	Case study: Poslovna zgrada	бр. 120809v1
		datum



## KOMPENZACIJA REAKTIVNE SNAGE U POSLOVNOJ ZGRADI

Lokacija : Airport City Beograd, Omladinskih brigada 88.

Tip objekta: Poslovna zgrada

### Uvod

Poslovne zgrade su veliki potrošači električne energije zbog rada modernih sistema za hlađenje i grejanje. U praksi, od ukupnog iznosa računa za električnu energiju, oko 15% nosi utrošena reaktivna energija i prekomerna reaktivna energija. Ovaj deo računa se može jednostavno anulirati, ugradnjom opreme za kompenzaciju reaktivne snage. Ovim se ne samo smanjuju troškovi po računu za električnu energiju, već se i rasterećuju prenosni kablovi i transformatori, kako u samoj zgradi tako i u elektroenergetskom sistemu. Stoga je kompenzacija reaktivne snage i preporučena tehničkim preporukama Eлектроprivrede Srbije kao jedna od mera za rasterećenje EES, a tarifnim sistemom se stimuliše ugradnja ove opreme.

### Opis


Kompenzacija reaktivne snage u poslovnim zgradama je tehnički zahtevan postupak, kako zbog prisustva velikog broja osetljivih potrošača, tako i zbog prisustva potrošača koji generišu više harmonike napona i struja (fluor cevi, štedljive sijalice, računarska napajanja...). Nepravilnim izborom tipa opreme za kompenzaciju reaktivne snage dolazi do pojačanja viših harmonika napona i struja, što dovodi do ispada osetljive opreme (serveri, telefonske centrale, PLC-ovi za KGH...), povećanog broja kvarova (monitori, hard diskovi,...), a u težim slučajevima i do preopterećenja kablova i reagovanja zaštitnih prekidača.

Prilikom izvođenja kompenzacije reaktivne snage u poslovnim zgradama, neophodno je ugraditi opremu za kompenzaciju reaktivne snage filterskog tipa, kako bi se izbegli svi negativni efekti i osigurao dugotrajan rad opreme, planirano smanjenje troškova i pouzdan povratak investicije. Ugradnjom opreme filterskog tipa u poslovne objekte, postižu se sledeći efekti:

- smanjenje ukupnog računa za električnu energiju za 10-15%,
- filtriranje postojećih struja viših harmonika struja, te smanjenje izobličenja napona napajanja u zgradi,
- pouzdan rad osetljive opreme (serveri, hard diskovi, računari,...),
- dugotrajan rad i brz povratak investicije.

