

REAKTİF GÜÇ RÖLELERİ TEMEL ÇALIŞMA VE KULLANMA İLKELERİ

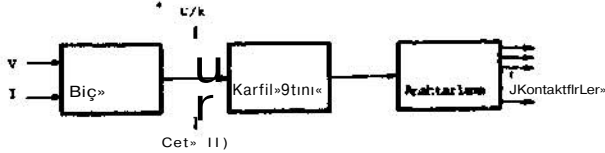
Sayit HİDAYETOĞLL
Elektrik Yük. touh.

1) GİRİŞ

Yurdumuzda alçak gerilimde en yaygın kullanılan kompanzasyon yöntemi otomatik denetimli, çok basamaklı, merkezi reaktif güç kompanzasyonudur. Bu yazının konusu, otomatik kompanzasyon tesislerini denetleyen ve kullanıcının reaktif güç gereksinmesini ölçerek buna göre kondansatörleri devreye ekleyen veya devreden çıkaran reaktif güç röleleridir. Reaktif güç rölesi, kompanzasyon tesisinin beyni olarak düşünülebilir; ölçüm yaparak veri toplar, bunları değerlendirir, ayar değerleriyle karşılaştırır ve kontaktörler aracılığıyla kondansatör gruplarını denetler. Denetim işlevinin yanı sıra reaktif güç rölesini $\cos\phi$ metre, aşın gerilim koruma, otomatik grupların elle denetimi vb. yardımcı sistemler eklenerek kompanzasyon tesisinin izlenme ve koruma düzeyi yükseltilebilir. Yazıda, reaktif güç rölelerinin ana çalışma ilkeleri kısaca açıklanacak, ayarlarının yapılması, devreye bağlanması ve yardımcı sistemlerin işlevleri anlatılacaktır.

2) TEMEL ÇALIŞMA İLKELERİ

Reaktif güç rölesi, ölçme, karşılaştırma ve anahtarlama olmak üzere üç ana işlevsel bölüm ve yardımcı sistemlerden oluşur. Her bölüme giren ve çıkan bilgiler Şekil 1'de gösterilmiştir.



ŞEKİL 1. Reaktif Güç Rölesinin Ana Bölümleri

2.1-) Ölçme Bölümü

Güç katsayısı düzenlenecek sistemin reaktif güç gereksinmesini belirleyebilmesi için röleye akım ve gerilim bilgilerinin verilmesi gerekir. Akım bilgisi röleye, fazlardan birine bağlanan akım trafosu aracılığıyla sağlanır. Akım trafosunun seçimi, yeri ve bağlantısı, rölenin gereği gibi çalışması açısından çok önemlidir. Akım trafoları birincil (primer) akım ve beslenen güç anma değerlerinden uzaklaştıkça kesinliklerini kaybederler. Trafodan geçen akım anma değerinin % 20'sinin, veya beslenen güç anma değerinin % 25'inin altına düştüğünde, hata sınıfında belirtilen duyarlılık kaybolur, çevirme oranı ve faz hataları büyür. Aynı şekilde birincil akım ve beslenen güç, anma değerlerinin üzerine çıktıkça akım trafosunun güvenilir/iğ/ aza/ır, hata oranı artar. İkincil (sekonder) devreye seri bağlı aygıtların (Ampermetre, $\cos\phi$ metre

vb.) röle ve bağlantı kabloları ile birlikte tükettikleri toplam güç, anma değerinin % 25'inin altına düşmeyecek ve % 120'sinin üstüne çıkmayacak biçimde seçilen akım trafosu yeterli kesinliği sağlarlar, ancak bu aygıtlardan birinin akım yolunda oluşabilecek açık devre, reaktif güç rölesinin akım yolunu da keser ve röle denetimi kaybeder. Güç katsayısı düzeltilecek sistemin çekebileceği en düşük ve en yüksek akım değerini belirleyerek buna uygun, hata sınıfı küçük ve gereken güçte bir akım trafosu seçmek ve bu trafoyla sadece reaktif güç rölesini beslemek hata olasılığını en aza indirir.

