

DENGESİZ YÜKLERDE FAZ Dengelemesi VE GÜÇ FAKTÖRÜ DÜZELTİMİ

Hasan Basri ÇETİNKAYA¹
Bora ALBOYACI²

Semra ÖZTÜRK³
Özgür GENCER⁴

^{1,2,3,4}Elektrik Mühendisliği Bölümü
Mühendislik Fakültesi

Kocaeli Üniversitesi, Veziroğlu Kampüsü, Kocaeli

¹e-posta: cetinkaya@kou.edu.tr

³e-posta: semra@kou.edu.tr

²e-posta: alboyaci@kou.edu.tr

⁴e-posta: ogencer@kou.edu.tr

Anahtar sözcükler: Dengesiz yük, reaktif güç kompanzasyonu, faz dengelemesi

ÖZET

Güç faktörü düzeltimi veya gerilim regülasyonu için kullanılan kompanzasyon kavramı, kontrollü bir reaktif güç kaynağı veya sabit gerilim kontrol karakteristikli bir reaktif cihaz şeklinde modellenebilir. İki model de sonuçta aynı da olsa, verilen uygulamalara göre biri daha etkin olacaktır. Dengesiz yükler düşünülürken, hem yükü hem de kompanzasyon sistemini, admittansları ve empedansları ile modellemeye başlamak yararlı olacaktır. Analizler aynı zamanda yeterli güç faktörü düzeltimini de kapsamalıdır. Daha önemli olarak, yük ve kompanzasyon sistemi admittansları bazında, faz dengelemesinin ve güç faktörü düzeltiminin anlık davranışı, yük kompanzasyonu ve sorunları için temel bir bakış kazandırır. Buradaki amaç, herhangi topraklanmamış üç faz lineer yük için, kaynak ve yük arasında gerçek güç değişimini değiştirmeden, dengeli gerçek üç faz yüküne dönüştürülebilmesidir [1, 3].

1. İDEAL KOMPANZASYON ADMİTTANS ŞEBEKESİ

Kaynak gerilimlerinin dengeli olduğu kabul edilir. Şekil 1'de üçgen bağlı yükün admittansları $Y_{\ell}^{ab}, Y_{\ell}^{bc}, Y_{\ell}^{ca}$ kompleks ve eşit değildir. Yıldız-üçgen dönüşümü ile, topraklanmamış bir yıldız bağlı yük şekil 2'deki gibi gösterilebilir. Fazör analizin yapılabilmesi ve yükün lineer kabul edilebilmesi için yükteki değişimler yeteri kadar yavaş kabul edilmiştir.

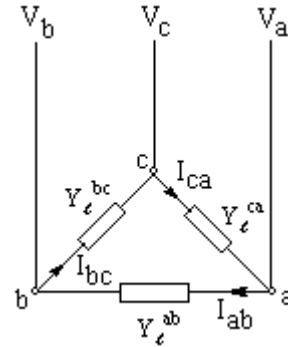
İdeal kompanzasyon, yüke paralel bağlandığında kaynağa gerçek ve simetrik yük şeklinde gözükürken üç-faz pasif admittans sistemi ile kurulabilir.

Öncelikle üçgen bağlı koldaki her yük admittansı, kendini kompanze eden yük süseptansına negatif olarak eşit bir süseptans ile paralel bağlanarak güç faktörü düzeltimi ile başlanır.

