

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELETRİK-ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

**KOMPANZASYON SİSTEMİ
523EO0079**

Ankara, 2012

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- **PARA İLE SATILMAZ.**

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. KOMPANZASYON SİSTEM HESAPLARI	3
1.1. Güç ve Güç Kat Sayısı	3
1.1.1. Güç Çeşitleri, Tanımları ve Güç Vektör Diyagramı	3
1.1.2. Güç Kat Sayısı	5
1.2. Reaktif Güç Tüketicileri	7
1.3. Reaktif Güç İhtiyacının Tespiti	8
1.4. Bir Tesise Ait Güç Değerlerinin Tespiti	9
1.4.1. Tesis Proje Safhasındayken	9
1.4.2. Tesisteki Ölçü Aletlerinden	9
1.5. Reaktif Güç Kompanzasyonu	9
1.5.1. Dinamik Faz Kaydırıcılar (Senkron Makineler)	10
1.5.2. Kondansatörle	10
1.6. Güç Katsayısının Düzeltilmesinin Faydaları	12
1.6.1. Şebekedeki Yararları	12
1.6.2. Tüketicideki Yararları	12
1.7. Kompanzasyon Tesislerinin Düzenlenmesi	12
1.7.1. Orta Gerilim Tarafında Kompanzasyon	12
1.7.2. Alçak Gerilim Tarafında Kompanzasyon	13
1.8. Kompanzasyon Sistem Çeşitleri	16
1.8.1. Bireysel Kompanzasyon	16
1.8.2. Grup Kompanzasyon	19
1.8.3. Merkezi Kompanzasyon	20
1.9. Harmoniklerin Kompanzasyon Tesislerindeki Etkileri	21
1.9.1. Harmonikli Elektriksel Büyüklükler	21
1.9.2. Harmoniklerin Üretilmesi	22
1.9.3. Harmoniklerin Kondansatörler Üzerindeki Etkisi	22
1.9.5. Harmoniklerin Ortadan Kaldırılması	23
1.10. Kompanzasyon Tesislerinde Rezonans Olayları	26
1.11. Rezonans Önleyici Tedbirler	27
1.12. Alçak Gerilim Kompanzasyon Tesisleri Teknik Şartnamesi	27
1.13. Elektrik Tarifeleri Yönetmeliğinde Yapılan Değişiklikler	31
1.14. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği	31
1.15. Elektrik Tarifeleri Yönetmeliğinde Yapılan Değişiklikler	34
UYGULAMA FAALİYETİ	35
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	37
2. KOMPANZASYON KONDANSATÖRLERİ	38
2.1. Kondansatörler	38
2.1.1. Genel Yapısı	38
2.1.2. Standart Güç Değerleri	39

2.1.3. AG ve OG Güç Kondansatörleri	40
2.2. Kondansatör Hesabı	41
2.2.1. Kapasite	41
2.2.2. Kapasitif Reaktans.....	42
2.2.3. Akım Hesabı.....	42
2.2.4. Kondansatör Güç Hesabı.....	42
2.3. Kondansatörlerin Bağlantıları.....	45
2.3.1. Yıldız ve Üçgen Bağlantı	45
2.3.2. Kondansatörlerin Devreye Alınmaları ve Devreden Çıkarılmaları.....	46
2.4. Kondansatörlerin Sağlık Kontrolleri	48
2.5. Kondansatörlerin Kademe Güçlerinin Tespiti.....	49
2.6. Kondansatör Kademe Güçlerinin Tespiti ile İlgili Örnek Hesaplamalar	51
2.7. OG Şönt Kapasitör Bankları Koruyucu Teçhizatı ve Devre Elemanları Teknik Şartnamesi	53
UYGULAMA FAALİYETİ.....	59
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	61
3. REAKTİF GÜÇ KONTROL RÖLESİ BAĞLANTISI VE AYARLARI	62
3.1. Reaktif Güç Kontrol Rölesi ve Çeşitleri	62
3.1.1. Tanımı	62
3.2. Reaktif Güç Kontrol Rölesi Bağlantısı.....	65
3.3. Reaktif Güç Kontrol Rölesi Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar	65
3.4. Reaktif Güç Kontrol Rölesi Ayarları	66
UYGULAMA FAALİYETİ.....	68
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	70
ÖĞRENME FAALİYETİ-4	71
4. KOMBİ SAYAÇLAR	71
4.1. Kombi Sayaç Yapısı.....	71
4.2. Kompanzasyon Sistemlerinde Kullanılan Sayaç Bağlantı Klemensleri ve Özellikleri.....	72
4.3. Kombi Sayaç Klemensli Bağlantı Şeması.....	72
4.4. Kombi Sayaç Endeksleri	73
4.5. Endekslere Göre Ceza Oranının Hesaplanması ve Örneklerle Açıklanması ..	73
UYGULAMA FAALİYETİ.....	78
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME.....	80
MODÜL DEĞERLENDİRME	81
CEVAP ANAHTARLARI.....	83
KAYNAKÇA	85

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0079
ALAN	Eletrik Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Yüksek Gerilim Sistemleri
MODÜLÜN ADI	Kompanzasyon Sistemi
MODÜLÜN TANIMI	AG ve OG sistemlerinde kompanzasyon sistem tasarımı ve hesaplamalarının kavratıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
ÖN KOŞUL	Alan ile ilgili temel modüllerin tamamlanmış olmak
YETERLİK	Kompanzasyon sistemi özelliklerini seçmek
MODÜLÜN AMACI	<p>Genel Amaç</p> <p>Uygun ortam sağlandığında standartlara, şartnamelere Kuvvetli Akım Yönetmeliği'ne uygun ve hatasız olarak kompanzasyon sistem tasarımı, hesaplamalarını yapabilecek ve kondansatörleri seçebileceksiniz.</p> <p>Amaçlar</p> <ol style="list-style-type: none">1. Kompanzasyon sistemi hesaplamalarını hatasız olarak yapabileceksiniz.2. TSE standartları, şartnameler, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği'ne göre kompanzasyon sisteminde kullanılan kondansatörleri hatasız olarak seçebileceksiniz.3. TSE standartları, şartnameler, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliğine göre reaktif güç kontrol rölesini seçerek bağlantısını ve ayarlarını hatasız yapabileceksiniz.4. Kombi sayaç bağlantısını hatasız yaparak Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği'ne göre endeksleri okuyup ceza oranını hesaplayabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	<p>Ortam: Kumanda atölyesi ortamı, takımhane</p> <p>Donanım: Takım çantası gibi el ve güç aletlerinin bulunduğu ortamlar, kumanda elemanları, kondansatörler, AG, OG, ve YG ölçü aletleri donanımları</p>
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	<p>Modülün içinde yer alan her faaliyetten sonra, verilen ölçme araçlarıyla kazandığımız bilgileri ve becerileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz.</p> <p>Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (çoktan seçmeli, doğru yanlış, tamamlamalı test ve uygulama vb.) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.</p>

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Dünyamızın elektrik enerjisine olan ihtiyacının gün geçtikçe artması, enerji üretim maliyetlerinin yükselmesi ve üretilen enerjinin daha kaliteli ve verimli olması zorunluluğu, bizleri daha ucuz, az kayıplı, maksimum verim sağlanan aktif enerji üretimine doğru yöneltmektedir.

Kullanılan enerji tüketimindeki verimliliği arttırmanın en etkin önlemlerinden biri, kompanzasyon sistemlerinin uygulanmasıdır.

Bu modül sonunda kompanzasyon sistemlerinin tasarlanması ve uygulanması konularında bilgi ve beceri kazanmış olacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Kompanzasyon sistemi hesaplamalarını hatasız olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Kompanzasyon sistemlerinin nerelerde ve hangi amaçlarla kullanıldığını araştırınız.
- Kompanzasyon sisteminin faydalarını ve zararlarını internet ortamından ve yazılı kaynaklardan araştırınız.
- Evinizde kompanzasyon sistemi kullanılabilir mi araştırınız

1. KOMPANZASYON SİSTEM HESAPLARI

1.1. Güç ve Güç Kat Sayısı

1.1.1. Güç Çeşitleri, Tanımları ve Güç Vektör Diyagramı

1.1.1.1. Aktif Güç(P)

Gücün her an değişik değer aldığı durumlarda iş gören, faydalı olan gücün ortalama değerine alternatif akımda aktif güç (etkin güç) denir. Alternatif akımda güç denildiğinde kastedilen aktif güçtür. Birimi wattır.

$$P = UxIx \sin \varphi$$

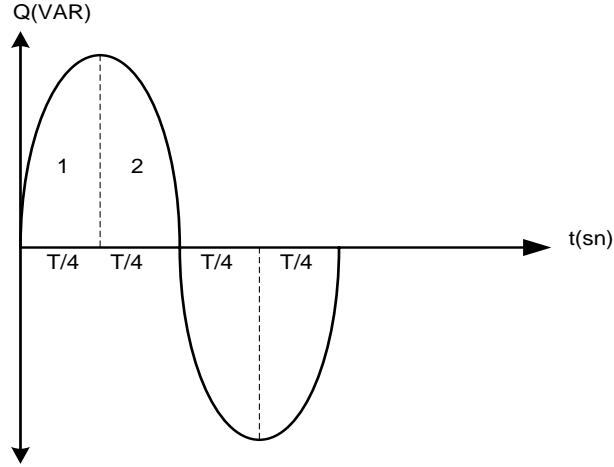
Aktif güç U gerilim vektörü ile $Ix \cos \varphi$ akım vektörünün çarpımına eşittir. Akımın da iki vektörü olduğu gözönünde bulundurulmalıdır. $Ia = Ix \cos \varphi$ bileşene faydalı akım, $Ir = Ix \sin \varphi$ ise reaktif iş yapmayan bileşendir.

Omik (Saf Direnç) devrelerde $\cos \varphi = 1$ dir. Bunun sonucu olarak omik devrelerde aktif güç $P = UxI$ 'dır.

İdeal Endüktif ve kapasitif devrelerde $\cos \varphi = 0$ 'dır. Endüktif ve kapasitif devrelerde aktif güç $P = 0$ 'dır.

1.1.1.2. Reaktif Güç (Q)

Devrede ortalama değeri sıfır olan güce reaktif güç denir. Ortalama sıfır olduğundan faydalı bir iş görmez. Alıcı, çeyrek periyotta sistemden enerji alır ikinci çeyrek periyotta ise aldığı gücü tekrar şebekeye iade eder.



Şekil 1.1: Bir periyotluk sinüsoidal sinyal

- 1.bölgede sistemden güç alınır.
- 2.bölgeden alınan güç sisteme iade edilir.

Kısaca $U \cdot I \sin \phi$ çarpımına reaktif güç denir. Q harfi ile gösterilir. Birimi VAR'dır. VAR: Volt-Amper-Reaktif

Omik devrelerde $\phi = 0$ olduğundan $\sin \phi = 0$ 'dır. Bu devrelerde reaktif güç sıfırdır.

Endüktif devrelerde $\phi = \pi/2$ olduğundan reaktif güç $Q > 0$ 'dır.

Kapasitif devrelerde $\phi = \pi/2$ olduğundan reaktif güç $Q < 0$ 'dır.

1.1.1.3. Görünür Güç (S)

Aktif gücü dirençler, reaktif güçleri de endüktif ve kapasitif devreler çekmektedir. Eğer bir devrede hem direnç hem de reaktanslar varsa bu devrede hem aktif hemde reaktif güç birlikte çekilir. Böyle devrelerde güç, akım ile gerilimin çarpımına eşittir. Bu güce de görünen veya görünür güç denir.

$$S = U \cdot I \quad \text{Birimi Volt Amper (VA)dir.}$$

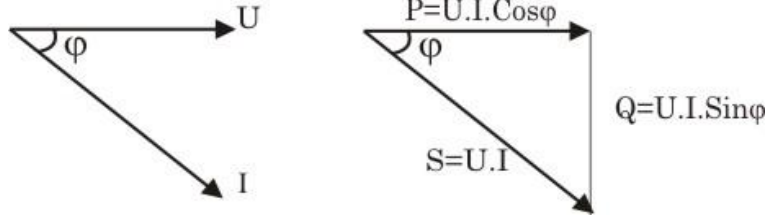
S = görünür güç (VA)

U = Gerilim (volt)

I = Akım (Amper)

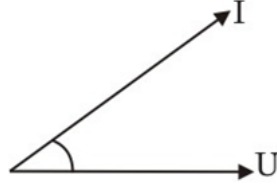
1.1.1.4. Güç Üçgeni

Aktif, reaktif ve görünür güçler arasındaki geometrik bağıntıyı gösteren üçgene güç üçgeni denir. Bilindiği gibi endüktif bir devrenin uçlarına bir gerilim uygulandığında devre, geriliminden geri fazda bir akım çeker.

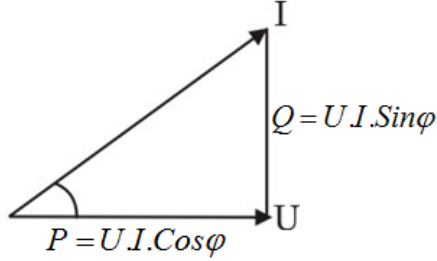


Şekil 1.2: Endüktif devrede akım, gerilim ilişkisi Şekil 1.3: Endüktif devrede güç üçgeni

Kapasitif devreler de ise devrenin uçlarına gerilim uygulandığında devre geriliminin ileri fazda bir akım çeker.



Şekil 1.4: Kapasitif devrede akım ve gerilim



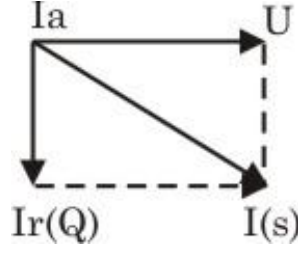
Şekil 1.5: Kapasitif devrede güç üçgeni

Üçgenden de anlaşılacağı üzere $S^2 = P^2 + Q^2$ dir.

1.1.2. Güç Kat Sayısı

1.1.2.1. Tanımı

Akım ile gerilim arasındaki açının *cos* değerine GÜÇ FAKTÖRÜ (*COS* φ) adı verilir.



Şekil 1.6: Akım gerilim arasındaki açı ($\text{Cos}\varphi$)

Bazı açıların sinüs ve cosinüs değerleri. Görüleceği gibi açı büyüdükçe $\text{Cos}\varphi$ değeri küçülür.

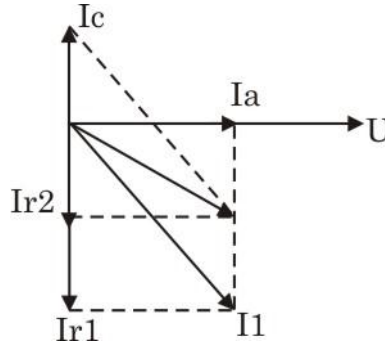
Açı küçüldükçe $\text{Cos}\varphi$ değeri büyür

Açı değeri	Kosinüsü	Sinüsü
$\varphi=90^\circ$	$\text{Cos}\varphi=0$	$\text{Sin}\varphi=1$
$\varphi=60^\circ$	$\text{Cos}\varphi=0,5$	$\text{Sin}\varphi=0,866$
$\varphi=45^\circ$	$\text{Cos}\varphi=0,707$	$\text{Sin}\varphi=0,707$
$\varphi=0^\circ$	$\text{Cos}\varphi=1$	$\text{Sin}\varphi=0$

1.1.2.2. Hesabı

Kompanzasyon sistemlerinin kurulması sonucunda devreye bağlanan kondansatörlerin akımı, devreden çekilen akımın reaktif bileşenini azaltacağından açığı küçültür, 0 'a yaklaşır. Bunun sonucunda da $\text{Cos } \varphi$ değeri büyür, 1 'e yaklaşır.

$$\cos \varphi = \frac{\text{Aktif Güç (W)}}{\text{Görünür Güç (VA)}}$$



Şekil 1.7: Kapasitif akım ile $\text{cos}\varphi$ açısının küçülmesi

Örnek 1. 120 V 50 Hz'lik kaynaktan 8A ve 720 w çeken motorun

- Görünür gücünü,
- Güç kat sayısını,
- Faz açısını
- Kör gücünü (reaktif gücünü) hesaplayınız.

Çözüm:

- $S = UxI = 120x8 = 960 VA$
- $P = 720 w \quad P = UxIx \cos \varphi \quad \cos \varphi = \frac{720}{120x8} = 0.75$
- $\cos \varphi = 0.75 \text{ ise } \varphi = 41.4^\circ \quad \sin 41.4^\circ = 0.66$
- $Q = UxIx \sin \varphi = 120x8x0.66 = 633.6 VAR$

Örnek 2 : Gerilimi 220 volt olan bir fazlı alternatöre güç kat sayısı 0,90 olan bir yük bağlandığında çekilen akım 50,5 amper olmaktadır.Yükün aktif, reaktif ve görünür güçlerini bulalım.

$\cos \varphi$ değeri 0.90 olan açının $\sin \varphi$ değeri 0.43'tür.

Çözüm :

- $S = UxI = 220x50,5 = 11110 VA$
- $Q = UxIx \sin \varphi = 220x50,5x0.43 = 4777,3 VAR$
- $P = UxIx \cos \varphi = 220x50,5x0.9 = 10000 W$

Örneğin, gücü 10 kw ve gerilimi 220 V olan bir fazlı alternatöre güç kat sayısı 0,90 olan bir yük bağlanırsa çekilen akım,

$$I_1 = \frac{P}{Ux \cos \varphi} = \frac{10000}{220x0.9} = 50.5 A$$

olur.

1.2. Reaktif Güç Tüketicileri

Manynetik veya statik alanla çalışan bütün elektrikli araçlar şebekeden aktif güç yanında reaktif güç de çeker; bazı koşullar altında da reaktif güç verir. Bu tip reaktif güç tüketicileri şunlardır:

- Düşük ikazlı sekron makineler
- Asenkron motorlar
- Senkron motorlar
- Bobinler
- Transformatörler
- Redresörler
- Endüksiyon fırınları, ark fırınları

- Kaynak makineleri
- Hava hatları
- Floresan lamba balastları
- Sodyum ve cıva buharlı lamba balastları
- Neon lamba balastları

1.3. Reaktif Güç İhtiyacının Tespiti

Güç faktörü düzeltmede başlangıç noktası, yük karakteristiğinin tam olarak belirlenmesidir. İşe, güç sistemi yönünden bakıldığında sistemin en fazla zorlandığı yükteki güç faktörünün bilinmesi yeterlidir.

Ülkemizde müşteri gruplarının puant yükteki güç faktörleri üzerinde yapılmış çalışmalar çok eksiktir. Eldeki bilgiler genellikle dağıtım panolarındaki **Cosφ** metrelerden okunan bilgileri içermektedir. Yapılan araştırma ve ölçümlerde her müşteri grubu için güç faktörü değerleri ortalama olarak bulunmuştur.

➤ Endüstriyel kuruluşlar

Endüstriyel kuruluşların güç faktörlerinin 0.6 – 0.9 arasında değiştiği, alt sınırın ark ocakları, kaynak makineleri veya küçük elektrik motorları kullanan ve aydınlatmanın floresan lambalarla yapıldığı kuruluşlarda, üst sınırın ise büyük güçte motor kullanan, aydınlatmanın da cıva buharlı lambalarla yapıldığı kuruluşlarda kullanıldığı gözlenmiştir.

➤ Meskenler

Yapılan ölçmelerde güç faktörünün yaşam standartları ile doğrudan ilgili olduğu gözlenmiştir. Ülkemizde meskenlerde elektrik enerjisini genellikle aydınlatma (akkor veya floresan lamba) ve biraz da ısıtma için kullanıldığı düşünülürse bunun sebebi ortaya çıkmaktadır.

➤ Ticarethaneler

Ticaretanelerin yükleri aydınlatma ve küçük elektrik motorlarından oluşmaktadır. Ticarethaneleri bürolar ve alışveriş merkezleri olarak ayrılırsa alışveriş merkezlerinin güç faktörleri 0.8 – 0.7, büroların ise 0.88 olarak ölçülmüştür.

➤ Resmi daireler

Resmi dairelerde ana yükü aydınlatma oluşturmakta, dolayısıyla güç faktörü aydınlatmanın türüne bağlı olarak değişmektedir. Yalnız floresan lamba kullanılan dairelerde güç faktörü 0.5'e kadar düşebilmekte ve flemanlı lambaların kullanılmasıyla artmaktadır.

➤ Sokak aydınlatması

Sokak aydınlatmasında güç faktörünü kullanılan lamba tipi belirlemektedir. Enkandesan lambaların kullanıldığı durumlarda güç faktörü 0.97'ye ulaşmaktadır. Örneğin, Ankara – Samsun oto yolundaki cıva buharlı lambalarla yapılan aydınlatmada güç faktörü 0.86 olarak belirlenmiştir.

1.4. Bir Tesise Ait Güç Değerlerinin Tespiti

1.4.1. Tesis Proje Safhasındayken

Tesis proje aşamasında olduğu zaman güç kat sayısı 0,8 olarak dikkate alınır. Gerekli kondansatör gücü yaklaşık olarak $Qc = P \times 0,67$ kVAr olarak bulunur.

1.4.2. Tesisteki Ölçü Aletlerinden

- Ampermetre, voltmetre ve cosinüsifmetre var ise yaklaşık kondansatör gücü değeri

$$S = \sqrt{3} \times U_h \times I_h, \quad P = S \cos \varphi, \quad Q^2 = S^2 - P^2$$

$$Qc = (S \cos \varphi) \times 0,67 \dots \text{kVAr ile bulunur.}$$

- Kurulu Transformatör Gücünden yaklaşık kondansatör gücü değeri
Örneğin, 250 KVA trafoya ait yaklaşık kondansatör gücü

$$P = S \times 0,8 = 250 \times 0,8 = 200 \text{ Kw}$$

$$Qc = P \times 0,67 = 200 \times 0,67 = 134 \text{ KVAR}$$

olarak hesaplanır.

1.5. Reaktif Güç Kompanzasyonu

Tüketicilerin reaktif güç ihtiyaçlarını karşılamak için iki tip araçtan yararlanır:

- Dinamik faz kaydırıcılar, aşırı ikaz edilmiş senkron(senkron kompanzatörler).
- Statik faz kaydırıcılar, kondansatörlerdir.

Kondansatörlerin kayıpları çok düşük olup nominal güçlerinin % 0,5'inin altındadır. Bakım masrafları da düşüktür. Tüketicilerin kullanılacak alanın hemen yanına ve istenilen büyüklükte tesis edilebilme kolaylıkları da vardır. Bu nedenle kompanzasyon tesislerinin hemen hemen tamamında güç kondansatörleri tercih edilir.

1.5.1. Dinamik Faz Kaydırıcılar (Senkron Makineler)

Reaktif güç üretiminde kullanılan dinamik faz kaydırıcıların başında, aşırı uyarılmış senkron makineler gelir. Genel olarak santrallerden gelen enerji nakil hatlarının sonunda ve tüketim merkezlerinin başında şebekeye bir senkron makine paralel bağlanır ve bölgenin reaktif güç ihtiyacı bu makine tarafından sağlanır. Şebekeye bağlanan senkron makine şebekeden boşa çalışma kayıplarını karşılayacak kadar az bir aktif güç ve şebekeye istenen reaktif gücü vererek, bir reaktif güç üreticisi olarak çalışır. Dinamik faz kaydırıcılar bugün ancak özel hâllerde ve ekonomik şartların gerçekleştiği yerler de kullanılır.



Resim 1.1: Şebekeden reaktif güç çeken farklı güçlerdeki motor çeşitleri

1.5.2. Kondansatörle



Resim 1.2: 2,5 kvar, 50 µF' lık kompanzasyonda kullanılan kondansatörler

➤ Kondansatörler ve kondansatörlerin hesabı

Kondansatör temel olarak iki iletken lavha arasında bir yalıtkan malzeme konularak elde edilen elektrik enerjisi depo etmeye yarayan devre elemanıdır. Ancak kompanzasyonda kullanılan güç kondansatörleri üretim teknolojisi ve kullanım alanı bakımından elektronik devrelerde kullanılan kondansatörlerden çok farklıdır.

