TRİSTÖR KONTROLLÜ SERİ KAPASİTÖR KULLANILARAK DEĞİŞKEN YÜKLÜ GÜÇ SİSTEMLERİNDE GERİLİMİ KONTROLÜ

Ulaş EMİNOĞLU

Tankut YALÇINÖZ

Saadetdin HERDEM

Niğde Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Niğde 51200 / Türkiye

e-posta:ulas41@hotmail.com

tyalcinoz@nigde.edu.tr sherdem@nigde.edu.tr

Anahtar sözcükler: FACTS, TCR, TCSC, Seri Kompanzasyon,, Enerji İletim Sistemleri

ÖZET

Bu çalışmada Tristör Kontrollü Reaktör (TCR) temelli FACTS cihazlarından Tristör Kontrollü Seri Kapasitör (TCSC) ile güç sistemlerinde hat empedansının kontrol edilmesi durumunda sistem gerilimine olan etkisi incelenmiştir. Sistem geriliminden bağımsız anahtarlama ile zamanla basaklı olarak değişen simetrik yük modeli Matlab/Simulink programı kullanılarak Endüktif karakterli dağınık oluşturulmuştur. parametreli iki baralı bir iletim hattında TCSC ile hat empedansı kompanze edilmiş ve yük (hat sonu) geriliminin değişimi kompanzasyonsuz durum ile birlikte verilmiştir. Yapılan kontrolde TCSC'nin gerilim kararlılığı ve anahtarlama ile sisteme aktarılan harmonik bileşenlerin az olduğu gözlenmiştir.

1. GİRİŞ

Günümüzde güç sistemleri oldukça karmaşık yapıya sahip olup binlerce bara ve yüzlerce generatörden oluşabilmektedir. Değişen enerji talebine bağlı olarak bu sistemlerde kontrol edilebilirlik ve sistem kapasitesinin arttırılması ile birlikte güç sistemlerinde hızlı güç akışı kontrolü sistem güvenliği ve yük açısından son derece önemlidir. Yük değişimi sistem geriliminin değişimine, iletim hatlarının aşırı yüklenmesine ve sistemde dengesiz yük akışına neden olabilmektedir [1].

FACTS (Esnek AC İletim Sistemleri) teknolojisi yüksek akım ve gerilim kapasitesine sahip güç elektroniği elemanları kullanılarak geliştirilmiş olup hat empedansı kontrolü, faz açısı kontrolü ve reaktif güç kompanzasyonu yapılarak güç sistemlerinde gerilim/akım kontrolüne imkan sağlamaktadır.

FACTS cihazları Tristör Kontrollü Reaktör temelli Statik VAr Kompanzatör (SVC), Tristör Kontrollü Seri Kapasitör (TCSC) ve invertör temelli Statik Kompanzatör (Statcom), Statik Senkron Seri Kapasitör (SSSC), Faz kaydırıcısı (TCPAR), Birleşik Güç Akışı Kontrolörü (UPFC) olmak üzere iki ana guruba ayrılmaktadır [2,3].

Tristör Kontrollü Seri Kapasitör güç sistemlerinde faz açısı kararlılığının artırılması ve alt senkronizasyon rezonansının azaltılması, hat empedansının kontrolü ile iletim hatlarında gerilim düşümünün kontrolü ve hattın güç transferi kapasitesinin arttırılması gibi bir çok uygulamalarda kullanılmaktadır [4,5].

Bu çalışmada iki kaynak ve endüktif yükten oluşan iki baralı güç sisteminde TCSC kullanılarak hattın endüktif empedansı belirli limitlerde kontrol edilmesi sonucunda (hat sonu) gerilimi kontrol edilmistir. yük Matlab/Simulink programı kullanılarak 34.5 kV'lık dağınık parametreli 70 km uzunluğunda ki bir iletim hattında belirli adımlarla kademeli (basamaklı) olarak değişen endüktif yüklü bir güç sistemi oluşturulmuştur. Basamak şeklinde simetrik olarak değişen yük modeli, güçleri birbirinden farklı 5 adet statik yükün anahtarlama ile devreye alınıp çıkartılmasıyla elde edilmiştir. Kullanılan bütün yükler için reaktif güç endüktif olarak alınmıştır. Yük akımı ve geriliminin kompanzasyonsuz kompanzasyonlu durumlar değisimi karşılaştırılarak verilmiştir.