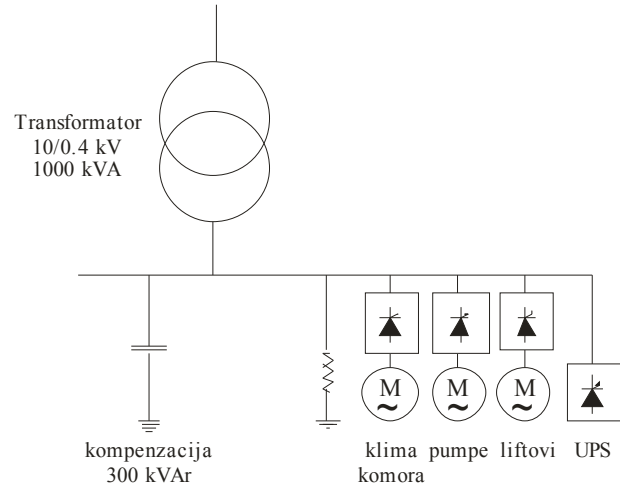
### Praktičan primer

Prilikom izgradnje poslovnog objekta, ugrađena je tipska kompenzacija reaktivne snage u trafo stanici 300 kVAr klasičnog tipa – samo sa kondenzatorskim baterijama i kontaktorima. Od samog početka rada zgrade pojavili su se problemi u kvalitetu napona. Zakupci prostora prijavljivali su često probleme sa pogoršanim kvalitetom napona. Postojeći UPS-ovi su veoma često reagovali i uključivali pomoćno napajanje (758 uključenja/nedelju dana), a zaštitna oprema je reagovala bez nekog očiglednog razloga i isključivala kompletne spratove. Prijavljeno je i često pregorevanje napajanja za PC računare, kao i resetovanje PLC ova za upravljanje klimatizacijom. Dodatno, troškovi za reaktivnu energiju su i dalje bili značajan deo računa za električnu energiju. S obzirom na značaj posla koji je obavljan u zgradi (serveri banaka, call centar mobilnog operatera, centrala osiguravajućeg društva,...) bilo je neophodno hitno pronaći uzrok problema.

	Case study: Poslovna zgrada	бр. 120809v1
		датум

### **Opis problema**

Transformator: 1000 kVA, Dy5. Tipska kompenzacija reaktivne snage 300 kVAr, klasična, kontaktorska.

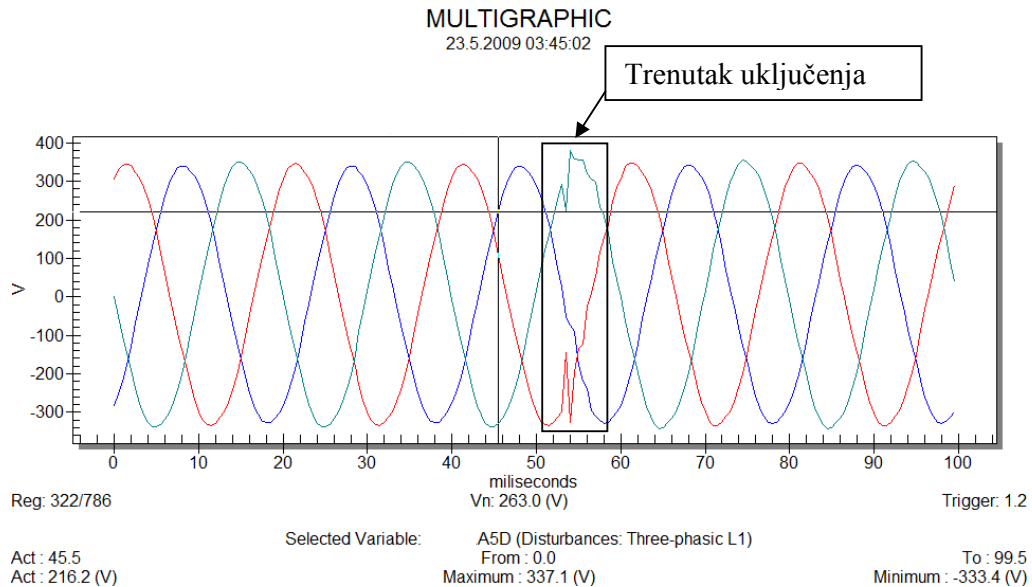


Slika 1.: Jednopolna šema poslovne zgrade

U objektu postoji brojna oprema koja generiše više harmonike: oprema za klimatizaciju (frekventni regulatori u klima komorama, pumpama,...), četiri lifta, tri UPS-a velike snage i veliki broj malih, veliki broj štednih sijalica, veliki broj PC računara i notebookova, itd... Sva ova oprema, zbog ispravljačkih mostova, stvara više harmonične komponente struja. Uticaj ovih struja se pojačava sa prisustvom kondenzatorskih baterija u trafostanici.

Merenjima u TS je ustanovljeno da je kvalitet napona pogoršan, tj. THD faktor napona je povišen i iznosi i do 4%. THD faktor napona u ED mreži iznosi oko 2% i ovo povećanje THD-a ukazuje na postojanje paralelne rezonanse između kondenzatorskih baterija i reaktanse mreže i transformatora.

