



Prof.dr.sc. Srete Nikolovski, dipl.ing.
Zvonimir Klaić, dipl.ing.
Predrag Marić, dipl.ing.
Elektrotehnički fakultet Osijek
Mario Brkić, dipl.ing.
Zoran Mujan, dipl.ing.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o.,
DP Elektra Vinkovci
Nino Vradnečić dipl.ing.
HEP – Operator distribucijskog sustava d.o.o.,
DP Elektroslavonija Osijek

4 – D2

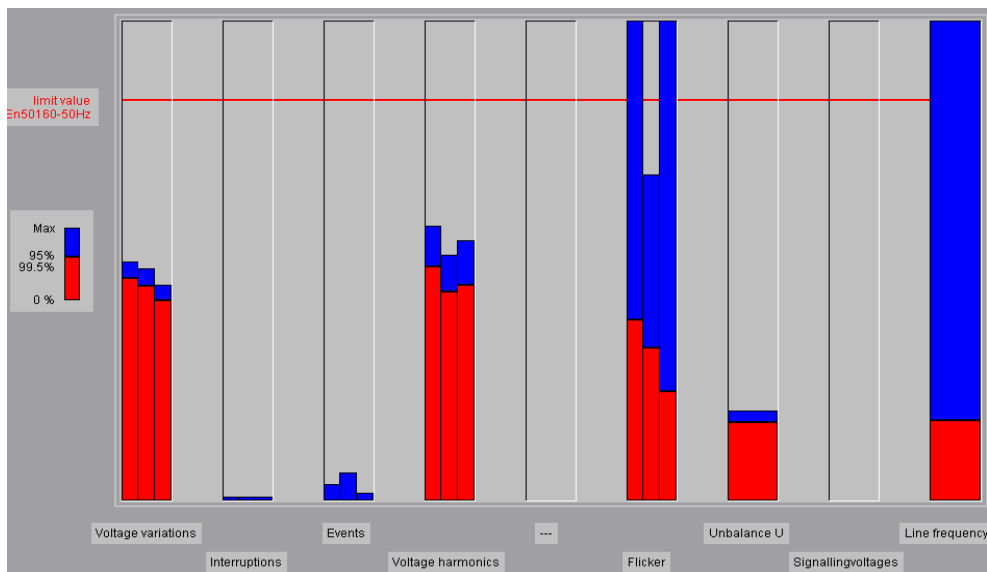
Diskusija na temu: Mjerenje i analiza kvalitete električne energije na otoku Pagu prije i nakon priključka male vjetroelektrane Ravna1

MJERENJE I KVALITETA ELEKTRIČNE ENERGIJE PREMA EU NORMI EN 50160 NA KABELSKOM I ZRAČNOM 10 kV IZVODU U DP ELEKTRA VINKOVCI

U ovom radu prikazani su rezultati mjerenja i analize kvalitete električne energije na kabelskom 10 kV gradskom izvodu u DP "Elektra" Vinkovci, i na zračnom seoskom 10 kV izvodu prema Europskoj normi EN 50160. Mjerenja su izvedena mrežnim analizatorima LEM Memobox 800 i 808, Topas 1000, LEM Analyst 3Q i MEK Tektra. Analiza je urađena pripadajućim programskim. Mjerenja su vršena istodobno na 12 TS-ica 10/0,4 kV na 10 kV kabelskom izvodu iz TS 35/10 kV Vinkovci 1 i 15 TS-ica na izvodu TS 35/10 kV Mikanovci u trajanju od sedam dana sukladno normi. Posebice su obrađene naponska i strujna nesimetrija zbog nesimetričnih opterećenja u TS-icama 10/0,4 kV. Utjecaj nesimetrije na povećanje gubitaka je procijenjen postotnim iznosom nakon proračuna tokova snaga. U listopadu 2005. godine izvršena su mjerenja parametara električne energije na odabranom vodnom polju VP Lenjinova u TS 35/10 kV Vinkovci 1. Postavljeno je sveukupno 12 mjernih trofaznih mrežnih analizatora na snimanje u periodu od 7 dana, sukladno Europskoj normi EN 50160, u slijedeće trafostanice:

