



UNIVERZITET U NOVOM SADU
FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA U
NOVOM SADU



Regulacija reaktivne snage distributivnih mreža pomoću kondenzatorskih baterija

Semestralni rad iz predmeta: Specijalizovani softveri u elektroenergetici

Balaž Kereši E176/2017

Novi Sad, 2018.

SADRŽAJ

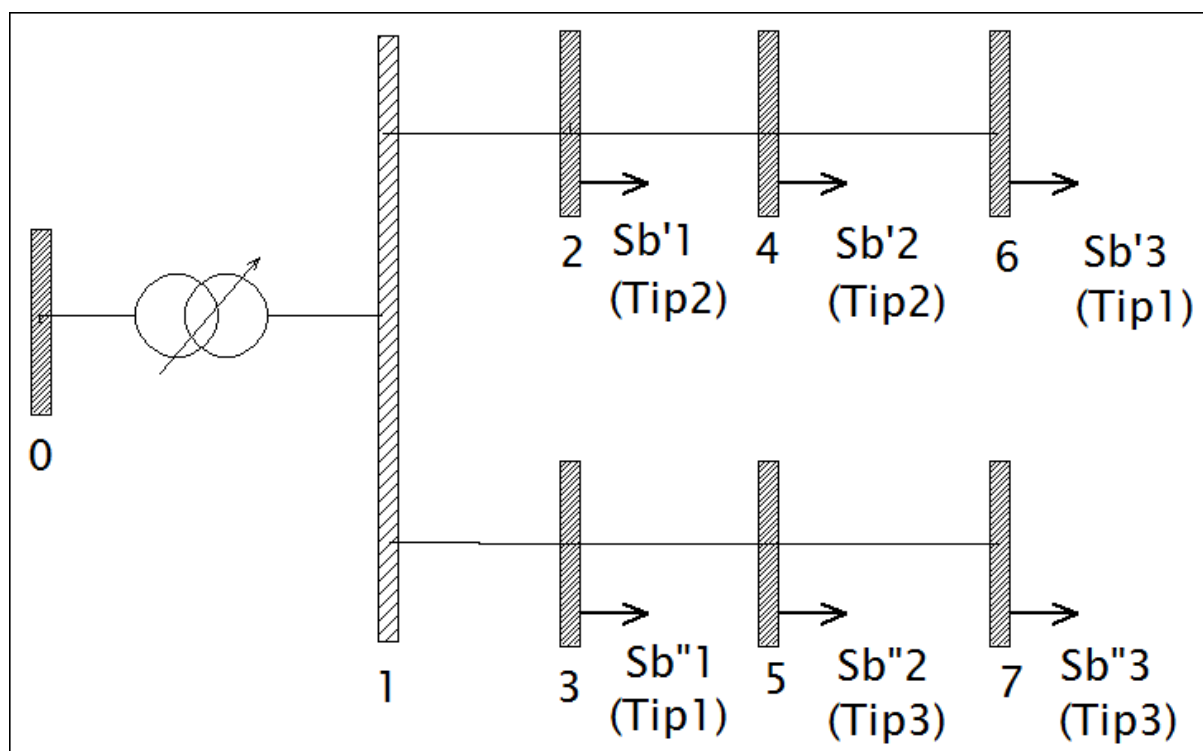
ZADATAK RADA.....	1
OPTIMALNI IZBOR I POZICIONIRANJE KONDENZATORA.....	5
PRORAČUN TOKOVA SNAGA	6
SIMULACIJE NA RAČUNARU	7
PRIKLJUČENJE JEDNE KONDENZATORSKE BATERIJE NA ČVOROVA MREŽE ..	7
UTICAJ KONDENZATORSKIH BATERIJA NA NAPONU ČVOROVA MREŽE	14
PRIKLJUČENJE DVA KONDENZATORA NA RAZLIČITIM ČVOROVIMA	
DISTRIBUTIVNE	16
UTICAJ DISTRIBUTIVNOG GENERATORA NA OPTIMALNU VREDNOST I	
POZICIJU KONDENZATORSKOG KONDENZATORSKOG BATERIJA	18
REZULTATI ANALIZA I ZAKLJUČCI.....	20
LITERATURA	21

ZADATAK RADA

Na slici je data jedna jednostavna radijalna distributivna mreža sa regulacionom transformatorom i potrošačima. Parametri mreže su dati u tabeli 1 i 2. Karakteristike potrošača su opisani u tabeli 3 sa dijagramima sa slike 2, 3 i 4.

U radu potrebno je istraživati uticaj jednog ili višeg kondenzatorskog baterija na karakteristikama mreže: Struje, potrošena energija, aktivna snaga, gubici, naponi itd.

Posle analize priključiti jedan distributivni generator na čvoru 6 i pokazati njegov uticaj na postupak smeštaja i izbora kondenzatorskog baterija.



Slika 1 – Šematski prikaz distributivne mreže

Tabela 1 - Parametri transformatora

Parametar	Vrednosit
Nominalna snaga [MVA]	31.5
Prenosni odnos [kV/kV]	110/21 \pm 12x1.25%
Napon kratkog spoja	6.9 %
Nominalni gubici u bakru [kW]	131

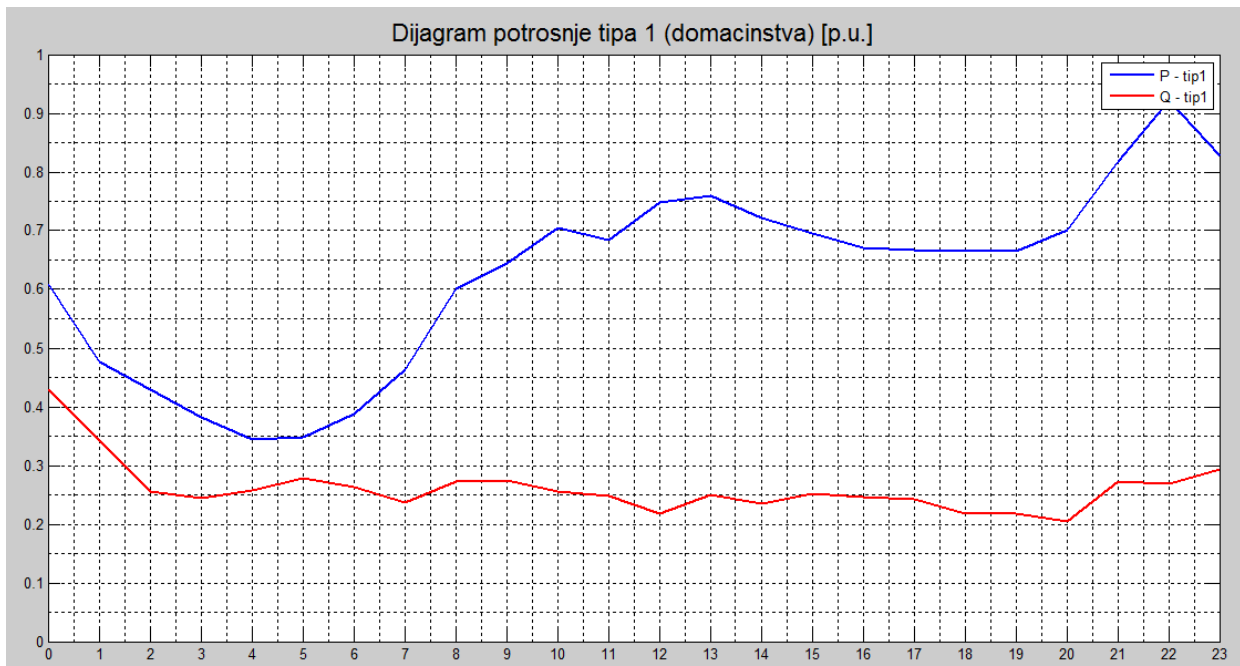
Tabela 2 - Parametri vodova

Broj grana	Specifična otpornost [Ω /km]	Specifična reaktansa [Ω /km]	Specifična otočna supseptansa [S/km]	Specifična otočna konduktansa [S/km]	Dužina deonice [km]
2	2.09e-1	1.17e-1	1.16e-4	0	4
3	2.09e-1	1.17e-1	1.16e-4	0	5
4	2.09e-1	1.17e-1	1.16e-4	0	7
5	2.09e-1	1.17e-1	1.16e-4	0	6
6	2.09e-1	1.17e-1	1.16e-4	0	5
7	2.09e-1	1.17e-1	1.16e-4	0	4

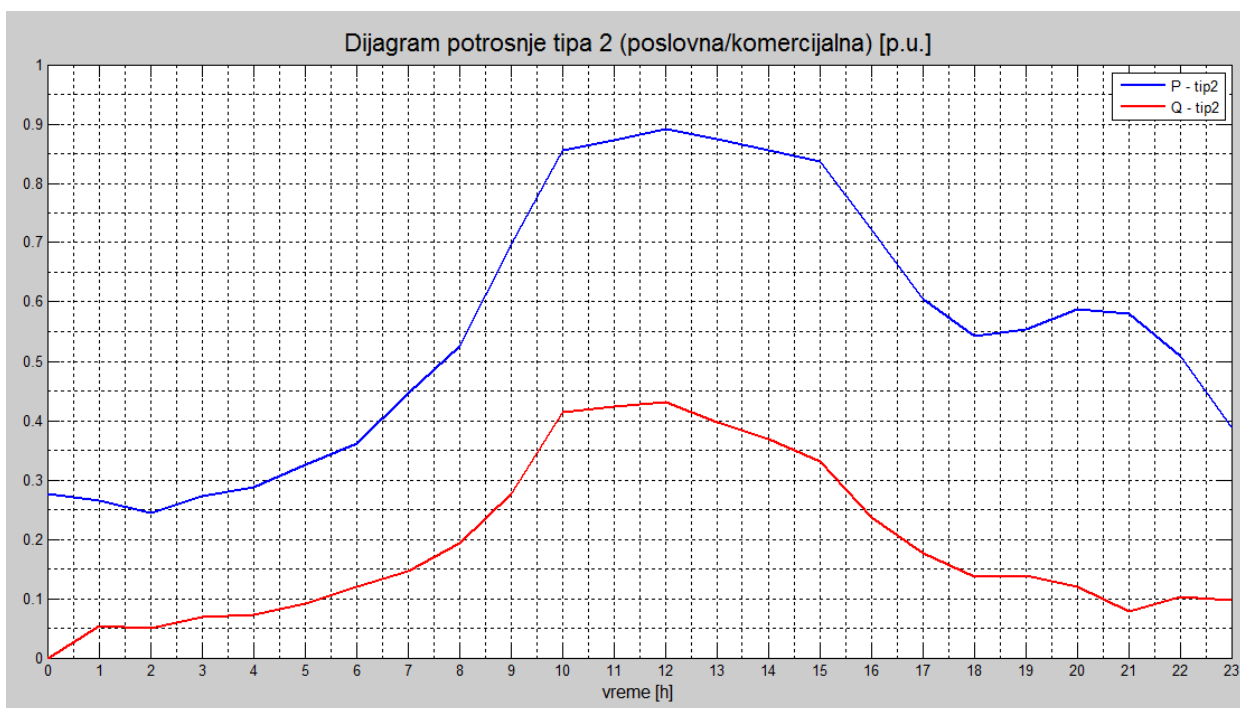
NAPOMENA: Broj grana odgovara broju krajnog čvora te grane na šematskom prikazu sistema

