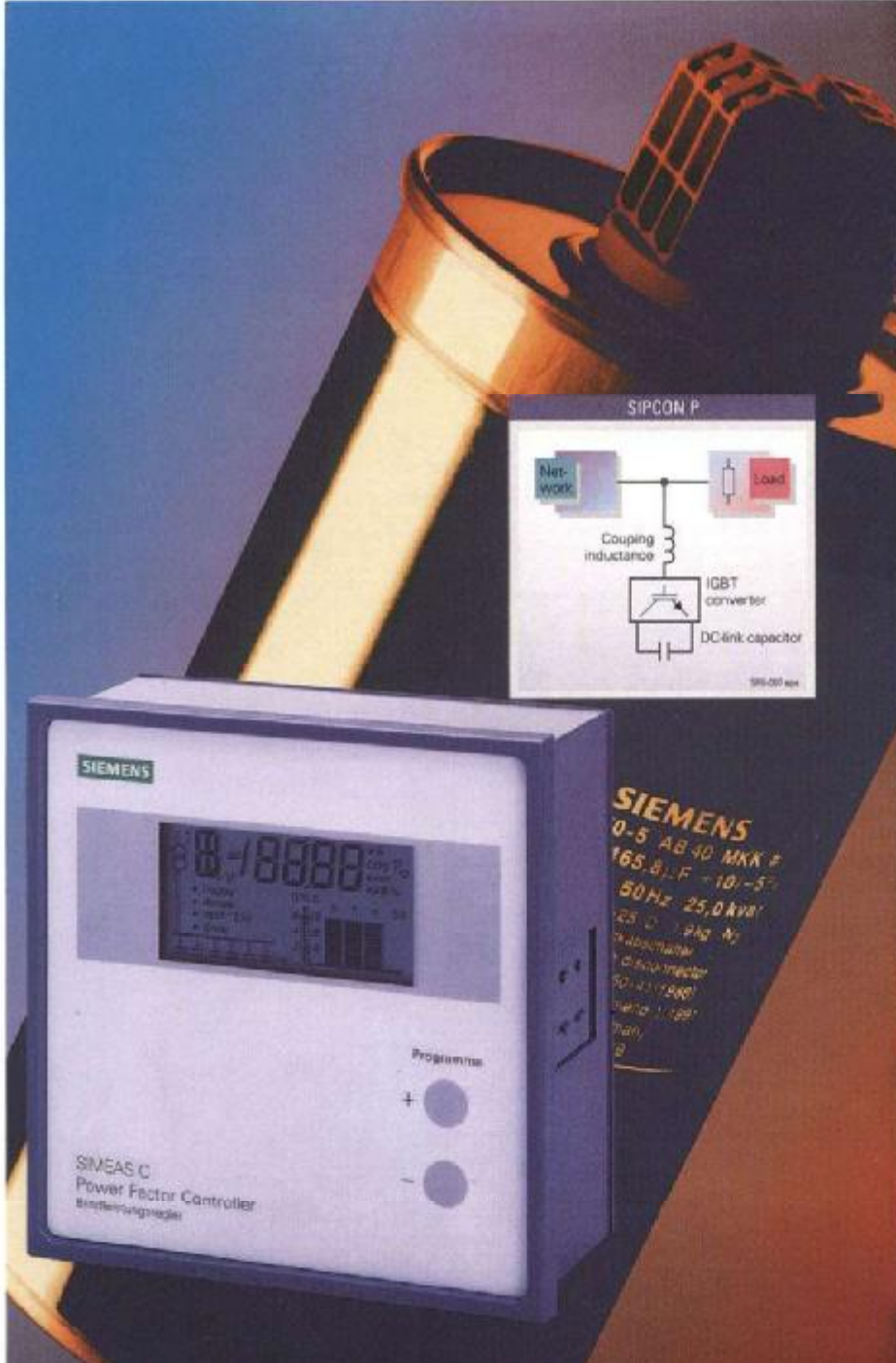


Güç Katsayısı Doğrultma

Ana prensipler
Pratik uygulamalar
Harmonik bastırma



Ana prensipler

Elektrik yüklerinin büyük çoğunluğu, (motorlar ve trafolarla magnetizasyon için ve statik konvertörlerde kumanda ile komutasyon reaktif gücünün temininde gerektiği gibi) sadece aktif güç değil aynı zamanda reaktif güçte çekerler.

Faydalı enerjiye dönüştürmek mümkün olmadığından dolayı reaktif gücün iletimi ekonomik değildir.

Güç faktörü doğrultmanın ana prensipleri, güç katsayısı doğrultma cihazları ve konverter-beslemeli yüklerin olduğu güç sistemlerinin kompanzasyonunun pratik uygulamaları takip eden paragrafta anlatılacaktır.

Elektrik enerjisinin üretimi ve dağıtımı için jeneratörlere, hava iletim hatlarına, trafolarla ve şalt cihazlarına ihtiyaç vardır. Aktif güce ek olarak reaktif güçte üretilip dağıtılmalıdır. Ancak bu ekonomik değildir ve bir tesis ne kadar az reaktif güç tüketirse güç katsayısı $\cos\phi$ 'de o kadar yüksektir ve tesisin enerji harcamaları da o kadar düşüktür.

Elektrik dağıtım sistemindeki yükü, (falçak gerilim sisteminde yer alan yüklerle yakın bir şekilde yerleştirilecek) güç katsayısı doğrultan kondansatörleri kullanarak ve reaktif gücü de bu kondansatörlerden temin ederek azaltmak mümkündür (Şekil 3). Böylece iletim kayıpları azalır, enerji harcamaları düşer ve dağıtım sisteminin pahalı bir şekilde yenilenmesi gereksizdir daha fazla aktif güç mevcut malzeme kullanılarak iletilmiş olur.

Kondansatörler bireysel kompanzasyonda, grup kompanzasyonunda veya merkezi kompanzasyonda kullanılırlar.

Birçok enerji dağıtım firmasının, 0.9'a eşit veya daha yüksekte güç faktörünü şartnamelerinde talep etmeleri, standart bir uygulamaya dönüşmüştür.

Kondansatör gücünün bulunması

Anma aktif gücü P olan, kompanze edilecek ve güç katsayısı $\cos\phi_1$ 'den $\cos\phi_2$ 'ye yükseltilecek bir tesiste ihtiyaç duyulan kondansatör gücü şu eşitlikle hesaplanır:

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

Kompanzasyonun bir sonucu olarak iletilen görünür güç (S) azaltılmış olur.

İletimdeki direnç kayıpları P , akımın karesiyle orantılıdır. Bu da kayıptaki azalmaya eşittir.

