

T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI



MEGEP

(MESLEKÎ EĞİTİM VE ÖĞRETİM SİSTEMİNİN
GÜÇLENDİRİLMESİ PROJESİ)

ELETRİK ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

KOMPANZASYON SİSTEMİ

ANKARA 2007

Milli Eğitim Bakanlığı tarafından geliştirilen modüller;

- Talim ve Terbiye Kurulu Başkanlığının 02.06.2006 tarih ve 269 sayılı Kararı ile onaylanan, Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında kademeli olarak yaygınlaştırılan 42 alan ve 192 dala ait çerçeve öğretim programlarında amaçlanan mesleki yeterlikleri kazandırmaya yönelik geliştirilmiş öğretim materyalleridir (Ders Notlarıdır).
- Modüller, bireylere mesleki yeterlik kazandırmak ve bireysel öğrenmeye rehberlik etmek amacıyla öğrenme materyali olarak hazırlanmış, denenmek ve geliştirilmek üzere Mesleki ve Teknik Eğitim Okul ve Kurumlarında uygulanmaya başlanmıştır.
- Modüller teknolojik gelişmelere paralel olarak, amaçlanan yeterliği kazandırmak koşulu ile eğitim öğretim sırasında geliştirilebilir ve yapılması önerilen değişiklikler Bakanlıkta ilgili birime bildirilir.
- Örgün ve yaygın eğitim kurumları, işletmeler ve kendi kendine mesleki yeterlik kazanmak isteyen bireyler modüllere internet üzerinden ulaşabilirler.
- Basılmış modüller, eğitim kurumlarında öğrencilere ücretsiz olarak dağıtılır.
- Modüller hiçbir şekilde ticari amaçla kullanılamaz ve ücret karşılığında satılamaz.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR	iii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1. KOMPANZASYON SİSTEM HESAPLARI	3
1.1. Güç ve Güç Katsayısı	3
1.1.1. Güç Çeşitleri, Tanımları ve Güç Vektör Diyagramı	3
1.1.2. Güç Katsayısı	5
1.2. Reaktif Güç Tüketicileri	7
1.3. Reaktif Güç İhtiyacının Tespiti	7
1.4. Bir Tesise Ait Güç Değerlerinin Tespiti	8
1.4.1. Tesis Proje Safhasında İken	8
1.4.2. Tesisteki Ölçü Aletlerinden	8
1.5. Reaktif Güç Kompanzasyonu	9
1.5.1. Dinamik Faz Kaydırıcılar (Senkron Makineler)	9
1.5.2. Kondansatör ile	13
1.6. Güç Katsayısının Düzeltilmesinin Faydaları	16
1.6.1. Şebekedeki Yararları	16
1.6.2. Tüketicideki Yararları	16
1.7. Kompanzasyon Tesislerinin Düzenlenmesi	16
1.7.1. Orta Gerilim Tarafında Kompanzasyon	16
1.7.2. Alçak Gerilim Tarafında Kompanzasyon	19
1.8. Kompanzasyon Sistem Çeşitleri	20
1.8.1. Bireysel Kompanzasyon	20
1.8.2. Grup Kompanzasyon	26
1.8.3. Merkezi Kompanzasyon	26
1.9. Harmoniklerin Kompanzasyon Tesislerindeki Etkileri	27
1.9.1. Harmonikli Elektriksel Büyüklükler	27
1.9.2. Harmoniklerin Üretilmesi	28
1.9.3. Harmoniklerin Kondansatörler Üzerindeki Etkisi	31
1.9.4. Harmoniklerin Elektrik Tesisleri Üzerindeki Etkisi	32
1.9.5. Harmoniklerin Ortadan Kaldırılması	33
1.10. Kompanzasyon Tesislerinde Rezonans Olayları	36
1.10.1. Titreşim Devreleri	36
1.11. Alçak Gerilim Kompanzasyon Tesisleri Teknik Şartnamesi	38
1.12. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği	42
UYGULAMA FAALİYETİ	45
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	46
ÖĞRENME FAALİYETİ 2	48
2. KOMPANZASYON KONDANSATÖRLERİ	48
2.1. Kondansatörler	48
2.1.1. Genel Yapısı	48
2.1.2. Standart Güç Değerleri	50
2.1.3. AG ve OG Güç Kondansatörleri	50
2.2. Kondansatör Hesabı	51
2.2.1. Kapasite	51

2.2.2. Kapasitif Reaktans	52
2.2.3. Akım Hesabı	52
2.2.4. Kondansatör Güç Hesabı	53
2.3. Konsansatörlerin Bağlantıları	55
2.3.1. Yıldız ve Üçgen Bağlantı	55
2.4. Kondansatörlerin Devreye Alınmaları ve Devreden Çıkarılmaları	57
2.4.1. Aşırı Kompanzasyon Zararı	57
2.4.2. Devreye Alınmaları	58
2.4.3. Kondansatörlerin Seri ve Paralel Bağlanmaları	59
2.4.4. Kondansatörlerin Devreden Çıkarılmaları ve Boşaltılmaları	62
2.5. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği	63
UYGULAMA FAALİYET	66
UYGULAMA FAALİYETİ	67
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	68
MODÜL DEĞERLENDİRME	70
CEVAP ANAHTARLARI	74
ÖNERİLEN KAYNAKLAR	76
KAYNAKÇA	77

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0079
ALAN	Elektrik 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	Genel Amaç Uygun ortam sağlandığında standartlara, şartnamelere kuvvetli akım yönetmeliğine uygun ve hatasız olarak kompanzasyon sistem tasarımı, hesaplamalarını yapabilecek ve kondansatörleri seçebileceksiniz. Amaçlar 1. Kompanzasyon sistemi hesaplamalarını hatasız olarak yapabileceksiniz. 2. Kompanzasyon sistemi kondansatörlerini hatasız olarak seçebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Kumanda atelyesi ortamı, takımhane, takım çantası gibi el ve güç aletlerinin bulunduğu ortamlar, kumanda elemanları, kondansatörler, AG, OG, ve YG. ölçü aletleri donanımları
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Her faaliyet sonrasında o faaliyetle ilgili değerlendirme soruları ile kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modül sonunda size ölçme aracı (uygulama, soru-cevap) uygulayarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

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

Bu faaliyette verilen bilgiler doğrultusunda, uygun ortam sağlandığında, TSE ve ilgili yönetmeliklere paralel olarak, kompanzasyon sistemlerini tanıyacak ve hesaplamalarını öğrenmiş olacaksınız. Bu bilgiler doğrultusunda uygulama yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

Kompanzasyon sistemlerinin nerelerde ve hangi amaçlarla kullanıldığını araştırınız. Kompanzasyon sisteminin faydalarını ve zararlarını çevrenizdeki elektrikçilerden ve sanayii kuruluşlarından araştırınız. Evinizde kompanzasyon sistemi kullanılabilir mi, niçin?

1. KOMPANZASYON SİSTEM HESAPLARI

1.1. Güç ve Güç Katsayısı

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.

$$P=U.I. \cdot \cos \varphi$$

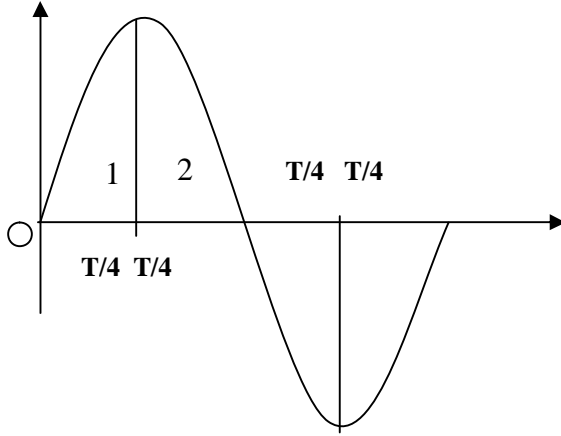
Aktif güç U gerilim vektörü ile I. CosJ akım vektörünün çarpımına eşittir. Akımın da iki vektörü olduğu gözönünde bulundurulmalıdır. $I_a = I \cdot \cos J$ bileşene faydalı akım, $I_r = I \cdot \sin J$ ise reaktif iş yapmayan bileşendir.

Omik (Saf Direnç) devrelerde $\cos \varphi = 1$ ' dir. Bunu sonucu olarak omik devrelerde aktif güç mevcuttur ve $P=U.I$ ' dir.

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

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.

$$S = U \cdot I \quad \text{Volt} * \text{Amper}$$

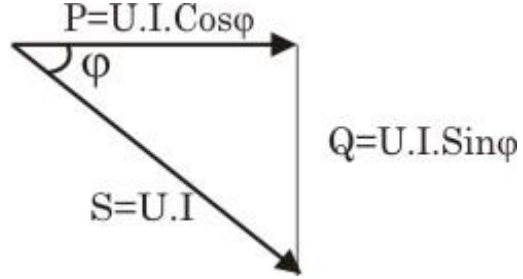
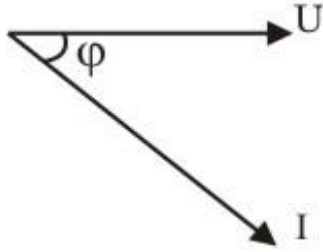
S = görünür güç (VA)

U = Gerilim (volt)

I = Akım (Amper)

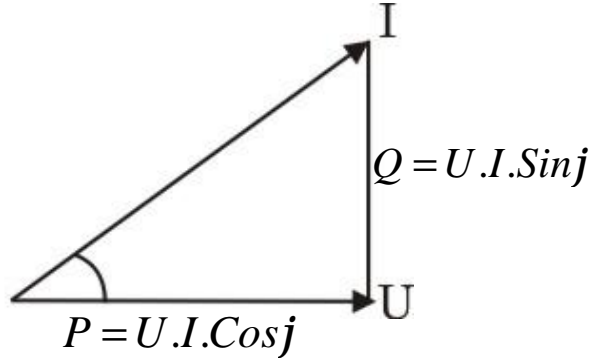
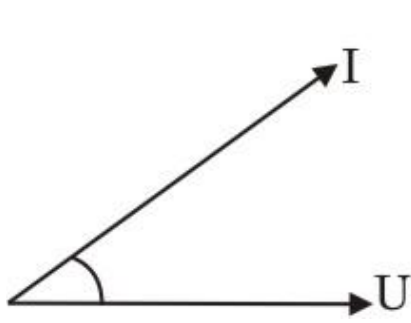
1.1.1.4. Güç Üçgeni

Ortalama (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

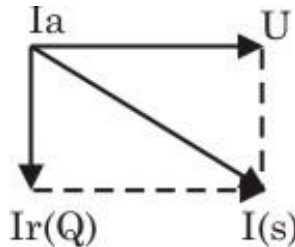
Şekil 1.5: Kapasitif devrede güç üçgeni

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

1.1.2. Güç Katsayısı

1.1.2.1. Tanımı

Gerilimle, "I" akımı arasında kalan açının (zaman açısı)kosünüsüne GÜÇ FAKTÖRÜ ($\cos\phi$) adı verilir.



Şekil 1.6: Akım gerilim arasındaki açı ($\cos\phi$)

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

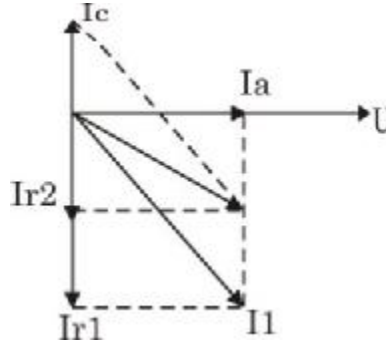
Açı küçüldükçe $\text{Cos}\phi$ değeri büyür

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

1.1.2.2. Hesabı

Kompanzasyon sistemlerinin kurulması sonucunda devreye bağlanan kondansatörlerin akımı, devreden çekilen akımın reaktif bileşenini azaltacağından açıyı küçültür. Bunun sonucunda da $\text{Cos}\phi$ değeri büyür.

$$\text{AKTİF GÜÇ} / \text{GÖRÜNÜR GÜÇ} = (W) / (VA) = \text{Cos}\phi$$



Şekil 1.7: Kapasitif akım ile $\text{cos}\phi$ 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: a) $S = U.I = 120.8 = 960 \text{ VA}$

b) $P = 720 \text{ W}$, $P = U.I.\text{Cos}\phi$,

c) $\text{Cos}\phi = 0,75$, $\phi = 41,4^\circ$,

d) $Q = U.I.\text{Sin}\phi = 120.8.0,66 = 633,6 \text{ VAR}$

$$\text{Cos}\phi = 720 / (120.8) = 0,75$$

$$\text{Sin } 41,4^\circ = 0,66$$

ÖRNEK 2.