Tabela 3 - Parametri potrošnje

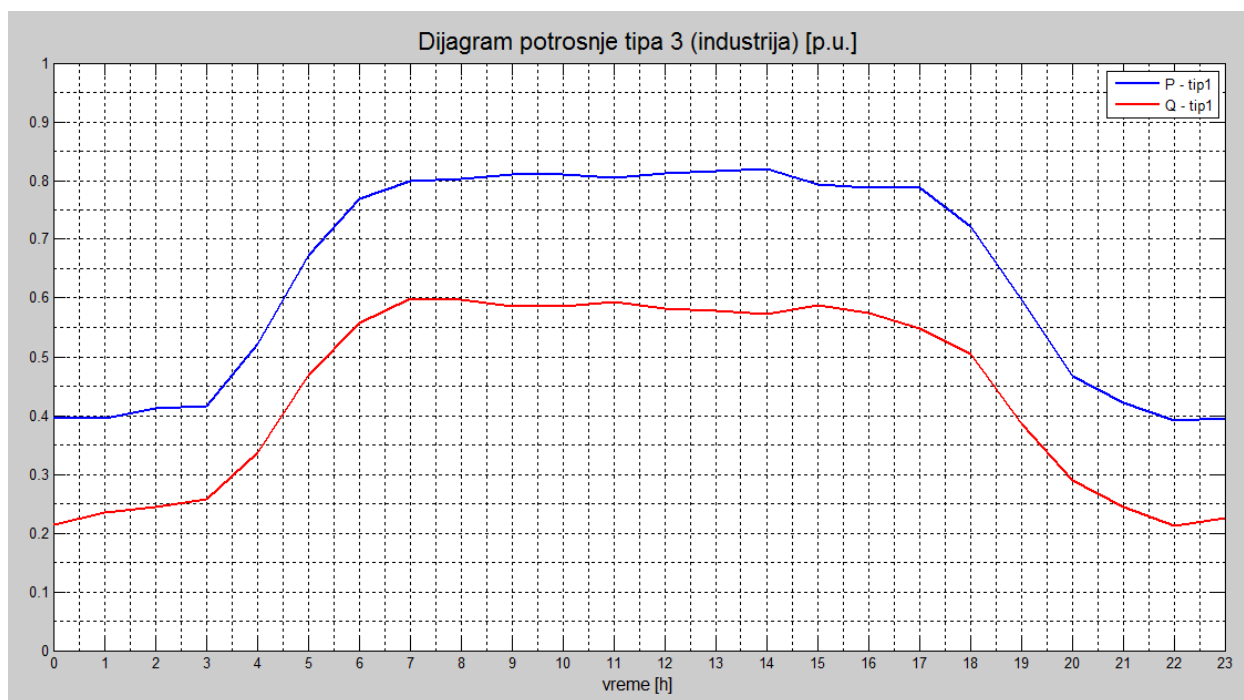
Broj čvora	Maksimalna snaga [MW]	Tip potrošača
1	-	-
2	8	Tip2
3	3	Tip1
4	7	Tip2
5	3	Tip3
6	2	Tip1
7	6	Tip3



Slika 2 - Potrošnja tipa 1



Slika 3 - Potrošnja tipa 2



Slika 4 - Potrošnja tipa 3

OPTIMALNI IZBOR I POZICIONIRANJE KONDENZATORA

Za optimalizaciju radnog režima elektroenergetskog sistema postoji mogućnost korišćenje različitih regulacionih resursa za upravljanje toka reaktivne snage. Prvenstveno regulacijom reaktivne snage može se smanjiti moduo struje u granama, čim se smanjuje njihov opteretivost i povećava se životni vek odnosno prenosni moć elemenata mreže. Regulacijom toka reaktivne snage može se uticati i na tok aktivne snage i smanjiti gubitaka. Međutim, potrebno je napomenuti, da regulacijom toka reaktivne energije se menjaju i naponi čvorova u regulacionoj oblasti. Zbog ovoga regulacija napona i reaktivne snage često se tretiraju kao jedan zadatak, u toku koja potrebno je optimizirati režim rada i sačuvati kvalitet napajanja potrošačkih čvorova.

Glavni regulacioni resursi reaktivne snage i napona su obrtne mašine, naime sinhroni generatori i kompenzatori, koji pomoću promena pobudne struje menjaju njihovu odatu reaktivnu snagu odnosno napon čvora na koju su priključeni u zavisnosti od nominalne snage elektrana u odnosu ostatka sistema.

U distributivnom sistemu učešća generatorskih jedinica ili kompenzatorskih sistema je relativno mala zbog velikih troškova investicije. Kao alternative, mnogo češće se javljaju otočne kondenzatorske baterije kao regulacioni resursi koje se koriste za kompenzaciju induktivne reaktivne potrošnje.

Kondenzatorske baterije su privlačno rešenje zbog njihove manje cene i jednostavnosti. Međutim, one su diskretni regulacioni uređaji sa ograničenom broju pozicija regulacione sklopke i prethodno određenom broja operacije na njima. Zbog ovih razloga korišćenje kondenzatora kao regulacioni resurs distributivne mreže je planiran na osnovu tehnno-ekonomske analize i optimizacionih proračuna kao:

- Optimalni smeštaj kondenzatorskih baterija (optimal capacitor placement)
- Optimalni izbor kapaciteta kondenzatorskih baterija (optimal capacitor sizing)

Zbog ogromnosti distributivne mreže i velikih broja mogućih kombinacija pozicioniranje rešavanje ovih problema je izuzetno složen i zahtevan. Proračun globalnog optimalnog rešenja je praktično nemoguća na realnim distributivnim sistemima. DMS algoritmi često koriste heurističke tehnike i traže sub-optimalno rešenje da bi se mogu prevazići tehničke prepreke proračuna.

U ovom radu je pokazano uticaj kondenzatorskih baterija na režimu distributivne mreže, odnosno uticaj okruženje i elemenata na rešenje problema. U simulacijama kondenzatori su smešteni na različitim čvorovima distributivne mreže i pomoću proračuna tokova snaga je analizirano njihovo dejstvo na radnom režimu sistema.

PRORAČUN TOKOVA SNAGA

Proračun tokova snaga je jedna od bazičnih funkcija menadžmenta elektroenergetskih sistema kojom može se odrediti režim rada u zavisnosti od nekoliko parametara određene stacionarne stanje.

Eksplisito iskazano: zadatak proračuna tokova snaga je određivanje promenljive stanja, koji je skup promenljivih, kojom može se jednoznačno opisati režim jednog EES-a. U opštem slučaju promenljive stanja su moduli i fazni stavovi svih čvorova mreže. Znajući ovih vrednosti može se izračunati sve ostale karakteristične veličine sistema kao struje i opteretivost pojedinih vodova i gubitaka sistema.

Klasični proračun tokova snaga koristi matricu admitanse mreže (Y_{bus}) za određivanje promenljive stanja. Međutim problem sa ovom pristupom je i vremenski i u vidu memorijskog prostora je jako zahtevan, odnosno pojavljuje problem numeričkog nestabilnosti ukoliko ove metodologije se koriste na mrežama sa vodovima jako različitih dužina. Zbog pomenutih razloga distributivni sistemi imaju svoje jednostavnije metodologije za određivanje promenljive stanja koji su pristup orijentisani na radijalnu strukturu.

Prednost ovih metoda je njihova jednostavnost, linearni zavisnost od vreme proračuna i numerički stabilnost, ali ove specijalne metodologije se može primetiti samo na radijalnim mrežama. Ukoliko mreža sadrži mali broj petlje, onda je potrebno koristiti kompenzacionu metodu za svođenje mreže na radijalnu strukturu koji značajno smanjuje tačnost proračuna [1,2].

Jedan od široko korišćenih algoritama jeste Schirmohammadi-jev metod [3], koji se sastoji od 4 jednostavnog koraka koje se vrši iterativno u krugu sve dok nisu ispunjeni uslovi konvergencije. Za proračun potrebno je inicijalizovati algoritam i poznati potrošnje svih čvorova distributivne mreže, odnosno moduo napona korena.

Koraci Schirmohammadi-ovog algoritma su:

1. Proračun injektiranih struja
2. Proračun struja po granama
3. Proračun napona čvorova
4. Provera uslova konvergencije

Algoritam je jako jednostavan i efikasan, njihovi rezultati često imaju greške manje od 10% procenata već posle prve iteracije. Pored toga, algoritam je jako robustan za distributivnim mrežama sa različitim karakteristikama.

