



HARMONIJSKA IZOBLIČENJA U ELEKTRIČNOJ VUČI ŽTP DOBOJ

Čorba Zoltan, Katić Vladimir, Škorić Zoran*

Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, Srbija

*Saobraćajni fakultet, Doboj, BiH

Sadržaj: U radu je izvršena analiza harmonijskih izobličenja u električnoj vuči. Izvršena su merenja i analizirani su dobijeni rezultati na delu željezničke mreže ŽTP Doboj.

Ključne reči: električna vuča, harmonijska izobličenja

1. UVOD

Današnji sistemi napajanja pogona električne vuče koriste kako jednosmerni tako i naizmjenični napon za napajanje vučnih vozila, koji treba da su bezbedni, ekonomični i lako upravljivi. Ove sisteme čine željeznički saobraćaj, a u gradovima tramvajski, trolejbuski i podzemni saobraćaj. Sa stanovišta električne vuče svejedno je koje će se napajanje koristiti, međutim dužina linije direktno određuje način napajanja. Za duge linije, kao što je željeznički saobraćaj, koristi se naizmjenični sistem napajanja, a za kratka rastojanja u gradovima, kao što je tramvajski saobraćaj i metro, koristi se sistem jednosmernog napajanja. Ovaj rad opisuje pojave koje se tiču kvaliteta električne energije u električnoj vuči. Jedan parametar kvaliteta električne energije predstavlja i harmonijsko izobličenje napona i struje. Upravo ovaj parametar je praćen i u toku merenja koje je izvršeno u transformatorskoj stanici ŽTP Doboj.

2. OPIS SISTEMA NAPAJANJA ŽELJEZNIČKOG SAOBRAĆAJA

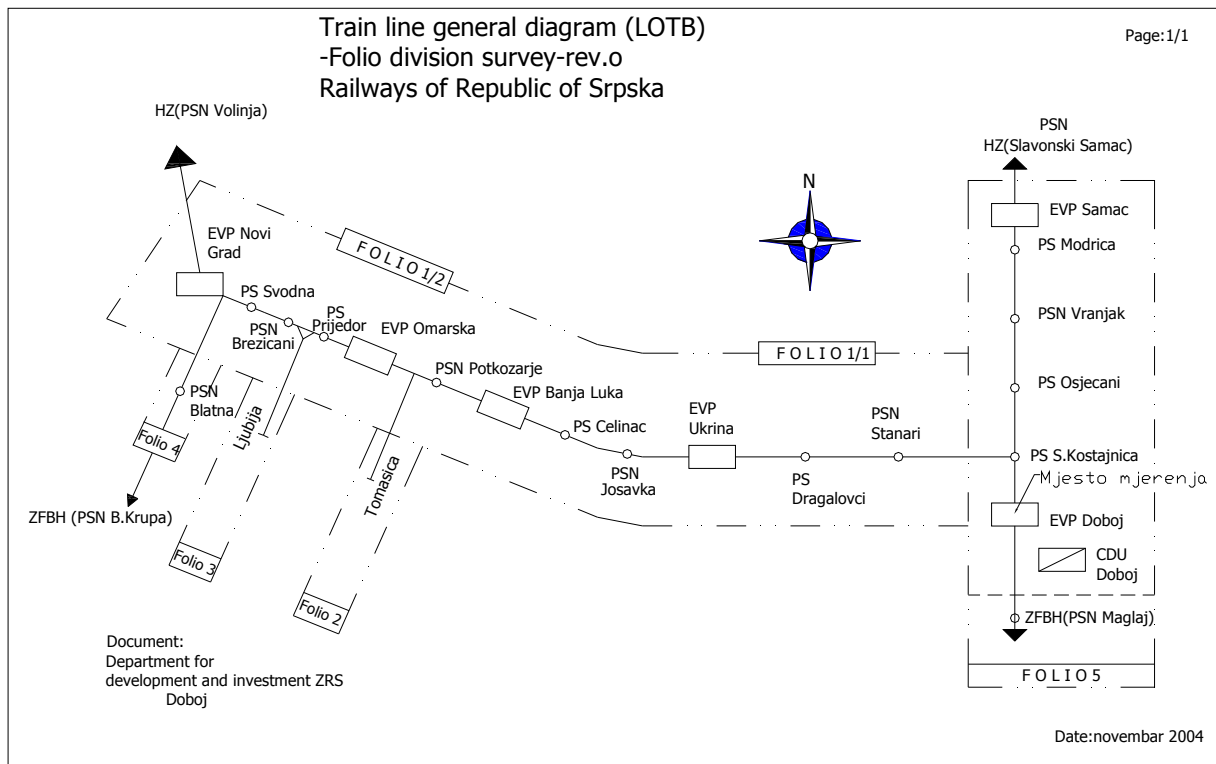
Celi željeznički sistem se napaja sa dalekovoda EP RS, čiji je naponski nivo 110 kV. Podstanice, koje se napajaju sa pomenutim visokim naponom, su raspoređene duž trase na oko 30 km razdaljine. Svaka podstanica napaja jednu sekciju, odnosno trase gde se kreću vozovi, a međusobno su električno izolovane.