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

$$S = U.I = 220.50,5 = 11110 \text{ VA}$$

$$Q = U.I.\text{Sin}\phi = 220.50,5.0,43 = 4777,3 \text{ VAR}$$

$$P = U.I.\text{Cos}\phi = 220.50,5.0,9 = 10000 \text{ WATT}$$

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

$$I_1 = P/(U. \text{Cos}\phi) = 10000/(220. 0,9) = 50,5 \text{ A. olur.}$$

1.2. Reaktif Güç Tüketicileri

Manyetik 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:

- Ø Düşük ikazlı sekron makineler
- Ø Asenkron motorlar
- Ø Senkron motorlar
- Ø Bobinler
- Ø Transformatörler
- Ø Redresörler
- Ø Endüksiyon fırınları, ark fırınları
- Ø Kaynak makineleri
- Ø Hava hatları
- Ø Floresan lamba balastları
- Ø Sodyum ve cıva buharlı lamba balastları
- Ø 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.

Ø 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.

Ø 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.

Ø Ticarethaneler

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

Ø 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.

Ø Sokak Aydınlatması

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

1.4. Bir Tesise Ait Güç Değerlerinin Tespiti

1.4.1. Tesis Proje Safhasında İken

Tesis proje aşamasında olduğu zaman güç katsayısı 0,7 olarak dikkate alınır Gerekli kondansatör gücü $Q_c = P \times 0,67$ kVAr olarak bulunur.

1.4.2. Tesisteki Ölçü Aletlerinden

Ø Ampermetre, voltmetre ve cosinüsifimetre var ise

$$S = \sqrt{3} U_h I_h \quad P = S \cdot \cos \phi \quad Q^2 = S^2 - P^2$$

$Q_c = Q - (P \times \tan \phi) \dots \dots$ kVAr ile bulunur.

Ø Ampermetre, voltmetre ve bir aktif sayaç var ise

$$S = \sqrt{3} U_h I \quad P = \frac{\text{saatteki led yanma sayısı}}{\text{ledin yanma sabitesi}} \quad Q^2 = S^2 - P^2$$

$Q_c = P(\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \dots \dots$ kVAr olarak bulunur.

Ø Tesiste aktif ve reaktif sayaç var ise

Sayaç sabiteleri ve saatteki tur sayısı dikkate alınıp P ve Q güçleri bulunur.

$$Q_c = Q - P \cdot \tan \phi \dots\dots \text{kVAr}$$

Ø Aktif, reaktif sayacın olduğu işletmeye işletme süresi belirli aktif ve reaktif tüketim faturası geliyor ise.

$$Q_c = \frac{\text{Aktif Tüketim} - \text{Reaktif tüketim} \times \tan \phi}{\text{İşletme Süresi}} \dots\dots \text{kVAr}$$

1.5. Reaktif Güç Kompanzasyonu

Tüketicilerin reaktif güç ihtiyaçlarını karşılamak için iki tip araçtan yararlanılır:

- Ø Dinamik faz kaydırıcılar, aşırı ikaz edilmiş senkron. (senkron kompanzatorler).
- Ø 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 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 boşta çalışma kayıplarını karşılayacak kadar az bir aktif güç ve şebekeye istenen reaktif gücü vererek, bir reaktif güç üreticisi olarak çalışır.

Senkron faz kaydırıcıların kayıpları kondansatörlere göre daha yüksek olduğu gibi bunların devamlı bir bakıma ihtiyaçları da vardır. Ayrıca güçleri çok yüksek olduğu halde, ekonomik olarak yapımı ve temini mümkün olur. Bundan başka üreticiler, bir tüketim merkezinin civarına yerleştirildiğinden sadece generatörler ve yüksek gerilim enerji iletim hatları ve buna ait transformatörler kullandıkları halde tüketim merkezine bir veya iki kademeli orta gerilim şebekeleri ile alçak gerilimli dağıtım şebekesi reaktif güç nakletmek zorunda kalırlar. Onun için dinamik faz kaydırıcılar bugün ancak, özel hallerde ve ekonomik şartların gerçekleştiği yerler de kullanılır.



Resim 1.1: Şebekeden reaktif güç çeken farklı güçlerdeki motor çeşitleri

Ø Senkron Motorlar İle Güç Kompanzasyonu

Güç katsayısının düzeltilerek aktif gücün (gerçek güç) artmasını sağlamak için senkron motorlar kullanılır. Bu amaçla kullanılan senkron motorlara SENKRON KOMPANSATÖR veya SENKRON KONDANSATÖR adı verilir. Resim 1.1’de üç fazlı bir şebekeye bağlanmış, geri güç katsayılı (endüktif) bir alıcı ile aynı şebekeye bağlanmış 3 fazlı bir senkron motor görülüyor. Senkron motorun boşa fazla uyarımlı çalıştığını ve kayıplarının olmadığını düşünelim. Bu durumda senkron motorun akımı gerilimden 90° ilerdedir. Şekil.1.8.b’ de yük akımı I_y , Şebeke gerilimi U_y ’den f_y den geride gösterilmiştir. Senkron motorun akımı I_s ise gerilimden 90° ilerdedir. Devreye senkron motor bağlanmadan önce şebekeden çekilen akım I_y kadar iken, senkron motor bağlandıktan sonra çekilen akım I kadar olmaktadır.

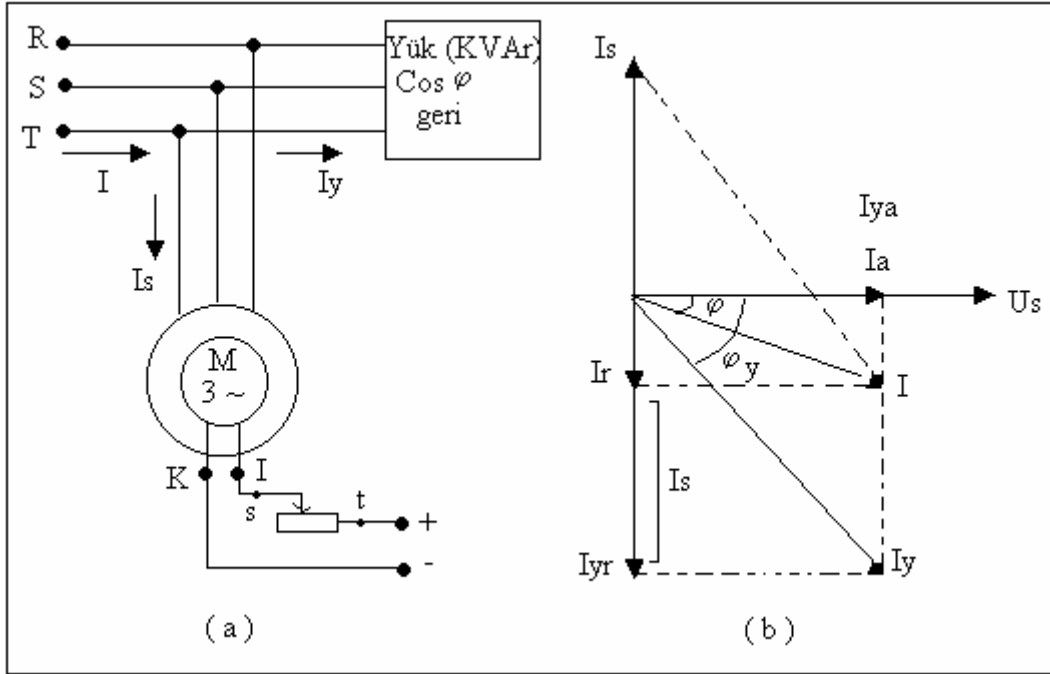
I_y akımının iki bileşeni I_{ya} aktif I_{yf} ise reaktif bileşen olarak tanımlanır. I akımının aktif bileşeni I , reaktif bileşeni ise I_r ’dir. $I_a = I_{ya}$ olduğuna göre, senkron motor bağlandıktan sonra da çekilen güç aynı kalmıştır. Çünkü senkron motorun gerçek gücü sıfırdır.

$$I_{ya} = I_y \cdot \cos f_y \quad I_a = I \cdot \cos f \quad I_{yf} = I_a \text{ olduğundan,}$$

$I_y \cdot \cos f_y = I \cdot \cos f$ dir. $I_y > I$ olması bize senkron motor bağlandıktan sonra şebekeden çekilen akımın azaldığını gösterir.

ÖRNEK 1:

100 KVA, $\cos f = 0,6$ geri güç katsayılı ve 2300 V’luk 3fazlı bir yüke kayıpları olmayan fazla uyarımlı 35kVAlık bir senkron motor boşa paralel bağlandığında sistemin güç katsayısı ne olur?



Şekil 1.8: (a) Senkron motor ile güç kat sayısının düzeltilmesi

(b) Senkron kompensatör vektör diyagramı.

$$\text{Yükün çektiği akım } I_Y = \frac{100000}{2300\sqrt{3}} = 25A$$

$$\text{Senkron motorun akımı } I_S = \frac{35000}{2300\sqrt{3}} = 8,8A$$

$$I_{YA} = I_Y \cdot \cos\phi_y = 25 \cdot 0,6 = 15A$$

$$I_{YR} = I_Y \cdot \sin\phi = 25 \cdot 0,8 = 20A$$

$$I_R = I_{YR} - I_{SM} = 20 - 8,8 = 11,2A$$

$$I = \sqrt{15^2 + 11,2^2} = 18,72A$$

$$\cos\phi = \frac{15}{18,72} = 0,8 \quad \text{bulunur.}$$

Görüldüğü gibi senkron motor bağlanmadan önce şebekeden 25 A çekilirken, senkron motor bağlandıktan sonra aynı güç için çekilen akım 18,72 Ampere düşmektedir. Böylece hatlarda düşen gerilim ve güç kaybı azalmaktadır. Sistemin daha önceden 0,6 olan güç kat sayısı, senkron motor bağlandıktan sonra 0,8'e yükselmektedir.

Sistemin güç kat sayısının 1 olması için reaktif akımın sıfır olması gerekir. Bunun için yük akımının reaktif bileşeni I_{yr} 'nin senkron motor akımı I_{sm} ' ye eşit olması gerekir. Bu durumda yani $I_{yr} = I_{sm}$ olduğunda sistemin güç kat sayısı 1 olur. Sistem omik olarak çalışır.

Yükün reaktif bileşeninin, senkron motorun akımı I_{sm} 'den büyük olduğu durumlarda ($I_{yr} > I_{sm}$) sistem endüktif, küçük olduğu durumlarda ise kapasitif çalışır.

ÖRNEK 2:

Örnek 1 deki fabrikaya bir senkron motor bağlanarak sistemin güç kat sayısının 1 olması isteniyor. Bunun için gerekli senkron motorun KVA olarak görünür gücü ne kadar olmalıdır?

Yükün aktif bileşeni (gerçek gücü) P_y ;

$$P_y = S_y \cdot \cos \phi_y = 100 \cdot 0,6 = 60 \text{ kW.}$$

Reaktif bileşeni (kör gücü)

$$Q = S_y \cdot \sin \phi_y = 100 \cdot 0,8 = 80 \text{ KVAR bulunur.}$$

Sistemin güç kat sayısının 1 olması için $Q = Q_s$ olması gerekir. Buna göre şebekeye bağlanacak senkron motorun KVA olarak görünür gücü 80 KVA olmalıdır. Sisteme 80 KVA'lık bir senkron motor bağlandığında, şebekeden çekilen reaktif güç sıfır olur. Reaktif gücün sıfır olması ise sistemin omik ($\cos \phi = 1$) olarak çalışması demektir.

1.5.2. Kondansatör ile

“Statik”adı; kullanılan teçhizatın döner sistemler yerine indüktivite, kapasite ve tristör gibi elemanların kullanılmasından doğar. “Faz Kaydırma”deyimi ise yine bu elemanlarla gerilim ve güç faktörünün düzeltilmesinde kullanılmalarından dolayı verilmektedir.



