

SERİ KOMPAZASYONUN KRİTİK TEMİZLEME AÇISINA ETKİLERİ

Mustafa Doğan, Ertan Yanıkoğlu

Özet- Elektrik enerjisi sistemleri güç sistemlerinin en önemli unsurudur. Teknolojinin gelişimiyle birlikte güç sistemlerinde önemli ölçüde gelişmeler meydana gelmiştir. Bu gelişmeler sonucunda çeşitli sorunlar ortaya çıkmıştır. Ortaya çıkan sorunların başta gelenlerinden biri sistemin kararlılığını olumsuz yönde etkileyen problemlerdir. Seri kompanzasyon iletim hattının seri reaktansının değerini seri kapasitörler vasıtasıyla azaltarak iletim hattının geçici durum kararlılığını olumlu yönde etkilemektedir. Bunun neticesinde kritik temizleme açısının değeri arttırılmaktadır. Kritik temizleme açısının artmasına bağlı olarak sistemin bir bozucu etkiye maruz kalması durumunda meydana gelen salınımların daha rahat bir şekilde sönümlenmesi sağlanır. Bu makalede seri kompanzasyonun kritik temizleme açısına etkileri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler- Seri Kompanzasyon, Seri Kapasitör, Kritik Temizleme Açısı.

Abstract- Electrical energy systems are the most important elements of the power systems. The important developments came into existence with the developing of technology in power systems. At the end of these developments various problems came into existence. The main problems related with this matter are problems which affect the stability of power in a negative way. Series compensation decreases the value of series reactance of conducting line by means of series capacitors and it affects the temporary position stability of conducting line in a positive way. The value of critical cleaning angle is there fore increased.

M.Doğan, Doğan Elektrik Müh. ve Tic. Ltd. Şti. Akşehir / Konya, musdoğan78@hotmail.com. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Elektrik-Elektronik Müh. Anabilimdalı Öğrencisi, Esentepe / Sakarya

E.Yanıkoğlu, Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Müh. Bölüm Başkanlığı, Esentepe / Sakarya

If the system is subjected to the demolisher affect related with the increasing of critical cleaning angle, the oscillations can be damped easily. In this article the affects of series compensation to the critical cleaning angle were examined.

Keywords- Series Compensation, Series Capacitors, critical cleaning angle

I.GİRİŞ

Elektrik enerji nakil hatları günümüz elektrik güç sistemlerinin en önemli unsurudur. Elektrik enerjisinin dünyada kullanılmaya başlandığı ilk yıllarda güç sistemleri birbirinden ayırık ve alçak gerilim dağıtım şebekesini besleyen ünitelerden oluşmaktaydı. Gelişen teknoloji ile birlikte ayırık üretim birimleri birbirlerine yüksek gerilim hatlarıyla birleştirilerek bugünkü enterkonnekte şebeke meydana gelmiştir [1].

Bu gelişmeler sonucunda elektrik enerjisi istenilen mesafeye ve istenilen güçlerde iletebilmiştir. Bunun sonucu elektrik enerjisinin daha ekonomik ve daha güvenilir biçimde kullanılmıştır [1].

İletim sistemlerinin tasarımında temel daayanaklar sistemin frekans ve gerilim sabitliğidir. Güç sisteminden çekilen enerjinin miktarının devamlı değişmesi sonucu bu parametrelerin sabitliğinin sağlanması güçleşmiştir. Reaktif kompanzasyonla gerilim kararlılığı güç iletim kapasiteleri artırılmıştır. Reaktif kompanzasyon yöntemleri enerji kalitesini artırarak reaktif ve aktif güç akışını kontrol edebilmektedir [1].

Seri kompanzasyon enerji iletim hatlarının ısısal sınırlara yakın değerlerde yüklenmesini sağlar, güç akış kontrolünü sağlar ve kararlılığı artırır. Seri kompanzasyon sabit kapasitörlerle sağlanabildiği gibi mekanik anahrtarlanmalı veya tristör kontrollü kapasiteler tarafından sağlanabilmektedir. Tristör kontrollü seri kompanzasyon sisteminde seri kapasitif reaktans basamaksız ve daha hızlı kontrol sağlar.

