

MARMARAY BC1 PROJESİ KAPASİTİF/ENDÜKTİF KOMPANZASYON SİSTEMİ

Barış Sürmeli
Elektrik Mühendisi
Su/Yapı Müh. ve Müş. A.Ş.
baris.surmeli@suyapi.com.tr
baris.surmeli@gmail.com

Marmaray BC1 Sözleşmesi; Üsküdar İstasyonu, Sirkeci İstasyonu ve Yenikapı İstasyonu olmak üzere üç adet yeraltı istasyonu, Kazlıçeşme Yüzey İstasyonu ile Ayrılıkçeşme, Yenikapı ve Yedikule olmak üzere üç adet havalandırma binası ve batırma ve delme tünellerden oluşmaktadır. Şu anda yapımı devam eden CR3 Projesi ile Gebze-Söğütliçeşme ile Kazlıçeşme-Halkalı arasındaki hatlar da iyileştirilmiş olacak olup, Marmaray Projesi tamamlanmış olacaktır.

Bu makalede hattın enerji tüketiminin azaldığı zamanlarda (geceleri tren seferlerinin azaldığı ya da olmadığı zamanlarda), kullanılan orta gerilim kablosunun uzunluğundan dolayı, kablo üzerinde indüklenen kapasitif yükün etkisini bertaraf etmek için tesis edilen kapasitif/endüktif kompanzasyon sistemi hakkında bilgi verilmektedir.

Marmaray BC1 Projesi'nin enerji ihtiyacı, biri Anadolu Yakası (TEİAŞ İbrahimağa), diğeri de Avrupa Yakası'nda (TEİAŞ Yenikapı) bulunan 154/33 kV GIS Trafo Merkezleri'nden karşılanmaktadır. Trafo merkezlerinde bulunan 50 MVA gücünde transformatörler üzerinden sistemin 33 kV güç ihtiyacı karşılanmaktadır. Normal işletme durumunda her iki TEİAŞ Trafo Merkezi de sistemi besleyecek olup, her iki merkez tek başına da tüm sistemi beslemek için yeterli kapasiteye sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Ayrıca her iki trafo merkezinde aynı anda oluşabilecek bir arızaya karşın sistemin acil yüklerini beslemek için biri İstanbul'un Anadolu Yakası (Ayrılıkçeşme), diğeri ise İstanbul'un Avrupa Yakası'nda (Yedikule) olmak üzere her biri 20 MVA gücünde (8 adet 2500 kVA gücünde dizel jeneratörlerden oluşan) iki adet dizel jeneratör merkezi tasarlanmıştır. Trafo merkezlerine benzer olarak, dizel jeneratör merkezlerinin de her biri tek başına tüm sistemin acil yüklerini besleyecek kapasiteye sahiptir. Kısacası sistemi tek başına besleyebilecek dört farklı kaynak mevcuttur.

İstasyonların ve havalandırma binalarının her birinde ikişer adet 33 kV ana bara bulunmaktadır. Bu baraların bir adedi İstanbul Avrupa Yakası'ndaki TEİAŞ 154 kV/33 kV Yenikapı GIS Trafo Merkezi'nden, diğeri ise İstanbul Anadolu Yakası'ndaki TEİAŞ 154 kV/33 kV İbrahimağa GIS Trafo Merkezi'nden beslenmektedir. İstasyonlarda ve havalandırma binalarında 2 adet yüzde 100 yedekli iç ihtiyaç transformatörleri (33 kV/0.4 kV) ve yine 2 adet yüzde 100 yedekli tünel havalandırma fanları için transformatörler (33kV/0.69 kV) bulunmaktadır. Transformatörlerin toplam kurulu gücü yaklaşık 44 MVA olup, tünel içinde çıkabilecek en yüksek yangın yükünü karşılayabilecek talep güç ise 20 MVA civarındadır.

İstasyon ve havalandırma binalarını beslemek amacıyla uzunluğu yaklaşık 2x16 km (Yenikapı'dan beslenen ring ve İbrahimağa'dan beslenen ring olmak üzere) olan 33 kV, 3x(1x240/120 mm²) XLPE kablo kullanılmıştır. Enerji dağıtımında kullanılan orta gerilim kabloları XLPE, çelik zırlı, halojen free (Halojen gazı yaymayan) olarak seçilmiştir.

