

# YENİ NESİL KOMPAZASYON SİSTEMİ SVC

Tevfik VARDAR

Elektrik-Elektronik Mühendisi  
t.vardar@ankara.bel.tr

Fuat YILDIRIM

Elektrik-Elektronik Mühendisi  
fyldrm@hotmail.com

Ertuğrul ÇAM

Elektrik-Elektronik Mühendisi  
cam@kku.edu.tr

Tüketicilere uygulanan aktif-reaktif yüzde oranı sınır değerlerinin giderek düşmesi, kapasitif yüklerin yaygınlaşması gibi etkenlerden dolayı; artık eski teknoloji ürünleri ile kurulan kompanzasyon sistemleri, reaktif yükleri kompanse etmekte güçlük yaşamaya başlamıştır. Bu sebepler reaktif güç rölesi üreticilerinin bazı yenilikler yapmasını zorunlu kılmıştır. İlk etapta akım bilgisini tek fazdan alan monofaze reaktif güç rölelerinin yerini alan akım bilgisini üç fazdan alan trifaze reaktif güç rölelerinin üretilmesi, sisteme sadece kapasitif yüklerle değil endüktif yüklerle (şönt reaktörler) de cevap veren röleler üretilmiştir.

Bu gelişmeleri son olarak özellikle asansör, punta kaynak makinesi, vinç gibi hızlı devreye girip çıkan yükleri doğru ve hızlı bir şekilde kompanse edebilmek amacıyla, yeni nesil kompanzasyon olarak adlandırılan SVC (Statik Var Kompanzator) sisteminin geliştirilmesi takip etmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** SVC, TCR, Reaktif Güç, Kompanzasyon

## İ.GİRİŞ

Enerjiye olan taleplerin giderek artması, daha kaliteli ve güvenli bir enerji gereksinimi ortaya çıkarmıştır. Bu sebeple enerjideki güç kalitesi de önemli hale gelmiştir. Üretilen enerjinin daha kaliteli ve verimli kullanılması, iletim kayıplarının azalması, gerilim düşümlerinin önlenmesi, tüketicilerin maddi yük getiren reaktif bedeli ödemekle karşı karşıya kalmamaları için reaktif güç kompanzasyonu zorunlu hale gelmiş ve önemi de gün geçtikçe artmaya başlamıştır.

Güçlü ve hızlı devreye girip çıkan yükleri klasik kompanzasyon sistemleri ile kompanse etmek mümkün olmamaktadır. Çünkü reaktif güç rölesi ve kontaktör yardımıyla sisteme kapasitif reaktif enerji vermeye çalışan klasik kompanzasyon sistemleri ani

olarak değişen yüklere cevap verememektedir. Bu sıkıntılardan yola çıkılarak SVC geliştirilmiştir [1].

Statik Var Kompanzator (SVC), klasik kompanzasyon sistemlerinin aksine asansör, punta kaynak, pres makineleri gibi milisaniyeler mertebesinde devreye girip çıkan yükleri hızlı ve tam bir şekilde kompanse etmektedir. Fakat reaktif güç kontrol rölelerinin hızları böyle yüklere cevap vermede yetersiz kalmakla birlikte belirli kondansatör kademelerine sahip olduğundan hızlı ve tam bir kompanzasyon sağlayamamaktadır. Ayrıca kontaktörler çok fazla açma-kapama yaptığından dolayı ömürleri çok kısa olmaktadır [1].

## Klasik Kompanzasyon Sisteminin Dezavantajları

- Reaktif güç kontrol röleleri bir saniyenin altında değişen yüklere cevap verememesi.
- Kısa sürede çok sayıda devreye girip çıkma işleminin, kondansatör ve kontaktör üzerindeki olumsuz etkisi.
- Tam bir kompanzasyon yapabilmek için, fazla sayıda monofaze kademe kullanılması.
- Kondansatör kademeleri devreye alınırken, kontaktör kontaklarında ark meydana gelmesi.

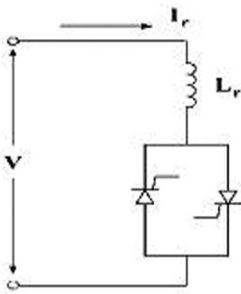
## SVC'nin Avantajları

- Yüksek hızda cevap verme süresi (maksimum 1/2 periyot, ortalama 1/4 periyot).
- Dengesiz yüklerde bile monofaze kademe kullanmadan tam kompanzasyon sağlaması.
- Daha düşük hacimli kompanzasyon tesisi.