Bu çalışmada seri kompanzasyonun kritik temizleme açısına etkileri incelenmiştir.

II. SERİ KOMPAZASYONUN FAYDALARI

Seri kompanzasyonun faydaları olmasına karşın sebep olduğu birtakım sorunlar nedeniyle paralel kompanzasyona oranla daha az kullanılmasına karşın teknolojinin gelişimine paralel olarak tristör kontrollü seri kompanzasyon sayesinde sakıncalar en aza indirilmiş ve kullanımı artmıştır [2].

Seri kompanzasyonun faydaları aşağıda verilmiştir;

- Güç iletim optimizasyonu,
- Kararlılık artışı,
- Hat gerilim profilinin düzeltilmesi [1].

Seri kompanzasyonun bu çalışmada kararlılık artışının kapsamında olan kritik temizleme açısına etkileri incelenmiştir.

Kararlılık bakımından en önemli artış geçici durum kararlılık artışı üzerinde olmaktadır [2]. İki nokta arasındaki güç iletiminin kayıplar ihmal edilirse yaklaşık ifadesi;

$$P_{12} = \frac{V_1 \cdot V_2}{X_{12}} \cdot \sin \delta_{12} \quad (1)$$

burada ;

P_{12} : 1 noktasından 2 noktasına iletilen güç,
 V_1 : 1 noktasının gerilimi ,
 V_2 : 2 noktasının gerilimi ,
 X_{12} : 1 ile 2 noktası arasındaki reaktans,
 δ_{12} : $\delta_1 - \delta_2$: 1 ile 2 noktalarındaki gerilimler arası açı [1].

Yük açısı (δ) geçici durum kararlılığının bir ölçütüdür. Yük açısının büyük değerler alması istenmeyen bir durumdur. Genelde yük açısının sınırı $80-85^\circ$ olarak kabul edilir. Denklem (1)'de açıkça görüldüğü gibi seri reaktansın küçültülmesi aynı yük açısında daha büyük güçler ve belli bir gücü daha küçük yük açılarında iletilmesini sağlar.

III. SERİ KOMPAZASYONUN SAKINCALARI

Seri kompanzasyon gelişi güzel kullanıldığı takdirde bir takım sorunlara neden olur. Seri kompanzasyon güç sistemine uygulanırken gerekli önlemler ve hesaplamalar yapılırsa seri kompanzasyonun tüm sakıncaları ortadan kaldırılabilir.

Seri kompanzasyonun neden olduğu sakıncalar şu şekilde sıralanabilir;

1. Senkronaltı Rezonans [3]

2. İletim sistemi korunmasının güçleşmesi [3]
3. Geçici toparlanma geriliminin büyümesi [4]

Senkronaltı rezonans; elektrik şebekesiyle türbin generatör mekanik biriminin aralarında anma frekansından küçük bir frekansta enerjinin değişimi olarak tanımlanır [5].

Tüm bu olumsuz etkiler gerekli önlemler alındığı takdirde ortadan kaldırılabilir.

IV. TRİSTÖR KONTROLLÜ SERİ KOMPAZASYON

Seri kompanzasyon teknolojisinde en önemli gelişme seri kompanzasyonun kontrol sistemlerinde görülmektedir. Seri kompanzasyonun ilk uygulamalarında seri kapasiteler, mekanik anahtarlarla bypass edilerek ve devreye alınarak seri kompanzasyon derecesi kontrol edilmekteydi [1]. Güç elektroniğinin gelişimiyle seri kompanzasyon kontrol elemanı olarak tristör kullanılmaya başlandı [6].