$$Y_{\ell}^{ab} = G_{\ell}^{ab} + jB_{\ell}^{ab} \quad (1)$$

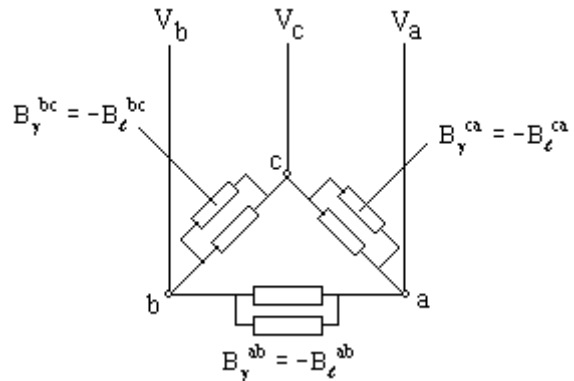
kompanze eden süseptans;

$$B_{\gamma}^{ab} = -B_{\ell}^{ab} \quad (2)$$



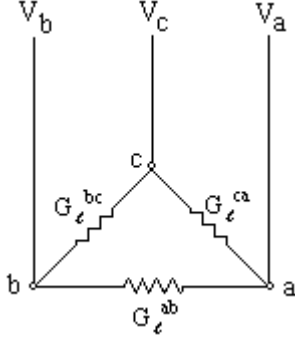
Şekil 1. Dengesiz üç faz yükü

Benzer şekilde kompanze eden süseptanslar $B_{\gamma}^{bc} = -B_{\ell}^{bc}$ ve $B_{\gamma}^{ca} = -B_{\ell}^{ca}$, Y_{ℓ}^{bc} ve Y_{ℓ}^{ca} ile şekil 2'de gösterildiği gibi paralel bağlanır.



Şekil 2. Her faza bağlanan güç faktörü düzeltim süseptansları

Sonuçta meydana gelen yük admittansları şekil 3'de gösterilmiştir. Bunlar gerçek değerlerdir ve ortalama güç faktörü değerini verirler ama dengesiz kalmışlardır [1].



Şekil 3. Sonuçta oluşan yük: Dengesiz ancak güç faktörü 1 olan yük

2. SİMETRİK OLMAYAN YÜKLERİN DÜZELTİMİ

Bu gerçek dengesiz yük değerlerini dengelemek için ilk adım şekil 4'te gösterildiği gibi tek fazlı bir yük (G_{ℓ}^{ab}) düşünmektir. Üç faz hat akımlarının pozitif bileşeni, aşağıdaki kapasitif süseptansın b ve c fazları arasında,

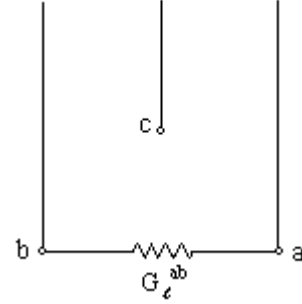
$$B_{\gamma}^{bc} = \frac{G_{\ell}^{ab}}{\sqrt{3}} \quad (3)$$

aşağıdaki endüktif süseptansın c ve a fazlarının arasına bağlanması ile

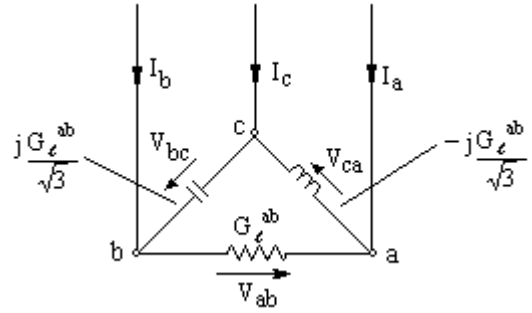
$$B_{\gamma}^{ca} = \frac{-G_{\ell}^{ab}}{\sqrt{3}} \quad (4)$$

