

# ORTA GERİLİM TRİSTÖRLÜ KOMPANZASYON SİSTEMİ TASARIMI VE UYGULAMASI

Özgür GENCER

Nuran YÖRÜKEREN

Ayhan MALKOÇ

Hakan KARTAL

## 1. ÖZET

Enerji iletim/dağıtım sistemlerinde reaktif güç kayıplarının minimuma indirmek için şönt reaktör ve şönt kapasitörler kullanılır. Uygulanacak kompanzasyon sisteminin değişken karakteristikli yük durumları için reaktör/kapasitör sistemi kontrol edilebilir olmalıdırlar. Reaktif güç kompanzasyon sistemlerinin geleneksel yöntem kesiciler ile anahtarlanması olup bu beraberinde birçok problemi birlikte getirmektedir. Bu çalışmada orta gerilim sistemlerinde reaktif güç kontrolünün kademesiz ve hızlı bir yöntemi olan, Manyetik Doymalı Reaktör sistemi ve endüstriyel bir tesisteki uygulaması tanıtılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kompanzasyon, SVC, MCR, TCR

## 2. GİRİŞ

Reaktif güç kontrolü enerji iletim/dağıtım sistemlerinde verimli bir çalışma için en önemli konulardan biridir. Şebekede reaktif gücü ekipmanların karakteristikleri ve yükler etkiler. Kompanzatorlar her zaman yükün oluşturduğu reaktif gücü değil, iletim/dağıtım sistemindeki ekipmanların reaktif gücünü de kompanze etmesi gereklidir. Dolayısıyla reaktif güç kompanzasyon sistemi tasarımında bunların tamamının etkisi göz önüne alınmalıdır.

Önceleri sadece yüksek gerilim sistemlerinde, uzun iletim hatlarının kapasitif reaktif gücün kontrolünde kullanılan Manyetik Nüveli Reaktör(Magnetic Core Reactor-MCR), günümüzde endüstriyel tesislerin kompanzasyon sistemi olarak da kullanılmaktadır. Diğer statik kompanzatorlara göre de büyük avantajları olan MCR sistemi, İzmit Alikahya'da kurulan Türkiye'nin ilk paslanmaz çelik fabrikası Posco Assan'da, sistemdeki yükler için gerekli kapasitif reaktif gücün karşılanması için kurulmuştur.

Bu çalışma, kurulan sistemin teorisi, uygulama detayları ve sistemden alınan ölçümleri kapsamaktadır.

## 3.MANYETİK NÜVELİ REAKTÖR

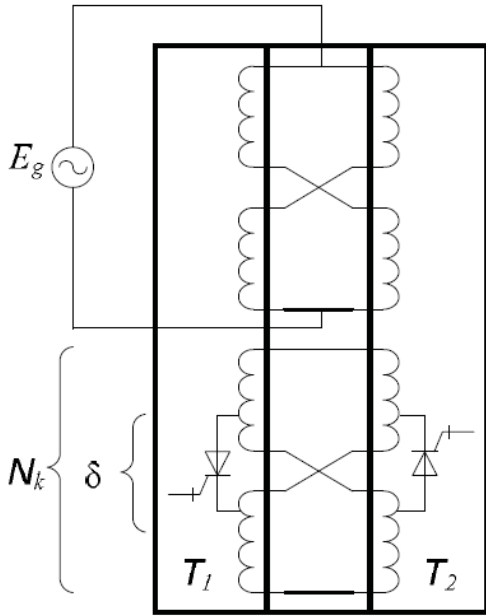
Orta gerilim kesicilerinin belirli bir açma-kapama limitleri vardır ve kapasitör anahtarlanması sistemde kolaylıkla aşırı gerilime sebebiyet verir. Böylece sistemin kararlılığını ve güvenliğini tehdit eder. Reaktif gücün yeterli olmadığı zamanlarda, gerilim seviyesi düşük seviyeye düşer, veya tam tersi durumda gerilim seviyesi aşırı yükselir. Etkili gerilim kontrolü ve gerekli reaktif güç kompanzasyonu gerilim kalitesini düzelttiği gibi sistemin kararlılığı ve güvenilirliğini iyileştirerek sistemin ekonomik verimliliğini sağlar [1]. Eğer şönt reaktörün reaktansı kontrol edilebilirse, reaktans iletim hattı yükü için ayarlanabilir ve böylece sürekli reaktif güç kompanzasyonu sağlanarak iletim hattındaki kayıplar azaltılır ve taşınan aktif güç miktarı kapasitesinde artış olur. Ayrıca şönt reaktörler yük atma işlemleri yada nötr-toprak hatası sonucu oluşan aşırı gerilimi sınırlandırır [2].