Röle gerilim bilgisini faz-nötr arası veya fazlararasından yapılan bağlantılarla alır. Fazlararası bağlantılı rölelerde, akım trafosunun bulunduğu faz dışındaki iki faz arasındaki gerilim ölçmede referans olarak kullanılır, üçüncü faz bağlantısı ya gereksizdir veya sadece kontaktör sarımlarını beslemekte kullanılır. Faz-nötr bağlantısında röleye, akım trafosunun bulunduğu faz ile nötr hattı arasındaki gerilim verilir. Rölenin yapısı ve işlevleri açısından iki tür bağlantı arasındaki tek fark, ana girişteki trafonun birincil sarım sayısıdır. İki veya üç faz gerilim bağlantılı rölelerin üç fazlı reaktif gücü ölçtüğü kanısı doğru değildir. Tüm reaktif güç röleleri sadece akım trafosunun bulunduğu fazdaki reaktif gücü ölçerler ve fazların dengeli olduğu varsayımına göre çalışırlar.

Akım ve gerilim bilgileri alındıktan sonra, şebekeden çekilen reaktif güç değişik tekniklerle ölçülebilir. En yaygın kullanılan yöntem, akım ve gerilim dalgalarının çarpımı elde ederek reaktif güç bileşeninin belirlenmesi temeline dayanan "çarpım" yöntemidir. Kendi içinde,

$$Q = 3 V_p I_1 \sin\alpha \text{ (veya } \sqrt{3} V_l I_1 \sin\alpha)$$

ile orantılı bir d. a. sinyal üreten röle, bunu küçültücü yönde ifleme geçer. Bu eşitlikte α , akım ve gerilim arasındaki faz açısıdır. Çarpım yönteminde şebeke harmoniklerinin etkileri, filitre devresine gerek kalmadan kolayca giderilebilir, şebeke frekansındaki kaymaların ölçüm etkisi değerlendirilir. Reaktif güç ölçümünde, "Sıfır Kesme" yöntemi olarak adlandırılan ve gerilim dalgasının sıfır olduğu anda akım dalgasının büyüklüğünü belirleyen bir başka yöntem daha kullanılır. Gerilim sıfır olduğu anda ölçülen akım, yükün sadece reaktif bileşenine bağlıdır ve büyüklüğü şebekeden çekilen reaktif güç ile orantılıdır. Sıfır kesme yöntemi harmoniklerin dalga biçimine etkilerine son derece duyarlıdır, hatalı ölçümü önlemek için akım sinyali bir filitre devresinden geçirilerek süzülür ve sadece temel harmonik kullanılır.

2.2-) Karşılaştırma Bölümü

Ölçme bölümünden karşılaştırma bölümüne gelen sinyal, sistemin reaktif güç gereksinmesini veya fazlalığını belirler. Bu bölüme, C/k ayarıyla rölenin ne zaman işleme geçmesi gerektiği, $\cos\phi$ (veya %) ayarıyla da ulaşılmak

istenen kompanzasyon düzeyi bilgi olarak verilir. Otomatik kompanzasyon tesisleri çekilen reaktif gücü ancak basamaklar halinde değiştirebilir, buna karşılık gereksiniminin değişimi sürekli dir. Ayarlanan kompanzasyon düzeyi ancak bir zaman aralığında ve ortalama değer olarak sağlanabilir.

Ayar bölgesinin türüne göre röleler, "Kalıntı Reaktif Güç (%) Ayarlı" röleler ve "Cos0 Ayarlı" röleler olmak üzere ikiye ayrılabilir. Kalıntı reaktif güç ayarlı röle/de kompanzasyon sonucunda şebekeden çekilmesine izin verilen net reaktif güç, bir basamak kondansatör gücünün %'si olarak ayarlanır, örneğin, ortalama güç katsayısının "bir" olması isteniyorsa % ayarı "sıfır"a getirilir. Bu ayar konumunda, bir basamakta devreye giren reaktif güce "C" dersek, şebekeden çekilen reaktif güç $OüC$ 'yi aştığında anahtarlama bölümüne "Devreye kondansatör ekle" komutu, $-0.6C$ 'yi (kapasitif) aşarsa "Devreden kondansatör çıkar" komutu verilir. % ayarıyla dönüm noktaları endüktif yönde en çok bir basamak kondansatör gücü kadar kaydırılabilir. $Cos\phi$ ayarlı rölelerde, ölçme bölümünden gelen,

$$Q = 3 V_p I_1 \sin \alpha$$

sinyali bir faz kaydırıcılığı

$$Q' = 3 V_p I_1 \sin (\alpha - \phi) \text{ sinyaline dö}$$

sinyaline dönüştürülür ve röle bunu C/k ayarıyla belirlenen değerin altına düşürme yönünde işleme geçer. Amaçlanan ortalama güç katsayısı $cos0$, röle üzerinde bulunan bir düğme ile ayarlanır.