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

Ø Kondansatörler ve Kondansatörlerin Hesabı

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.

Kondansatörler bugün kuvvetli akım tesislerinde gittikçe artan bir önem kazanmıştır. Kondansatörlerin beher KVAR başına maliyet bedelleri, orta büyüklükteki senkron kompanzatorlerinden daha düşük olduğu gibi, bu fiyatta büyük bir artış olmadan bunların her güçte imali mümkündür. Kondansatörlerin tesisi kolaydır ve gerektiğinde kolaylıkla genişletilerek gücü artırılabilir. 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 halinde zarar içeren bir eleman şayet kısa zamanda teşhis edilirse az bir masrafla yenisi ile değiştirilerek işletmeye fazla ara vermeden tamir yapılmış olur.

Kondansatör tesisleri birçok elemandan meydana geldiğinden bunların nakli kolay, tesisi ve bağlanması rahat ve istenen kapasitenin elde edilmesi mümkündür. Kondansatör birbirinden izole edilmiş iki metal elektrottan oluşur. Elektrotlara gerilim tatbik edilince elektrolite yüklenirler. Yüklenen elektrik miktarı Q ($Q = C.U$) gerilimle doğru orantılıdır. Orantı faktörü C, o kondansatörün kapasitesi olarak nitelendirilir. Bu faktör, gerilim değerine, yüklenme veya boşaltma süresine bağlı değildir.

İki düzey levha arasındaki kapasite değeri C:

ϵ = Dielektrik sabitesi

F = Elektrot yüzeyi (m²)

d = Elektrotlar arasındaki mesafe (m)

$$C = \epsilon \frac{F}{d}$$

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

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

ÖRNEK 1: 220 v 50 Hz li kaynaktan 700 μ A çeken bir kondansatörün kapasitesi kaç mikrofaraiddir?

$$\begin{aligned} \text{Çözüm: } X_c &= 220 / 700 \cdot 10^{-3} = 314,29 \, \Omega \\ C &= 10^6 / (2\pi \cdot f \cdot X_c) = 10^6 / (2\pi \cdot 50 \cdot 314,29) = 10,14 \mu\text{f}. \end{aligned}$$

Reaktif güç ihtiyacını tespit edebilmek, sistemin zahiri gücünü ve bu güce ait güç kat sayısını ve yükseltmek istenen güç kat sayısını bilmek gerekir.

Şartname gereği yükseltmek istenen güç katsayısının $\cos \varphi^2$ 0,95 ile 1 arası değerde olması gerekir. Bu sınırlar aşılsa ceza uygulanır.

Güç katsayısını $\cos \varphi^2$ değerine ulaştıracak kondansatör gücü için iki yol uygulanır.

Aktif güç sabit tutulur görünür güç artırılır.

Görünür güç sabit tutulup aktif güç artırılır.

Gerekli kondansatör gücü

$Q_c = P_1 - P_2$ veya $Q_c = P_1 (\tan \varphi_1 - \varphi_2) \dots$ kVAr olarak bulunur.

ÖRNEK 2:

Kurulu bir tesiste wattmetreden ölçülen aktif güç 1000 kW'tır. Kosinüs fime tre 0,7 göstermektedir. Kompanzasyon sonrası güç katsayısı 0,95 yapılmak isteniyor. Gerekli olan kondansatör gücünü hesaplayınız.

Çekilen görünür güç

$$S_1 = P_1 = 1000 \text{ kW} = 1428,5 \text{ kVA}$$

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

Çekilen reaktif güç

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

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

$$S_2 = P_1 = 1000 \text{ kW} = 1052,6 \text{ kVAr}$$

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

Yeni Reaktif Güç

$$Q_2^2 = \varphi (S_2^2 - P_1^2) = \varphi (1052,6^2 - 1000^2) = 328,5 \text{ kVAr}$$

Gerekli kondansatör gücü

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

Görünür güç sabit tutulup aktif güçte artırılabilir.

Örnekte $\cos \varphi_1 = 0,7$ $P_1 = 1000 \text{ kW}$ $S_1 = 1428,5 \text{ kVA}$ olarak bulunmuştu. $\cos \varphi = 0,95$ için Yeni aktif güç

$$P_2 = S_1 \cos \varphi_2 = 1428,5 \times 0,95 = 1357 \text{ kW}$$

Yeni reaktif güç

$$Q_2^2 = S_2^2 - P_2^2 \quad Q_2 = 1428,5^2 - 1357^2 = 446,27 \text{ kVAr}$$

Gerekli kondansatör gücü

$$Q_c = Q_1 - Q_2$$

$$Q_c = 1020,2 - 446,27$$

$$Q_c = 573,93 \text{ kVAr}$$

1.6. Güç Katsayısının Düzeltilmesinin Faydaları

1.6.1. Şebekedeki Yararları

Kurulacak bir tesiste:

- Ø Generatör ve transformatörlerin daha küçük güçte seçilmesine,
- Ø İletkenlerin daha ince kesitli, cihazlarının daha küçük olmasına

neden olur.

Kurulu bir tesiste:

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

Sonuç: Üretim maliyeti azalır.

1.6.2. Tüketicideki Yararları

Kurulacak bir tesiste:

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

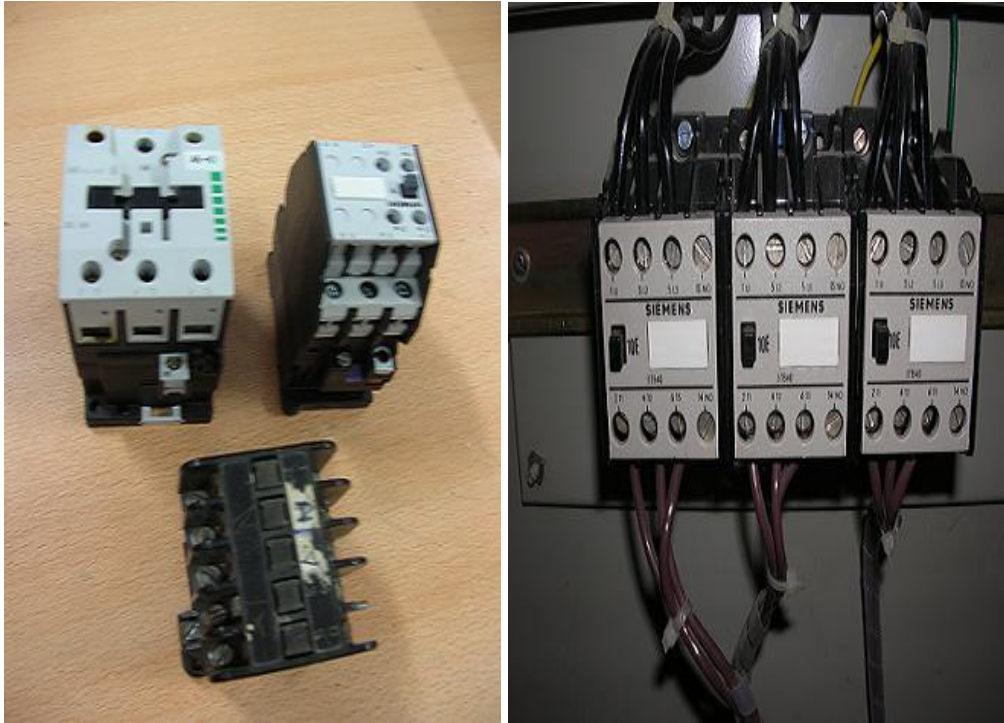
1.7.1.2. Seri ve Şönt Kapasitör

Orta ve alçak gerilim dağıtım sistemlerinde gerek hatlanın 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 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.

1.7.1.3. OG Dompanzasyon Devre Eleman Seçimi

- Ø **Anahtarlar:** 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.



Resim 1.3: AG kompanzasyonunda kullanılan kontaktör çeşitleri



Resim 1.4:AG kompanzasyonunda kullanılan bir paket şalter

- Ø **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.



Resim 1.5: Kompanzasyonda kullanılan sigortalar

- Ø **Boşaltma direnci:** Motor veya transformatör uçlarına sabit olarak bağlanan kondansatörler için bir deşarj direncine ihtiyaç yoktur; motor veya transformatör devreden çıktığında, söz konusu kondansatör de bunların sargıları üzerinden boşalır. Bir sigorta ve anahtar üzerinden bağlanan kondansatörler ise devreden çıkarıldıklarında bir deşarj direnci üzerinden topraklanırlar. Kondansatörlerin boşaltılması için direnç yerine bobin de kullanılabilir. Bunların reaktif dirençleri çok yüksek olduğundan sürekli olarak kondansatör uçlarına paralel bağlı kalabilirler; omik dirençleri çok küçük olduğu için bunlar üzerinde büyük kayıplar baş göstermez.



Resim 1.6: Motor bağlantılarında kullanılan kondansatör çeşitleri

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 1.7: Orta büyüklükteki bir sanayi işletmesinde bulunan kompanzasyon panosu

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. Transformatörlerde (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 hemde 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 halde 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 boşa 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 çektiği 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 halde 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 başgösterebilir: 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 1.8: 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, boшта 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 s.) 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;

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

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

Lamba Sınıfları

Aydınlatmadaki kompanzasyon kullanılan lamba türüne bağlıdır.

Ø Elektrolüminesan Lambalar

Elektrolüminesan, gazların bir elektrik deşarjı ile ışık yaymasına denir. Bu lambalar kapasitif akım çektiklerinden, santral ve şebekenin endüktif yükünü azaltır ve bu yüzden yük durumunu genel olarak düzeltirler. Bu lambalar, teknolojinin bugünkü düzeyinde çok az ışık verdiklerinden normal aydınlatmada kullanılmamaktadır. Bu yüzden kompanzasyon hesabına direkt etkileri yoktur, ihmal edilebilirler.

Daha ziyade ölçme aygıtlarının kadrantlarını aydınlatmak, pasif korunmada ışıklı sinyaller oluşturmak ve yatak odalarında loş bir aydınlatma sağlamak gibi amaçlarla kullanılırlar.

Ø Akkor Telli Lambalar

Bu lambalar birer omik direnç gibi şebekeyi yüklediklerinden endüktif yük çekmezler yani bu bakımdan ideal bir alıcı durumundadırlar. Fakat bu lambalar ışıktan ziyade ısı verdiklerinden gün geçtikçe kullanımı azalmaktadır.



Resim 1.9: Değişik watt'lardaki akkor flamanlı lambalar

Ø Deşarj Lambaları

Floresan lambalar ile cıva buharlı ve sodyum buharlı lambalar şebekeye ancak bir balast ve ateşleyici, (ignitör) yardımı ile bağlanır. Balast, bir empedans ya da kaçak akılı bir transformatörden oluşur ve şebekeyi endüktif bir güçle yükler. Deşarj lambalarının ışıksal verimleri, akkor lambalara göre çok daha yüksektir.

Deşarj lambaları, akkor lambalar gibi yardımcı malzeme kullanmadan, kolaylıkla şebekeye bağlanması olanaksız olmasına karşın yüksek verimleri ve uzun ömürleri dolayısıyla günden güne yaygınlaşmaktadır. Ayrıca akkor lamba gibi basit bir duya vidalanabilen, balastı ile deşarj hücrelerini kapsayan floresan lambalar (PL serisi – PHILIPS) geliştirildiğinden, deşarj lambalarının hızla yayıldığı söylenebilir. Bu yüzden aydınlatmada endüktif yükün kompanzasyonu büyük boyutlara ulaşmaktadır. Aydınlatmada kompanzasyon, deşarj lambalarının kompanzasyonundan ibarettir.

Deşarj lambalarının kutuplarındaki gerilim, akımın artmasıyla azalır. Kararlı bir çalışma için pozitif bir karakteristik elde etmek amacıyla seri olarak bir empedans bağlanır. Eğer şebeke gerilimi deşarjı sürdürebilecek değerde değilse genel olarak bir ototransformatörle yükseltilir ve bu takdirde, ayrıca seri bir empedans bağlamak yerine bu empedansa eşdeğer olacak şekilde transformatör kaçak akılı olarak imal edilir. Teorik olarak seri bir empedans, bir endüktans veya bir kapasiteden oluşturulabilir ancak kapasite kullanıldığı takdirde, alternatif akımın her yarım periyodunda meydana gelen akım tepeleri yüksek bir değere ulaşacağından, lambanın elektrotları çabuk yıpranır ve ömrü kısalmır. Bu nedenle seri empedans, endüktif bir reaktanstan oluşturulur.



