

REAKTİF GÜÇ RÖLELERİ (ÇALIŞMA VE KULLANIM İLKELERİ)

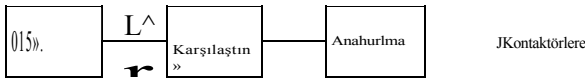
Sayit HİDAYETOĞLU (ODTÜ)

I-GİRİŞ

Yurdumuzda alçak gerilimde en yaygın kullanılan kompensasyon yöntemi, otomatik denetimli, çok basamaklı, merkezi reaktif güç kompensasyonudur. Bu yazının konusu, otomatik kompensasyon tesislerini denetleyen ve kullanıcının reaktif güç gereksinmesini ölçerek buna göre kondansatörleri devreye ekleyen veya devreden çıkaran reaktif güç röleleridir. Reaktif güç rölesi, kompensasyon tesisinin beyni olarak düşünülebilir; ölçüm yaparak veri toplar, bunları değerlendirir, ayar değerleriyle karşılaştırır ve kontaktörler aracılığıyla kondansatör gruplarını denetler. Yazıda reaktif güç rölelerinin ana çalışma ilkeleri kısaca açıklanacak, ayarlarının yapılması ve devreye bağlanması anlatılacaktır.

II- TEMEL ÇALIŞMA İLKELERİ

Reaktif güç rölesi üç ana işlevsel bölümden oluşur; ölçme, karşılaştırma ve anahtarlama. Her bölüme giren ve bölümden çıkan bilgiler Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1 - Reaktif Güç Rölesinin Ana Bölümleri

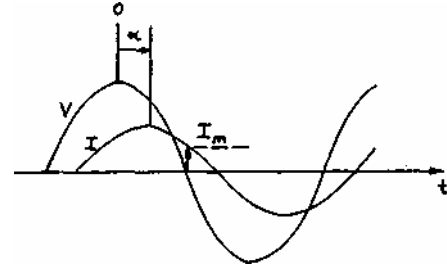
II-1: Ölçme Bölümü

Güç katsayısı düzenlenecek sistemin reaktif güç gereksinmesini belirleyebilmesi için röleye akım ve gerilim bilgilerinin verilmesi gerekir. Gerilim bilgisi bazı rölelerde iki fazdan, tek fazla çalışan rölelerde ise faz-toprak geriliminden yapılan bağlantıyla sağlanır. Üç faz bağlantılı rölelerde, akım trafosunun bulunduğu faz dışındaki iki faz arasındaki gerilim ölçümde referans olarak kullanılır. Üçüncü faz bağlantısı ya gereksizdir veya sadece kontaktör sarımlarını beslemekte kullanılır. Bu tür rölelerde faz sırasının doğru belirlenmesi gerekir. Hangi faza R denildiği değil, RST sırasının bilinmesi önemlidir. Akım trafosunun bulunduğu faz R

kabul edilip S ve T bir faz çırası göstergesiyle belirlenebilir. Tek faz bağlantılı rölelerde gerilim bağlantısı kesinlikle akım trafosunun bulunduğu fazdan yapılmalıdır. Üç faz bağlantılı rölelerin toplam üç fazlı reaktif gücü ölçtüğü kanısı doğru değildir. İki tür röle de akım trafosunun bulunduğu fazdaki akımı ölçer ve tüm fazların dengeli olduğu varsayımına göre çalışır. Buna karşılık tek faz çalışma, bağlantı kolaylığı ve malzeme ekonomisi yönlerinden daha uygundur, faz sırasını yanlış bağlama olasılığını ortadan kaldırır.