1. U TS 35/10kV Vinkovci1, VP 10 kV Lenjinova, priključen je mrežni analizator LEM Memobox 808,
2. U KTS Lenjinova 2, na sekundarnoj strani 0,4 kV priključen je mrežni analizator LEM TOPAS 1000,
3. U KTS Slavija 1, na sekundarnoj strani na 0,4 kV priključen je mrežni analizator LEM Memobox 800,
4. U KTS Slavija 3, na sekundarnoj strani na 0,4 kV priključen je uređaj MEK-Tektra,
5. U KTS Slavija 2, na sekundarnoj strani na 0,4 kV priključen je uređaj LEM ANALYST 3Q,
6. U KTS Naselje Slavonka, na sekundarnoj strani na 0,4 kV priključen je uređaj MEK-Tektra,
7. U KTS Kolonije, na sekundarnoj strani na 0,4 kV priključen je uređaj MEK-Tektra,
8. U KTS Zagrebački Blok 2, na sekundarnoj strani na 0,4 kV priključen je uređaj LEM ANALYST 3Q,
9. U KTS Zagrebački Blok 1, na sekundarnoj strani priključen je uređaj LEM ANALYST 3Q,
10. U KTS Lenjinova 1, na sekundarnoj strani priključen je uređaj MEK-Tektra,
11. U KTS Zivana Sedlana 3, na sekundarnoj strani priključen je uređaj LEM ANALYST 3Q,
12. U KTS V. Nazora, na sekundarnoj strani priključen je uređaj ISKRA Power Analyzer.

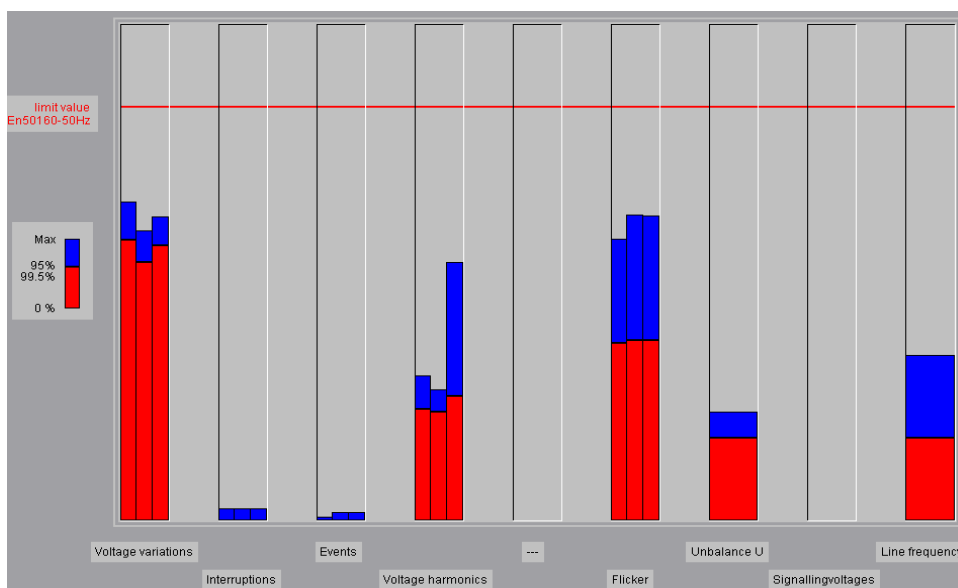
Mjerenja su izvedena u periodu od 07.10.2005. u 13:00 sati do 14.10.2005. u 13:00 sati. Parametri napona na početku, to jest ulazu u kabelski izvod VP Lenjinova 10 kV su prikazani na slici 1. Svi parametri kvalitete napona su granicama ispod (crveno) norme, dok je manji dio flikera-treperenja u 5% vremena tjedna i frekvencija u 0.5 % tjedna u plavom području, što je također u redu.



Slika 1. Parametri kvalitete na kabelskom VP Lenjinova prema normi EN 50160.