IV.1. Seri Kompanzasyonun Kontrol Yöntemleri

- Mekanik anahtarlama seri kapasiteler
- Tristör kontrollü seri kapasiteler
- Tristör anahtarlama seri kapasiteler

IV.2. Tristör Kontrollü Seri Kompanzasyonun Güç Sistemine Ek Katkıları

Tristör kontrollü seri kompanzasyon sabit veya mekanik anahtarlama kompanzasyonun güç sistemine sağladığı yararların hepsini sağlar. Bu kompanzasyon sisteminin güç sistemine sağladığı ek yararlar aşağıda sıralanmıştır;

1. Güç akışının kontrolü [6,7]
2. Senkronaltı rezonansın önlenmesi [1,6,7]
3. Güç salınımlarının söndürülmesi [7]

olarak verilebilir.

V. GÜÇ SİSTEMLERİNDE KARARLILIK ANALİZİ

Bir elektrik güç sistemi generatörler ve türbinler gibi üretim birimleri, iletim hatları, yükler, çeşitli transformatörler kompanzasyon elemanlarının bulunduğu elektromekanik bir sistemdir.

Elektrik güç sistemlerinde kararlılık; bir bozucu etkiye maruz kalan sistemin bozucu etki sonrası tekrar bozucu etki öncesi çalışma koşullarına dönme yeteneği anlamındadır [8]. Güç sistemi kararlılığı, sistemdeki çeşitli senkron makinaların senkronizmada kaldığı durumu gösteren alternatif akım güç sistemlerine

uygulanan bir terimdir. Bunun tersi olan kararsızlık ise senkronizmanın kaybolduğu durumu gösterir [9].

V.1. Kararlılığın Sınıflandırılması

Elektrik güç sistemlerinde kararlılık, sistemin maruz kaldığı bozucu etkiye bağlı olarak çeşitli sınıflara ayrılabilir. Bu sınıflar;

- Sürekli hal kararlılığı
- Dinamik hal kararlılığı
- Geçici hal kararlılığı

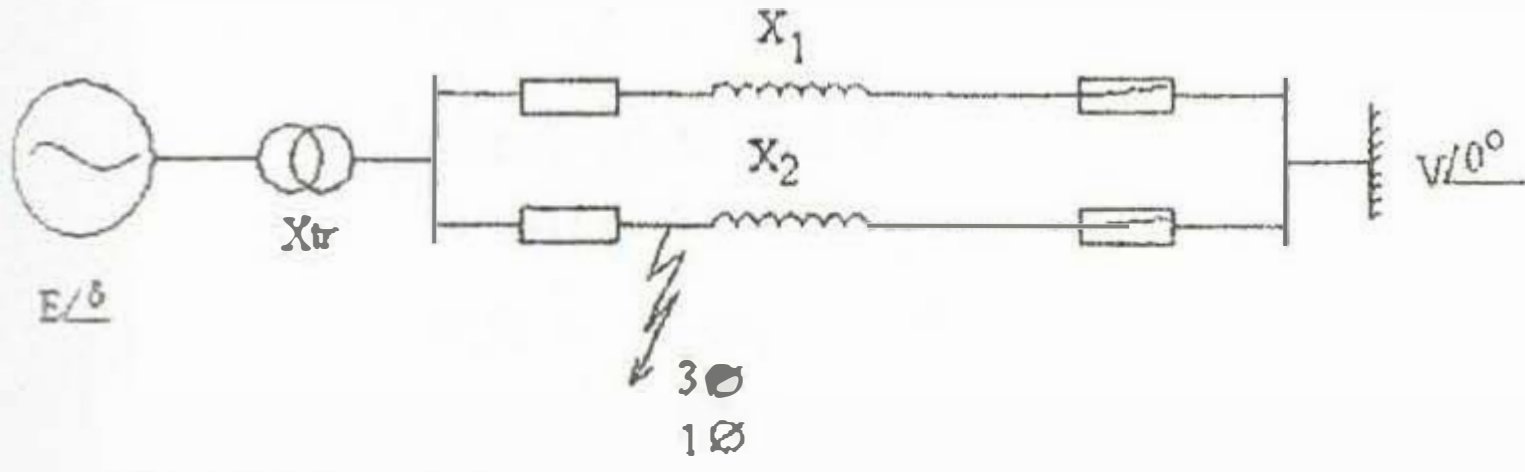
Son yıllarda kararlılığın yeni bir tipi olan gerilim kararlılığı tanımlanmıştır [9].