SIMULACIJE NA RAČUNARU

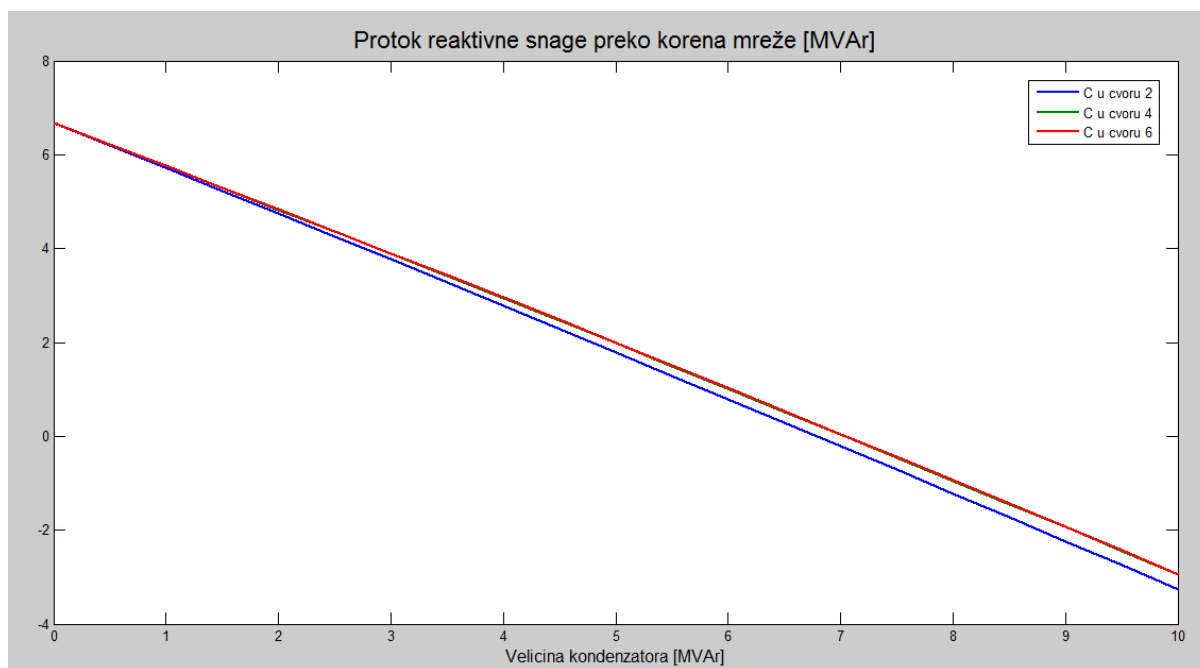
U sledećem delu su pokazani rešenje simulacije pomoću proračuna tokova snaga sa ciljem određivanje režima distributivne mreže pre i posle priključenje kondenzatorskog baterija. Za model mreže je kreiran korišćenjem programskog jezika C++, program se koristi čvor grana model distributivne mreže datih parametara i dijagrami potrošnja za određivanje aktivnu i reaktivnu snagu svih potrošača.

Algoritam tokova snaga je bazirana na Shirmohammedi-evom metodu[3] za radijalne mreže. Distributivni generator se tretira kao negativna potrošnja sa minus predznakom ispred vrednosti aktivne snage. Gubitaka mreže se određuje oduzimanjem zbira aktivnih i reaktivnih snaga svih potrošačkih čvorova od aktivne i reaktivne snage korena mreže.

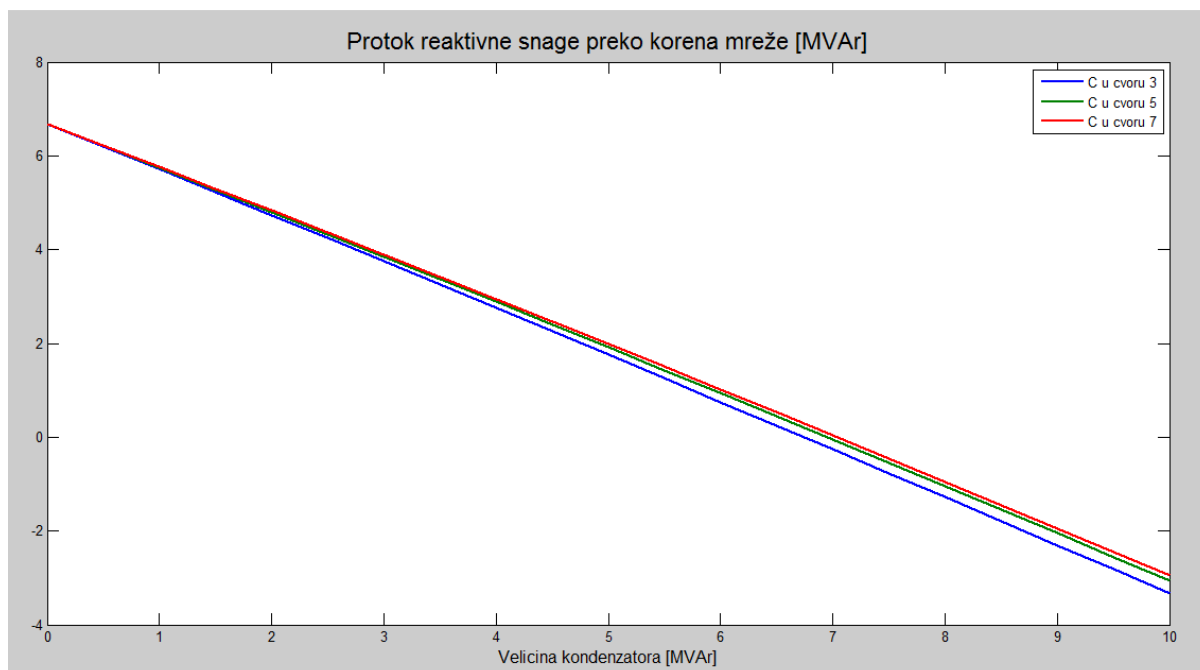
PRIKLJUČENJE JEDNE KONDENZATORSKE BATERIJE NA ČVOROVA MREŽE

U toku ove simulacije se stavlja jednu kondenzatorsku bateriju na čvorova mreže i pomoću proračuna tokova snaga se određuje režim distributivne mreže u jednom određenom trenutku uključujući taj kondenzator. Ponavljanjem postupka sa stepenasto povećanim kapacitivnošću može se dobiti karakteristike mreže u zavisnosti od veličine kondenzatora u MVAr-ima. Izabrani trenutak je 12h, naime podne.

Kondenzatori proizvodi reaktivnu snagu i sa tim kompenzuju reaktivne potrošnje potrošačkih čvorova, koji imaju više induktivnog karaktera. Ovo se vidi na slikama 5 i 6.



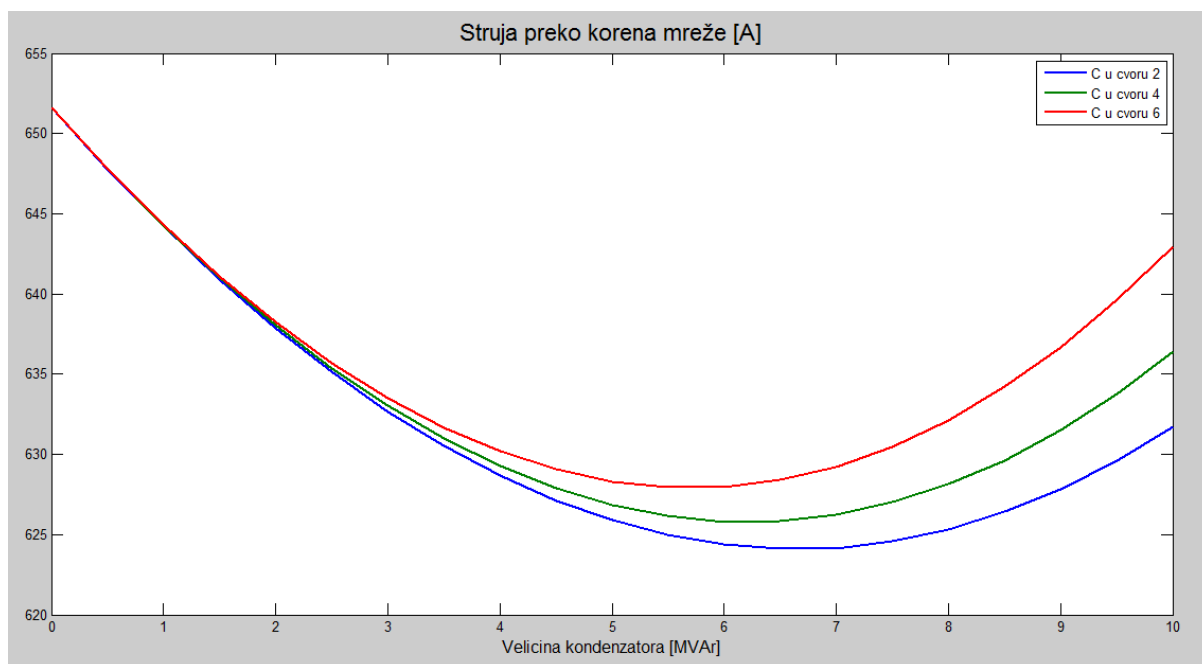
Slika 5 – Reaktivna snaga cele distributivne mreže u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 2, 4 i 6



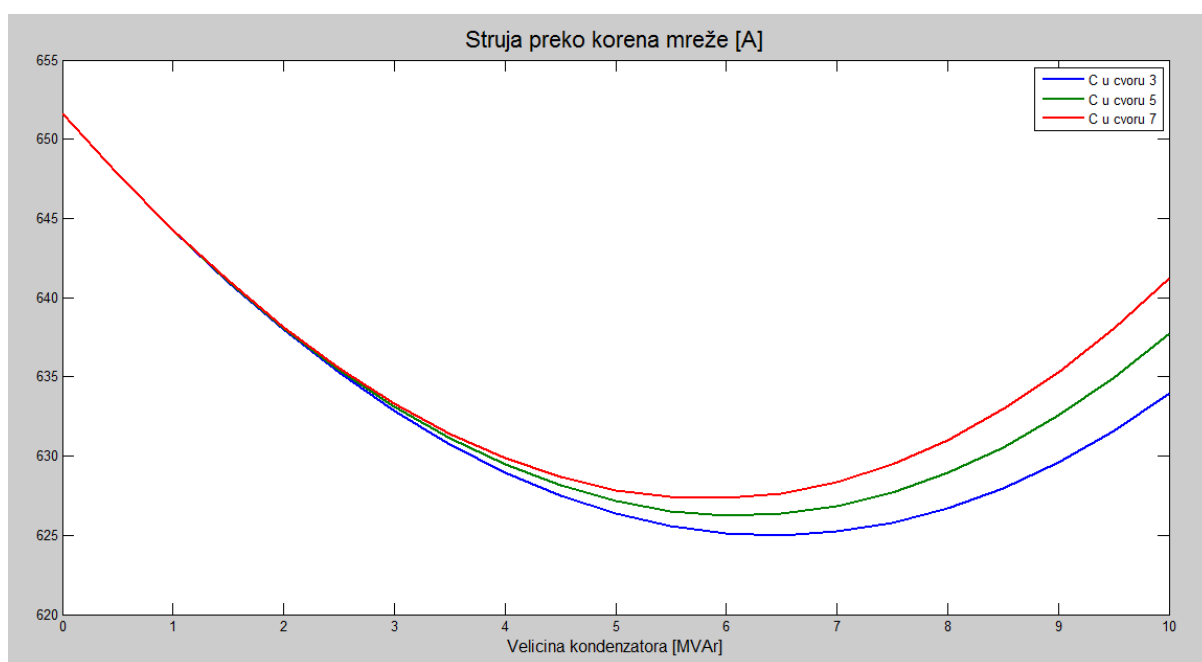
Slika 6 – Reaktivna snaga cele distributivne mreže u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 3, 5 i 7

Vidi se da zahtevi distributivne mreže za reaktivnu snagu se od prilike linearno smanjuje zbog postojanja kondenzatora na mreži. Ako kondenzator ima dovoljno veliki vrednost, on može da u potpunosti kompenzuje ili da pretvara faktoru snage distributivne mreže u kapacitivnom.