Međusobna izolacija je potrebna zbog naizmjeničnog napajanja ovih podstanica, jer na spomenutim međusobnim razmacima može doći do različitih faznih stavova napona. U podstanici se nalazi monofazni transformator, na čiji primar se dovodi napon od 110kV.

Napon sekundara je 25kV. Jedan kraj sekundara se vezuje na šine a drugi kraj na kontaktni vod. Pantograf je veza za napajanje između lokomotive i kontaktnog voda.

3. OPIS MERNOG MESTA I POTROŠAČA

Radi analize pojave viših harmonika u električnoj vuči izvršeno je merenje u podstanici koja napaja sekcije Doboj-Maglaj približne dužine 30 km, Doboj-Vranjak (pravac za Modriču) dužine 33,8 km, Doboj-stanari (pravac za Banja Luku) dužine 24,92km, slika 1. Merni instrument je priključen na merne naponske i strujne transformatore na sekundarnoj strani transformatora gde je naponski nivo 25kV. Nominalna snaga transformatora je 7500 kVA. Tokom merenja na sekciji su saobraćale električne lokomotive tipa 441. Brojevi u oznaci lokomotive redom znače: 4 – električna lokomotiva, 4 – broj motora u lokomotivi četiri, 1 – kvalitet izrade. Lokomotiva ima graduator. Graduator je autotransformator koji snižava 25kV napon na 1144 V. Postoji i transformator za galvansko razdvajanje. Jednosmerni napon motorima se obezbeđuje monofaznim diodnim mostom. Srednja struja po diodi je 350 A, a ceo diodni most trpi trajnu struju od 1250 A. Napon vučnog motora je 870 V, a trajna snaga 965 kW. Što se tiče ostalih karakteristika lokomotiva je dugačka 15,5 m. Težina lokomotive iznosi 78 t i može razviti brzinu pri trajnoj snazi od 140 km/h.

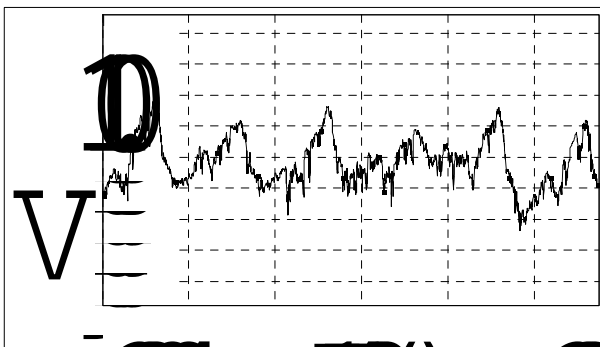


Sl. 1. Mesto merenja i napajanje kontaktne mreže u RS

3. ANALIZA HARMONIJSKOG IZOBLIČENJA

Merenja harmonijskih izobličenja u EVP Doboj, deonice Maglaj, Vranjak i Stanari, su vršena početkom jula 2007. godine. Merenje je trajalo od 04. do 10. jula, a počelo je u 15:10 časova 04. jula do 08:55 časova 10. jula. Merni instrument je tako podešen da prikupljene podatke usrednjava svakih pet minuta i kao jednu tačku merenja zapisuje u odgovarajući fajl.

Posmatrajući promenu efektivne vrednosti napona u toku merenja, što prikazuje slika 2, vidi se da napon varira u granicama od 97,3% do 106%, 24,325 kV do 26,5 kV (u merni instrument nije unesen prenosni odnos naponskog mernog transformatora).