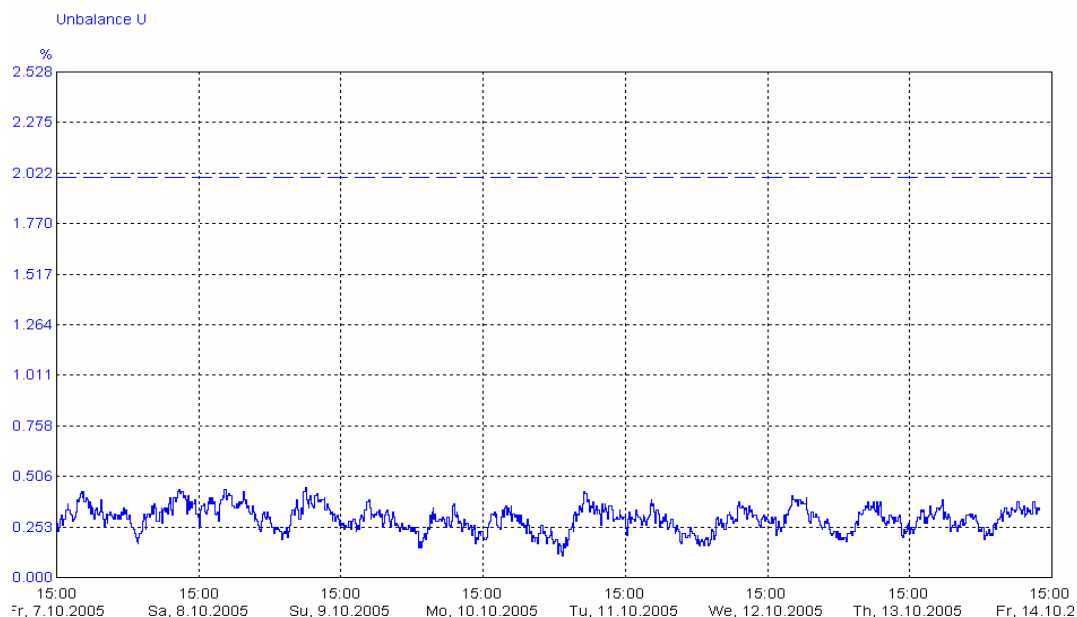
U studenom 2005. godine izvršena su mjerenja parametara električne energije na odabranom VP Ciglana u TS 35/10 kV Mikanovci. Mjerenja su izvedena od 21.11.2005. u 12:00 sati do 28.11.2005. u 16:00 sati. Postavljeno je sveukupno 15 mjernih uređaja u periodu od 7 dana, u sljedeće trafostanice:

1. TS 35/10 kV Mikanovci, u VP 10 kV Ciglana, priključen je mrežni analizator LEM Memobox 808,
2. U PTTS 355 – Ciglana, na sekundarnoj strani priključen je uređaj Tektra MEK,
3. U ŽSTS 360 – Škola, na sekundarnoj strani priključen je uređaj Tektra MEK,
4. U ŽSTS 265 – V. Nazora, na sekundarnoj strani priključen je uređaj Tektra MEK,
5. U PTTS 277 – Mlin, na sekundarnoj strani priključen je mrežni analizator LEM Topas 1000,
6. U ŽSTS 322 – Vinkovačka, na sekundarnoj strani priključen je uređaj Tektra MEK,
7. U SBTS 1036 – Rekreativski Centar, na sekundarnoj strani priključen je analizator LEM Mem 800,
8. U PTTS 12 – N. Mikanovci, na sekundarnoj strani priključen je uređaj Tektra MEK,
9. U SBTS 30 – B. Radića, na sekundarnoj strani priključen je uređaj Tektra MEK,
10. U ŽSTS 13 – S. Lehotice, na sekundarnoj strani priključen je uređaj LEM Analyst 3Q,
11. U ŽSTS 16 – Kolodvorska, na sekundarnoj strani priključen je uređaj Tektra MEK,
12. U ŽSTS 14 – Vinogradska, na sekundarnoj strani priključen je uređaj LEM Analyst 3Q.
13. U PTTS 15 – Vođinci 1, na sekundarnoj strani priključen je uređaj ISKRA Power Analyzer.
14. U PTTS 17 – Vođinci 2, na sekundarnoj strani priključen je uređaj Tektra MEK.
15. U CSTS 18 – S. Lehotice 2, na sekundarnoj strani priključen je uređaj LEM Analyst 3Q.