Endüstriyel enerji dağıtım sistemlerinde reaktif gücün hesaplanması

Planlama aşamasında olan endüstriyel enerji dağıtım sistemlerinde, reaktif güç yüklerinin çoğunluğunu, ortalama 0.7 güç faktöründe çalışan endüksiyon motorlarının oluşturduğu kabul edilir. Güç faktörünü 0.9'a iyileştirmek için aktif gücün %50'si kadar bir kondansatör gücüne ihtiyaç vardır.

$$Q_c = 0.5 P$$

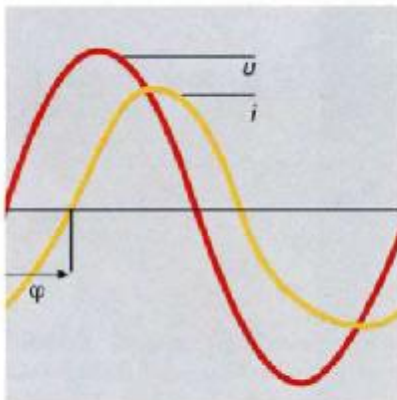
Çalışır durumdaki endüstriyel dağıtım sistemlerinde ise ihtiyaç duyulan kondansatör gücü ölçülerek bulunur. Eğer aktif ve reaktif sayaçlar varsa, ihtiyaç duyulan kondansatör gücü aylık enerji faturası temel alınarak, aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$Q_c = \frac{A_R - (A_W \cdot \tan\phi_2)}{t}$$

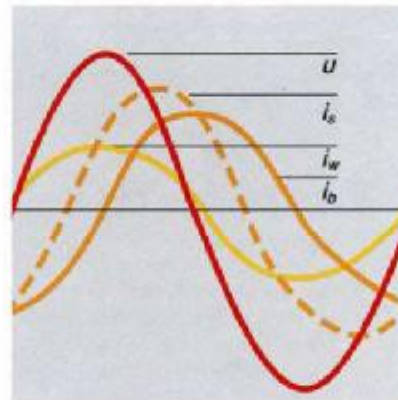
A_R	Reaktif güç (kvarh)
A_W	Aktif güç (kWh)
t	Çalışma zamanı (h)

$\tan\phi_2$, $\cos\phi_2$ 'ye göre tablo 1'den seçilecektir.

Eğer tesiste reaktif güç sayaçları mevcut değilse kondansatör gücü, reaktif ve aktif güç kayıt cihazları kullanılarak bulunur.



Şekil 1
Direnç-endüktif yük için akım ve gerilim arasındaki faz farkı



Şekil 2
Akımın aktif ve reaktif kısımlarına çözümü. Aktif akım i_w , gerilim ile aynı fazda ve reaktif akım i_b , gerilimin $T/4=90^\circ$ gerisinde

Örnek

Anma gerilimi 400 V olan bir tesisin güç katsayısını $\cos\varphi_1=0.6$ dan $\cos\varphi_2=0.9$ a geliştirmek:

1. Kompanzasyonsuz tesis

Aktif güç P	550kW
Güç katsayısı $\cos\varphi_1$	0.6
Sonuçlanan görünür güç S_1	920kVA
Görünen akım I_1	1330A
$S_1 = P/\cos\varphi_1$	
$=550\text{kW}/0.6=920\text{kVA}$	
$I_1 = S_1/(\sqrt{3}\times U)$	
$=920/(\sqrt{3}\times 400)=1330\text{A}$	

2. Kompanzasyonlu tesis

Güç katsayısı $\cos\varphi_2$	0.9
Sonuçlanan kondansatör gücü Q_c	470 kvar
Görünen güç S_2	610kVA
Görünen akım I_2	880A
$Q_c = P\tan(\arccos(0.6) - \arccos(0.9))$	
$S_2 = P/\cos\varphi_2$	
$=550\text{kW}/0.9=610\text{kVA}$	
$I_2 = S_2/(\sqrt{3}\times U)$	
$=610/(\sqrt{3}\times 400)=880\text{A}$	

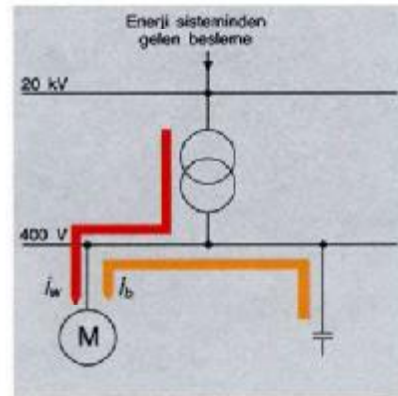
$$(S_1 - S_2) : S_1 = 0.34$$
$$(I_1^2 - I_2^2) : I_1^2 = 0.56$$

Güç katsayısının $\cos\varphi_1=0.6$ 'dan $\cos\varphi_2=0.9$ 'a doğrultulmasının sonucunda % 34 daha fazla aktif güç iletilmektedir. İletim kayıpları % 56 azaltılmıştır.

Tablo 1:

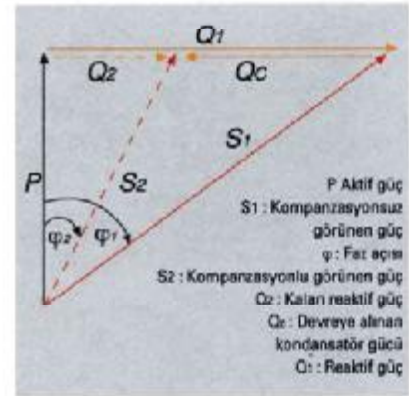
1/cosφ'nin ve tanφ'nin cosφ'den hesaplanması

cosφ	1/cosφ	tanφ
0.40	2.50	2.29
0.45	2.22	1.98
0.50	2.00	1.73
0.55	1.82	1.52
0.60	1.67	1.33
0.65	1.54	1.17
0.70	1.43	1.02
0.75	1.33	0.88
0.80	1.25	0.75
0.85	1.18	0.62
0.90	1.11	0.48
0.95	1.05	0.33
1.00	1.00	0.00



Şekil 3

A. G. Güç kondansatörlerini kullanan güç katsayısı doğrultma prensibi



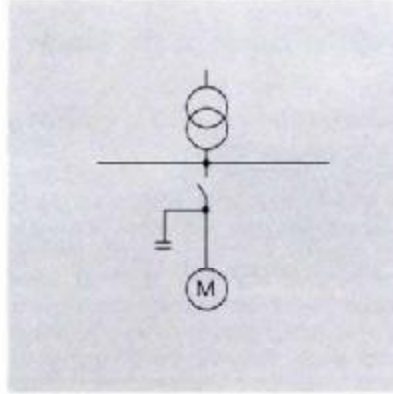
Şekil 4

Kompanze edilmiş (1) ve edilmemiş (2) tesisin güç diyagramı

Pratik uygulamalar

Güç katsayısı doğrultma kondansatörlerini, yüklere yakın yerleştirerek dağıtım sisemindeki akımın azaltılması ve enerji masraflarının düşürülmesi sağlanır. Kondansatörler bireysel kompanzasyonda, grup kompanzasyonunda veya merkezi kompanzasyon ünitelerinde kullanılırlar. Kompanzasyon uygulamasının seçimi için gerekli kriterler aşağıda açıklanmıştır.