Reaktif güç üretiminde statik faz kaydırıcı adı verilen kondansatörlerin üstünlükleri sayılamayacak kadar çoktur. Bir kere kondansatörlerin kayıpları çok düşük olup nominal güçlerinin %0,5'inin altındadır. Bakım masrafları yok denecek kadar küçüktür. Ayrıca kondansatörler ile istenen her güçte reaktif güç kaynağı teşkil edilebildiği gibi bunları tüketicilerin yanlarına kadar götürüp hemen bunların uçlarına bağlamak ve böylece orta ve alçak gerilim şebekelerini de reaktif gücün yükü altından kurtarmak mümkün olur. Onun için kondansatörler kompanzasyon için en uygun araçtır.

Kondansatörlerin tesisi kolaydır ve gerektiğinde kolaylıkla genişletilerek gücü arttırılabilir. Ayrıca bunlarda tüketici ihtiyacına göre rahat bir şekilde güç ayarı da yapılabilir. Kondansatörlerin işletme emniyeti çok büyük, ömürleri uzun, bakımları kolay ve basittir. Bunların yerleştirilecekleri yerde hemen hemen hiçbir özellik aranmadığından yer temini de bir sorun yaratmaz. Gerekli kapasiteyi temin maksadı ile birçok kondansatör elemanı bir araya getirilerek istenen değerde bir grup teşkil edilebilir. Bir arıza hâlinde zarar içeren bir eleman şayet kısa zamanda teşhis edilirse az bir masrafla yenisi ile değiştirilerek işletmeye fazla ara vermeden tamir yapılmış olur.

AG güç kondansatörleri bakım gerektirmez. Güç kondansatörlerinin belirli aralıklarla faz akımlarının ölçülmesi ve üzerinde yazan akım değerlerine uygun akımı çektiği kontrol edilmesi gerekir. Ayrıca bulunduğu ortamın sıcaklık kontrolü yapılması önerilir. Kompanzasyonda kullanılacak kondansatörün gerilimi bara gerilimi ve sistemde harmoniklerin varlığına göre seçilmelidir.

Kondansatörlerin üzerinde bulunan deşarj dirençleri kondansatör devre dışı bırakıldığında üzerindeki kalan gerilimi düşürerek tekrar devreye alındığında şebeke gerilimi ile çakışmasını önlemek ve temas halinde müdahale edeni korumak için emniyet oluşturur.

Örnek 1: Kurulu bir tesiste wattmetreden ölçülen aktif güç 1000 kw'tır. cosinüsfi metre 0,7 göstermektedir. Kompanzasyon sonrası güç kat sayısı 0,95 yapılmak isteniyor. Gerekli olan kondansatör gücünü hesaplayınız.

Çekilen görünür güç

$$P = UxIx \cos \varphi \quad P = Sx \cos \varphi \quad S_1 = \frac{P_1}{\cos \varphi_1} = \frac{1000}{0.7} = 1428,5 \text{ KVA}$$

$$P_1 = 1000 \text{ Kw}$$

$$S_{1_1} = 1428.5 \text{ KVA}$$

$$\cos \varphi_1 = 0,7$$

Çekilen reaktif güç

$$Q_1 = \sqrt{S_1^2 - P_1^2} = \sqrt{1428,5^2 - 1000^2} = 1020,2 \text{ kVAr}$$

Aktif güç sabit tutulursa $\cos \varphi = 0,95$ için yeni görünür güç

$$S_2 = \frac{P_2}{\cos \varphi_2} = \frac{1000}{0.95} = 1052.6 \text{ KVA}$$

$$S_2 = 1052,6 \text{ kVAr}$$

$$\cos \varphi_2 = 0,95$$

Yeni Reaktif Güç;

$$Q_2^2 = \sqrt{S_2^2 - P_2^2} = \sqrt{1052,6^2 - 1000^2} = 328,5 \text{ kVAr}$$

Gerekli kondansatör gücü

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$
$$Q_c = 1020,2 - 328,5 = 691,7 \text{ kVAr}$$

1.6. Güç Katsayısının Düzeltilmesinin Faydaları

1.6.1. Şebekedeki Yararları

Kurulacak bir tesiste:

- Generatör ve transformatörlerin daha küçük güçte seçilmesine,
- İletkenlerin daha ince kesitli, cihazlarının daha küçük olmasına neden olur.

Kurulu bir tesiste:

- Üretim, iletim ve dağıtımda kapasite ve verimin artmasına,
- İletkenlerde kayıpların ve gerilim düşümünün azalmasına,
- Gerilim regülasyonu ve işletmeciliğin kolaylaşmasına neden olur.

Sonuç: Üretim maliyeti azalır.

1.6.2. Tüketicideki Yararları

Kurulacak bir tesiste:

- Alıcı transformatörünün (varsa) kumanda, koruma ve kontrol donanımının gereğinden daha küçük olmasına,
- İletkenlerin daha ince kesitli seçilmesine neden olur.
- Kurulu bir tesiste:
- Transformatör (varsa), o tesisatın kapasite ve veriminin artmasına,
- Şebekeden daha az reaktif enerji çekilmesine,
- Kayıpların ve gerilim düşümünün azalmasına neden olur.

Sonuç: Görülen hizmet ve üretilen ürünün maliyeti azalır.

1.7. Kompanzasyon Tesislerinin Düzenlenmesi

1.7.1. Orta Gerilim Tarafında Kompanzasyon

Büyük sanayi işletmelerinde alçak gerilim tesislerinden evvel oldukça geniş bir orta gerilim şebekesi bulunur. Büyük, güçlü motorlar bu şebekeden beslenirler. Orta gerilim şebekesi bir veya birkaç transformatör üzerinden beslenir. Bu gibi tesislerde genellikle enerji sarfiyatı orta gerilim tarafında tespit edilir. Reaktif güç sarfiyatını düşürmek için bütün kondansatörlerin de orta gerilim tarafında merkezi olarak yerleştirilmesi düşünülebilir. Fakat bu gibi işletmelerde orta gerilim şebekesinden sonra daha geniş bir alçak gerilim şebekesi bulunduğundan, orta gerilimle yapılan böyle bir merkezi kompanzasyon ile alçak gerilim şebekesi, reaktif akımın yükünden kurtulmuş olmaz. Bundan başka orta gerilim tarafında

yapılan kompanzasyon tesislerinde kullanılan bağlama cihazları çok daha pahalı olduğu tesisin yapılması da pahalıya mal olur.

1.7.1.1. Orta Gerilim Kademesinde Kompanzasyon Amacı

Orta gerilim tarafındaki kompanzasyonun ancak özel bir orta gerilim şebekesi olan büyük sanayi işletmeleri için daha uygun olacağı kesinlik kazanır. Bu gibi işletmelerde orta gerilim motorları teker teker kompanze edilir yahut kondansatörler tesisin reaktif güç ağırlık noktasına yerleştirilir.

1.7.1.2. Seri ve Şönt Kapasitör

Orta ve alçak gerilim dağıtım sistemlerinde gerek hatların büyük bir kısmının doğal güçten fazla yüklendiklerinden gerekse kapasitif üretimden dolayı meydana gelen aşırı gerilimlerin düşük olması nedenleriyle yalnız kapasitif şönt kompanzasyon yapılmaktadır. Endüktif şönt kompanzasyon ülkemizde 154 kV ve 380 kV'luk sistemlerde kullanılmaktadır.

Burada bir ana noktanın gözden kaçırılmaması gerekmektedir. Bu da güç sistemlerinde gerilim kontrolünün ilk etapta generatörler ve transformatör kademeleri ile yapılması gerektiğidir. Bunlar yeterli olmadığı takdirde güç faktörü kompanzasyonuna gidilmelidir.

1.7.2. Alçak Gerilim Tarafında Kompanzasyon

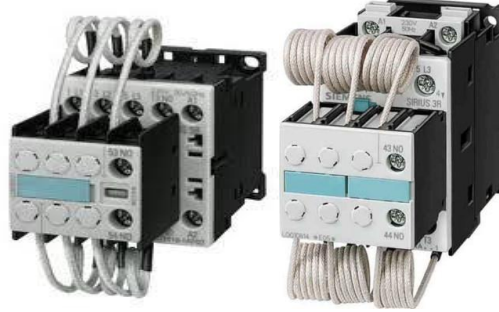
Büyük sanayi işletmelerinde dahi alçak gerilim tesisleri daha önemli bir yer tutar. Bu sebeple kompanzasyonun sağladığı tüm avantajlardan yararlanmak için kompanzasyonun alçak gerilim tarafında yapılması tercih olunur. Bundan başka ekonomik açıdan bakıldığında, hem alçak gerilim bağlama cihazlarının daha ucuz hem de bunların tesisinin ve işletmesinin daha az masraflı ve daha kolay olduğu görülür.



Resim 1.3: Orta büyüklükteki bir sanayi işletmesinde bulunan kompanzasyon panosu

- **Kontaktör:** Basit alçak gerilim tesislerinde ayrı bir anahtar kullanmadan kompanzasyon yapılması tercih olunur. Bu durumda kondansatör, motor ile birlikte motor anahtarı üzerinden devreye alınıp çıkarılır. 500 V'a kadar alçak

gerilim tesislerinde kondansatörler için yük anahtarları kullanılır. Modern tesislerde kondansatör anahtarı olarak kuru kontaktörler veya motor koruma anahtarları tercih edilir. Kontaktör akımı kadamedeki kondansatör akımının % 25 fazlası olmalıdır. Ayrıca kondansatörlerin devreye girip çıkması anında meydana gelen arki önlemek ve kontak ömürlerini uzatmak için geliştirilmiş özel kontaktörler bulunmaktadır.



Resim 1.4: AG kompanzasyonunda kullanılan kontaktör çeşitleri



Resim 1.5: AG kompanzasyonunda kullanılan termik manyetik şalter

- **Sigortalar:** Kondansatörler genellikle kısa devreye karşı sigortalarla korunur. Devreye girme esnasında kondansatörün başlangıçta çektiği akımın büyük olduğu, otomatik olarak ayarlanan tesislerde kondansatörlerin devreye girip çıkma frekansının oldukça yüksek oluşu ve tristörle kumanda edilen tesislerde meydana gelen yüksek harmoniklerin tesiri göz önüne alınarak sigorta akımları, nominal kondansatör akımından % 70 kadar daha büyük seçilir. Ayrıca aynı sebepten dolayı gecikmeli tip sigortalar tercih edilir. Bununla beraber sigortanın aşırı yükte devreyi kesmesi istenir. Kompanzasyon tesislerinde kullanılan en uygun sigorta tipi NH sigortalar olmakla beraber, daha pratik olduğundan W otomatlar yaygın olarak kullanılmaktadır.



Resim 1.6: Kompanzasyonda kullanılan sigortalar

- **İletken ve baralar:** Kompanzasyon sisteminde kullanılan baralar toplar kondansatör gücünün gerektirdiği akımın % 20 fazlasını taşıyacak şekilde seçilmelidir. Kondansatör kademelerinin bara ile bağlantısını sağlayan iletkenlerdir. Baraya bağladığı kondansatör kademesinin çektiği akımın yine %20 fazlasını çekecek kesitte seçilmelidir.
- **Boşaltma direnci:** Motor veya transformatör uçlarına sabit olarak bağlanan kondansatörler için birdeşarj direncine ihtiyaç yoktur. Motor veya transformatör devreden çıktığında, söz konusu kondansatör de bunların sargıları üzerinden boşalır. Ancak merkezi kompanzasyonda kullanılan, kısa aralıklarda devreye girip çıkan kondansatör kademelerinin hızlıdeşarj olmaları gerekir. Bu gibi hızlıdeşarj gereken durumlarda Kondansatörlerin boşaltılması içindeşarj bobini kullanılır.deşarj bobinleri kondansatörü devreye alan kontaktöre, kondansatör devreden çıktığında yalnızca kondansatör uçlarını kısa devre edecek kondansatör devreye girmeden bu kısa devre açılacak şekilde bağlanmalıdır.
- **Akım Trafosu:** Reaktif güç kontrol rölesi (RGKR) için ayrı akım trafoları kullanılır. Akım trafolarının değerinin tespiti önemli bir konudur. Akım trafoları normal değerinin %20 fazlası akımı kısa süreli taşıyabilir. Ayrıca akım trafosu değeri normal değerden büyük seçilmesi RGKR nin hassasiyetini etkiler. Yanlış seçimler RGKR nin küçük kademeleri ya da hiçbir kademeyi devreye almamasına sebep olabilir. Bakım sırasında akım trafosunun sekonder uçları içerisinde akım geçerken kısa süreli olsa kesinlikle açılmamalıdır. Bu durum trafonun yanmasına sebep olur.
- **Reaktif güç kontrol rölesi (RGKR):** Sistemin beyni olan RGKR'si seçimi önemli bir konudur. Yapılacak kompanzasyon sistemine yapılacak kompanzasyon tekniğine uygun olmalıdır. Seçiminde önce kopmanze edilecek sistemin dengeli olup olmamasına göre seçime başlanır bu ölçüm faz sayısını belirler (üç faz üç akım trafolu gibi), daha sonra bir fazlı olarak sisteme kondansatör ilavesi yapılırsa bir fazlı kondansatör bağlanabilen bir RGKR seçilmelidir. Daha sonra RGKR' kademe sayısına dikkat edilmelidir. Özellikle çok dinamik çalışacak yükü çok değişken kompanzasyon sistemlerinde kademe sayısı fazla olmalıdır. Özellikle banka şubelerinde kullanılan kesintisiz güç kaynaklarının fazlalığı devrede hiç kondansatör yokken sistemin sürekli kapasitifte olmasına neden olur bu durumda sistemi dengeye sokabilmek için kademelerin birine sistemi dengeye sokacak değerde bobin bağlanması gerekebilir. Bu durumda kademelerine bobin bağlanabilecek bir RGKR'nin alınması gerekir.

1.8. Kompanzasyon Sistem Çeşitleri

1.8.1. Bireysel Kompanzasyon

Kondansatörler, kompanzasyonu yapılacak endüktif yüklerin (motor, trafo, balast) şalterlerine bağlanır. En etkili kompanzasyon yöntemidir. Genellikle sabit kompanzasyon olarak yapılır. Hazırlanmış cetvellerden faydalanılarak gerekli kondansatör değerleri belirlenir.

1.8.1.1. Transformatorlerde (AG Tarafında)

Alternatif akım makinelerinin en önemlilerinden biri olan ve en çok kullanılan transformatörler, bağlı oldukları üst gerilim şebekesinden endüktif reaktif güç çeker. Bunlar bireysel olarak kompanze edilir. Kondansatörler ya üst gerilim ya da alt gerilim tarafına bağlanabilirlerse de hem pratik hem de ekonomik sebeplerle alçak gerilim tarafına bağlanmaları tercih edilir. Transformatörün yükü daima değişebildiğinden kompanzasyon için gerekli kondansatör gücü, en büyük reaktif güç ihtiyacına göre seçilmez. Aksi hâlde düşük yüklü saatlerde aşırı kompanzasyon baş gösterebilir ve transformatörün sekonder uçlarında gerilim yükselebilir. Ayrıca şebeke geriliminde harmoniklerin mevcut olması halinde, kondansatör şebekeden aşırı akım çekerek transformatörü aşırı yükleyebilir. Transformatörlerin kompanzasyonunda kullanılacak kondansatörün, transformatörün boşta çektiği reaktif gücü karşılayacak mertebede olması gereklidir. Açıklanan sebeplerden dolayı Elektrik idareleri tarafından transformatörün yüküne bağlı olmadan, nominal gücün % 5 - % 10 değerinde sabit bir kondansatör bağlanmasını tavsiye edilir.

Çeşitli güç ve gerilimlerdeki transformatörlerin kompanzasyonu için gerekli kondansatör güçleri aşağıdaki cetveldən seçilebilir:

Normal	6 kV' a kadar	6 ila 15 kV	15 kV' un üzeri
Trafo Gücü (kVA)	Kondansatör Gücü (kVAR)		
10	1.5	1.5	2
25	2.5	2.5	3.5
50	5	6	8
63	6	8	10
100	8	10	12
125	10	10	12
160	10	12	15
200	12	15	20
250	15	20	25
315	20	20	25
400	20	25	30
500	25	30	35
630	30	35	40
1000	40	45	50
2000	60	65	80

Tablo 1.1: Transformatör gücü ve gerilimine göre bağlanacak kondansatör güçleri

1.8.1.2. Asenkron Motorlarda

Motorların tek tek kompanzasyonunda motorun boşta çektiği zahiri güce göre kondansatör gücünün hesaplanması gerekir.

Asenkron motor, manyetik alanın üretilmesi için endüktif reaktif güç çeker. Motorların çektikleri reaktif güç, motorun nominal gücüne ve devir sayısına bağlıdır yani verilen belirli bir güçte, düşük devirli motorlar daha yüksek mıknatıslanma akımı çeker. Boşta çalışan motor ise şebekeden hemen hemen yalnız mıknatıslanma akımı çeker. Şu hâlde düşük devirli motorların güç kat sayıları daha düşüktür.

Yıldız-üçgen şalterlerle yol verilen asenkron motorlara yapılan kompanzasyonda kondansatörler motor sargılarının uçlarına paralel bağlanır. Ancak motorlara yol verme esnasında şu şekilde tehlikeli bir olay baş gösterebilir: Yıldız bağlama durumunda kondansatörler dolmuş durumda iken üçgen bağlamaya geçme esnasında çok kısa süreli olarak şebekeden ayrılır ve üçgen durumunda fazlar ters olarak tekrar şebekeye bağlanır. Dolayısı ile bu durum darbe akımları meydana getirir. Bu da motorun, kondansatörlerin ve bağlama elemanlarının aşırı zorlanmasına yol açar. Uygun kontaktör kombinasyonları kullanmakla bu olay önlenir.



Resim 1.7: Motor sargı uçlarına bağlanan kondansatör çeşitleri

Kondansatörlerle donatılan asenkron motorlarda baş gösteren ve arzu edilmeyen başka bir olay da “ kendi kendine uyarma “ dır. Şebekeye bağlı olarak çalışmakta olan bir asenkron motorun uçlarına, boşta çalışma akımının yaklaşık % 90'ına eşit güçte bir kondansatör paralel bağlanırsa bu durumda genellikle arzu edilmeyen aşırı kompanzasyondan başka, devreden ayrılmış olup kinetik enerjisi ile dönmekte olan motorda kendi kendini uyarma baş gösterir. Motor şebekeden ayrıldığı anda kinetik enerji ile dönmeye devam eder. Kondansatörden gerekli uyarma akımını çekerek bir müddet daha generatör olarak çalışmaya devam eder. Bu durumda sargıları yıldız bağlı motorun uçlarında iki katı bir gerilim endüklenir. Bunun için söz konusu olan kondansatörlerin direkt bağlanmaları 25 kW'a kadar motorlar için kullanılabilir.

Büyük sanayi tesislerinde ve fabrikalarda, blok yük olarak adlandırılan yüksek güçlü (örn. 400 kW) ve devreye girip çıkma zamanları tam olarak bilinmeyen elektrik motorları kalkış anında şebekeden kısa süreli (yaklaşık 10 sn.) olarak çok yüksek akımlar çeker. Sistemdeki otomatik kompanzasyon, böyle kısa süreli maksimum yükleri belli bir

gecikmeyle algıladığı için, bu andaki reaktif gücü karşılayacak gerekli güçte kondansatör bataryası devreye girene kadar motor yol almış olur ve nominal güçte çalışmaya başladığı için şebekeden kalkış anına göre daha az reaktif güç çeker. Bu olay sırasında tesisin reaktif enerji sayacı hızla döner, kompanzasyon amacına ulaşmamış olur. Böyle durumlarda blok yükler, müstakil olarak kompanze edilmelidir.

1.8.1.3. Aydınlatmada

Aydınlatmada kullanılan modern lambaların yardımcı malzemeleri yüzünden, şebekeden çekilen endüktif nitelikteki reaktif gücün birçok sakıncaları vardır. Bunlar:

- Üretim, iletim ve dağıtım sistemlerindeki öğelerin gereksiz şekilde yüklenmesi ve bu suretle besleme kapasitelerinin azalması
- Gereksiz yere çekilen fazla akımın enerji kayıplarına neden olmasıdır.

Bu sakıncalar, aydınlatmada endüktif gücün kondansatörler sayesinde çekilen kapasitif güçle kompanze edilmesi yani giderilmesi suretiyle ortadan kaldırılabilir.

Çalışma sürelerince reaktif güç çeken ve kompanze edilmesi gereken aydınlatma sitemleri aşağıda belirtilmiştir.

- Floresan lambalar
- Civa buharlı lambalar
- Sodyum buharlı lambalar



Resim 1.8: Civa buharlı ve sodyum buharlı lamba çeşitleri

Floresan Ampul	Balast	Akım (A)	Cosφ
1 x 20 W	1 x 20 W	0.37	0.35
1 x 18 W	1 x 20 W	0.37	0.35
2 x 20 W	1 x 40 W	0.42	0.50
2 x 18 W	1 x 40 W	0.42	0.50
1 x 40 W	1 x 40 W	0.43	0.50
1 x 36 W	1 x 40 W	0.43	0.50
2 x 40 W	2 x 40 W	0.86	0.50
2 x 36 W	2 x 40 W	0.86	0.50

Tablo 1.2 : Floresan Armatürlerde Kullanılan Balastların Cos φ Değerleri

Lamba Tipi	Balast Tipi	Cos ϕ
HPI-T 50 W	BHL 50L10	0.45
HPI-T 80 W	BHL 80L10	0.50
HPI-T 125 W	BHL 125L11	0.55
HPI-T 250 W	BHL 250L11	0.55
HPI-T 400 W	BHL 400L11	0.60
HPI-T 700 W	BHL 700L02	0.60
HPI-T 1000 W	BHL 1000L02	0.65
HPI-T 2000 W	BHL 2000L18	0.65

Tablo 1.3 : Cıva Buharlı Armatür Balastlarının Cos ϕ Değerleri

Lamba Tipi	Balast Tipi	Cos ϕ
SON (-T) 50 W	BSN 50L33	0.40
SON (-T) 70 W	BSN 70L33	0.40
SON 100 W	BSN 100L11	0.45
SON (-T) 150 W	BSN 150L11	0.45
SON (-T) 250 W	BSN 250L11	0.45
SON (-T) 400 W	BSN 400L11	0.45
SON (-T) 1000 W	BSN 1000L02	0.45

Tablo 1.4 : Sodyum Buharlı Armatür Balastlarının Cos ϕ Değerleri

Yukarıdaki tablolarda Cos ϕ değerleri verilen lamba ve balast tipleri belli armatürlerden alınmış olup sadece örnek olması açısından verilmiştir.

1.8.2. Grup Kompanzasyon

Birçok tüketicinin bulunduğu bir tesiste her tüketicinin ayrı ayrı kondansatörler ile donatılacağı yerde bunların müşterek bir kompanzasyon tesisi tarafından beslenmesi daha pratik ve ekonomik sonuçlar verir. Bu durumda kondansatörler, gerektiği miktarlarda ve özel anahtarlar üzerinden ve gerektiğinde kademeli olarak şebekeye bağlanır.

Kondansatörlerin açma ve kapama esnasında meydana getirdikleri arkı karşılamak için uygun anahtar kullanılmaktadır. Anahtar açıldığında çok ani ve süratle bir deşarj direnci üzerinden topraklanmaktadır. Ayrıca kondansatörler kısa devrelere karşı gecikmeli sigorta ile korunmalıdır.



Resim 1.9: 3 kademeli bir kompanzasyon panosu

1.8.3. Merkezi Kompanzasyon

Merkezi kompanzasyon, sistem ana panosundan reaktif rölenin kumandasında ihtiyaç duyulan reaktif güç kadar kondansatör grubunun otomatik olarak devreye alınıp çıkarıldığı kompanzasyon sistemidir. Merkezi kompanzasyonda sistem devresinden alınan ölçümler sonucu reaktif kontrol rölesinin kontrolünde kondansatörler kademe kademe devreye girer veya çıkar.

Sürekli devreye girip çıkan küçük büyüklü endüktif yüklerin bulunduğu tesislerde her yüke denk ayrı bir kondansatör bağlama gereği nedeniyle akılcı olmayabilir. Bu tip tesislerde kondansatör gücünü, değişen kompanzasyon gücüne uydurabilmek için merkezi ve otomatik kompanzasyon yapılması uygundur.