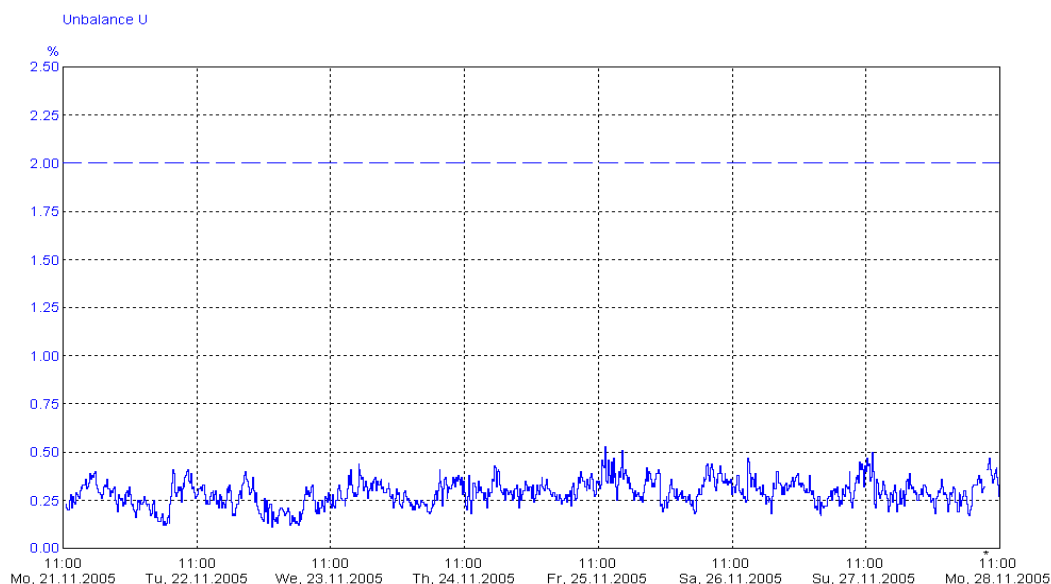
Slika 2. Parametri kvalitete na zračnom VP 10 kV Ciglana u TS Mikanovci, prema normi EN 50160.

Svi parametri kvalitete napona su daleko ispod crvene crte koja označava granične vrijednosti norme EN 50160. Dakle, na prvi pogled se može zaključiti da su svi parametri kvalitete električne energije potpuno u skladu sa spomenutom normom. Na slici 3 vidi se da je nesimetrija napona VP Lenjinova u granicama norme EN 50160 – tijekom cijelog mjernog tjedna nesimetrija je ispod 0.5 % U_N , a dopuštena vrijednost u normi je 2 % U_N .