İstasyonlardaki enerji tüketiminin azaldığı zamanlarda (Geceleri tren seferlerinin azaldığı ya da olmadığı zamanlarda), kullanılan orta gerilim kablosunun uzunluğundan dolayı kablo üzerinde indüklenen kapasitif yükün etkisini bertaraf etmek için her bir istasyon ve havalandırma binasındaki AG baralarına endüktif ve kapasitif kompanzasyon yapabilme yeteneğine sahip olan kompanzasyon sistemi bağlanmıştır. Bu şekilde tesisin kapasitif ve endüktif güç tüketim miktarının yönetmelikler tarafından izin verilen sınırlar içinde kalması sağlanmıştır. Her bir iç ihtiyaç trafosunun AG barasına bağlanacak olan bu kompanzasyon sistemi, gerekli bilgiyi ödemeye esas aktif ve reaktif enerji saygılarının bulunduğu TEİAŞ merkezlerinde ilgili trafonun bağlı olduğu OG barasındaki bir akım trafosundan alacak ve buna göre TEİAŞ merkezlerindeki ölçüm noktasında cos ϕ değerinin 0.99'un üzerinde olmasını sağlamak için sisteme kapasitif ya da endüktif güç sağlayacaktır.



Orta gerilim kablolarının çok uzun olmasından kaynaklanan kapasitif güç sebebi ile transformatörler için sabit bir kompanzasyon düşünülmemiştir. Dolayısı ile sistemde, normal bir kompanzasyon sisteminin aksine, orta gerilim kablosu tarafından oluşturulan kapasitif reaktif bir gücün kompanze edilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Kablonun oluşturduğu kapasitif güç;

$Q_c = \sqrt{3} \times U \times I_c$ formülü ile bulunur.

$$U = \sqrt{3} \times I_c \times X_c \rightarrow X_c = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times c} \text{ olacaktır.}$$

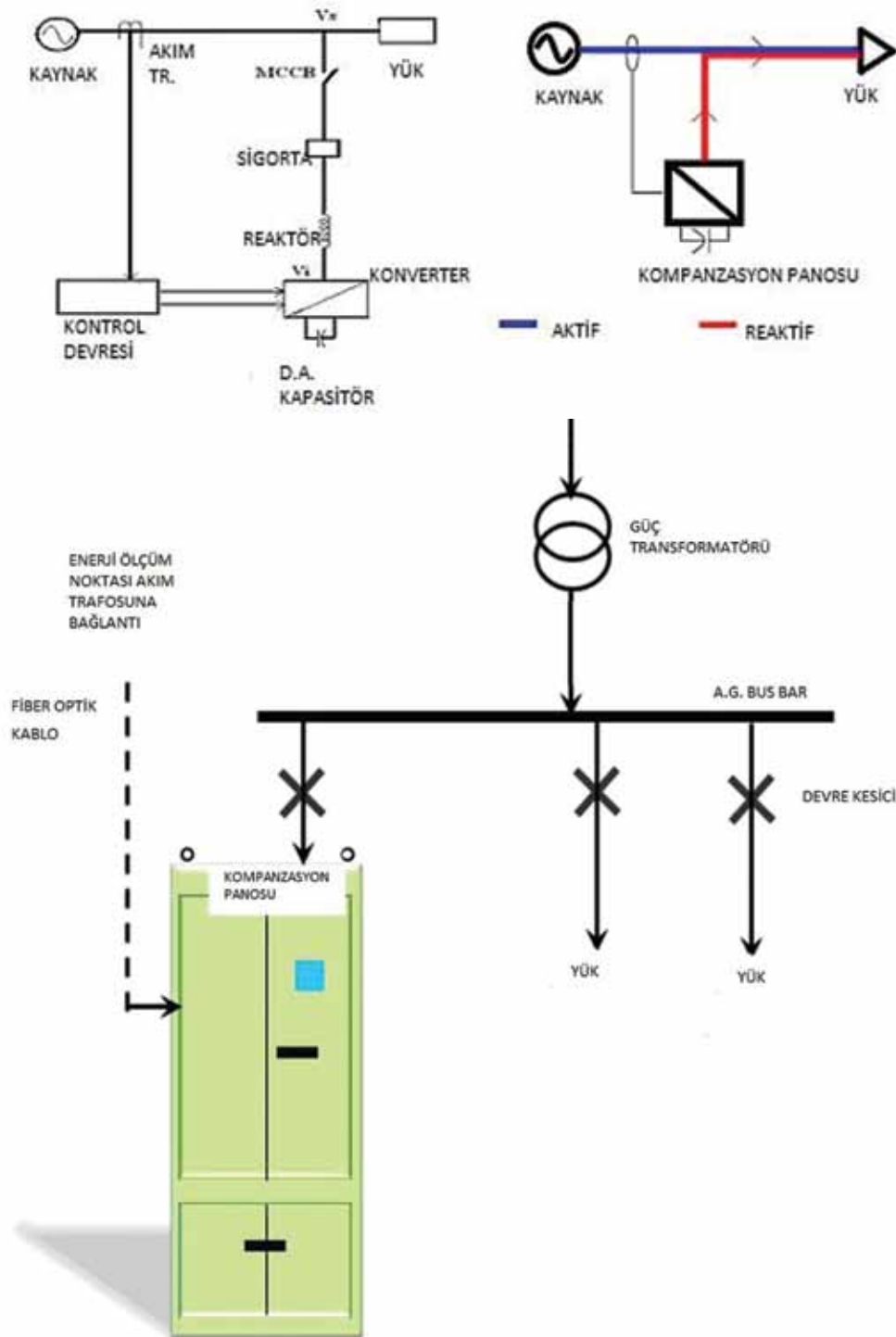
1x240 mm² XLPE kablo için $\rightarrow c = 0.206 \mu F / km$ (Kablo Katalog Değeri)