2. TRİSTÖR KONTROLLÜ SERİ KAPASİTÖR (TCSC)

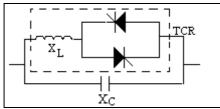
Seri kompanzasyon yapılarak hat empedansının kontrolü ile gerilim büyüklüğü, faz açısı ve hat akımının kontrolünün yanısıra güç faktörünün ve güç transferinin arttırılması da mümkündür [7]. Hat kapasitansı ve direncinin ihmal edilmesi durumunda hattan aktarılan aktif ve reaktif güç,

$$P = \frac{V_s V_r}{X_I} \sin \delta \tag{1}$$

$$Q = \frac{1}{X_L} (V_s V_r \cos \delta - V_s^2) \tag{2}$$

şeklinde ifade edilir. Burada V_s , V_r sırasıyla hattın başlangıç ve hat sonu gerilimlerinin etkin değeri, X_L hattın endüktif reaktansı ve δ gerilimler arasındaki faz farkıdır.

Tristör Kontrollü Seri Kapasitör (TCSC) güç sistemine seri olarak bağlanmaktadır. TCSC'nin endüktif veya kapasitif olarak çalıştırılması ile hat empedansının geniş aralıkta kontrolü yapılmaktadır. TCSC, TCR ve buna paralel bir kondansatörden oluşur. TCSC'ye ait temel devre şeması Şekil-1'de verilmiştir.

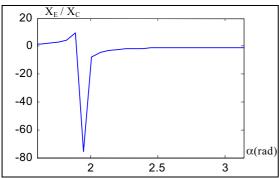


Şekil 1. TCSC devre şeması

Tristörler simetrik olarak 90° ile 180° arasında tetiklenerek TCSC reaktansı X_L ile X_C arasında değiştirilmektedir. TCR reaktansının kondansatör reaktansından büyük değerleri için TCSC kapasitif, küçük değerlerinde ise TCSC endüktif olarak çalışmaktadır. Eşit olması durumunda paralel rezonans oluşmakta, TCSC akımı sıfır olmaktadır. Rezonans durumu X_C /X_L oranına bağlı olup bu oran TCSC'nin endüktif ve kapasitif olarak calısma aralığına bağlı olarak değismektedir. TCSC esdeğer reaktansı TCR reaktansı ile Kapasitör reaktansının paralel eşdeğerinden elde edilir

$$X_E = X_C \frac{\pi / r_x}{\sin 2\alpha - 2\alpha + \pi (2 - 1 / r_x)}$$
 (3)

Burada $r_x = X_c / X_L$ ye eşit olup kompanzatörün endüktif ve kapasitif çalışma aralığına göre belirlenir [8]. Rezonans tetikleme açısında TCSC empedansı sonsuz olmaktadır. Bu çalışmada TCSC kapasitif olarak çalıştırıldığından X_C/X_L=1.68 olarak alınmıştır. Bu oran için rezonans tetikleme açısı $\sigma_{rez}=112^0$ olup eşdeğer reaktansının tetikleme açısına göre değişimi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. TCSC eşdeğer reaktansının tetikleme açısına göre değişimi

TCSC tasarımında kapasitif TCSC reaktansı minimum olarak kapasitör reaktansına, maksimum olarak %100'lük hat kompanzasyonu için hattın seri eşdeğer reaktansına eşit değerde alınır. Tasarımda

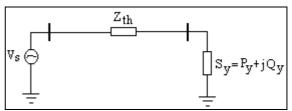
hat reaktansı kompanzatörün maksimum kapasitif reaktansı olarak alınır.

$$X_{\text{Emax}} = X_{\text{Hat}}$$
 (4)

TCSC'nin kapasitif çalışma aralığı için eşdeğer reaktans karakteristiğinden X_C değeri belirlenerek X_C /X_L oranından TCR endüktansının değeri belirlenir. Bu çalışmada hat empedansı maksimum olarak %120 oranında kompanze edildiğinden X_{Emax}=1.2X_{Hat} olarak alınmıştır.