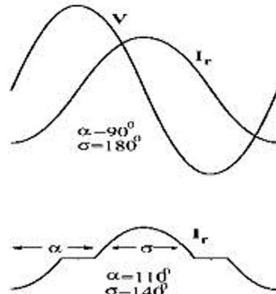
- Optimum çözüm
- Yüksek emniyet (Statik açma kapama).
- Yüksek verimli işletme.
- Transient oluşturmazlar, yalnız belli bir miktar harmonik bozulmalara neden olurlar.

## II. TRİSTÖR KONTROLLÜ REAKTÖR (TCR)

Tristör kontrollü reaktörün eşdeğer devresi, tetikleme açısı ile iletim açısı ve akım, gerilim değişimi şekil 1'de gösterilmiştir [2].



Şekil 1.a - Tristör Kontrollü Reaktör'ün temel yapısı



Şekil 1.b - Gerilim ve akımın dalga şekli

İletim açısı ( $\sigma$ ) tetikleme açısı ( $\alpha$ ) cinsinden yazıldığında;

$$\sigma = 2(\pi - \alpha) \text{ olur.}$$

Reaktör üzerinden akan ani akım aşağıdaki gibi yazıldığında;

$$i_r(t) = \begin{cases} \frac{\sqrt{2}.V}{X_r} \left( \cos\left(\frac{\pi - \sigma}{2}\right) - \cos(\omega t) \right) \\ 0 \end{cases}$$

şeklinde olur.

Devrenin temel akım bileşeni Fourier Analizi ile şu şekilde hesaplanabilir;

$$I_r^{(1)} = \frac{V_m}{\sqrt{2}.X_r} \left( \frac{\sigma - \sin \sigma}{\pi} \right)$$

Burada  $V_m$  değeri reaktörün maksimum değerini,  $X_r$  değeri ise reaktörün reaktansını göstermektedir. Devrenin temel akımı  $I_r(1)$   $\sigma$  ve  $\alpha$  değerleriyle bağlantılıdır.

Akımın ve gerilimin bileşenlerinden yararlanılarak TCR süseptans değeri şu şekilde hesaplanabilir;

$$B(\alpha) = \frac{I_1}{V} = \frac{\sigma - \sin \sigma}{X_r \pi} = \frac{2(\pi - \alpha) + \sin 2\alpha}{X_r \pi}$$

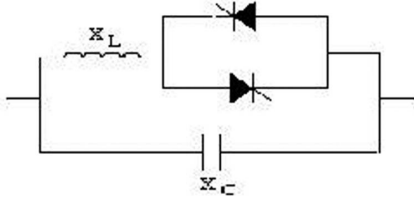
Devrede maksimum süseptans değeri  $\sigma = 180^\circ$  ve  $\alpha = 90^\circ$  değerlerinde elde edilir [1].

TCR devreleri  $\alpha$  tetikleme açısı ile reaktörün süseptans değerlerini ayarlayarak istenilen güçte endüktif reaktif enerji tüketirler.

## III. STATİK VAR KOMPANZATÖR (SVC)

Genel olarak Statik Var Kompanzator (SVC) güç sistemine paralel bağlanarak çekilen veya aktarılan reaktif gücün kontrolü ile bağlı olduğu sistem geriliminin belirli limitlerde kontrolüne imkân sağlamaktadır. Statik terimi, hareket halinde olan herhangi bir parçaya sahip olmadığından dolayı kullanılmaktadır [3]. SVC genel olarak iki farklı konfigürasyona sahiptir. Bunlardan ilki, Tristör Kontrollü Reaktör (TCR) ve buna paralel bağlı kapasitörden, diğer konfigürasyon olan Tristör Anahtarlamalı Kapasitör (TSC) ise Tristör Kontrollü Reaktör ve ona seri bağlı kapasitörden oluşmaktadır. TCR ve paralel kapasitörden oluşan SVC konfigürasyonu uygulamalarda geniş olarak kullanılmaktadır. İdeal bir SVC aktif ve reaktif güç kaybı olmayan, gerilimi referans gerilime eşit değiştirmeyen ve çok hızlı cevap verebilen kontrolör olarak tanımlanmaktadır [4].