2.3-) 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 komutun türüne göre ya bir basamak kondansatörü daha devreye sokar veya devreden çıkarır.

İki anahtarlama arasındaki geciktirme bu bölümde yaratılır. Röle yapısına göre 8-20 saniye arasında değişebilen bu geciktirmenin iki işlevi vardır; devreden çıkarılan bir kondansatör grubunun üzerindeki kalıntı yük yeteri kadar boşalmadan yeniden devreye alınma olasılığını azaltır, reaktif güç gereksinmesinin çok hızlı değiştiği durumlarda kontaktörlerin çok sayıda açma-kapama yapmasını engelleyerek kontakların ve kondansatörlerin ömürlerini uzatır.

Kontaktör sargısı besleme yolunu açıp kapatmakta elektromekanik minyatür röleler kullanılır. Sayıcıdan gelen sinyal bir güçlendirici devreden geçirildikten sonra minyatür röleye verilir. Minyatür rölelerin açma-kapama

gücü röle tipine göre 1100 VA ile 2500 VA arasında değişir ve kısa süre için bunun iki katına kadar zarar görmeden dayanabilirler. Yürdümüzde üretilen reaktif güç rölelerinin büyük bir bölümünde en önemli arıza kaynağını oluşturan minyatür rölelerin kendi yapıları kadar bunları süren devrenin tasarımı da önem kazanır. Bilinçli bir elektronik tasarım ile titiz bir ön kontrol ve test dizgesinin uygulanmasıyla bu tür arızalar kabul edilebilir düzeylere indirilebilir, yardımcı kontaktör, ithal minyatür röle kullanımı vb. maliyet artırıcı gereksinimler önlenbilir.

3) RÖLE AYARLARI

3.1-) C/k Ayan

Bu ayar, şebekeden çekilen reaktif güce göre devreye kondansatör sokma ve çıkarma sınırlarını belirler. "C" yaygın kullanımda sığa (kapasitans) belirtmesine karşılık burada birinci kademedeki kondansatörün KVAR biriminden gücünü, başka 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,

$$S = y/3 V_p I_1 \text{ (veya } S = 3 V_p I_1 \text{) dir.}$$

Hat akımı I_1 , akım trafosundan geçerek dönüştürme oranıyla bölünmüş olarak röle içine aktarılır. Rölenin iç devresi, gördüğü akıma karşılık hattan ne kadar akım geçtiğini, başka bir deyişle akım trafosunun dönüştürme oranını da bilmelidir.

Bir basamak kondansatör devreye sokulduğunda karşılanacak ek reaktif güç,

$$C \text{ (KVAR)} = 3 V_p I_c$$

ve yok edilecek reaktif akım,

$$I_c \sim \frac{C}{3 V_p} \text{ dir.}$$

Bunun röle iç devresine yansması ise,

$$\frac{I_c}{k} = \frac{C}{3 V_p k} \text{ olacaktır.}$$

Kontaktör anahtarlama sayısını azaltmak amacıyla şebekeden çekilen reaktif akımın belirli sınırla içinde oynamasına izin verilir. Genellikle, yok edilecek reaktif akım, bir basamak kondansatör akımının % 60'ı ile % 70'i arasında bir değere ulaştığında ek bir kademe devreye alınır. Röle yapısına göre değişen bu katsayıyı da gözönüne alırsak, işleme geçirici akımın değeri,