V.2. Geçici Hal Kararlılığına Etki Eden Faktörler

1. Generatörün aşırı yüklenmiş olması (endüktif yükler),
2. Arıza esnasında generatör çıkışı arıza yeri ve tipi,
3. Kritik temizleme açısı,
4. Kritik temizleme zamanı,
5. Arıza sonrası iletim sistemi reaktansı,
6. Generatör reaktansı,
7. Generatör ataleti,
8. Generatör iç gerilim genliği [12].

V.3. Eşit Alan Kriteri

Sonsuz güçlü bir baraya göre salınım yapan bir makinalı sistemde, geçici hal kararlılığını salınım denkleminin sayısal çözümünü yapmadan basit bir kriter olan eşit alan kriteri ile incelemek mümkündür [10,11].



Şekil 1 Paralel iki hatlı bir sistem modelinin gösterimi

Sistemin arıza öncesi elektriksel gücü ;

$$P_1 = P_{elk} = \frac{E.V}{X_d' + X_{tr} + X_1 // X_2} \cdot \sin\delta = P_{max} \cdot \sin\delta \quad (2)$$

Sistemin arıza esnasındaki elektriksel gücü ;

$$P_2 = P_{clk} = \frac{E.V}{X_d' + X_{tr} + X_1 // X_2 + X_{arıza}} \cdot \sin\delta$$

$$P_2 = P_{max} \cdot \sin\delta \quad (3)$$

Sistemin arıza sonrası elektriksel gücü ;

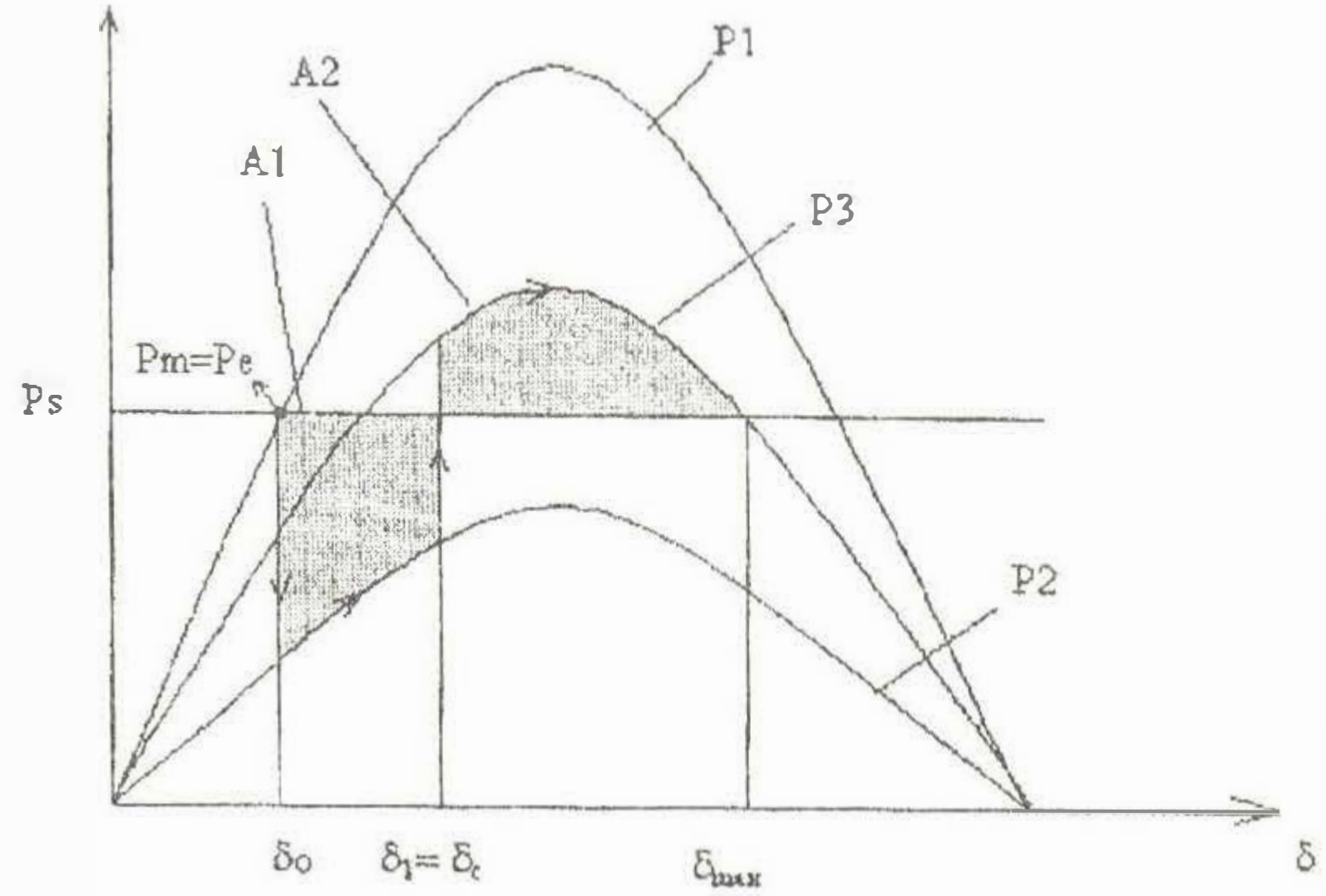
$$P_3 = P_{clk} = \frac{E.V}{X_d' + X_{tr} + X_1} \cdot \sin\delta = P_{max} \cdot \sin\delta \quad (4)$$