Bireysel kompanzasyon



Bireysel kompanzasyonda kondansatörler doğrudan yük çıkışlarına bağlanırlar ve ortak bir anahtarlama cihazı ile yükte birlikte devreye alınıp çıkarılırlar. Kondansatör gücü doğru bir şekilde yüke göre seçilmelidir. Bireysel kompanzasyon endüksiyon motorları ve trafolar için sıkça kullanılırlar. Trafo için yapılan bireysel kompanzasyonda trafonun açık devresindeki (yük­süz, bakınız tablo 2) reaktif güç tüketimine göre kondansatörlerin seçilmesi tavsiye edilir.

Yük güç katsayısı doğrultması, sabit değerli bir kondansatör ünitesiyle trafoda sağlandığında, düşük yük durumlarında trafonun aşırı kompanze edilmemesi de sağlanmalıdır.

Endüksiyon motorları için kondansatör tayini motorun yüksüz reaktif gücünün %90'ını aşmayacak şekilde yapılmalıdır. Aksi takdirde durdurma anında kendinden tahrik (self excitation) oluşarak çıkışlarda yüksek bir aşırı gerilime sebep verir. Pratikte:

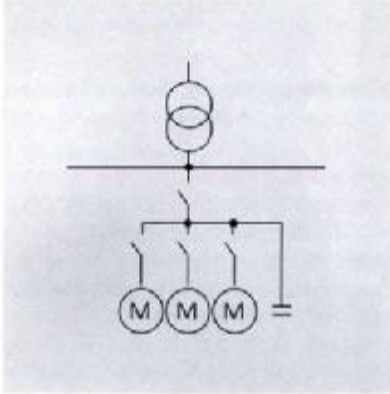
Kondansatör gücü

- motor anma gücü $\geq 40 \text{ kW}$ ise yaklaşık bunun %35'i
- motor anma gücü ile 39 kW arasında ise bunun %40'
- Motor anma gücü $< 20 \text{ kW}$ ise yaklaşık bunun %50'sidir.

Yalnız yüksüz, az yük ve sık yol verme gibi istenmeyen durumlarda güç katsayısı 0.9'un altına düşecektir. Bu gibi durumları önlemek için ise örneğin bir merkezi reaktif güç kontrol ünitesi kullanılarak ek kompanzasyon sağlanabilir.

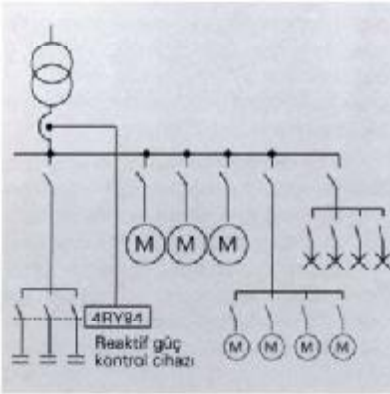
Tablo 2: Trafo reaktif gücünü doğrultmak için gerekli kondansatör gücü	Trafo oranı	DIN'e göre yağlı ve kuru tip trafoların açık devre kayıpları				Azaltılmış açık devre kayıplı yağlı ve kuru tipi trafolar	
		Yağlı		Kuru tip (GEAFOL)		Trafo reaktif gücü (açık devre)	Kondansatör gücü
		Trafo reaktif gücü (açık devre)	Kondansatör gücü	Trafo reaktif gücü (açık devre)	Kondansatör gücü		
kVA	kVA	kvar	kVA	kvar	kVA	kvar	
Açık devre (yük­süz)	250	4.5	5	2.8	3	1.6	2
3 fazlı, Primer tarafı	315	7.9	7.5	3.6	4	1.9	2
20 kV'a kadar	400	8.2	7.5	4.4	4	2.2	2
sekonderi 400 V ve	500	10.6	10	4.7	5	2.5	3
% 4 veya % 8	600	13.2	12.5	5.7	5	3.2	3
reaktanslara sahip	800	15.5	15	6.5	7.5	3.6	4
trafoların bireysel	1000	19.0	20	7.5	7.5	4.0	4
kompanzasyonu	1250	20.6	20	10.1	10	5.0	5
	1600	23.2	25	10.6	10	5.3	5
	2000	27.0	25			7.0	7.5

Grup kompanzasyonu



Bu tür kompanzasyonda bir kontaktör veya devre kesicisiyle grup olarak anahtarlanan birden fazla motorun veya floresant lambanın kompanzasyonunu güç katsayısı doğrultma cihazları sağlar. Kondansatörlerin anahtarlama için ilave şalt cihazlarına ihtiyaç yoktur.

Merkezi kompanzasyon



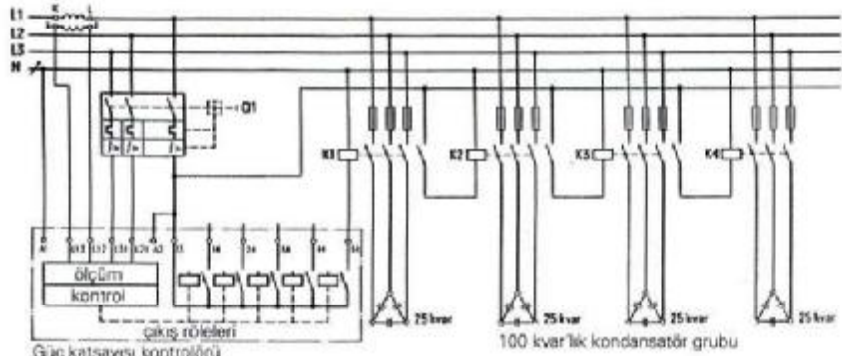
Güç katsayısı doğrultma üniteleri şalt panolarında veya dağıtım panolarında yer alırlar. Reaktif güç kontrol ünitesi, devreye alınıp çıkartılan kondansatör grupları ile reaktif gücü, gelen besleme noktasında ölçen bir kontrol cihazını ihtiva eder. Eğer gelen reaktif güç referans değerinden uzaklaşırsa, kontrol cihazı kondansatör gruplarını bu grupların kontaktörlerini kullanarak devreye alır veya çıkartır. Kondansatör gücünün tesis için istenen güç katsayısını devamlı sağlayacak şekilde seçilmesi gerekir.

Reaktif güç kontrol üniteleri kondansatör kademelerinin sayısı ve oranlarıyla tanımlanırlar. Örneğin 250 kvar'lık 5 kademeli kondansatör gücü 50 kvar'lık kademelerle devreye alınıp çıkartılabilir. Düşük kayıplı kondansatörlerin (MKK kondansatörlerinin) kullanımı, kondansatör panolarının ve kontrol cihazlarının, şalt panolarına veya dağıtım panolarına entegre edilmesine imkan sağlamıştır. Merkezi kompanzasyon sisteminin kullanıldığı şebekede anahtarlama darbelerine yol açmamak için büyük kondansatör grupları tek bir yük olarak anahtarlama yapılmalıdır.