3. SİMÜLASYON SONUCLARI

Kaynak gerilimi 34.5 kV'olan dağınık parametreli 70 km'lik iki baralı sistemde hattın eşdeğer reaktansı $X_{th}=21.2\Omega$ ve $R_{th}=0.9\Omega$ olup hat kapasitansı ihmal edilmistir. TCSC ile hattın endüktif reaktansı maksimum %120 oranında kompanze edilerek yü (hat sonu) gerilimi kontrol edilmiştir. Tetikleme açısı $150^{\circ} \le \alpha_{TCSC} \le 180^{\circ}$ sınırlarında tutularak TCSC'nin kapasitif reaktansı $21.2 \le X_{TCSC} \le 25.4$ aralığında kontrol Kompanzasyonsuz durum için sistemin tek faz devre şeması Şekil 3'te verilmiştir.

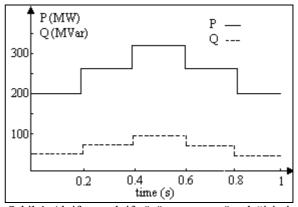


Sekil 3. Güç sisteminin tek fazı için devre seması

Hattın sonuna bağlanan yük için toplam aktif ve reaktif gücün belirli zaman aralıklarındaki değerleri Tablo 1'de ve grafiksel olarak değişimi Şekil 4'de verilmiştir.

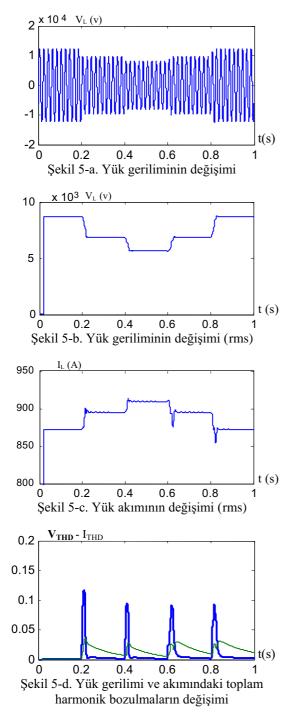
Tablo 1. Aktif ve reaktif gücün değişimi

Güç/Zaman(s)	0-0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	0.8-1
P (MW)	200	260	320	260	200
Q(Mvar)	50	70	90	70	50

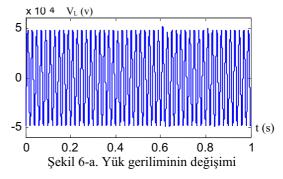


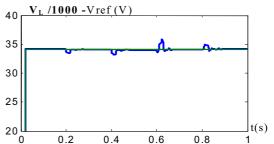
Şekil 4. Aktif ve reaktif gücün zamana göre değişimi

Sistemde kontrolün yapılmadığı durum için hat sonu (yük) geriliminin tek fazının değişimi, etkin değerinin değişimi, hat sonu akımının etkin değerinin değişimi, gerilim ve akımdaki toplam harmonik bozulmalar sırasıyla Şekil verilmiştir.

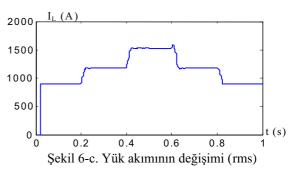


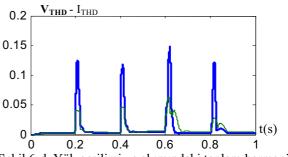
Sistemdeki Aktif ve reaktif güçteki artış hat akımının, hat üzerindeki gerilim düşümünün ve hattaki aktif ve reaktif güç kayıplarının artmasına neden olmaktadır. TCSC ile hat empedansının kontrol edilmesi durumunda elde edilen simülasyon sonuçları Şekil 6 da kontrol devresinin tek fazına ait devre şeması Şekil 7'de verilmiştir.