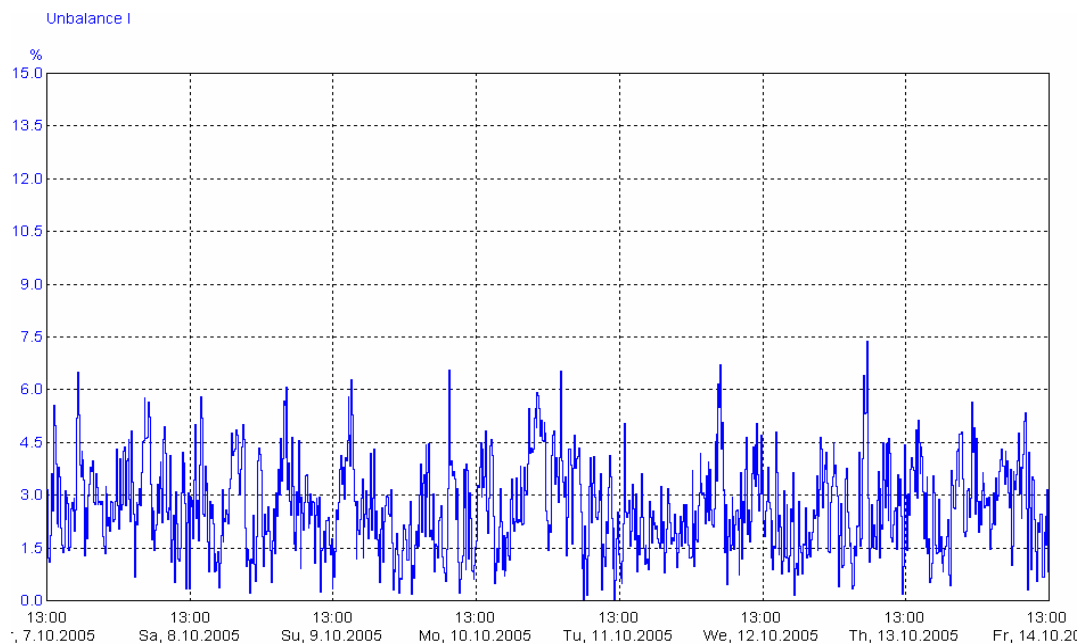
Slika 3. Nesimetrija napona u VP Lenjinova u TS Vinkovci 1 u granicama je norme < 2% U_N .

Slika 4 prikazuje naponsku nesimetriju tijekom sedmodnevnog mjerenja u VP Ciglana, TS Mikanovci. Premda su vrijednosti naponske nesimetrije u VP Ciglana ispod granice norme EN 50160 (2 % U_N), može se primijetiti da su ove vrijednosti nešto većeg iznosa nego vrijednosti u VP Lenjinova. U zadnja 3 mjerna dana u VP Ciglana, vrijednosti mjestimično prelaze 0.5 % U_N , što nije slučaj u VP Lenjinova.



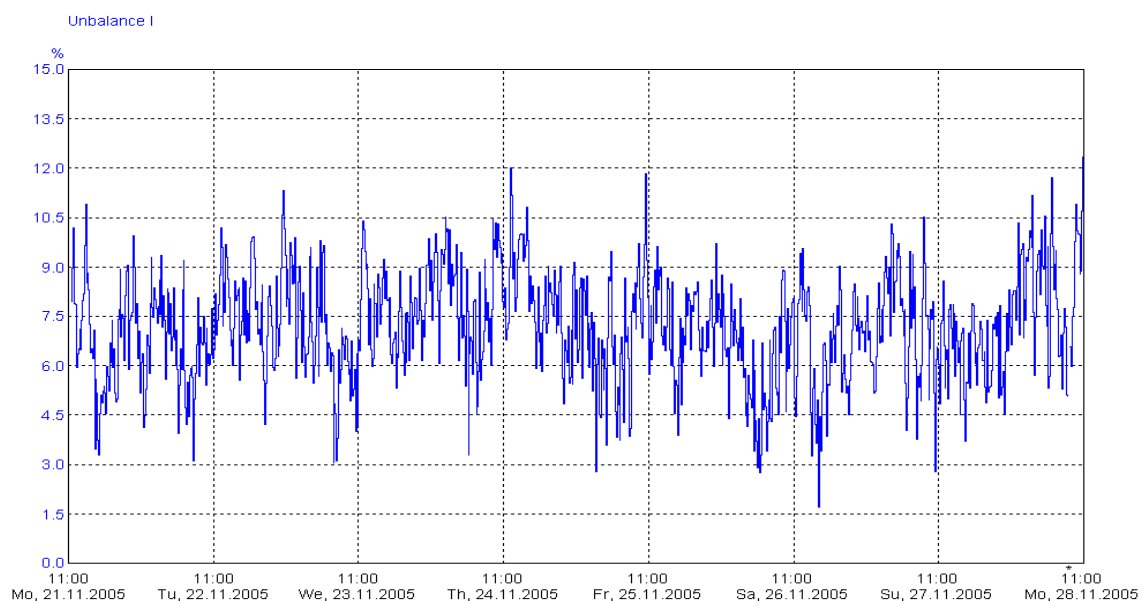
Slika 4. Nesimetrija napona u VP Ciglana u TS Mikanovci u granicama je norme - < 2% U_N .

