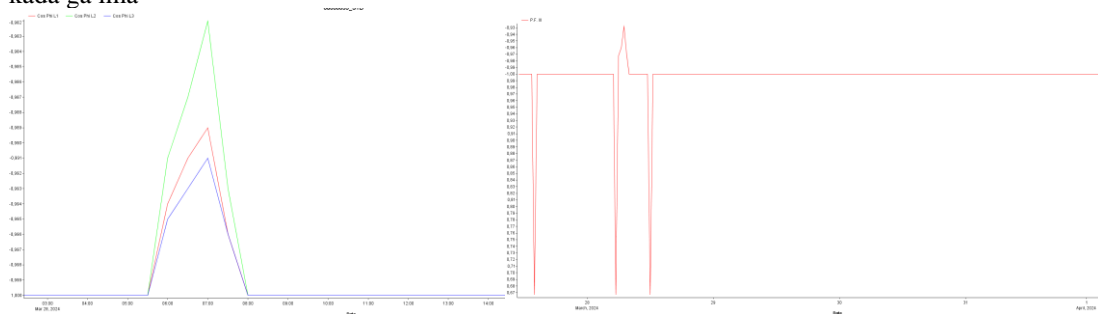
Slika 5 - Grafici snaga u trenutku punjenja EV

Sa sl.5 evidentno je da je max snaga dostizala vrednosti od 30,8KW aktivne snage, 4,1KVAR reaktivne snage (kapacitivne), 32KVA prividne snage.



Slika 6 - THD factor po fazama

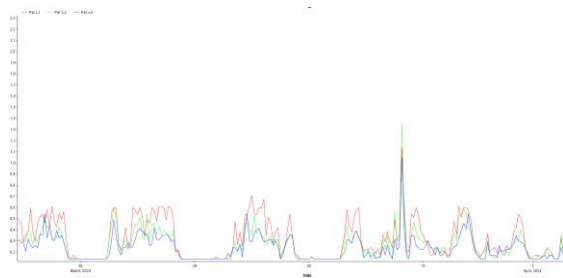
Sa dijagrama koji karakteriše THD faktor, evidentno je da nemamo pravu sliku, viši je kada nema tereta nego kada ga ima



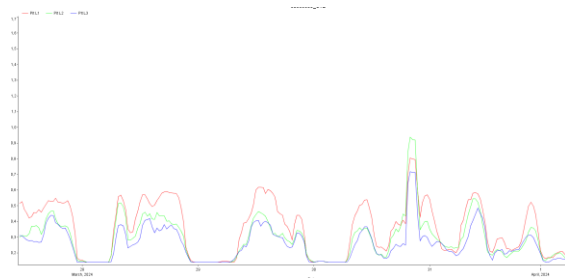
Slika 7 - cosφ

Slika 8 - power faktor

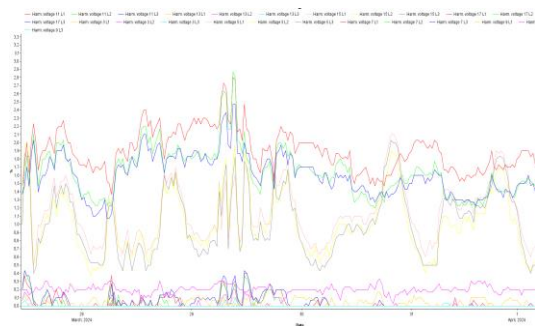
Evidentno je da kada je priključeno vozilo nemamo većih problema sa faktorom snage.