İki çeşit kontrol edilebilir reaktör vardır: doyurulabilir reaktör (DR) ve tristör kontrollü reaktör (Thyristor Controlled Reactor-TCR). Doyurabilir reaktör ferromanyetik çekirdek üzerinde iki sarımdan oluşmaktadır [3]. DC akım kontrol sarımdan geçerek, ana sarımın reaktansını azaltır. DC akım uyarması AC sarımın endüktans değerinin doyurulma derecesini değiştirilmesini kontrol etmek için kullanılır [4]. TKR sisteminde reaktör tek yönlü tristör vanası ile seri bağlanmıştır. TKR'nin reaktansı reaktörden geçen akımı düzenlemek için anahtarlama açısını değiştirilerek kontrol edilir.

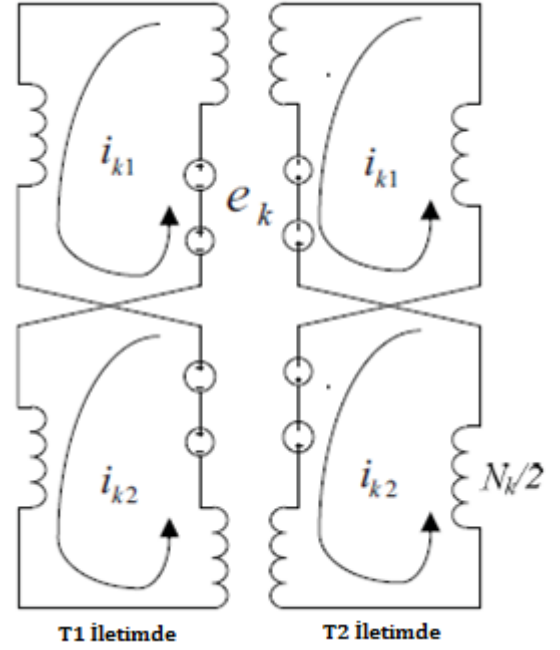
Manyetik nüveli reaktörün (MCR) çalışma prensibi manyetik büyüteçe dayalı bir çeşit DR çeşitidir. 1986 yılında MCR'nin çalışma yapısı manyetik vanaya dayalı olarak geliştirildi ve reaktörün performansı

büyük ölçüde geliştirilmiş oldu. 1990'lı yıllarından beri MCR üzerinde çalışılarak elektrik demir yolu, çelik endüstrisi ve güç sistemleri için manyetik vana tip reaktör geliştirilmiştir[5].

MCR'nin 2 sarımı vardır: AC sarım (ana sarım) ve DC sarım (kontrol sarımı). Manyetik kontrollü reaktörlerdeki endüktans değişimi manyetik çekirdekdeki manyetik akım gücü değişimi kontrol edilerek kazanılır. MCR'nin kontrol sarımındaki doğrusal akımın artırılması, manyetik alan kuvvetini artırır. Manyetik alan kuvvetinin artması geçirgenliği azaltır. Geçirgenliğin azalması MCR'nin endüktansını artırır. MCR'nin endüktansının azalması MCR'nin şönt reaktör reaktansını azaltır, ve reaktansın azalması şönt MCR'nin çekeceği reaktif gücü artırır. Böylece MCR'nin kontrol sarımındaki akım MCR'nin anahtalanmasını sağlar. Bu değişiklik MCR'deki manyetik çekirdeğin doyuma götürür. Çekirdeğin doymuş olduğu periyot MCR'nin başlıca kontrol prensibidir [6,7].