Siemens merkezi güç katsayısı doğrultma sistemlerinde 25kvar'dan büyük gruplar, her biri kendi kondansatör kontaktörüne sahip (azami 25 kvar'lık) küçük yükler bölünürler. Kondansatör grubundaki ilk kontaktör anahtarlama sinyalini doğrudan reaktif güç kontrol cihazından alır, geriye kalan tüm kontaktörler bir önceki kontaktörün yardımcı kontaktları kullanılarak anahtarlama. Böylece büyük grup onu oluşturan küçük yüklerin hızlı ve arka arkaya anahtarlama devreye alınır ve şebekeye "yumuşak" bir şekilde kapasitif yüklemeye yapmış olur. (Örnek 100kvar'lık devre şeması aşağıdadır.)

Kondansatör grupları devreden çıkartıldıktan sonra ise 10 saniyenin altında deşarj bobinleri kullanılarak deşarj edilip tekrar anahtarlama hazır hale getirilirler.

Kondansatörleri anahtarlama AC kontaktörlerin kapasitif yük anahtarlama yeteneklerini arttırmak ve kontak ömürlerini uzatmak için kondansatörlerle kontaktör arasında üretici tarafından önerilen endüktivitede kablo dönüşleri yapılmalı ve/veya ön şarj dirençleri kullanılmalıdır. Kondansatör kontaktörleri kullanıldığında bu işlemlere gerek yoktur. Ayrıca filtre devre uygulamalarında AC kontaktörler için kablo dönüşü uygulamasına gerek kalmamaktadır.



Örnek: 100 kvar'lık devre şeması

Kompanzasyon uygulamaları seçimi

Bireysel yüklerin, sabit değerli kondansatör üniteleriyle mi, yoksa merkezi güç katsayısı kontrol üniteleri kullanılarak mı kompanze edilmesi gerektiğinin kararı, ekonomik ve teknik faktörler birlikte ele alınarak verilmelidir. Her ikisi de eşit değerde kondansatör kullanan merkezi ve bireysel kompanzasyonlarda, 100 ila 400 kvar'lık güç aralığında merkezi kompanzasyonun maliyeti bireysel kompanzasyonun 1.3 ila 1.4 katı fazladır.

Bununla birlikte, tesislerin bir çoğunda olduğu gibi, tüm yüklerin hiç bir zaman aynı anda çalışmadığı ve daha düşük değerde kondansatörler kullanan bir merkezi kompanzasyon ünitesinin genelde kompanzasyon için yeterli olması gerçeğini de yadsımamak gerekmektedir.

Bununla birlikte, tesislerin bir çoğunda olduğu gibi, tüm yüklerin hiç bir zaman aynı anda çalışmadığı ve daha düşük değerde kondansatörler kullanan bir merkezi kompanzasyon ünitesinin genelde kompanzasyon için yeterli olması gerçeğini de yadsımamak gerekmektedir.

Buna bağımlı olarak, bireysel kompanzasyon sadece:

- Devamlı sabit enerji ihtiyacı bulunan ve
- Yüksek görev faktöründe çalışan
- Büyük yüklerde ekonomiktir.

Yükleri besleyen kablolarındaki akımı azaltmasına rağmen, bireysel kompanzasyonun, kondansatör gücünü devamlı olarak yükün reaktif gücüne adapte etmesi de mümkün değildir.

Merkezi kompanzasyon özellikle:

- Çok fazla sayıda küçük yükler ile birlikte,
- Değişen enerji ihtiyaçları ve
- Farklı görev faktörlerinin enerji dağıtım sistemine bağlı olduğu yerlerde avantajlıdır.

Kondansatör gücü tesisin reaktif güç gereksinimi kadar olmalıdır. Enstalasyon ve daha sonraki genişletmeler göreceli olarak basittir. Merkezi konumundan dolayı güç katsayısı doğrultma cihazlarının periyodik bakım kontrolleri kolaylaştırılmıştır.

Harmonik bastırma

Günümüzde güç elektroniği cihazlarının gelişmesiyle birlikte konvertör beslemeli yüklerin sayısı tesislerde gittikçe artmaktadır.

Tristörlerin kullanıldığı gelişmiş teknoloji çok geniş bir uygulama alanı bulmaktadır. Örneğin değişken hızlı ve çıkışlı sürücüler, konvertör beslemeli motorlar kullanılarak daha ekonomik olarak işletilmektedirler.

Bununla birlikte, sinüsoidal olmayan büyük bir akım çektiklerinden dolayı konvertörlerin üç fazlı enerji besleme sisteminde bir etkileri vardır. Bundan dolayı enerji sisteminden çekilen konvertör beslemeli yüklerin bulunduğu dağıtımlarda güç katsayısı doğrultma üniteleriyle doğrudan ilgilenmek gerekmektedir.

Harmoniklerin sebepleri ve etkileri

Konvertör akımı, ana güç frekansında olan kısmı ve ana güç frekansının tam sayı katlarından oluşan frekanslara sahip harmonik serilerden oluşmuş bir sinüsoidal akım serisidir (Şekil 6). Bu harmonik akımlar üç fazlı enerji besleme sistemine enjekte edilmişlerdir. Bunun sonucunda da enerji sistemindeki empedansların arasında görünen harmonik gerilimler de ana frekans üzerine bindirilmiş olurlar ve sistem gerilimini bozarlar. Bu da sistemde zorlanmalara yol açar ve diğer yüklerde hataya sebep verir.

Harmonik akımların değerlendirilmesi

Bir faz-komutasyonlu konvertörün tam kontrollü üç faz köprü bağlantısını ele alalım (Şekil 7).

$$P = \text{Darbe} = 6$$

Konvertör sistemden θ tam sayısı kadar akım çekmektedir:

$$\theta = 6k \pm 1, k = 1, 2, 3, \dots$$

Tam sayıların artışıyla akımların genlikleri azalır. İdeal durumlarda:

$$I_{\theta k} = \frac{1}{\theta} \cdot I_{\theta}$$

Doğru akım sık sık yetersiz bir şekilde düzeltilmektedir, pratikte aşağıda belirtilen akımların oluştuğu kabul edilir:

$$I_{5} = 0.25 \cdot I_{\theta}, \quad I_7 = 0.13 \cdot I_{\theta}$$

$$I_{11} = 0.09 \cdot I_{\theta}, \quad I_{13} = 0.07 \cdot I_{\theta}$$

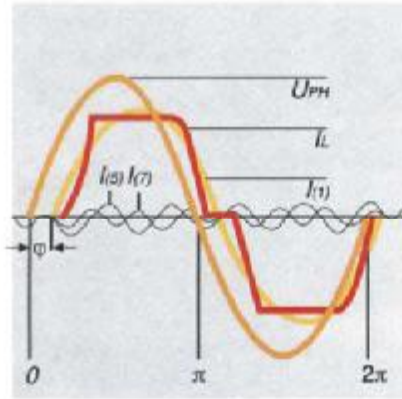
Daha yüksek harmoniklerin genlikleri genelde sınırlı öneme sahiptirler. Kritik durumlarda ise 5. nci harmonigin genligi çok daha yüksek değerlere ulaşabilir.