Resim 1.10: Cıva buharlı, sodyum buharlı ve Floresan lamba çeşitleri

Lambaların, balastları dolayısıyla, şebekeden çektikleri endüktif güç, devreye bağlanan kondansatörlerin çektikleri kapasitif yükü kompanze edilir.

Endüktif yük oluşturan aydınlatma armatürlerinde kompanzasyon kondansatörü kullanılmaktadır. Bu armatürlerde kullanılan kondansatörler, polipropilen-metalize yapısında olup çevreye, insan sağlığına zararlı hiçbir madde içermemektedir. Kullanılan kondansatörler, içerisinde bulundurduğu deşarj direnci ile gerilim kesildikten 1 dakika sonra üzerinde 50 V' u aşmayan bir gerilim tutarak, yine insan hayatını tehlikeye atmayacak bir şekilde dizayn edilmiştir. Bu kondansatörler sadece aydınlatma armatürleri için dizayn

edilmiş olup çalışma gerilimi, ısı özellikleri, montaj ve güvenlik kilidi ile tamamen özeldir. Eğer kondansatör üzerinde aşırı bir yük oluşursa kondansatör kesinlikle patlamadan ve çevreye zarar vermeden devre dışı kalır (LAMP 83).

FLORESAN ARMATÜRLERDE KULLANILAN BALASTLARIN COS ϕ DEĞERLERİ

Floresan Ampul	Balast	Akım (A)	Cos ϕ
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 1.1

CIVA BUHARLI ARMATÜR BALASTLARININ COS ϕ DEĞERLERİ

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 1.2

SODYUM BUHARLI ARMATÜR BALASTLARININ COS ϕ DEĞERLERİ

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 1.3

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 1.11: 3 kademeli bir kompanzasyon panosu

1.8.3. Merkezi Kompanzasyon

Elektrik motorları, transformatörler, bobin gibi cihazlar mıknatıslanma akımlarından dolayı şebekeye ek bir yük getirir. Reaktif enerji denilen bu enerji, iş görmediği halde cihazdan enerji santralına kadar olan iletim, dağıtım ve üretim tesislerini yükler ve kablo kesici gibi elemanların yararlı güç aktarma kapasitelerini düşürür. Bu nedenle endüktif yüklerin buldukları devreye kondansatör bağlanarak, yüklerin yakınında reaktif güç üretilebilir ve böylelikle bu gücün tüm şebekeyi etkilemesi önlenir.

Endüktif yüklerin hemen yanına uygun değerde kondansatör bağlanarak yapılan bu işleme Sabit Reaktif Güç Kompanzasyonu denir. Uzun sürelerde devrede kalan büyük endüktif yükler için uygun bir yöntem olan sabit kompanzasyon, sık sık devreye girip çıkan küçüklü 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.



Resim 1.12: 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 ise enerji sistemlerinde zararlı etkilere neden olur.

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. Buna göre gerilimin veya akımın etkin değeri

$$V = \left[\sum V_n^2 \right]^{1/2}$$

olacaktır. Harmoniklerin açısız frekansı ω_n ile gösterilirse, $n=1, 2, 3, \dots$ olmak üzere, $\omega_n = n \cdot \omega_1$ yazılabilir. Burada ω_1 temel harmoniğin açısız frekansıdır.

Gerçekte harmonik mertebeleri 1, 2, 3,.....∞ 'a kadar tam sayılardır. Ancak elektriksel büyüklüklerin sık rastlanan şekilleri bakımından bazı harmonik mertebeleri belirgin olurken, bazıları da hiç ortaya çıkmamaktadır. Periyodik eğrilerin harmonik analizi yapıldığında, sadece 1., 3., 5., 7.,.....gibi tek mertebeli harmoniklerin toplamı olduğu görülür. Bu eğriler apsis eksenine göre simetrik olan eğrilerdir.

1.9.2. Harmoniklerin Üretilmesi

Bazı yükler AC karşı lineer olmayan empedans gösterir. Bu tip yüklerin başında statik güç konvertörleri (tristörlü doğrultucular ve invertörler), ark fırınları, generatör, transformatör ve bobin çekirdekli cihazlar gelir.

Demir çekirdekli cihazların harmonik üretmeleri, demir çekirdeğin mıknatıslanma karakteristiğinin lineer olmamasına bağlıdır. Tristörlü güç konvertörleri ve tristör kontrollü reaktörlerde olduğu gibi sinüs eğrisinin kesilmesi elektrik devrelerinin lineer olmamasına yol açar.

Aşağıda harmonik üreten cihazlarla ilgili kısaca bilgi verilecektir

1.9.2.1. Generatörler

Generatörler en doğal harmonik üreticileridir. Dönen makinelerde harmonik üretimi bakımından en önemli faktör alan eğrisinin şeklidir. İndüklenen EMK'nın sinüs biçimli olması indüksiyon akısının sinüs biçimli olmasına bağlıdır. Halbuki çıkık kutuplu ve kutup başlığı boyunca hava aralığı sabit olan senkron makinelerde alan eğrisi yaklaşık dikdörtgen ve yuvarlak kutuplu makinelerde trapez şeklindedir. Bu eğriler 1., 3., 5., 7.,.....gibi tek mertebeli sinüslü terimlerin toplamı olduğundan, indüklenen EMK 'da aynı mertebeli harmonikleri içerir. n. harmonik gerilimin etkin değeri,

$$V_n = 4.44 \cdot \phi_n \cdot k_n \cdot N \cdot n \cdot f$$

dir. Burada ϕ_n alan eğrisinin n. harmoniği, k_n n. harmonik sargı faktörü, N bir faz sargısının sarım sayısı, f1 temel harmoniğin frekansdır.



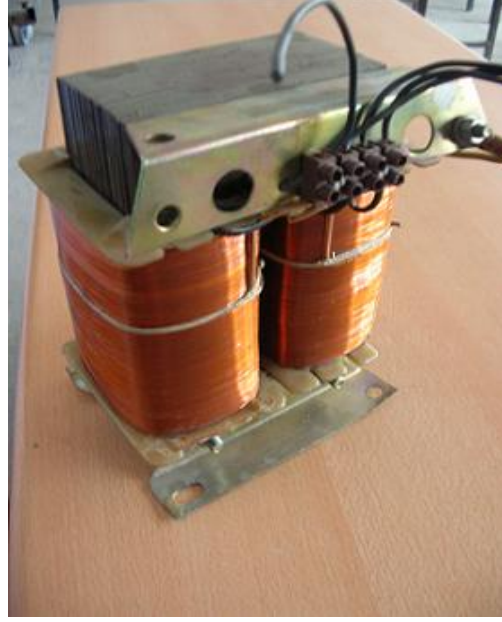
Resim 1.13: Asenkron motora akuple bağlanmış bir generatör çeşidi

Harmonik akımların azaltılması, faz sargılarının bağlantı şekli ve hava aralığının uygun şekilde düzenlenmesiyle gerçekleştirilir. Generatörün stator sargıları yıldız bağlı ise 3 ve 3 katı harmonikler faz gerilimlerinde bulunur. Faz arası gerilimler iki faz geriliminin farkına eşit olduklarından, eşit fazlı harmonikler birbirini götürür ve faz arası gerilimler bu harmoniklerden arınmış olur. Yıldız bağlı böyle bir generatör, simetrik üç fazlı bir yüke bağlanır ve yıldız noktası generatöre bağlanmazsa tüketici gerilimlerinde eşit fazlı harmonikler bulunmaz. Ancak yıldız noktaları nötr hattı ile bağlanırsa faz iletkenlerinden 3 ve 3'ün katı frekanslı I_0 gibi bir akım geçer ve bunlar yıldız noktasında birleşerek nötr iletkeni üzerinden $3.I_0$ değerinde bir akım geçirir. Bu nedenle tüketici gerilimleri de harmonik kazanır.

Harmoniklerin zararlı etkilerini azaltmak için generatörlerde amortisman sargıları kullanılır. Örneğin stator sargılarından 5. ve 7. geçerse, 5. harmonik stator alanına göre ters bir alan ve 7. harmonik ise doğru bir alan yaratır. Bu alanlardan biri doğru diğeri de ters yönde olmak üzere, amortisman sargı çubuklarını 6 katı frekans ile keserler. Böylece bu sargılardan geçen 6 kat frekanslı akımlar, kendilerini indükleyen akımları söndürecek şekilde etki eder. Harmonikli akımlar, amortisman sargılarında ek ısınmaya neden olur.

1.9.2.2. Transformatörler

Elektrik şebekelerinde transformatör, bobin gibi demir çekirdekli sargılar önemli harmonik üreticisidir. Transformatörler sinüsoidal gerilimle beslendiğinde şebekeden mıknatıslanma akımı çeker. Ancak demir çekirdeğin manyetik karakteristiği lineer olmadığı için bu akım sinüsoidal değildir.



Resim 1.13: 1 Fazlı transformatör çeşidi

B-H eğrisini yorumlarsak; doyma arttıkça harmoniklerin genlikleri büyür. Harmonik akımlar, transformatörlerin birincil sargı reaktansı, hattın reaktansı ve generatörlerin kaçak reaktansı üzerinden geçtiği için, bunlar üzerinde harmonikli gerilim düşümü meydana gelir. Bu reaktanslar frekansla orantılı olarak arttıklarından, özellikle düşük yüklenmelerde, yüksek harmonik akımlarının bunlar üzerindeki gerilim düşümü büyür.

Esas olarak harmoniklerin şebekeye geçip geçmemesi şu faktörlere bağlıdır.

- Ø Transformatörün bağlantı grubu,
- Ø Birincil sargısı yıldız bağlı transformatörlerde yıldız noktasının şebekenin nötr hattına bağlı olup olmaması,
- Ø Mıknatıslanma akımının serbest ya a zorunlu olması

Transformatörlerin bağlama tarzı, harmoniklerin şebekede bulunup bulunmamasına bağlıdır. Örneğin birincil tarafı üçgen bağlı transformatörde; 3., 9., 15. harmonikler her faz sargı akımında bulunur. Bunlar her sargıda eşit fazlı oldukları için, üçgen sargının içinde kalır ve dışarı çıkamazlar. Bunun yanı sıra şebekeden 1., 5., 7., 11.,..... gibi harmonikli akımlar çekilir. Kısaca söylemek gerekirse transformatörün birincil ve ikincil sargıları nasıl bağlanırsa bağlansın, şebekeden daima 1., 5., 7., 11.,.....gibi harmonikli akımları çekilir.

1.9.2.3. Redresörler ve Tristörler

Tristörlerle gerçekleştirilen doğrultucu ve/veya invertörlerde harmoniklerin üretilmesi, akımının periyodik olarak kesilmesi esasına dayanır. Normal çalışma altında doğrultucular şebekeden II temel harmonik akımı ile beraber In harmonik akımlarını da çeker. Doğrultucuların darbe sayısı p ise harmonik mertebesi,

$$n = kp \pm 1$$

$k = 1, 2, 3, \dots$ olacaktır. Bu durumda I_n temel harmonik akımı;

$$I_n = I_1 \cdot \frac{f_n}{n}$$

dir.(4.5) denkleminde f_n doğrultucunun kumandasına bağlı birden küçük bir sayıdır. Doğrultucunun komutasyon süresi ihmal edilirse $f_n = 1$ alınabilir. Bu durumda,

$$I_n = I_1/n$$

olacaktır.

Harmonik akımların mertebesini yükseltmek ve etkin değerini düşürmek için darbe sayısı olabildiğince yoğun olmalıdır. Darbe sayısının 12'den 36'ya çıkarılması iyi sonuçlar vermektedir.

1.9.2.4. Arkla Çalışan İşletme Araçları

Ark ocakları, kaynak makineleri gibi normal çalışmaları arklı olan makine ve tesislerde önemli harmonikler meydana gelir. Ark; akım ve gerilim arasında lineer bir bağıntının bulunmadığı fiziksel bir olaydır.

