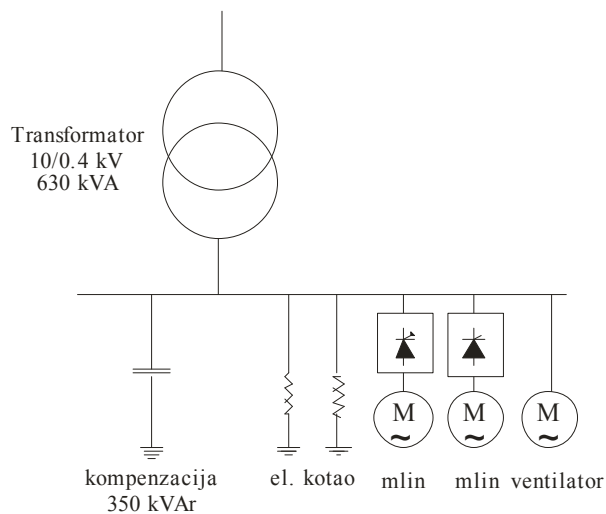
	Case study: Rezonansa	бр. CS190909v1
		datum

Uvod

Ovom analizom ukazuje se na moguće greške prilikom izbora tipa opreme za kompenzaciju reaktivne snage. U prezentovanom slučaju, u pogonu u kome postoji određena snaga izvora viših harmonika ugrađena je oprema za kompenzaciju klasičnog tipa (kondenzatorske baterije, kontaktori, regulator,...). Time je izazvana rezonanca i došlo je do pojačanja struja viših harmonika i izobličenja napona, te otkaza i nepouzdanog rada osjetljive opreme. Takođe došlo je i do pregrevanja kablova na ormanu kompenzacije, reagovanja osigurača i ubrzanog pregorevanja kondenzatorskih baterija.

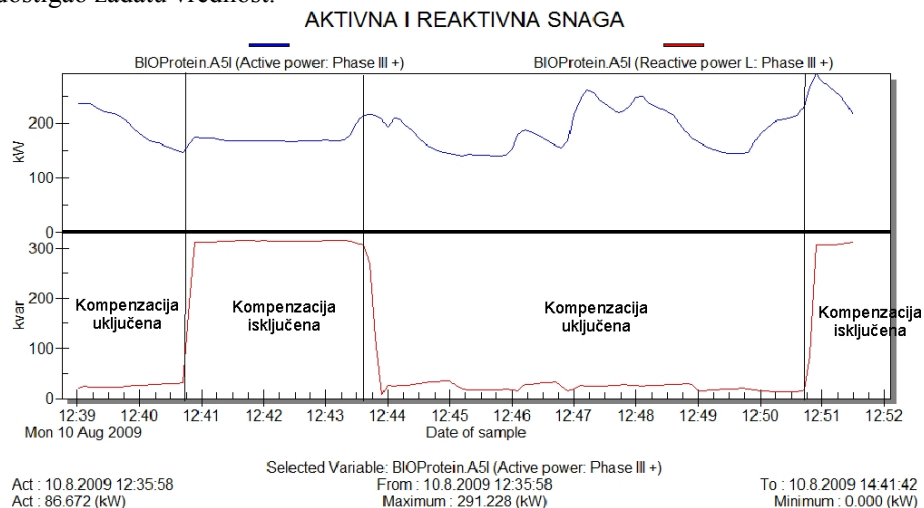
Opis problema

Transformator: 1 x 630 kVA, Dy5. Snaga i tip opreme za kompenzaciju reaktivne snage: 350 kVAr, klasična, kontaktorska. Jednopolna šema objekta prikazana je na slici 1.




Slika 1.: Jednopolna šema pogona

U cilju smanjenja troškova reaktivne energije ugrađena je oprema za kompenzaciju reaktivne snage klasičnog tipa sa kontaktorima. Jednopolna šema pogona data je na slici 1. Po puštanju u rad izgledalo je da kompenzacija vrši svoju funkciju: reaktivna snaga transformatora je pala na minimum, a faktor snage je dostigao zadatu vrednost.