Filtre devrelerinin tasarım ve işletmesi

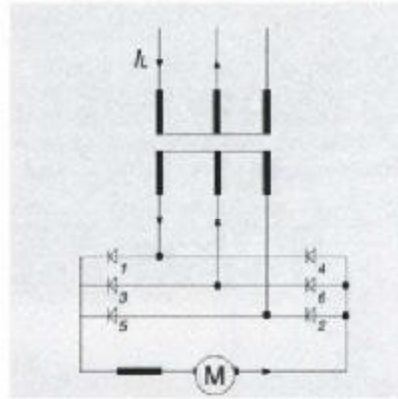
Filtre devrelerinin alçak gerilim tarafına doğrudan bağlanmasıyla, harmonik akımların enerji besleme sistemi üzerindeki etkileri gözle görülür bir şekilde azaltılabilir.

Filtre devreleri, kondansatörlere seri bağlanmış reaktörleri kullanan seri rezonant devrelerden oluşur. Rezonant devreler öyle ayarlanırlar ki, enerji sisteminin empedansıyla mukayese edildiğinde dikkate alınmayacak kadar küçük ve sıfıra yakın bir empedans bireysel harmonik akımlar için oluşturulur. Böylelikle konvertörlerin harmonik akımları büyük bir oranda filtre devreleri ile yutulurlar (Şekil 8). Sadece geriye kalan enerji besleme sistemine akar ve böylece gerilim daha az bir ölçekte etkilenir ve diğer yüklerden gelen bozma oranı büyük ölçüde önüne geçilmiş olur.

Filtre devreleri, üç fazlı sistemin ana frekansına kapasitif bir reaktans oluşturduklarından harmonik akımlara ilaveten, kapasitif bir ana frekans akımı da çekerler. Bunun sonucunda da konvertörün ve enerji sistemindeki diğer yüklerinin reaktif güç kompanzasyonuna da katkıda bulunurlar (Şekil 9).



Şekil 6
Konvertör akımının ana frekans ve harmonik kısımlarına çözünümlü



Şekil 7
Üç faz köprü bağlantısı

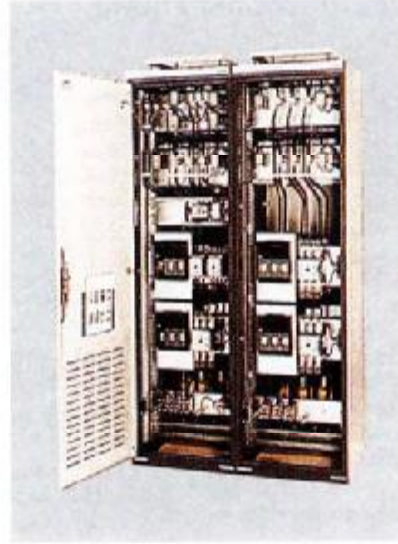
Filtre devrelerinin pratik uygulamaları

Filtre devrelerinin en küçük tam sayıdan yukarıya doğru tasarlanmaları elzemdir. 5.nci, 7.nci, 11.nci ve 13.ncü harmonikler için kullanılmaları tavsiye edilir. Bir çok konumda yalnız 5.nci filtre devresi sağlamakta yeterlidir.

Enerji sisteminin içine akan harmonik akımları %70 ila %90 arasında azaltmak mümkündür. Filtre devrelerinin boyutlandırılması:

- Yüklerin harmonik akımları,
- Süperordine edilmiş enerji sistem geriliminin harmonik seviyesi ve
- Bağlantı noktasındaki kısa devre reaktansı esas alınarak yapılır.

Genelde sisteme bağlı konvertörlerin harmonik akımları için filtre devresi ölçülendirmek yeterlidir. Filtre devreleri primer dağıtım seviyesinde de kullanılabilirler. Özellikle büyük yüklerde bu büyük bir avantajdır ama filtre devrelerinin enstalasyonunun yapıldığı endüstriyel dağıtım sistemleri şebeke besleme sisteminden ayrı bir trafo ile izole edilmelidir.



Kondansatör kullanımından doğan rezonans etkileri

Konvertör kullanan endüstriyel enerji dağıtım sistemlerinde, filtre devrelerine sıklıkla ihtiyaç duyulmaz ama, gene de reaktif gücün tamamen kompanse edilmesi istenir. Güç kondansatörleri kullanılırken rezonans etkileri oluşabileceğinden dikkatli olunması tavsiye edilir. A.G. tarafından bakıldığında enerji sisteminde enstalasyonu yapılmış kondansatörler, besleme trafosunun reaktif emdansı ve diğer enerji sistemi endüktansları ile beraber bir rezonant devre oluştururlar.

Eğer bu devrenin frekansı bir harmoniğin frekansı ile eşleşirse rezonant devre harekete geçer. Bu da tesisin aşırı yüklenmesine ve koruyucu cihazların harekete geçmesine sebep olan çok yüksek aşırı akımlar oluşturur. (Şekil 10.)

Şekil 5

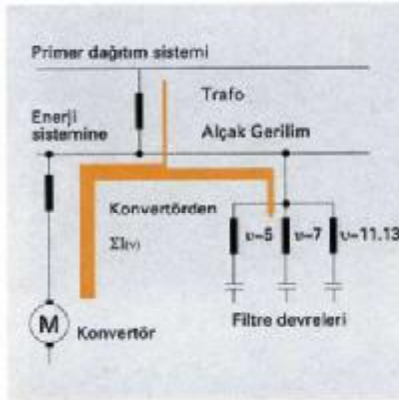
5.nci harmoniğin % 50'ye kadar absorbe edildiği, 400 kvar'lık % 5.67 reaktör bağlanmış 4RF güç katsayısı doğrultma ünitesi

Düşük-ayarlı (Detuned) filtre devrelerinde reaktör ile birlikte endüktif tip (yani p oranına göre seçimi yapılmış) kondansatörler kullanarak güç katsayısını doğrultma ve harmonik bastırma

Rezonans etkilerden kaçınmak için düşük-ayarlı filtre devreleri kullanarak merkezi kompanzasyon sistemleri kullanmak sıkça yapılan bir gereksinimdir. Bu devrelerin tasarımı filtre devreleri ile aynı olmakla birlikte rezonant frekansları 5.nci harmoniğin altındadır. Bunun sonucunda da kondansatör ünitesi konvertör akımında ihtiva edilen tüm harmoniklere bir endüktif reaktans oluşturur ve böylece rezonant frekansları oluşamazlar.

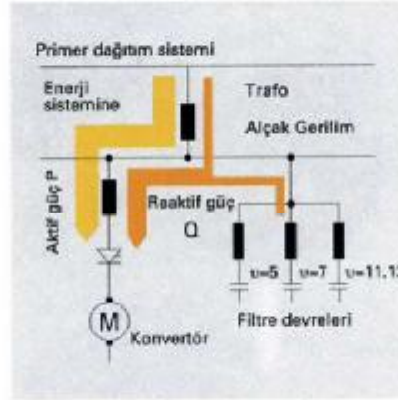
Ayarlı (tuned) filtre devrelerinden farklı olarak, düşük-ayarlı (detuned) filtre devrelerinde endüktif tip kondansatörler ile reaktörler otomatik kontrol cihazlarıyla birlikte aynen filtresiz merkezi kompanzasyon sistemlerinde normal kondansatör ile kontrol ünitelerinin kullanıldığı şekilde kullanılırlar.

