

**T.C.  
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

# **ELEKTRİK ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ**

**KOMPANZASYON CİHAZLARI VE  
MONTAJI  
523EO0048**

**Ankara, 2011**

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

# İÇİNDEKİLER

|  |     |
|--|-----|
| AÇIKLAMALAR .....  | iii |
| GİRİŞ .....  | 1   |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-1 .....  | 3   |
| 1. KOMPANZASYON SİSTEMLERİ .....   | 3   |
| 1.1. Kompanzasyonun Önemi .....  | 3   |
| 1.2. Düşük Güç Kat Sayısının Sakıncaları .....   | 4   |
| 1.3. Kompanzasyonun Yararları .....  | 5   |
| 1.3.1. Üretici Yönünden .....  | 6   |
| 1.3.2. Tüketici Yönünden .....   | 6   |
| 1.4. Kompanzasyon ile İlgili Yönetmelik Maddeleri .....                                    | 6   |
| 1.4.1. Genel Hükümler .....  | 6   |
| 1.4.2. Yeni Kurulacak Tesislerde Kompanzasyon .....  | 7   |
| 1.4.3. Alçak Gerilimde Kompanzasyon .....  | 7   |
| 1.4.4. Uygulamayla İlgili Hükümler .....   | 9   |
| 1.4.5. Kompanzasyon Tesislerinde Dikkat Edilecek Önemli Teknik Konular .....               | 10  |
| 1.5. Kompanzasyon Çeşitleri .....  | 11  |
| 1.5.1. Tek Tek Kompanzasyon .....  | 11  |
| 1.5.2. Grup Kompanzasyonu .....  | 13  |
| 1.5.3. Merkezî Kompanzasyon .....  | 14  |
| 1.6. Reaktif Güç Kontrol Rölesi .....  | 15  |
| 1.6.1. Yapısı .....  | 15  |
| 1.6.2. Çalışması .....   | 15  |
| 1.6.3. Devre Bağlantı Şeması ve Montajı .....  | 16  |
| 1.6.4. Tanıtım Kataloglarının İncelenmesi .....  | 19  |
| 1.7. Kompanzasyon Pano Bağlantı Şemaları .....   | 19  |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....   | 22  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....   | 24  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-2 .....  | 25  |
| 2. KOMPANZASYON UYGULAMALARI .....   | 25  |
| 2.1. Kondansatörler .....  | 25  |
| 2.1.1. Kondansatör Çeşitleri .....   | 26  |
| 2.1.2. Kondansatör Seçimi .....  | 28  |
| 2.1.3. Kondansatör Gücünün Hesabı .....  | 28  |
| 2.1.4. Kondansatör Grubunun Yıldız Bağlantısı .....  | 30  |
| 2.1.5. Kondansatör Grubunun Üçgen Bağlantısı .....   | 30  |
| 2.2. Güç Kat Sayısının Yükseltilmesi .....   | 31  |
| 2.2.1. Güç Kat Sayısının Yükseltilmesinin Önemi .....                                      | 31  |
| 2.2.2. Güç Kat Sayısının Yükseltilmesi için Kondansatör Seçimi Hesabı .....                | 32  |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....   | 36  |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....   | 38  |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-3 .....  | 39  |
| 3. KOMBİ SAYAÇLAR .....  | 39  |
| 3.1. Kombi (Aktif-Reaktif) Sayaç Yapısı .....  | 39  |
| 3.2. Kompanzasyon Sistemlerinde Kullanılan Sayaç Bağlantı Klemensleri ve Özellikleri ..... | 41  |
| 3.3. Kombi Sayaç Klemensli Bağlantı Şeması .....   | 42  |