MCR'ye dayalı reaktif güç kompanzasyonu MCR'ye bağlanan paralel kapasitör ile hızlı ve sorunsuz bir şekilde reaktif güç ayarlayarak dinamik reaktif güç kompanzasyonu gerekliliklerini karşılar. Elektrik sisteminde kontrol edilebilir reaktör reaktif güç kompanzasyonu aşırı gerilim sınırlaması, yüksüz hat yada az yüklü hat kayıpları azaltılmasını ve taşıma kapasitesini artırması için kullanılabilir [3].



Şekil 1. a) MCR'nin yapısı b) çalışma şekli

MCR'nin düşük harmonik çıkışı, düşük güç tüketimi, bakım gerektirmeyen, yüksek güvenilirlik, ucuz fiyatlı olması gibi pek çok avantajları vardır ve ideal bir dinamik reaktif güç kompanzasyon ve voltaj düzenleme cihazıdır. TCR ise pahalı fiyatlıdır ve uygulanması için geniş alana ihtiyaç duyar. MCR diğer cihazlara göre daha verimli ve güvenilir ve daha düşük maliyetlidir. TCR yüksek oranlı tristör sistemi gerektirir, fakat MCR düşük güçte manyetik kutuplamaya dayalıdır ve yüksek oranlı tristörlere gereklilik duymaz.

Tablo 1'e göre merkezi bir noktada, hızlı, az yer gerektiren, düşük harmonik bozulmalı, bakım gerektirmeyen MCR sistemin 10MVAR'a kadar olan uygulamalar için ideal çözüm olduğu görülmektedir. Bu güçlerin üzerinde ise TCR kullanımı gereklidir.

#### 4. MANYETİK NÜVELİ REAKTÖR

Posco Assan Alikahya fabrikası toplam 50MVA'ya göre tasarlanmıştır. Sistemde 500kVA-7MVA güçlerinde değişen 26 adet transformatör vardır. 400V ve 3.3kV yüklerin çoğu frekans konvertörlüdür ve güç faktörü 0,96'nın üzerindedir. Yapılan hesaplamalara göre sistemin toplamda 10MVAR kapasitif reaktif güç ihtiyacı belirlenmiştir. Bu kapasitif gücü 33kV'da 5MVAR SVC sistemi ve 10 adet 500kVA 400V ile karşılanması tasarlanmıştır. 5MVAR SVC sistemi 5MVAR MCR ve 5MVAR tam odaklı harmonik filtre grubundan oluşmaktadır. 400V

kompanzatorler, de-tuned p:5.67% reaktörler ile harmonik filtreli olarak uygulanmıştır.

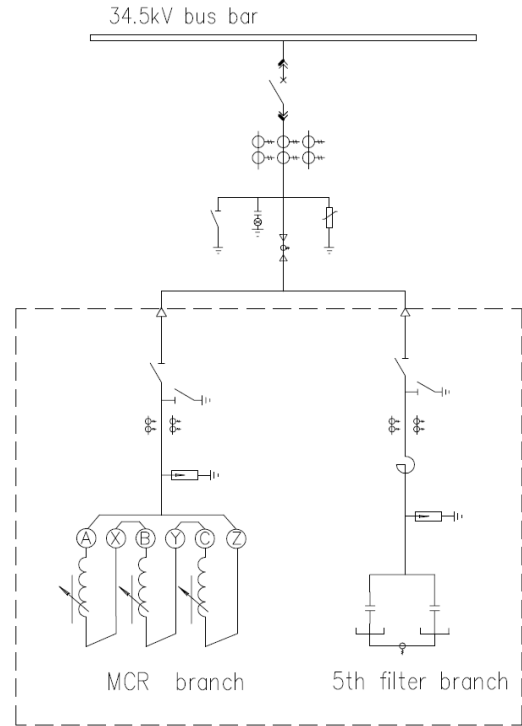
	<b>MCR-SVC</b>	<b>TCR-SVC</b>
<b>Tepki Süresi</b>	<10ms	<10ms
<b>Harmonik Bozulma</b>	5.hr<%2.6, 7.hr<%1.5, 11.hr<%0.6, 13.hr<%0.3	5.hr<%5, 7.hr<%2, 11.hr<%1, 13.hr:%0.7
<b>Gerilim Dayanımı</b>	Düşüktür, ardışıl seri SCR gerektirmez	Yüksektir, ardışıl seri bağlı SCR gereklidir
<b>SCR Isınımı</b>	Düşüktür, harici soğutma sistemi gerektirmez	Büyüktür, su/hava soğutmalı bir sistemle birlikte kullanılır
<b>SCR Yerleşimi</b>	Dahili/Harici	Dahili
<b>Bakım</b>	Gerektirmez	Periyodik bakım gerektirir
<b>Güvenilirlik</b>	25 yıl hatasız çalışabilir	SCR'ler sık arıza yapar
<b>Aşırı Yüklenme kapasitesi</b>	1.5 katı	Aşırı yüklenemez
<b>Elektromanyetik kirlilik</b>	Yoktur	Reaktör büyük manyetik alan oluşturu
<b>Gürültü</b>	70-72db	<62db
<b>Aktif güç kaybı</b>	%0.5≈0.8	%0.5≈0.8
<b>Kurulumu için gerekli alan</b>	Küçük	Büyük