Kompenzacija reaktivne snage se utiče na vrednosti struje, koji zavisnost je pokazano na slikama 7 i 8.



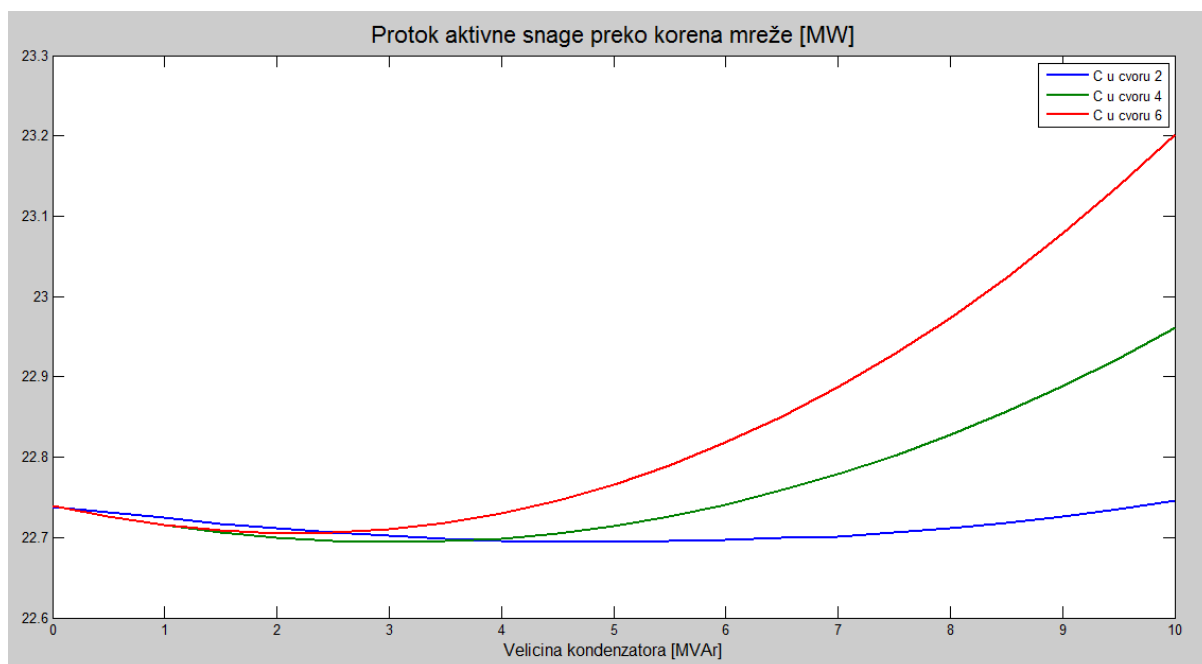
Slika 7 – Struja sekundara transformatora distributivne mreže u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 2, 4 i 6



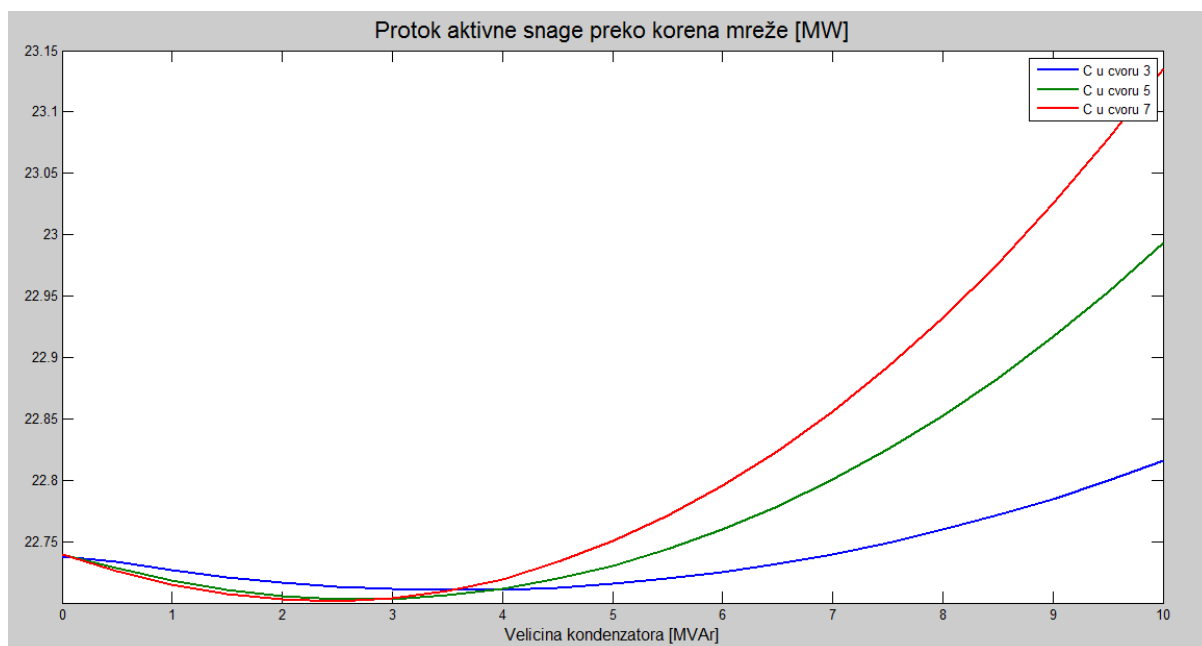
Slika 8 – Struja sekundara transformatora distributivne mreže u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 3 5 i 7

Vidi se da struja korena mreže se smanjuje sa povećavanjem vrednosti kondenzatorskog baterija i stiže do njena minimalna vrednost kada reaktivna potrošnja u potpunosti kompenzovana sa kondenzatorom. Promena vrednosti struje je jako mala u blizini minimalne vrednosti i postaje značajnije ukoliko vrednost kondenzatorskog baterija je dalje od optimalnog. Iz ove grafike se sledi da vrednost struje korena je nešto manja ako kondenzator se stavlja na čvor bliže korena mreže.

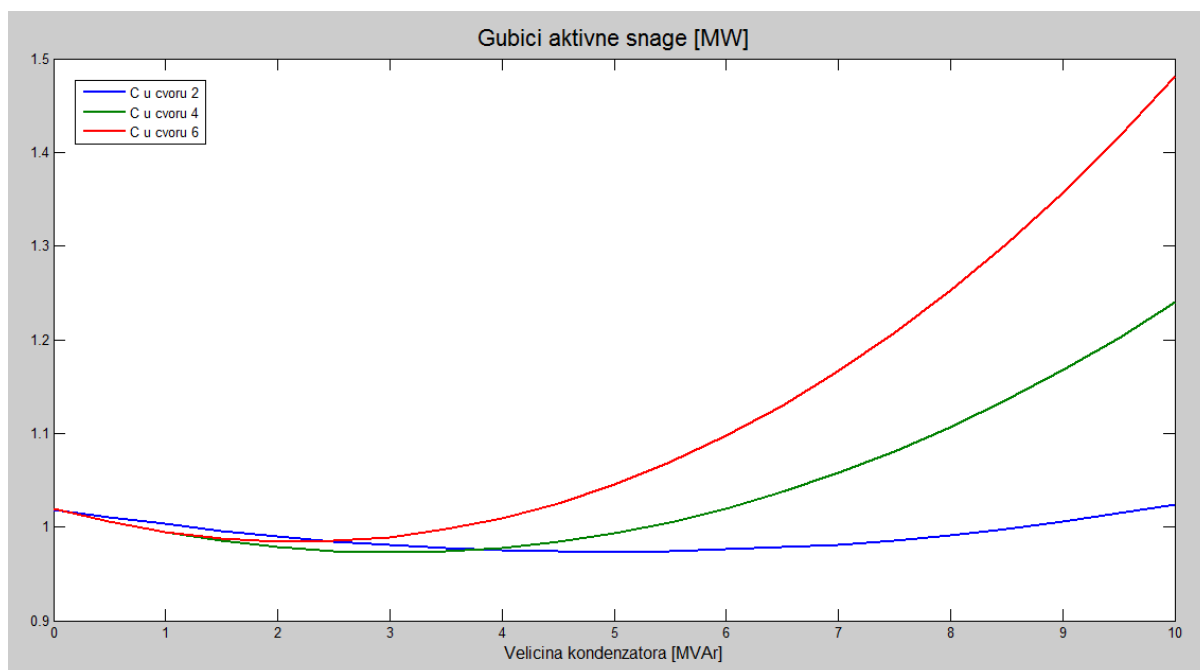
Pored ovoga, zbog promena režima i vrednosti struje u granama menjaju se i aktivni gubici distributivne mreže. Promena vrenosti potrošene aktivne snage ceog sistema se vidi na slikama 9 i 10, kao i gubici na slikama 11 i 12.