Röle, akım bilgisini fazlardan birine bağlanan akım trafosu aracılığıyla alır. Akım trafosunun seçimi, yeri ve bağlantısı, rölenin gereği gibi çalışması açısından çok önemlidir. Akım trafoları, birincil (primer) akım anma değerinden uzaklaştıkça kesinliklerini kaybederler. Trafodan geçen akım, anma akımının %20'sinin altına düştüğünde veya anma akımının çok üstüne çıktığında dönüştürme oranının doğrusallığı kaybolur, birincil ve ikincil (sekonder) devre akımları arasındaki faz hatası büyür. İkincil devreye seri bağlı araçların (ampermetre, cosQ>metre vb.) röle ile birlikte tükettikleri toplam güç akım trafosunun anma gücünü aşarsa, yine kesinlik azalır ve rölenin hatalı ölçüm yapmasına neden olabilir. Bu araçlardan birinin akım yolunda oluşabilecek açık devre, reaktif güç rölesinin akım yolunu keser ve röle denetimi kaybeder. Güç katsayısı düzeltilecek sistemin çekebileceği en yüksek akımı belirleyerek buna uygun, hata sınıfı küçük bir akım trafosu seçmek ve bu trafoya sadece röleyi beslemek hata olasılığını en aza indirir.

Gerilim ve akım bilgilerini alan röle, şebekeden çekilen reaktif gücü ölçebilir. Bu ölçümde iki yaklaşım söz konusudur. Birinci yöntem, gerilimin sıfır olduğu anda akımın büyüklüğünü ölçme temeline dayanan "Sıfır Kesme" yöntemi, ikincisi, akım ve gerilim dalgalarının çarpımını elde ederek doğrudan reaktif güç bileşenini belirleyen "Çarpım" yöntemidir. Birinci yaklaşım Şekil 2'de açıklanmıştır.



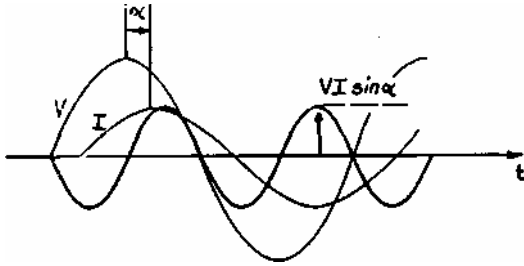
Şekil 2: Sıfır Kesme Yöntemiyle Reaktif Güç ölçümü

Gerilimin sıfır olduğu anda ölçülen akım I_m yükün sadece reaktif bileşenince yaratılır ve büyüklüğü şebeke-

den çekilen reaktif güçle orantılıdır. Güç katsayısının bir olması durumunda V ve I dalgaları çakışacak, I_m sifıra düşecektir. İstenilen kompensasyon düzeyini ayarlamak için ya referans olarak kullanılan gerilim dalgası Q derece kaydırılır veya I_m belirli bir değere ulaşınca kadar rölenin işleme geçmesi engellenir. İkinci yöntemde röle, akım ve gerilim dalgalarının çarpımını elde eder, bunu ölçtüğü faz açısı α 'nın sinüsüyle çarparak doğrudan çekilen reaktif gücü belirler. Kendi içinde

$$Q = \sqrt{3} V_p I_p \sin \alpha \quad (\text{veya } Q = 3 V_p I_p \sin \alpha)$$

ile orantılı bir sinyal üreten röle, bunu küçültücü yönde işleme geçer. Çarpım yöntemiyle reaktif güç ölçümü Şekil 3'de açıklanmıştır. Yük akımının harmonik içeriğinin yüksek olması durumunda rölenin hatalı ölçüm yapmasını önlemek için iki yöntemde de besleme akımı süzülerek ölçümde sadece temel harmonik kullanılır.



Şekil 3: Çarpım Yöntemiyle Reaktif Güç Ölçümü

11-2: Karşılaştırma Bölümü

ölçme bölümünden karşılaştırma bölümüne gelen sinyal, sistemin reaktif güç gereksinmesini veya fazlalığını belirtir. Bu bölüme C/k ayarıyla rölenin ne zaman işleme geçmesi gerektiği, $\cos \theta$ (veya %) ayarıyla da ulaşılmak istenen kompensasyon düzeyi bilgi olarak verilir. Otomatik kompensasyon tesisleri çekilen reaktif gücü ancak basamaklar halinde değiştirebilirler, buna karşılık gereksinimin değişimi sürekli. Ayarlanan kompensasyon düzeyi ancak zaman içinde ortalama olarak sağlanabilir.