Merkezi otomatik kompanzasyon sistemi, temel olarak uygun düzenlenmiş kondansatör bataryaları, reaktif gücü algılayıp uygun kondansatör bataryalarının devreye alınıp çıkarılmasını sağlayan reaktif güç kontrol rölesi ve kondansatör gruplarına kumanda eden kontaktörlerden oluşur.

Merkezi kompanzasyon sistemi günümüzde en yaygın kullanılan kompanzasyon sistemidir. Sistemde kullanılan reaktif güç kontrol rölelerinin gelişmesi İnternet hattı üzerinden uzaktan kontrole ve takibe imkan vermesi sistemin doğru ve güvenli çalışması açısından da kolaylık sağlamaktadır.

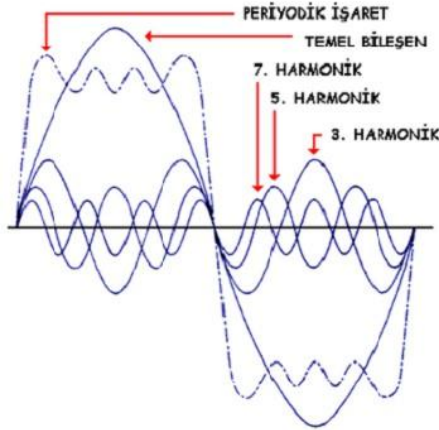


Resim 1.10: Orta büyüklükteki bir tesisin alıcılarının kompanze edildiği merkezi kompanzasyon panosu

1.9. Harmoniklerin Kompanzasyon Tesislerindeki Etkileri

1.9.1. Harmonikli Elektriksel Büyüklükler

AC şebekelerinde elektrik üretim, iletim ve dağıtım sırasında gerilim ve akımın tam sinüs şeklinde olması istenir. Ancak bazı yan etkiler ve bozucu olaylar yüzünden, gerilimin ve akımın şekli bozulur ve sinüs biçiminden ayrılır. Bu durum enerji sistemlerinde zararlı etkilere neden olur.



Şekil 1.8: Harmonikler

Genel olarak sinüs biçiminde olmayan periyodik bir fonksiyon, fourier serisine göre sonsuz sayıda harmoniklerin toplamına eşittir. Sinüsoidal olmayan bir gerilimin veya akımın etkin değeri harmonik bileşenlerinin karesel ortalamasına eşittir.

1.9.2. Harmoniklerin Üretilmesi

Elektrik şebekesinde lineer bir yük için sistemde kullanılan gerilim ve oluşan akımın dalga şekli sinus şeklindedir. Günümüzde kullanılan makinelerdeki sistemlerin (hız kontrol cihazları, kesintisiz güç kaynakları vb.) yük karakteristiği lineer değildir. Bu sebeple sistemin kullandığı akım şekli bozulmaktadır. Örneğin, birçok sanayi tesisinde kontrol sistemlerinde avantajları sebebiyle elektrik motorları motor sürücüler tarafından kontrol edilmektedir.

Aşağıdaki şekilde lineer ve lineer olmayan yük karakteristiğinde akımdaki değişim gösterilmiştir:

- Motor sürücüler
- Kesintisiz güç kaynakları (UPS)
- Doğrultucular (redresör), akü şarj cihazları
- Anahtarlanabilir güç kaynakları (SMPS)
- Endüksiyon ocakları
- Kaynak makineleri
- Bilgisayarlar

1.9.3. Harmoniklerin Kondansatörler Üzerindeki Etkisi

Harmonik oranlarının yüksek olduğu sistemlerde harmonik bileşenine göre filtreleme tipi belirlenerek harmonik filtreli kompanzasyon sistemleri kullanılmalıdır. Harmonik filtreli sistem kullanılmaz ise devreye giren kondansatörler varolan harmonikleri artırıcı yönde (amplifier) etki yapabilir. Bu durum sistemde varolan harmoniklerin artmasına sebep olacaktır.

Kompanzasyon sistemi devre dışı iken % 8'ler düzeyinde olan akım harmoniği, kompanzasyon sistemi devreye alındığında % 20'ler düzeyine çıkmaktadır. Bu kompanzasyon sisteminde kullanılan kondansatörler sistemde varolan harmonikleri artırmıştır. Böyle bir sistem için harmonik filtre kullanılması gerekir.

Ayrıca Kondansatörler şebekedeki harmoniklerden en çok etkilenen elemanlardır. Kondansatörün kapasitif direnci frekans arttıkça azalır. Pratikte bunun anlamı ise küçük bir harmonik gerilim büyük bir kondansatör akımının çekilmesine sebep olur.

Kondansatör grubunun frekansı herhangi bir harmonik frekansına yakınsa kısmi rezonans meydana gelir. Bu durumda oluşan yüksek akım kondansatörlerinin ısınmasına ve dielektrik kayıplara sebep olur ki sonuç olarak hata oluşması kaçınılmazdır. Rezonansın meydana gelmesine engel olmak ve işletmenin güvenli bir şekilde çalışmasını sağlamak için harmoniklerin ortadan kaldırılması gerekir.

1.9.4. Harmoniklerin Elektrik Tesisleri Üzerindeki Etkisi

Harmoniklerin elektrik tesis ve cihazları üzerindeki zararlı etkileri şöyledir:

- Kompanzasyon kondansatörlerinin aşırı yüklenerek çok kısa sürede bozulması
- Nötr akımının artması
- Transformatörlerin ısınması, kayıpların artması
- Devre kesicilerde ve diğer kontrol sistemlerinde istenmeyen sebebi belirsiz açılmalar
- Kompanzasyon kademe sigortalarının açılması
- İletişim sistemlerinde parazitlerin oluşması
- Elektronik cihazlarda kart arızalarının meydana gelmesi
- Kontrol sistemlerinde beklenmeyen duruşlar ve arıza kodlarının oluşması sayılabilir.



Resim 1.11: Harmoniklerin kompanzasyon tesisleri üzerine etkisi

1.9.5. Harmoniklerin Ortadan Kaldırılması

- OG kompanzasyonu
- Pasif filtreler
- Aktif filtreler

1.9.5.1. OG Kompanzasyonu

Harmonik kaynaklar genellikle yoğun olarak AG sistemlerinde mevcut olduğundan AG sisteminde kompanzasyon yapılmaz ve kompanzasyon OG de tasarlanır.

Bu sayede kondansatörlerin sisteme olan paralel rezonans etkisi ile sistemde rezonans şartları oluşmayacağından harmonikler giderilmiş olmasa da sorunları azaltmak için uygulanabilecek iyimser bir yöntemdir.

1.9.5.2. Pasif Filtreler

Pasif filtreleri iki grupta toplamak mümkündür:

➤ Düşük ayarlı pasif filtreler

Harmonik filtreli kompanzasyon olarak da tabir edilen bu filtre sisteminde, kompanzasyon yerine ana harmonik frekansından daha düşük bir frekansta endüktans bobini tasarlanarak kondansatörlerin önüne seri bağlandığı sistemdir.

Düşük ayarlı pasif filtre sistemlerinde amaç kondansatörlerin sisteme olan paralel rezonans etkisini tamamen ortadan kaldırmak ve bu noktada empedansı belirlenen merkezi frekansta sifira eşitleyerek harmonik gerilimlerini minimuma indirmektir.

Bu sayede kondansatörlerin sisteme olan etkisi ortadan kalktığından, kondansatörlerin sistemde yarattığı harmonik akımları da giderilir ancak tesiste üretilen harmonik akımlarına karşı etkisizdir.

$$\text{Seri rezonans frekansı } f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\text{Seri rezonans şartı } \Rightarrow X_L = X_C$$

$$Z_H = \sqrt{X_L^2 + X_C^2} = 0$$

$$I_{TH} = I_H + I_{CH}$$

$$I_{CH} = 0$$

$$\Rightarrow I_{TH} = I_H + 0 = I_H$$

$$V_{TH} = Z_H * I_{TH} = 0 * I_H = 0$$

$$I_m = \text{Toptam harmonik akımı}$$

$$I_{CH} = \text{Kondansatör üzerindeki}$$

$$V_{TH} = \text{Harmonik gerilimi}$$

$$Z_H = \text{Harmonik empedansı}$$

Düşük ayarlı filtreler harmonik gerimin sifira çektiğinden oldukça başanlı, güç kayıptan kVAr başına yaklaşık 5 W olan ve ekonomik sayılabilecek bir yöntemdir.

Harmonik filtreli kompanzasyon sistemi sayesinde paralel rezonansın ortadan kaldırılabilmesi için tesiste seri rezonans devresi meydana getirilir.

Seri bağlı kondansatör ve bobinin toplam reaktansı seçilen frekans değerinde sifir olacaktır.

Oluşturulan seri rezonans devresi ile paralel rezonansın kondansatörler ve sistemin diğer noktalarındaki etkisi ortadan kaldırılır.

➤ Ayarlı filtreler

Merkezi frekans ayarlı filtreler, filtreli kompanzasyon mantığı ile aynı olmakla beraber endüktans bobini, tesiste etkin harmonik frekansı veya frekanslarına eşit olacak

şekilde tasarlanır. Merkezi frekans ayarlı filtreler, harmonik filtrelili kompanzasyona kıyasla daha etkili, güç kayıpları ve kurulum maliyeti daha yüksek bir sistemdir.

Merkezi frekans ayarlı filtrasyon, sistemde mevcut bulunan baskın harmonik frekanslarına göre tasarlanır. Sistemde mevcut bulunan harmonik üreteçlerinin elektriksel yapısı analiz edildiğinde, 6 darbeli tabir edilen 6 adet anahtarlama elemanı bulunan (Tristör, IGBT) cihazlar bulunuyorsa sistemde 5. ve 7. harmonik, 12 darbeli sistemler bulunuyorsa 11. ve 13. harmonik sistemde baskın harmonik mertebesi olacaktır.

Örneğin tesiste 5. 7. ve 11. harmonikler baskın ise 250 Hz, 350 Hz ve 550 Hz'de seri rezonans devresi meydana getirilir.

Fakat tesiste 5. 7. 11 ve 13. harmonikler baskın ise 250 Hz, 350 Hz'de seri rezonans meydana getirilirken ve 500 Hz'in üzerinde bir değerde geniş bantlı bir filtre devresi tasarlanarak seri rezonans devresi meydana getirir.

Ancak sistemin uzun süre sağlıklı çalışması amacıyla kondansatörlerin zaman içinde güç kaybetme ihtimalleri de göz önüne alınarak endüktans bobini tasarlanırken merkezi frekans 245, 345 ve 545 Hz olacak şekilde hesaplanır.

$$\text{Seri rezonans frekansı } f_s = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$\text{Seri rezonans şartı } \Rightarrow X_L = X_C$$

$$Z_H = \sqrt{X_L^2 + X_C^2} = 0$$

Seri rezonans şartının sağlanması halinde,

$$I_{TH} = I_H + I_{CH}$$

$$I_{TH} = \text{Toplam harmonik akımı} \quad I_{CH} = 0 \quad \text{ve} \quad I_H = 0 \quad I_{CH} = \text{Kondansatör üzerindeki}$$

$$\Rightarrow I_{TH} = 0$$

$$V_{TH} = \text{Harmonik gerilim}$$

$$V_{TH} = Z_H * I_{TH} = 0 * I_{TH} = 0 \quad Z_H = \text{Harmonik empedansı}$$

Ayarlı pasif filtreler paralel rezonans devresinin sonsuz empedans etkisini ortadan kaldırmak amacıyla sistemde oluşabilecek rezonans frekanslarından baskın olanları için tasarlanan seri rezonans devresidir. Sistemde belirlenen merkezi frekanslarda X_C ve X_L değerleri eşitlenir (Seri rezonans şartı). Bu sayede seçilen merkezi frekanslardaki harmonik akımlarının filtre üzerinden akması sağlanır.

Bu sistem sayesinde, sistemdeki harmonik gerilimleri sıfıra çekilir. Diğer taraftan kondansatörler nedeni ile oluşan harmonik akımları ortadan kaldırılır ve sistemdeki diğer harmonik üreteçleri tarafından üretilen harmonik akımları ortadan kaldırılır.

1.9.5.3. Aktif Filtreler

Aktif filtre pasif filtre yapısından tamamen farklı olup bir güç elektroniği sistemidir. Genel yapı olarak sistemdeki akım ve gerilimi ölçerek akım harmoniklerini şebeke tarafında yok

eder. Akımdaki distorsiyona bağlı olarak ortaya çıkan gerilim distorsiyonu da bu sayede ortadan kaldırılır. Akım distorsiyonunu ortadan kaldırdığından kesin çözümdür.

Aktif filtre uygulanmasındaki amaç şebeke harmoniklerini % 97 mertebesinde ortadan kaldırmaktır. Ayrıca, isteğe bağlı olarak sistemin ihtiyacı olan reaktif güç sağlanabilir.

Diğer taraftan harmoniklerin tesis üzerindeki olumsuz etkileri tamamen ortadan kaldırılacaktır. Bu sayede sistemin enerji kalitesi de yükselecektir.

1.10. Kompanzasyon Tesislerinde Rezonans Olayları

Gerek motorların tek tek kompanzasyonunda gerekse merkezi kompanzasyonda bazı durumlarda rezonans olayı meydana gelip tesiste istenmeyen aşırı akımlar oluşabilir. Bu durumda sigortalar atabilir, koruma röleleri devreyi açabilir. Bu olaya sebep, motora paralel kondansatör devresinin şebekenin harmoniklerinin bazı değerlerinde kapasitif etki göstermeleri ve bu kapasitenin şebekeyi besleyen trafonun endüktif reaktansı ile bir rezonans olayı meydana getirmesidir. 50 Hz'lik şebekelerde tehlike yoktur. Çünkü şebekedeki yük, daima endüktif yüküdür. Kondansatör grubu, güç kat sayısını 0.95 veya çok özel durumlarda 1 yapacak durumdadır. Burada trafonun indüktif reaktansı ile rezonans olayının meydana gelmesi mümkün değildir.

Ancak güç elektroniğindeki gelişmeler, doğru akımla çalışan tesislerin sayısını sürekli arttırmaktadır. Tristörlü devreler daima harmonik akım üretir. Yine aşırı doymuş trafolar, ark fırınları, ark kaynak makineleri, doğrultmaçlar belli başlı yüksek harmonik üreten cihazlardır. Bu cihazlar, hızlı olarak değişen olaylar meydana getirir. Bu tip şebekelerde, yani yüksek harmonik üreten tesislerde 5-7-11 ve 13. mertebedeki harmoniklerin kompanzasyon tesisi kurulurken araştırılması gerekir.

Örnek:

SK=20 MVA ve QC=750 kVAr ise

$$n = \sqrt{\frac{S_g}{Q_c}} \quad n = \sqrt{\frac{20}{0.75}} = 5.16$$

Sistemde 5. harmonik frekansında rezonans meydana gelecektir.

Kademeli kompanzasyonda her kademede QC değişeceğinden her kademe için farklı harmonik frekanslarında rezonans oluşabilir, bu durumun incelenmesi gerekir.

Yukarıdaki örnekte yaşanmış gerçek bir rezonans olayında ölçülmüş değerler verilmiştir. Görüldüğü gibi kompanzasyon devreye alınca 5. harmonik frekansında paralel rezonans oluşmuş, 5. harmonik akımı 265 A'den 668 A değerine yükselmiştir. 415 V brasında 5. harmonik geriliminin paralel rezonans sebebiyle aşırı derecede yükselmesi kondansatör üzerinden büyük akımların geçmesine neden olacak ve kondansatör hasar görecektir.

Harmonik bileşenlerin bulunması ve sistemde rezonans oluşması halinde kondansatörün akım, gerilim ve güç değerleri bu sınırların kolayca üzerine çıkabilmekte ve kondansatörler hasar görmektedir.

Sonuç olarak güç katsayısının yükseltilmesi halinde sistemde rezonans frekansı daha da düşecek, daha düşük mertebeden fakat daha yüksek genlikli harmonik akımlarının oluşturduğu daha şiddetli rezonans olayları meydana gelebilecektir.

Çözüm olarak şebekeyi kirleten harmonik kaynaklarının bulunduğu yüklere ait kompanzasyon tesislerinin filtreli kompanzasyon olarak yapılması hâlinde sistemdeki harmonik bileşen genlikleri minimum olacağı için rezonans olaylarının etkileri de azaltılabilir.

1.11. Rezonans Önleyici Tedbirler

- Motor ve kondansatörler birlikte devreye girip çıkıyorsa rezonans olayı tehlike oluşturmamaktadır.
- Motorun ani olarak devreden çıkması kondansatörün devrede kalması hâlinde rezonans akımları meydana gelmektedir. Dolayısıyla merkezi kompanzasyon yapılmış tesislerde, motorun devreden çıkarılmasında kondansatörlerin devrede kalmasıyla rezonans olayı meydana gelebilecektir. Enerji kesilmesinde, tekrar enerji geldiğinde kondansatörler direkt devreye girerlerse rezonans olayı meydana gelecektir. O hâlde kompanzasyon devrelerinin projelendirilmesinde, her kondansatör grubu kontaktörü, start-stop butonu ile devreye girecek şekilde projelendirilmelidir
- Kısa devre gerilim yüzdesi büyük olan trafolarda, rezonansın etkisi büyük olur. Bu tip trafoların kullanıldığı devrelerde, kompanzasyon tesisinin projelendirilmesinde, rezonansa engel olacak tedbirler alınmalıdır. Bu tedbirlerin en önemlisi kondansatörlerin trafolara yakın baralara bağlanmamasıdır. Bir ek kablo ile hatta paralel kablolarla kondansatörler bağlanmalıdır.
- Kompanzasyonda az kademe tercih edilmelidir.

1.12. Alçak Gerilim Kompanzasyon Tesisleri Teknik Şartnamesi

➤ Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından

16/2/1983 tarihli ve 17961 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmış olan Bakanlığımız tebliği aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

NOT: 23967 Sayılı / 17.Şubat.2000 Tarihli Ve 23988 Sayılı / 09.Mart.2000 Sayılı Resmi Gazetelerdeki Değişiklikler Dikkate Alınmıştır.

I. Genel Hükümler

1-Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA ve bunun üstünde olan elektrik tesislerinde kompanzasyon tesisi yapılması zorunludur.

2-Üç fazlı olarak beslenen sanayi abonelerinin elektrik enerjisi ile besleme projeleri hazırlanırken, güç kat sayısını düzeltmek için gerekli kompanzasyon tesisleri de proje kapsamına alınmalıdır.

3-Abonelerin beslenmesinde kullanılan transformatör merkezleri ile ilgili kompanzasyon tesisi projeleri yapılırken abonelerin kendi tesisleri için münferit kompanzasyon tesisi kurmaları durumunda, transformatör merkezlerinde yalnızca sabit kondansatör grubunun göz önünde bulundurulması yeterlidir.

4-Kompanzasyon proje ve tesisleri yürürlükte bulunan ilgili elektrik yönetmeliklerine ve aşağıda belirtilen esaslara uygun olarak yapılmalıdır.

II. Yeni Kurulacak Tesislerde Kompanzasyon

5-Alçak Gerilimde Kompanzasyon

5.1- Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA ve daha büyük olan abonelerinin 0,4KV gerilimli baradan beslenmesi durumunda kompanzasyon tesisi projesi aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmalıdır.

5.1.1- Projesi yapılacak tesisin güç kat sayısı ($\cos\phi$) 0,95 ile 1 arasındaki bir değere yüksel- tilecek şekilde gerekli kondansatör gücü hesaplanmalıdır.

5.1.2- Kondansatör hesabında kullanılacak etkin (aktif) güç, tesisin kurulu gücü ile eş zamanlılık kat sayısı (diversite faktörünün tersi) çarpılarak bulunmalıdır.

5.1.3- Gerekli kompanzasyon tesisi otomatik veya münferit olabilir. Ancak, münferit kompanzasyon yapılması durumunda kondansatörler, devreye yük ile birlikte girip çıkacak şekilde tesis edilmelidir.

5.1.4- Otomatik güç kompanzasyonu için kullanılacak donatım 0,4 kV gerilimli ana dağıtım panosundan ayrı olarak başka bir pano içerisine tesis edilmeli ve iki pano arasındaki bağlantı kablo veya bara ile yapılmalıdır.

Kompanzasyon panosu girişinde:

- Bıçaklı (üzengili) şalter veya yük ayırıcı şalter ile sigorta ya da
- Bıçaklı (üzengili) şalter veya yük ayırıcı şalter ile termik ve/veya manyetik röle, bulunmalıdır.

Sigorta ve termik ve/veya manyetik rölelerin sağlanmadığı belgelerle doğrulandığında, kompanzasyon panosu girişine yalnızca bıçaklı (üzengili) şalter veya yük ayırıcı şalter konabilir.

5.1.5- Tesiste bulunan cihazların (makine, motor vb.)güç kat sayısı bilinmiyorsa omik dirençli yüklerin güçleri hesaba katılmayarak güç kat sayısı ölçülmeli veya hesaplanarak yaklaşık değeri bulunmalı ve 0,95 ile 1 arasındaki bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kondansatör hesabı yapılmalıdır.

5.1.6- Güç transformatörünün anma gücünün % 3'ü ile % 5'i arasında seçilen birinci kondansa tör grubu sabit ve sürekli olarak işletmede kalacak, öbür gruplar ise otomatik olarak devreye girip çıkacak şekilde tesis edilmelidir. Sabit grup, ana otomatik şalterden önce veya sonra bağlanabilir.

Abonenin kuracağı tesisler doğrudan alçak gerilim şebekesinden besleniyorsa birinci grubun sabit bağlanması gerekmez.

5.1.7- Başlangıçta çekilecek güç az olsa da kompanzasyon panosu tam güce göre hesaplanarak projelendirilmelidir. Güç artışı olduğu zaman panoya kondansatör ve donatımı eklenmelidir.

Reaktif güç rölesinin ayar dizisi toplamı en az beş olmalıdır. Röle, aşırı ve düşük gerilime karşı koruma sistemlerini içermelidir(Şebeke geriliminin nominal gerilimin % 10'u kadar ve daha çok artması veya eksilmesi durumunda, röle 0,5 saniye ile 3 saniye arasında bir gecikme ile kumanda ettiği sistemleri devre dışı edecek ve gerilimin yeniden nominal değere yaklaşması durumunda önce sabit gurubu sonrada yükün gereksinime göre öbür gurupları devreye sokacak özellikte olmalıdır.).

5.1.8- Kondansatör gruplarının ayrı ayrı sigortalar ve kontaktörler üzerinden beslenmesi ve paralel bağlanmış kontaktörlerin, yardımcı kontaktörler ile devreye alınması koşulu ile grupların seçilmesinde ayar dizisi 1.1.1...;1.2.2..... vb. şeklinde olmalıdır.1.2.4.8...sistemi,seçicili 1.1.1.1... sistemi gibi çalışacak şekilde de kullanılabilir.

5.1.9-Tesis sahiplerince, tesislerin tamamının veya bir bölümünü omik güç çekeceği veya makinelerin kompanze edilmiş şekilde imal edilmiş olduğunun yazılı olarak bildirilmesi ve ilgili belgelerin proje onaylayan kuruluşa sunulması durumunda, projenin onaylanmasında bu husus göz önünde bulundurulmalıdır.

5.1.10- Motorların münferit olarak kompanze edilmesi durumunda aşırı kompanzasyona engel olmak için

- Küçük güçlü motorlarda (gücü 30kW'ye kadar olan motorlar),tesis edilecek kondansatörlerin reaktif güç değerleri yürürlükte bulunan ve tanınan, yerli ve yabancı standart,şartname,yönetmelik vb.deki değerlerden;
- Büyük güçlü motorlarda (gücü 30kW'nin üstünde olan motorlar), olabildiğince, motorun boşta çalışmada çektiği reaktif gücün % 90'ından daha büyük olmamalıdır.

5.1.11-Tesislerde harmonik akım üreten redresörler, ark ocakları, elektrik kaynak makineleri, tristör kumandalı doğru akım motorları gibi cihazlar varsa bunların akım

darbeleri ile elektrik sisteminde meydana getireceği olumsuz etkileri önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

5.1.12- Tesisin çektiği aktif enerjiyi ölçen aktif sayaçtan başka, endüktif reaktif enerjiyi ölçmek için 1 adet ve enerji sağlayacak kuruluşun gerekli görmesi durumunda abonenin aşırı kompanzasyon sonucunda sisteme vereceği kapasitif-reaktif enerjiyi ölçmek için 1 adet olmak üzere toplam iki adet geri dönmesiz reaktif sayaç tesis edilmelidir.