$$f = 50 \text{ Hz}$$

$$\pi = 3.14$$

$$U = 33 \text{ 000 V}$$

$$I_c = \frac{U \times 2 \times \pi \times f \times c \times L}{\sqrt{3}}$$



(Kapasitif/Endüktif Kompanzasyon Panosu Tipik Bağlantı Şeması)

formülünden 1 km'deki akım değeri;

$$I_c = \frac{U \times 2 \times \pi \times f \times c}{\sqrt{3}} \times L = \frac{33000 \times 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.206 \times 10^{-6}}{\sqrt{3}} \times 1$$

= 1.23 A/km bulunur.

Elektrik Piyasası Müşteri Hizmetleri Yönetmeliği'nde belirtildiği üzere; kurulu gücü 50 kVA ve üstünde olan tesisler, tüketim yaptıkları aktif enerji miktarının yüzde 20'sinden fazla endüktif reaktif enerji veya yüzde 15'inden fazla sisteme kapasitif reaktif enerji vermeleri halinde, reaktif enerji tüketim bedeli ödemekle yükümlüdür. Kompanzasyon sistemi kurularak bu sınırların aşılması hedeflenmiştir.

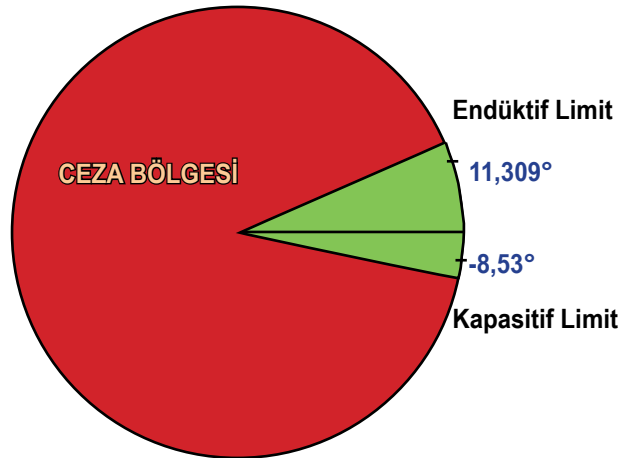
Bu kapsamda kablunun ürettiği kapasitif reaktif güce karşılık (sabit güç), sistemin yüklenme değeri azaldığı zamanlarda endüktif reaktif (bobin) güç takviyesi gerekmektedir.

$$15\% \times P \geq |Q_{toplama} + Q_c| \rightarrow \text{Kapasitif reaktif güç limiti}$$

$$20\% \times P \geq |Q_{toplama} + Q_c| \rightarrow \text{Endüktif reaktif güç limiti}$$

$$Q_{toplama} = Q_{sistem} + Q_{bobin}$$

Q_c = kablunun kapasitif reaktif gücü



Sistemin güç katsayısının aşağıdaki değerler arasında kaldığı müddetçe, ölçüm noktalarında (TEİAŞ Yenikapı GIS Ölçü Noktası ile TEİAŞ İbrahimağa GIS Ölçü Noktası) herhangi bir ceza bedeli oluşmayacaktır.