#### IV.TCR VE PARALEL KAPASİTÖRDEN OLUŞAN SVC YAPISI



Şekil 2. SVC prensip devre şeması

Tristör kontrollü reaktör daima endüktif karakterlidir. Bu sisteme uygun boyutlarda sabit paralel (şönt) kapasite bağlanırsa tetikleme açısına bağlı olarak, toplam sistem endüktif veya kapasitif karakterli yapılabilir [2].

SVC'nin eşdeğer empedansı, TCR tristörlerinin tetikleme açısı değiştirilerek endüktif veya kapasitif olarak belirlenen sınırlar arasında değiştirilebilir. Endüktif değer için sistemden reaktif güç çekilmekte, kapasitif çalışma durumunda ise sisteme reaktif güç enjekte edilmektedir [3].

Tristörlerin ateşleme açılarının değiştirilmesi reaktör akımının temel bileşenine, dolayısıyla endüktif reaktif güç büyüklüğünü denetleyecektir. Bir yandan sabit kondansatörler kapasitif reaktif güç üretirken diğer yandan kontrollü reaktör endüktif reaktif güç tüketecektir. Belirli bir reaktif güç seviyesinde kondansatör grubunun reaktif güç üretimi sabit olduğundan, sistemin reaktif güç üretimi ateşleme açılarının değişimi ile sağlanmaktadır [1].

#### V.SVC UYGULAMASI

Ankara Büyükşehir Belediyesi Dikmen Gençlik Merkezi SVC ile kurulan kompanzasyon tesisi;

Kademeler	Q	Q	Q	Q
	400V	220V	220V	220V
	(RST)	(R)	(S)	(T)
1.Kademe	1 kVAR	0,3 kVAR	0,3 kVAR	0,3 kVAR
2.Kademe	1,5 kVAR	0,45 kVAR	0,45 kVAR	0,45 kVAR
3.Kademe	2,5 kVAR	0,81 kVAR	0,81 kVAR	0,81 kVAR
4.Kademe	5 kVAR	1,5 kVAR	1,5 kVAR	1,5 kVAR
5.Kademe	5 kVAR	1,5 kVAR	1,5 kVAR	1,5 kVAR
6.Kademe	10 kVAR	3,2 kVAR	3,2 kVAR	3,2 kVAR
7.Kademe	10 kVAR	3,2 kVAR	3,2 kVAR	3,2 kVAR

Tablo 1. Kondansatör Güçleri

Kurulan tesis; her faza birer adet tristör kontrollü 1,5 kVAR reaktör ile tablo 1'de güçleri verilen, 7 kademe trifaze paralel kondansatör grubundan oluşan SVC sistemidir.SVC sistemi çalışırken yapılan ölçümler neticesinde aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

Şebeke Fazı	Çekilen Aktif Güç (Watt)	Çekilen Reaktif Güç (Var)
R Fazı	4500	2650 (e)
S Fazı	1800	2610 (e)
T Fazı	1900	1165 (e)

(e) : Endüktif

Tablo 2. Aktif-Reaktif Ölçüm Değerleri

Şebekeden çekilen endüktif reaktif enerjileri kompanze edebilmek için, SVC sistemi tablo 1'de verilen kondansatör gruplarından 1,3 ve 4. kademelerdeki trifaze kondansatörleri devreye alarak şebekeye toplam 8,5 kVAR kapasitif reaktif enerji vermiştir. SVC sistemi fazla gelen kapasitif reaktif enerjiyi sönmölemek için T fazına bağlı 1,5 kVAR değerindeki reaktörü %100 açmıştır.

Bu değerler neticesinde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 3. Kompanzasyon Sonuçları

Şebek e Fazı	Çekilen Aktif Güç (W)	Kompanzasyon Sonrası Reaktif Güç (VAR)	Reaktif Aktif Oran
R Fazı	4500	40 (e)	% 0,9 (e)
S Fazı	1800	0	% 0
T Fazı	1900	55 (c)	% 2,9 (c)

(e) : Endüktif , (c) : Kapasitif

Bu sonuçlar doğrultusunda sadece trifaze kademeler kullanılarak SVC sistemi ile %0,9 endüktif, %2,9 kapasitif oranlarla tesis kompanze edilmiştir.