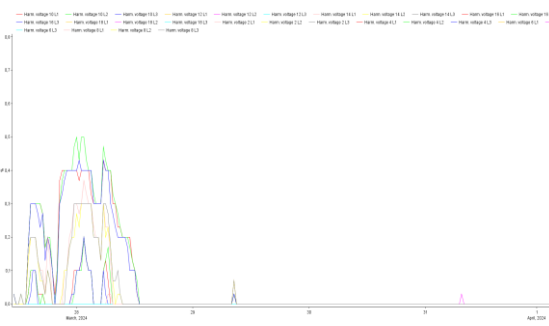
Slika 9 - Pst kratkotrajni flikeri



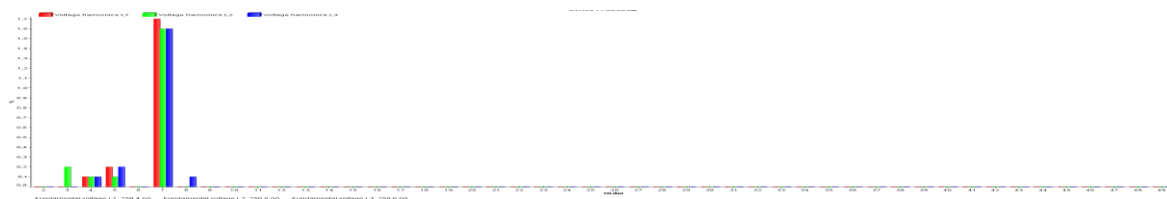
Slika 10 - Plt dugotrajni flikeri



Slika 11 - Neparni Harmonici



Slika 12 - Parni Harmonici



Slika 13 - Harmonici

Parameters	Pat L1	Pat L2	Pat L3
Base value	1	1	1
% values CHK	95	95	95
% maximum relative to CHK	0	0	0
% minimum relative to CHK	100	100	100
Mark registers with events	Disable	Disable	Disable

Variable	Maximum value	Minimum value	Average value	% correct	Value of 95 %
Pat L1	1,85	0,14	0,59	96	0,617
Pat L2	1,85	0,14	0,59	97	0,617
Pat L3	1,85	0,14	0,59	97	0,617

Parameters	Kd V III
Base value	2
% values CHK	95
% maximum relative to CHK	0
% minimum relative to CHK	100
Mark registers with events	Disable

Variable	Maximum value	Minimum value	Average value	% correct	Value of 95 %
Kd V III	0,5	0	0,07	100	0,2

Slika 14 - Prikaz rezultata dobijenih iz softvera

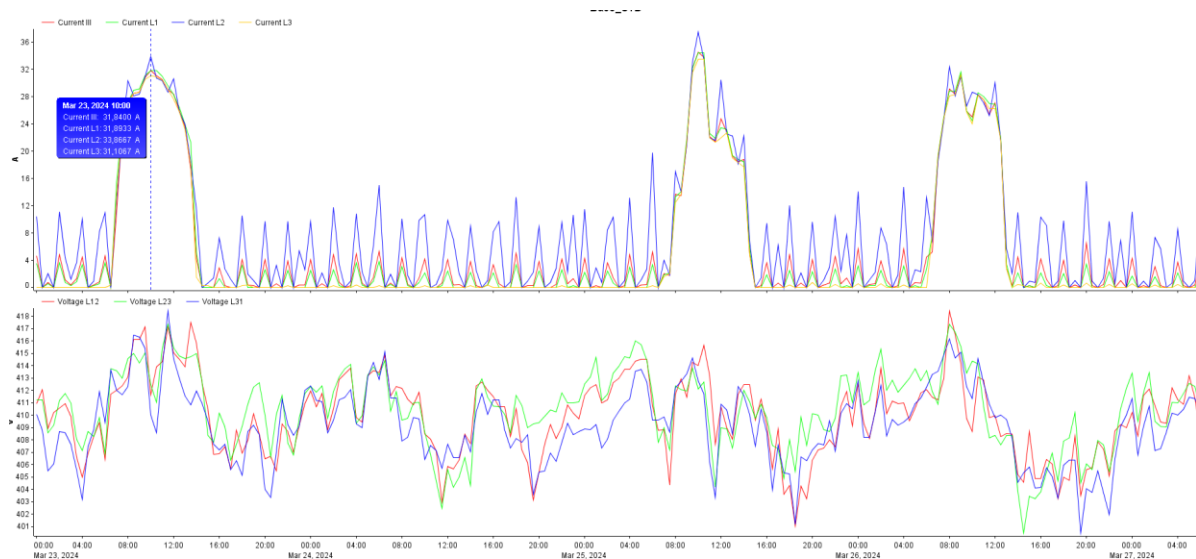
Analizirajući predhodne grafike i izveštaj koji generiše softver, zaključujemo da što se tiče kvaliteta električne energije nemamo značajniji uticaj priključenosti AP na kvalitet shodno standardu EN 50160.