Tablo 1. MCR ve TCR kompanzatorlerinin karşılaştırma tablosu

Sistemin tasarımındaki temel mantık, AG Kapasitör bankları ile her bir trafo için reaktif güç büyük ölçüde karşılanacaktır. Sistemin geri kalanı ve 3.3kV yükler için ise 33kV'da 5MVar SVC sistemi kullanılacaktır. 33kV MCR sisteminin tek hat şeması ve sisteme bağlantısı Şekil 2'de verilmiştir.

## 5.ÖLÇÜM SONUÇLARI

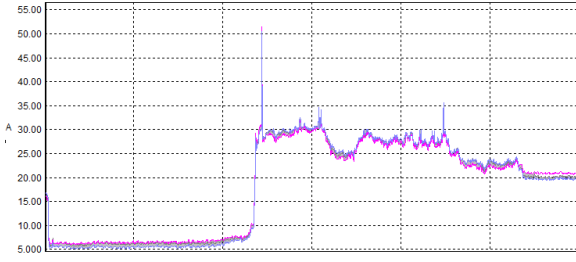
Fabrika kuruluş aşamasında olduğu için SVC sistemi 08-20 saatleri arasında çalıştırılmıştır. AG kapasitör bankları bu esnada devre dışıdır. 24 saatlik ölçüm sonuçları aşağıda verilmiştir.



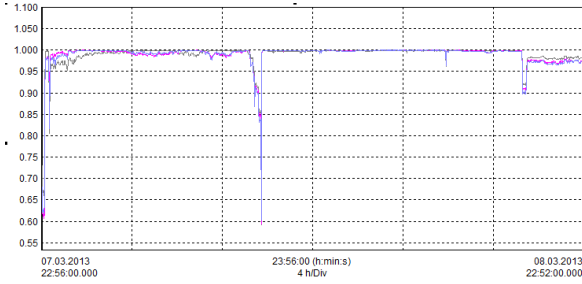
Şekil 2. MCR tek hat şeması

Buna göre sistem yüklenmeye başladığında SVC sistemi çalıştırılmıştır. Sistemin nominal yükü 30A civarındadır. Bu güçlerde reaktif güç kompanzasyonunu hızlı bir şekilde yapmaktadır. Şekil 5'de aktif/reaktif/görünür güç değişimleri görülmektedir. Reaktif güç ±200kVar aralığında salınmaktadır. Bunun sebebi ise giriş kesici hücresindeki akım trafosunun oranı 1250/5'dir. SVC sistemi referans akımı buradan almaktadır. Akım çok düşük olduğu için okuma hatası oluşmaktadır. Şekil 4'de görüldüğü gibi güç faktörü bire çok yakın değerlerde salınmaktadır.