Ark ocaklarının ve kaynak makinelerinin ürettikleri akımların harmoniklerini, ne merteye ne de etkin değer bakımından hesap yolu ile tayin etmeye imkan yoktur. Arkın meydana gelişi o anda meydana gelen birçok iç ve dış fiziksel faktöre bağlıdır. Ark akımında her mertebeden akım bulunabileceği gibi, bunların değerlerinin zaman içinde sabit kalmaları beklenemez. Harmonikler hakkında bilgi edinmek için çekilen akım osilogramla kaydedilir ve analizör yardımıyla harmonikler tespit edilir.

1.9.3. Harmoniklerin Kondansatörler Üzerindeki Etkisi

Günümüzde endüstriyel sektörde güç elektroniğini kullanan elektrik cihazlarının sayısı hızla artmaktadır. rnek vermek gerekirse elektronik hız kontrol cihazları, ark fırınları, tristör kontrollü doğrultucular, redresör, endüksiyon fırınları, kaynak makineleri, statik konvektörle (ups) floresant lambalar vb.

Bu cihazlar harmonik üretirler ve bunun için şebekede aşırı yükler, bozulmalar ve gereksiz açmalar meydana gelir ki bu da kullanılan cihazların ömrünü kısaltır, verimliliğini azaltır ve işletmenin çalışmasını etkiler.

Simetrik 3 fazlı güç sistemlerinde harmonikler genellikle tekli rakamlardan oluşur, 3, 5, 7, 9..n.

Harmoniklerde merteye yükseldikçe amplitüd değeri düşer. Bir şebekedeki harmoniklerin etkisinin azaltılması tavsiye edilir.

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.

Şebekede harmoniklerin görülmesi gerilim ve akımın dalga şeklinin bozulmasına neden olur.

Eğer 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.

Temel harmonikteki değeri XL bir endüktif direnç, harmonik mertebesi n olan akım karşısında,

$$XLN=n.XL$$

değerini alır. Yani frekans büyüdükçe endüktif direnç de büyür. Generatörler yüklendikçe, sargılardan geçen harmonik akımlar, stator kaçak reaktansında harmonikli gerilim düşümü meydana getirir. Generatör uçlarındaki gerilim ve şebeke geriliminin şekli bozulur.

Kondansatörlerin kapasitif dirençleri frekansla ters orantılı olarak azalır. Temel harmonikteki değeri Xc olan kapasitif direnç, n. harmonik mertebesinde,

$$Xcn= Xc/n$$

değerini alır. Bu durumda kapasitif direnç küçülmüştür.

Buna bağlı olarak da büyük değerli harmonik frekanslarda kondansatörler daha fazla akım çeker ve termik bakımdan zorlanırlar.

Harmonikli gerilimle beslenen senkron ve asenkron makinelerde moment salınımları ve aşırı ısınma meydana gelir.

Faz arası gerilimler harmonik içerirse bir toprak teması halinde, toprak akımlarında büyük harmonikler bulunur. Bu nedenle yıldız noktasına bağlı bobin görevini yapamaz ve arın sönmesi zorlaşır.

Harmoniklerin neden olduğu en önemli etkilerden biri de rezonanstır. Kompanzasyon için bağlanan kondansatörlerin Xc kapasitif reaktansları, tesis elemanlarının Xl endüktif

reaktansları ile bir titreşim devresi oluşturur. X_L ve X_C 'nin belli değerlerinde, harmonik frekanslarda rezonans olayları ortaya çıkar.

1.9.5. Harmoniklerin Ortadan Kaldırılması

- Ø OG kompanzasyonu
- Ø Pasif filtreler
- Ø 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

Ø 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 sifıra 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.

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

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

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

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

$$I_{CH} = 0$$

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

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

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

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

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

$$Z_H = \text{Harmonik empedansı}$$

Düşük ayarlı filtreler harmonik gerimin sifıra çektiğinden oldukça başarılı, 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 sıfır olacaktır.

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

Ø 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 filtreli 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, eğer 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.

1.9.5.2.1. Pasif Filtre Uygulanmalarında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

Endüktans bobinlerinin, seçilen frekans değerinde tasarlanması aşamasında,

Her fazda endüktans değerindeki sapma %3'ten küçük olmamasına,

I_{max} değeri (linearite) minimum $2,06 I_n$ olmalı, ve bu değerde dahi endüktans değerindeki sapma %3'ü geçmemesine dikkat edilmelidir.

Harmonik filtreler tasarlanırken yaygın bir düşünce, 400 V'luk harmonikli bir sistemde kondansatör geriliminin 525-530 V seçilmesidir.

Bunun nedeni ise endüktans bobini nedeni ile kondansatör üzerinde bir gerilim artışı olduğu bilinmesidir.

Ancak endüktans bobini uygulanması sonucu aşağıdaki hesaba ve ölçüm sonuçlarına göre bu gerilim artışı sadece 20 - 30 V mertebesindedir.

$$dU = \frac{n^2}{n^2 - 1}$$

Şebekede 10 V bir gerilim artışı olduğu düşünülürse kondansatör geriliminin,

$$U_c = U_s + \Delta U + U_e = 400 + 10 + 30 = 440 \text{ V}$$

olarak seçilmesi uygundur. 440 V'luk bir kondansatör günde 12 saat süre ile 484 V gerilim seviyesine dayanabileceğinden şebekede oluşan kısa süreli gerilim artışlarına mukavemetli olacaktır.

530 V'luk kondansatörler ile yapılan filtrasyon sistemi kondansatörler etiketlerindeki gerilim de gerinden daha düşük bir gerilimdeki şebekede kullanılırsa kondansatörlerden elde edilecek reaktif güç gerilimlerin karesine oranlı olarak azalır. Bu, aşağıdaki formülle ifade edilir

$$Q_2 = Q_1 \frac{U_2^2}{U_1^2}$$

Bu durumda 400 V'luk bir şebekede, 1000 kVA'lık bir kompanzasyon ihtiyacı varsa

530 V'luk kondansatörlerle yapılacak kompanzasyon gücünün;

$$Q_2 = 1000 \frac{530^2}{400^2} = 1755,6 \text{ kVar}$$

olması gerekir.

Bu nedenle kondansatörün nominal gerilimi arttıkça, 400 Vluk şebekedeki etkin kondansatör gücü değişmemesine rağmen nominal kompanzasyon gücü dolayısıyla da sistemin maliyeti artmaktadır.

Teknik ve pratik anlamda kondansatör üzerindeki gerilim artışının ve şebekedeki diferansiyel gerilim artışının hesap edilerek kondansatör gücünün seçilmesi en doğru olandır.

1.9.5.3. Aktif Filtreler

Aktif filtre pasif filtre yapısından tamamen farklı olup bir güç elektroniği sitemidir. 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

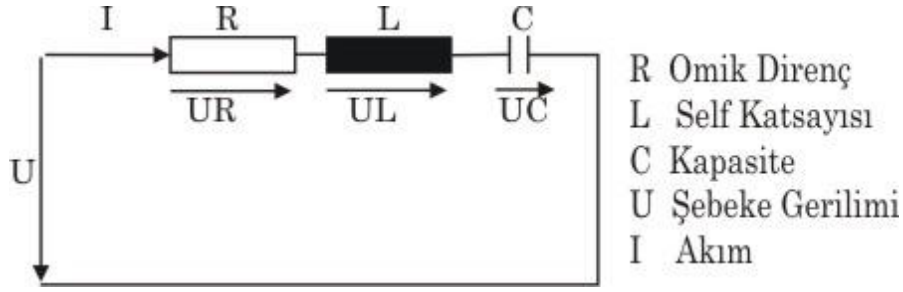
Gerek motorların tek tek kompanzasyonunda, gerekse merkezi kompanzasyonda bazı durum- larda rezonans olayı meydana gelip tesiste istenmeyen aşırı akımlar oluşabilir. Bu durumda sigortalar atabilir, koruma röleleri devreyi açabilir. Bu olaya sebep, motora paralel kondansatör devresinin, şebekenin harmoniklerinin 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 katsayısını 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.

1.10.1. Titreşim Devreleri

1.10.1.1. Seri Titreşim Devresi Seri Rezonans

R, L ve C elemanlarının seri bağlanması ile aşağıdaki gösterilen seri titreşim devresi elde edilir.



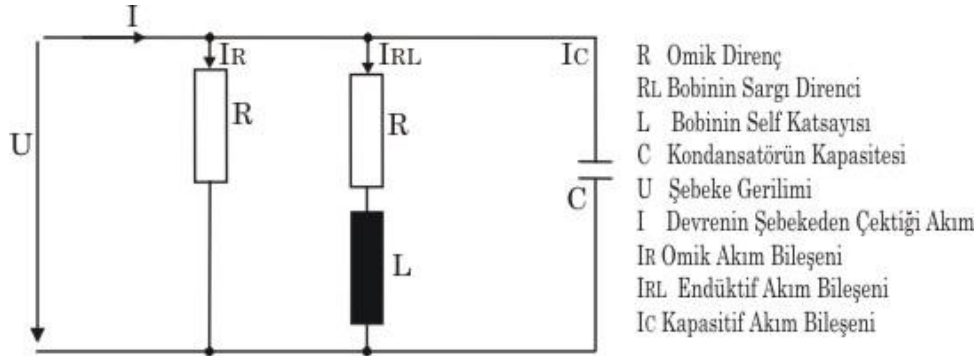
Şekil 1.9: R L C Seri Devresi

Burada R ve L, mesela şebekeden generatöre kadar olan tesisin toplam omik ve endüktif dirençlerini gösterir. Böyle bir devre, mesela aynı orta gerilim şebekesine bağlı iki transformatör tarafından beslenen tüketim merkezlerindeki kompanzasyon tesislerine karşılık gelir.

Seri rezonansa gerilimin yükselmesi sebebiyle buna gerilim rezonansı adı verilir. Fakat genellikle kuvvetli akım tesislerinde temel harmonikte rezonans çok nadir hallerde baş gösterir.

1.10.1.2. Paralel Titreşim Devresi

R, L ve C elemanlarının birbirine paralel bağlanması ile aşağıdaki paralel titreşim devresi elde edilir. Böyle bir devre, mesela münferit kompanzasyon metoduna göre sargı uçlarına paralel kondansatörün bağlandığı transformatörün veya motorun teşkil ettiği bir sistem olup L, transformatör veya motor sargılarının selfi, C kompanzasyon kondansatörünün kapasitesidir ve R de bobinin demir kayıpları ile kondansatörün dielektrik yapılarına tekabül eder. Burada bobine ait olup L ye seri gelecek olan sargı direnci, çok küçük olduğu için ihmal edilmiştir.



Şekil 1.10: Paralel titreşim devresi

1.10.1.2.1. Rezonans Önleyici Tedbirler

- Ø Motor ve kondansatörler birlikte devreye girip çıkıyorsa rezonans olayı tehlike oluşturma maktadır.
- Ø Motorun ani olarak devreden çıkması kondansatörün devrede kalması halinde 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 halde kompanzasyon devrelerinin projelendirilmesinde, her kondansatör grubu kontaktörü, start-stop butonu ile devreye girecek şekilde projelendirilmelidir
- Ø Kısa devre gerilim yüzdesi büyük olan trafolarla, rezonansın etkisi büyük olur. Bu tip trafoların kullanıldığı devrelerde, kompanzasyon tesisinin projelendirilmesinde, rezonansa engel olacak tedbirler alınmalıdır. Bu tedbirlerin en önemlisi kondansatörlerin trafolarla yakın baralara bağlanmamasıdır. Bir ek kablo ile hatta paralel kablolarla kondansatörler bağlanmalıdır.
- Ø Kompanzasyonda az kademe tercih edilmelidir.

1.11. 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 SAYILI / 17.şUBAT.2000 TARİHLİ VE 23988 SAYILI / 09.MART.2000 SAYILI RESMİ GAZETELERDEKİ DEğİşİKLİKLER DİKKATE ALINMIşTIR.

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

5-ALÇAK GERİLİMDE 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 yükseltilecek 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 yada

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

Sigorta ve termik ve/veya manyetik rölelerin sağlanamadığı 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 katsayısı 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 kondansatör 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 ilekumanda 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 ma- kinelerin 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 siste minde 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 yaptırmaları zorunlu değildir. Yaptırılması durumunda, kompanzasyon projeleri aşağıda belirtilen esaslara göre hazırlanmalıdır.