6.2. Analiza merenja SE

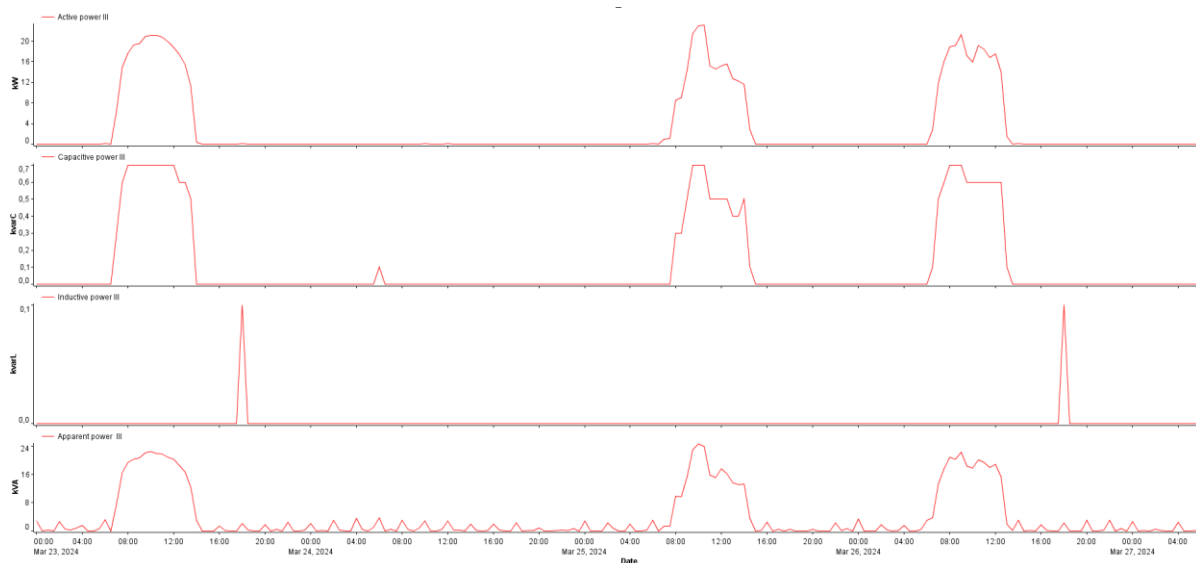
Karakteristike SE:

Snaga – 24KVA

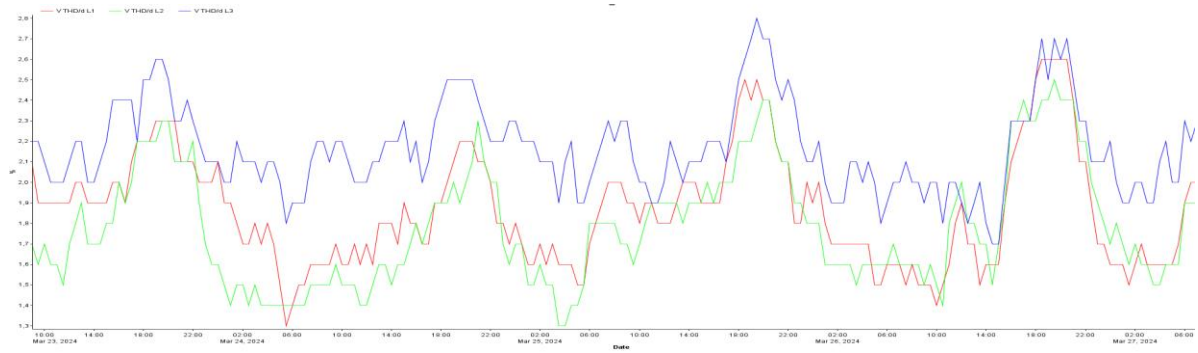
Invertor – model TRIO-27,6-TL-OUTD ,Ulazni DC napon 440-800V, ulazna snaga 28600W, max struja 40^a