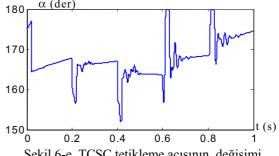


Şekil 6-b. Yük gerilimi ve referans gerilimin değişimi (rms)

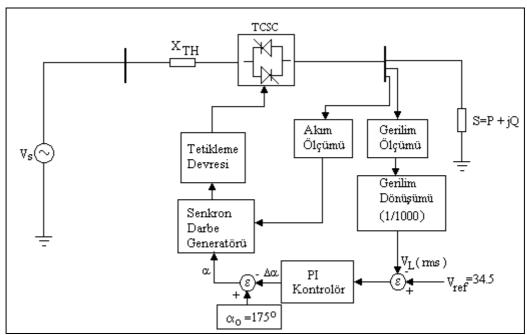




Şekil 6-d. Yük gerilimi ve akımındaki toplam harmonik bozulmaların değişimi



Şekil 6-e. TCSC tetikleme açısının değişimi



Şekil 7. TCSC ile seri kompanzasyon devre şeması

4. SONUÇ

Enerji iletim sistemlerinde yük talebi zamanla değiştiğinden yük akımı gerilimi buna bağlı olarak değişir. Bu değişim birden fazla kaynak, hat ve yükten oluşan güç sistemlerinde dengesiz yük akışına neden olmakta ve gerilim değişimi yük performansını olumsuz olarak etkilemektedir.

Bu çalışmada Tristör Kontrollü Seri Kapasitör kullanılarak aktif ve reaktif gücü zamanla değişen bir sistemde hat empedansı değiştirilerek yük (hat sonu) geriliminin kontrolü verilmiştir. Hattın endüktif reaktansının kompanzasyonu ile hattaki gerilim düşümü ve aktif/reaktif güç kayıpları azaltılarak aktarılan aktif ve reaktif güç ile çıkış gerilimi belirli arttırılarak gerilim belirli sınırlarda kontrol edilmiştir.

FACTS cihazlarının önemli dezavantajı en yapılmasından dolavı sisteme anahtarlama harmonik bileşenlerin aktarılmasıdır. Yapılan kontrolde sistem gerilimi ve akımında çok küçük oranda bozulmanın olduğunu söylemek mümkündür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma Devlet Planlama Teşkilatı DPT 2003K 120880-2, 2003 proje çerçevesinde desteklenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] Yalçınöz T., Erbaş H and Yücel İ, Esnek alternatif akım iletim sistemleri ve uygulama alanları, Kaynak Elektrik, Enerji, Elektrik, Aydınlatma, Elektronik ve Otomsayon Mühendisliği Dergisi, No.153, pp.114-117, Ocak 2002.
- [2] Hingorani N.G., Flexible AC Transmission, System, IEEE Spectrum, pp.40-45, April 1993
- [3] Canizares C.A., Power Flow and Transient Stability Models of FACTS Controllers for Voltage and Angle Stability Studies, IEEE /PES WM Panel, Singapore, Jan. 2000.
- [4] Pilotto LaA. S., Ping W., Carvalho A. R., Wey A, Long W.F., Alvarado F. L., Edris A., Determination of needed FACTS controllers that increase asset utilization of power systems, IEEE Trans. Power Delivery, vol. 12, no. 1, Jan. 1997, pp.364-371.
- [5] Larsen E. V., J. J. Sanchez-Gasca, Chov J. H., Concepts for desing of FACTS controllers to damp. Power swings, IEEE Trans. Power System, vol. 10, no.2, May. 1995, pp. 948-956.
- [6] Canizares C. A., Berizzi A., Marannino P., "Using FACTS controllers to Maximize Available Transfer Capability", Bulk Power Systems Dynamics and Control IV-Restructuring, pp.24-28, Santarino, Greece, August 1998
- [7] Sadikoviç R.P., Glaviç M., "Effect of FACTS devices on steady state voltage stability", 1.st Balkan Power Conference, Slavonig, September 2001.