5.2.1-Kompanzasyon projesi madde 5.1(Madde5.1.11 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 TESİSLERDE KOMPANZASYON

7-ALÇAK GERİLİMDE 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 kosinüsfi metre 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 yaptırmaları 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-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)'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 yayımlandığı tarihte yürürlüğe girer. Tebliğ olunur.

ELEKTRİK TARİFELERİ YÖNETMELİĞİNDE YAPILAN DEĞİŞİKLİKLER

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 aşılırsa,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 aşılırsa 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 halinde,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.

1.12. 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 SAYILI / 17.ŞUBAT.2000 TARİHLİ VE 23988 SAYILI / 09.MART.2000 SAYILI RESMİ GAZETELERDEKİ DEĞİŞİKLİKLER DİKKATE ALINMIŞTIR.

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 kondansatör 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 yüklerle birlikte 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 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)' 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 yayınlandığı tarihte yürürlüğe girer. Tebliğ olunur.

ELEKTRİK TARİFELERİ YÖNETMELİĞİNDE YAPILAN DEĞİŞİKLİKLER

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 aşılırsa, çekilen reaktif enerjinin tamamına reaktif enerji tarifesi uygulanır.

2-Sisteme verilecek reaktif enerji, o dönem de çekilen aktif enerji miktarının 0,20(yüzde yirmi dahil) katından fazla olmayacaktır. Bu sınır aşılırsa, 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 1ay için sistemden çektiği reaktif enerjinin, aktif enerjinin 0,33 (yüzde otuz üç) katından fazla olması halinde, 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 flemanlı lambalar 3Kw gücündedir. Sistemin güç katsayısını 0,95 yapabilmek için gerekli kondansatör gücünü ve dağılımını bulunuz.

İşlem Basamakları	Öneriler
<p>Ø Bulduğunuz ortam tesisindeki reaktif güç tüketicilerini tespit ediniz.</p>	<p>Ø Asenkron motorlar, bobinler, transformatörler, floresan lamba balastları, kaynak makineleri gibi reaktif güç tüketimi yapan alıcıları tespit ediniz.</p>
<p>Ø Tesisin güç değerlerini tespit ediniz.</p>	<p>Ø Tesisin aktif, reaktif, görünür güç değerlerini,ölçü aletlerinin (ampermetre, voltmetre, kosinüs fimeetre kullanarak) yardımı ile “reaktif güç ihtiyacının tesbiti” konusundan yararlanarak hesaplayınız.</p>
<p>Ø Tesisimizin güç kat sayısının düzeltilmesinin yararlarını araştırınız.</p>	<p>Ø Tesisimizdeki transformatör, asenkron motor ve şebekenin daha verimli bir hale geldiğini reaktif güç ihtiyacı miktarına, göre fark edebilirsiniz.</p>
<p>Ø Tesisimize en uygun kompanzasyon sisitemini seçiniz.</p>	<p>Ø Tesisimizdeki yükleri tespit ettikten sonra, bunlar için kullanılacak kondansatörlerin kapasitelerini ve yerlerini, “bireysel kompanzasyon” başlıklı konumuzdan faydalanarak belirleyebilirsiniz.</p>
<p>Ø Tesisimizde kullanılacak kompanzasyon sisteminin hesabını tespit ediniz.</p>	<p>Ø 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.</p>

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

A. OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

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 çekerler.
4. Reaktif güç hesaplamada ampermetre, voltmetre ve cosinüsfi metre var ise $Q_c = \frac{\text{Aktif Tüketim} - \text{Reaktif tüketim} \times \text{tg } Q_2}{\dots}$ kVAR formülü kullanılır.
5. İşletme Süresi
Güç kat sayısının düzeltilmesinin yararlarından iki tanesi şöyledir. Kurulacak bir tesiste,
 - Ø Generatör ve transformatörlerin daha büyük güçte seçilmesini sağlar,
 - Ø İletkenlerin daha kalın kesitli olmasını sağlar.
6. Kompanzasyonun tüketiciye yararlarından iki tanesi aşağıda yazılıdır.
 - Ø Şebekeden daha az reaktif enerji çekilmesine sebep olur.
 - Ø 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 halinde rezonans akımları meydana gelmektedir.

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile modülün sonunda bulunan cevap anahtarını karşılaştırınız. Cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

Cevaplarınızı cevap anahtarı ile karşılaştırınız

B. PERFORMANS TESTİ

Öğrenme faaliyeti ile kazandığınız yeterliği, bir arkadaşınızla değiştirerek aşağıdaki ölçütlere göre değerlendiriniz.

KONTROL LİSTESİ

Modülün Adı Konu Amaç	Kompanzasyon Sistemi Kompanzasyon sistem hesapları Standartlara, şartnamelere kuvvetli akım yönetmeliğine uygun ve hatasız olarak kompanzasyon sistem tasarımı, hesaplamalarını yapabilecek ve kondansatörleri seçebileceksiniz.	Modül Alanın: Eğitimini Adı ve Soyadı	
GÖZLEMLENECEK DAVRANIŞLAR			
1	Ortam tesisindeki reaktif güç tüketicilerini tespit ettiniz mi?	Evet	Hayır
2	Tesisin güç değerlerini tespit ettiniz mi?		
3	Güç kat sayısının düzeltilmesinin yararların araştırdınız mı?		
4	Tesise en uygun kompanzasyon sisteminin seçtiniz mi?		
5	Kullanılacak kompanzasyon sistemi hesabını yaptınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Arkadaşınız kontrol listesindeki davranışları sırasıyla uygulayabilmelidir. Uygulayamadığı davranıştan diğer davranışa geçmek mümkün olmayacağından faaliyeti tekrar etmesini isteyiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Bu faaliyette verilen bilgiler doğrultusunda, uygun ortam sağlandığında, TSE ve ilgili yönetmeliklere paralel olarak kondansatörleri tanıyacak ve hesaplamalarını öğrenmiş olacaksınız. Bununla birlikte kondansatör bağlantılarını ve devreye alınma ve devreden çıkarılma yöntemlerini öğreneceksiniz. Bu bilgiler doğrultusunda uygulama yapabileceksiniz.

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 (yalıtkan) oluşur. Yalıtkan; özel kağıt, 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 kağıt veya polipropilen film yahut bunların karışığı olan kondansatörlerdir. Burada kullanılan kağıt 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 bir kaç sacdan yapılmış bir muhafaza içine yerleştirilir ve aralarında paralel bağlanırlar. 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 dūřurülemez. Daha yüksek gerilimlerde de hacim değeri daha büyüktür. Yüksek gerilimlerde ekseriya 1.15 kV'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 kapatılırlar. Bu demir muhafazaları bir topraklama klemensi ile donatılır ve buradan topraklanırlar. Bugünkü imalata göre kondansatörlerin geçiş izolatörleri sıvı ve hava sızdırmaz bir şekilde tespit edilirler.

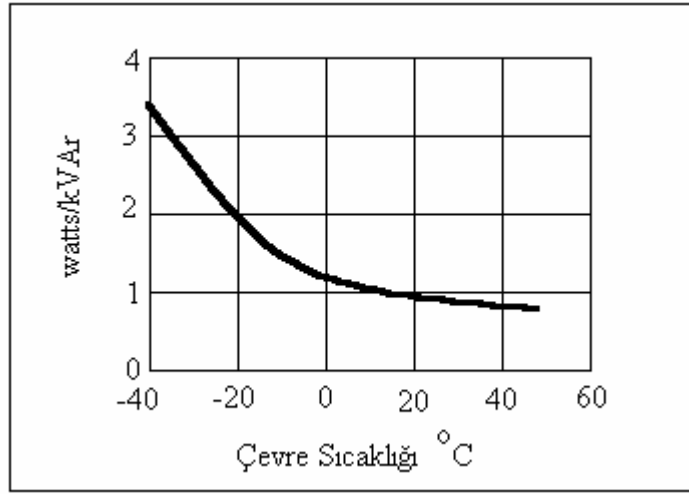


Resim 2.1: Kompanzasyon için kullanılan kondansatör çeşitlerinden bazıları

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. Normalize gerilim kademeleri alçak gerilimde 230, 240, 525, 600 V'dur. 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 %15 fazlasına bağlanabilirler. 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 edilebilirler.

Kondansatörlerin ömürleri sıcaklık derecesine bağlıdır. İç tesislerde kullanılan kondansatörler normal olarak -10°C ile $+35^{\circ}\text{C}$ arasında olmakla beraber $-40^{\circ}\text{C}/+50^{\circ}\text{C}$ sıcaklık sınıfına sahip olacak şekilde de yapılır. Eğer kendi kendine soğuma şartları gerçekleşmez ve kondansatörlerin yerleştirildikleri yerde sıcaklık derecesi çok yükselir ise bu durumda özel havalandırma yapılır.



Şekil 2.1:Kondansatör kayıplarının sıcaklık ile değişimi

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 yaptırılır.)

2.1.3. AG ve OG Güç Kondansatörleri

Alçak gerilim güç kondansatörleri (400-525-600 V-50 Hz), orta gerilim güç kondansatörleri (3.3.kV-34,5kV) ve endüksiyon ocak kondansatörleri olarak üç gruptur. Bu güç kondansatörlerinden beklenen özellikler şunlardır:

- Ø Uzun ömürlü olması,
- Ø Elektrik şebekesinde meydana gelen anormal akım, gerilim ve harmonik gibi faktörlerden asgari şekilde etkilenmesi,
- Ø Geçici rejimlerde akım, gerilim darbelerinden, dengelenme akımlarından etkilenmemesi,
- Ø Aktif kayıplarının en az olması ve bu kayıpları absorbe etmesi,
- Ø Projelendirildiği asgari ve azami ortam sıcaklığında performanslarını yitirmemesi,

- Ø Elektroteknik boyutlarının yani anma değerlerinin zamanla değişmemesi,
- Ø Can ve mal emniyeti yönünden bir tehlike kaynağı oluşturmaması,
- Ø Kalıcı kısa devreye girme olasılığının en az olması,
- Ø Bakımı kolay, arızası az, tamiri mümkün ve asgari bir maliyet oluşturması,
- Ø Montajının kolay olması ve boyut yönünden herhangi bir yere monte edilebilecek bir modüler esneklik göstermesi,
- Ø Teknik ve iktisadi bir optimizasyon ürünü olmasıdır,

Günümüzde dört ayrı yapıda güç kondansatörü üretilmektedir.

Kağıt 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 püskürtülmek 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 yüklenirler. 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.

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

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'dir denilir. Pratik kullanma için 1 farad çok büyüktür. Bu nedenle kuvvetli akım tekniğinde kullanılan büyüklük

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

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 halde bu kondansatörün kapasitesini hesaplayınız.

ÇÖZÜM :

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

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

2.2.2. Kapasitif Reaktans

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

Bu tür bir direnç kapasitif reaktans (Xc) 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.

$$Xc = 1 / \omega C \quad Xc = \text{Kapasitans } (\Omega) \quad \omega = \text{Açısal frekans (rad)} \quad C = \text{Kapasite (F)}$$

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

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

2.2.3. Akım Hesabı

$$Ic = U / Xc$$

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

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

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 ϕ 'sinin ve kurulu aktif gücünün bilinmesi gerekmektedir. Tesisin Cos ϕ 'si pratik olarak faturalardan bulunur. O dönemde harcanan aktif ve reaktif enerji bilindiğine göre

$\tan \phi = \text{harcanan reaktif enerji/aktif enerji buradan Cos } \phi \text{ bulunur.}$

Tesisin kurulu aktif gücü ise tesisteki tüm alıcıların (motorlar, aydınlatma elemanları, fırın rezistansları vb.) etiketleri üzerindeki güçler toplanarak belirlenir.

Tesisteki ampermetre, voltmetre ve Cos ϕ metre yardımı ile de bulunabilir.

$$Q_c = P_1 \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \quad P_1 = \sqrt{3} UI \cos \phi \cdot 10^{-3} \text{ kW}$$

$\tan \phi_1 = \text{Cos } \phi_1 \text{ 'in tanjantı.}$

$\tan \phi_2 = \text{İstenilen değerin tanjantı}$

Tesis anma yükünde çalıştırılıp değerler okunur.

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

$$Q_c = P \cdot K$$

Tablodan K değeri 0.75 bulunur. $Q_c = 60 \cdot 0,75 = 45$ Kvar bulunur.