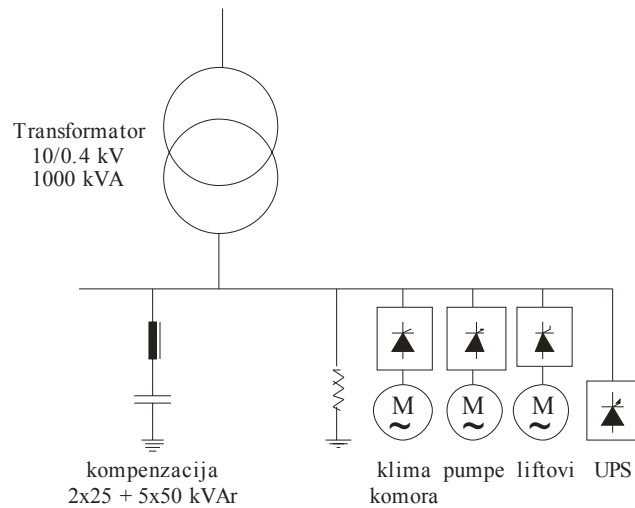
Dodatno, ustanovljeno je da kontaktori koji uključuju baterije, iako moderni i namenjeni uključanju/isključanju kapacitivnih struja, nisu korektno vršili svoju funkciju, tj. nisu u dovoljnoj meri ograničili struju uključanja kondenzatora. Na slici 2. prikazani su talasni oblici napona pri uključanju/isključanju kondenzatora. Ovakav uticaj struje uključanja kondenzatora na napon na sabirnicama transformatora nije uobičajen i sugerise da upotrebljena oprema u ormanu kompenzacije nije kvalitetna. Ovakav talasni oblik napona izazivao je česta reagovanja UPS-ova, s obzirom na visoku osetljivost ugrađenih UPS-ova.



Slika 2.: Napon na sabirnicama transformatora prilikom uključenja kondenzatorskih baterija pre rekonstrukcije.

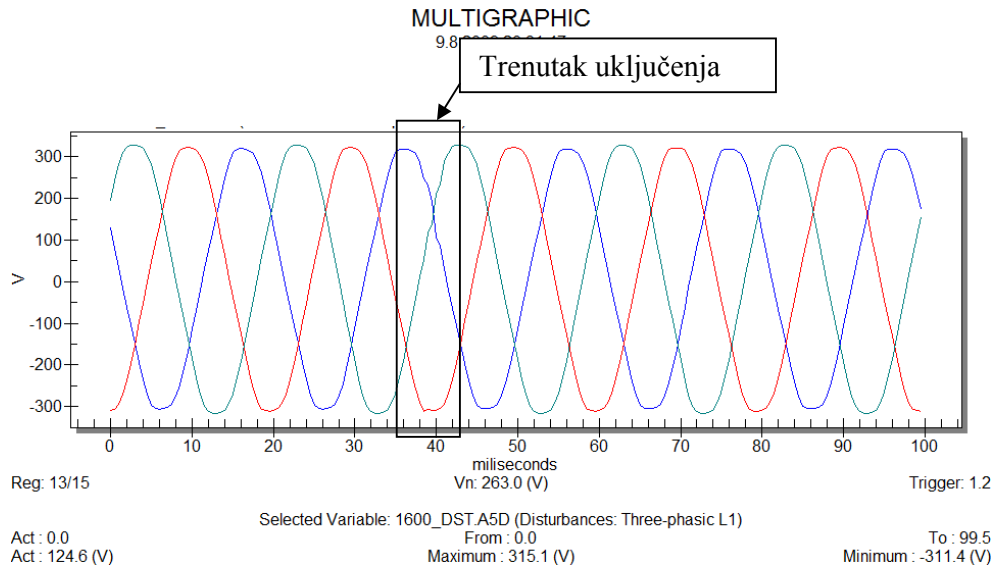
Zbog svega napred navedenog zaključeno je da primenjena oprema za kompenzaciju nije adekvatnog tipa. Pristupilo se rekonstrukciji ćelije za kompenzaciju reaktivne snage i ugradnji opreme filterskog tipa.