|   |    |
|---|----|
| 3.4. Kombi Sayaç Endeksleri .....   | 43 |
| 3.5. Endekslere Göre Ceza Oranının Hesaplanması ve Örneklerle Açıklanması ..... | 44 |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....  | 46 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....  | 47 |
| ÖĞRENME FAALİYETİ-4 .....   | 48 |
| 4. HARMONİKLİ SİSTEMLERDE KOMPAZASYON .....                                     | 48 |
| 4.1. Harmonik ve Tanımı .....   | 48 |
| 4.2. Harmonik Meydana Getiren Alıcılar .....                                    | 49 |
| 4.3. Harmoniğin Sistemde Meydana Getirdiği Sakıncalar.....                      | 49 |
| 4.4. Sistemde Harmoniğin Tespit Edilmesi.....                                   | 50 |
| 4.5. Harmoniğe Karşı Kompanzasyon Sistemlerinde Alınan Tedbirler.....           | 53 |
| 4.5.1. Filtreli Kompanzasyon.....   | 53 |
| 4.5.2. Aktif Filtre ile Kompanzasyon .....                                      | 54 |
| 4.5.3. Pasif Filtre ile Kompanzasyon.....                                       | 56 |
| UYGULAMA FAALİYETİ .....  | 58 |
| ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME .....  | 60 |
| MODÜL DEĞERLENDİRME .....   | 61 |
| CEVAP ANAHTARLARI.....  | 63 |
| KAYNAKÇA .....  | 65 |

# AÇIKLAMALAR

|  |  |
|--|--|
| <b>KOD</b>                                     | <b>523EO0048</b>   |
| <b>ALAN</b>                                    | <b>Elektrik Elektronik Teknolojisi</b>   |
| <b>DAL/MESLEK</b>                              | <b>Elektrik Tesisatları ve Pano Montörlüğü</b>   |
| <b>MODÜLÜN ADI</b>                             | <b>Kompanzasyon Cihazları ve Montajı</b>   |
| <b>MODÜLÜN TANIMI</b>                          | Kuvvet tesislerinde kullanılan kompanzasyon sistemleri, reaktif güç kontrol rölesi, kompanzasyon kondansatörleri ve bağlantıları ile ilgili, bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.   |
| <b>SÜRE</b>                                    | 40/ 24   |
| <b>ÖN KOŞUL</b>                                | Alan ortak modüllerini başarmış olmak  |
| <b>YETERLİK</b>                                | Kompanzasyon cihazlarının montajını yapmak   |
| <b>MODÜLÜN AMACI</b>                           | <b>Genel Amaç</b><br>Uygun ortam sağlandığında, TS ve ilgili yönetmeliklere uygun olarak kompanzasyon cihazlarının montajını yapabileceksiniz.<br><b>Amaçlar</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Her çeşit ve marka reaktif güç kontrol rölesi montajını hatasız yapabileceksiniz.</li><li>2. Her çeşit ve marka kondansatör gruplarının montajını hatasız yapabileceksiniz.</li><li>3. Her marka kombi sayacın bağlantısını yapabileceksiniz ve endekslerden ceza oranının hesabını yapabileceksiniz.</li><li>4. Harmoniğin ölçümünü yapabileceksiniz. Harmoniğe karşı kompanzasyon sistemlerinde önlem alabileceksiniz.</li></ol> |
| <b>EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI</b> | <b>Ortam:</b> Atölye ortamı, sektör sanayi kuruluşları<br><b>Donanım:</b> Kompanzasyon pano çeşitleri, kombi sayaç, baralar, akım trafoları, mesnet izolatörleri, güç kondansatörleri, reaktif güç rölesi, kablolar, kablo pabuçları, klemensler, anahtar takımları, tornavidalar, pense, kablo pabuç pensesi, izole bant, kablo kanalları, kablo bağı ve spirali, topraklama elemanları, anahtarlı otomatik sigortalar, pano bağlantı şemaları, malzeme katalogları, ölçü aletleri, projeksiyon, slayt, tepegöz   |

**ÖLÇME VE  
DEĞERLENDİRME**

Modül içinde yer alan her öğrenme faaliyetinden sonra verilen ölçme araçları ile kendinizi değerlendireceksiniz.  
Öğretmen modül sonunda ölçme aracı (çoktan seçmeli test, doğru-yanlış testi, boşluk doldurma, eşleştirme vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek sizi değerlendirecektir.

