

Sistem Kayıplarının Minimizasyonu İçin Yeni Bir Reaktif Güç Kontrol Rölesi Dizaynı ve Uygulaması

Mustafa ŞEKKELİ

K.Maraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mimarlık-Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Bölümü, K.Maraş

mustafasekkeli@hotmail.com , msekkeli@yahoo.com

Anahtar Kelimeler: Kompanzasyon, reaktif güç kontrol rölesi , kondansatör , kayıplar

ÖZET

Güç faktörünü düzelterek ,elektrik enerjisinin kalitesinin artırılıp,daha verimli kullanılmasında ,reaktif güç kompanzasyonu önemli rol oynar.Reaktif güç kompanzasyonu genellikle, şebekeye paralel bağlı sabit kondansatörlerin, reaktif güç kontrol rölesi ile , otomatik olarak devreye alınıp çıkarılmasıyla yapılır.Kondansatörler nonlineer elemandırlar.Devreye alınıp çıkarılmaları ve paralel bağlanmaları sırasında büyük dengeleme akımları akar ve gerilim yükselmeleri meydana gelir. Bu yüzden kondansatörler mutlaka deşarj edilerek devreye alınmalıdır.Bunun için röleye deşarj zamanı kadar bekleme süresi ayarı verilir. Genellikle bu süre 40 sn. dir.Bu sürede sistem indüktif karakterde olup , kompanzasyon gerçekleşmemekte ve aktif kayıplar meydana gelmektedir.Bu çalışmada yeni bir reaktif güç kontrol rölesi dizaynı yapılarak , deşarj süresinin kısaltılması veya sıfır yapılması için yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemde her kondansatör gurubuna ait bir zaman sayıcı konmuştur.Röle çalışmaya başladığı anda tüm kondansatörlerin zamanları , deşarj süresi kadar sayılıp, gecikmesiz olarak devreye girmesi için hazır bekletilir. Devreye alınacak kondansatörün önce zamanına bakılır. Eğer sıfırsa hemen ,değilse kalan zaman kadar beklenerek devreye alınır.Devreden çıkarma içinde aynı işlemler yapılır. Böylece kondansatörlerin daha hızlı olarak devreye girip çıkması sağlanmış ve bu sürede şebekenin çektiği indüktif akım azaltılarak , aktif güç kayıpları azaltılmış olacaktır. Bu röle imal edilmiş ve deneylerde uygunluğu kanıtlanmıştır.

1. GİRİŞ

Elektrik enerjisinin verimli kullanılmasının ve kayıpların azaltılmasının yöntemlerinden biri de reaktif güç kompanzasyonu yapmaktır. (Bayram, 2000)

Tüketicilerin normal olarak şebekeden çektikleri indüktif reaktif gücün, kapasitif güç çekmek suretiyle özel bir reaktif güç üreticisi tarafından dengelenerek güç faktörünün ($\cos\phi$) 1'e yaklaştırılması olayına reaktif güç kompanzasyonu denir. (Miller, 1982) Günümüzde

reaktif güç kompanzasyonu merkezi olarak yapılmaktadır. Burada reaktif güç kontrol rölesi adı verilen cihazla, tesise paralel bağlı kondansatörler, ihtiyaca göre devreye alınıp çıkarılır. Böylece tesisin güç katsayısının istenen değerde kalmasına çalışılır. (Arifoğlu, 2002)

Kondansatörler nonlineer eleman olduklarından , devreye alınırken veya diğer kondansatörlere paralel bağlanırken meydana gelen geçici rejim sırasında kısadevre akımına benzer büyük akımlar çekerler.Bu akımların değeri ve süresi ,kondansatör gücüne, şebekenin indiktif direncine ve frekansına bağlıdır. Eğer anahtar gerilimin en büyük değerinde kapanırsa ,akım darbeleri de en büyük değerini alır ve kondansatör nominal akımın 15 katına kadar çıkabilir.Bu sırada oluşan aşırı gerilimler ,şebeke geriliminin 2 katı olabilir. (Bayram ,2000)

Kondansatörler devreden çıkarılırken, kapasitif akımın kesilmesinin daha zor olması nedeniyle büyük arklar meydana gelir.