Şimdiki Cos φ	Ulaşılmak İstlenen Cos φ				
	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

ÖRNEK 2:

Bir fabrikada sisteme bağlı ölçü aletlerinden; 2000 amper, 400V ve Cosy=0,6 değerleri okunmaktadır. Sistemin güç katsayısı 0,95 yapılmak istendiğinde kullanılacak kondansatör gücünü bulunuz.

$$\begin{aligned}
 U &= 400 \text{ Volt} & P_1 &= 3U.I.Cosy_1.10^{-3} = 3.400.2000.0,6.10^{-3} \\
 I &= 2000 \text{ Amper} & & \\
 & & P_1 &= 1,73.480 = 831 \text{ KW} \quad P_1 = 831 \text{ KW} \\
 Cosy_1 &= 0,6 & y_1 &= 53,13^\circ \quad tgy_1 = 1,3 \\
 Cosy_2 &= 0,95 & y_2 &= 18,19^\circ \quad tgy_2 = 0,328
 \end{aligned}$$

$$Q_c = P_1 \cdot (t_{gy1} - t_{gy2}) = 831 \cdot (1,33 - 0,328)$$

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



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

2.3. Konsansatörlerin Bağlantıları

2.3.1. Yıldız ve Üçgen Bağlantı

Üç fazlı alternatif akım tesislerinde kondansatörler şebekeye veya tüketici uçlarına üçgen veya yıldız olarak bağlanabilir. Üçgen bağlamada her iki hat arasındaki kondansatörün kapasitesi C_{Δ} ile ve yıldız bağlamada her faza bağlanan kondansatörün kapasitesi C_Y ile gösterilirse üçgen bağlama için

$$Q_C = 3 \cdot U_h^2 \cdot \omega \cdot C_{\Delta} \cdot 10^{-3} = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_C \cdot 10^{-3} = \frac{I_C}{\omega \cdot C_{\Delta}} \cdot 10^{-3} \text{ (kvar)}$$

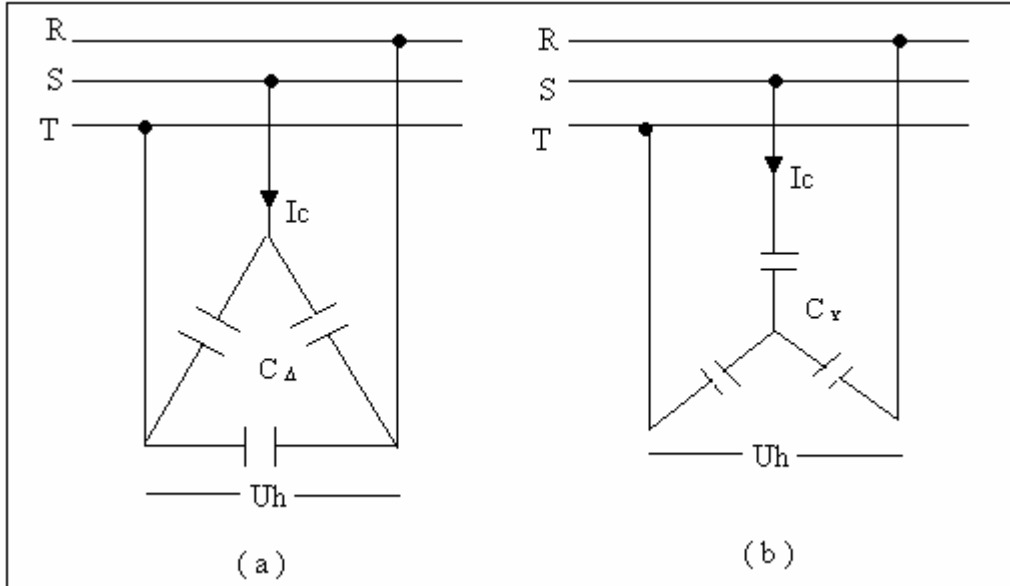
yıldız bağlama için ise

$$Q_C = 3 \cdot U_h^2 \cdot \omega \cdot C_Y \cdot 10^{-3} = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_C \cdot 10^{-3} = \frac{3 \cdot I_C}{\omega \cdot C_{\Delta}} \cdot 10^{-3} \text{ (kvar)}$$

yazılabilir. Burada U_n volt cinsinden iki hat arası gerilimi, I_C amper cinsinden kapasitif hat akımını gösterir. Şekilde üçgen ve yıldız bağlamalar gösterilmiştir.



Resim 2.3: Üçgen bağlı bir kondansatör gurubu



Şekil 2.2: Üç fazlı alternatif akım şebekesinde kondansatörlerin Δ ve Y bağlanması

a=Üçgen bağlama b=Yıldız bağlama

Burada, U_h =İki hat arası gerilim

I_c =Kapasitif hat akımı

C_{Δ} =Üçgen bağlamada her bir kondansatörün kapasitesi

C_Y =Yıldız bağlamada her bir kondansatörün kapasitesini

İfade etmektedir.

Her iki sistemde de Q_c gücünün eşit olduğu kabul edilirse

$$C_Y = 3.C_{\Delta} \quad (3.8)$$

bulunur. Bundan çıkarılan sonuç şudur: Yıldız bağlamada her bir faza bağlanan kondansatörün kapasitesi, üçgen bağlamadaki kondansatör kapasitesinin üç katına eşittir.

Yıldız bağlamada C_Y kondansatörünün uçlarına faz nötr gerilimi uygulandığı halde 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.

Örnek 1000kw, $\cos\phi = 0,6$ geri olan bir fabrika 380 /220 volt, 50 Hz'li üç fazlı bir şebekeden besleniyor. Fabrikanın güç katsayısını $\cos\phi_1 = 0,9$ 'a çıkarmak için kondansatör kullanmak istiyoruz.

- Fabrikadaki şebeke girişine bağlayacağımız kondansatör gurubunun Kva olarak gücünü,
- Kondansatörler yıldız bağlandığına göre bir fazın kapasitesini $C_Y = ?$,
- Kondansatör üçgen bağlandığında bir fazın kapasitesini $C_{\Delta} = ?$ hesaplayınız.

Çözüm: a) $P = 1000$ Kw, $\cos\phi = 0,6$, $\cos\phi_1 = 0,9$ 'un trigonometri cetvelinden açılarını tangetlerini bulalım.

$$\phi = 53^\circ; \operatorname{tg}\phi = 1,33; \phi_1 = 26^\circ; \operatorname{tg}26^\circ = 0,488$$
$$Q_c = P \cdot (\operatorname{tg}\phi - \operatorname{tg}\phi_1) = 1000 \cdot (1,33 - 0,488) = 842 \text{ kva}$$

$$b) C_Y = Q_c \cdot 109 / U^2 \cdot \omega = 842 \cdot 109 / 380^2 \cdot 2\pi \cdot 50 = 18500 \mu\text{f}$$

$$c) C_{\Delta} = Q_c \cdot 109 / 3 \cdot U^2 \cdot \omega = 842 \cdot 109 / 3 \cdot 380^2 \cdot 2\pi \cdot 50 = 6166,6 \mu\text{f}$$

$$C_{\Delta} = C_Y / 3 = 18500 / 3 = 6166,6 \mu\text{f}$$

2.4. Kondansatörlerin Devreye Alınmaları ve Devreden Çıkarılmaları

2.4.1. 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; işte bu mıknatıslanma akımı, reaktif akımdır. Onun için faydalı reaktif 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.

2.4.2. Devreye Alınmaları

Kondansatörleri devreye alma veya çıkartma (çekilen reaktif gücü kompanze etmek için) görevini reaktif röle üstlenir.

Reaktif güç kontrol rölesi, otomatik kompanzasyon sistemlerinde, çeşitli yük durumlarında gerekli sayıda kondansatör grubunu devrede bulundurarak, güç katsayısını 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, cihaz içinde yer alan akım ve gerilim trafoları ile bir elektronik devreden oluşur. 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 verilir. 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 akım trafosunun önüne bağlanır.

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

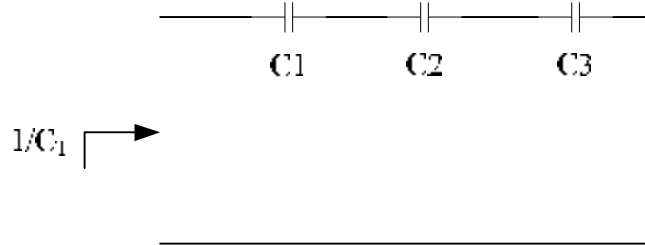


Resim 2.4.: 3 kademeli bir reaktif güç rölesinin önden ve arkadan görünüşü

2.4.3. Kondansatörlerin Seri ve Paralel Bağlanmaları

Ø Seri Bağlantı

Seri bağlantıda toplam kapasite azalır, kapasitif reaktans artar, kondansatörlerden aynı akım geçer.



Şekil 2.3: Kondansatörlerin seri bağlantısı

Burada, herbir kondansatörden geçen akım eşittir.

$$I = I_1 = I_2 = I_3$$

Eşdeğer kapasite

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

Formülü ile bulunur.

Herbir kondansatörün uç gerilimleri toplamı ise devreye uygulanan kaynak gerilimine eşittir.

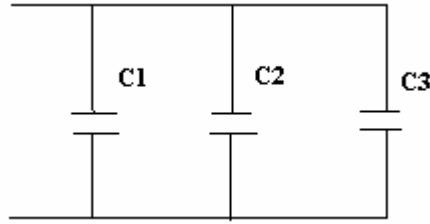
$$U=U_{c1}+U_{c2}+U_{c3}$$

Eş değer empedans ise

$$\frac{1}{X_{CT}} = \frac{1}{X_{C1}} + \frac{1}{X_{C2}} + \frac{1}{X_{C3}}$$

Formülü yardımıyla bulunur.

Ø Paralel Bağlantı



Şekil 2.4: Kondansatörlerin paralel bağlanması

$$C_t=C_1+C_2+C_3+\dots+C_n$$

$$U_1=U_2=U_3\dots\dots U_n$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 + \dots + I_n$$

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

ÖRNEK 1 :

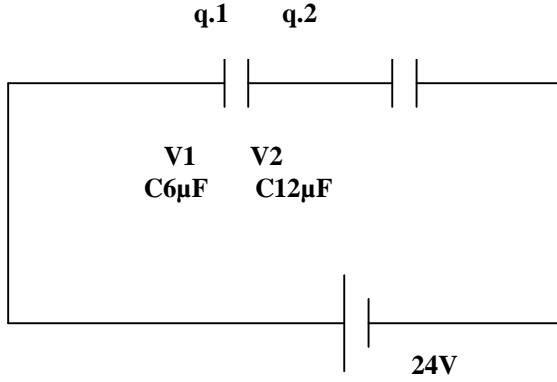
Aşağıdaki şekilde verilen seri bağlı kondansatörlerin sığaları $C= 8\mu F$ ve $C=12\mu F$ ise devrenin

Eş değer sığasını,

Eş değer yükünü,

Her bir kondansatörün yükünü,

Her bir kondansatörün potansiyelini bulalım.



Şekil 2.5.: Seri bağlı 2 kondansatör

ÇÖZÜM :

$$a) \frac{1}{C_t} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} \quad C = 4\mu F$$

$$b) q = C.V = 4. 24 = 96\mu C$$

c) Seri bağlı kondansatörlerin yükleri birbirine eşit olup o da sistemin yüküne eşit olacağından $q = 96\mu C$ olur.

$$d) V_1 + V_2 = 24 \text{ V} = 8 \text{ volt}$$

ÖRNEK 2: Paralel bağlı $C_1 = 8\mu f$, $C_2 = 0,2\mu f$ lik kondansatörlere yine paralel bağlı $C_3 = 0,6\mu f$, $C_4 = 6\mu f$ ve $C_5 = 30\mu f$ tir. Devreye uygulanan gerilimi 600 voltur.

- Devrenin eş değer kapasitesini
- Her kondansatör uçlarındaki gerilimleri hesaplayınız.

$$\text{Çözüm : a) } C_{ab} = 6+30 = 36\mu f$$

$$C_e = (12.36) / (12+36) = 9\mu f$$

$$b) U_1 = E.(C_{ab}) / (C_1+C_{ab}) = 600.36 / (12+36) = 450 \text{ volt}$$

$$U_2 = U_3 = 600.(12 / 48) = 150 \text{ volt}$$

aynı zamanda $E = 450 + 150 = 600 \text{ volt}$.