Ayrıca tesiste yapılan güç analizi sonucunda sistemden çekilen reaktif güç değerleri ve süreleri kaydedilmiş, hızlı girip çıkan yükler tespit edilmiştir.

Tablo 4. Güç Analiz Değerleri

Reaktif Güçler (VAR)			Süre
R Fazı	S Fazı	T Fazı	
90 (c)	540 (e)	540 (e)	1 sn
360 (e)	1000 (e)	360 (e)	1 sn
360 (e)	630 (e)	1200 (e)	1 sn
360 (e)	720 (e)	630 (e)	53 dk
360 (e)	1200 (e)	1300 (e)	9 sn
90 (e)	540 (e)	540 (e)	1 sn
720 (e)	1500 (e)	900 (e)	17 dk
270 (e)	180 (e)	180 (e)	13 dk
180 (e)	180 (e)	180 (e)	151 dk
90 (e)	810 (e)	1900 (e)	1 sn
90 (e)	180 (e)	180 (e)	194 dk
180 (e)	360 (e)	180 (e)	94 dk
180 (e)	360 (e)	90 (e)	8 sn
810 (e)	2100 (e)	1700 (e)	314 dk
360 (e)	360 (e)	360 (e)	16 sn
1100 (e)	720 (e)	810 (e)	1 sn
810 (e)	630 (e)	360 (e)	1 sn
1600 (e)	540 (e)	540 (e)	1 sn
1400 (e)	720 (e)	360 (e)	1 sn
360 (e)	2100 (e)	3600 (e)	16 sn
180 (e)	1300 (e)	540 (e)	2 sn
90 (c)	810 (e)	270 (e)	1 sn
2100 (e)	1400 (e)	810 (e)	1 sn

(e) : Endüktif , (c) : Kapasitif

Tablo 4'de görüleceği üzere tesiste hem dengesiz hem de hızlı girip çıkan reaktif güçler tespit edilmiştir. SVC ile bu reaktif güçler hızlı ve doğru bir şekilde kompanze edilmiştir.

Tesisin bir aylık endeks değerleri baz alınarak yapılan

hesaplama reaktif – aktif oranı da % 5,67 endüktif , % 1,6 kapasitif olduğu gözükmektedir[5].

## VI.DÜŞÜNCELER

Statik Var Kompanzator sistemleri; özellikle sanayi ve üretim tesislerinde kullanılan punta kaynak makineleri, vinçler, ark ocakları, düz kaynak, binalarda ise asansörler gibi devreye hızlı girip-çıkran yüklerin kompanzasyonunda optimum çözüm sunarlar.

Ayrıca dengesiz yüklenmelere karşıda hassas ve tam kompanzasyon sağladığından klasik reaktif güç röleli kompanzasyon tesislerine göre büyük avantaj sağlarlar.

Güç faktörü düzeltme işleminde tüketicilere ideal ve sorunsuz çözümler sunan SVC sistemlerinin arge çalışmaları desteklenmeli, özellikle yerli yatırım haline getirmek için teşvikler artırılmalıdır.

## VII.KAYNAKÇA

(1) Selim C., Semih M., D.Ergün A., Fuat A., Celal K., "Endüstriyel Tesislerde Reaktif Güç Kompanzasyonu için Statik Var Kompanzasyon Sisteminin Gerçekleştirilmesi".

(2) Aydoğdu E., Olgun O., "Statik Reaktif Güç Kompanzasyonu ve Uygulama Devresi", Bitirme Tezi, Y.T.Ü, E.E.F, 2007

(3) Akgün Ö., "Statik Var Kompanzator ve Tristör Kontrollü Reaktör Tasarımı", Yüksek Lisans Tezi, N.Ü, F.B.E, 2006

(4) Eminoğlu U., "FACTS Elemanları Kullanılan Güç Akis Sistemlerinin İncelenmesi",Y. Lisans Tezi N.Ü F.B.E, 2003

(5) Ankara Büyükşehir Belediyesi Dikmen Gençlik Merkezi Elektrik Faturası, Mayıs 2011