5.2.-Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA'nın altında olan abonelerin 0,4 kV gerilimli baradan beslenmesi durumunda, abonelerin kompanzasyon tesisi yaptırılmaları zorunlu değildir. Yaptırılması durumunda, kompanzasyon projeleri aşağıda belirtilen esaslara göre hazırlanmalıdır.

5.2.1-Kompanzasyon projesi madde 5.1(Madde 5.1.11 ve Madde 5.1.12 hariç) de belirtilen hususlar göz önünde bulundurularak hazırlanmalıdır.

5.2.2-Tesisin çektiği aktif enerjiyi ölçen sayaçtan başka, endüktif reaktif enerjiyi ölçen bir adet geri dönmesiz reaktif sayaç da tesis edilmelidir.

III. Mevcut Tesislerde Kompanzasyon

7-Alçak Gerilimde Kompanzasyon

7.1-Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA ve daha büyük abonelerin 0.4 kV gerilimli baradan beslenmesi durumunda, kompanzasyon tesisi projesi, Madde 5.1 (madde 5.1.2, madde 5.1.5 ve madde 5.1.9 hariç)de ve aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmalıdır.

7.1.1- Mevcut tesislerde, tüketiciye ait aktif ve reaktif sayaçlarla veya pens kosinüs fime vb. gibi ölçü aletleri ile belirli zamanlarda ölçmeler yapılarak en düşük güç kat sayısı belirlenmeli, bu değer 0,95 ile 1 arasında bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kondansatör hesaplanmalı ve tesis edilmelidir.

7.1.2- Yapılacak ölçmeler sonunda, abone tesislerinin şebekeden harmonikli akımlar çektiğinin tespit edilmesi durumunda, bu harmoniklerin sistemde meydana getireceği olumsuz etkileri önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

7.2-Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA'nın altında olan tesislerin 0,4 kV gerilimli baradan beslenmeleri durumunda, kompanzasyon tesisi yaptırılmaları zorunlu değildir Ancak kompanzasyon tesisi yapılması durumunda, bu tesisin projesi Madde 5.2.1 ve Madde 7.1.1'de belirtilen esaslara göre hazırlanmalıdır.

IV. Tebliğin Uygulanması İle İlgili Hükümler

9- Yeni kurulacak tesislere ait kompanzasyon tesisleri, tesisin işletmeye açılmasında tamamlanmış olmalıdır.

10-Daha önce onaylanmış elektrik besleme projeleri ile daha önce yapılmış olan elektrik tesislerine ait kompanzasyon projeleri, bu tebliğin yayınlandığı tarihten başlayarak en geç bir yıl içinde onaylatılmalı ve söz konusu kompanzasyon tesislerinin yapılması ve geçici kabul işlemi altı ay içerisinde tamamlanmış olmalıdır.

11-Kompanzasyon tesisi projelerinin onaylanması ile tesislerin geçici kabul işleri Bakanlıkça verilmiş yetkiye göre Türkiye Elektrik Kurumu (TEDAŞ)'un ilgili "Elektrik Dağıtım Müesseseleri" tarafından veya ilgili diğer kuruluşlar tarafından yapılır.

12-TEDAŞ veya Bakanlıkça yetki verilen diğer kuruluşlar, kompanzasyon tesislerini belirtilen süre içerisinde kurmayan abonelerin elektriğini kesebilir.

13-Bu tebliğ yayınlandığı tarihte yürürlüğe girer. Tebliğ olunur.

1.13. Elektrik Tarifeleri Yönetmeliğinde Yapılan Değişiklikler

09.MART.2000 TARİH VE 23988 SAYILI RESMİ GAZETEYE GÖRE:
09.11.1995 tarihli ve 22458 sayılı Resmi gazetede yayınlanan yönetmelikte aşağıdaki değişiklikler yapılmıştır.

1-Reaktif enerjiyi ölçmek üzere gerekli ölçü aletlerini tesis eden aboneden, çektiği aktif enerjinin 0,33(yüzde otuz üç dahil) katına kadar (endüktif) reaktif enerji bedeli alınmaz. Bu sınır aşılsa,çekilen reaktif enerjinin tamamına reaktif enerji tarifesi uygulanır.

2-Sisteme verilecek reaktif enerji, o dönemde çekilen aktif enerji miktarının 0,20(yüzde yirmi dahil) katından fazla olmayacaktır. Bu sınır aşılsa abonenin çektiği aktif enerjinin 0,90 (yüzde doksan) katı kadar reaktif enerji tükettiği kabul edilir ve reaktif enerji tarifesi üzerinden bedeli alınır.

3- Kompanzasyon tesisi bulunan ve güç faktörünü 0,95-1 arasında tutan tüm abonelerde reaktif sayaç veya kompanzasyon tesisinde meydana gelebilecek mekanik arızalardan dolayı abonenin yıl içerisinde elinde olmayan nedenlerle 1 ay için sistemden çektiği reaktif enerjinin,aktif enerjinin 0,33 (yüzde otuz üç) katından fazla olması hâlinde,reaktif enerji bedeli faturalama da dikkate alınmaz Bu durumun yılda birden fazla olması durumunda, o yıl için daha önceden dikkate alınmayan reaktif enerji bedeli, sistemden çekildiği aydaki birim fiyat üzerinden ilk faturaya eklenerek alınır.

1.14. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığından

16/2/1983 tarihli ve 17961 sayılı Resmi Gazete'de yayınlanmış olan Bakanlığımız tebliği aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

NOT: 23967 Sayılı / 17.Şubat.2000 Tarihli Ve 23988 Sayılı / 09.Mart.2000 Sayılı Resmi Gazetelerdeki Değişiklikler Dikkate Alınmıştır.

I. GENEL HÜKÜMLER

1-Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA ve bunun üstünde olan elektrik tesislerinde kompanzasyon tesisi yapılması zorunludur.

2-Üç fazlı olarak beslenen sanayi abonelerinin elektrik enerjisi ile besleme projeleri hazırlanırken güç kat sayısını düzeltmek için gerekli kompanzasyon tesisleri de proje kapsamına alınmalıdır.

3-Abonelerin beslenmesinde kullanılan transformatör merkezleri ile ilgili kompanzasyon tesisi projeleri yapılırken abonelerin kendi tesisleri için münferit kompanzasyon tesisi kurmaları durumunda, transformatör merkezlerinde yalnızca sabit kondansatör grubunun göz önünde bulundurulması yeterlidir.

4-Kompanzasyon proje ve tesisleri yürürlükte bulunan ilgili elektrik yönetmeliklerine ve aşağıda belirtilen esaslara uygun olarak yapılmalıdır.

II. YENİ KURULACAK TESİSLERDE KOMPANZASYON

6.1- Kurulu gücü veya besleme transformatör gücü 50 kVA' nın üstünde olan tesislerin orta gerilim (0.G) barasından beslenmeleri durumunda, kompanzasyon projesi aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmalıdır.

6.1.1- Tesisin güç kat sayısı 0,95 ile 1 arasındaki bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kon- dansatör gücü hesaplanmalıdır.

6.1.2-Tesislerdeki cihazların kompanzasyonu münferit, grup veya merkezi kompanzasyon şeklinde yapılabilir.

6.1.3- Motorların münferit olarak kompanze edilmesi durumunda aşırı kompanzasyona engel olmak için olabildiğince, motorun boştaki çalışmada çektiği reaktif gücün % 90'ından büyük değerde kondansatör seçilmemesine dikkat edilmelidir.

6.1.4- Motorların münferit olarak kompanze edilmesi durumunda kondansatörler yükte bir- likte devreye girip çıkacağından motorlara yol vermede kullanılan kesiciler, motor ve kondansatör bataryasında meydana gelebilecek her türlü kısa devre akımlarını kesebilecek, motor ve kondansatör bataryasının kapasitif akımlarını başlatabilecek ve kesebilecek özellikte olmalıdır. Boşaltma dirençlerinin devre dışı olması durumunda, motor uçları kısa devre edilerek topraklanmadan motor üzerinde çalışma yapılmamalıdır.

6.1.5- Tesislerde harmonik akım üreten tristörlü, redresörlü ark ocakları gibi cihazlar varsa bunların elektrik şebekesinde meydana getirecek olumsuz etkileri önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır.

6.1.6- Kondansatör bataryalarının korunmasını sağlamak için birbirleri ile koordinasyonlu şekilde çalışabilecek (bireysel ünite, dengesizlik, kısa devre, bağlantı ucu

yüksek gerilimi ve darbe gerilimi koruması gibi) koruma sistemleri proje kapsamına alınmalıdır.

6.1.7-Tesisin çektiği aktif enerjiyi ölçen aktif sayaçtan başka, endüktif reaktif enerjiyi ölçmek için bir adet ve enerji sağlayacak kuruluşun gerekli görmesi durumunda, abonenin aşırı kompanzasyon sonunda sisteme vereceği kapasitif reaktif enerjiyi ölçmek için bir adet olmak üzere toplam iki adet geri dönmeyen reaktif sayaç tesis edilmelidir

6.2-Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA' nın üstünde olan, orta gerilim barasından beslenen ve darbeli akım çeken ark fırını gibi tesisleri bulunan abonelerin kompanzasyon tesisi projeleri yapılırken enerji sağlayan TEK, TEDAŞ, TEAŞ... vb. kuruluşların, sözü edilen abonelerin enerji gereksinimlerinin karşılanabilmesi için uyulmasını zorunlu gördüğü hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

III. MEVCUT TESİSLERDE KOMPANZASYON

8.1-Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA' nın üstünde olan tesislerin orta gerilim barasından kompanzasyon tesisi projesi madde 6.1, madde 7.1.1 ve madde 7.1.2'deki esaslara göre yapılmalıdır.

8.2- Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA' nın üstünde olan, orta gerilim barasından beslenen ve darbeli akım çeken ark fırını gibi tesisleri bulunan abonelerin kompanzasyon tesisi projeleri, Madde 6.2'de belirtilen esaslara göre yapılmalıdır.

IV. TEBLİĞİN UYGULANMASI İLE İLGİLİ HÜKÜMLER

9- Yeni kurulacak tesislere ait kompanzasyon tesisleri, tesisin işletmeye açılmasında tamamlanmış olmalıdır.

10-Daha önce onaylanmış elektrik besleme projeleri ile daha önce yapılmış olan elektrik tesislerine ait kompanzasyon projeleri, bu tebliğin yayımlandığı tarihten başlayarak en geç bir yıl içinde onaylatılmalı ve söz konusu kompanzasyon tesislerinin yapılması ve geçici kabul işlemi altı ay içerisinde tamamlanmış olmalıdır.

11-Kompanzasyon tesisi projelerinin onaylanması ile tesislerin geçici kabul işleri Bakanlıkça verilmiş yetkiye göre Türkiye Elektrik Kurumu (TEDAŞ)' ın ilgili "Elektrik Dağıtım Müesseseleri" tarafından veya ilgili diğer kuruluşlar tarafından yapılır.

12-TEDAŞ veya Bakanlıkça yetki verilen diğer kuruluşlar, kompanzasyon tesislerini belirtilen süre içerisinde kurmayan abonelerin elektriğini kesebilir.

13-Bu tebliğ yayımlandığı tarihte yürürlüğe girer. Tebliğ olunur.

1.15. Elektrik Tarifeleri Yönetmeliğinde Yapılan Değişiklikler

09.MART.2000 TARİH VE 23988 SAYILI RESMİ GAZETEYE GÖRE:

09.11.1995 tarihli ve 22458 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan yönetmelikte aşağıdaki değişiklikler yapılmıştır.

1- Reaktif enerjiyi ölçmek üzere gerekli ölçü aletlerini tesis eden aboneden, çektiği aktif enerjinin 0,33(yüzde otuz üç dâhil) katına kadar (endüktif) reaktif enerji bedeli alınmaz. Bu sınır aşılsa çekilen reaktif enerjinin tamamına reaktif enerji tarifesi uygulanır.

2-Sisteme verilecek reaktif enerji, o dönem de çekilen aktif enerji miktarının 0,20(yüzde yirmi dâhil) katından fazla olmayacaktır. Bu sınır aşılsa abonenin çektiği aktif enerjinin 0,90 (yüzde doksan) katı kadar reaktif enerji tükettiği kabul edilir ve reaktif enerji tarifesi üzerinden bedeli alınır.

3- Kompanzasyon tesisi bulunan ve güç faktörünü 0,95-1 arasında tutan tüm abonelerde reaktif sayaç veya kompanzasyon tesisinde meydana gelebilecek mekanik arızalardan dolayı abonenin yıl içerisinde elinde olmayan nedenlerle lay için sistemden çektiği reaktif enerjinin aktif enerjinin 0,33 (yüzde otuz üç) katından fazla olması hâlinde, reaktif enerji bedeli faturalama da dikkate alınmaz. Bu durumun yılda birden fazla olması durumunda, o yıl için daha önceden dikkate alınmayan reaktif enerji bedeli, sistemden çekildiği aydaki birim fiyat üzerinden ilk faturaya eklenerek alınır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki kompanzasyon hesabı uygulamasını, kondansatör gücü hesaplama konusundan yararlanarak yapınız.

Bir fabrikadaki motorlar 900Kw, floresan lambalar 10Kw, ısıtıcılar 100Kw ve akkor flemenlı lambalar 3Kw gücündedir. Sistemin güç katsayısını 0,95 yapabilmek için gerekli kondansatör gücünü ve dağılımını bulunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Bulduğunuz ortam tesissindeki reaktif güç tüketicilerini tespit ediniz.➤ Tesisin güç değerlerini tespit ediniz.➤ Tesisimizin güç kat sayısının düzeltilmesinin yararlarını araştırınız.➤ Tesisimize en uygun kompanzasyon sisitemini seçiniz.➤ Tesisimizde kullanılacak kompanzasyon sisteminin hesabını tespit ediniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Asenkron motorlar, bobinler, transformatörler, floresan lamba balastları, kaynak makineleri gibi reaktif güç tüketimi yapan alıcıları tespit ediniz.➤ Tesisin aktif, reaktif, görünür güç değerlerini, ölçü aletlerinin (ampermetre, voltmetre, kosinüsfi metre kullanarak) yardımı ile ‘‘reaktif güç ihtiyacının tesbiti’’ konusundan yararlanarak hesaplayınız.➤ Tesisimizdeki transformatör, asenkron motor ve şebekenin daha verimli bir hâle geldiğini reaktif güç ihtiyacı miktarına, göre fark edebilirsiniz.➤ Tesisimizdeki yükleri tespit ettikten sonra, bunlar için kullanılacak kondansatörlerin kapasitelerini ve yerlerini, ‘‘bireysel kompanzasyon’’ başlıklı konumuzdan faydalanarak belirleyebilirsiniz.➤ Aktif, reaktif ve görünür güçlerini tespit ettiğiniz sisteminizin şu anki güç kat sayısını, elektrik kurumunun istediği 0,9 ile 1 arasındaki bir değere çıkartmak için, kondansatör gücünü ve kapasitesini yukarıda konularda bulunan formüllerden faydalanarak hesaplayınız.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Ortam tesisindeki reaktif güç tüketicilerini tespit ettiniz mi?		
2.	Tesisin güç değerlerini tespit ettiniz mi?		
3.	Güç kat sayısının düzeltilmesinin yararların araştırdınız mı?		
4.	Tesise en uygun kompanzasyon sisteminini seçtiniz mi?		
5.	Kullanılacak kompanzasyon sistemi hesabını yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

1. () Alternatif akımda faydalı olan güce aktif güç denir.
2. () Gerilimle, "I" akımı arasında kalan açının (zaman açısı)sinüsüne güç faktörü (COSφ) adı verilir.
3. () Manyetik veya statik alanla çalışan bütün elektrikli araçlar şebekeden aktif güç yanında reaktif güç de çeker.
4. () Reaktif güç hesaplamada ampermetre, voltmetre ve cosinüsfi metre var ise $Q_c = \text{Aktif Tüketim} - \text{Reaktif tüketim} \times \text{tg } Q_2$...kVAR formülü kullanılır.
5. () Güç kat sayısının düzeltilmesinin yararlarından iki tanesi şöyledir. Kurulacak bir tesiste,
 - Generatör ve transformatörlerin daha büyük güçte seçilmesini sağlar,
 - İletkenlerin daha kalın kesitli olmasını sağlar.
6. () Kompanzasyonun tüketiciye yararlarından iki tanesi aşağıda yazılıdır.
 - Şebekeden daha az reaktif enerji çekilmesine sebep olur.
 - Kayıpların ve gerilim düşümünün azalmasına sebep olur
7. () OG kompanzasyon devrelerinde, motor veya transformatör uçlarına sabit olarak bağlanan kondansatörler için bir deşarj direncine ihtiyaç duyulur. Bu direnç, alıcılar çalışmazken kondansatörlerin deşarj olmasını sağlarlar.
8. () Birçok tüketicinin bulunduğu bir tesiste her tüketicinin ayrı ayrı kondansatörler ile donatılacağı yerde bunların müşterek bir kompanzasyon tesisi tarafından beslenmesi daha pratik ve ekonomik sonuçlar verir.
9. () Alternatif akım devrelerindeki bazı alıcılar sinüsoidal gerilim eğrisini bozucu etki yaparlar. Sinüsoidal olmayan bu eğrilere harmonik denir.
10. () Motorun ani olarak devreden çıkması kondansatörün devrede kalması hâlinde rezonans akımları meydana gelmektedir.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

TSE standartları, şartnameler, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği, Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği'ne göre kompanzasyon sisteminde kullanılan kondansatörleri hatasız olarak seçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Kondansatörlerin nerelerde ve hangi amaçlarla kullanıldığını araştırınız. Kondansatörlerin hesaplarının nasıl ve niçin yapıldığını inceleyiniz.
- Kondansatör bağlantılarını devreye alınma ve devreden çıkarılma yöntem ve tekniklerini çevrenizdeki elektrikçilerden, sanayii kuruluşlarından ve internetten araştırınız.
- Evinizde kondansatörler nerelerde ve hangi amaçlar için kullanıldığını araştırınız.

2. KOMPANZASYON KONDANSATÖRLERİ

2.1. Kondansatörler

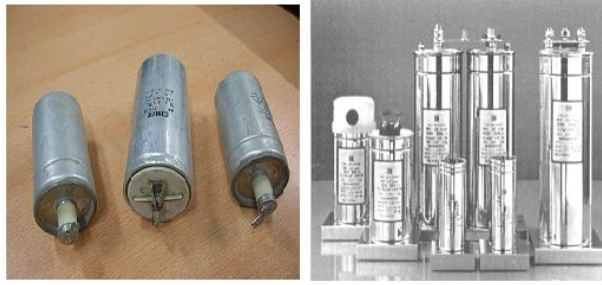
2.1.1. Genel Yapısı

Kondansatör, iletken iki tabaka (genellikle alüminyum folyo) ile bunların arasındaki di elektrik (yalıtkandan) oluşur. Yalıtkan, özel kâğıt, poliprop veya buna benzer maddeler ile bunların arasına sızdırılmış çeşitli yağ ve kimyasal maddelerin birisinden oluşur.

Bugün şebekelerde güç kat sayısının düzeltilmesi için kullanılan kuvvetli akım güç kondansatörleri, dielektriği kâğıt veya polipropilen film yahut bunların karışığı olan kondansatörlerdir. Burada kullanılan kâğıt üstün kaliteli selülozdan özel olarak imal edilir. Kondansatör imali için gayet ince dielektrik şeritler kullanılır ve emniyeti artırmak maksadıyla işletme gerilimine göre bunlardan birkaç kat üst üste sarılır. Bu şeritlerin her iki tarafı alüminyum folyo ile kaplanır. Bunlardan sonra şeritler bir çekirdek veya mekik üzerine sarılır ve çekirdek çekildikten sonra sargı sıklaştırılır. Bu şekilde elde edilen sargılardan birkaçı sacdan yapılmış bir muhafaza içine yerleştirilir ve aralarında paralel bağlanır. Dielektriğin yüksek elektriksel dayanımını korumak için buna bir sıvı emdirilir. Bu maksatla bütün muhafaza nebati veya madeni yağ yahut kVAr bazında sentetik yanmaz yağ ile doldurulur.

Yaklaşık olarak 400 V'a kadar olan gerilim bölgesinde kondansatörler gayet ekonomik bir şekilde yapılabilir. Bu bölge içinde kVAR başına gerekli olan hacim sabittir. Daha yüksek gerilimlerde bu hacim değeri daha büyüktür; zira dielektrik tabakanın kalınlığı belirli bir değerin altına düşürülemez. Daha yüksek gerilimlerde de hacim değeri daha büyüktür. Yüksek gerilimlerde ekseri 1-15 kVar'luk kondansatörlerden birkaçı seri bağlanır. Bu takdirde kondansatör levhaları ile madeni muhafaza arasında yüksek gerilimlerin meydana gelmemesi için muhafazalar, birbirine ve toprağa karşı izolatörler yardımıyla yalıtılır. Böylece 100 kV'dan daha yüksek gerilimler için kondansatör bataryaları teşkil olunabilir.

Ekseriya kaynakla imal edilen sac muhafazalar, havanın ve gazların giremeyeceği bir şekilde kapatılır. Bu demir muhafazaları bir topraklama klemensi ile donatılır ve buradan topraklanırlar. Bugünkü imalata göre kondansatörlerin geçiş izolatörleri sıvı ve hava sızdırmaz bir şekilde tespit edilir.



Resim 2.1: Kompanzasyon için kullanılan kondansatör çeşitlerinden bazıları

Kondansatörler, imal edici fabrikalara göre çeşitli güç ve gerilim kademelerine göre yapıldıklarından, arzu edilen kapasiteyi elde etmek için bunlardan belirli bir sayıda eleman bir araya getirilerek batarya teşkil edilir. Normal gerilim kademeleri alçak gerilimde 230, 240, 525, 600 V'tur. Yüksek gerilim 3.3, 6.6, 10.5, 15.75, 20, 31.5 kV'dur. Kondansatörleri devamlı olarak bu gerilmelerin %10 fazlasına ve bir günde 6 saat süre ile bunun %15 fazlasına bağlanabilir. Bu takdirde güçleri, normal güce göre % 21 veya % 32 arttırılmış olur. Kondansatörler ekseriya bina içine yerleştirilir. Bu gibi kondansatörlere dahili tip kondansatörler denir. Yüksek gerilim tesislerinde bunlar açık havaya tesis edilebilir.

Kondansatörlerin ömürleri sıcaklık derecesine bağlıdır. İç tesislerde kullanılan kondansatörler normal olarak -10 °C ile +35 °C arasında olmakla beraber -40°C/+50°C sıcaklık sınıfına sahip olacak şekilde de yapılır. Kendi kendine soğuma şartları gerçekleşmez ve kondansatörlerin yerleştirildikleri yerde sıcaklık derecesi çok yükselir ise bu durumda özel havalandırma yapılır. Sıcaklığın çok yüksek olması devreye girdiğinde kondansatör kapasitesinin düşük kalmasına ve ömrünün kılmasına sebep olur.

2.1.2. Standart Güç Değerleri

0,50-0,75-1-2-2,5-5-7,5-10-12-15-20-22,5-25-30-37,5-40-42,5-45-50-75-100KVAR
(Daha büyük güçler özel olarak yapılırlar.)

2.1.3. AG ve OG Güç Kondansatörleri

Alçak gerilim güç kondansatörleri (400-525-600 V-50 Hz), AG güç kondansatörleri bakım gerektirmez. Güç kondansatörlerinin belirli aralıklarla faz akımlarının ölçülmesi ve bulunduğu ortamın sıcaklık kontrolü yapılması önerilir. Kompanzasyonda kullanılacak kondansatörün gerilimi bara gerilimi ve sistemde harmoniklerin varlığına göre seçilmelidir. Kondansatörlerin üzerinde bulunan deşarj dirençleri kondansatör devre dışı bırakıldığında üzerindeki kalan gerilimi düşürerek tekrar devreye alındığında şebeke gerilimi ile çakışmasını önlemek ve temas hâlinde canlıyı korumak için emniyet oluşturur. Bugün güç kondansatörlerinde kullanılan kendini onaran ham maddeler mevcuttur.