Slika 2. Aktivna i reaktivna snaga transformatora

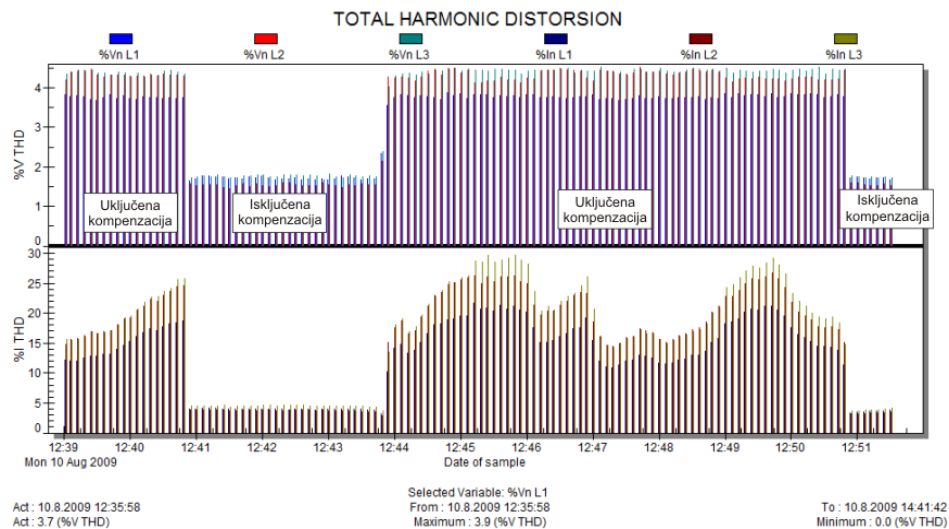
	<p style="text-align: center;">Case study: Rezonansa</p>	бр. CS190909v1
		datum

Posle dva meseca počele su da otkazuju kondenzatorske baterije. S obzirom da je orman bio u garantnom roku isporučilac opreme je uredno menjao baterije. Iako je grejanje baterija i kablova bilo izuzetno visoko isporučilac opreme nije preduzeo nikakvu akciju po tom pitanju. Posle četiri meseca rada, baterije su i dalje pregorevale u redovnim vremenskim intervalima, ali su počele da se deformišu i oksidiraju papučice na napojnim kablovima, a izolacija kablova je vidno ostarila i postala krta. Problem je postao očigledan tek u letnjem periodu, kada je usled visokih temperatura došlo do usijanja napojnog kabla i ubrzanog pregorevanja baterija.

U cilju analize problema, pristupilo se merenjima u trafo stanici. Utvrđeno je da oprema u ormanu kompenzacije funkcioniše normalno, tj. uključanjem kondenzatorskih baterija smanjuje se reaktivna snaga transformatora, transformator se strujno rasterećuje i popravlja se faktor snage na 0,98 (v. sliku 2.). Na prvi pogled oprema za kompenzaciju reaktivne snage funkcioniše normalno i svi pozitivni efekti njenog rada su prisutni: strujno rasterećenje transformatora i prenosnih vodova, visok faktor snage, itd... Izgledalo je kao da uzrok problema u radu pogona treba tražiti na drugoj strani.

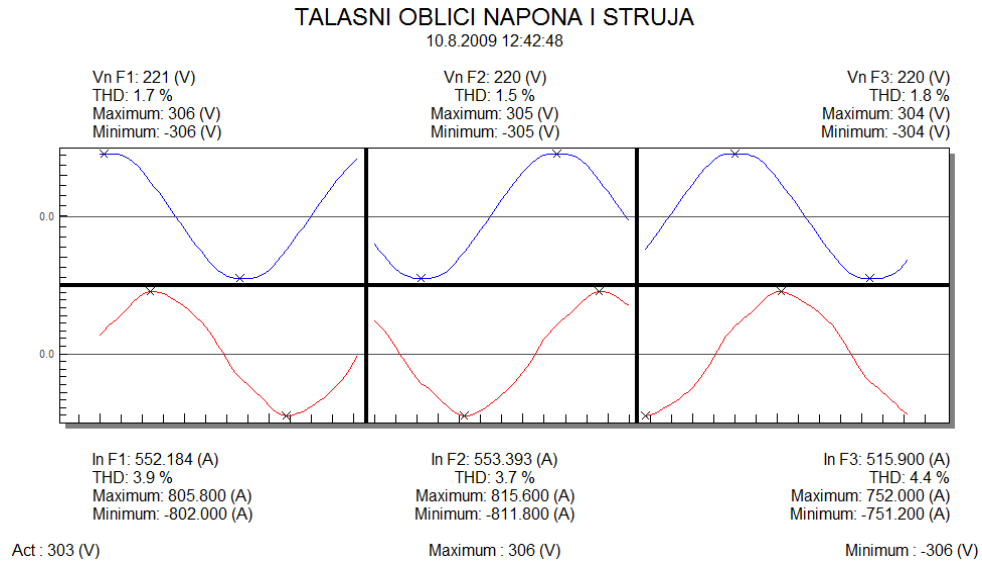
Merenjem harmonijskih izobličenja napona i struja utvrđeno je da u normalnom radnom režimu (bez uključenog ormana kompenzacije) THD faktor napona iznosi 1.8%, a struje 3.7%. Uključenjem ormana kompenzacije, u istom radnom režimu, THD faktor napona raste do 4.5% a THD faktor struje do 30% (v. sliku 4). Isključenjem ormana kompenzacije vrednosti THD-a vraćaju se na početne vrednosti. Očigledan je nesrazmeran porast harmonijskih izobličenja napona i struja sa uključanjem kondenzatorskih baterija usled pojave rezonance.