Ayar bölgesinin türüne göre röleler, "Kalıntı Reaktif Güç Ayarlı" röleler ve "Cosθ Ayarlı" röleler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Kalıntı reaktif güç ayarlı rölelerde, kompensasyon sonucunda şebekeden çekilen net reaktif güç bir basamak kondansatör gücünün %'si olarak ayarlanır. Ortalama güç katsayısının bir olması isteniyorsa % ayar sifıra getirilir. Bir basamakta devreye giren reaktif güce C dersek, çekilen reaktif güç 0.6 C'yi aşarsa anahtarlama bölümüne "devreye kon-

dansatör ekle" komutu, — 0.6C'yi aşarsa "devreden kondansatör çıkar" komutu verilir. % ayarıyla bu dönüm noktaları endüktif yönde en çok bir basamak kondansatör gücü kadar kaydırılabilir. Cosθ ayarlı rölelerde, ölçme bölümünden gelen

$$O, = \sqrt{3} V_p I$$

sinyali bir faz kaydırıcıyla

sinyaline dönüştürülür ve röle bunu C/k ayarıyla belirlenen değer altına düşürme yönünde işleme geçer. İstenen ortalama güç açısı 0, röle üzerindeki bir düğmeyle ayarlanır.

11—3: Anahtarlama Bölümü

Anahtarlama bölümü, karşılaştırma bölümünden gelen bilgiyi kullanarak kademe kontaktörlerini denetler. Bu bölümdeki bir aşağı-yukarı sayıcı (Up-down counter) kaç kademenin devrede olduğunu sürekli olarak belleğinde tutar ve karşılaştırma bölümünden verilen sinyalin türüne göre ya bir basamak daha kondansatörü daha devreye sokar ya da bir basamak kondansatörü devreden çıkarır.

İki anahtarlama arasındaki gecikme bu bölümde yaratılır. Röle türüne göre 8-20 saniye arasında değişen bu geciktirmenin iki işlevi vardır; devreden çıkarılan bir kondansatör grubunun, üzerindeki kalıntı yük boşalmadan yeniden devreye alınma olasılığını önler ve çok hızlı değişim gösteren reaktif güç gereksinmesi durumunda kontaktörlerin çok sayıda açma-kapama yapmasını engelleyerek kontakların ve kondansatörlerin ömürlerini uzatır.

Kontaktör sargısı besleme yolunu açıp kapamakta elektromekanik minyatür röleler kullanılır. Sayıcıdan gelen sinyal bir güçlendirici devreden geçirildikten sonra minyatür röleye verilir. Minyatür rölelerin çalışma gücü röle tipine göre 1 100 VA ile 1800 VA arasında değişir ve kısa süreyle bunun iki katına kadar zarar görmeden dayanabilirler. Çok sayıda açma-kapamanın zaman içinde kontaklarda yaratabileceği bozunma gözönüne alınarak kontaktör sargısının sürekli çekeceği güç minyatür rölenin çalışma gücünün yarısını aştığında yardımcı kontaktör kullanılması yerinde olur.