Şekil 2.1:Kondansatörün kendini onarması

Gerilim delinmesi meydana geldiğinde delinmenin olduğu noktanın çevresindeki metal katman elektrotlar arasında oluşan elektrik arkının meydana çıkardığı ısı ile buharlaşır. Birkaç mikro saniyede ayrılırlar ve delinmenin oluşturduğu basınç ile birbirlerinden uzaklaşır. Kondansatörün çalışma gerekliliklerini yerine getirebilecek güvenilir, izole bir alan oluşur. Delinmenin olduğu anda ve daha sonra kondansatör fonksiyonelliğinden hiçbir şey kaybetmez. İzin verilen test ve çalışma gerilimlerinde kondansatörler kısa devreye ve aşırı gerilime dayanımlıdır. Müsaade edilen darbe akım sınırları dâhilinde olmak şartı ile dış kısa devrelere de dayanıklıdır.

Orta gerilim güç kondansatörleri (3.3.kV-34,5kV) ve endüksiyon ocak kondansatörleri olarak üç gruptur. Bu güç kondansatörlerinden beklenen özellikler şunlardır:

- Uzun ömürlü olması
- Elektrik şebekesinde meydana gelen anormal akım, gerilim ve harmonik gibi faktörlerden asgari şekilde etkilenmesi
- Geçici rejimlerde akım, gerilim darbelerinden, dengelenme akımlarından etkilenmemesi
- Aktif kayıplarının en az olması ve bu kayıpları absorbe etmesi
- Projelendirildiği asgari ve azami ortam sıcaklığında performanslarını yitirmemesi
- Elektroteknik boyutlarının yani anma değerlerinin zamanla değişmemesi
- Can ve mal emniyeti yönünden bir tehlike kaynağı oluşturmaması
- Kalıcı kısa devreye girme olasılığının en az olması
- Bakımı kolay, arızası az, tamiri mümkün ve asgari bir maliyet oluşturması
- Montajının kolay olması ve boyut yönünden herhangi bir yere monte edilebilecek bir modüler esneklik göstermesi
- Teknik ve iktisadi bir optimizasyon ürünü olmasıdır.

Günümüzde dört ayrı yapıda güç kondansatörü üretilmektedir.

- **Kâğıt yalıtkanlı yağlı tip:** En eski ve ilk uygulanan sistem olup kayıpların yüksekliği ve büyük hacim gerektirmesi nedeniyle bugün artık kullanım alanını yitirmiştir.
- **Polipropilen yalıtkanlı tip:** Gerilim dalgalanmalarına dayanıksızlığı ve emprenye zorlukları nedeniyle fazla tercih edilmeyen özelliklere sahiptir.
- **Metalize polipropilen kuru tipi:** Ülkemizde son yıllarda oldukça geniş kullanım alanı bulan bu tip kondansatörler "kendi kendini onaran" olarak da adlandırılır.

Polipropilen film üzerine alüminyum püskürtülme suretiyle tek katta hem iletken hem de yalıtkan elemanların elde edilmesi sonucu oldukça küçük ölçülere sığdırılabilmektedir. Kaybı düşüktür. Gerilim dalgalanmalarından etkilenen alüminyum yoğunlaşması ilkesine dayanan, kendini onarma özelliği avantajlı yanı olmakla birlikte, giderek kapasite değerinin düşmesi dezavantajını da barındırmaktadır. Kondansatörün gücü, kapasitesi ile doğru orantılı olduğundan bu tip kondansatörlerin zamanla kVAr gücü de zayıflar.

- **Karma yalıtkanlı yağlı tip:** Bu sistem ile hava kapasitesi kaybı önlenmiş hem de kayıplar düşürülerek daha küçük hacimlere sığabilme özelliği kazanılmıştır. Bu sayede, gerek görülen reaktif gücün stabil olarak uzun yıllar aynı değerde tutulması gerçekleştirilmiştir. Karma yalıtkanlı yağlı kondansatörler gerilim dalgalanmalarından etkilenmez.

2.2. Kondansatör Hesabı

2.2.1. Kapasite

Kondansatör birbirinden izole edilmiş iki metal elektrottan oluşur. Elektrotlara gerilim tatbik edilince elektrolide yüklenir. Yüklenen elektrik miktarı Q ($Q = C.U$) gerilimle doğru orantılıdır. Orantı faktörü C, o kondansatörün kapasitesi olarak nitelendirilir. Bu faktör, gerilim değerine, yükleme veya boşaltma süresine bağlı değildir.

$$\left. \begin{array}{l} \text{İki düzey levha arasındaki kapasite değeri C:} \\ \varepsilon = \text{Dielektrik sabitesi: } 0,0085 \\ F = \text{Elektrot yüzeyi (m}^2\text{)} \\ d = \text{Elektrotlar arasındaki mesafe (m)} \end{array} \right\} C = \varepsilon \frac{F}{d}$$

Bu eşitlik hafif kıvrımlı düzeye yakın elektrotlu kondansatörler (örneğin, kâğıt sarımlı kondansatörler) için de yaklaşık olarak geçerlidir. Kapasite birimi "Farad"dır. Eğer bir kondansatörün elektrotları arasında 1 v'luk bir gerilim varsa ve 1 A ile yüklenmiş ise o

kondansatörün kapasitesi 1 F'dır denilir. Pratik kullanma için 1 farad çok büyüktür. Bu nedenle kuvvetli akım tekniğinde kullanılan büyüklük

$$\mu_f = 10^{-6} F \text{ dir.}$$

Örnek 1:

Bir kondansatörde karşılıklı plakaların birbirini gören yüzeyi 30 cm² dir. Plakalar arası uzaklık 0,05 mm olduğuna göre dielektrik a) hava b) fiber olduğu hâlde bu kondansatörün kapasitesini hesaplayınız.

Çözüm :

$$\varepsilon = \text{Dielektrik sabitesi} : 0,0085$$

$$\text{a) } C = 0,0885 \cdot 1 \cdot 30 / 0,005 = 53 \text{pF} \quad \text{b) } C = 0,0885 \cdot 4 \cdot 30 / 0,05 = 212 \text{pF}$$

2.2.2. Kapasitif Reaktans

Alternatif akım devresindeki bir kondansatör, geçen akıma bir direnç gibi karşı koyar.

Bu tür bir direnç kapasitif reaktans (X_c) olarak anılır. Kapasitif reaktansa bazı çevrelerde kapasitans ya da kapasitif tepkin direnç de denilmektedir. (Reaktans = Reaktif Rezistans = Tepkin Direnç)

- Frekans ne denli yüksek olursa kapasitans o denli küçük olur.
- Kapasite ne denli büyük olursa kapasitans o denli küçük olur.
- $X_c = 1 / \omega C$ $X_c = \text{Kapasitans } (\Omega)$ $\omega = \text{Açısal frekans (rad)}$ $C = \text{Kapasite (F)}$

Örnek : 50 Hz 'lık bir alternatif gerilimde 10uF lik bir kondansatörün kapasitansını hesaplayınız.

$$\text{Çözüm : } X_c = 1 / 2 \pi f C = 100000 / 2 \cdot 3,14 \cdot 50 = 318,5 \Omega$$

2.2.3. Akım Hesabı

$$I_c = U / X_c$$

Örnek: Kapasitansı 1600 Ω hesaplanmış bir kondansatöre 50Hz ve 220 V'luk bir gerilim uygulanmıştır. Devreden geçen akımı bulunuz.

$$\text{Çözüm: } I_c = U / X_c = 220 / 1600 = 0,137 \text{ A}$$

2.2.4. Kondansatör Güç Hesabı

İyi bir kompanzasyon yapabilmenin iki önemli koşulu, gereken kondansatör gücünün dikkatli saptanması ve kondansatör adımları ile akım trafosunun doğru seçimidir. Aşağıda bu değerlerin doğru seçimi için pratik bir yöntem bir örnek ile açıklanmıştır. Uygulamada ise ENTES R-G 5A kompanzasyon rölesi kullanılmıştır.

Gerekli kondansatör gücünün tayini için tesisin $\cos \phi$ 'sinin ve kurulu aktif gücünün bilinmesi gerekmektedir. Tesisin $\cos \phi$ 'si pratik olarak faturalardan bulunur. O dönemde harcanan aktif ve reaktif enerji bilindiğine göre;

$$\tan \phi = \text{harcanan reaktif enerji/aktif enerji} ;$$

Buradan hesap makinesi veya trigonometric cetvel ile $\cos \phi$ bulunur. Tesisin kurulu aktif gücü ise tesisteki tüm alıcıların (motorlar, aydınlatma elemanları, fırın rezistansları vb.) etiketleri üzerindeki güçler toplanarak belirlenir.

Tesisteki ampermetre, voltmetre ve $\cos \phi$ metre yardımı ile de bulunabilir.

$$Q_c = P1. (\tan \phi 1 - \tan \phi 2) \quad P1 = \sqrt{3UI \cos \phi} 10^{-3} \text{ kW}$$

$\tan \phi 1 = \cos \phi 1$ 'in tanjantı.

$\tan \phi 1 =$ İstenilen değer tanjantı

Tesis anma yükünde çalıştırılıp değerler okunur.

Örnek 1: Tesisimizin aktif gücü 60 KW $\cos \phi = 0.68$ olsun. Hedefimiz $\cos \phi$ yi 0.95 çıkartmaktır bunun için aşağıdaki Tablo 2.1'den yararlanarak K değerini bulup aktif güçle çarparak Kvar olarak kullanılacak kondansatör değerini buluruz. Bu ifade formüle edilirse

$$Q_c = P.K$$

Tablodan K değeri 0.75 bulunur. $Q_c = 60.0.75 = 45 \text{ Kvar}$ bulunur.

Şimdiki $\cos \phi$	Ulaşılmak İstenen $\cos \phi$				
	0.80	0.85	0.90	0.95	1
0.50	0.98	1.11	1.25	1.40	1.73
0.52	0.89	1.03	1.16	1.31	1.64
0.54	0.81	0.94	1.08	1.23	1.56
0.56	0.73	0.86	1.00	1.15	1.48
0.58	0.66	0.78	0.92	1.08	1.41
0.60	0.58	0.71	0.85	1.01	1.33
0.62	0.52	0.65	0.78	0.94	1.27
0.64	0.45	0.58	0.72	0.87	1.20
0.66	0.39	0.52	0.66	0.81	1.14
0.68	0.33	0.46	0.59	0.75	1.08
0.70	0.27	0.40	0.54	0.69	1.02
0.72	0.21	0.34	0.48	0.64	0.96
0.74	0.16	0.29	0.43	0.58	0.91
0.76	0.11	0.23	0.37	0.53	0.86
0.78	0.05	0.18	0.32	0.47	0.80
0.80		0.13	0.27	0.42	0.75
0.82		0.08	0.21	0.37	0.70
0.84		0.03	0.16	0.32	0.65

Tablo 2.1. Açı fark cetveli (K cetveli)

➤ **Kondansatör adımının tayini**

Dikkat edilmesi gereken en önemli husus 1. adımda kondansatör değeri diğer adımlardakilerden daha küçük seçilmelidir. Yukarıdaki örnekte 45 Kvar'lık kondansatör ile yapılacak kompanzasyon panosunda 5 kademeli röle kullanılması durumunda adımlar aşağıdaki gibi olmalıdır:

1. kademe 5 Kvar
2. kademe 10 Kvar
3. kademe 10 Kvar
4. kademe 10 Kvar
5. kademe 10 Kvar

Kademe tayini kompanzasyon sitemindeki en önemli konulardan biridir. Kompanze edilecek sistemin her çalışma şeklinde çekeceği reaktif güce karşılık gelecek kondansatör değeri bulunmalıdır. Örneğin, normal mesai saatlerinde kompanzasyonunda sıkıntı olmayan tesis, gece ve tatil günleri çalışmadığında sadece gece aydınlatması devrede olduğundan yük miktarı azalır. Bu yükün çektiği reaktif güç kondansatör kademelerinden çok küçük (eşit kondansatör kademesi yok) ise reaktif güç kontrol rölesi kademe devreye almaz ve gece aydınlatmasının çektiği reaktif güç şebekeden çekileceğinden cezai duruma endüktif endekten düşülebilir. Ayrıca kompanze edilmiş tesise ilave güç bağlantısı yapılmışsa kondansatör kademelerinin yeni yük dağılımına göre yeniden yapılandırılması gerekebilir.

Örnek 2:

Bir fabrikada sisteme bağlı ölçü aletlerinden 2000 amper, 400V ve $\text{Cos}\phi=0,6$ değerleri okunmaktadır. Sistemin güç kat sayısı 0,95 yapılmak istendiğinde kullanılacak kondansatör gücünü bulunuz.

$$U=400 \text{ Volt}$$

$$P = \sqrt{3} \times U \times I \times \cos \phi \times 10^{-3} = \sqrt{3} \times 400 \times 2000 \times 0,6 \times 10^{-3}$$

$$I=2000 \text{ Amper}$$

$$P = 1,73 \times 480 = 831 \text{ kW}$$

$$P = 831 \text{ kW}$$

$$\text{Cos}\phi_1 = 0,6 \quad \phi_1 = 53,13^\circ \quad \text{Trigonometrik cetvelden} \quad \text{tg}\phi_1 = 1,3$$

$$\text{Cos}\phi_2 = 0,95 \quad \phi_2 = 18,19^\circ \quad \text{Trigonometrik cetvelden} \quad \text{tg}\phi_2 = 0,328$$

$$Q_c = P_1 \cdot (\text{tg}\phi_1 - \text{tg}\phi_2) = 831 \cdot (1,33 - 0,328)$$

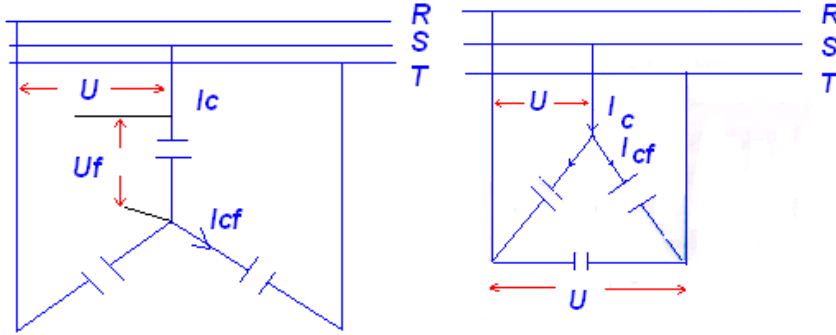
$$Q_c = 838,67 \text{ Kvar}$$



Resim 2.2: Deşarj dirençleri içerisinde olan 2,5 Kvar'lık bir kondansatör

2.3. Konsansatörlerin Bağlantıları

2.3.1. Yıldız ve Üçgen Bağlantı



Resim 2.3: Kondansatörün üçgen ve yıldız bağlantısı

Üç fazlı sistemlerde kondansatör gücü (Q_c) yıldız ve üçgen bağlı sistemlerde aşağıdaki formül ile hesaplanır. Yıldız ve üçgen sistemlerde kondansatör güçleri aynı formülle hesaplanmamasına rağmen formülde kullanılan yıldız ve üçgen bağlantılarda ki U (hat gerilimi) ve I_c (kondansatör akımı) U_f (faz gerilim) değerleri değişmektedir.

$$Q_c = \frac{\sqrt{3}xUxI}{1000} \text{ Kvar}$$

Yıldız bağlamada C_Y kondansatörünün uçlarına faz nötr gerilimi uygulandığı hâlde üçgen bağlamada C_Δ kondansatörünün uçlarına $\sqrt{3}$ kadar daha büyük olan hat gerilimi uygulanır. Faz ve hat gerilimleri arasında farkın izolasyon bakımından çok önemli olmadığı alçak gerilim tesislerinde üçgen bağlama, yıldız bağlamaya göre 1/3 oranında daha ucuzdur. Onun için ekonomik sebeplerden dolayı kondansatörlerin üçgen bağlamaları tercih edilir.

2.3.2. Kondansatörlerin Devreye Alınmaları ve Devreden Çıkarılmaları

2.3.2.1. Aşırı Kompanzasyon Zararı

Her ne kadar reaktif güç faydalı değil ise de bundan tamamen vazgeçilemez. Zira elektrodinamik prensibine göre çalışan generatör, transformatör, bobin ve motor gibi bütün işletme araçlarının normal çalışmaları için gerekli olan manyetik alan reaktif akım tarafından meydana getirilir. Bilindiği gibi endüksiyon prensibine göre çalışan bütün makineler ve cihazlar, manyetik alanın meydana getirilmesi için bir mıknatıslanma akımı çekerler. İşte bu mıknatıslanma akımı, reaktif akımdır. Onun için faydalı aktif gücün yanında mutlaka reaktif güce de ihtiyaç vardır. Bu sebeple bütün alternatif akım tesisleri, aktif gücün yanında reaktif gücün de çekileceğini gözönünde bulundurularak boyutlandırılır. Aşırı kompanzasyon manyetik alanı oluşturan reaktif akımı yok edeceğinden işletme araçlarının çalışma verimliliğini azaltacaktır.

2.3.2.2. Devreye Alınmaları

Kondansatörleri devreye alma veya çıkartma (çekilen reaktif gücü kompanze etmek için) görevini reaktif güç kontrol rölesi (RGKR) üstlenir.

Reaktif güç kontrol rölesi, otomatik kompanzasyon sistemlerinde çeşitli yük durumlarında gerekli sayıda kondansatör grubunu devrede bulundurarak güç kat sayısını ayar edilen değerde tutmaktadır. IEC standartlarına uygun olarak imal edilen rölelerin üzerinde dijital Cosφmetre bulunmaktadır. Bu sayede röle üzerinden kompanze edilen sistemin güç kat sayısı izlenebilmektedir.

Rölenin içinde, işletmedeki reaktif akımı ölçüp bunu değerlendiren bir akım devresi vardır.

Bu devre, reaktif akımla doğru orantılı olan gerilim düşümü, bir karşılaştırma devresinde C/k oranına uygun olarak ayarlanır. Akımın endüktif veya kapasitif olduğunu belirleyerek zaman devresine kumanda edilir. Bu da çıkış devresine kumanda eden bir lojik kontrol ünitesini kontrol eder. Zaman devresinden gelen impulslara göre çıkış rölelerine kumanda edilir. Çıkış devresinden gelen sinyaller ise kondansatör gruplarına kumanda eden kontaktörleri devreye sokar veya devreden çıkarır. Reaktif güç rölelerinin görevini hafifletmek ve sık sık devreye girip çıkmalarını önlemek için büyük güçlü tesislerde sabit güç ihtiyaçlarını karşılamak maksadı ile uygun güçlü sabit kondansatör grupları paralel bağlanır.

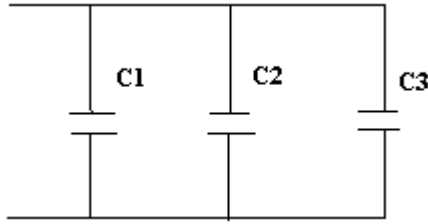
Transformatörlerin kendi ihtiyaçları olan reaktif gücü kompanze etmek için, ayrıca bir sabit kondansatör tesis edilir. Ancak bunun çektiği reaktif gücü rölenin kontrol etmemesi için bu kondansatör sayaç bölmesine akım trafosunun önüne bağlanır.

Reaktif güç rölesi, akım değerini bir akım transformatörü üzerinden ölçer. AG tesislerinde röle, doğrudan doğruya AG barasına bağlanır.



Resim 2.4: Reaktif güç rölesi

2.3.2.3. Kondansatörlerin Seri ve Paralel Bağlanmaları



Şekil 2.4: Kondansatörlerin paralel bağlanması

$$C_t = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n \quad U_1 = U_2 = U_3 \dots U_n \quad I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

Paralel bağlantıda toplam kapasite artar. Kapasitif reaktans azalır. Kondansatörler üzerinde düşen gerilimler eşittir. Devre akımı, kondansatörler üzerinden geçen akımların toplamına eşittir.

2.3.2.4. Kondansatörlerin Devreden Çıkarılmaları ve Boşaltılmaları

Otomatik konumunda reaktif güç kontrol rölesi, kondansatörleri devreye alma veya çıkartma işlemini kendisi yapar.

Manuel konumunda kondansatörler, bakım onarım ve kontrol durumunda kullanıcı tarafından yön tuşları ile devreye alınıp çıkartılabilir. Cosφ fabrika çıkış değeri olarak 0,99 belirlenmiştir. Kullanıcı kendi isteği doğrultusunda bu değeri 0,95-1 endüktif değerler arasında ayarlayabilir.

Kondansatörlerin devre dışı bırakılmasından sonra üzerinde bir elektrik yükü kalacaktır. Bu yüzden işletme personelinin can emniyeti yönünden kısa zamanda boşaltılması lazımdır.

Ayrıca merkezi kompanzasyonda sık sık devreye girip çıkan kondansatör kademelerinde karşılaşılan bir başka sorun daha vardır. Dolu bir kondansatör devreden çıktıktan kısa süre sonra yeniden devreye girerse üzerinde şebeke geriliminin 2 katına kadar gerilim oluşacağından tehlikeli durumlar ortaya çıkabilir. üzerine ilave bir kondansatör

devreye sokulmasında aşırı dengeleme akımları olacaktır. Dolu kondansatörlerin kendi başına bırakılmasında boşalma, günler ve haftalar alabilir. Bu sebeple kondansatör deşarj direnç ve bobinleri ile boşaltılır. Deşarj bobinlerinin değeri kademedeki kondansatör gücüne göre seçilir.

Aşağıdaki tabloda muhtelif güç ve gerilimlerdeki kondansatör boşalma dirençlerinin güçleri ve ohm değerleri belirtilmektedir.

Qn KVAR	R Δ 220V PR		R Δ 400V PR		R Δ 525V PR	
	Kohm	Watt	Kohm	Watt	Kohm	Watt
5	291	0,2	677	0,5	1050	0,5
10	145	0,4	338	0,5	525	1
15	97	1	225	1	350	1
20	73	1	169	1	262	1,5
25	58	1	135	1,5	210	1,5
30	40	1,5	112	1,5	175	2
40	41	1,5	84	2	131	2,5
50	29	2,5	67	3	105	3
60	24	2,5	56	3	87	4
75	19	3	45	4	70	4
100	14	4	33	5	52	6
120	-	-	28	6	43	7

Tablo 2.2: Muhtelif güç ve gerilimdeki boşalma dirençlerinin güçleri ve değerleri

Boşalma direnci,

$$R = \frac{1}{C_n} \times \frac{60}{\ln\left(\frac{\sqrt{2}U_n}{50}\right)}$$

Formülü ile hesaplanır. Alçak gerilim kondansatörlerinin gerilimleri devreden çıkartıldıktan sonra 1 dakika içinde 50 V ve altına düşürülmelidir.

2.4. Kondansatörlerin Sağlık Kontrolleri

Kompanzasyon sistemlerinde kullanılan kondansatörlerin sağlık kontrolleri aşağıdaki yöntemlerle yapılabilir:

LCRmetre veya avometre yardımıyla kondansatörlerin sağlık kontrolü yapılmadan önce mutlaka kondansatörler deşarj edilmeli ve varsa deşarj dirençlerinin bir ucu devreden çıkartılmalıdır. Kondansatörler doğru akım devrelerinde şarj olasıya kadar akım geçirir şarj olduktan sonra akım geçişi durur. Buna göre avometre ile kondansatörün sağlık kontrolünde direnç kademesinde yapılırken kondansatör şarj zamanına kadar devrenin bir direnç gösterdiğini, şarj olduktan sonra sonsuz direnç gösterdiği görülür. LCRmetre ile kondansatörün sağlık kontrollü C (kapasitör) kademesinde yapılır LCRmetrenin gösterdiği değer ile kondansatör üzerinde ki yazılan değer aynı olması gerekir.

Kompanzasyon sisteminde kullanılan kondansatörler normalde 1KVAr için 1,44 A akım çekmesi gerekmektedir. Buna göre 10KVAr değerindeki kondansatörün çalışma akımınının 14.4A olması gerekmektedir. Bu yöntemle her kademedeki kondansatör devreye alınarak çektiği akım 3 faz için ayrı ayrı ölçülerek kondansatör üzerinde yazan değerinde olup olmadığı kontrol edilir. Arızalı kondansatör belirlenerek değiştirilir. Kondansatör akımları ölçülürken mutlaka hatasız ölçme yapan pensampermetre kullanılmalıdır.