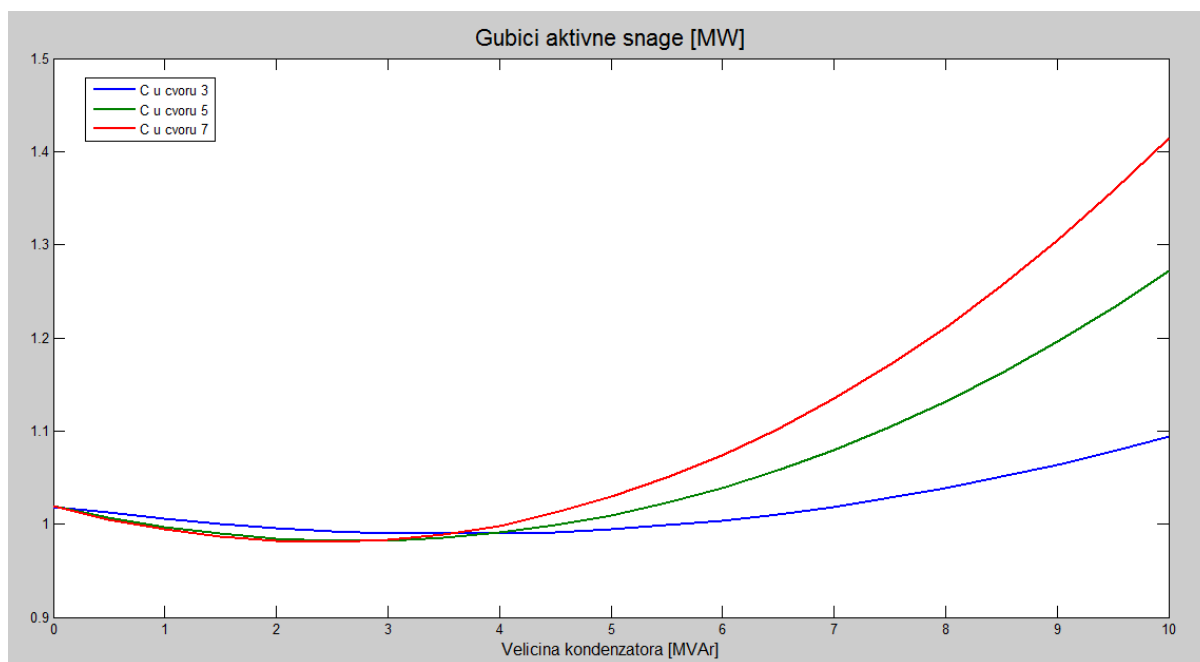
Slika 9 – Aktivna snaga cele distributivne mreže u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 2, 4 i 6



Slika 10 – Aktivna snaga cele distributivne mreže u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 3, 5 i 7



Slika 11 – Aktivni gubici cele distributivne mreže u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 2, 4 i 6



Slika 12 – Aktivni gubici cele distributivne mreže u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 3, 5 i 7

Slike pokazuju da aktivni gubici distributivne mreže se smanjuju sa povećanjem kapacitivnosti kondenzatora. Važno je primetiti da vrednosti gubitaka imaju lokalni minimum u ovoj funkciji i taj minimum nije u direktnoj relaciji sa kompenzacijom reaktivne snage mreže. Bez kondenzatorskih baterija distributivna mreža oduzima 22.74 MW od koje gubici imaju vrednost od 1014 kW-a (4.46%). Na osnovu grafika tabela 4 pokazuje uštede aktivnih snaga u datom vremenskom trenutku za lokalni minimum funkcija.

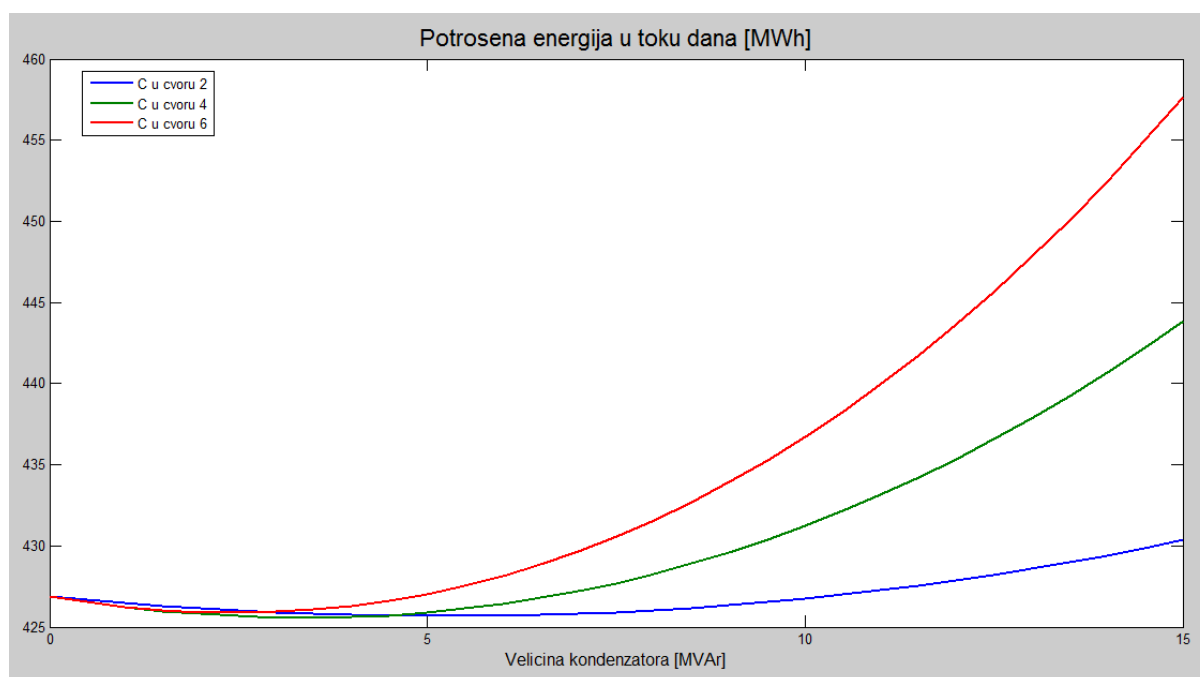
Tabela 4 – Optimalni izbor kondenzatora za svaki čvor

Čvor	Reaktivna snaga kondenzatora u minimumu [MVar]	Gubici aktivne snage [kW]	Ušteda aktivne snage zbog kondenzatora [%]
2	5	973.5	0.18
3	3.5	989.6	0.11
4	3	973.1	0.18
5	3	981.9	0.14
6	2	984.6	0.13
7	2.5	980.6	0.15

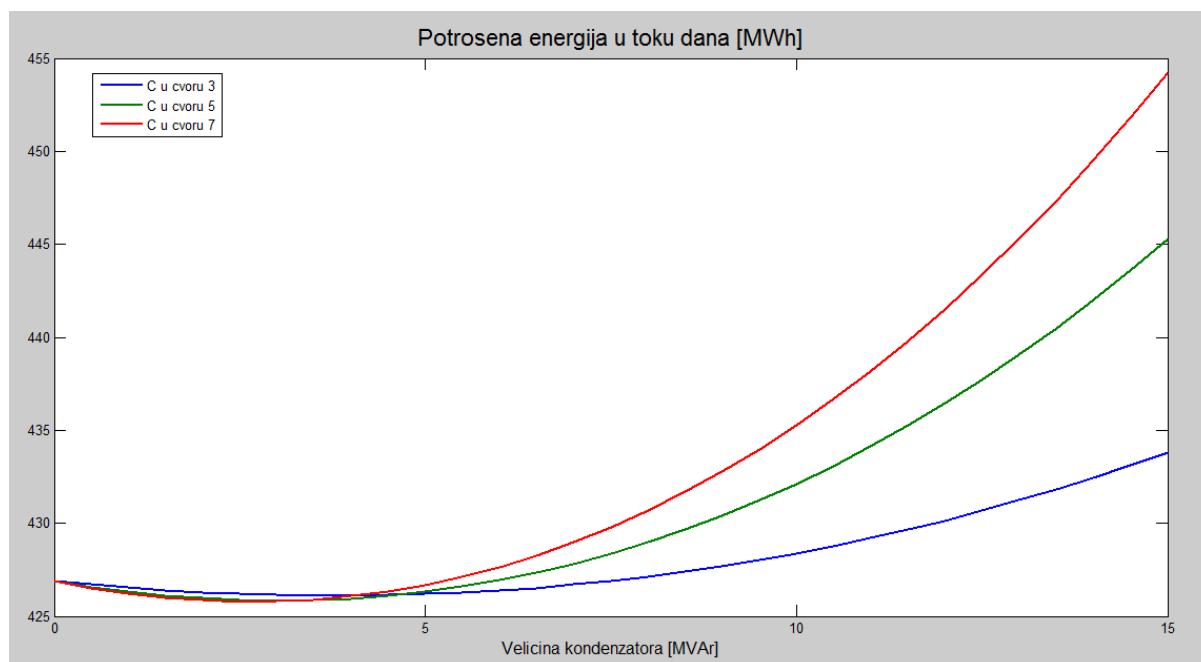
Ne može se uočiti konzistentan zakon, kako se izaberi mesto kondenzatora ili optimalne kapacitivnost. Ova problema se dodatno komplikuje ako mreža se širi i ukoliko razmatraju više različitih režima.

Međutim, potrebno je napomenuti da kondenzatorske baterije imaju dozvoljeni broj uključenje i isključenje koji nije više od nekoliko prilika dnevno. Zbog toga je važno razmatrati uticaj kondenzatora za duži vremenski period. Kondenzator koji je optimalan za neki vremenski trenutak možda nije naj optimalniji za drugi.

Slike 13 i 14 pokazuju gubitaka aktivne energije u toku jednog dana za opisanu distributivnu mrežu.



Slika 13 – Potrošena energija u celoj distributivnoj mreži u toku jednog dana u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 2, 4 i 6



Slika 14 – Potrošena energija u celoj distributivnoj mreži u toku jednog dana u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 3, 5 i 7

Tabela 5 pokazuje optimalni vrednost kondenzatora kojom može se ostvariti najveće uštede u toku dana. Neka se razmatra da cena električne energije je 10 €cent/kWh. Bez kondenzatora distributivna mreža se potroši 426.9 MWh od kojih gubici su 17.8 MWh (4.17%).