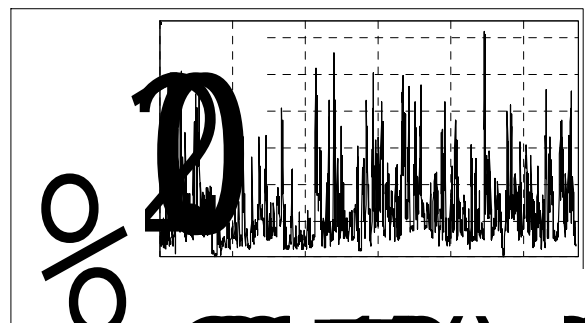


Sl. 2. Promena napona na 25 kV sabirnicama u EVP Doboj

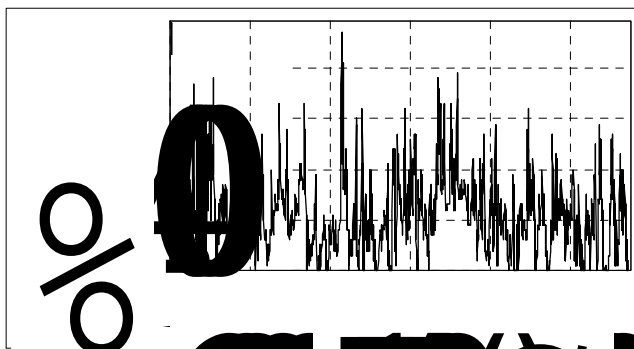
Harmonijska distorzija 3-ćeg harmonika napona u vremenskom domenu, u toku merenja, je prikazana na slici 4. Po IEEE-519 standardu limit za HD pojedinaćnih harmonika napona iznosi 3% (po IEC standardu 5%), pa se iz dobijenih rezultata vidi da se ponekad premašuje ta maksimalno dozvoljena vrednost.

Ove promene napona su u dozvoljenim granicama. Ćak i pad napona ispod vrednosti od 24 kV takođe nije problematićan jer je minimalana dozvoljena vrednost napona kontaktnog voda 19 kV. Ovo je minimalni napon sa kojim elektrićna lokomotiva radi pouzdano.

Totalna harmonijska distorzija napona u vremenskom domenu, u toku merenja, je prikazana na slici 3. Po IEEE-519 standardu limit za THD napona iznosi 5%, pa se iz dobijenih rezultata vidi da se Ćesto premašuje ta maksimalno dozvoljena vrednost. Po IEC standardu, koji se poklapa sa EN 50160 standardom, dozvoljena vrednost THD napona je 8%. Ako se posmatra ovaj standard situacija je povoljnija jer se mnogo ređe premašuje limit.

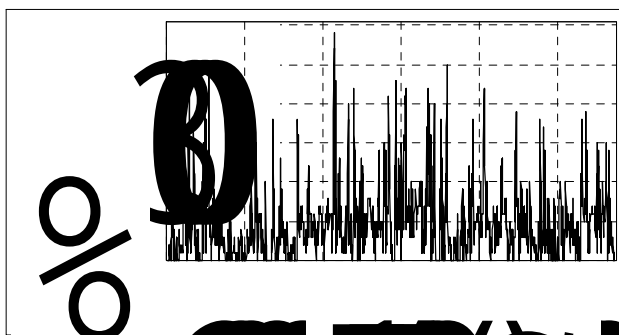


Sl. 3. THD napona na 25 kV sabirnicama u EVP Doboj



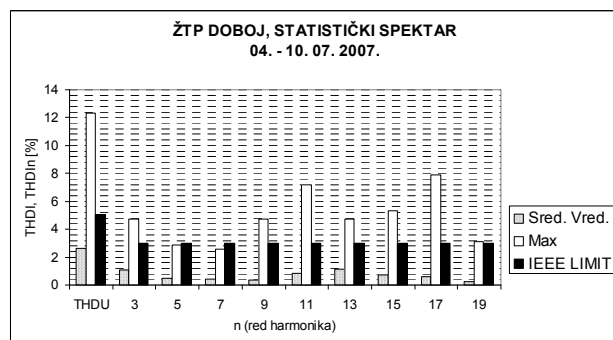
Sl. 4. HD 3. harmonika napona na 25 kV sabirnicama u EVP Doboj

Harmonijska distorzija 5. harmonika napona u vremenskom domenu, u toku mjerenja, je prikazana na slici 5. Po IEEE-519 standardu limit za HD pojedinačnih harmonika napona takođe iznosi 3%, pa se iz dobijenih rezultata vidi da se ta maksimalno dozvoljena vrednost ne premašuje.



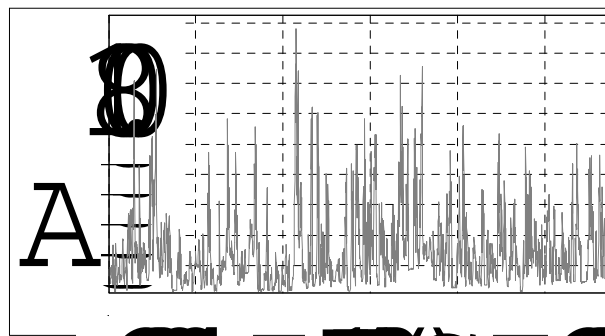
Sl. 5. HD 5. harmonika napona na 25 kV sabirnicama u EVP Doboj

Slika 6. prikazuje harmonijski spektar napona na kontaktnom vodu. Srednja vrijednost THDU ne prelazi dozvoljenu vrijednost od 5 %, po IEEE-519 standardu, odnosno 8 %, po EN 50160 standardu. Takođe ni srednja vrednost pojedinačne harmonijske distorzije napona ne prelazi limite.