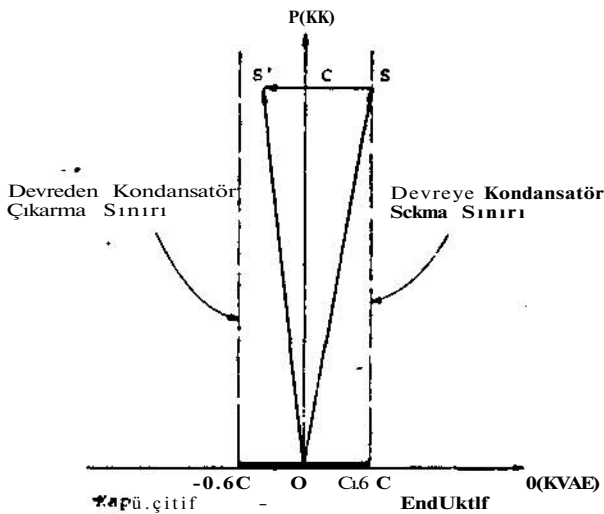
$$\frac{I_c}{k} = \frac{0.6 C}{3 V_p k} = I_A \text{ olur.}$$

Rölenin çalışma gerilimi belirli ve değişmez olduğu varsayılarak, V_p yerine bu değer konulursa,

$$A = \frac{0.6}{3230} \left(\frac{S}{k} \right) \text{ olur.}$$

Böylece sadece C/k oranını ayarlamak ve önündeki katsayıyı iç devrede bir çarpan olarak yaratmakla röleye işleme geçirici akım değeri bilgisi verilmiş olur.

Bazı kullanıcılar C/k'yı olması gereken değerden daha aşağı ayarlama eğilimindedirler. C/k belirlenenden çok aşağı ayarlanırsa röle, gerekenden fazla anahtarlama yapmaya başlar, bazı koşullarda devreye belli sıklıkta sürekli kondansatör sokup çıkararak kontaktörlerin yıpranmasına yol açabilir. C/k'nın çok yüksek ayarlanması durumunda ise röle, reaktif güç gereksinmesini yeterli kadar yakından izleyemez ve kapasitif bölgede uzun süreli çalışmaya neden olabilir. Bir önceki eşitlikte gösterildiği gibi C/k değerinin önündeki katsayı rölenin anma çalışma gerilimine bağlı olarak belirlenir. Burada rölenin ve kondansatörlerin anma gerilimlerinde (400 V, 1) çalışacağı varsayılır. Ancak bilindiği gibi kondansatörlerin KVAR değeri uygulanan gerilimin karesiyle orantılı olarak değişir, örneğin gerilimdeki % 10'luk bir düşüş, güçte % 20'ye yakın bir azalmaya neden olur. Yurdumuzda şebeke gerilimindeki aşırı düşümler ve yükselmeler göz önüne alındığında, ülkemiz koşullarında kullanılacak rölelerde gerilim değişimlerinin C/k ayarına etkisini karşılayacak düzeneğin önemi ortaya çıkar. Şebeke geriliminden alınacak geri besleme ile çalışma bandının otomatik olarak genişletilip daraltılması gerekir. Bu düzeni içermeyen rölelerde gerilim yükselmeleri C/k'nın gerekenden küçük, gerilim düşmeleri ise gerekenden büyük ayarlanmasına eşdeğer olumsuz etki yaratır.