Tabela 5 – Optimalni izbor kondenzatora sa ciljem minimalizacije gubitaka energije u toku jednog dana

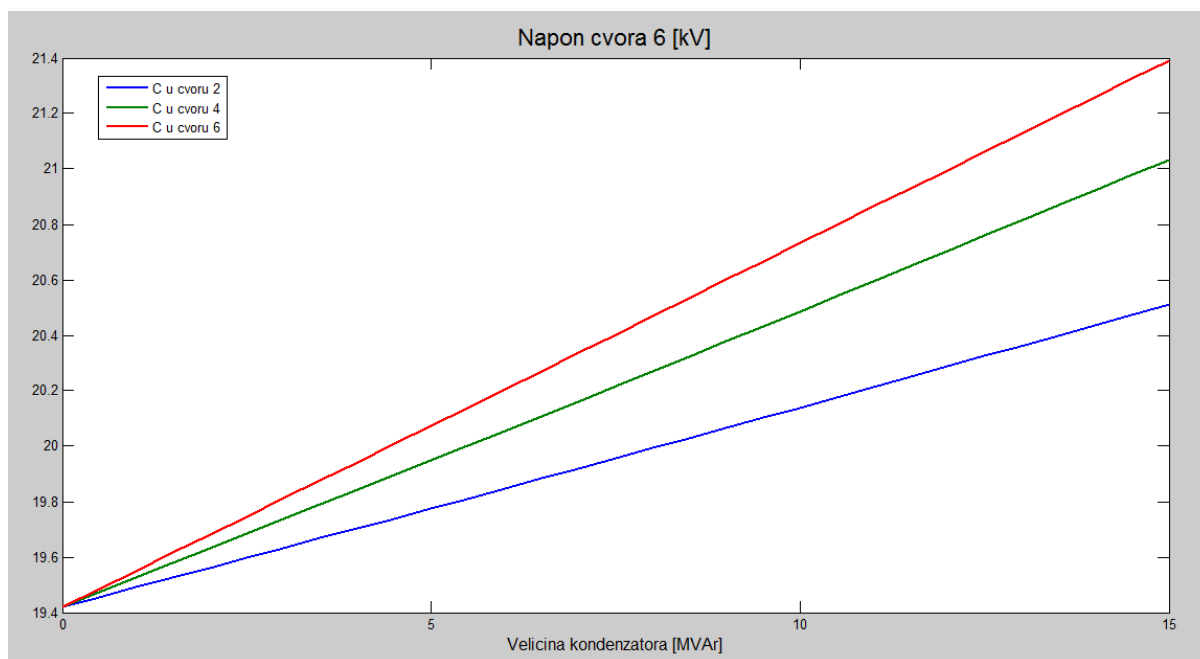
Čvor	Reaktivna snaga kondenzatora u minimumu [MVar]	Reaktivna snaga kondenzatora u minimumu u tabeli 1 [MVar]	Vrednosti gubitaka energije [MWh]	Uštede [€]
2	5.5	5	16.56	124
3	4	3.5	17.01	79
4	3.5	3	16.47	133
5	3	3	16.74	106
6	2.5	2	16.78	102
7	2.5	2.5	16.69	111

Na osnovu simulacije za ovu distributivnu mrežu najveće uštede može se ostvariti priključenjem kondenzatorsku bateriju u čvoru 4 koji ima vrednost 3.5 MVar-a. Korišćenjem ove baterije može se uštediti 3990 € za svaki mesec. Uštede dodatno povećavaju ako mreža ima više čvorova i veće opterećenje.

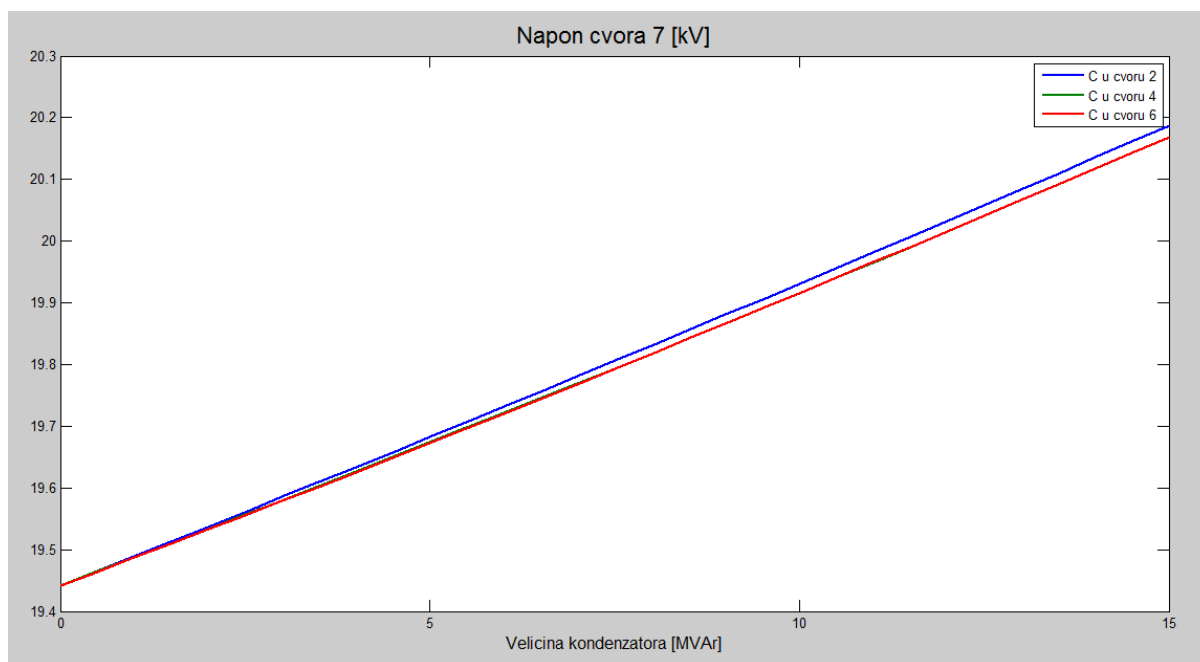
UTICAJ KONDENZATORSKIH BATERIJA NA NAPONU ČVOROVA MREŽE

Ako distributivna mreža ne sadrži distributivne generatore najveći pad napona može se meriti na krajnim čvorovima mreže. Ovi čvorovi su čvor 6 i 7. Grid kodovi zahtevaju da napon svih čvorova distributivne mreže se nalaze unutar propisanih granica. Najčešće da njihovi vrednosti ne razlikuju više od 5% od nominalnog napona. Taj napon u ovom slučaju 20 kV. Na osnovu ovoga napon čvorova moraju da se nalaze u opsegu od 19 do 21 kV.

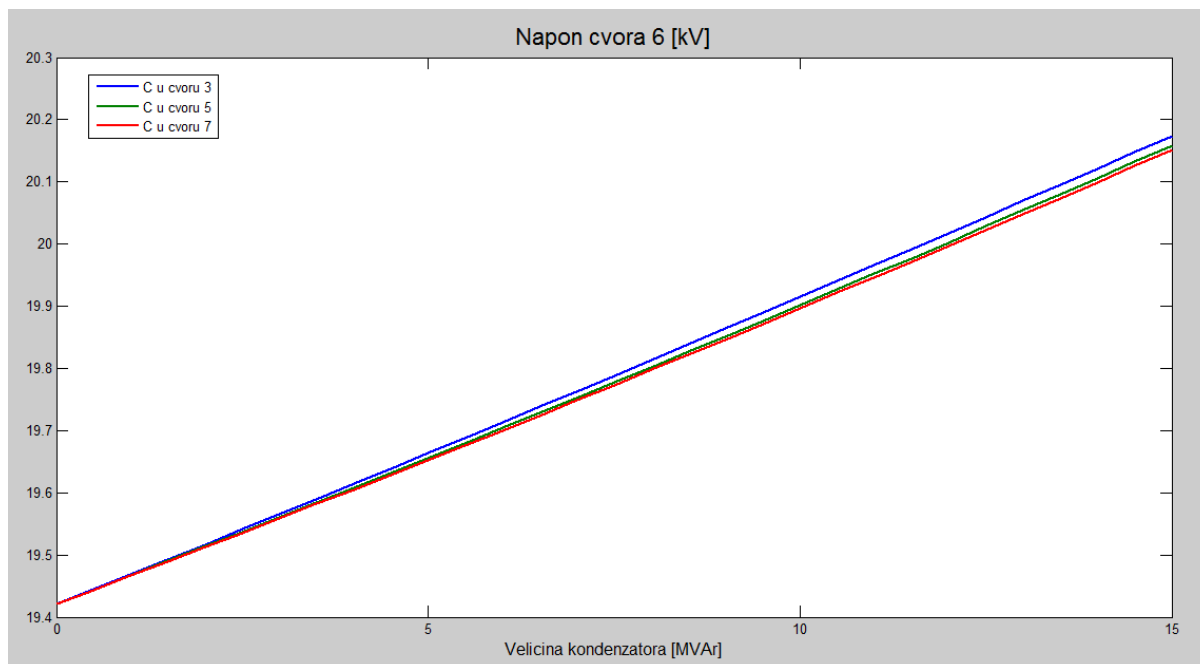
Slike 15-18 pokazuju kako se menja napon krajnih čvorova u zavisnosti od smeštaja i vrednosti kondenzatorskog baterija.