# GİRİŞ

## Sevgili Öğrenci,

Bu modül sonunda kompanzasyon sistemleri hakkında bilgi ve beceriler elde edeceksiniz.

Sanayideki alıcılar; omik, endüktif ve kapasitif olmak üzere üç çeşittir. Omik alıcılar ısıtıcılar ve akkor telli lambalardır. Endüktif alıcılar, bobinli alıcılar olup transformatörler ve motorlardır. Kapasitif alıcılar ise kondansatörlerden oluşur.

Bobinli alıcı olan endüktif alıcılar aktif güç yanında reaktif güç de çeker. Bu nedenle kullanılmayan bu güç, enerji iletim hatlarını, transformatörleri, şalterleri gereksiz yere meşgul eder. Bu kayıpları önlemek için reaktif alıcılara kondansatör bağlanarak bu özellikleri ortadan kaldırılır. Böylece reaktif güç çekilmesinden kaynaklanan kayıplar ortadan kaldırılmış olur.

İç Tesis Yönetmelikleri'ne göre 50 kVA'ı aşan güçlerdeki tesislerde kompanzasyon yapılması zorunludur. Bu nedenle bu tür tesislerdeki bu işlemin yapılması pano montörlüğü dalının bir parçası hâline gelmiş ve sanayide yaygın olarak ihtiyaç duyulan bir konu hâlini almıştır.

İşte bu modülü öğrendiğiniz zaman karşılaştığınız herhangi bir tesisin kompanzasyonunu yapabilecek, reaktif güç kontrol rölesini ve kondansatör gruplarını panoya monte edebileceksiniz.





# ÖĞRENME FAALİYETİ-1

## AMAÇ

Her çeşit ve marka reaktif güç kontrol rölesi montajını hatasız yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Kompanzasyon panolarını ve kullanım yerlerini araştırınız.
- Değişik firmalara ait reaktif güç kontrol rölelerini inceleyiniz.
- Araştırma işlemleri için internet ortamını, reaktif güç rölesinin satıldığı mağazaları, uygulama yapılan endüstriyel kuruluşları ve kompanzasyon panosu imalat yerlerini gezebilirsiniz.

## 1. KOMPANZASYON SİSTEMLERİ

### 1.1. Kompanzasyonun Önemi

Günümüzde bütün ülkeler, yer üstü ve yer altı enerji kaynaklarını en verimli şekilde kullanma yollarını araştırmaktadır.

Bugün tüm insanlığın en zorlu ihtiyaç maddesi hâline gelen elektrik enerjisi yaygın olarak üretilmektedir. Üretilen enerjinin ekonomik olması için santralden en küçük alıcıya kadar dağıtımında en az kayıpla taşımının yolları ve hesapları yapılmaktadır.

Dünyamızda elektrik enerjisine ihtiyacın sürekli artması, enerji üretiminin pahalılaşması, taşınan enerjinin ucuz ve hakiki iş gören aktif enerji olmasını zorunlu kılmaktadır.

Bilindiği gibi şebekeye bağlı bir alıcı; eğer bir motor, bir transformatör, bir floresan lamba ise bunlar manyetik alanlarının temini için bağlı oldukları şebekeden bir reaktif akım çeker.

Santralde üretilen bir enerji, aktif ve reaktif akım adı altında en küçük alıcıya kadar beraberce almakta, iş yapmayan, motorda manyetik alan elde etmeye yarayan reaktif akım, havai hatlarda, trafoda, tablo, şalterler ve kabloda gereksiz kayıplar meydana getirmektedir.

Bu kayıplar yok edilirse trafo daha fazla alıcıyı besleyecek kapasiteye sahip olacak, devre açıcı kapayıcı şalterler, lüzumsuz yere büyük seçilmeyecek, tesiste kullanılan kablo kesiti küçülecektir. Bunun sonucu daha az yatırımla fabrika ve atölyeye enerji verme imkânı elde edilecektir. Elektrik işletmesi tarafından uygulanan tarifeler yönünden de her dönem daha az elektrik enerjisi ödemesi yapılacaktır.