SVC sistemi için diğer önemli parametre is gerilim harmonik bozulmasıdır. Sistemde yük düşük olması sebebiyle SVC'nin etkisi doğrudan görmek için alınan gerilim harmonik bozulma eğrileri Şekil 6'da görülmektedir. Buna göre 34.5kV'da tristörlü anahtarlama yapılarak yapılan kompanzasyon sistemi ile birlikte kullanılan 5. Harmoniğe tam odaklı 5MVar filtre grubu, SVC'nin oluşturduğu tüm harmonik akımlarını süzerek gerilim harmoniklerinin düşmesini sağlamıştır.



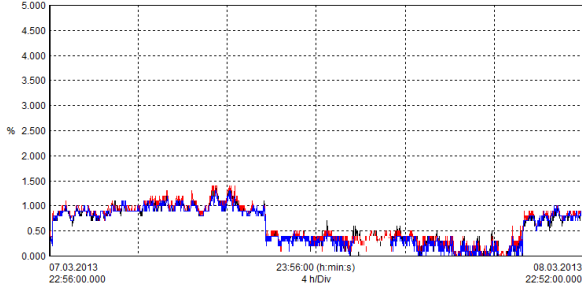
Şekil 3. Akım değişimleri



Şekil 4. Güç faktörü değişimleri



Şekil 5. Aktif, reaktif, görünür güç değişimleri



Şekil 6. Gerilim harmonik bozulmaları

SVC'nin yerleşimi Şekil 7'de görülmektedir. Toplamda 80m<sup>2</sup> açık alan gereklidir. Bu alana MCR, 2 adet ayırıcı, 3 adet harmonik filtre reaktörü ve 3 set kondansatör grubu yerleştirilmiştir

#### 4. KAYNAKLAR

[1] J. Dai, J. Wan, L. Wan, D. Chen, X. Huang , 11<sup>Th</sup> International Conference, Control, Automation, Robotics and Vision, 2010, pp. 727-731.

[2] Lotfi, A. and Faridi, M: 'Design Optimization of Gapped-Core Shunt Reactors', IEEE Transactions on Magnetics, 2012, vol. 48, no. 4, pp. 1673-1676.

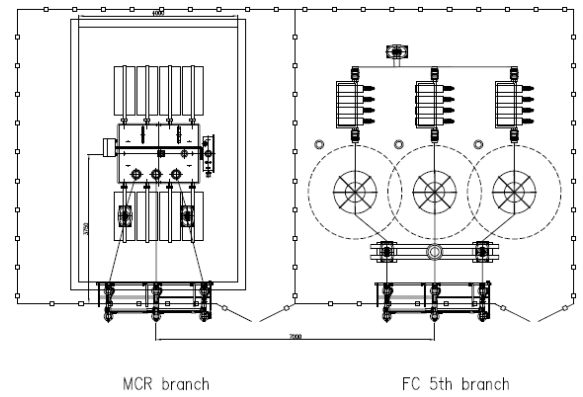
[3] Wass, T. Hörnfeldt, S. : 'Magnetic Circuit for a Controllable Reactor' , IEEE Transactions on Magnetics, 2006, vol. 42, no. 9, pp. 2196-2200.

[4] Yan-ping, L; Yue, Z; Hai-ting, Z.; Zhen, A. ; 'The 500 kV MCSR Modelling and Steady-state Characteristics Analysis' Electrical Machines and Systems, 2011 International Conference, pp.1-6.

[5] Andjelic, Z.; Pusch, D.; Yang, X.; 'Controllable Reactor Simulation using Integral Equation Method' International Conference on Power System Technology , 2010, pp. 1-4.

[6] Xuxuan, C.; Baichao, C.; Cuihua, T.: ' A Novel Control Method for Magnetic-valve Controllable Reactor' First International Workshop on Database Technology and Applications, 2009, pp. 72-75.

[7] Xuxuan, C.; Baichao, C.; Cuihua, T.; Yuan, J. : 'Modelling and Harmonic Optimization of a Two-Stage Saturable Magnetically Controlled Reactor for an Arc Suppression Coil' IEEE Transactions on Industrial Electronics, 2012 vol.59, no.7, pp.2824-2831.



Şekil 7. SVC sisteminin yerleşimi