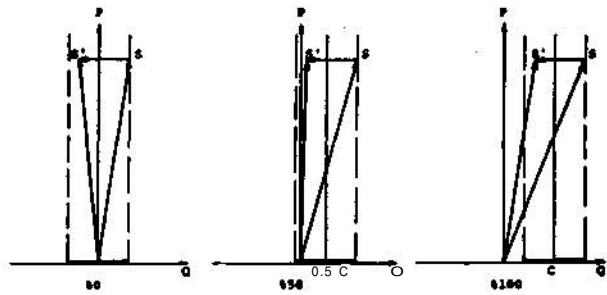


ŞEKİL 2. Cosθ=1 veya % = 0 Ayarı

3.2-) Cosθ veya % Ayarı

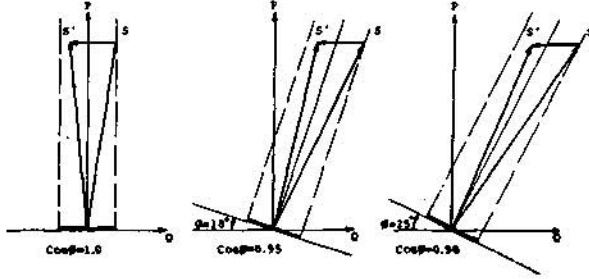
Otomatik kompanzasyon tesisinin sağlayacağı ortalama kompanzasyon düzeyi cosθ veya % ayarıyla belirlenir. Kalıntı reaktif güç ayarlı rölelerde bir % ayarı, cosθ ayarlı rölelerde ise bir güç faktörü ayar düğmesi bulunur. Ortalama güç katsayısı bire veya kalıntı reaktif güç yüzde sıfıra ayarlanırsa Şekil 2'de görülen çalışma bölgesi elde edilir. Bu ayar konumunda şebekeden en çok bir basamak kondansatör gücünün % 60'ı kadar reaktif güç çekilebilir. 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 kapasitiftir. Burada sözü edilen bir basamak kondansatör gücünün, C/k'nın belirlenmesinde kullanılan birinci kademe kondansatörünün KVAR değeri olduğuna dikkat edilmelidir. "Kondansatör sok" ve "Kondansatör çıkar" sınırlarının C/k ayarı ile tanımlandığını belirtmiştik. 0.6 ile 0.7 arasında değişebilen sınır çarpanı rölede içeriden ayarlanmıştır. C/k'yı 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 altında) salınma neden olabilir. "Kondansatör sok" sınırı aşıldığında röle, yeni bir basamağı devreye sokar. İkinci konumda S' noktası "Kondansatör çıkar" sınırının soluna kayabilir, bu kez röle, sokulan basamağı devreden alır, sistem başlangıçtaki konumuna döner. Bu çevrim yinelenerek anahtarlama gecikmesinin iki katı süreli bir salınım oluşur.

Elektrik kurumu açısından, reaktif güç kompanzasyonundan en yüksek yarar, tüketiciler ortalama güç faktörlerini bir dolayında tutabildikleri zaman sağlanır. Bu durumda gerilim düşümü ile hat ve trafo kayıpları en aza indirilmiştir. Ancak, üretici ve tüketici birlikte düşünülerek yapılacak ekonomik çözümlenme, şebekeden aktif enerjinin yanı sıra bir kısım reaktif enerji de çekilmesine izin verildiğinde ilk yatırım tutarının önemli ölçüde azalacağını gösterir. Bu nedenle, rölenin sistemi içinde tutacağı çalışma aralığının orta çizgisi, başka bir deyişle ortalama kompanzasyon düzeyi genellikle endüktif yön-



ŞEKİL 3. Kalıntı Reaktif Güç (%) Ayarı

de C ile orantılı olarak biraz kaydırılır veya amaçlanan ortalama güç katsayısı kadar döndürülür. Bu ayarın çalışma bölgesine etkisi Şekil 3 ve Şekil 4'de gösterilmiştir.



ŞEKİL 4. Güç Katsayısı ($\cos\phi$) Ayarı

$\cos\phi$ ve % ayarları, sonuçta istenilen kompanzasyon düzeyini sağlamak açısından yaklaşık eşdeğerdirler. Ayırım, kalıntı reaktif güç ayarlı rölelerin şebekeden çekilen reaktif gücü, kullanılan aktif güçten bağımsız olarak belirlenen sınırların içinde tutmaya çalışması, buna karşılık $\cos\phi$ ayarlı rölelerin, kullanılmasına izin verilen reaktif gücü aktif güçle birlikte artırarak verilen oranı değişmez tutmaya çalışmasındadır. % 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, birçok yabancı ülkede uygulanan faturalama sistemlerine uygun olarak tasarlanmıştır. $\cos\phi$ ayarlı röleler ise, kullanıcı tarafından daha iyi anlaşılır ve faturalamanın Türkiye'de olduğu gibi reaktif enerjinin aktif enerjiye oranı üzerinden yapıldığı durumlarda daha elverişlidir. Büyük güçteki kompanzasyon tesislerinde basamak gücü düşük tutulmuşsa % ayarlı röle gereğinden çok sayıda anahtarlama yaparak kontaktörlerin ve kondansatörlerin ömürlerini kısaltabilir.

4-) YARDIMCI SİSTEMLER

Reaktif güç rölesine, ana işlevi olan reaktif güç gereksinmesini izleme yanında birtakım yan görevler de yüklenebilir. Röleye eklenebilen başlıca yardımcı sistemler, $\cos\phi$ metre, KAP-NOR-END sistemi, aşırı gerilim koruma, elle kumanda ve sıfırlama sistemidir.