Na slici 3 prikazana je jednopolna šema objekta posle rekonstrukcije ćelije za kompenzaciju reaktivne snage.



Slika 3. jednopolna šema objekta posle rekonstrukcije

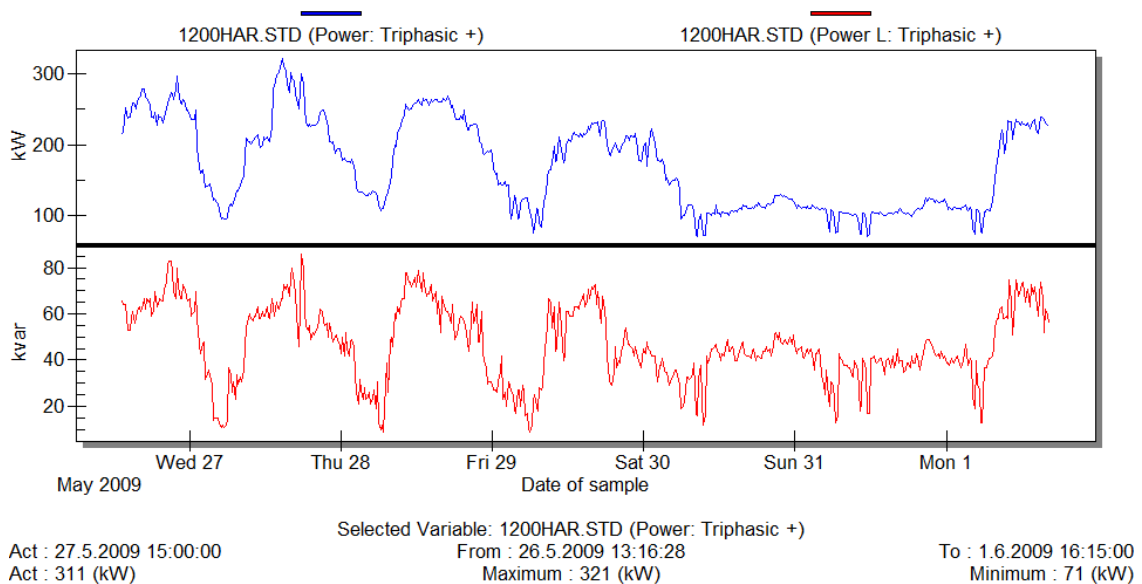
Na slici 4. prikazani su talasni oblici napona prilikom uključenja filterskog koraka, posle rekonstrukcije. Očigledno je da je udarna struja pri uključenju koraka uspešno limitirana, te je uticaj uključenja na napon jako mali. Ovo pozitivno utiče na svu osetljivu opremu u zgradi.