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{\%15.P}{P} = 0,15 \rightarrow \varphi = -8,53^\circ$$

$$\tan \varphi = \frac{Q}{P} = \frac{\%20.P}{P} = 0,20 \rightarrow \varphi = 11,309^\circ$$

Orta gerilim besleme sistemi (İstasyon içinde kullanılan kablolar ile birlikte toplam 32 km) Yedikule Havalandırma Binası'nda ve Ayrılıkçeşme Havalandırma Binası'nda birer adet açık ring olarak çalıştırılacağı için Yenikapı GIS'den beslenen hat ile (yaklaşık 16 km) ve İbrahimağa GIS'den beslenen diğer hat (yaklaşık 16 km) iki kısma ait kapasitif reaktif güç değerleri,

Yenikapı GIS – Ayrılıkçeşme Havalandırma Binası-Yedikule Havalandırma Binası (16 km) için:

$$Q_c = \sqrt{3} \times U \times (I_c \times L)$$

$$Q_c = \sqrt{3} \times 33000 \times (1.23 \times 16) = 1124 \text{ kVAr}$$

İbrahimağa GIS-Yedikule Havalandırma Binası-Ayrılıkçeşme Havalandırma Binası (16 km) için:

$$Q_c = \sqrt{3} \times U \times (I_c \times L)$$

$$Q_c = \sqrt{3} \times 33000 \times (1.23 \times 16) = 1124 \text{ kVAr}$$

$$Q_{c_{toplama}} = 1124 \text{ kVAr} + 1124 \text{ kVAr} = 2248 \text{ kVAr} \text{ bulunmuştur.}$$

Bu durumda gerekli olan endüktif güç yaklaşık 2300 kVAr'dır.

Sistemin kapasitif güç ihtiyacı ise; normal işletme durumdaki talep güçlere göre hesaplanmıştır. Çünkü diğer iki durum olan acil durumdaki talep güçleri ve yangın durumdaki talep güçleri, olağanüstü bir durum ortaya çıkması (yangın gibi) durumunda geçerlidir. Böyle bir durumda, normal işletmedeki toplam talep gücün üzerine çıkılacak olmasına rağmen bu süre çok kısıtlı olacaktır. Böyle olağanüstü ve kısa süreli bir çalışma durumu için transformator ve dizel jeneratör kapasiteleri uygun seçilmiş olmakla birlikte bu çalışma durumları kapasitif güç ihtiyacında dikkate alınmamıştır. Ayrıca yangın durumunda devreye girecek olan 690 V Tünel Havalandırma Fanları, frekans sürücülerini ile birlikte devreye girecekleri için bu ilave yüklerin $\cos \phi = 1.00$ olacak ve mevcut $\cos \phi$ değerini düşürecek bir etki göstermeyecektir.

Normal işletmede talep güç 12 bin kW civarındadır. İstasyon ve havalandırma binalarında ortalama $\cos \phi$ değeri, yapılan detaylı hesaplamalarda, 0.90 olarak bulunmuştur. Bu değeri $\cos \phi = 0.99$ 'a çıkarmak için k faktörü 0.34'tür. Bu durumda gerekli olan kapasitif güç değeri:

$$Q = P \times k$$

$$Q = 12000 \times 0.34 = 4080 \text{ kVAr olacaktır.}$$

İhtiyaç olan bu 4080 kVAr kapasitif güç ihtiyacının bir bölümü, OG kabloları tarafından (2248 kVAr) karşılanacaktır. Bundan dolayı en fazla gücün kullanıldığı zaman dilimi için;

$$4080 \text{ kVAr} - 2248 \text{ kVAr} = 1832 \text{ kVAr} \text{ ilave bir kapasitif güç ihtiyacı ortaya çıkmaktadır.}$$

Sistemin endüktif güç ihtiyacı bölümünde anlatıldığı gibi 2300 kVAr kapasitif/endüktif kompanzasyon panolarının kullanımı ile ilave olarak gerekli olan 1832 kVAr kapasitif güç de bu panolardan sağlanacaktır.

Sonuç olarak, tesis edilen 2300 kVAr kapasitif/endüktif kompanzasyon panoları ile hem kapasitif hem de endüktif reaktif güç kompanzasyonu yapılmıştır. Endüktif kompanzasyon sırasında kabloların kapasitif etkisi de kullanılmıştır. Bu sonuç, ETAP simülasyon programında da doğrulanmış olup; istasyon ve havalandırma binalarının AG baralarına toplamda 2300 kVAr olacak şekilde optimum güçlerde panolar yerleştirilmiştir. Bu panolar sistemin ihtiyacına göre otomatik olarak devreye girip çıkacak ve kullanılan orta gerilim kablosunun uzunluğundan dolayı kablo üzerinde indüklenen kapasitif yükün etkisini bertaraf edecektir. ■