	<p style="text-align: center;">Case study: Rezonansa (DC motor)</p>	бр. CS201008v1
		datum

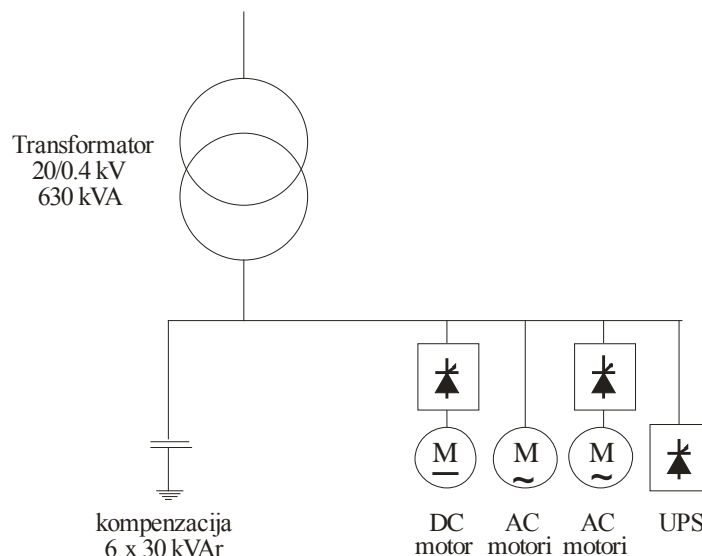
Uvod

Ovom analizom ukazuje se na moguće greške prilikom izbora tipa opreme za kompenzaciju reaktivne snage. U prezentovanom slučaju, u fabrici je instalirana nova mašina (DC regulisani pogon) i odmah je došlo do problema sa kvalitetom napona. Nova oprema je izazvala rezonancu sa postojećim kondenzatorskim baterijama u trafo stanic, tj. došlo je do pojačanja struja viših harmonika i velikog izobličenja napona, te učestanih otkaza i nepouzdanog rada osetljive opreme.

Opis problema

Jedan od najpoznatijih domaćih proizvođača specijalnih elektromotora, prijavio je probleme u kvalitetu napona u pogonu posle ugradnje mašine za balansiranje velikih rotora, koju je pogonio DC motor. Tokom rada mašine javljalo se veliko izobličenje napona, porast THD faktora i do 14%, što je dovelo do nepouzdanog rada ostale osetljive opreme u pogonu (PLC i analizatori) i čestih resetovanja. Avalon Partners je pozvan da reši problem.

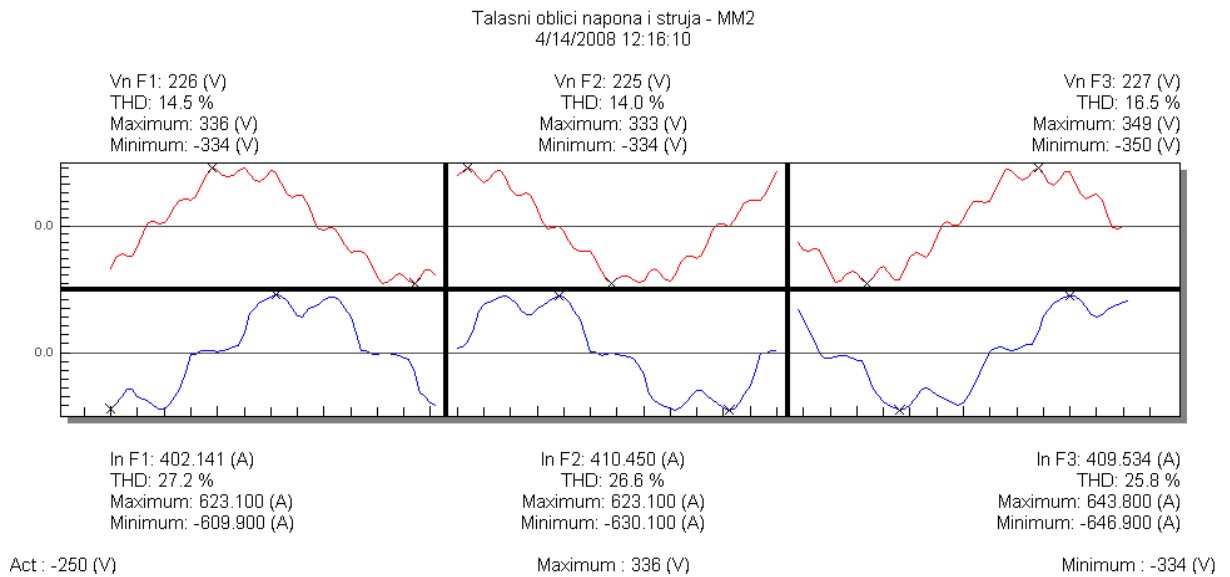
Jednopolna šema data je na slici 1. U pogonu je dominantan jednosmerni motor i on se napaja iz posebnog RO. Pored ovog motora u pogonu postoje i drugi manji potrošači, kao npr. asinhroni motori, peći, ups-ovi, osvetljenje itd... U trafo stanici postoji oprema za kompenzaciju reaktivne snage klasičnog tipa.