Slika 5 prikazuje strujnu nesimetriju tijekom sedmodnevnog mjerenja u 10 kV VP Lenjinova. Vrijednosti nesimetrije samo mjestimično prelaze 6.0 %, a najveća zabilježena vrijednost je nešto ispod 7.5 %, u 6. mjernom danu.



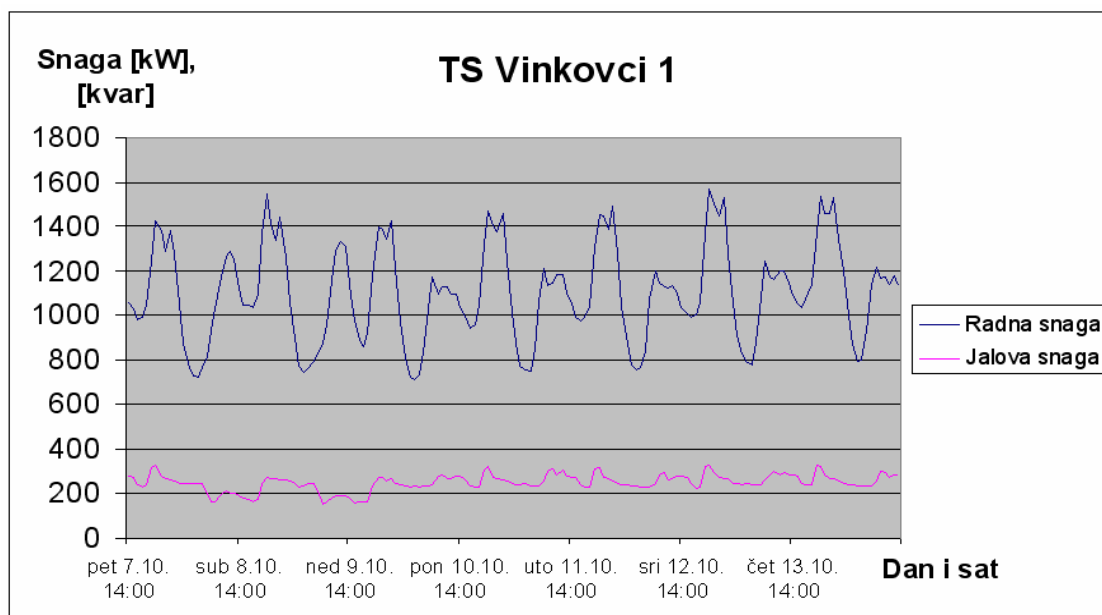
Slika 5. Strujna nesimetrija tijekom sedmodnevnog mjerenja u VP Lenjinova.

Strujna nesimetrija tijekom 7 dana u VP Ciglana TS Mikanovci prikazana je na slici 6. Vrijednosti su znatno veće nego u VP Lenjinova – uglavnom se kreću između 3 % i 10 %, ali mjestimično dostižu i 12 %. Za usporedbu, najveća izmjerena vrijednost u VP Lenjinova je oko 7.5 %.