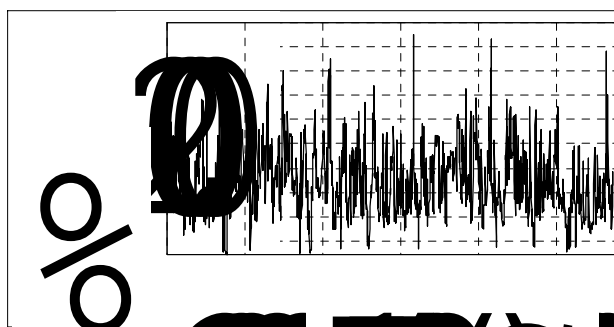
Sl. 6. Statistička obrada harmonijskog spektra napona

Usrednjena petominutna struja u toku merenja je prikazana na slici 7. Sa dijagrama se vidi da u toku dana ima znatnih promena opterećenja, pri čemu je maksimalna struja bila 178A.



Sl. 7. Vremenski dijagram struje u toku mjerenja na 25 kV sabirnicama u EVP Doboj

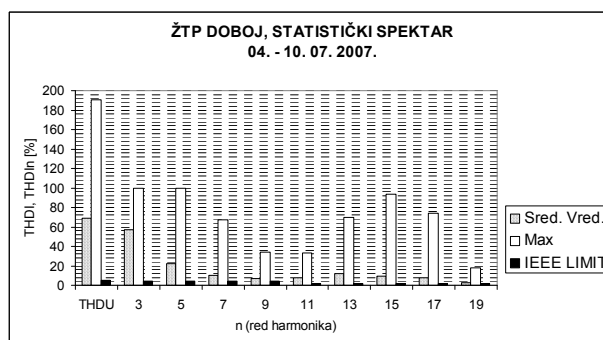
Odnos struje kratkog spoja na sabirnicama gde je vršeno merenje i maksimalne struje je daleko manji od 20, što po standardu IEEE-519 znači da THDI ne sme preći vrednost od 5%. Sa slike 8. se vidi da je THD struje daleko veći od dozvoljene vrednosti u toku celog vremena merenja.



Sl 8. THD struje na 25 kV sabirnicama u EVP Doboj

Harmonijska izobličenja pojedinačnih harmonika struje u toku vremena su daleko iznad dozvoljenih vrednosti od 4% u toku celog vremena mjerenja.

U harmonijskom spektru struje dominantni su treći, peti, sedmi, trinaesti, petnaesti i sedamnaesti harmonik, slika 9. I u ovom slučaju su izobličenja daleko iznad dozvoljenih, koji iznose 4%.



Sl. 9. Statistička obrada harmonijskog spektra struje

4. ZAKLJUČAK

Može se zaključiti da i u sistemu napajanja željezničkog saobraćaja postoje znatna harmonijska izobličenja struje, dok je izobličenje napona ispod maksimalnih standardizovanih granica, a samo se povremeno premašuju dozvoljene vrednosti izobličenja. Ovo znači da dolazi do pojave dodatnih gubitaka u sistemu napajanja, u električnim mašinama i bržem starenju izolacije.

Što se tiče uticaja ovih sistema na ostale potrošače u distributivnom sistemu može se reći da željeznički sistem nema uticaj na potrošače. Naime, transformatorske stanice za napajanje električnih lokomotiva se napajaju sa posebnih visokonaponskih dalekovoda, te ova izobličenja najčešće ne mogu da prodru u javnu distributivnu mrežu.

5. LITERATURA

[1] Čorba Zoltan, Vladimir Katić, Milićević Dragan: *Harmonics distortion in traction – a case study*, 13th International Symposium on Power Electronics, Ee-2005, Novi Sad, Serbia, 2-4. Nov. 2005, CD ROM CT6-1.2 pp. 1-4.

[2] V.A.Katić: *”Electric Power Quality - Harmonics”*, Monography, Faculty of Technical Sciences, Edition: Monographies, No.6, Novi Sad, 2002, (in Serbian)
[3] S.Vukosavić, *“Electric traction”*, Beograd, 2002 (in Serbian)

HARMONIC DISTORTION OF THE TRACTION RAILWAY COMPANY DOBOJ

Abstract: *The paper presents harmonics distortion measurement and analysis in electric traction. Based on the measured data attained, power harmonics distortion analysis has been performed for distribution network.*

Key words: *electric traction, harmonics distortion*