Slika 4. Talasni oblik napona pri uključenju filterskog koraka

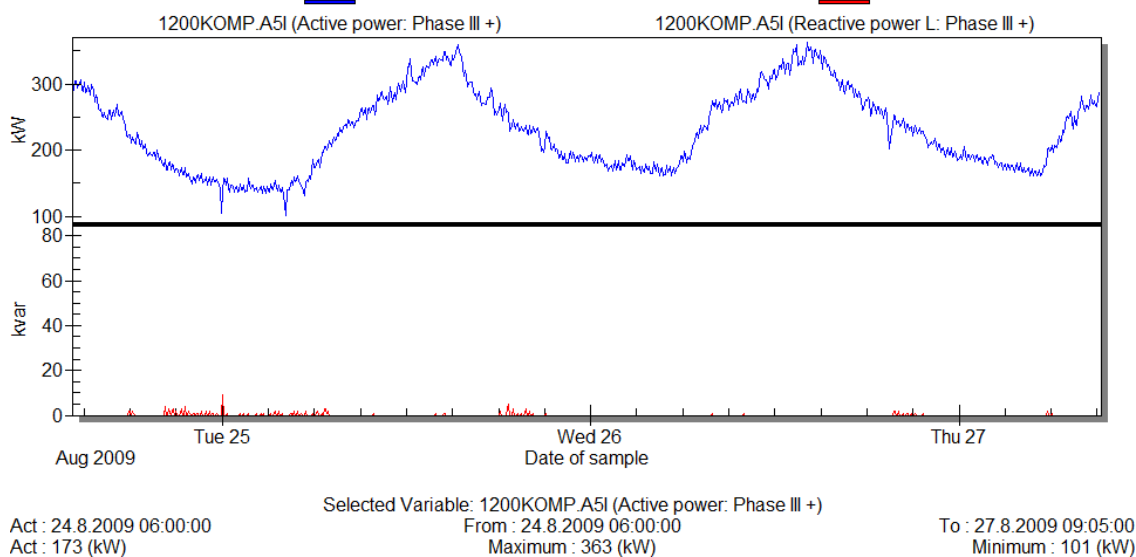
Na slikama 5 i 6 prikazane su aktivna i reaktivna snaga objekta pre i posle rekonstrukcije ćelije za kompenzaciju. Aktivna snaga je približno ista na oba snimka, dok je reaktivna snaga očigledno anulirana posle izvršene rekonstrukcije ćelije za kompenzaciju reaktivne snage. Očigledno je da je tipska kompenzacija nije efikasno funkcionisala. Posledica rekonstrukcije je i smanjenje računa za utrošenu reaktivnu energiju iako je nominalna snage opreme za kompenzaciju ostala nepromenjena.

### AKTIVNA I REAKTIVNA SNAGA



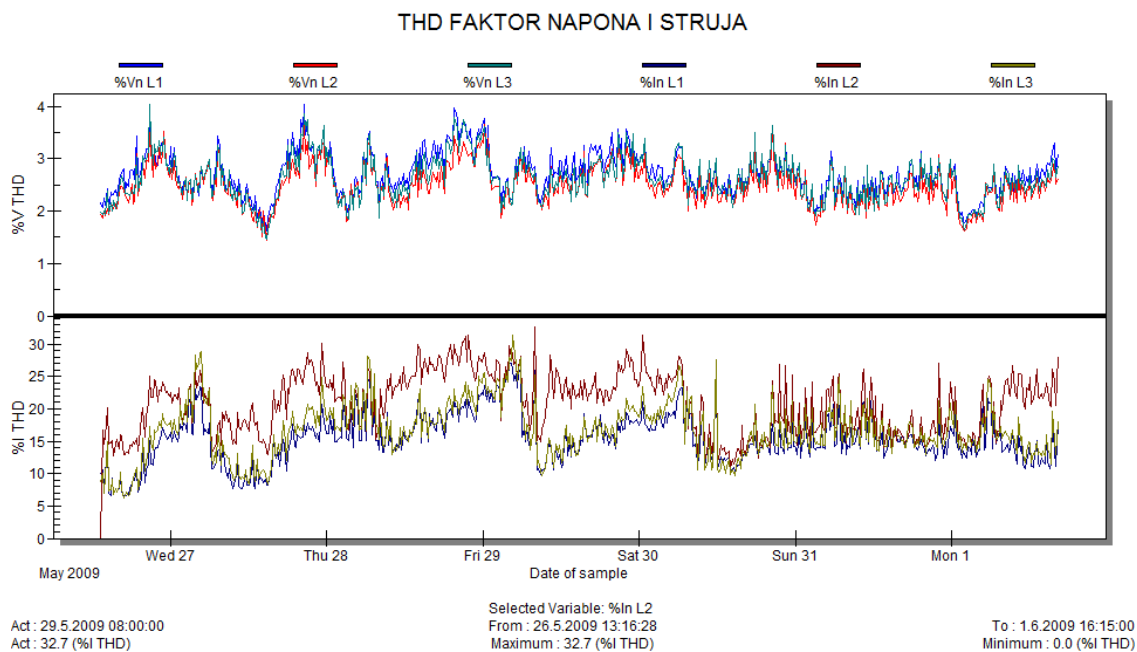
Slika 5: Aktivna i reaktivna snaga pre rekonstrukcije