Henüz deşarj olmamış bir kondansatör yeniden devreye alındığında yukarıdaki geçici olaylara ek olarak, şiddetli dengeleme akımları meydana gelir. Bu amaçla, kondansatörlere boşaltma dirençleri veya bobinler bağlanarak, devreden çıktıkları zaman, bunlar üzerinden deşarj olmaları sağlanır. Bunun için biraz deşarj süresi gereklidir.

Bu olumsuz olayları önlemek için reaktif güç kontrol rölesinde, kondansatör devreye alma ve çıkarma esnasında bir gecikme süresi ayarı verilmiştir. Buna göre, röleye kondansatör devreye al veya çıkar komutu geldikten sonra ayarlanan süre (kondansatörün deşarj süresi) kadar bir gecikmeyle devreye alma ve çıkarma işlemi gerçekleştirilir. Bu süre rölede 20 ile 180 saniye arasında ayarlanabilir. Genellikle bu ayar süresi 40 saniyedir .

Ayarlanan deşarj süresinde kompanzasyon gerçekleşmemiş olup ,sistemden indüktif reaktif akım

çekilmektedir. Bu akım nedeniyle aktif kayıplar meydana gelmektedir.

2. KLASİK REAKTİF GÜÇ KONTROL RÖLESİ

Merkezi otomatik kompanzasyon sistemi, temel olarak uygun düzenlenmiş kondansatör bataryaları ile, reaktif gücü algılayıp, uygun kondansatör bataryalarının devreye alınıp çıkarılmasını sağlayan, reaktif güç kontrol rölesinden oluşur.

Reaktif güç kontrol rölesi, sistemin güç faktörünü ölçerek önceden tanımlanmış güç faktörüne ulaşmak için kondansatör bankalarını yüke paralel olarak devreye almakta veya çıkarmaktadır. (Mandal ve ark., 1994) röle kompanzasyon işlemini yerine getirmek için şebeke akım ve geriliminden örnek almaktadır. Şebeke gerilimi doğrudan, şebeke akımı ise akım trafosu yardımıyla röleye bağlanır. (Marganitz, 1992)

Rölenin çalışma prensibi olarak, önce sistemin reaktif gücü ölçülüp, indüktif veya kapasitif karakterde olduğuna karar verilir. Eğer kapasitif ve devreden kondansatör çıkarma bölgesinde ise, devreden kondansatör çıkarma algoritması çalışır ve sırayla kondansatörler çıkarılır. Eğer indüktif bölgede ve devreye kondansatör alma bölgesinde ise, birinci kondansatörden başlanarak, belirlenen anahtarlama programına göre devreye kondansatör alınır. (sheble, 1987)

Kondansatör devreye alınıp çıkarılmasında, ayarlanan deşarj süresi kadar bekleme gerekmektedir. Kondansatöre “devreye gir” komutu geldikten sonra, röle o kondansatörü, yeni devreden çıkmış olduğunu kabul ederek, ayarlanan deşarj süresi kadar sonra devreye alır. Aynı anda birden fazla kondansatörün devreden çıkarılıp, geçici olaylar oluşmaması için, aynı gecikme devreden çıkarma için de uygulanır. Genellikle bu süre 40 saniye civarındadır. Bu süre içinde sistem indüktif karakterde olup, kompanzasyon gerçekleşmemiştir. Sistemde meydana gelen aktif kayıplar,

$$P_k = RI^2 \quad (1)$$

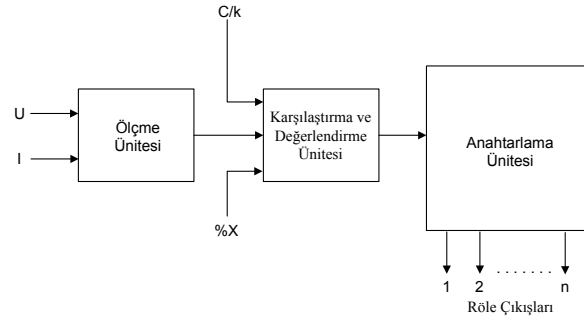
ile ifade edilir. Bu ifadeden görüldüğü gibi güç kaybı, direnç ve şebekeden çekilen görünür efektif akımın karesi ile çarpımından meydana gelmektedir. Görünür akım içerisinde reaktif bileşenin azaltılması, oluşan aktif kayıpları da azaltacaktır.