Yükün % 20'sinden fazlasını harmonik üreten cihazların oluşturduğu tüm koşullarda kompanzasyon için endüktif tip kondansatörlerin ve uygun reaktörlerin kullanımı tavsiye edilmektedir.



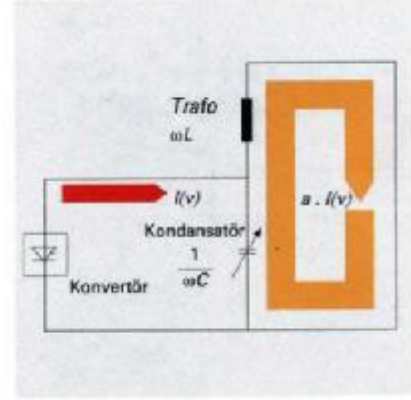
Şekil 8

Filtre devreleri kullanarak harmonik akımlardan kurtulma



Şekil 9

Filtre devreleri kullanan güç katsayısı doğrultması



Şekil 10

Kondansatörlerle birlikte rezonans etkileri

Ses frekanslı ufak dalga (ripple) kontrol çalışmasıyla şebekelerde kompanzasyon

Ses frekanslı ufak dalga kontrol cihazları anahtarlama ve kontrol için bir çok dağıtım şirketi tarafından kullanılmaktadır.

Audio (ses) frekans sinyalleri 160 Hz ile 1350 Hz aralığında yer alırlar. Kondansatörlerin reaktansları (Xc) frekans bağımlı olduğu için kondansatörler ses frekans sinyallerini şebekeden absorbe ederler.

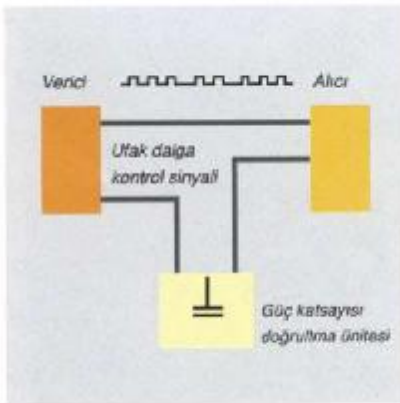
Kompanzasyon cihazları seçilirken ufak dalga kontrol işlemini aksatmamak için şebekenin hazırda bulunan ufak dalga kontrol frekansının dikkate alınması gerekir. Kompanzasyonun ses frekanslı ufak dalga kontrol üzerindeki izin verilemez etkisini belirtmek için 1993 yılında Alman VDEW tavsiyelerine empedans faktörü eklenmiştir.

Buna göre harmoniklerin olmadığı ve ufak dalga kontrol frekansları <250 Hz olan şebekelerde, trafo görünen gücünün %35'ine kadar kondansatör gücüne sahip ve reaktörsüz merkezi güç katsayısı doğrultma üniteleri kullanılabilir.

Sadece çok büyük kondansatör güçlerinde ses frekans bloklarının kullanımı için enerji dağıtım frekansıyla görüşmeler yapmaya gerek vardır. 250 Hz'den büyük ses frekanslarında ses frekans bloğu kullanmadan sadece 10 kvar'a kadar izin vardır. Daha büyük güçteki tüm kompanzasyon cihazları besleme yönüne doğru ses frekans blokları ihtiva etmelidir.

Daha büyük harmonikli şebekelerde güç katsayısı doğrultma, sadece endüktif tip kondansatörlerle mümkündür. Endüktif kondansatör üniteleri belirli ses frekanslarının üzerinde yeteri kadar yüksek empedans faktörüne sahiptirler ve daha başka bir ses frekans bloğuna ihtiyaç göstermezler. Güç katsayısı doğrultma ünitesinin doğru tip ses frekansına göre seçilmelidir.

Eğer ses frekans <250 Hz ise reaktör bağlanmış kondansatörlü özel tip güç katsayısı doğrultma üniteleri veya reaktör/kondansatör oranı %14 olan güç katsayısı doğrultma üniteleri kullanılmalıdır. Eğer ses frekans >250 Hz ise reaktör/kondansatör oranı \geq %7 olmalıdır ve ses frekans >350 Hz için ise reaktör/kondansatör oranı \geq %5 olmalıdır.



Diyafram 1

Ses frekanslı ufak dalga kumandalı ve güç katsayısı doğrultma üniteli şebekenin blok diyagramı



Şekil 11

Ses frekans bloğu

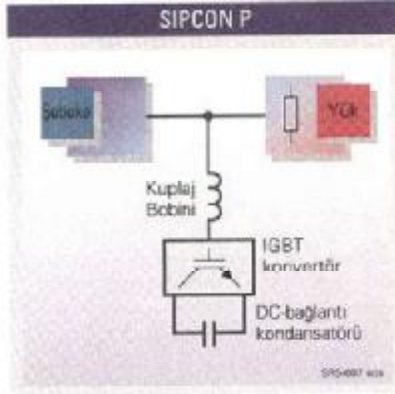


Şekil 12

Frekans bloklı güç katsayısı doğrultma ünitesi

Aktif filtreleme ve dinamik kompanzasyon

IGTB (Insulated gate bi polar transistor) teknolojisinin gelişmesinin sonucunda güç yarı iletkenlerinin kullanıldığı konvertörler ile PWM (pulse width modulation) tekniğini kullanarak, bobin ve kondansatör gibi pasif elemanları kullanmadan aktif filtreleme yapmak mümkündür.

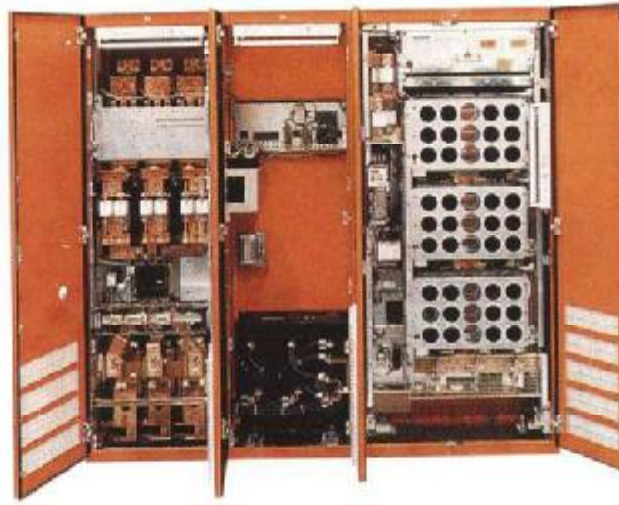


Siemens'in geliştirdiği SIPCON P aktif filtre sistemi üç fazlı şebekelerde şebeke üzerinde yüklerden kaynaklanabilecek tüm şebeke reaksiyonlarını kompanze edebilmektedir.