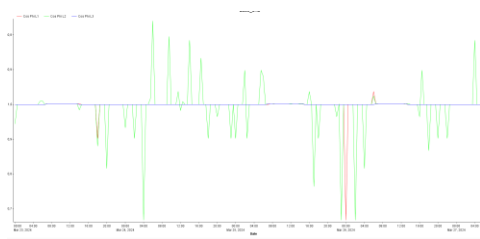
Slika 15 - Grafici izmerenih struja i napona



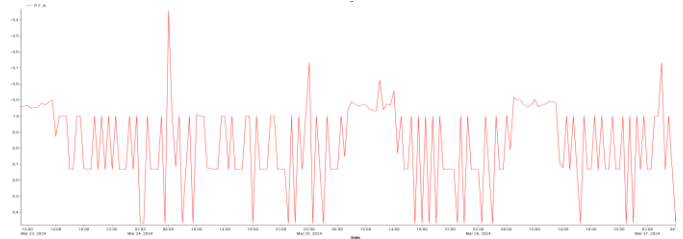
Slika 16 - Grafici snaga



Slika 17 - THD factor po fazama



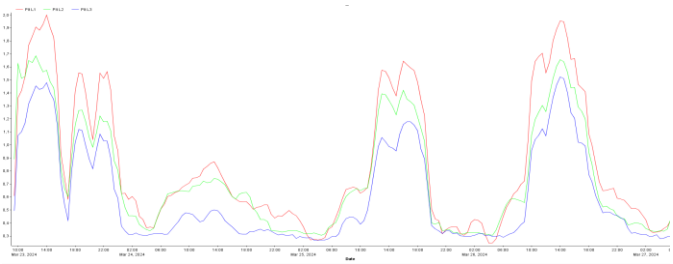
Slika 18 - cosφ



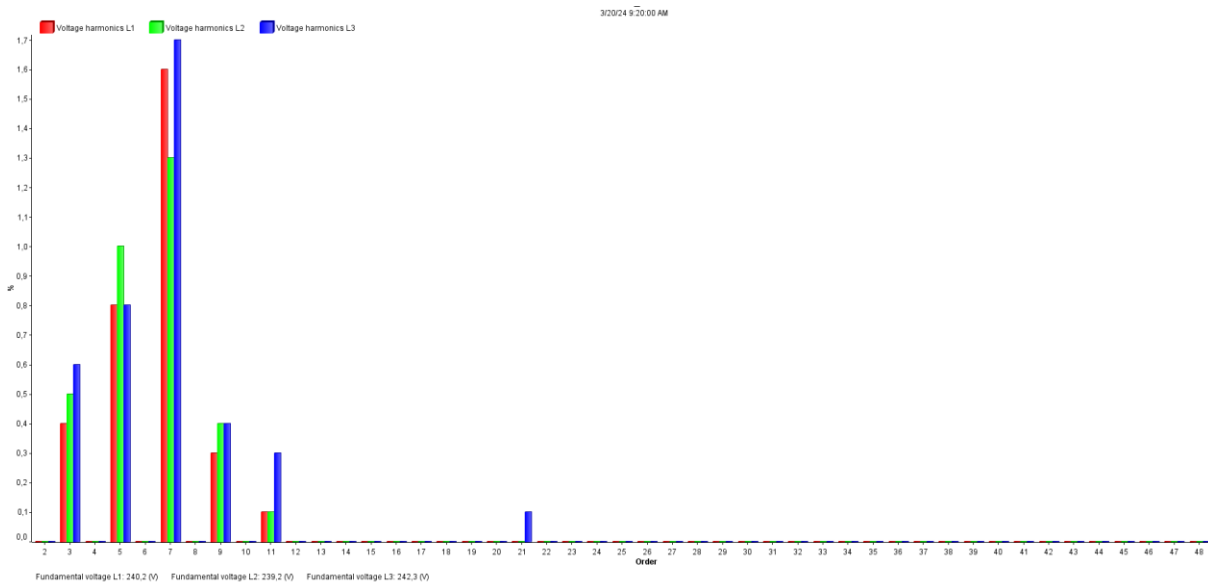
Slika 19 - power faktor



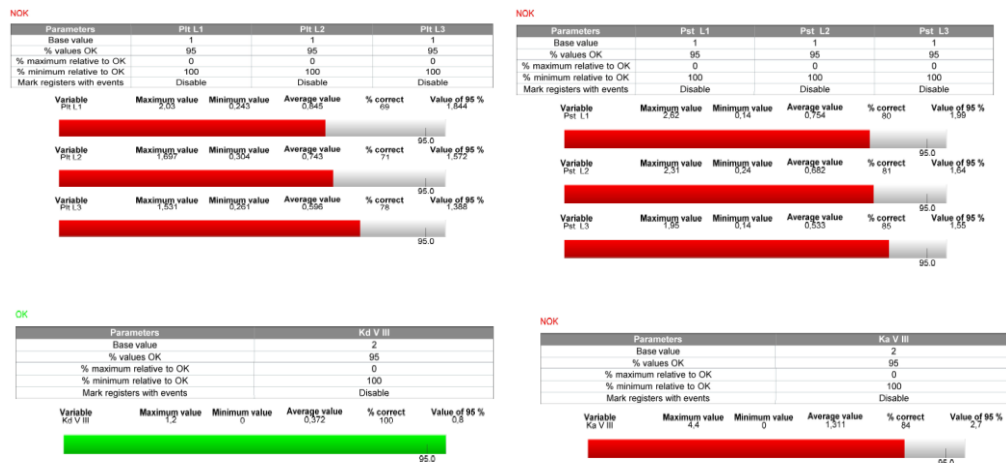
Slika 20 - Pst kratkotrajni flikeri



Slika 21 - Plt dugotrajni flikeri



Slika 22 - Harmonici



Slika 23 - Prikaz rezultata dobijenih iz softvera

Analizirajući predhodne grafike i izveštaj koji generiše softver, zaključujemo da što se tiče kvaliteta električne energije pri priključenju SE dolazi do odstupanja u kvalitetu električne energije u pogledu flikera i koeficijenta Ka (odnos nulte i direktne komponente) standardu EN 50160.

7. ZAKLJUČAK

EV kao potrošači i elektrane iz obnovljivih izvora (pre svega SE) kao proizvođači više nisu budućnost, već su naveliko sadašnjost. Cilj autoindustrije EV, skratiti vreme punjenja baterija što iziskuje punionice većih snaga, takođe je potrebno i povećati broj AP.(jedno puniono mesto na 10 vozila).Sa omasovljenjem EV, pojaviće se i broj samostalnih pre svega malih SE gde će se električna energija proizvedena preko dana predavati mreži, a u toku noći bi vlasnici tih objekata koristili