İyi bir kompanzasyon için reaktif güç kontrol rölesinde bazı ayarların doğru bir şekilde yapılması gerekir. Bu ayarlar;

- 1-C/k ayarı
- 2-Çalışma bölgesi (%x) veya $\cos\phi$ ayarı
- 3-Anahtarlama programı
- 4-kondansatör deşarj süresi ayarı

3. TASARLANAN REAKTİF GÜÇ KONTROL RÖLESİ

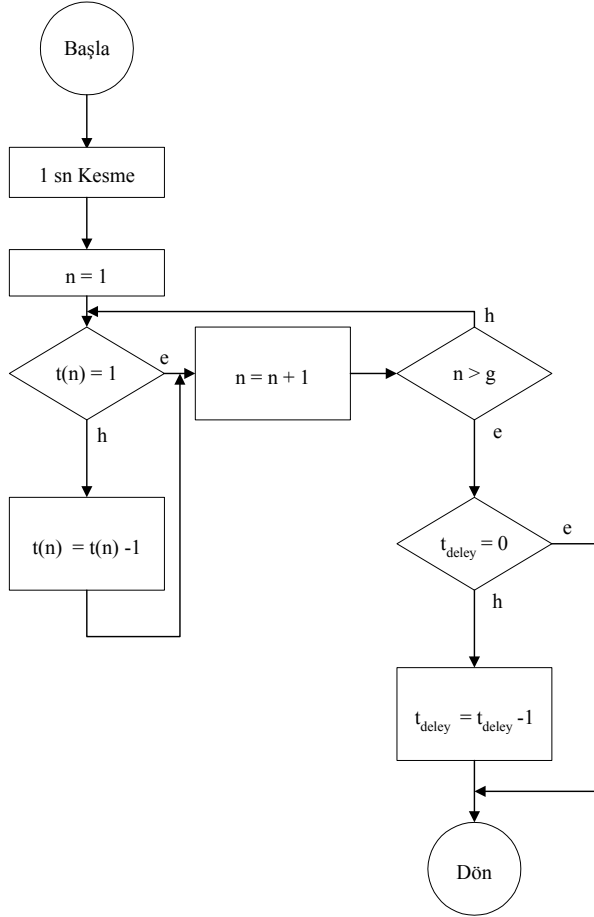
Klasik rölelerde devreye alınması gereken kondansatörlerde deşarj süresinin kısaltılması ya da sıfıra indirilmesi düşüncesiyle, yeni bir yaklaşım ve tasarım gerçekleştirilerek gereksiz enerji kaybı önlenmiştir. Şekil 1 de tasarlanan reaktif güç kontrol rölesinin blok diyagramı gösterilmiştir. (şekelli, 2004)



Şekil 1. Reaktif güç kontrol rölesi blok diyagramı

Röle temel olarak ölçme, değerlendirme ve anahtarlama ünitelerinden oluşmaktadır. Sürekli olarak yükün çektiği aktif, reaktif ve görünür güçler ölçülür. Röle istenen güç faktörüne göre sisteme kondansatör alır veya çıkarır. Ölçme devresi sistemden aldığı akım ve gerilim sinyallerini işleyerek kontrol devresinin kullanabileceği işaretler haline getirir. Kontrol devresi ölçme devresinden aldığı bilgileri değerlendirerek röle çıkış devreleri aracılığıyla kondansatör bankalarını devreye alır veya çıkarır.