III-RÖLE AYARLARI

111-1: C/k Ayarı

Bu ayar, şebekeden çekilen reaktif güce göre devreye kondansatör sokma ve çıkarma sınırlarını belirler. C,

yaygın kullanımda kapasitans belirtmesine karşılık burada 1. kademedeki kondansatörün KVAR biriminden gücünü, diğer bir deyimle her basamakta devreye giren veya devreden çıkan reaktif güç büyüklüğünü gösterir, k ise röleyi besleyen akım trafosunun dönüştürme oranıdır. Üç fazlı bir elektrik almacının çektiği görünen güç,

$$S = \sqrt{3} V_g I_c \text{ dir.}$$

lg hat akımı, akım trafosundan geçerek dönüştürme oranıyla bölünmüş olarak röle içine aktarılır. Rölenin iç devresi, gördüğü akıma karşılık hattan ne kadar akım geçtiğini, diğer bir deyimle akım trafosunun dönüştürme oranını da bilmelidir.

Bir basamak kondansatör devreye sokulduğunda üretilen ek reaktif güç,

$$C(\text{KVAR}) = \sqrt{3} V_g I_c \text{ ve yok}$$

edeceği reaktif akım, $I_c =$

$\frac{C}{\sqrt{3} V_g}$ dir.

Bunun röle iç devresine yansımaları ise,

$$I_c = \frac{C}{\sqrt{3} V_g}$$

olacaktır. Kontaktör anahtarlarla sayısını azaltmak için şebekeden çekilen reaktif akımın belirli sınırlar içinde oynamasına izin verilmelidir. Genellikle, yok edilecek reaktif akım bir basamak kondansatör akımının %60'ı ile %70'i arasında bir değere ulaştığında ek bir kademe devreye alınır. Bu katsayıyı dağıtıcıya alırsak, röleyi işleme geçirici akımın değeri,

$$0.6 C \text{ olur.}$$

Rölenin çalışma gerilimi belirli ve değişmez olduğundan V yerine bu değeri

$$0.6 \text{ koyarsak, } (—) \text{ olur.}$$

$$A = \frac{C}{\sqrt{3} \cdot 400} \text{ k}$$

Görüldüğü gibi sadece C/k oranını ayarlamakla ve önündeki katsayıyı iç devrede bir çarpan olarak yaratmakla röleye işleme geçmesi için gerekli bilgi verilmiş olur.

Reaktif güç rölelerinin çoğunda işleme geçirici akımın değeri endüktif ve kapasitif yönlerde aynıdır. Bir kısım rölelerde ise iki yönde ayrı ayrı ayar düğmeleri

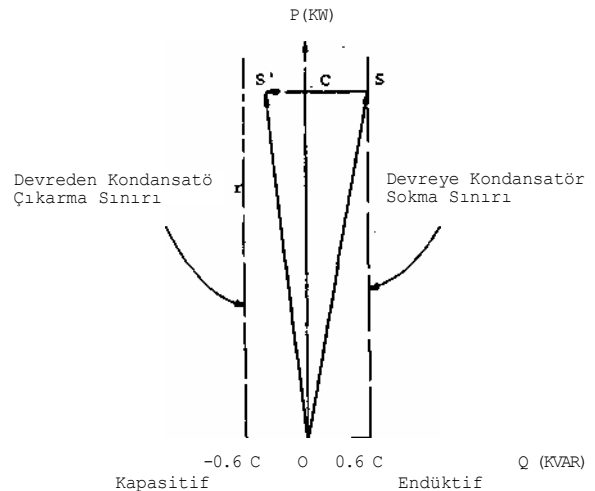
bulunabilir. Bazı kullanıcılar C/k'yı olması gereken daha aşağı ayarlama eğilimindedirler. C/k belirlenenden çok aşağı ayarlanırsa, röle gereğinden fazla anahtarlama yapmaya veya belli bir sıklıkta sürekli kondansatör sokup çıkarmaya başlayabilir. C/k'nın çok yüksek ayarlanması durumunda ise röle, reaktif güç gereksinmesini yeteri kadar yakından izleyemez ve kapasitif bölgede uzun süre çalışmaya neden olabilir.

111-72: Cos0 veya % Ayarı

Otomatik kompensasyon tesisinin sağlayacağı ortalama kompensasyon düzeyi cos0 veya % ayarıyla belirlenir. Kalıntı reaktif güç ayarlı rölelerde bir % ayarı, cos0 ayarlı rölelerde ise bir güç faktörü ayar düğmesi bulunur.