SIPCON P'nin yetenekleri:

- Anında 4 farklı harmoniği bastırma
- Her harmonik için artık akım ayarlayabilme
- Dinamik kademesiz reaktif güç kompanzasyonu
- Aktif yük dengelemesi
- Rezonans oluşturmama ve ses frekanslı ufak dalga kontrol sistemlerini etkilememe

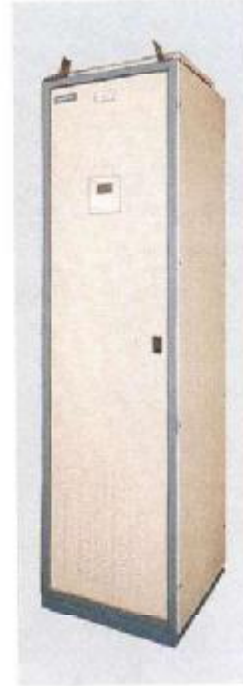
- Flikler kullanma modu
- Kullanıcıya açık yazılım
- Aşırı yükte karşı donanım ve yazılım koruması
- 400V, 525V, 690V AC, 50/60Hz sistem gerilimlerinde çalışma
- Talep üzerine farklı sistem gerilimlerinde ve orta gerilimde özel üretim
- 3 fazlı sürücülerde kullanılan standart IGBT konvertör
- 60 ila 1045 A aralığında tek ve birden fazla paralel devrelerden oluşan geniş yelpaze



300 kvar'lık kompanzasyon panosu örneği

Cihaz dağılımı:

- MKK Kondansatörleri
- 3TF AC Kontaktörleri
- Sigortalı Yük Ayırıcılar veya NH-Sigortalar
- Deşarj Bobinleri
- SIMEAS C Güç Katsayısı Kontrol Cihazı



PhaseCap™ MKK TİPİ 4RB5 SERİSİ GÜÇ KONDANSATÖRLERİ SEÇİM TABLOSU

Reaktörsüz (Filtresiz) güç katsayısı doğrudan kompanzasyon sistemlerinde kullanım içindir.

Reaktörsüz sistemlerde kondansatörün anma gerilimi daima kullanıldığı şebeke gerilimi ile aynıdır. (kondansatörün gerilim toleransları içinde kalmak kaydıyla). Bu sebepten belli bir anma gerilimine sahip şebekede şebeke anma geriliminden yüksek anma gerilimine sahip 4RB serisi kondansatörlerin kullanılmasına gerek yoktur. Tabloda bulunmayan farklı şebeke geriliminde farklı güçte veya tek fazlı şebeke anma gerilimine haiz kondansatör ihtiyacınız için bizimle temasa geçiniz.



3-fazlı Şebeke Anma Gerilimi AC V 50Hz	Güçü kVar	Anma Akımı A	Kapasite		Sipariş No:	Boyutlar (Arka yüzde) Şekil No:	Ağırlık kg
			µF	Bağlantı			
230	5	3x12.6	3x104.5	Δ	4RB 5052 - 5AB23	4	1.3
	10	3x25.1	3x209	Δ	4RB 5104 - 5AB23	4	1.5
400	5	3x7.2	3x33.2	Δ	4RB 5050 - 5AB40	4	1.2
	10	3x14.4	3x69	Δ	4RB 5104 - 5AB40	4	1.3
	12.5	3x18	3x82.9	Δ	4RB 5125 - 5AB40	4	1.3
	20	3x29	3x138	Δ	4RB 5208 - 5AB40	5	2.0
	25	3x35	3x165.9	Δ	4RB 5250 - 5AB40	5	2.2
415	12.5	3x17	3x77	Δ	4RB 5125 - 5AB42	4	1.3
	25	3x35.4	3x154.1	Δ	4RB 5250 - 5AB42	5	2.1
440	12.5	3x16.4	3x68.5	Δ	4RB 5125 - 5AB45	4	1.4
	25	3x32.8	3x137.1	Δ	4RB 5250 - 5AB45	5	2.3
480	12.5	3x15	3x57.6	Δ	4RB 5125 - 5AB47	4	1.5
	25	3x30	3x115.2	Δ	4RB 5250 - 5AB47	5	2.4
525	12.5	3x13.7	3x48.1	Δ	4RB 5125 - 5AB52	4	1.5
	25	3x27.5	3x96.3	Δ	4RB 5250 - 5AB52	5	2.5
690	12.5	3x11	3x84	Y	4RB 5125 - 5AD68	4	1.4
	25	3x21	3x167	Y	4RB 5250 - 5AD68	5	2.2

AKSESUARLAR



	Kondansatör çapı (mm)	Kond. Boyutu Şekil No: (Arka yüzde)	Koruma Sınıfı	Sipariş No:	Boyutlar (Arka yüzde) Şekil No:	Ağırlık kg
MUHAFAZA	122	1 ve 4	IP55	4RX9122	6	0.3
	142	5	IP55	4RX9142	7	0.6
			Koruma sınıfı ve kablo rakor no:			
KLEMENS KAPAĞI	122	1 ve 4	IP55-PG16*	4RX9151	8	-
	142	5	IP55-PG21*	4RX9152	8	-

NOT: * Kablo rakorları klemens kapağı siparişleri kapsamında değildir. Ayrıca tedarik edilmelidir.

DÜŞÜK-AYARLI (DETUNED) FİLTRE DEVRELERİ KULLANARAK HARMONİK BASTIRMADA

PhaseCap™ MKK TİPİ 4RB5 SERİSİ GÜÇ KONDANSATÖRLERİN SEÇİM TABLOSU

Reaktör ile birlikte (Filtreli) güç katsayısı doğrudan kompanzasyon sistemlerinde kullanım için $[p=(f/f_{res})^2=4\pi^2f^2LC, U_c=U_n/(1-p)]$



3-fazlı Şebeke Anma Gerilimi AC V 50Hz	Reaktör ile seri bağlı Kond. Gücü kVar	Anma Akımı A	Saçılan Kond. 'ün Kapasitesi Δ Bağlantı µF	Reaktör ile seri bağlı Kond. Anma Gerilimi U _{os} V	Şebeke Frekansında Reaktör/Kond. Oranı p=(X _L /X _C) %	Sipariş No:	Boyutlar (Arka yüzde) Şekil No:	Ağırlık kg
400	5	3x 7.2	3x29	424	% 5.67	4RB 5062 - 5AB47	4	1.2
	10	3x14.4	3x61	424	% 5.67	4RB 5112 - 5AB45	4	1.4
	12.5	3x18.0	3x78	424	% 5.67	4RB 5142 - 5AB45	4	1.4
	5	3x 7.2	3x29	430	%7	4RB 5062 - 5AB47	4	1.2
	10	3x14.4	3x61	430	%7	4RB 5112 - 5AB45	4	1.4
	12.5	3x18.0	3x78	430	%7	4RB 5142 - 5AB45	4	1.4
	25	3x36.0	3x154	430	%7	4RB 5282 - 5AB45	5	2.5
	5	3x 7.2	3x29	457	%12.5	4RB 5062 - 5AB47	4	1.2
	10	3x14.4	3x58	457	%12.5	4RB 5150 - 5AB52	1	1.7
	12.5	3x18.0	3x77	457	%12.5	4RB 5167 - 5AB47	5	1.8
	5	3x 7.2	3x32	465	%14	4RB 5083 - 5AB52	4	1.2
	10	3x14.4	3x58	465	%14	4RB 5150 - 5AB52	1	1.7
12.5	3x18.0	3x80	465	%14	4RB 5208 - 5AB52	5	2.2	