### Aktivna i reaktivna snaga - filterska kompenza

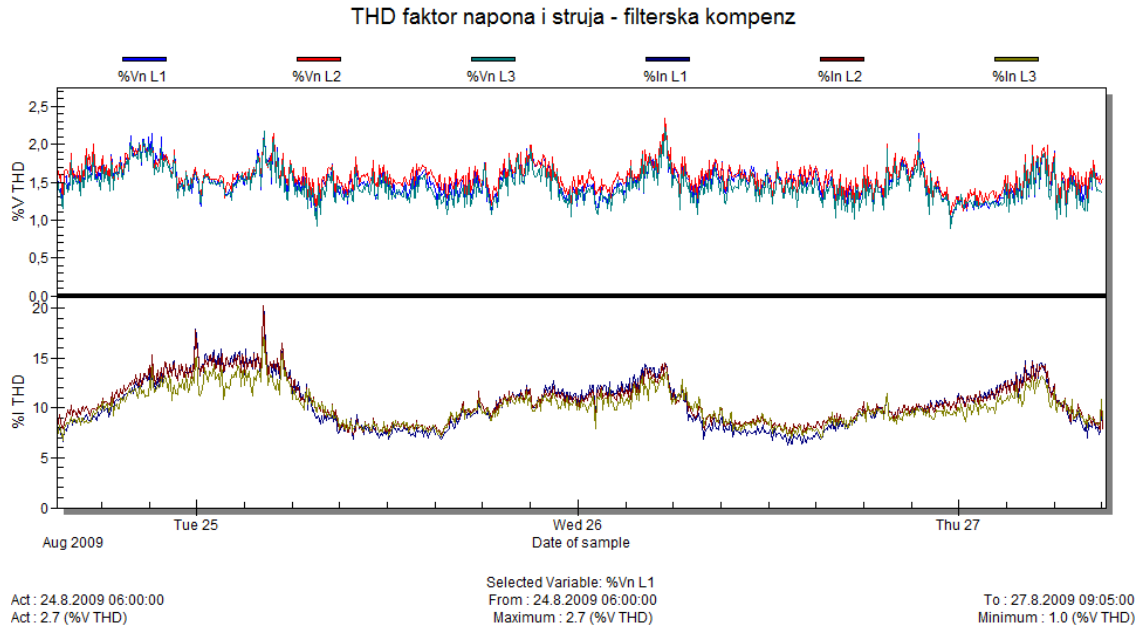


**Slika 6:** Aktivna i reaktivna snaga posle rekonstrukcije

Na slikama 7. i 8. prikazane su vrednosti THD faktora napona i struja pre i posle rekonstrukcije ćelije za kompenzaciju reaktivne snage.