dengelenir. Bu durum şekil 5'de gösterilmiştir. Pozitif bileşen gerilimleri V_{ab} , V_{bc} ve V_{ca} için oluşan hat akımları I_a , I_b ve I_c oluşumları şekil 7'de gösterilmiştir. Hat akımları sadece dengelenmemiş, aynı zamanda kendine bağlı faz gerilimleri ile aynı fazdadır. Dolayısıyla yıldız bağlı enerji sisteminin her fazı toplam gücün üçte birini sağlar ve hiç reaktif güç yoktur. Pozitif bileşen gerilimleri için eşdeğer devre, şekil 6'da gösterildiği gibi, herbiri G_{ℓ}^{ab} konduktansına sahip yıldız bağlı dirençlerden oluşur. Toplam güç $3 * V^2 * G_{\ell}^{ab}$ 'dir. Burada V , kaynak geriliminin faz toprak değeridir ve dengeli kabul edilir. Kaynaktaki ortalama güç faktörü ve her fazdaki güç faktörü 1'dir. Üçgenin üç faz kollarındaki akımlar dengesiz olmasına rağmen, üçgen içinde bir güç dengesi vardır. Bu denge, b ve c fazlarının arasındaki kapasitörün ürettiği reaktif gücün, c ve a fazları arasındaki endüktans tarafından tüketilmesidir. Dolayısıyla kaynak sisteminde üretilen veya tüketilen birşey yoktur.

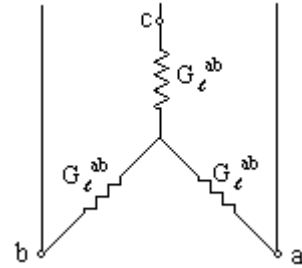
Dengenin, faz sırasına bağlı olduğu gerçeğini vurgulamak için şekil 8'de saf negatif bileşen kaynak gerilimleri ile elde edilmiş hat akımlarını göstermektedir. Toplam güç aynı kalmasına ($3 * V^2 * G_{\ell}^{ab}$) ve kaynak sistem tarafından hiçbir reaktif güç üretilmemesi ve tüketilmemesine rağmen, hat akımları ve üçgenin kollarındaki akımlar dengesizdir. Bununla beraber, kaynağın her üç fazındaki güç faktörü 1'den farklıdır [1,4].



Şekil 4. Pozitif bileşen dengelemesinden önceki birim güç faktörüne sahip tek fazlı yük



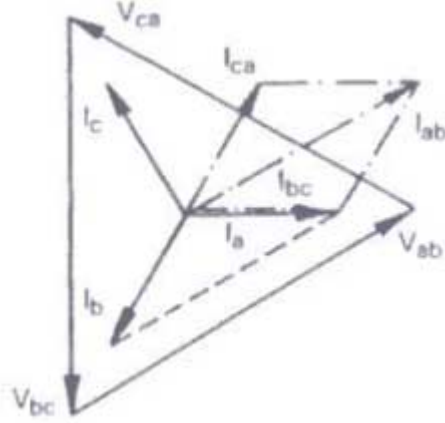
Şekil 5. Tek faz, birim güç faktörüne sahip yükün pozitif bileşen dengelemesi



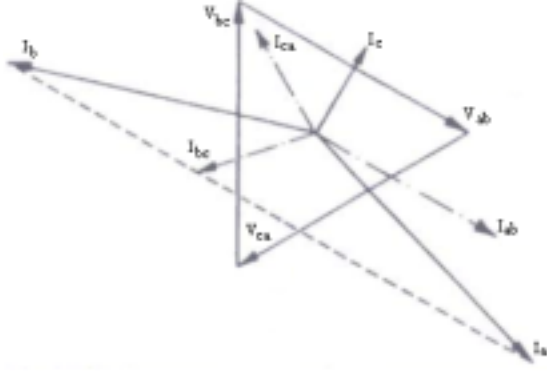
Şekil 6. Kompanze edilmiş tek fazlı yükün pozitif bileşen eşdeğer devresi

Geri kalan bc ve ca fazlarındaki gerçek admittans değerleri aynı prosedür takip edilerek dengelenebilir. Böylece G_{ℓ}^{bc} , a ve b fazları arasında $B_{\gamma}^{ca} = G_{\ell}^{bc} / \sqrt{3}$, b ve c fazları arasında $B_{\gamma}^{ab} = -G_{\ell}^{ca} / \sqrt{3}$ kompanze eden süseptanslarının konulması ile dengelenir. 2 nolu denklemde verilen güç faktörü düzeltme süseptansları ile birlikte üçgenin her kolu şimdi, üç faz-üçgen bağlı ideal kompanzasyon sistemini oluşturmak için

birleştirilebilen, bulunduğu yerde kompanzasyon yapan üç paralel süseptansa sahip olur.