olur.

$$P_1 = P_{max} \cdot \sin\delta$$

$$P_2 = r_1 \cdot P_{max} \cdot \sin\delta$$

$$P_3 = r_2 \cdot P_{max} \cdot \sin\delta$$



Şekil 2 Paralel iki hatlı bir devrenin P-δ eğrilerinin gösterimi

Yukarıda görülen şekilde A1 ve A2 alanları $d\delta/dt = 0$ koşulunu sağlayabilmesi için eşit olmalıdır. Bu noktadan hareket edecek olursak ;

$$A1 = P_m \cdot (\delta_c - \delta_0) - \int_{\delta_0}^{\delta_c} r_1 P_{max} \cdot \sin\delta d\delta \quad (5)$$

$$A2 = \int_{\delta_c}^{\delta_{max}} r_1 P_{max} \cdot \sin\delta d\delta - P_m (\delta_c - \delta_{max}) \quad (6)$$

Bu noktada $A1 = A2$ eşitliğinden kritik temizleme açısı bulunur [12].

Kritik temizleme açısı ;

$$\delta_c = \cos^{-1} \left\{ \left[\frac{1}{(r_2 - r_1)} \right] \cdot \left[\frac{P_m}{P_{max}} \right] \cdot [\delta_m - \delta_0] + r_2 \cdot \cos\delta_m - r_1 \cdot \cos\delta_0 \right\} \quad (7)$$

olarak bulunur.

VI. UYGULAMALAR

Bu bölümde kritik temizleme açısının bir arıza durumunda nasıl etkilendiği, seri kompanzasyonun kritik temizleme açısına etkisi ve gerilim kararlılığı açısından kritik açığa etkileri incelenmiştir.

VI.1. Arızanın Paralel Hatlardan Birinin Başında Meydana Gelmesi Durumu

Şekil 3'deki devrede 1 numaralı baraya bağlı olan paralel hatlardan alttaki hattın baraya yakın bir yerinde bir kısa devre meydana gelmesi durumunda kritik açıda meydana gelen değişiklikler tablo halinde verilmiştir.