**Slika 7.** THD faktor napona i struja pre rekonstrukcije

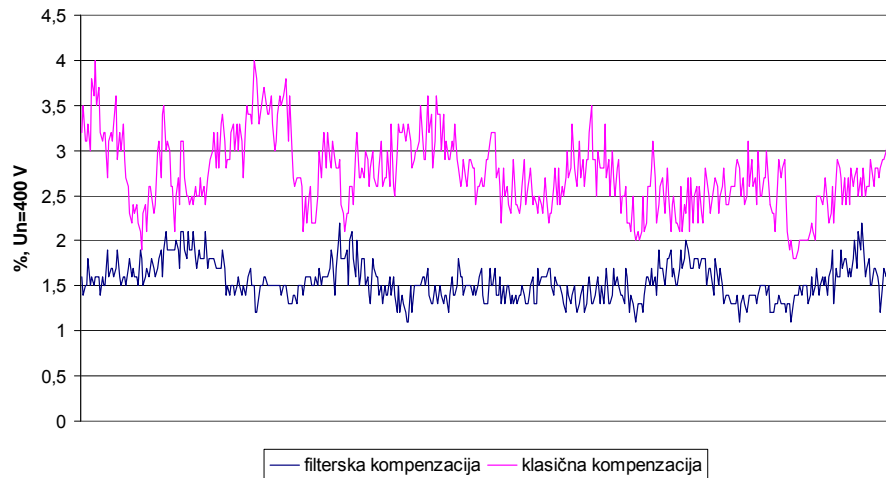


**Slika 8.** THD faktor napona i struja posle rekonstrukcije

Poređenjem slika odmah se uočava da je THD faktor napona značajno opao posle rekonstrukcije, kao posledica rada filterske opreme za kompenzaciju reaktivne snage. Viši harmonici struja više se ne pojačavaju preko kondenzatorskih baterija tako da je i THD faktor struje značajno smanjen.

U cilju poređenja, na slici 9. uporedno su predstavljene srednje vrednosti THD faktora napona za sve tri faze, pre i posle rekonstrukcije čelije za kompenzaciju. THD faktor napona je opao sa prosečnih 2.82% pre rekonstrukcije, na prosečnih 1.59% posle rekonstrukcije. Ova promena predstavlja značajno smanjenje izobličenja napona i poboljšanje kvaliteta napona napajanja. Dodatno, udarna izobličenja napona, koja su išla i do 4% pre rekonstrukcije, sada su praktično eliminisana i ne prelaze 2.2%, što je još jedan pozitivan uticaj filterskog postrojenja na stabilizaciju naponskih prilika.

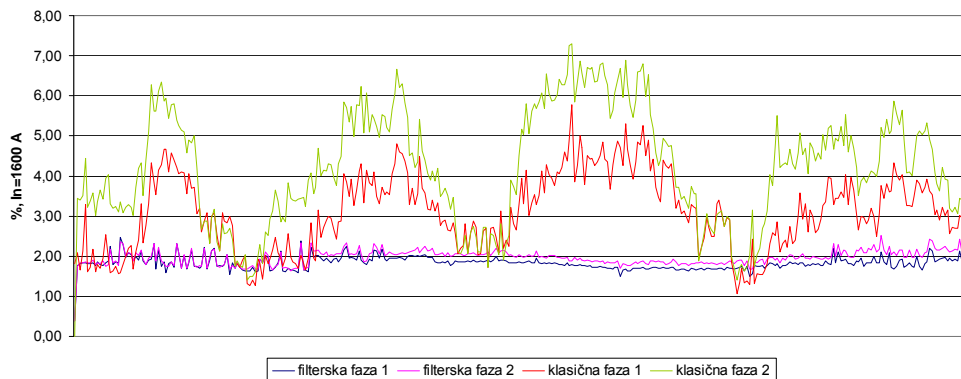
### Srednja vrednost THD faktora napona - objekat 1200



**Slika 9.** Uporedni prikaz srednje vrednosti THD faktora napona u objektu 1200, pre i posle rekonstrukcije

Na slikama 7. i 8. vidi se da je THD faktor struje značajno opao posle rekonstrukcije, sa 25% na oko 15% u odnosu na osnovni harmonik struje. Da bi se izvršilo precizno poređenje, izvršena je normalizacija THD faktora struje za oba slučaja, na nominalnu vrednost struje transformatora, tj. 1600 A, i rezultat je prikazan na slici 10.


### Normalizovani THD faktor struje



**Slika 10:** Normalizovana vrednost THD faktora struje, pre i posle rekonstrukcije

Na slici 10 su prikazane normalizovane vrednosti THD faktora struja u dve faze pre i posle rekonstrukcije. Pre rekonstrukcije, normalizovana vrednost THD faktora struje iznosila je i do 7.3% što je visoka vrednost (na sl. 9 označeno kao klasična faza 1 i faza 2). Ovako visok sadržaj struja viših harmonika javlja se zbog postojanja rezonantnog kola koje čine izvori viših harmonika u objektu i kondenzatorskih baterija u ćeliji za kompenzaciju.