DEŞARJ BOBİNİ



İşletme Gerilimi :
230-630 VAC 50Hz

Sipariş No:

4AJ 9903-2YC

Boyut şekil no: 3

SIRIUS 3R SERİSİ 3RT16 KONDANSATÖR KONTAKTÖRLERİ SEÇİM TABLOSU

AC 6b Görevi: Üç fazlı kondansatörlerin anahtarlanması



İşletme gerilimine göre 50Hz'de kondansatör güçleri				Boy	Yardımcı Kontak NO	Sipariş No:
230 AC V	400 AC V	525 AC	690 AC V			
8.5	15	20	25	S0	1	3RT 1626 - 1AP01
14	25	32	32	S2	1	3RT 1636 - 1AP01
29	50	65	65	S3	1	3RT 1646 - 1AP01

3TF SERİSİ KONTAKTÖR SEÇİM TABLOSU

Paralel olarak devreye sokulan 4RB5 serisi kondansatörlerin gücüne göre tablo yapılmıştır. (Kontaktör ve kondansatörler arasında min. 6µH'lik endüktiviteye sahip kablo dönüşü yapılmalıdır. Bu değer 3TF44/45 için min. 20µH olmalıdır.)



TİP	3TF40 3TF41	3TF42 3TF43	3TF44 3TF45	3TF46	3TF47	3TF48	3TF49	3TF50 3TF51	3TF52	3TF53	3TF54 3TF55	3TF56 3TF57	3TF58 3TF59
220/230 AC V													
kVar	2.5	4	10	15	7	25	29	30	35	40	66	65	145
380/400 AC V													
kVar	4	7.5	16.7	25	30	40	50	50	60	70	115	150	250
500 AC V													
kVar	4	7.5	20	30	35	50	62.5	66	80	90	145	195	333
690/660 AC V													
kVar	4	7.5	16.7	25	30	40	50	60	60	70	115	150	250

SIMEAS C

GÜÇ KATSAYISI KONTROL CİHAZI



Sipariş no: **4RY8403-0EB11**

Boyut şekil no: 2

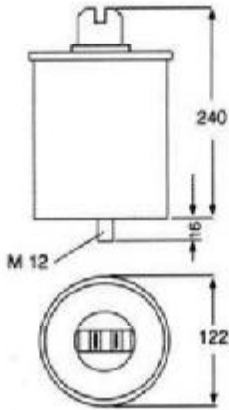
ÇOK FONKSİYONLU REAKTİF GÜÇ ÖLÇME VE KONTROLÜ

Özellikler:

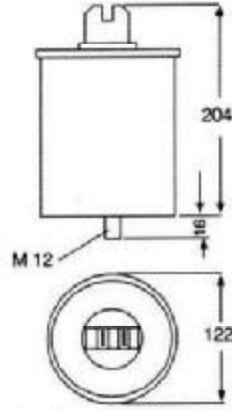
- Mikro işlemcili, 6kademeli, A144x144, Alarm kontaklı.
- Kumanda ve ölçme fonksiyonları birarada
- Otomatik C/k ayarı ve kademelerdeki kondansatör güçlerini tanıma
- Optik RS 232 arabirim üzerinden PC ile haberleşme
- Çok fonksiyonlu göstergede izlenebilecek büyüklükler:
 - $\cos\phi_1/\cos\phi_2$, akım, gerilim, görünen/aktif/reaktif güç,
 - ihtiyaç duyulan kvar, devredeki kondansatör kademeleri,
 - 5., 7., ve 11.harmonik akım/gerilim (%).
- Giriş gerilimi: AC 230..690V/50-60 Hz
- Besleme gerilimi : AC 230V/±%15; 50-60 Hz
- İki folyo tuş ile basit kullanım
- Otomatik, manuel (el ile), input (girdi) ve arıza modu seçimi

Teknik Ölçüler (mm)

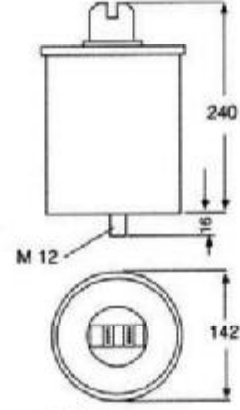
KONDANSATÖR (4RB5..)



Şekil 1

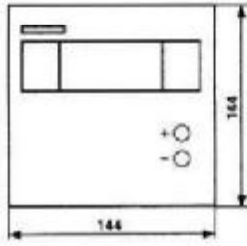


Şekil 4



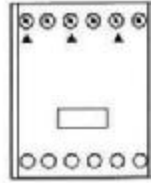
Şekil 5

4RY8403-OEB11 Çok fonksiyonlu Reaktif Güç Ölçme ve Kontrol Cihazı



Şekil 2

DEŞARJ BOBİNİ (4AJ99..)

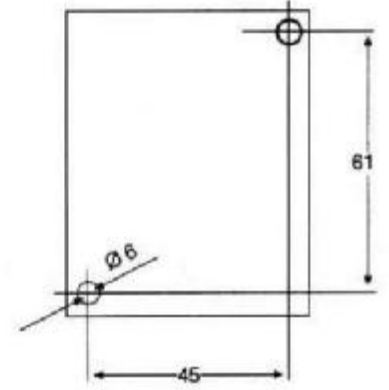


EnxBoyxDerinlik: 55x71x105 mm

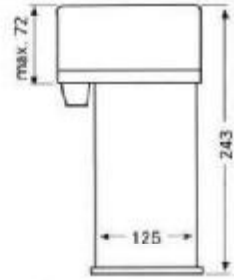
Montaj Şekli:
1) 35 mm raya
2) Vidalı (bkz. şablon ölçüleri)

Şekil 3

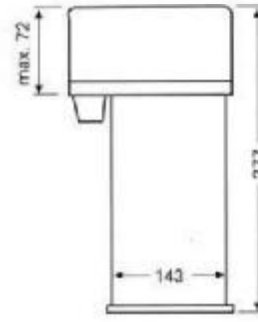
VİDALI MONTAJ DELİK ŞABLONU ÖLÇÜLERİ



MUHAFAZA (4RX91..)

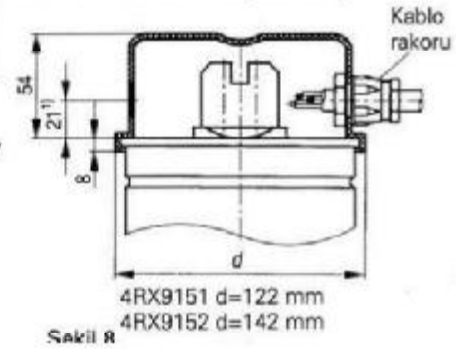


Şekil 6



Şekil 7

KLEMENS KAPAĞI (4RX91..)



Şekil 8