Slika 1.: Jednopolna šema pogona

U cilju utvrđivanja uzroka problema, izvršena su merenja kvaliteta napona na nekoliko tačaka u fabrici i u različitim radnim režimima pogona, kao i pri različitim režimima rada postojeće opreme za kompenzaciju reaktivne snage.

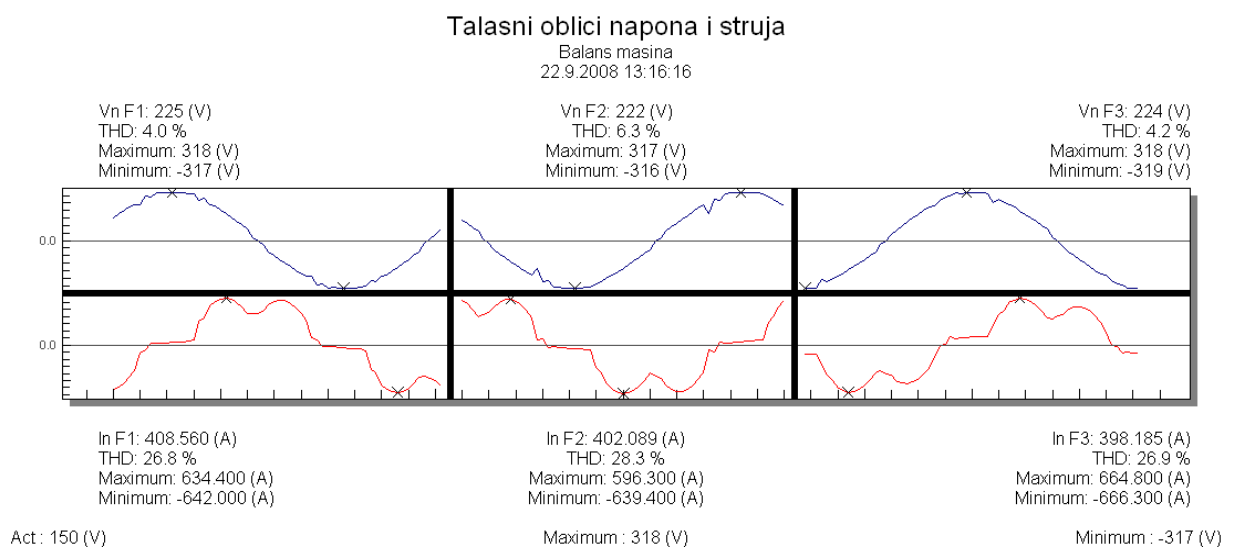
Analizom svih prikupljenih podataka, došlo se do zaključka da je glavni uzrok pomenutih problema struja viših harmonika koju u mrežu injektuje ispravljač DC motora. Tokom rada ispravljača značajne struje viših harmonika (THD I = 26%) injektuju se u električno kolo koje čine kondenzatorske baterije i namotaji transformatora. Rezonantna učestanost ovog kola je jako bliska učestanostima struja viših harmonika koje injektuje ispravljač i zbog toga dolazi do nekontrolisanog pojačanja ovih struja. Umesto preko mreže, struje viših harmonika se zatvaraju preko kondenzatorskih baterija, pojačavaju se zbog postojanja rezonanse i izazivaju izobličenja u naponu sabirnica.



Slika 2. Talasni oblici napona i struja tokom rezonanse

Na slici 2. prikazan je ovaj režim rada. Napon je veoma izobličen sa THD faktorom od oko 16.5% u jednoj fazi (uobičajeni THD napona u mreži se kreće oko 1.5-2.5%). Ovako izobličen napon deluje jako nepovoljno na osetljive potrošače u pogonu. Vidi se da talasni oblik napona prolazi dva puta kroz nulu u kratkom intervalu, što dovodi do gubitka sinhronizacije kod osetljivih napajanja. Pored ovoga stanje rezonanse je nekontrolabilni i nestabilni režim rada i ne mogu se predvideti pojačanja napona i struja viših harmonika. Ovakvi režimi moraju se odmah prekinuti.

U tom cilju isključena je kompenzacija reaktivne snage u trafo stanici i time je ukinuto rezonantno kolo koje je dovelo do pojačanja struja viših harmonika. Talasni oblici napona i struja u ovom režimu predstavljani su na slici 3.