Ovde je važno je napomenuti da površnim merenjima nije moguće utvrditi potencijalni nastanak rezonance, kao u ovom slučaju. Neobučeni izvođači radova, zaključujući pojednostavljeno samo na osnovu par parametara kvaliteta napona kao što je npr THD faktor napona (u ovom slučaju 1.8%), odlučuju se za ugradnju klasične opreme za kompenzaciju reaktivne snage. U ovom slučaju to se pokazalo kao pogrešna odluka. Neophodno je pre ugradnje opreme za kompenzaciju izvršiti stručnu analizu uticaja opreme za kompenzaciju na kvalitet napona u pogonu.

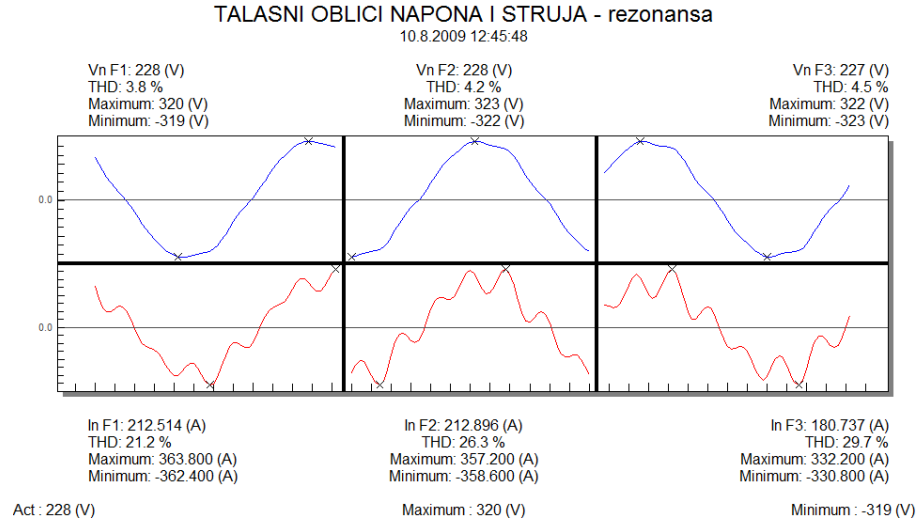


Slika 4.: THD faktor napona i struja

Talasnici napona i struja pre i posle kompenzacije prikazani su na slikama 5.i 6.. Očigledno je povećanje izobličenja pri uključenoj opremi za kompenzaciju.