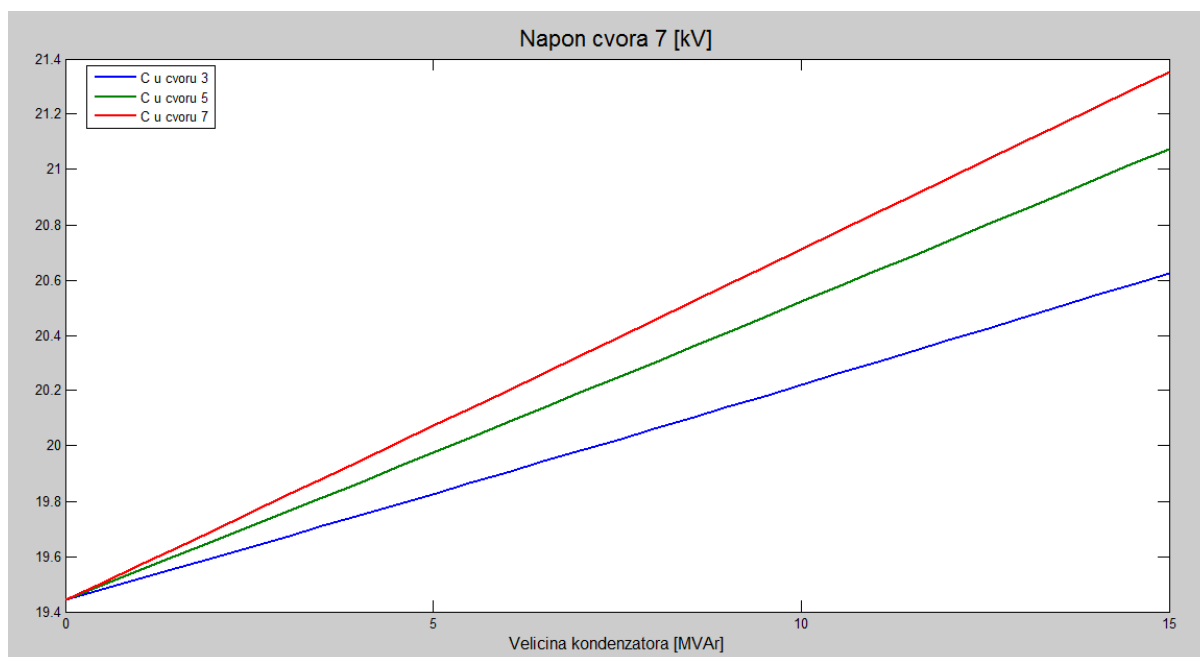
Slika 15 – Napon čvora 6 u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 2 i 4



Slika 16 – Napon čvora 7 u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 2 4 i 6



Slika 17 – Napon čvora 6 u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 3 5 i 7



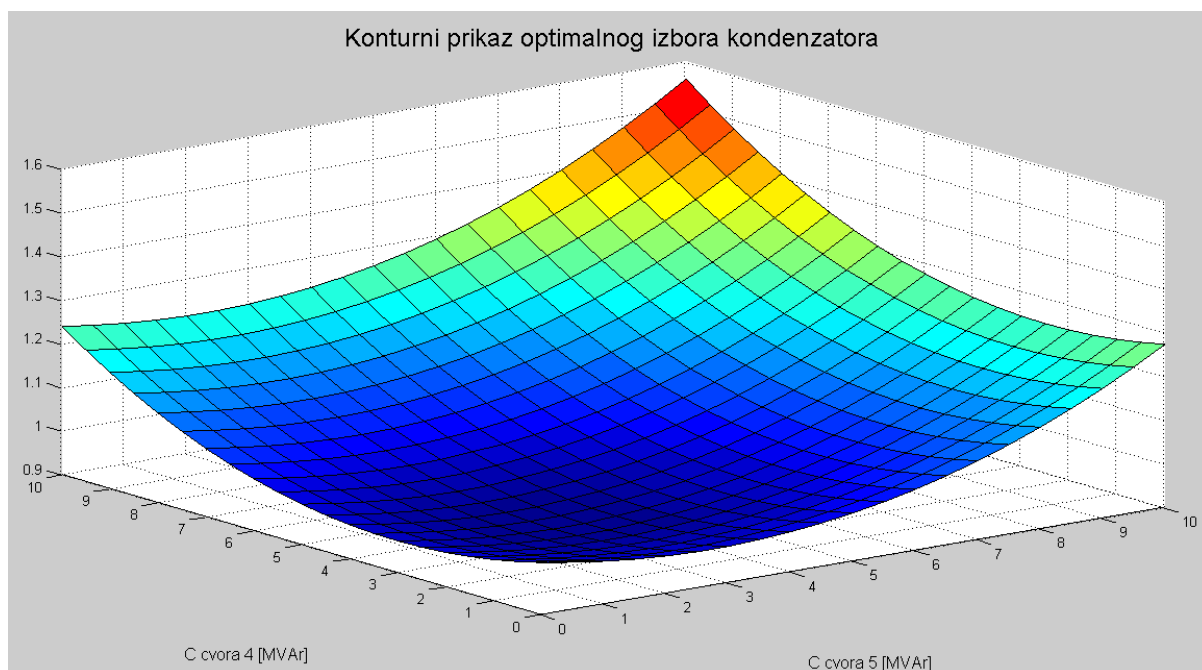
Slika 18 – Napon čvora 7 u zavisnosti od kondenzatora koji je priključen na čvorovima 3 5 i 7

Slike pokazuju da kondenzatori povećavaju napon čvorova mreže. Ovo povećanje može se primetiti na oba vodova šta znači da kondenzator deluje na svaki čvor mreže, ali dejstvo se smanjuje ako se povećanja rastojanja između kondenzatorskog čvora i posmatranog čvora u simulaciji.

Povećanje napona je otprilike linearna i vrednost može da bude čak i veći od napona početnog čvora. Zbog ove činjenice prilikom izboru kondenzatora potrebno je razmatrati i gornje i donje ograničenje napona.

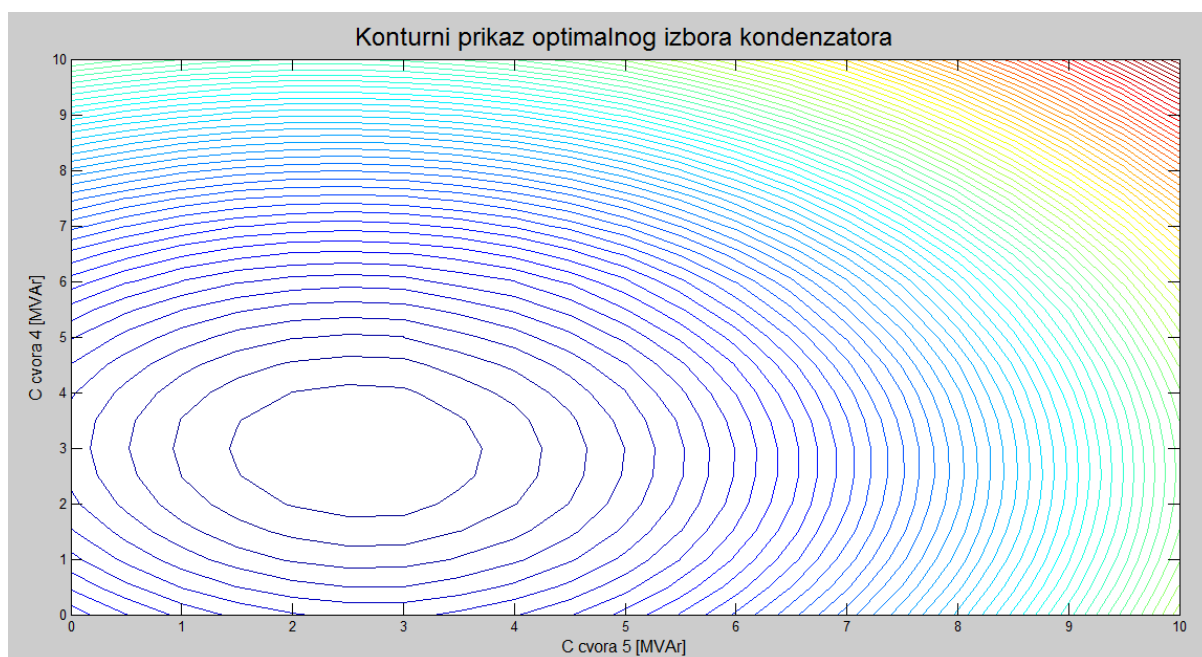
PRIKLJUČENJE DVA KONDENZATORA NA RAZLIČITIM ČVOROVIMA DISTRIBUTIVNE

U nekim slučajevima opravdano je korišćenje više kondenzatorskih baterija umesto jedne. U ovim situacijama dimenzija probleme se povećava sa brojevima kondenzatora. U slučaju dva kondenzatora zavisnost gubitaka aktivne snage se može pokazati na trodimenzionom grafiku, koji je pokazan na slici 19. U ovoj analizi kondenzatori su smešteni u čvorovima 4 i 5. Gubici snage su analizirani u 12h.



Slika 19 – Trodimenzioni prikaz aktivnih gubitaka u zavisnosti od veličine kondenzatora na čvoru 4 i 5

Slika 20 pokazuje elevaciju ove višedimenzione funkcije. Unutrašnji krugovi približavaju minimalni mogući vrednost gubitaka. Bilo koja kombinacija kondenzatora koji daje jednu tačku kruga ostvaruje isti gubitak. U razmatranju je problem potražnje najbolje rešenje.



Slika 20 – Konturni prikaz optimalnog izbora kapacitivnosti kondenzatora čvorova 4 i 5

Minimalni mogući vrednost gubitaka u ovom slučaju je 937 kW, koji je sa 81 kW manji od gubitaka mreže ako nisu postavljeni kondenzatori i sa 36 kW manji od gubitaka mreže u prilikom korišćenje samo jednog kondenzatora. Na osnovu ovoga se sledi da sa više

kondenzatorom može se ostvariti veće uštede ali ovo zahteva veće investicije sa strane distributivne kompanije.