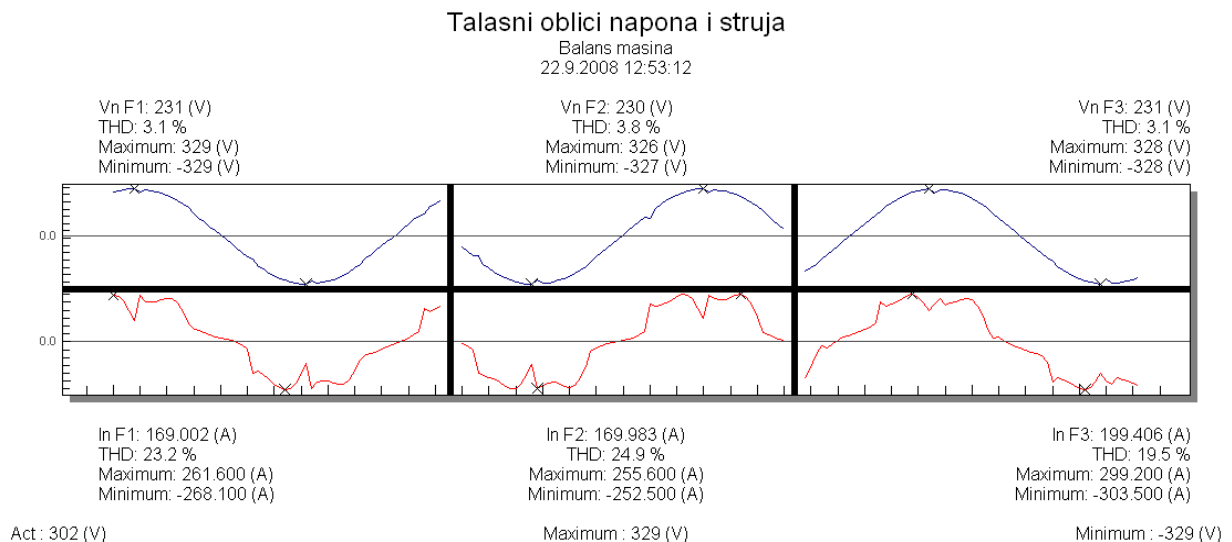
Slika 3. Talasni oblici napona i struja DC ispravljača (nekompenzovani režim rada)

Sa slike 3. se vidi da u istom režimu rada DC motora, samo sa isključenom kompenzacijom, izobličenje napona drastično opada i iznosi oko 6.3% u jednoj od faza. Izobličenje struja iznosi $THD_{Inorm}=24.9%$ (normalizovano na nominalnu struju motora od 470 A).

Iz do sada navedenih činjenica jasno je da oprema za kompenzaciju reaktivne snage ne može raditi zajedno sa novom mašinom za balansiranje. Takođe, struje viših harmonika koje mašina injektuje su izuzetno visoke te se ne može koristiti ni standardna filterska kompenzacija reaktivne snage, jer bi došlo do preopterećenja filterskih koraka. Da bi se problem rešio, Avalon Partners je isprojektovao namenski hibridni filter za ovaj pogon, sa tako odabranom rezonantnom učestanošću filterskih koraka da se ostvare sledeći ciljevi:

- sprečavanje nastanka rezonance
- smanjenje struja viših harmonika,
- smanjenje izobličenja napona napajanja, tj. stabilan rad opreme u pogonu
- kompenzacija reaktivne snage, tj. uštede po računu za struju

Po isporuci i ugradnji ovog namenskog filtra dobijeni su sledeći talasni oblici napona i struja – slika 4.



Slika 4. Talasni oblici napona i struja DC ispravljača posle ugradnje hibridnog filtra


Sa slike 4. se vidi da su izobličenja struje smanjena na oko 38 A, tj. $THD_{Inorm}=9%$. THD faktor napona iznosi 3.3% i sva osetljiva oprema u pogonu može raditi pouzdano.

U donjoj tabeli sređeni su podaci za različite režime rada DC motora i opreme za kompenzaciju reaktivne snage.

Režim rada	P [kW]	Q [kVAr]	I [A]	THD I* [%]	THD U** [%]
Samo motor (bez kompenzacije)	151	250	437	14.9	6.9
	40	290	420	24.5	4.9-6.9
	110	170	312	19.2	4.5
Uključena kompenzacija u TS	160	224	424	23.8	16.5
Uključen filter u RO motora	124	10	187	9	3.3

*Vrednost normalizovana prema struji mašine 470 A

** Vrednost normalizovana prema nominalnom naponu mreže 230 V

	Case study: Rezonansa (DC motor)	бр. CS201008v1
		датум

Poređenjem vrednosti u tabeli, može se zaključiti kako je projektovani filter ispunio svoj zadatak. Struje viših harmonika su svedene na minimalnu moguću meru, izobličenja napona su se smanjila sa 6.9% na 3.3% u režimima kada ispravljač radi. Rezonantne pojave su eliminisane i pogon radi stabilno. Reaktivna snaga fabrike je iskompenzovana i računi za utrošenu reaktivnu energiju su minimalizovani.

Zaključak: DC mašina je značajni izvor viših harmonika struje i ne može raditi paralelno sa postojećom klasičnom opremom za kompenzaciju reaktivne snage, jer se takvim režimom stvara rezonansa. Posledica rezonance je veliko pogoršanje kvaliteta napona, čime se kvare uslovi za pouzdan i dugotrajan rad celokupne električne opreme u pogonu. Da bi se kvalitet napona održao na prihvatljivom nivou, a istovremeno da bi se ostvarile uštede po osnovu kompenzacije reaktivne snage, isprojektovan je i ugrađen namenski hibridni filter viših harmonika koji je rešio probleme u radu DC mašine za balansiranje rotora.

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.