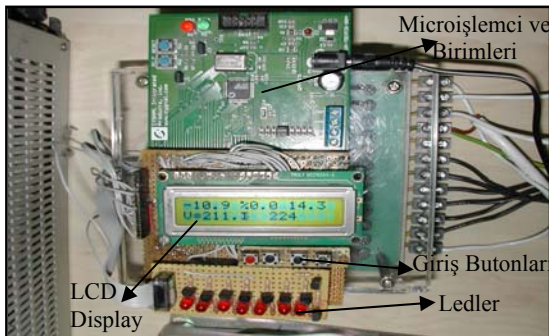
Bu yeni yöntemde her kondansatör grubuna ait bir zaman sayıcı oluşturulmuştur. Röle ilk çalışmaya başladığı anda tüm kondansatörlere ait zaman sayıcılar, ayarlanan deşarj süresi kadar, sayma işlemi yaparak kondansatörleri devreye gecikmesiz olarak alınabilir duruma getirmektedir. Devreye alınacak kondansatör için önce bu zamana bakılmakta, bu süre tamamlanmış ise hemen devreye alınmaktadır. Eğer süre tamamlanmamış ise kalan süre kadar bekledikten sonra kondansatör devreye alınmaktadır. Şekil 2 de yeni tasarlanan röle için devreye alma ve devreden çıkarma esnasındaki zaman sayıcıya ait akış diyagramı gösterilmiştir.



Şekil 2 Tasarlana rölenin zaman sayıcı blok diyagramı

Devreden çıkarılan kondansatör için hemen sayma işlemi başlatılmakta ve yeniden devreye alınacağı anda hiç gecikme zamanı olmadan devreye alınmak üzere hazır bekletilmektedir.

Böylece yeni tasarlanan rölede, “kondansatörü devreye al” komutu geldikten sonra hiç bekleme olmadan kondansatör devreye girerek gereksiz gecikme ortadan kaldırılmış, sistemin daha az indüktif akım çekmesi sağlanmış ve bunun sonucu olarak ta aktif güç kayıpları azaltılmış olmaktadır. Yapılan rölenin resmi şekil 3 de gösterilmiştir.



Yeni röle üzerinde 7 adet kırmızı led bulunmaktadır. Bu ledler hangi kondansatörlerin devreye alındığını gösterir. 4 adet buton vasıtasıyla röleye giriş bilgileri girilir. Butonlardan 1 numaralı olan kırmızı renkte ve rölenin resetlenmesi için kullanılır. Diğer 3 adet buton siyah renklidir. 2 nolu buton menüleri çağırma butonu, 3 ve 4 nolu butonlar da aşağı yukarı hareketle değerleri girme butonudur.

Röleye kondansatör güçleri tek tek manuel olarak girilebilir veya 2 ve 3 butonlarına aynı anda basılarak kondansatör güçlerinin otomatik olarak okunması sağlanır. Kondansatör deşarj süresi 2 butonu ile girilir. C/k ayarı istenirse manuel, istenirse otomatik olarak hesaplanabilir.

Ekranında % ayarı, kondansatör devreye alma ve çıkarma sınırları, işletmenin aktif gücü, reaktif gücü, gerilimi, çekilen akım ve harmonikler görülebilir.

4. YENİ RÖLE VE KLASİK RÖLENİN HESAPLA KARŞILAŞTIRILMASI

Aşağıda bir örnekle kompanzasyon tesisi yapılacak bir işletmenin kondansatör hesabı yapılmıştır. Bu kondansatörlerin klasik röle ve yeni tasarlanan röle ile devreye alınması durumuna göre, güç kaybı açısından bu iki röle karşılaştırılmıştır.

Tesisin toplam görünür gücü $S = 62 \text{ kVA}$

Mevcut güç faktörü $\cos\phi_1 = 0,7$

İstenen güç faktörü $\cos\phi_2 = 0,95$

Aktif güç $P = S \cos\phi_1 = 62 \times 0,7 = 43,4 \text{ kW}$

Reaktif güç $Q = S \sin\phi_1 = 62 \times 0,7 = 43,4 \text{ kVAR}$

Devreye bağlanması gereken kondansatör gücü denklem 2 den hesap edilir.

$$Q_c = P(\tan\phi_1 - \tan\phi_2) \quad (2)$$

Denklem 2 ye göre $Q_c = 30 \text{ kVAR}$ bulunur. Bu kondansatörler anahtarlama programı 1:2:4:8 Olan 4 kademeli klasik ve yeni röle ile devreye alınacaktır. Deşarj süresi 18 sn. alınmıştır. Tablo 1 de klasik ve yeni röle ile kompanzasyon yapılması durumunda tüm kondansatörler devreye girinceye kadar anahtarlama programı, kondansatör güçleri, görünür ve indüktif güçler, görünür akım ve toplam aktif kayıp değerleri gösterilmiştir.