2.4.4. Kondansatörlerin Devreden Çıkarılmaları ve Boşaltılmaları

Otomatik konumunda reaktif röle kondansatörleri devreye alma veya çıkartma işlemini kendisi yapar.

Manuel konumunda kondansatörler, $\cos\phi$ değerine göre kullanıcı tarafından yön tuşları ile devreye alınıp çıkartılabilir. $\cos\phi$ 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 merkez kompanzasyonda dolu bir kondansatör üzerine ilave bir kondansatör devreye sokulmasında aşırı dengeleme akımları olacaktır. Dolu kondansatörlerin kendi başına bırakılmasında boşalma, günler ve haftalar alabilir. Bu sebeple kondansatör boşalma dirençleri üzerinden boşalacaktır.

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

Dolu kondansatöre bir direnç bağlandığı zaman kondansatör bir üstel fonksiyonuna göre t zamanında boşalacaktır. Kondansatör uçlarında t saniye den sonra, kalan gerilim UC2, kondansatör gerilimi UC1 ve zaman sabiti T=RC olmak üzere;

$$UC2=UC1 \cdot e^{-\frac{t}{T}}$$

pratikte kondansatör t=5T zamanında boşalır.

Boşalma direnci ;

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

ile hesaplanır. Alçak gerilim kondansatörlerinin gerilimleri devreden çıkarıldıktan sonra 1 dakika içinde 50 V 'a düşürülmelidir.

2.5. 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 SAYILI / 17.şUBAT.2000 TARİHLİ VE 23988 SAYILI / 09.MART.2000 SAYILI RESMİ GAZETELERDEKİ DEğİşİKLİKLER DİKKATE ALINMIşTIR.

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 (OG) barasından beslenmeleri durumunda, kompanzasyon projesi aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmalıdır.

6.1.1- Tesisin güç katsayısı 0,95 ile 1 arasındaki bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kondansatör 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 yüklerle birlikte 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 üzerin de çalışma yapılmamalıdır.

6.1.5- Tesislerde harmonik akım üreten tristörlü, redresörlü ark ocakları gibi cihazlar varsa bunların elektrik şebekesinde meydana getirecekleri 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 kurul 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 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)' 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 yayınlandığı tarihte yürürlüğe girer. Tebliğ olunur.

ELEKTRİK TARİFELERİ YÖNETMELİĞİNDE YAPILAN DEĞİŞİKLİKLER

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 dönem de 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 1ay için sistemden çektiği reaktif enerjinin, aktif enerjinin 0,33 (yüzde otuz üç) katından fazla olması halinde, 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

İşlem Basamakları	ÖNERİLER
Ø Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör yapı çeşidini seçiniz.	Ø 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.
Ø Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör bağlantılarını seçiniz	Ø Tesisiniz için uygulayacağınız kompanzasyon tesisatındaki kondansatör bağlantılarından yıldız veya üçgen bağlantı çeşidini seçiniz.

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 0,9'a yükseltmek için kondansatör kullanılacaktır.

- Kondansatör grubunun gücünü,
- Kondansatörler yıldız bağlandığına göre bir fazın kapasitesini,
- Üçgen bağlanacağına göre bir fazın kapasitesini bulunuz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI)

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru veya yanlış olarak değerlendiriniz.

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 alabilir. Bu sebeple kondansatör boşalma dirençleri üzerinden boşalacaktır.

DEĞERLENDİRME

Sorulara verdiğiniz cevaplar ile modülün sonunda bulunan cevap anahtarını karşılaştırınız. Cevaplarınız doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz. Yanlış cevap verdiyseniz öğrenme faaliyetinin ilgili bölümüne dönerek konuyu tekrar ediniz.

B. PERFORMANS TESTİ

2. öğrenme faaliyeti ile kazandığınız yeterliği, bir arkadaşınızla değiştirerek aşağıdaki kriterlere göre değerlendiriniz.

KONTROL LİSTESİ

Modülün Adı Konu Amaç	Kompanzasyon Sistemi Kompanzasyon sistem hesapları Standartlara, şartnamelere kuvvetli akım yönetmeliğine uygun ve hatasız olarak kompanzasyon sistem tasarımı, hesaplamalarını yapabilecek ve kondansatörleri seçebileceksiniz.	Modül Alanın: Adı ve Soyadı	Eğitimini
GÖZLENECEK DAVRANIŞLAR		Evet	Hayır
1	Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör yapı çeşidini seçtiniz mi?		
2	Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör bağlantılarını seçtiniz mi?		
3	Kompanzasyonda kullanılan kondansatörlerin devreye alınmaları ve çıkarılmalarını yaptınız mı?		

MODÜL DEĞERLENDİRME

ÖLÇME SORULARI 1

Aşağıdaki soruyu kondansatör güç hesaplamaları konusunda edindiğiniz bilgiler ışığında çözümleniz.

Soru: 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.]

OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI) 2

Aşağıdaki soruların cevaplarını doğru ve yanlış olarak değerlendiriniz.

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 edilirler
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 kağıt veya polipropilen film yahut da bunların karışığı olan kondansatörlerdir.
9. Kapasitansı 1375Ω hesaplanmış bir kondansatöre 50Hz ve 220 V'luk bir gerilim uygulanmıştır. Devreden geçen akım 0,23 amper dir.

- 10.** Günümüzde kompanzasyon sistemlerindeki kondansatörleri otomatik olarak devreye alan ve çıkaran eleman, reaktif röledir.

Cevaplarınızı cevap anahtarları ile karşılaştırarak kendinizi değerlendiriniz.

MODÜL YETERLİK ÖLÇME (PERFORMANS TESTİ)

Modül ile kazandığınız yeterliği, bir arkadaşınızla değiştirerek aşağıdaki kriterlere göre değerlendiriniz.

DERECELEME ÖLÇEĞİ

Modülün Adı Konu Amaç	Kompanzasyon Sistemi Kompanzasyon sistem hesapları Standartlara, şartnamelere kuvvetli akım yönetmeliğine uygun ve hatasız olarak kompanzasyon sistem tasarımı, hesaplamalarını yapabilecek ve kondansatörleri seçebileceksiniz.	Modül Eğitimi Alanın: Adı ve Soyadı	
GÖZLENECEK DAVRANIŞLAR		Evet	Hayır
1	Ortam tesisindeki reaktif güç tüketicilerini tespit ettiniz mi?		
2	Tesisin güç değerlerini tespit ettiniz mi?		
3	Güç kat sayısının düzeltilmesinin yararlarını araştırdınız mı?		
4	Tesise en uygun kompanzasyon sistemini seçtiniz mi?.		
5	Kullanılacak kompanzasyon sistemi hesabının tespit ettiniz mi?		
6	Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör yapı çeşidinin seçtiniz mi?		
7	Kompanzasyon tesisatı için gerekli kondansatör bağlantılarının seçilmesi		
8	Kompanzasyonda kullanılan kondansatörlerin devreye alınmaları ve çıkarılmaları işlemlerini yaptınız mı?		
TOPLAM PUAN			

DEĞERLENDİRME

Arkadaşınız kontrol listesindeki davranışları sırasıyla uygulayabilmelidir. Uygulayamadığınız davranıştan diğer davranışa geçmek mümkün olmayacağından faaliyeti tekrar etmeniz gerekmektedir.

DEĞERLENDİRME ÖLÇEĞİ

Kompanzasyon sistemi modülü, faaliyetleri ve araştırma çalışmaları sonunda kazandığınız bilgi ve becerilerin ölçülmesi ve değerlendirilmesi için kendinizi değerlendirme ölçeğine göre değerlendiriniz. Bu değerlendirme sonucuna göre bir sonraki modüle geçebilirsiniz.

DEĞERLENDİRME ÖLÇÜTLERİ		Evet	Hayır
1	Ortam tesissindeki 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

Yapılan değerlendirme sonunda hayır cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız modülü tekrar ediniz.

Bütün cevaplarınız evet ise modülü tamamladınız, tebrik ederiz. Öğretmeniniz size çeşitli ölçme araçları uygulayacaktır. Öğretmeninizle iletişime geçiniz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ-1 CEVAP ANAHTARI

$\text{Cos}\varphi_1=0,7$ Kabul edilir. (Omik yükler ve kompanzasyonlu yükler çıktıktan sonra)

$\text{Cos}\varphi_1=0,7$ $\varphi_1=45,5^\circ$ $=\text{tg}\varphi_1=1,02$ $F=\text{tg}\varphi_1-\text{tg}\varphi_2=1,02-0,328$ $F= 0,69$ veya

$\text{Cos}\varphi_2=0,95$ $\varphi_2=18,19^\circ$ $=\text{tg}\varphi_2=0,328$ cetvelden $F=0,69$ seçilir.

$P_1=900+10=910\text{kw}$. $Q_c=P_1 \times F=910 \cdot 0,69$ $Q_c = 628\text{KVAR}$

Dağılımı:

1;1;1;1=126:126:126:126 toplam =630 KVAR.

1;2;2;2= 70:140:140:140 toplam =630 KVAR.

OBJEKTİF TEST 1 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	Y
5	Y
6	D
7	Y
8	D
9	D
10	D

ÖĞRENME FAALİYETİ-2 CEVAP ANAHTARI

a) $\text{Cos}\varphi= 0,6$; $\varphi= 53^\circ$ $\text{Sin}\varphi= 0,8$ $\text{tg}\varphi= \text{tg}\varphi 53^\circ =1,33$

$P= S \cdot \text{Cos}\varphi =1000 \cdot 0,6 =600 \text{ kw}$

$\text{Cos}\varphi_1= 0,9$; $\varphi =26^\circ$, $\text{tg}\varphi_1= 0,5$

$Q_c=P \cdot (\text{tg}\varphi - \text{tg}\varphi_1)=600 \cdot (\text{tg} 53^\circ - \text{tg} 26^\circ)$

$Q_c= 600 \cdot (1,33-0,5) = 498 \text{ kvar}$

b) $Q =3 \cdot U \cdot I_c$, $I_c = U/X_c =U \cdot \omega \cdot c$

$Q = 3 \cdot U^2 \cdot \omega \cdot c$, $C_y = Q / (3 \cdot \omega \cdot U^2) = (498 \cdot 10^3) / (3 \cdot 3,14 \cdot 220^2)$

$C_y = 10923 \mu\text{f}$.

Not: Yıldız bağlantıda $C_y = 10923 \mu\text{f}$ lık kondansatör normal gerilimi 220 volt olduğu halde, üçgen bağlı kondansatör gurubunda kondansatör gerilimi 380 volt olmalıdır.

FAALİYET 2 ÖLÇME SORULARI TESTİNİN CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	Y
4	D
5	D

MODÜL DEĞERLENDİRME ÖLÇME SORULARI 1 CEVAP ANAHTARI

Çözüm : 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.]

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

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

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

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

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

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

MODÜL DEĞERLENDİRME OBJEKTİF TESTLER (ÖLÇME SORULARI) 2 CEVAP ANAHTARI

1	D
2	Y
3	D
4	D
5	Y
6	Y
7	D
8	D
9	Y(0,16 A)
10	D

ÖNERİLEN KAYNAKLAR

- Ø <http://www.odevsitesi.com> kompanzasyon sistemleri tasarımı
- Ø <http://www.federalelektrik.com>
- Ø <http://www.kondas.com.tr>

KAYNAKÇA

- Ø ONAT Hakkı, **CNR Fuar Seminer Notları** 30.09.2000.
- Ø OKUMUŞ Deniz, **Yıldız Teknik Üniversitesi Kütüphanesi Bitirme Tezi Arşivi**, İstanbul, 2004.
- Ø BAYRAM Prof. Dr Mustafa, **Kuvvetli Akım Kondansatörleri ve Güç Katsayısının Tahsisi**, Temmuz,1977.
- Ø İLİSA İsa, **Reaktif Güç Kompanzasyonunda Otomatik Kondansatör Tesisleri**, Ağustos, 2000.
- Ø İRKLİ, Haydar, **Elektrik Şebekelerinde Reaktif Güç Kompanzasyonu**, Elginkan Vakfı Ümmehan Elginkan Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi, 25 Ağustos 2005.
- Ø SAÇKAN Ahmet Hamdi, **Doğru ve Alternatif Akım Devreleri Problem Çözümleri**, İstanbul.