Ortalama güç katsayısı Ve veya kalıntı reaktif güç %0'a ayarlanırsa Şekil 4'de görülen çalışma bölgesi elde edilir. Bu durumda şebekeden en çok bir basamak kondansatör gücünün %60'ı kadar reaktif güç çekilmesine izin verilir. Görünen güç vektörü S, endüktif yöndeki sınırı aşarsa bir basamak daha kondansatör devreye sokulur ve çalışma noktası S'ye kayar, bu noktada şebekeye reaktif enerji beslenmektedir ve güç katsayısı kapasitifdir. Burada sözü edilen bir basamak kondansatör gücünün, C/k ritn belirlenmesinde kullanılan 1. kademe kondansatörünün KVAR değeri olduğuna dikkat edilmelidir.

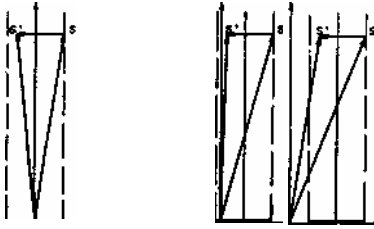
"Kondansatör sok" ve "Kondansatör çıkar" sınırlarının C/k ayarıyla tanımlandığını belirtmiştik. 0.6 ile 0.7 arasında değişebilen sınır çarpanı her rölede içeriden ayarlanmıştır. C/k yi belirlenenden yüksek değerlere ayarlamak bu sınırları iki yana genişletir, aşağı ayarlamak ise daraltır. Sınır çarpanını 0.5 den aşağı düşürecek bir C/k ayarı (belirlenenin %80'inin altın-



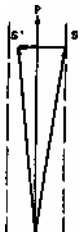
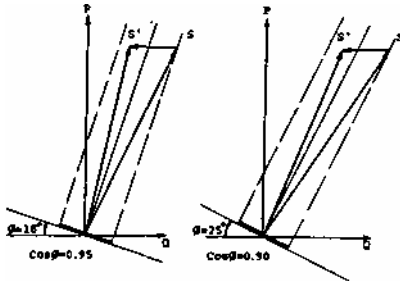
Şekil 4: Cos0 = 1 veya % = 0 Ayarı

da) salıma neden olur. "Kondansatör sok" sınırı aşıldığında röle, yeni bir basamağı devreye sokar. İkinci konumda S' noktası "Kondansatör çıkar" sınırının soluna kayar ve bu kez röle, sokulan basamağı devreden alır, sistem başlangıçtaki konumuna döner. Bu çevrim yinelenerek anahtarlama gecikmesinin iki katı süreli bir salıma oluşur.

Kademe gücü doğru seçilmezse ve C/k olması gereken çok üstüne ayarlanırsa, kalıntı reaktif gücü sıfıra veya güç katsayısını bire ayarlamak kapasitif bölgede uzun süre çalışmaya neden olabilir. Sürekli endüktif bölgede kalarak kompensasyonu en yüksek düzeyde tutabilmek için genellikle çalışma aralığının orta çizgisi endüktif yönde C ile orantılı olarak kaydırılır veya istenilen ortalama güç katsayısı kadar döndürülür. Bu ayarın çalışma bölgesine iki tür röle için Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 5: Kalıntı Reaktif Güç (%) Ayarı