Tablo 1 Klasik ve yeni röleyle kondansatörlerin devreye alınmasına ilişkin anahtarlama programı, güç ve kayıp değerleri

Kond. Kademe	Adım														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	2	•		•		•		•		•		•		•	
2	4		•	•		•	•		•	•		•	•		•
3	8			•	•	•	•		•	•	•		•	•	•
4	16							•	•	•	•	•	•	•	•
Top. Kond. Güç kvar	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
Gecikme Süresi Sn	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
Ind.Reaktif Güç (Q _r , kVAr)	41,3	39,3	37,3	35,3	33,3	31,3	29,3	27,3	25,3	23,3	21,3	19,3	17,3	15,3	13,3
Sistem Görünür Gücü (S, kVA)	59,8	58,4	57,1	55,8	54,6	53,4	52,3	51,2	50,1	49,1	48,2	47,4	46,6	45,9	45,3
Görünür Akım (Amper)	90,8	88,7	86,7	84,7	82,9	81,1	79,4	77,8	76,1	74,5	73,2	72,0	70,8	69,7	68,8
Toplam Kayıp (3RI ² , R=0,1 ohm)	2,47	2,36	2,25	2,15	2,06	1,97	1,89	1,81	1,73	1,66	1,60	1,55	1,50	1,45	1,42

Tablo 1' e göre klasik röle için kompanzasyon tamamlanıncaya kadar 15 adım geçmiştir. Toplam gecikme zamanı ;

$$18\text{sn.} \times 15 \text{ adım} = 270 \text{ sn.} = 4,5 \text{ dak.}$$

Tüm kondansatörlere” devreye gir” komutu geldikten sonra beklenen toplam süre 4,5 dakikadır.

Aynı tesis için hesapların ve anahtarlama programının aynı olması koşuluna göre , kompanzasyon yeni tasarlanan röleye göre yapılırsa, röle devreye girdiğinde tüm kondansatörlerin zamanları sayılıp devreye girmeye hazır hale geleceklerinden , sadece 18 sn. bekleme süresi olacaktır. sistemin kompanzasyon yapılması ve yapılmaması durumlarına göre aktif güç kayıpları hesap edilir, bunların farkları alınarak , yeni ve klasik röleye göre bekleme zamanları ile çarpılarak, kayıp enerji değerleri hesaplanabilir. Buna göre ;

Sistem kompanze edilmezse toplam güç kaybı

$$P_{T1} = 2,65 \text{ kW}$$

Sistemin kompanze edilirse toplam güç kaybı

$$P_{T2} = 1,42 \text{ kW}$$

Klasik röleyle kondansatörlerin tamamının devreye girme süresi

$$t_k = 270 \text{ sn.}$$

Yeni röleyle kondansatörlerin tamamının devreye girme süresi

$$t_y = 72 \text{ sn.}$$

Buna göre

$$P_{T1} - P_{T2} = 2,65 - 1,42 = 0,23 \text{ kw}$$

güç kaybı bulunur. Böylece klasik röle için toplam enerji kaybı ;

$$0,23 \times 270 \text{ sn.} = 62,1 \text{ kWsn.} = 0,01725 \text{ kWh}$$

Yeni röle için toplam enerji kaybı ;

$$0,23 \times 72 \text{ sn.} = 16,56 \text{ kWsn.} = 0,0046 \text{ kWh}$$

hesap edilir. Buradan kompanzasyonun yapılmasında yeni rölenin kullanılması , klasik röleye göre aktif enerji kayıplarının azaltılmasında yaklaşık 15 kat bir üstünlük sağlamıştır.

5. SONUÇLAR

Yeni kurulacak veya mevcut tesislerdeki, elektrik enerjisinin verimli kullanılmasının ve kayıpların azaltılmasının yöntemlerinden biri de reaktif güç kompanzasyonu yapmaktır.