Kondansatör akım değeri: $I = Kvar \text{ gücü} \times 1,44 \text{ Amper}$

Yeni çıkan reaktif güç kontrol rölelerinde kademelere bağlanacak kondansatör değerleri girilir. Buna göre reaktif güç kontrol rölesi kademelere bağlı olan kondansatörleri kompanzasyon yapmadan önce test ederek herhangi bir hata da hata kodu verir.

2.5. Kondansatörlerin Kademe Güçlerinin Tespiti

Dijital güç kontrol röleleri çarpanlı sadece üç fazlı kondansatörler ile kompanzasyon yapacakları için tüm kademeler üç fazlı kondansatörlerden oluşturulacaktır. Reaktif güç kontrol rölesinde ise kademeler bir fazlı, iki fazlı ya da üç fazlı kondansatörlerden oluşturulabilir. Röleye ve sisteme uygun kondansatörleri şu şekilde belirlenir:

Akım Trafo değeri	Faz Başına Kullanılabilen En Küçük Kondansatör Değeri (VAr)	Faz Başına Kullanılması Önerilen Kondansatör Güvenli Alt Değeri (VAr)
X/5	X	2X
100/5	100 VAr (0.1 KVAr)	200 VAr (0.2 KVAr)
500/5	500 VAr (0.5 KVAr)	1000 VAr (1 KVAr)
2500/5	2500 VAr (2.5 KVAr)	5000 VAr (5 KVAr)
10000/5	10000 VAr (10 KVAr)	20000 VAr (20 KVAr)

Şekil 2.6: Akım trafosuna göre

Kalın siyah ile yazılan ortadaki değerler, ilgili akım trafosu değeri için röle tarafından kabul edilen, kondansatörün sıfır olması alt sınırıdır. İlgili akım trafosunda bu değere eşit ya da daha küçük kondansatör kullanılması önerilmez.

Tablonun en sağında yazılı değerler, ilgili akım trafosu değeri için röle tarafından güvenli kabul edilen, %100 toleranslı değerlerdir. İlgili akım trafosu ile ölçüm yapan reaktif güç kontrol rölesi kademelerine bu değere eşit ya da daha büyük kondansatör kullanılması önerilir.

Kullanılan kondansatörlerin ilgili akım trafosuna göre faz başına değeri, sağda yazılan değerlerin altına düşmesi durumunda, tablonun ortasında yazılan değerlere kadar düşmeden değiştirilmesi önerilir.

İlgili değerler faz başına yani bir fazlı kondansatör değerleridir. İki fazlı kondansatörler için tablodaki değerlerin 2 katı, üç fazlı kondansatörler için tablodaki değerlerin 3 katı geçerlidir.

Dijital güç kontrol röleleri, üç fazlı sistemin kompanzasyonunda, üç fazlı kondansatörler ile uyumludur. Bu nedenle kondansatörlerin belirlenmesi için ölçütleri iki parametre belirler. Bunlar:

- Sistemin toplam reaktif gücü nedir?
- Sistemde aynı güç değerinde sisteme anlık girip çıkan yük miktarı nedir?

Sistemin toplam reaktif gücü, kullanılacak olan kondansatörlerin toplam gücü demektir. Sadece ve sadece sistemden çekilen reaktif güç, sistemi kompanze edecek olan kondansatör toplam gücü demektir. **Sistemin emniyet ile çalıştırılması için, toplam kondansatör değerine en az % 20 tolerans payı eklenmeli ve kondansatör toplam değeri bu değer üzerinden yapılmalıdır.**

Sisteminizde kullanılacak olan kondansatörler, bildiğiniz gibi sistem stabil ise küçükten büyüğe doğru, ara değerleri elde edebilecek şekilde sıralanmalıdır. İyi kompanzasyon için en çok dikkat edilmesi gereken konu, ilk 3 kademedен sonrası için bir kondansatörün değeri, kendisinden önceki kondansatörlerin değerinin toplamından kesinlikle daha büyük olmamasıdır. **İlk 3 kademe de kondansatörler arası adım aralıklarının belirlenmesinde önemli rol oynar.**

- Kademeler dizilirken, en az kademe sayısında kompanzasyon sağlanmak isteniyorsa şu yöntem izlenmelidir:
 - İlk 3 kademe adım aralığının ne olacağını belirler. Olabildiğince küçük değerler tercih edilmelidir.
 - 3 kademedен sonraki kademeleri, kendisinden önceki güç değerleri toplamı kadar güçte kondansatör koyarak değerlerini bulmak
- Kademeler dizilirken en fazla kademe sayısında, ama en hassas kompanzasyon için şu yöntem izlenmelidir:
 - İlk üç kademe adım aralığının ne olacağını belirler. Olabildiğince küçük değerler tercih edilmelidir.
 - Üç kademedен sonraki kademeleri, kendisinden önceki güç değerleri toplamının yarısı kadar güçte kondansatör koyarak değerlerini bulmak

Röle kademe sayısında, sistemin ihtiyacı olan toplam güce ulaşamazsa son kademelerden başlanarak başa doğru, kondansatör güçlerini kendinden önceki kademelerin toplam gücün yarısı değil, kendisinden önceki kademelerin toplam gücü kadar seçilebilir.

Kademeler dizilirken, sistemde aynı zamanda senkronize olarak girip çıkan mevcut yükler var ise ve büyüklüğü biliniyor ise en hassas kompanzasyon için şu yöntem izlenmelidir:

İlk 3 kademe adım aralığının ne olacağını belirler. Olabildiğince küçük değerler tercih edilmelidir.

Üç kademedен sonraki kademeleri, kendisinden önceki güç değerleri toplamı kadar güçte kondansatör koyarak değerlerini bulmak

Tekrarlı olarak sistemde devreye giren yüklerin gücüne ulaştığımız zaman, ilgili güçte, arka arkaya en az alt zaman aralığının değeri adedinde kondansatör konulur. (Örneğin, sürekli 1.5 KVAR gücünde 5 adet yük saniyede bir devreye girip çıkıyor ise kondansatör diziliminde 1.5 KVAR gücüne ulaştığımız kademedен sonra zaman alt sınır değeri "talt" ne ise o adet kadar arka arkaya 1.5 KVAR'lık kondansatörleri bağlamak gerekir.)

Tekrar edilen kademelerden sonra, kendisinden önceki güç değerleri toplamı kadar güçte kondansatör koyarak değerlerini bulmak ve kademeler dolana kadar bu işlemi yapmak

Röle kademe sayısında, sistemin ihtiyacı olan toplam güce ulaşamazsa aynı güçte olan tekrar edilen kondansatör adedini azaltmalı ve kondansatör seçimini baştan yapılmalıdır.

2.6. Kondansatör Kademe Güçlerinin Tespiti ile İlgili Örnek Hesaplamalar

Örnek1: Bir sistemin akım trafosu 50/5'tir. Sistem tamamen açık olup maksimum güç çekiliyor iken üç fazdan da eşit olarak 15 Kvar reaktif güç çekiliyor ise bu sistemin kondansatör seçimi nasıl olmalıdır. (Sayaç mekanik farzediliyor.)

Çözüm1:

Toplam Reaktif Güç=15KVAR

Kondansatör toplam değeri için minimum %20 tolerans ilavesi yapmak gerekeceğinden,

Toplam Kondansatör Gücü=15x 1.2=18 kVAR

Minimum tolerans sadece zaman içerisinde azalacak olan kondansatör güçlerinin sistemde sorun çıkarmasını engellemek ve sisteme dahil olabilecek ilave küçük yüklerden sisteminizin etkilenmemesi amaçlıdır.

En az kademe sayısında çözüme ulaşmak için kondansatörler,

0.5 KVAR|1 KVAR|1.5 KVAR|2.5 KVAR|5KVAR|7.5KVAR

Fakat en az sayıda çözüme ulaşılması birçok sistem için iyi sonuç vermeyebilir. O neden ile tavsiye olunan kademelerin sayısını arttırmak ve kondansatör değerlerini bu kademelere yaymaktır. Önceki dizilişte 6 kademe ile yapılmıştı. Bu daha hassas nasıl yapılabilir? Şöyle ki:

Daha fazla kademe sayısında daha hassas çözüme ulaşmak için kondansatörler

1.Kademe	.....0.5	kVAR
2.Kademe	.....1	kVAR
3.Kademe	.....1.5	kVAR
4.Kademe	.....1.5	kVAR
5.Kademe	.....2	kVAR
6.Kademe	.....2.5	kVAR
7.Kademe	.....5	kVAR
8.Kademe	.....7.5	kVAR

Görüldüğü üzere 6 kademe üzerinde yapılan hamleler 8 kademeye yayılınca daha küçük aralıklar ile sıralanabilmektedir. Dikkat edildiyse 5 ve 7.5 KVAR değerlerinden vazgeçilmedi ama ara adımlar azaltıldı. Çünkü büyük adım atmamızı sağlayan kondansatörler, anlık işlemleri hızlandıracakları için onları çok küçültmemek de gerekmektedir. En azından sistemde tek başına büyük yük çeken cihazlar mevcut ise o cihazların değerlerine uygun kondansatör değerleri küçültülmemelidir.

Reaktif güç kontrol röleleri, sadece üç fazlı kondansatörler ile sistemi kompanze etmeye yönelik cihazlardı. Bu nedenden dolayı, sistemin ihtiyacı olan toplam reaktif güç üzerine % 20 tolerans dâhilinde kondansatörler, kolayca sıralanabilmektedir.

Reaktif güç kontrol rölesinde, her tip kondansatör takılabilmektedir. Çünkü sistemin tek fazdan kondansatöre ihtiyacı olursa bunu başka fazlarda etkisi olan kondansatör ile sağlamaz. R fazından 5 Kvar'lık reaktif güç çekiliyorsa 3 fazlı 5 Kvarlık kondansatör R fazını kompanze ederken S ve T fazları gereksiz kompanze edilmiş olacaktır. Bu neden ile sistemi incelerken bir fazlı, iki fazlı ve üç fazlı yükler olarak incelemek gerekmektedir.

Şöyle ki; Sistemi incelerken yapılması gerekenler, Sistemdeki tüm yükleri kapattırıp sadece bir fazlı yükleri devreye almalı ve sistemin her fazının reaktif güçlerini, ayrı ayrı ölçüp not alınmalıdır.

Bir fazlılar için yapmış olduğumuz ölçümü, iki fazlı yükler için önce 1-2 fazları üzerindikiler, 2-3 fazları üzerindikiler ve 1-3 fazları üzerindikiler olmak üzere ölçün ve ayrı ayrı not alınmalıdır.

Tüm sistemi kapattırıp sadece üç fazlı yükleri devreye alıp üç fazlı yüklerin toplam reaktif gücü not alınmalıdır.

Sonuç her fazdaki bir faz yüklerinin güçleri, iki fazlı yüklerin güçleri ve üç fazlı yüklerin güçleri belli olmaktadır. Öncelikle, ilgili fazlardaki güç toplamları belirlenir. İlgili aralıklarda fazları belirledikten sonra yapılacak işlem bu aralıklarda ihtiyaç kadar kondansatörleri kullanmaktır. Dijital güç kontrol rölelerinde kondansatör sıralama mantıklarına uygun olarak ilgili fazlarda kondansatörleri yerleştirilir. Dijital güç kontrol röleleri kondansatör sıralama anlaşılırsa her fazın toplamı için her iki fazlı yüklerin toplamı için ve toplam üç fazlı yük için aynı değerler uygulanır. Dikkat edilmesi gereken rölenin kademelerini en uygun dağılım ile kullanmaktır. Aşağıdaki örnek ile durum çok daha iyi şekilde anlaşılacaktır.

Örnek2: Bir sistemin akım trafosu 50/5'tir. Sistemde sadece bir fazlı yükler var iken ölçülen reaktif güçler, R fazında 2.1 kVAR, S fazında 4.1 kVAR, T fazında da 1.25 kVAR'dır.

Sistemde sadece üç fazlı yükler var iken her fazda da 9.8 kVAR indüktif yük çekildiği gözleniyor ise röle için kondansatör dizilimi nasıl olmalıdır (Sayaç elektronik kombi kabul ediliyor.) (Kombi sayaç, aktif, reaktif ve kapasitif sayaç birleştirilmiş şekilde).

Çözüm 2: Öncelikle bize her fazdan ayrı ayrı bir fazlı yükler ve üç fazlı yüklerin faz başına çekilen yük miktarları, verilmiştir. Böylece Faz 1

R fazı Reaktif Güç= 2.1 kVAR

S fazı Reaktif Güç= 4.1 kVAR

T fazı Reaktif Güç= 1.25 kVAR

Üç fazlı Toplam Reaktif Güç=9.8 kVAR demektir.

Kondansatör toplam değeri için minimum %20 tolerans ilavesi yapmak gerekeceği için

$$\text{Minimum Tolerans} = \text{Toplam Reaktif Güç} * (20/100)$$

demektir. Yani sistemin çektiği faz başına ve toplam reaktif gücün % 20'u, minimum tolerans değeri kabul edilir.

$$\text{Faz R Toplam Kondansatör Gücü} = 2.1 \times (1.20) = 2.52 \text{ KVAr}$$

$$\text{Faz S Toplam Kondansatör Gücü} = 4.1 \times (1.20) = 4.93 \text{ KVAr}$$

$$\text{Faz T Toplam Kondansatör Gücü} = 1.25 \times (1.20) = 1.5 \text{ KVAr}$$

$$\text{Üç fazlı Toplam Kondansatör Gücü} = 2.8 \times (1.20) = 3.36 \text{ KVAr}$$

Fazların kendi içlerinde ve üç fazlı toplam olarak sistemin çekmiş olduğu reaktif güç değerini bulduk ve buna minimum tolerans eklendi. İstenirse daha fazla tolerans koyarak olası ilave yüklerden dolayı, düşük kompanzasyona kalmadan, sisteminiz bunun üstesinden gelebilir. Minimum tolerans sadece zaman içerisinde azalacak olan kondansatör güçlerinin sistemde sorun çıkarmasını engellemek ve sisteme dâhil olabilecek ilave küçük yüklerden sistemin etkilenmemesidir.

Röle için en uygun kademe değerleri şu şekildedir:

Faz1 Üzerinde bir fazlı Kondansatörler(R) 1 KVAr |1.5 KVAr

Faz2 Üzerinde bir fazlı Kondansatörler(S) 1 KVAr|1.5 KVAr|2.5 KVAr

Faz3 Üzerinde bir fazlı Kondansatörler(S) 0.5 KVAr|1 KVAr

Üç fazlı kondansatörler 1 KVAr|1.5 KVAr|2 KVAr|2.5 KVAr|3 KVAr

2.7. OG Şönt Kapasitör Bankları Koruyucu Teçhizatı ve Devre Elemanları Teknik Şartnamesi

Türkiye Elektrik Dağıtım AŞ Malzeme Yönetimi Daire Başkanlığı Ankara-Türkiye
05.06.1996 TEDAŞ MYD/96-026

Şartnamenin önemli maddeleri alınmıştır tamamı için TEDAŞ'ın sitesinden incelenebilir.

➤ **Kapasitör Üniteleri**

- Kapasitör banklarının gerilim ve güç anma değerleri malzeme listesinde belirtildiği şekilde olacaktır. Aynı ortam sıcaklığı ve sistem gerilimi özelliklerini taşıyan banklarda, kapasitör üniteleri, bank içinde birbirleriyle değiştirilebilir tipte olacaktır.
- Kapasitör ünitelerinin +20°C'deki sığası, anma sığa değerlerinden -%5 ve +%10'dan daha farklı olmayacaktır.
- Kapasitörler, anma geriliminde, anma frekansında ve belirtilen en büyük ortam sıcaklığında anma akımının 1.3 katı akımla sürekli, anma geriliminin 1.10 katı gerilimde ise 24 saatte 12 saat süreyle çalışacaktır. Ayrıca belirtilen en düşük ortam sıcaklığında enerjilenebilecektir.
- Kapasitör elemanlarının yalıtkanı %100 polypropilen film veya daha üstün özellikte bir malzemedir olacaktır.
- Kapasitör üniteleri yalnızca NON-PCB (nonpolychlorinatedbiphenyls) türünde sıvı ile emprenye edilmiş olacaktır. Teklif sahibi teklifinde kullanılan emdirme (emprenye) sıvısı ile ilgili kimyasal bileşimi, fiziksel özellikleri, edinilen ticari işletme deneyimi ve yapılan kararlılık deneylerine ilişkin, bilgi verecektir.
- Kapasitör üniteleri içindeki bütün elemanlar sağlamca tutturulmuş olacak ve bütün bağlantılar, olağan çalışma koşulları sırasında oluşacak akım darbelerine yıpranmaksızın dayanabilecek nitelikte olacaktır.
- 6,3; 10,5; 15,8 kV Üniteler iki buşingli, 31,5; 33; 34,5 kV üniteler ise tek buşingli contasız tipte olacaktır.
- Kapasitör ünitelerinin mahfazaları, sızdırmayacak biçimde kapatılmış yük ve ortam sıcaklığındaki değişimlere karşı işletme ömrü boyunca korozyona dayanıklılığı sağlanmış olacaktır. Elemanların delinmesi durumunda mahfaza hasar görmeyecektir. Mahfazalar paslanmaz çelik malzemedir hermetik tipte olacaktır. Teklif sahibi, mahfazanın boyama yöntemini teklifinde belirtecektir.
- Tek buşingli kapasitör ünite mahfazasının topraklama veya topraktan yalıtılmış metal konstrüksiyon bağlantısı için, terminali bulunacaktır. Topraklama terminali mekanik bağlantı civata veya uzantılarından bağımsız olacaktır.

- Kapasitör ünitelerinin deşarj dirençleri, kapasitör ünitesinin gerilimini 5 dakikada 50 Voltun altına düşürecek şekilde, seçilecektir.

➤ **Sigortaları**

- Kapasitör üniteleri arızalara karşı harici veya dâhili tip sigortalarla korunacaktır. Haricî tip sigortaların özellikleri IEC 549, dâhili tip sigortaların özellikleri IEC 593 standartlarına uygun olacaktır.
- Sigortalar ilgili ünitenin anma akım etken değerinin en az 1.43 katını sürekli olarak taşıyabilecektir.
- Sigortalar, bütün çalışma koşullarında, arızalanan bir üniteyi veya bir elemanı diğer sağlam ünite, eleman veya sigortalara zarar vermeksizin devre dışı bırakacaktır.
- Sigortalar, dâhili veya haricî arızalanan nedeni ile sağlam ünitenin boşalması veya açma-kapama işlemleri neticesinde oluşacak inrush akımlarında çalışmayacak ve zarar görmeyecektir.
- Haricî sigortalar patlamalı (expulsion) tipte ve özellikte şönt kapasitör ünitelerini korumak için tasarlanmış olacak ve çalıştığında kapasitör ünitelerini izole edecektir. Sigortanın attığını gösteren güvenilir bir patlama (expulsion) elmanı bulunacaktır. Sigortalar, muayene ve değiştirme amacıyla kolaylıkla erişilebilir konumda olacaktır.
- Sigortaların patlama dayanımı, yüksek frekans boşalma akımından doğan enerjiyi karşılayabilecektir.
- Sigortaların boyutları, herhangi bir durumda arızalı bir kapasitör ünitesine akan enerjinin, mahfazanın patlamasına açmayacak şekilde olacaktır.
- Sigortalar, ünite veya elemanın nominal geriliminin 0,9-2,0 katı gerilim aralığında oluşacak arızada çalışacaktır. Sigorta çalıştıktan sonra kapasitör ünitesi veya elemanı nominal gerilimin 1,5 katı gerilime dayanacaktır.
- Dâhili sigorta attığında oluşacak hasarlar iç izolasyonun ortalama dielektrik karakteristiğinin azalmasına neden olmayacaktır.
- Dâhili sigortalı ünitelerin fabrika rutin deneyleri sırasında ünitenin içindeki bir dâhili sigortanın atması hâlinde, kapasitör ünitesinin sığısı tolerans dâhilinde kalsa bile söz konusu kapasitör ünitesi kabul edilmeyecektir.

➤ **Kapasitör Bankları**

- 900 kVAR ve üstü güçteki kapasitör bankları çift yıldız olarak dizayn edilecektir. 900 kVAR kapasitör bankları 6 üniteden, 1200 ve üstü güçteki kapasitör bankları ise 12 üniteden oluşacaktır. Aynı gerilim gurupları içerisindeki 900-1200-1800-2400-3600 kVAR kapasitör bankları, boyut ve özellikleri aynı olacak, sadece kapasitör ünitelerinin değiştirilmesi ile değişik güç kademelerinin elde edilmesini olanaklı kılacak şekilde modüler tarzda dizayn edilecektir.
- Direk tipi ve konsol tipi bankların gücü 600 kVAR'ı geçmeyecektir. Kapasitör bankları, boyut ve özellikleri aynı olacak, sadece kapasitör ünitelerinin değiştirilmesi ile değişik güç kademelerinin elde edilmemesi olanaklı kılacak şekilde modüler tarzda dizayn edilecektir.
- Bankın +20°C'taki sığası, anma sığa değerinin -%5 veya +%10'undan farklı olmayacaktır. Ayrıca herhangi iki fazın sığası arasındaki fark \pm %1'den fazla olmayacaktır(ünite sayısı 12 ve daha fazla olan banklar için).
- Kapasitör banklarının konstrüksiyonu, daldırma galvanizli çelikten, raflar alüminyum alışımlı veya daldırma galvanizli çelikten, baralar ise alüminyumdan imal edilecektir.
- Bankta kullanılacak bütün mesnet tipi izolatörler kendi aralarında değiştirilebilir olması için aynı tipte ve özellikte olacaktır.
- Kapasitör banklarının çelik konstrüksiyonu, kapasitör ünitelerinin yeterince havalanmasını sağlayacak biçimde tasarlanacaktır.
- Kapasitör banklarının çelik konstrüksiyonunun tasarımı
 - a) Rüzgar yükü 125 kg/m²
 - b) Güvenlik çarpanı en az 2
 - c) İzolatörlerin en büyük sürekli mekanik yük altında güvenlik çarpanı en az 3,5 olacak şekilde yapılacaktır.
- Güvenlik çarpanlarının sağlandığını gösteren tasarım ayrıntıları, imalattan önce ALICI'ya verilecektir.

➤ **Koruma-Ölçü-Kumanda Panosu**

Korumaölçü-kumanda panosu, ALICI'nın yürürlükte olan ilgili teknik şartnamelerine ve ekteki tek hat şemalarına göre tasarlanıp imal edilecektir.

Sekonder koruma ve kontrol sisteminin prensibi aşağıda belirtildiği şekilde olacaktır.

- Aşırı akım koruma (2 faz)
- Toprak aşırı akım koruması
- Aşırı gerilim koruma

Aşırı gerilim koruması bara gerilimlerinin 5 dakika süre ile % 120 değerine yükselmesi hâlinde, kapasitör bankını servis harici yapacak ve bara gerilimini %100 seviyesine düşünceye kadar bankın tekrar servise alınmasını önleyecektir.

- **Dengesizlik Koruması**

Yıldız-yıldız bankalarında “Dengesizlik Koruması”, iki yıldız noktasına bağlı bir akım transformatörü üzerinden beslenen aşırı akım rölesini içerecektir. Açma-kapama geçici rejimleri vb. sırasında istenmeyen açmaları yaptırmayacaktır. Dengesizlik akım koruma rölesi, bir kapasitör ünitesi sigortasının atması hâlinde bankı servis haricî edebilecektir.

- Koruma kumanda cihazlarının sinyalleri panoya gömme olarak monte edilecek sinyal lamba kutusuna taşınacaktır.
- Kapasitör uçlarındaki gerilim, anma gerilim değerinin %10’una düşünceye kadar elle ve röle marifetiyle enerjilenmesini önleyecek kilit sistemi olacaktır.
- Kapasitör bankları reaktif güç (VAr) kontrol rölesi ile denetlenecektir.