Şekil 6: Güç Katsayısı (Cos0) Ayarı

Cos0 ve % ayarları, sonuçta istenilen kompensasyon düzeyini sağlamak açısından yaklaşık eşdeğerdirler. Ayırım, kalıntı reaktif güç (%) ayarlı rölelerin kullanılan aktif güçten bağımsız olarak reaktif gücü belirlenen sınırların içinde tutmaya çalışması, buna karşılık cos0 ayarlı rölelerin kullanılmasına izin verilen reaktif gücü aktif güçle birlikte artırarak belirlenmiş oranı değişmez tutmaya çalışmasıdır. % ayarlı röleler, toplam görünen gücü (KVA) en aza indirmekte daha etkilidir ve faturalamanın KVA istemi üzerinden yapıldığı veya sınır değerinin üzerindeki güç katsayısına prim verilen, yabancı ülkelerde uygulanan, faturalama sistemlerine uygun olarak tasarlanmıştır. Cos0 ayarlı röleler ise kullanıcı tarafından daha iyi

anlaşılır ve faturalamanın Türkiye'deki gibi reaktif enerjinin aktif enerjiye oranı üzerinden yapıldığı durumlarda daha elverişlidir. Rüyik piçteki kompensasyon tesislerinde basamak gücü düşük tutulmuşsa % ayarlı röle gereğinden çok sayıda anahtarlama yaparak kontaktörlerin ve kondansatörlerin ömrünü kısaltabilir.

IV- BAĞLANTI

Reaktif güç rölesi bağlantıları yapılmadan önce tanıtıcı kitapçığı incelenerek özellikleri öğrenilmelidir. Gerilim bağlantıları önerilen sigortalara korunmalıdır. Kontaktör besleme kolundaki sigorta, tüm kademe kontaktörlerinin çekeceği toplam güce rölenin güç tüketimi eklenerek belirlenecek akıma uygun seçilecek bir sigorta veya otomat olmalıdır. Üç faz bağlantılı rölelerde faz sırası belirlenmeli ve bağlantılar röle üzerinde doğru girişlere yapılmalıdır. Bara ile röle arasında kabloların gözle takibi yanıtıcı olabilir. Bir AÇ > Voltmetre kullanarak bara ile röle üzerinde karşılık gelen faz girişi arasındaki gerilimin sıfır olduğu görülmelidir.

Kullanıcı güvenliği açısından akım yolunun k ucu topraklanmalıdır. Bazı rölelerde akım yolg röle kabı üzerinden topraklanır, bunlarda röle kabı topraklanırsa ayrıca k ucunun topraklanmasına gerek yoktur. Aynı kaynaktan beslenen birkaç güç panosu varsa, kompensasyon tesisi, rölenin bağlı bulunduğu akım trafosunun ölçtüğü akımın tümünün geçtiği bir noktaya bağlanmalıdır. Ana giriş kolunda uygun bir akım trafosu yoksa ve kompensasyon ana girişte yapılmak isteniyorsa ya bu kola bir akım trafosu yerleştirilir veya çok devreli bir akım trafosuyla pano akımları toplanır ve röle akımı bu trafodan beslenir. Bu durumda C/k'nın belirlenmesinde eşdeğer k kullanılır.

Kompensasyon tesisi, röle devre dışındayken elle çalıştırılabilecek biçimde tasarlanıyorsa El-Otomatik seçme anahtarı El konumunda rölenin gerilim besleme kolunu kesecek şekilde bağlanmalıdır. Röle panodan söküldüğünde, El konumunda çalışma isteniyorsa, röleden kontaktör sarım beslemesine giden kollar bir yardımcı kontaktörden geçirilerek röle devreden çıkarıldığında bu kolların kesilmesi sağlanmalıdır. Ters durumda elle devreye alınan kontaktörlerin sarımları üzerinden bağlantı kablolarına elektrik beslenir ve röleden sökülen bu kollarla kısa devre meydana gelebilir. Hemen tüm rölelerde kontaktör sarım beslemesi röle dışından fazlardan birine yapılan bir köprüyle sağlanır. Kontaktörlerin, rölenin bağlı olduğundan başka bir kaynaktan (örneğin doğru akım kaynağı) beslenmesi gerekiyorsa bu köprü açılır ve kaynak kontaktör sarım besleme girişine bağlanır.