Günümüzde reaktif güç kompanzasyonu sabit ve düzenli çalışan işletmelerde otomatik merkezi kompanzasyon yöntemiyle, düzenli olmayan, değişken darbe akımlarıyla çalışan işletmelerde ise statik var (SVS) sistemiyle yapılmaktadır.

Merkezi kompanzasyon sisteminde şebekeye paralel bağlı sabit kondansatör grupları reaktif güç kontrol rölesi adı verilen bir cihazla otomatik olarak devreye alınmakta ve devreden çıkarılmaktadır.

Kondansatörlerin deşarj olmadan yeniden devreye alınmaları, gerilim yükselmelerine, aşırı kompanzasyona ve bunların oluşturacağı istenmeyen olayların meydana gelmesine neden olmaktadır.

Mevcut reaktif güç kontrol rölelerinde devreye alınacak kondansatörlerin, deşarj olmadığı düşünülerek, devreye alınmaları belirli bir süre geciktirilmektedir.

Bu çalışmada, yeni bir reaktif güç kontrol rölesi tasarımı yapıp gerçekleştirilerek, sistem kayıplarının azaltılması amaçlanmış ve bunu sağlamak üzere yeni bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemle göre,

Klasik rölelerdeki kondansatörlerin, devreye alınmaları ve devreden çıkarılmaları sırasındaki, deşarj süresi kadar gecikme ortadan kaldırılmıştır. Bu amaçla her kondansatör grubuna ait bir zaman sayıcı oluşturulmuştur. Röle ilk çalışmaya başladığı anda, sayıcılar, tüm kondansatörlerin ayarlanan deşarj süresi kadar sayma işlemini yaparak bunların gecikmesiz olarak, devreye alınabilir duruma gelmelerini sağlamaktadır. Devreye alınacak kondansatörler için önce bu süreye bakılmaktadır. Bu süre tamamlanmış ise hemen, eğer tamamlanmamış ise, kalan süre kadar bekledikten sonra kondansatörler devreye alınmaktadır. Devreden çıkarılan kondansatörler için de hemen sayma işlemi başlatılarak yeniden devreye alınacağı anda

gecikmesiz olarak devreye alınmak üzere hazır bekletilmektedir.

Deşarj süresi nedeniyle (her kondansatör için yaklaşık 40 sn.) kondansatörlerin devreye girip çıkmalarındaki gecikme önlenerek, işletmenin daha az indüktif akımla yüklenmesi, dolayısıyla aktif güç kayıpları ve diğer olumsuzluklar en aza indirilmiştir. Yapılan örnek hesaplamadan da görüldüğü gibi ,kompanzasyonun yeni röle ile yapılması , klasik röleye göre , aktif enerji kayıplarının azaltılmasında , yaklaşık 15 kat bir üstünlük sağlamıştır. Bu rölenin imalatı yapılmış ve deneylerle üstünlüğü kanıtlanmıştır.

KAYNAKLAR

Arifoğlu, U., 2002, Güç Sistemlerinin Bilgisayar Destekli Analizi, Alfa Bas. Dağ. İstanbul (s, 341)

Bayram, M., 2000, Kuvvetli Akım Tesislerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu, Birsen Yayınevi, İstanbul 21.s

Mandal, S.K., Basu, A., Kar, S.P., Chowdhury, 1994., A microcomputer Based Power Factor Controller., IEEE Trans. On inds. Electron. Vol. 41, No.3 June

Miller, T.J.E, 1982, Reactive Power Control Systems, John Wiley & Sons inc. U.S., p., 15

Marganitz, A. 1992. Power Measurement Of Periodic Current and Voltage by digital Signal Processing. ETEP Vol., No: 2 March/April

Sheble, G.B., 1987, Reactive Power Basic, Problems and Solutions, IEEE Pres, U.S.

Siemens, 2001-2002, Power Factor Correction, 2001-2002 Katalog, Berlin

Şekkeli, M., 2004 , Reaktif güç kontrol rölesinde optimal anahtarlama için yeni bir yöntem ,İ.T.Ü.,Fen bil. Enst. ,İstanbul, Doktora tezi, 57s.