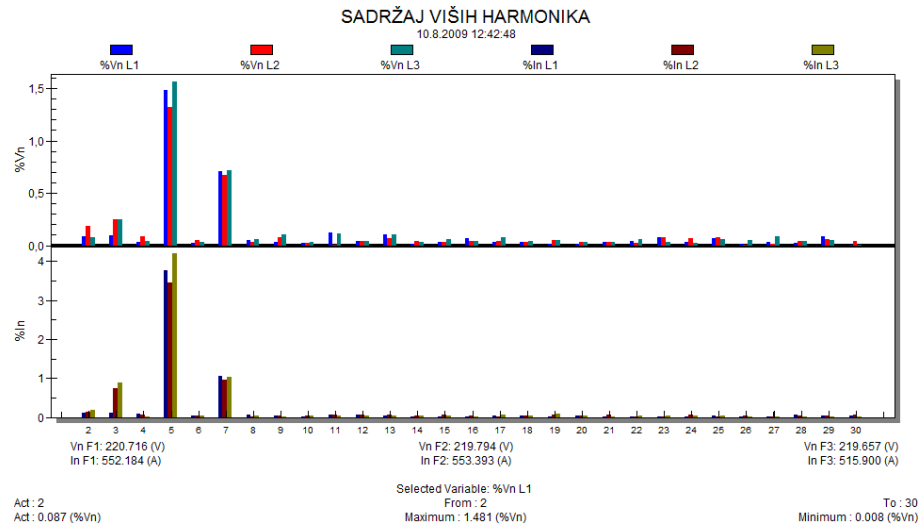


Slika 5.: Talasni oblici napona i struja pre uključenja ormana kompenzacije

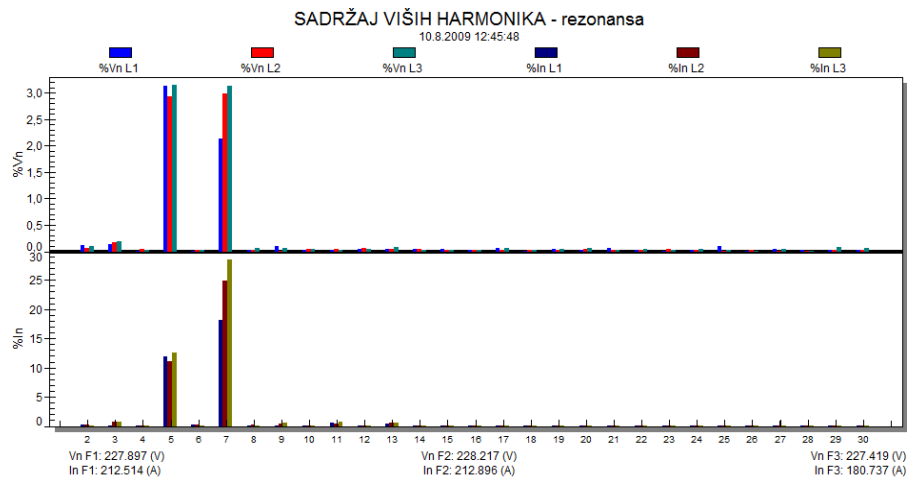


Slika 6: Talasni oblici napona i struja posle uključenja ormana kompenzacije

Analizom harmonijskog sadržaja napona i struja, sa uključenom i isključenom kompenzacijom, utvrđeno je da je došlo do povećanja sadržaja svih viših harmonika struje a najviše 7-og, slike 8. i 9.. Gledano u apsolutnim iznosima (u amperima) stuja 7. harmonika porasla je više od 10 puta. Ovako visoka vrednost struje viših harmonika izazvala je dodatna izobličenja napona i povećanje THD faktora napona. Ovo izobličenje napona odražava se na sve potrošače u pogonu i izaziva reagovanje zaštita i resetovanje osetljivih potrošača.



Slika 8.: Harmonijski sadržaj napona i struja pre uključnja kompenzacije




Slika 9.: Harmonijski sadržaj napona i struja posle uključnja kompenzacije

Zanimljiva činjenica je da ovako pogoršan kvalitet napona najviše šteti samim kondenzatorskim baterijama. Zbog visokih izobličenja napona i zatvaranja viših harmoničnih komponenti struja preko kondenzatorskih baterija, THD faktor struje kondenzatorskih baterija je dostigao 29% što je gornji limit koji proizvođači predmetnih baterija dozvoljavaju. Očigledno je da je baterija radi na granici svojih mogućnosti i da to uzrokuje skraćenje životnog veka i prevremeni otkaz baterije.

Posle izvršene analize, investitoru je predloženo da postojeću opremu za kompenzaciju reaktivne snage trajno isključi i da izvrši rekonstrukciju i nadogradnju u filtersku kompenzaciju reaktivne snage. Na taj način će se sprečiti nastanak rezonance a izvršice se funkcija smanjenja reaktivne snage koja se preuzima iz mreže.

Sa ovakvim razvojem događaja investitor je izložen dodatnim troškovima, i ono što je u početku izgledalo kao jeftino rešenje pokazalo se kao neodgovarajuće i najskuplje moguće rešenje.

	<p style="text-align: center;">Case study: Rezonansa</p>	бр. CS190909v1
		datum

Zaključak: Primenjeni tip kompenzacije je neodgovarajući za predmetni pogon, čime je prouzrokovana rezonanca. Ovakav režim rada se mora po svaku cenu izbeći, jer posledica rezonance je veliko pogoršanje kvaliteta napona, čime se kvare uslovi za pouzdan i dugotrajan rad celokupne električne opreme u pogonu. U ovom slučaju, parametri kvaliteta napona pre ugradnje opreme nisu očigledno ukazivali na mogućnost nastanka rezonance, ali su pojednostavljenim zaključivanjem izvođači radova zanemarili ostale relevantne parametre. Da je izvršena stručna analiza svih parametara kvaliteta napona, nastanak rezonance bi bio predviđen. Pre ugradnje kondenzatorskih baterija obavezna je stručna analiza i mreže i potrošača u cilju predviđanja ponašanja mreže posle ugradnje baterija, pa tek na osnovu toga odrediti tip opreme za kompenzaciju reaktivne snage. U ovom slučaju neophodna je rekonstrukcija postojećeg postrojenja u filterski tip kompenzacije reaktivne snage, kako bi se izvršila funkcija smanjenja potrošnje reaktivne snage a kvalitet napona ostao nepromenjen.

Napomena: Svi prezentirani podaci i snimci su izmereni na konkretnim objektima. 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.