Şekil 7. Şekil 6'ya bağlı olarak çizilen pozitif bileşen fazör diyagramı

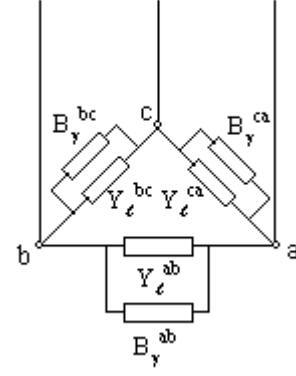


Şekil 8. Şekil 6'ya bağlı olarak çizilen negatif bileşen fazör diyagramı

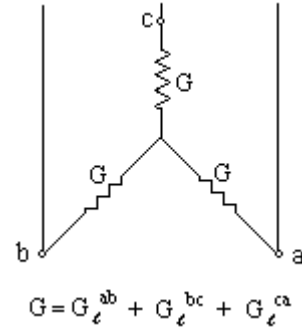
$$\begin{aligned} B_{\gamma}^{ab} &= -B_{\ell}^{ab} + (G_{\ell}^{ca} - G_{\ell}^{bc})/\sqrt{3} \\ B_{\gamma}^{bc} &= -B_{\ell}^{bc} + (G_{\ell}^{ab} - G_{\ell}^{ca})/\sqrt{3} \\ B_{\gamma}^{ca} &= -B_{\ell}^{ca} + (G_{\ell}^{bc} - G_{\ell}^{ab})/\sqrt{3} \end{aligned} \quad (5)$$

Bu durum şekil 9'da gösterilmiştir. Sonuçta oluşan kompanze edilmiş yük admittansları, şekil 10'daki eşdeğer devrede gösterildiği gibi saf olarak gerçek ve dengelidir. Bu eşdeğer devre sadece pozitif bileşen gerilimleri için geçerlidir [1,2].

Eğer yük kondüktansları dengeli ise (yükün her fazdan aynı gücü talep ettiğini belirtir), $G_{\ell}^{ca} - G_{\ell}^{bc} = 0$ olur ve kompanzasyon yapan sistem her koldaki reaktif gücü yoketmekten başka birşey yapmaz.



Şekil 9. İdeal üç-faz kompanzasyon yapan sistem



Şekil 10. Pozitif bileşen gerilimleri için eşdeğer devre

3. SONUÇ

Yük kompanzasyonu için bu yaklaşım özetlenecek olursa aşağıdaki prensiplere ulaşılır.

- Herhangi topraklanmamış üç faz lineer yük, kaynak ve yük arasında gerçek güç değişimini değiştirmeden, ideal kompanzasyon sağlayan sistemin paralel bağlanması ile dengeli, gerçek üç faz yüküne dönüştürülebilir.
- İdeal kompanzasyon yapan sistem saf reaktif olabilir.

Yük admittansları değişirse, kompanzasyonun mükemmel seviyede kalabilmesi için kompanzasyon sisteminin süseptansları da değişmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Miller T. J. E., Reactive Power Control in Electric Systems, General Electric Company Corporate Research and Development Center, Schenectady, New York, pp. 33-37, 1982
- [2] Fernandes R. A., Happ H.H. and Wirgau K.A., Optimal Reactive Power Flow for Improved System Operations, Intern. J. Electr. Power Energy Syst. 2, 133-139, 1980

- [3] Peng F. Z., Tolbert L. M., Qian Z., Definitions and Compensation of Non-active current in Power Systems, Department of ECE, Michigan State University, University of Tennessee, Knoxville, Zhejiang University, 2002
- [4] Venkataramanan G. Ilindala M., Microgrids and Sensitive Loads, IEEE Power Engineering Society Winter Meeting, New York, Jan 27-31, 2002