$\cos\phi$ metre, kompanzasyon tesisinin izlenmesinde en önemli yardımcıdır. Kullanıcı, röle ön yüzündeki analog, sayısal veya LED göstergedeki, ulaşılan güç katsayısını sürekli izleyebilir. Röle ve metrenin yapıları birbirlerinden bağımsız olarak çalışacak biçimde tasarlanmış ise $\cos\phi$ metre, rölenin çalışmasının denetlenebilmesi olanaklarını da sağlar. Duyarlılık açısından, LED ve sayısal gösterge/er daha sağlıklıdır. LED sistemiyle, güç katsayısının görsel sergilenmesini artıran düzenlemeler de yapılabilir.

KAP-NOR-END sistemi, $\cos\phi$ metre bulunmadığı zaman veya metre ile birlikte röle üzerine yerleştirilebilir. Zaman zaman yanlış bir deyimle "mikro $\cos\phi$ metre" olarak anılan bu düzenek gerçekte şebekeden çekilen gücün reaktif özelliğini değil, rölenin tesisi nasıl algılandığını gösterir. KAP bölgesinde, güç vektörünün çalışma aralığının solunda olduğu ve rölenin gecikme süresi sonunda devreden kondansatör çıkaracağı, END bölgesinde ise devreye kondansatör ekleneceği bildirilir. NOR LED'i yanıyor (veya analog gösterge NOR bölgesinde ise) ayar değerleriyle belirlenen kompanzasyon düzeyine ulaşıldığı ve rölenin yeni bir işlem yapmayacağı anlaşılır, bu sırada gerçek güç katsayısı endüktif veya kapasitif olabilir.

Aşırı gerilim koruma, kondansatörlerin yüksek şebeke gerilimi nedeniyle güç kaybına uğramasının sınırlandırılmasını amaçlar. Standartlara uygun kondansatörler, ancak gerilimlerinin % 10 fazlasına kadar güç kaybına uğramadan dayanabilirler. Bunun üzerindeki aşırı gerilimlerde ise gerilimin büyüklüğüne ve süresine bağlı oranda kapasite kaybedebilirler. Aşırı gerilim rölesi, şebekede oluşan uzun süreli yüksek gerilimlerde, kontaktör sarımlarının enerjisini keserek kondansatörleri korur. Geçici aşırı gerilimlerde açmayı önlemek için rölenin işleme geçmesi 0.5-1.0 saniye kadar geciktirilir. Aşırı gerilim rölesinin tekrar kapayıcı biçimde düzenlenmesi gerekir, örneğin % 110 gerilimde açan röle, şebeke gerilimi ancak değerinin % 105'ine düştüğünde kapanarak gereksinilen kadar kondansatörü yeniden devreye almalıdır. Kompanzasyon tesisinde sabit grup bulunuyorsa ve kontaktörle devreye sokuluyorsa, kontaktör kumandası röledeki sabit grup çıkışından alınarak bu kondansatörlerin de korunması sağlanabilir.

Elle kumanda sisteminin birincil amacı, tesisin devreye alınması sırasında rölenin ve panonun denenebilmesinin sağlanmasıdır. Röle ön yüzündeki düğmelere basarak, yapılan ölçümden bağımsız olarak kademeler devreye sokulur veya çıkarılır. Röle otomatik çalışmaya geçtiğinde ancak gereği kadar kondansatörü devrede bırakır. Eğer rölede sürekli elle kumanda konumunda bırakılabilecek bir El-Otomatik seçme anahtarı varsa, tesis mutlaka "Otomatik" konumuna getirildikten sonra terk edilmelidir. Ters durumda devrede bırakılan fazla kondansatör uzun süreli aşırı kompanzasyona neden olabilir veya reaktif güç gereksinmesi yeterince karşılanamayabilir.

Sıfırlama sistemi (No Volt Release) sistemi kısa süreli enerji kesilmelerinde aşırı kompanzasyonu önleme amacını taşır. 0.3-0.5 sn. süren kesintilerde, kullanıcı yükünün büyük bir bölümü yitirilebilir ve reaktif güç gereği bir anda çok düşebilir. Rölede sıfırlama sistemi yoksa, gerilim yeniden geldiğinde kesintiden önce devrede bulunan kademeler anında devreye alınır ve bu gruplar devre-