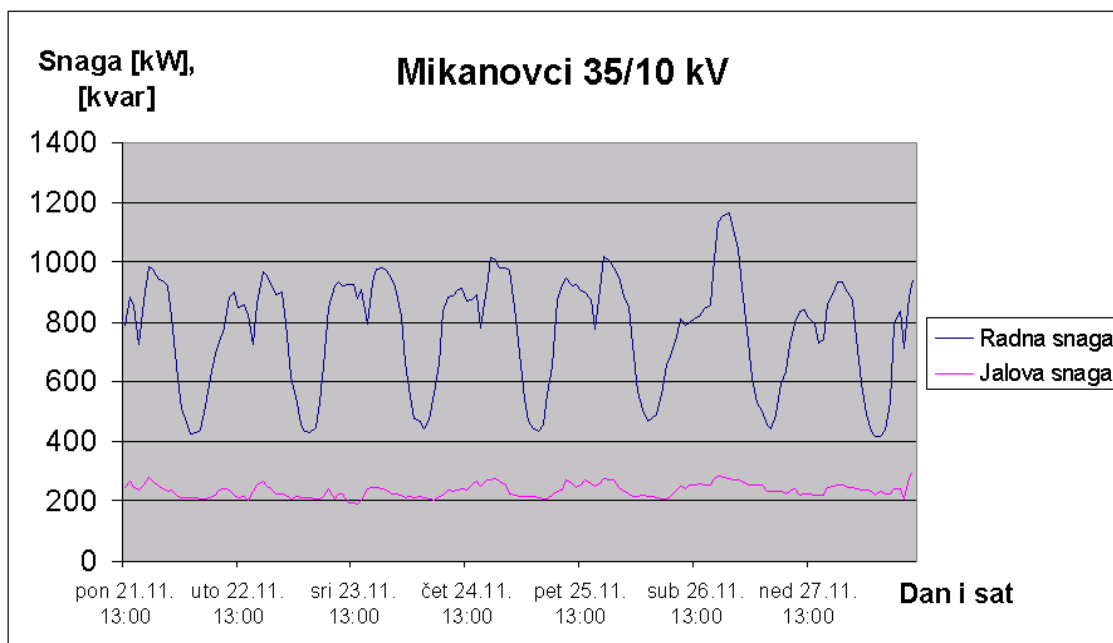
Slika 6. Strujna nesimetrija tijekom sedmodnevnog mjerenja u VP Ciglana, TS Mikanovci.

Slika 7 prikazuje dijagram radnog i jalovog opterećenja tijekom 7 dana u TS Vinkovci 1, VP Lenjinova. Dnevna vršna opterećenja kreću se 1400 kW do 1600 kW. Po krivulji radnog opterećenja lako se može zaključiti da TS Vinkovci 1 napaja većinom kućanstva. Naime, nije moguće uočiti veću razliku između opterećenja radnim danima i vikendom, dapače, samo u subotu i nedjelju između 13:00 i 14:00 sati mogu se uočiti lokalni maksimumi, koji su veći nego u radnim danima (priprema ručka).



Slika 7. Dijagram radnog i jalovog opterećenja tijekom 7 dana – TS Vinkovci 1, VP Lenjinova.

Na slici 8 može se vidjeti tjedni dijagram radnog i jalovog opterećenja u TS Mikanovci. Dnevna vršna opterećenja niža i kreću se većinom između 800 kW i 1000 kW, s iznimkom u subotu oko 24:00 sata gdje je vršno opterećenje nešto niže od 1200 kW. Može se uočiti da krivulja radnog opterećenja radim danima i u radno vrijeme (od 7:00 do 15:00 sati) ima znatno veće vrijednosti nego u danima vikenda.



Slika 8. Dijagram radnog i jalovog opterećenja tijekom 7 dana – TS Mikanovci, VP Ciglana.

Nakon unosa mjernih vrijednosti za radne i jalove snage u DP Elektra Vinkovci u trajanju od tjedan dana u programski paket DIgSILENT za analizu mreža izračunati su gubici na zračnom i kabelskomvodu. Proračun je izvršen za simetrična opterećenja tokova snaga. Tako se većinom vrše analize tokova snaga i proračun gubitaka. Ovdje je cilj pokazati, da mada je naponska nesimetrija u granicama EU norme EN 50160 (slike 3 i 4), postoji utjecaj nesimetrije na povećanje gubitaka uzrokovano strujnom nesimetrijom zbog različitih opterećenja faza potrošača na razini TS 10/0,4 kV. Izračunati gubici energije za simetrično opterećenje su 2.04 % od ukupne potrošene energije VP-a. Za nesimetrično opterećenje izračunati gubici su 2.21 % od ukupne energije potrošnje VP-a. Omjer gubitaka je $(2.21 - 2.04) / 2.04 * 100 = 8.33\%$. Ovo pokazuje da postoji utjecaj nesimetrije opterećenja potrošača po fazama na povećanje gubitaka na kabelskom izvodu.