Baranın reaktif gücü ayarlanan değer üzerine çıktığında belli bir zaman gecikmesi ile bankı devreye alacaktır. Aynı şekilde ayarlanan değer altına düştüğünde belli bir zaman gecikmesi ile bankı devreden çıkartacaktır. Zaman ve reaktif güç değeri en düşük ve en yüksek ayar değerleri için ayrı ayrı ayarlanacaktır. Bu işlem tek bir röle ile yapılabileceği gibi yardımcı röle kombinasyonu (zaman rölesi vs.) ile de gerçekleştirilebilecektir.

- Cihazların kumanda gerilimi malzeme listesinde belirtildiği şekilde olacaktır.

- **İşaret Plakaları**

Şönt kapasitör bank ve ünitesi üzerinde (IEC-871-1’de) istenen bilgilere ek olarak aşağıdaki bilgileri içeren dayanıklı ve kolaylıkla görülebilen işaret plakaları olacaktır.

- Tipi ve seri numarası
- Deşarj süresi ve gerilimi
- İlgili standart numarası
- Alıcının adı ve sipariş numarası

Ayrıca her bir kapasitör ünitesi ve bank üzerinde, yaşamsal tehlikeyi belirten kırmızı uyarı levhası bulunacaktır. Bankın terminalleri görünür biçimde A,B,C diye işaretlenecektir.

➤ **Korozyona Karşı Önlemler**

• **Genel**

Metal bölümler korozyona dayanıklı malzemeden yapılacak ve yüzeyler korozyonu en aza indirecek şekilde işlenecektir.

Korozyona karşı aşağıdaki önlemler alınacaktır.

- Akım taşıyan parçalar demir içermeyen metalden olacaktır.
- İmalat ve montajda kullanılacak malzemeler galvanik korozyona yol açmayacak şekilde seçilecek ve düzenlenecektir.
- Akım taşıyan ya da yapı elemanı olarak kullanılan alüminyum alaşımından parçalar korozyona dayanıklı olacaktır.
- Demir parçalar galvanizli olacaktır.
- Korozyondan korunacak yüzeyler, düzgün, hasarsız, temiz ve kaplamanın ömrünü azaltan yabancı maddelerden arınmış olacaktır.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki uygulama sorusunu kondansatör bağlantıları konusundan edindiğiniz bilgiler ışığında çözümleniz.

380 volt, 50 Hz'li üç fazlı şebekeden beslenen bir fabrikanın görünür gücü 1000 Kva ve güç katsayısı 0,6 geridir. Fabrikanın güç katsayısını 0,95'a yükseltmek için kondansatör kullanılacaktır.

- Kondansatör grubunun gücünü,
- 12 kademeli RGKR kullanıldığı düşünülürse toplam kondansatör gücünün kademelere dağıtım işlemini yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör yapı çeşidini seçiniz.➤ Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör bağlantılarını seçiniz	<ul style="list-style-type: none">➤ Tesisimize göre bir AG güç kondansatörü çeşidi seçtikten sonra, tesiste kullanacağınız kondansatör gücünü bulmak için, hedeflenen Cos ϕ değerinin tablodaki karşılığı ile aktif gücü çarparak sonuca ulaşabiliriz.➤ Tesisiniz için uygulayacağınız kompanzasyon tesisatındaki kondansatör bağlantılarından yıldız veya üçgen bağlantı çeşidini seçiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için Evet, kazanamadığınız beceriler için Hayır kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Sistemdeki cosφ değerindeki yükselmenin gerektirdiği kondansatör gücünü hesaplayabildiniz mi?		
2.	12 kademe için, toplam kondansatör gücünü sistemi en iyi şekilde kompanze edecek şekilde dağıtabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Kondansatör, iletken iki tabaka (genellikle alüminyum folyo) ile bunların arasındaki di elektrik (yalıtkandan) oluşur.
2. () Alternatif akım devresindeki bir kondansatör, geçen akıma bir direnç gibi karşı koyar. Bu tür bir dirence endüktif direnç denir.
3. () $X_c = 1 / \omega C$ formülünden de anlaşılacağı gibi kapasite ne denli büyük olursa kapasitif direnç de o kadar büyük olur.
4. () Faz ve hat gerilimleri arasında farkın izolasyon bakımından çok önemli olmadığı alçak gerilim tesislerinde üçgen bağlama, yıldız bağlamaya göre 1/3 oranında daha ucuzdur. Onun için ekonomik sebeplerden dolayı kondansatörlerin üçgen bağlamaları tercih edilir.
5. () Dolu kondansatörlerin kendi başına bırakılmasında boşalma, günler ve haftalar olabilir. Bu sebeple kondansatör boşalma dirençleri üzerinden boşalacaktır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-3

AMAÇ

TSE standartları, şartnameler, Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliğine göre reaktif güç kontrol rölesini seçerek bağlantısını ve ayarlarını hatasız yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Kompanzasyon sistemlerinde kullanılan reaktif güç kontrol rölesi bağlantı özelliklerini ve çeşitlerini çevrenizdeki elektrikçilerden ve sanayii kuruluşlarından araştırınız.

3. REAKTİF GÜÇ KONTROL RÖLESİ BAĞLANTISI VE AYARLARI

3.1. Reaktif Güç Kontrol Rölesi ve Çeşitleri

3.1.1. Tanımı

Reaktif güç kontrol rölesi otomatik olarak ayarlanan güç kat sayısına ulaşmak için kondansatörleri devreye alıp çıkartma görevini yapan elektronik cihazdır.

Gösterge, kıyaslama ünitesi ve çıkış röle devre katlarından oluşur. Sistemde bulunan gerilim ile çekilen akımın faz farkını algılayarak çıkış röle gurubu aracılığı ile kondansatörleri kumanda eder.

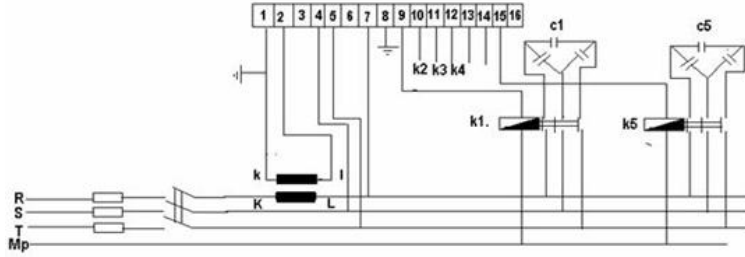
Güç kat sayısı düşünce kondansatörleri sıralı olarak devreye alır. Bir yandan da değişen güç kat sayısını ölçerek döngüsel kontrol yapar. Ayarlanan güç faktörünü sağlayacak kadar kondansatörü devrede tutar. Tek fazın akım bilgisi ile işlem yapan röleler yanında üç fazın da akımına göre işlem yapan röleler mevcuttur.

Tranformatör, elektrik motorları gibi endüktif yükler, mıknatıslanma akımlarından dolayı şebekeye reaktif yük getirir. Bu reaktif yükler buldukları devreye kondansatörler bağlanarak azaltılır veya yok edilir.

Reaktif güç kontrol röleleri, merkezi kompanzasyonda seçilmiş kondansatör gruplarının bataryalarını devreye alarak veya çıkararak güç kat sayısı değerini, kullanıcı tarafından ayarlanan güç kat sayısı değerine getirmeye çalışır.

3.1.1.1. Faz Bir Akım Trafolu Reaktif Güç Kontrol Röleleri

Reaktif güç kontrol röleleri (RGKR), merkezi kompanzasyonda tesisin reaktif gücünü kontrol ederek aktif gücün (W), görünür güce (VA) oranı olarak tanımlanan güç kat sayısının değerini kullanıcı tarafından ayarlanan güç kat sayısı değerine getirmeye çalışır. Bu işemi gerçekleştirmek için gerekli kondansatör bataryalarının otomatik olarak devreye alır veya çıkarır.

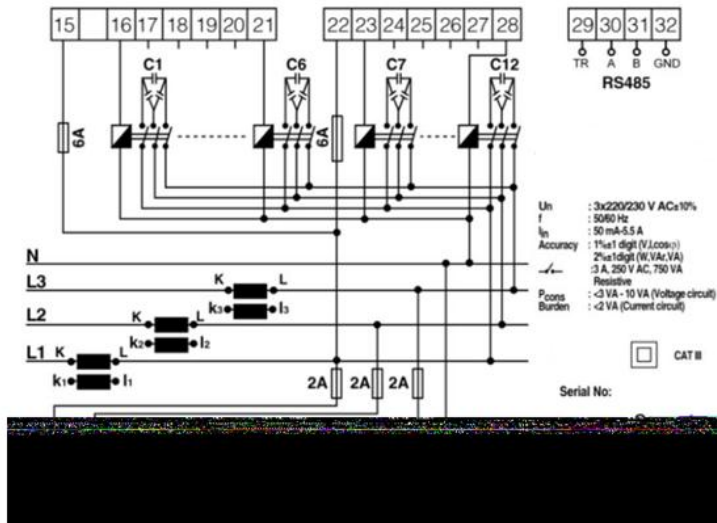


Şekil 3.1:Fazlı 1 Akım Trafolu Reaktif Güç Kontrol Rölesi Bağlantı Şeması

Bu tip RGKR'leri 3 fazlı dengeli ve şebekeden çekeceği yük oranı fazlar arasında değişmeyen sistemlerde kullanılır. Asenkron motorlar, trafolar vb. alıcılarda uygulanır. Bu RGKR'si bir fazdan ölçtüğü çekilen reaktif güç değerini diğer fazlardada eşit kabul ederek müdahale edeceğinden fazlar arasında dengesizlik olan sistemlerde kullanılmaz.

3.1.1.2. Faz Üç Akım Trafolu Reaktif Güç Kontrol Röleleri

3 fazlı sistemlerde kullanılan reaktif güç kontrol röleleridir. Bu röleler genellikle 1 fazlı motorlar, aydınlatma sistemleri ve 3 fazlı alıcıların beraber olduğu fabrika atölye vb. yerlerde kullanılır.



Şekil 3.2: Fazlı Dengeli Yük Reaktif Güç Kontrol Bağlantı Şemaları

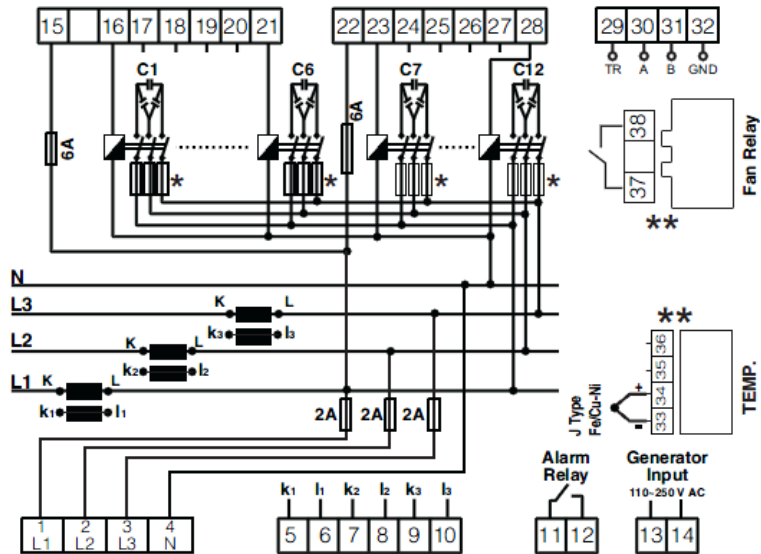
Şekil 3.1’de piyasada kullanılan rölelerden birinin bağlantısı verilmiştir. Röle bağlantıları markalara göre farklılık gösterebilir fakat her rölenin bağlantı şekli yanında verilmesinden dolayı herhangi bir zorluk yoktur dikkat edilmesi gereken röle bağlantılarını hatasız yapabilmek ve akım trafolarının polaritelerine ve faz sırasına dikkat etmektir yani akım trafosu 5-6 nu.lı klemanslere bağlanan fazın gerilim bilgisi 1 (L1) nu.lı klemense bağlanmalıdır. Bu sıra diğer fazlarda da önemle takip edilmelidir yoksa RGKR’si kompanzasyon yapmaz.

3.1.1.3. Faz Üç Akım Trafolu 1 Fazlı Kondansatör Bağlanabilen Reaktif Güç Kontrol Röleleri

3 ve 1 fazlı dengesiz yüklerde kullanılan reaktif güç röleleridir. Dengesiz kompanzasyon sisteminde gerekli olan kapasitif yükleri devreye alınmasını sağlar. Bu röleler bilgisayarlı haberleşme yapabilir. Bu özelliklerinden dolayı uzaktan reaktif güç kontrol rölesi izlenebilir ve ayarları değiştirilebilir.

Örneğin, her faz başına ölçülen reaktif güçler,
 $R=2.5$ KVAR
 $S= 3$ KVAR,
 $T =3,5$ KVAR’dır.

Reaktif röle yapılan ölçümlere göre en yakın grup olan 1. gruptaki 2,5 KVAR olan kondansatör grubunu devreye alır. Fakat S fazında 0,5 KVAR ve T fazında 1KVAR daha ihtiyaç vardır. Bu değerdeki reaktif güçleri 1 fazlı kondansatör gruplarından karşılar. Bir fazlı kondansatör gruplarının değerleri sistemin reaktif gücünün izlenmesi ile bulunur.

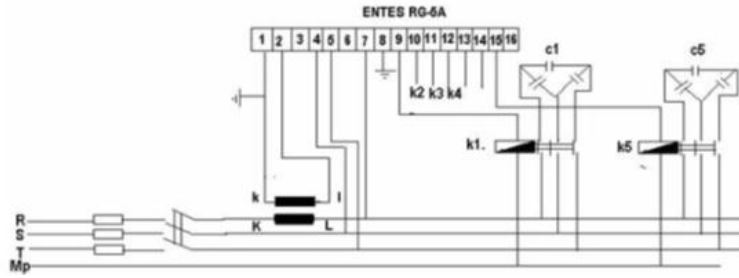


Şekil 3.3: Fazlı Dengesiz Yük Reaktif Güç Kontrol Bağlantı Şeması

Reaktif güç röleleri her fazı ayrı ayrı her fazı kompenze ederek doğru bir kompanzasyon sağlar.

3.2. Reaktif Güç Kontrol Rölesi Bağlantısı

Röleyi bağlamadan önce Şekil 3.1' deki bağlantı dikkatle incelenmelidir(3 fazlı röle).



Şekil 3.1: Reaktif güç kontrol rölesi bağlantı şeması

- Akım trafosu ana şalter çıkışına veya ana giriş sigortalarından birinin ayağına bağlanmalıdır. En çok karşılaşılan hata, akım trafosunun kompanzasyon panosundan sonra bağlanmasıdır. Bu durumda röle çalışmaz.
- Akım trafosu daima kondansatörlerden önce ve işletmenin ilk girişine bağlanmalıdır.
- Ayrıca akım trafosundan çıkan telleri en kısa yoldan (panonun demir aksamına ve diğer kablolarla sarmadan) tercihen 2x1,5 çoklu telli kablo kullanarak rölenin 1 ve 2 nu.lı uçlarına bağlanmalıdır.
- Akım trafosunun bağlı olduğu faz R olsun. Rölenin 4 ve 5. nu.lı klemenslerine mutlaka diğer iki fazı yani S ve T fazları bağlanmalıdır.
- % ayar düğmesi 0.33' e getirilmelidir (2006 yılı için TEDAŞ'ın ön gördüğü değerdir.).
- Röle otomatik konumuna alınmalıdır.
- C/k ayar düğmesi 0.05' e alınmalıdır. Devreye indüktif bir yük (örneğin motor) alınmalıdır. Röle üzerindeki ind ışığı yanmalıdır. Kap yanıyorrsa 4 ve 5 nu.lı uçlar
- ters çevrilmelidir.
- Ø Bundan sonra geriye kalan tek işlem c/k ayarının düzgün olarak yapılmasıdır.

3.3. Reaktif Güç Kontrol Rölesi Seçiminde Dikkat Edilecek Hususlar

Reaktif röle seçiminin hatalı yapılması sonucunda, birçok işletmede kompanzasyon tam olarak sağlanamamakta, doğal olarak da işletmeler harcadıkları enerjiyi verimli olarak tüketememekte ve bu neden ile ceza faturaları ile karşılaşmaktadır.

Birçok elektrik mühendis, teknisyen ve teknikeri, reaktif kompanzasyon konusunda müşavirlik yapmakta ve yanlış röle kullanımı neticesinde, işletmelerin ceza faturalarını ödemek zorunda kalmaktadırlar. Doğru sistem için doğru reaktif güç kontrol rölesinin

kullanılması, hem işletmelerin ve müşavirlerin zarar etmesini engelleyip hem de ülke ekonomisine katkıda bulunur.

Reaktif güç kontrol rölesi seçerken rölenin bulundurması gereken öneri olan özellikler:

- Sistemden çekilen güç miktarına uygun değerde kondansatörü kendisi tespit edip devreye alıp çıkarabilmelidir.
- Sadece Cos ϕ değerine göre değil sayacınızın yazma şekline göre reaktif kompanzasyonunuzu düzenlemelidir.
- Elektronik sayaç tipine uygun şekilde enerji sayabilmelidir.
- Sisteminizde, kondansatör alma bırakma zamanını, sizin belirlediğiniz sınırlar içerisinde, indüktif veya kapasitif sayacınızın açılması durumunda, kondansatör alma ve bırakma zamanını kendisi küçültüp büyütebilmelidir.
- Normal kabul edilen alanın belirlenebilmesi için C/K ayarlamasına gerek kalmadan, normal bölge aralığını kendi hesaplamalıdır.

Standartlara uygun olarak üretilen reaktif güç kontrol röleleri, sistem akımını dijital olarak algılayarak tesisin güç faktörünü hassas bir şekilde ölçer. Hesaplanan güç faktörünün istenilen değerler dışında olduğu durumda devreye kondansatör alır veya çıkarır.

Kondansatör kontaktörlerine cihaz içindeki röleler yardımıyla yol verilir. Bu röleler geçici akım rejimlerine ve açma kapama darbe akımlarına karşı dayanıklı olup kontak uçlarında kullanılan filtrelerle ark minimuma indirilmiştir. Röleler aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır:

- Ön panel kullanımı, çok fonksiyonlu tuşlardan oluşmalıdır.
- Fonksiyonlar set tuşu ile seçilmeli. Seçilen fonksiyon üzerindeki değiştirmeler yukarı ve aşağı tuşları kullanılarak yapılabilir.
- Elektrik enerjisi kesildiği takdirde kompanzasyon devre dışı kalmalıdır.
- Reaktif güç kontrol rölesi en az 5 ile 10 kademeli olmalıdır.
- Reaktif güç ayarını yapabilmek için C/k oranı hesaplanmalıdır (C:1. kademedeki kondansatör gücü, k; Akım trafosu dönüştürme oranıdır).
- Rölenin ön panelinde kademe sayısı kadar LED diyot bulunmaktadır. Işık veren LED sayısı kadar devrede kondansatör grubu bulunduğu anlaşılmaktadır.

3.4. Reaktif Güç Kontrol Rölesi Ayarları

% ayarı: Bu değer % 30 ayar noktasına alınır. Belirli bir çalışma sonunda aktif ve reaktif sayaç değerleri kaydedilerek oranlaması yapılır. Reaktif enerjinin aktif enerjiye oranı 0,33' ten az olmamalıdır. Bu ölçüte bağlı olarak % ayarı, %30, 20, 10 noktalarında tutulabilir.

- **C/k ayarı:** Bu tuşa basıldığında o anki C/k oranı displayde belirir. Aşağı-yukarı tuşları kullanılarak 0,00-2,00 değerleri arasında 0,05 hassasiyetle ayar yapılır. Bu tuş ile kullanılan kondansatör gruplarının akım trafosu dönüştürme oranı ile uyumlu çalışması sağlanır. C/k ayarının gereğinden küçük seçilmesi durumunda RGKR'si müdahale etmemesi gereken çok küçük değişikliklere dahi müdahale ederek akapatif reaktif endeksin artmasına neden olur.

➤ **C/k ayarı hesabı:**

$C = \text{İlk kademe kondansatör gücü}$, $k = \text{Akım trafosu dönüştürme oranı}$

Örnek: 1. kademe kondansatör gücü 5 kvar olan bir tesiste akım trafosu dönüştürme oranı 500/5 olduğuna göre C/k oranını bulunuz.

Çözüm: $C/k = 5 / (500/5) = 0,05$ olarak bulunur.

Ayrıca reaktif rölenin C/k oranının k_1 gibi bir çarpanı var ise $k_1 \times C/k$ şeklinde hesaplanır ve aşağı-yukarı tuşları ile bu değere ayarlanır.

0,2 X C/k AYARI İÇİN SEÇİM TABLOSU									
AKIM TRAFOSU U	SİSTEMDE 1. KADEMEDEKİ KONDANSATÖR GÜCÜ (KVAR)								
	10	12	20	25	30	40	50	60	100
50/5	0,2	0,3							
75/5	0,13	0,2	0,27						
100/5	0,15	0,15	0,2	0,03	0,3				
150/5	0,07	0,1	0,13	0,17	0,2	0,27			
200/5	0,05	0,08	0,1	0,13	0,15	0,2	0,25	0,3	
250/5	0,04	0,06	0,08	0,1	0,12	0,16	0,2	0,24	
300/5	0,03	0,05	0,07	0,08	0,1	0,13	0,17	0,2	
400/5	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,13	0,15	0,25
500/5	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,12	0,2
600/5	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,07	0,08	0,1	0,17
800/5	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,05	0,06	0,08	0,13
1000/5	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,1
1200/5	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,05	0,08
1500/5		0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,07

Şekil 3.1: C/k ayarı için seçim tablosu

UYGULAMA FAALİYETİ

Kompanzasyon panonuza reaktif güç kontrol rölesini bağlayarak aşağıda belirtilen ayarları yapınız.

1. Akım trafosu oranını giriniz.
2. $\cos\phi$, kademe sayısı, kondansatör devreye alma bırakma zamanı, kademe kondansatör güçleri, değerlerini giriniz.
3. Yüksek gerilim, akım harmoniği, gerilim harmoniği, ceza oranlarını giriniz ve değişiklikleri kaydediniz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ Kompanzasyon sistemi için gerekli reaktif güç kontrol rölesi (RGKR) çeşidini seçiniz.➤ Reaktif güç kontrol rölesinin besleme, ölçüm, kademe çıkışlarını hatasız bağlayınız.➤ Reaktif güç kontrol rölesinin besleme enerjisini vererek gerekli ayarları yapınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Tesisiniz için yük analizi yaparak fazların reaktif güç durumunu inceleyiniz. Reaktif güç kontrol rölesi tipini buna göre belirleyiniz. Toplam kondansatör gücüne göre ve yükün değişimine göre kademe sayısına karar veriniz.➤ Sistemin gerek duyduğu akım trafosu tespit ettikten sonra sırası ile RGKR'sinin önce besleme, sonra akım trafosu uçları gerilim uçları ve kondansatör kademe çıkışlarını bağlayınız.➤ RGKR'sine akım trafosu bilgisini giriniz. Kademe sayısı ve kademe güçlerini tanıtlınız. Kondansatör kademelerinin devreye girme çıkma sürelerini giriniz. Ceza oranlarını giriniz. Uyarı ayarlarını giriniz(yüksek gerilim, aşırı düşük kompanzasyon, yüksek harmonik oranları vb.).

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Kompanzasyon sistemi için gerekli reaktif güç kontrol rölesi (RGKR) çeşidini seçebildiniz mi?		
2.	Reaktif güç kontrol rölesinin besleme, ölçüm, kademe çıkışlarını hatasız bağlantısını yapabildiniz mi?		
3.	Reaktif güç kontrol rölesinin besleme enerjisini vererek gerekli ayarları yapabildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise **D**, yanlış ise **Y** yazınız.