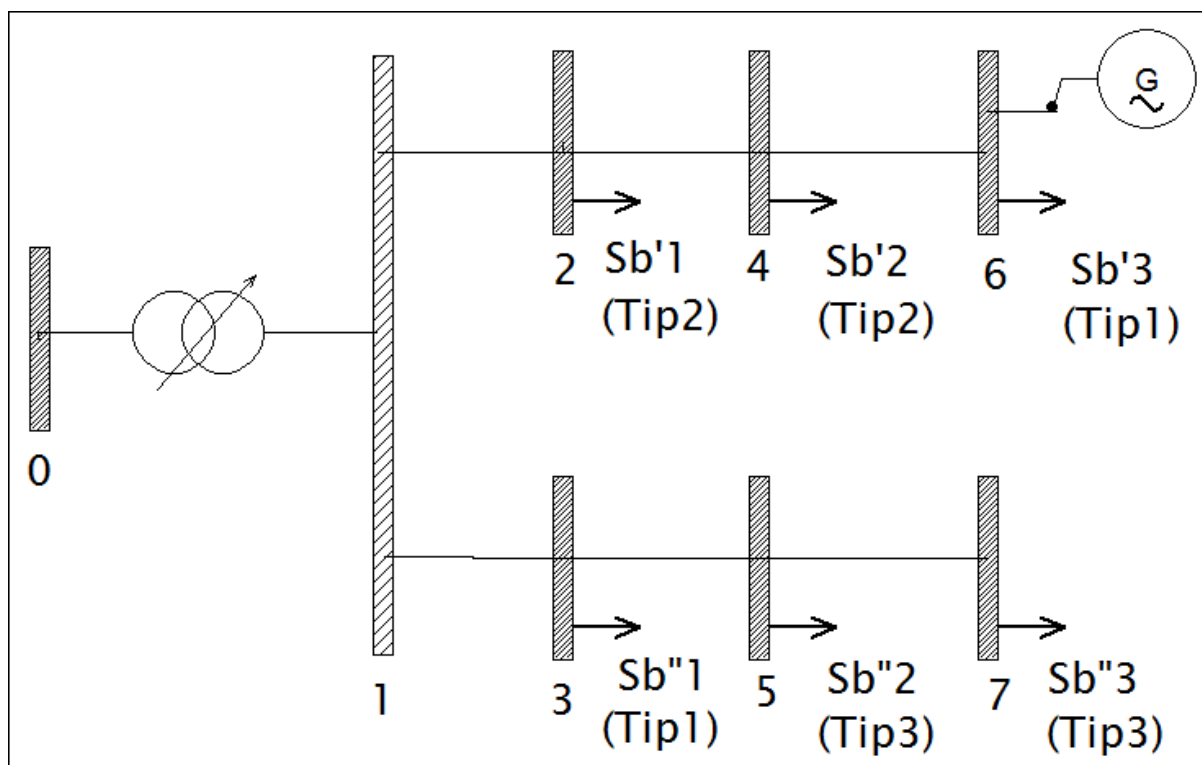
Minimalni mogući vrednost struje korena se ne razlikuje značajno od struje prilikom simulacije sa jednom kondenzatorom.

UTICAJ DISTRIBUTIVNOG GENERATORA NA OPTIMALNU VREDNOST I POZICIJU KONDENZATORSKOG KONDENZATORSKOG BATERIJA

Distributivni generatori sve češće se pojavljaju u današnjim distributivnim mrežama. Obnovljivi izvori energije ili male elektrane neprekidno se razvijaju i predviđeno je njihovo integracije u sve širem opsegu.

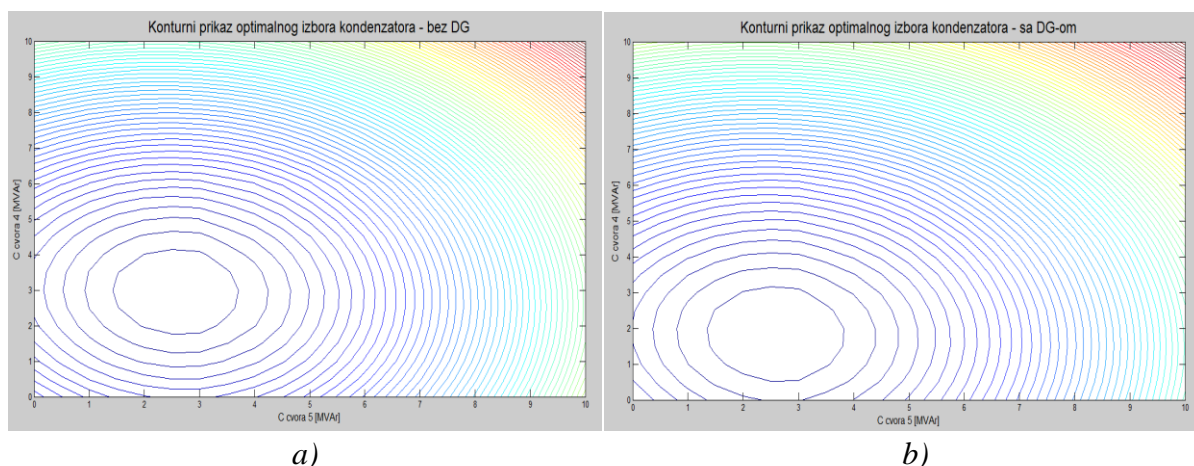
Postojanje ovih generatora omogućava rasterećenje dela mreže i smanjenje zahteva električne energije od prenosnog sistema. Pored ovoga oni su potencijalni resursi za regulaciju reaktivne snage i napona.

U sledećim razmatranjima je pokazano uticaj distributivnog generatora na režimu mreže i na optimalni izbor kondenzatorskih baterija. Neka se postavlja jedan distributivni generator prema slici 21 u čvoru 6. Razmatra se režim mreže u podne (12h). Distributivni generator proizvodi 3 MW aktivnu snagu i 1 MVar reaktivnu snagu, (nalazi se u nadpobuđenom stanju).



Slika 21 – Distributivna mreža sa generatorom

Slike 22a i 22b pokazuju optimalne rešenje izbora kondenzatora u čvoru 4 i 5 u slučaju postojanja generatora i u slučaju bez distributivnog generatora.



Slika 22 – Konturni prikaz optimalnog izbora kapacitivnosti kondenzatora čvorova 4 i 5

a) mreža bez distributivnog generatora

b) mreža sa distributivnom generatorom

Sa slike se vidi da karakteristika se promenila ka smeru smanjenje kapacitivnosti kondenzatora u čvoru 4 zbog postojanje distributivnog generatora dok optimalna vrednost kondenzatora u čvoru 5 se jako malo menjao.

Minimalni mogući vrednost gubitaka u slučaju uključenje distributivnog izvora i ova dva kondenzatora je 938 kW koji se ne razlikuje od vrednosti prilikom simulacije bez generatora.

Minimalni vrednost struja korena se ne menja u zavisnosti od toga koja simulacija je u pitanju.

Na osnovu rezultata može se zaključiti da distributivni generatori mogu da utiču na izbor kondenzatorskog baterija i da olakšavaju proces regulacije reaktivne snage na distribuciji.

REZULTATI ANALIZA I ZAKLJUČCI

Kondenzatorske baterije su jedne od naj široko korišćenih regulacionih resursa reaktivne snage distributivnih mreža. Zato što su jednostavni i jeftini uređaji, mogu da ostvaruju značajne uštede uz malim investicionim troškovima. Međutim kondenzatori su diskretni uređaji sa jako ograničenim mogućnostima regulacije, zbog toga njihova efikasnost ne može se uporediti sa obrtnim mašinama.

Simulacije ovog rada su pokazale da korišćenjem kondenzatorskih baterija može se smanjiti struje vodova mreže, čim se povećava njihov prenosni moć i životni vek. Pored ovoga zbog smanjenje vrednosti struja smanjuju i gubici u mreži čim distributivna kompanija ostvaruje uštede. Prilikom smeštaja kondenzatora postoji optimalni vrednost kapacitvnosti, kojom se ostvaruje najveće uštede ili kojom struja nekog voda je najmanja. Važno je da ovi vrednosti nisu isti.

Problemu pozicioniranja i određivanje optimalne veličine kondenzatora može se tretirati kao jedan optimizacioni problem celobrojnog ili mešovito celobrojnog programiranja, gde kriterijumska funkcija može da bude jako složena uključujući vrednosti struje vodova, gubitaka energije u toku vremenskog preioda, investicionih i operacionih troškova. Pored ovih postoje ograničenje napona čvorova i druge pravile grid koda. Simulacije su pokazivale da ne postoji intuitivna pravila za optimalni izbor nego potrebno je uključiti sve moguće rešenje u razmatranju.

Pokazano je da postoje rešenje u kojima sa korišćenjem više kondenzatora može se ostvariti bolju regulaciju u odnosu korišćenja samo jednog uključujući i činjenicu da ovi kondenzatori mogu da budu manje u odnosu kapacitivnosti jedne baterije. Ovo znači da ni broj kondenzatora nije jednoznačno određen za konkretnu situaciju.

Distributivni generatori mogu da se uključuju u procesu regulacije reaktivne snage. Zbog proširenje njihove korišćenje oni sve značajnije utiču na postupku optimalnog izbora kondenzatora. Međutim, u simulacijama može se primetiti da uticaja generatora na optimalni vrednost kondenzatorske baterije je mnogo značajnije ako baterija je bliže ka generatorskog čvora.

Uključujući sve promenljive vidi se da određivanje optimalne konfiguracije kondenzatora je jedna jako komplikovana problema zbog velikog broja kombinacija. Za realnu distributivnu mrežu metodologije mogu da budu vremenski jako zahtevne i u tolikoj meri koji postaje problemu praktično nerešivim. Korišćene metodologije realnih industrijskih softvera su bazirane na heurističkim ili sub-optimizacionim tehnikama i realno nikada ne traže globalno rešenje za ove probleme. Problem izbora i pozicioniranja kondenzatorskih baterija je jedan od današnjih otvorenih problema EMS-a i DMS-a.

LITERATURA

- [1] Dragan Popović, Duško Bekut, Valentina Dabić: *Specijalizovani DMS algoritmi*, drugo izdanje, DMS Group, Novi Sad, Republika Srbija, 2011.
- [2] Dariush Shirmohammadi, Carol S. Cheng: *Three-phase power flow method for real-time distribution system analysis*, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol 10, Issue 2, Maj 1995, pp. 671-679
- [3] Dariush Shirmohammadi, H. W. Hong, A. Semlyen, G.X. Luo: *A compensation-based power flow method for weakly meshed distribution and transmission networks*, *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol 3, Issue 2, Maj 1988, pp. 753-762
- [4] Milan S. Čalović, Andrija T. Sarić, Predrag Č. Stefanov: *Eksploatacija elektroenergetskih sistema u uslovima slobodnog tržišta*, Tehnički Fakultet u Čačku, Čačak, Republika Srbija, 2005.
- [5] Vladimir Strezorski: *Analiza elektroenergetskih sistema*, Fakultet Tehničkih Nauka u Novom Sadu, Novi Sad, Republika Srbija, 2006.