energiju iz distributivne mreže za punjenje EV.Kvalitet električne energije je vrlo bitan pokazatelj u cilju praćenja da nebi došlo do posledica na opremi EES. AP su nelinearni potrošači koji utiču na kvalitet električne energije pre svega u pogledu harmonika. U radu je obrađena merenja sa jedne AP i jedne SE. Analizom izmerenih vrednosti nije uočeno da je došlo do narušavanja standarda EN 50160 kod AP, dok su kod SE uočena odstupanja kod flikera i koeficijenta Ka.Mora se postaviti pitanje kakve bi rezultate dobili kada bi na jednoj TS bio priključen veći broj javnih i individualnih AP i SE .Na osnovu napred navedenog elektrodistribucija bi trebala što pre izraditi svoju strategiju za nastupajuće (sadašnje) vreme, kako u pogledu novih investicija (povećanjem postojećih kapaciteta na svim naponskim nivoima), tako i u pogledu gubitaka električne energije.

LITERATURA

- [1] Avalon, Viši harmonici u elektroenergetici - <https://avalon.rs/blog/kvalitet-elektricne-energije/visi-harmonici/>
- [2] Goran Živković –“Uticaj ekspanzije električnih vozila na elektroenergetski sistem, i mogućnost iskorišćenja malih solarnih elektrana instaliranih na individualnim objektima u cilju punjenja električnih vozila” strana1,5
- [3] Josip Mesić – “Uticaj električnih vozila na kvalitet električne energije”