1. () Reaktif güç kontrol rölesi otomatik olarak ayarlanan güç kat sayısına ulaşmak için kondansatörleri devreye alıp çıkartma görevini yapan elektronik cihazdır.
2. () 3 faz üç akım trafolu reaktif güç kontrol röleleri 2 fazlı dengeli sistemlerde kullanılan reaktif güç kontrol röleleridir
3. () Reaktif güç röleleri her fazı ayrı ayrı her fazı kompenze ederek doğru bir kompanzasyon sağlar.
4. () Akım trafosu ana şalter çıkışına veya ana giriş sigortalarından birinin ayağına Bağlanması sakıncalıdır.
5. () Akım trafosu kompanzasyon panosundan sonra bağlanır.
6. () Standartlara uygun olarak üretilen reaktif güç kontrol röleleri, sistem akımını dijital olarak algılayarak tesisin güç faktörünü hassas bir şekilde ölçer.
7. () Kompanzasyon devresi için röle üzerindeki ilgili ayar düğmesinden C/k değerini 0,5 değerine ayarlanırsa herhangi bir salınım tehlikesi olmadan en uygun kompanzasyon yapılmış olur.
8. () Doğru sistem için doğru reaktif güç kontrol rölesinin kullanılması, hem işletmelerin zarar etmesine sebep olur.
9. () Akım trafosunun bağlı olduğu faz R olursa. Rölenin 4 ve 5. nu.lı klemenslerine mutlaka diğer iki fazı yani S ve T fazları bağlanır.
10. () Bir fazlı kondansatör gruplarının değerleri sistemin reaktif gücünün izlenmesi ile bulunur.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-4

AMAÇ

Kombi sayaç bağlantısını hatasız yaparak Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği'ne göre endeksleri okuyup ceza oranını hesaplayabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Kompanzasyon sistemlerinde kullanılan sayaç özelliklerini ve hangi amaçlarla kullanıldığını araştırınız.
- Kompanzasyon sisteminde kombi sayaçların üstünlüklerini çevrenizdeki elektrikçilerden ve sanayii kuruluşlarından araştırınız

4. KOMBİ SAYAÇLAR

4.1. Kombi Sayaç Yapısı

Tüketilen aktif ve reaktif ve kapasitif enerjiyi tek başına ölçen sayaçlara kombi sayaçlar denir. Tarımsal sulama aboneleri, kurulu gücü yüksek sanayi abonelerinde, orta gerilim abonelerinde kullanılır. Kombi sayaçlara X5 kombi sayaç denmesinin sebebi akım trafosu ile kullanılmasından kaynaklanmaktadır.



Şekil 4.1: Kombi sayaçlar

Kombi sayaçlar yapı olarak diğer sayaçlardan bir farkı yoktur. Kombi sayaçlarda da akım bobinleri ve gerilim bobinleri bulunur akım bobinleri devreye seri, gerilim bobini devreye paralel bağlanır.

Dijital kombi sayaçalarda akım ve gerilim bobinleri bulunmaz bunun yerine akım ve gerilim sensörleri mevcuttur. Daha ayrıntılı bilgi için Dağıtım Panoları modülü incelenebilir.

Kombi sayaç bağlantıları diğer sayaç bağlantılarına benzer fakat bağlantı yapılırken aşağıdaki hususlar dikkat edilmelidir:

- Akım bobinlerinin giriş ve çıkış uçları
- Faz sırası
- Akım trafolarının polaritesi
- Gerilim trafolarının polaritesi

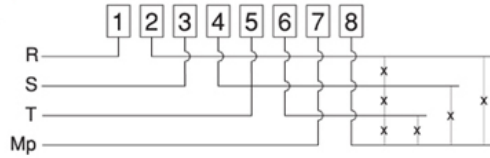
4.2. Kompanzasyon Sistemlerinde Kullanılan Sayaç Bağlantı Klemensleri ve Özellikleri

Kompanzasyon sistemlerinde sayaç bağlantılarında kullanılan klemensler sıra klemens yapısında olmalıdır. Bu klemensler aşağıdaki özelliklere sahip olmalıdır. Bu özellikler:

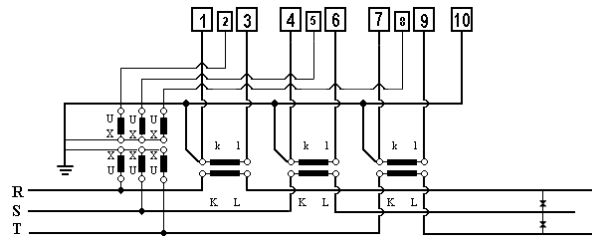
- Çift vidalı
- Titreşimlere karşı gevşeme özelliği en az olmalıdır.
- Klemens temas yüzeyi maksimum büyüklükte olmalıdır.
- Isınmaya karşı dayanıklı malzeme seçilmelidir.
- Eğer çok telli iletken kullanılırsa mutlaka kablo yüksüğü kullanılmalıdır.
- Klemenslere aşırı baskı uygulanmamalıdır.
- Akım uçlarına test klemensi, gerilim uçlarına sigortalı klemens bağlanmalıdır.
- Akım uçları 4 mm^2 gerilim uçları 2.5 mm^2 iletken ile bağlanmalıdır.
- Sayaç bölmesinin olduğu bölüm $\text{Ø } 8$ somunlu vida ile kapatılacaktır.
- Kolay bağlantı sağlayan özelliklerde olmalıdır.

4.3. Kombi Sayaç Klemensli Bağlantı Şeması

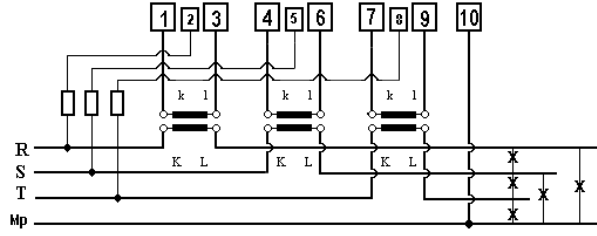
Piyasada birçok marka kombi sayaç bulunmasına rağmen genel olarak klemens bağlantı şekilleri birbirine benzemektedir. Yine de her sayaç bağlanmadan önce mutlaka bağlantı şekli incelenmelidir.



Şekil 4.2: Direk kombi sayaç bağlantı şeması



Şekil 4.3: Akım ve gerilim trafolu kombi bağlantı şeması



Şekil 4.4: Akım trafolu kombi sayaç bağlantı şeması

4.4. Kombi Sayaç Endeksleri

X5 Kombi tip sayaçlarda r fazı gerilimi s fazı akım uçlarına bağlandığında akım ile gerilim arasındaki açı değişeceğinden yanlış tüketim kaydetmektedir. Bu durumun başlama bitiş tarihleri sayaç içerisindeki yük profili kayıtlarından anlaşılabilir. Ters bağlantı ve faz sırası hatası durumlarında sayaç doğru yazmaya devam eder.

- (T) 1.8.0. Tüketilen toplam aktif enerji
- (R_i) 5.8.0. Tüketilen toplam reaktif enerji
- (R_c) 8.8.0. Sistemin fazladan ürettiği kapasitif reaktif enerji

4.5. Endekslere Göre Ceza Oranının Hesaplanması ve Örneklerle Açıklanması

Elektrik faturalarındaki cezalı ödemelerin genellikle farkına varılmaz. Aktif harcama sanılarak reaktif kullanımdan dolayı fazla fatura tutarları ödenir. Tesisteki kompanzasyon sisteminin düzenli olarak takip edilmesi ve periyodik bakımının yapılması gerekmektedir. Aksi hâlde oluşabilecek olumsuz durumda fazla elektrik faturası ödenmesi kaçınılmaz olabilir.

Örnek1: Faturamızın endüktif ve kapasitif kısmı vardır orda yazan miktarların (TL) toplamı ceza ücretidir. Fiyat yoksa da cezaya girilmemiştir.

1.8.0. Aktif	ilk	12166
1.8.0. Aktif	son	12452
5.8.0. Endüktif	İlk	5560
5.8.0. Endüktif	Son	5583
8.8.0. Kapasitif	ilk	990
8.8.0. Kapasitif	son	999

Bu değerlere göre reaktif ceza olup olmadığına bakılmalıdır.

Reaktif ceza yok, değerleri şöyle: R_i %8 , R_c %0 yani sınırların içerisinde ama takip etmeye devam edilmelidir.

➤ **Yapılacak işlem formülasyonu:**

- Aktif Harcanan = Aktif son okuma - Aktif ilk okumayı
- Aktif Harcanan = 12452- 12166
- Aktif Harcanan = 286

- Endüktif reaktif harcanan = Endüktif reaktif son okuma - Endüktif reaktif ilk okuma Endüktif reaktif harcanan = 5583 - 5560
- Endüktif reaktif harcanan= 23
- Kapasitif reaktif harcanan = Kapasitif reaktif son okuma - Kapasitif reaktif ilk okuma Kapasitif reaktif harcanan = 999 – 990
- Kapasitif reaktif harcanan = 9

- % Endüktif reaktif = Endüktif reaktif harcanan / Aktif Harcanan x 100
- % Endüktif reaktif =(23 / 286)x 100
- % Endüktif reaktif = 8,04 %8.04

➤ **Sınır değer aşılmadığından Cezada Değil**

- % Kapasitif Reaktif = Kapasitif reaktif harcanan / Aktif harcanan x 100
- % Kapasitif reaktif =(9 / 286)x 100
- % Kapasitif reaktif = 3.14 %3.14

➤ **Sınır değer aşılmadığından Cezada Değil**

Örnek2 : Faturanın endüktif ve kapasitif kısmı vardır orda yazan miktarların (tl) toplamı ceza ücretidir. Fiyat yoksa da cezaya girilmemiştir.

➤ **Aktif;**

- ilk değer : 4971
- son değer : 5200

➤ **Endüktif;**

- ilk değer : 2346
- son değer : 2430

➤ **Kapasitif;**

- ilk değer : 3581
- son değer : 3610

➤ **Yapılacak İşlem Formülasyonu:**

- Aktif Harcanan = Aktif son okuma - Aktif ilk okumayı

$$\text{Aktif Harcanan} = 5200 - 4971$$

$$\text{Aktif Harcanan} = 229$$

- Endüktif reaktif harcanan = Endüktif reaktif son okuma - Endüktif reaktif ilk okuma
Endüktif Reaktif Harcanan = 2430 - 2346
Endüktif Reaktif Harcanan= 84
- Kapasitif reaktif harcanan = Kapasitif Reaktif Son Okuma - Kapasitif reaktif ilk okuma
Kapasitif reaktif harcanan = 3610 – 3581
Kapasitif Reaktif Harcanan = 29
- % Endüktif reaktif = Endüktif reaktif harcanan / Aktif harcanan x 100
% Endüktif Reaktif =(84 / 229)x 100
% Endüktif Reaktif = 36,68 %36.68
- Sınır değeri aşıldığından Cezada
 - % Kapasitif Reaktif = Kapasitif Reaktif Harcanan / Aktif harcanan x 100
% Kapasitif Reaktif =(29 / 229)x 100
% Kapasitif Reaktif = 12,66 %12.66
- Sınır değeri aşılmadığından Cezada Değil
 - **50 KVA üzeri Kurulu güçlerde:**
 - % Endüktif Reaktif: Endüktif reaktif harcanan / Aktif Harcanan %20'den küçük olmalı
 - % Kapasitif reaktif kapasitif reaktif harcanan / Aktif harcanan %15 'ten küçük olmalıdır.
 - **50 KVA Altı Kurulu güçlerde:**
 - % Endüktif Reaktif: Endüktif reaktif harcanan / Aktif harcanan %33 'ten küçük olmalıdır.
 - % Kapasitif reaktif kapasitif reaktif harcanan / Aktif harcanan %20 'den küçük olmalıdır.
- **Ücretlendirme :**

Bu tür sayaçlar çarpanlıdır. Çarpan 20 (100/5 Akım trafosu mevcut) Sayaç da şu andaki endüktif tüketim (5.8.0) den,daha önceki faturanızdaki değeri çıkardığınızdaki fark değeri (çarpan var ise onunla çarpılacak),**11,275** ile çarpılacaktır.

Endüktif Reaktif Harcanan = 2347,560 - 2346,740
Endüktif Reaktif Harcanan= 0,82
Endüktif Reaktif Harcanan= 0,82x20 =16,24
Toplam Endüktif ücret : 16,24x11,275 = 183,106 kuruş ceza bedeli
Reaktif enerji birim fiyatı aktif enerji birim fiyatının %45'i dolayında

1 Ocak 2009 tarihi itibarıyla Endüktif % 15 ve Kapasitif % 10 olacaktır ama bu maddeden vazgeçildi çünkü bunun sağlanması mümkün değil. Hatta Avrupadaki standartlarda bile böyle bir oran yok.

O nedenle yeni yönetmelikte yapılacak değişiklikle **1 Ocak 2009 iptal edilip yerine, 1 Ocak 2008 tarihi itibarıyla Endüktif % 20 ve Kapasitif % 15 olması gündeme alınmıştır**. Yalnız bu oran bütün tüketiciler bazında geçerli olacaktır. Güncel ceza oranları için dağıtım şirketleri ile Tedaş resmi internet siteleri takip edilmelidir. Ayrıca bunlara ek olarak güç kalitesiyle ilgili sınırlar ve cezai yaptırımlar

Yani harmonikler sınırlandırılacak ve şebekeye sınırlar üstünde harmonik basan tüketicilere cezai yaptırımlar uygulanacaktır. Bu cezalar şebekeye bastığı harmonik oranıyla ilgili olmayacaktır. Sınırı geçen tüketiciye kurulu gücü oranında çok büyük cezalar kesilecektir.

Reaktif gücün aktif güce oranı 0.2'yi geçmemelidir. Yukarıdaki örneğe bakılırsa aktif güç 11.6, reaktif indüktif güç 6.4, bu durumda $6.4/11.6 = 0,55$. Görüldüğü gibi 0.2'den çok fazla (yani % 20'den fazla) cezaya girer (yeni yasaya göre sınır % 20'dir.).

Örnek 3:

- **Aktif :**
 - ilk değer : 4971,060
 - son değer : 4972,950 tüketim 1,89 kwatt
- **Endüktif:**
 - ilk değer : 2346,740
 - son değer : 2347,560 tüketim 0,82 kwar
- **Kapasitif:**
 - ilk değer : 3581,850
 - son değer : 3583,220 tüketim 1,37 kwar

örnek 4:

aktif : 1212,10
reaktif : 2466,60
kapasitif : 135,5 ise;

- endüktif oran=reaktif/aktif

endüktif oran=2466,60/1212,10
endüktif oran=%203,51 **ceza**

- kapasitif oran=kapasitif/aktif

kapasitif oran=135,5/1212,10
kapasitif oran=%11,18 **ceza yok.**

Örnek 5 :

aktif : 12102,10
reaktif : 2466,60
kapasitif : 135,5 ise;

- endüktif oran=reaktif/aktif

endüktif oran=2466,60/12102,10
endüktif oran=%20,38 ceza yok.

- kapasitif oran=kapasitif/aktif

kapasitif oran=135,5/12102,10
kapasitif oran=%1,11 ceza yok.

UYGULAMA FAALİYETİ

Kompanzasyon panonuza X5 kombi sayaç bağlantısını öğrenme faaliyetinizde verilen şemalara uygun olarak yapınız.

İşlem Basamakları	Öneriler
<ul style="list-style-type: none">➤ X5 kombi sayacınızın akım uçları ile akım trafosu sekonder uçlarına bağlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Akım trafosunun uçlarını sayaç akım uçlarına test klemansından $4mm^2$lik iletken ile yapınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ X5 kombi sayacınızın gerilim uçlarını akım trafolarını bağladığınız sırayla bağlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Gerilim uçlarını akım trafosu çıkışından sigortalı gerilim klemanslerinden geçerek $2,5mm^2$lik kablo ile yapınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Nötür klemansından nötür ucunu bağlayınız.	<ul style="list-style-type: none">➤ Notur hattını nötür klemansından geçerek bağlayınız.
<ul style="list-style-type: none">➤ Kombi sayaç ekranında $L_1L_2L_3$ yanıp sönyorsa faz sırasını değiştiriniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Pano barasına gelen fazlardan birini sabit bırakıp diğer ikisiniyer değiştiriniz.
<ul style="list-style-type: none">➤ Sayaç polarite hatası veriyorsa akım trafolarının $s_1 s_2$ uçlarını kontrol ederek düzeltiniz.	<ul style="list-style-type: none">➤ Akım trafolarının sekonder çıkış uçları polaritesi ters düzeltiniz.

KONTROL LİSTESİ

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadığınız beceriler için **Hayır** kutucuğuna (X) işareti koyarak kendinizi değerlendiriniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	X5 kombi sayacınızın akım uçları ile akım trafosu sekonder uçlarını bağlayabildiniz mi?		
2.	X5 kombi sayacınızın gerilim uçlarını akım trafolarını bağladığınız sırayla bağlayabildiniz mi?		
3.	Nötür klemansından nötür ucunu bağlayabildiniz mi?		
4.	Faz sıranız doğru mu?		
5.	Akım trafolarının polaritesi doğru mu?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “**Hayır**” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “**Evet**” ise “Ölçme ve Değerlendirme”ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Aktif ve reaktif gücün tek bir sayaçta ölçen cihazlara kombi sayaçlar denir.
2. () Kombi sayaçlarda da akım bobinleri ve gerilim bobinleri bulunur akım bobinleri devreye paralel, gerilim bobini devreye seri bağlanır.
3. () Kombi sayaç bağlantıları yapılırken faz sırasının önemi yoktur.
4. () Kombi sayaç bağlantıları yapılırken akım ve gerilim trafolarının poleritelerine dikkat edilmelidir.
5. () Kompanzasyon sistemlerinde sayaç bağlantılarında kullanılan klemensler sıra klemens yapısında olmalıdır.
6. () Kompanzasyon sistemlerinde sayaç bağlantılarında kullanılan klemensler temas yüzeyi maksimum büyüklükte olmalıdır.
7. () Kompanzasyon sistemlerinde sayaç bağlantılarında eğer çok telli iletken kullanılırsa kablo yüksüğü kullanılmaz.
8. () X5 Kombi tip sayaçlarda r fazı gerilimi s fazı akım uçlarına bağlandığında akım ile gerilim arasındaki açı değişeceğinden yanlış tüketim kaydetmektedir.
9. () Kompanzasyon sistemlerinde sayaç bağlantıları kolay bağlantı sağlayan özelliklerde olmalıdır.
10. () Kombi sayaçlar endükrif ve kapastif sayaçların tek kutuda toplanmasıdır.

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise “Modül Değerlendirme”ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruyu kondansatör güç hesaplamaları konusunda edindiğiniz bilgiler ışığında çözümleniz.

Günde 10 saat çalışan bir atölyenin, 2 aylık dönem sonucunda gelen elektrik faturasında 10000 Kwh aktif ve 8000 Kvarh reaktif değerleri yazılıdır. Bir sonraki dönemde cezalı ödemeyi engellemek için $\cos\phi=0,95$ yapılmak istendiğinde gerekli kondansatör gücünü ve 5 kademeli röleye göre dağılımını bulunuz [1 ay 25 gün alınacaktır.]

Aşağıdaki cümlelerin başında boş bırakılan parantezlere, cümlelerde verilen bilgiler doğru ise D, yanlış ise Y yazınız.

1. () Devrede ortalama değeri sıfır olan güce reaktif güç denir.
2. () Reaktif güçleri dirençler, aktif güçleri de endüktif ve kapasitif dirençler çekmektedir.
3. () Reaktif güç tüketicilerinden birkaçı şunlardır:
Kaynak makineleri, transformatörler, hava hatları, senkron motorlar
4. () Tüketicilerin reaktif güç ihtiyaçlarını karşılamak için çoklukla kondansatörler kullanılır. Kondansatörlerin kayıpları çok düşük olup nominal güçlerinin % 0,5'inin altındadır. Bakım masrafları da düşüktür. Tüketicilerin hemen yanına ve istenilen büyüklükte tesis edilebilme kolaylıkları da vardır. Bu nedenle tercih edilir.
5. () Grup kompanzasyonunda kondansatörlerin açma ve kapama esnasında meydana getirdikleri arkı karşılamak için uygun sigortalar kullanılmaktadır.
6. () Harmoniklerin zararlı etkilerini azaltmak için generatörlerde amortisman sargıları kullanılır.
7. () Tristörlü devreler daima harmonik akım üretir. Yine aşırı doymuş trafolar, ark fırınları, ark kaynak makineleri, doğrultmaçlar belli başlı yüksek harmonik üreten cihazlardır.
8. () Bugün şebekelerde güç katsayısının düzeltilmesi için kullanılan kuvvetli akım güç kondansatörleri, dielektriği kâğıt veya polipropilen film yahut da bunların karışığı olan kondansatörlerdir.
9. () Kapasitansı 1375Ω hesaplanmış bir kondansatöre 50 Hz ve 220 V'luk bir gerilim uygulanmıştır. Devreden geçen akım 0,23 amperdir.
10. () Günümüzde kompanzasyon sistemlerindeki kondansatörleri otomatik olarak devreye alan ve çıkaran eleman, reaktif röledir.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

Bu modül kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet**, kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (X) işareti koyarak öğrendiklerinizi kontrol ediniz.

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	Ortam tesisindeki reaktif güç tüketicilerini tespit edebildiniz mi?		
2.	Tesisin güç değerlerini tespit ettiniz mi?		
3.	Güç kat sayısının düzeltilmesi yararlarını tesbit ettiniz mi?		
4.	Tesise en uygun kompanzasyon sisitemini seçtiniz mi?		
5.	Kullanılacak kompanzasyon sistemi hesabını tesbit ettiniz mi?		
6.	Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör çeşidini seçip hesabını yaptınız mı?		
7.	Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör bağlantılarını belirlediniz mi?		
8.	Kompanzasyonda kullanılan kondansatörleri devreye alıp çıkarttınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda “Hayır” şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetlerini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız “Evet” ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Yanlış
5	Yanlış
6	Doğru
7	Yanlış
8	Doğru
9	Doğru
10	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Yanlış
4	Doğru
5	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Yanlış
5	Yanlış
6	Doğru
7	Doğru
8	Yanlış
9	Doğru
10	Doğru

ÖĞRENME FAALİYETİ-4'ÜN CEVAP ANAHTARI

1	Doğru
2	Yanlış
3	Yanlış
4	Doğru
5	Doğru
6	Doğru
7	Yanlış
8	Doğru
9	Doğru
10	Doğru

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

Günde 10 saat çalışan bir atölyenin 2 aylık dönem sonucunda gelen elektrik faturasında 10000 Kwh aktif ve 8000 Kvar reaktif değerleri yazılıdır. Bir sonraki dönemde cezalı ödemeyi engellemek için $\cos\phi=0,95$ yapılmak istendiğinde gerekli kondansatör gücünü ve 5 kademeli röleye göre kondansatör dağılımını bulalım.[1 ay 25 gün alınacaktır.]

$$\tan\phi_1=8000 \text{ kvarh} / 10000 \text{ kwh} = 0,8=\tan\phi_1 \quad \cos\phi_2=0,95 \quad \phi_1=18,19 \quad \tan\phi_1=0,328$$

$$\text{Çalışma süresi[h]}=10 \times 25 \times 2=500 \text{ saat} \quad P_1=10000 / 500 =20 \text{ kw}$$

$$Q_c=P_1 \times [\tan\phi_1 - \tan\phi_2]=20 \times [0,8 - 0,328]=20 \times 0,472=9,44 \quad Q_c=9,44 \text{ kvar veya;}$$

$$\tan\phi_1=0,8 \quad \phi_1=38,650 \quad \cos\phi_1=0,78 \quad F=0,47 \text{ (cetvelden)}$$

$$Q_c=P_1 \times F=20 \times 0,47=9,4 \quad Q_c=9,4 \text{ Kvar}$$

$$1:1:1:1:1 = 2:2:2:2:2 = \text{toplam 10 kvar}$$

1	Doğru
2	Yanlış
3	Doğru
4	Doğru
5	Yanlış
6	Yanlış
7	Doğru
8	Doğru
9	Yanlış
10	Doğru

KAYNAKÇA

- OKUMUŞ Deniz, **Yıldız Teknik Üniversitesi Kütüphanesi Bitirme Tezi Arşivi**, İstanbul, 2004.
- BAYRAM Mustafa, **Kuvvetli Akım Kondansatörleri ve Güç Katsayısının Tahsisi**, Temmuz-1977.
- İLİSA İsa, **Reaktif Güç Kompanzasyonunda Otomatik Kondansatör Tesisleri**, Ağustos-2000.
- İRKLİ Haydar, **Elektrik Şebekelerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu, Elginkan Vakfı Ümmehan Elginkan Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi**, 25 Ağustos-2005.
- SAÇKAN Ahmet Hamdi, **Doğru ve Alternatif Akım Devreleri Problem Çözümleri**, İstanbul.