Rekonstrukcijom ćelije i ugradnjom filterskih prigušnica, sprečeno je nastajanje rezonance na višim harmoničnim učestanostima, što za posledicu ima smanjenje struja viših harmonika. Posle rekonstrukcije, normalizovana vrednost THD faktora struje kreće se u granicama od

	Case study: Poslovna zgrada	бр. 120809v1
		датум

1.8% do 2.2% (na sl. 9 označeno kao filterska faza 1 i faza2), što je smanjenje sadržaja struja viših harmonika u mreži za više od tri puta.

Kao posledica smanjenja sadržaja viših harmoničnih komponenti napona i struja u objektu, te eliminisanja tranzijenata usled uključenja kondenzatora, poboljšan je kvalitet napona napajanja i smanjeni su gubici u prenosnim kablovima i samom transformatoru, ispadi opreme su praktično svedeni na minimum, a osetljivi UPS-vi su smanjili broj reagovanja na 2-4 nedeljno.

**Zaključak:** Primenjena tipska oprema za kompenzaciju reaktivne snage, koja je ugrađena prilikom izgradnje objekta, je neodgovarajuća za tip potrošača u poslovnoj zgradi. Radi se o potrošačima koji generišu više harmonike napona i struja (UPS, HVAC - frekventni regulatori, liftovski pogon, računarska napajanja, fluo i štedljiva rasveta...). Primenom neodgovarajuće opreme izobličenja su pojačana i napon napajanja je izrazito pogoršan, što je doprinelo čestim ispadima osetljive opreme u zgradi. Avalon Partners je izvršio merenja i stručnu analizu zatečene situacije i uspešno izvršio rekonstrukciju ćelije za kompenzaciju reaktivne snage. Ugrađena je oprema koja sprečava nastanak rezonance i pojačanje viših harmonika. Merenja posle primopredaje pokazuju da su se viši harmonici struja smanjili 3 puta, a izobličenje napona se smanjilo 2 puta. Napon napajanja sada zadovoljava međunarodne standarde kvaliteta napona za ovaj tip objekta. Korisnici prostora u zgradi potvrdili su da je broj ispada i kvarova opreme drastično smanjen. Dodatno, računici za utrošenu reaktivnu snagu su takođe smanjeni na tehnički minimum.

**Reference:** Avalon Partners je uspešno izveo veliki broj projekata kompenzacije reaktivne snage u poslovnim i industrijskim objektima. Za potrebe ovog dokumenta sa ponosom izdajamo sledeće najvažnije reference na poslovnim objektima:

Zgrada GRADSKE UPRAVE BEOGRAD ul. 27. marta, Beograd  
 Zgrada GRADSKE UPRAVE BEOGRAD ul. Mekenzijeva, Beograd  
 PALATA BEOGRADANKA, Beograd  
 Zgrada OPŠTINE VRAČAR, Beograd  
 NARODNA BIBLIOTEKA SRBIJE, Beograd  
 JP POŠTE SRBIJE, zgrada pošte br. 6, Beograd  
 Ministarstvo Pravde RS, PALATA PRAVDE, Beograd  
 Ministarstvo Pravde RS, TRGOVINSKI SUD, Beograd  
 Hotel INTERCONTINENTAL, Beograd  
 AIRPORT CITY BELGRADE zgrade 1100-1400, Beograd  
 KOMERCIJALNA BANKA, zgrada u Svetosavskoj, Beograd

**Napomena:** Svi prezentirani podaci i snimci su izmereni na konkretnim objektima na kojima je Avalon Partners izvršio opisane radove. Svi rezultati su realni i ni na koji način nisu izmenjeni ili prilagođavani. Svi grafikoni su izmereni od strane Avalon Partners d.o.o. i kao takvi su vlasništvo Avalon Partners d.o.o., te se ne smeju umnožavati ili distribuirati bez izričitog odobrenja Avalon Partners d.o.o.