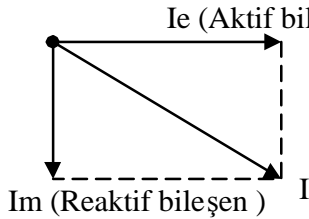
Görüldüğü gibi daha ilk bakışta reaktif akımın santralden alıcıya kadar taşınması, büyük ekonomik kayıp olarak görünmektedir. İşte bu reaktif enerjinin santral yerine, motora en yakın bir yerden kondansatör tesisleri veya aşırı uyartımlı senkron motorlar ile azaltılması ve böylece tesisin aynı işi, daha az akımla karşılaması mümkündür.

Tesiste harcanan reaktif enerjinin azaltılması amacı ile yapılan kondansatör veya senkron motor tesislere **kompanzasyon**, bu işlemin yapıldığı tesislere de **kompanze edilmiş tesisler**, kısaca **kompanzasyon** denir. Reaktif güç kompanzasyonu için senkron motor yerine daha ekonomik olan kondansatörler kullanılır.

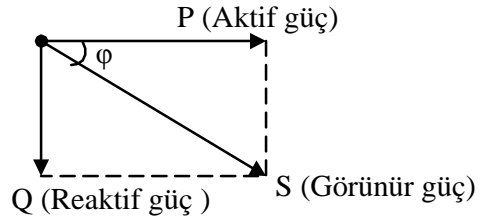
## 1.2. Düşük Güç Kat Sayısının Sakıncaları

Bilindiği gibi alternatif akım, aktif ve reaktif bileşenlerden meydana gelmektedir. Aktif bileşen motorlarda mekanik gücü, ısıtıcılarda sıcaklığı, lambalarda ise aydınlatma gücünü meydana getirir. Reaktif bileşen ise bobinli (manyetik) alıcılarda manyetik akımın meydana gelmesi için harcanır.

Aktif akımın meydana getirdiği güce aktif (wattlı) güç, reaktif akımın meydana getirdiği güce reaktif (kör) güç ve bu güçlerin bileşkesine (vektöriyel toplamına) ise **görünür (zahiri) güç** denir.



Şekil 1.1: A.Akımın akım vektörü



Şekil 1.2: A.Akımın güç vektörü

Şekil 1.2'deki güç vektöründe;

Aktif güç:  $P = U \cdot I \cdot \cos\phi$ .....(W)

Reaktif güç:  $Q = U \cdot I \cdot \sin\phi$ .....(VAR)

Görünür güç:  $S = U \cdot I$  .....(VA)

Elde edilir. (Formüller bir faz içindir.)

Güçler arasındaki ilişkiyi formül ile açıklarsak;

$S = \sqrt{P^2 + Q^2}$  şeklinde olur.

Güç vektöründeki aktif güç (P) ile görünür güç (S) arasındaki açının cosinüsüne güç kat sayısı ( $\cos\phi$ ) denir. Reaktif güç (Q) ne kadar büyük olursa  $\cos\phi$  küçük, dolayısıyla görünür güç (S) de büyük olur. Bu da şebekeden daha fazla güç çekmek yani akım çekmek demektir.

İşte reaktif gücün azaltılıp güç kat sayısı ( $\cos\phi$ )'nın yükseltilmesi işlemine **kompanzasyon** (güç kat sayısını düzeltme) denir.

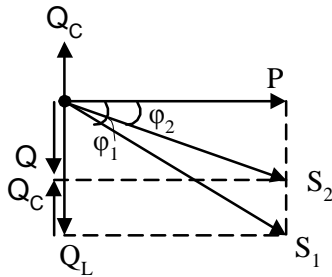
Reaktif gücün de iki bileşeni vardır.

Bunlar manyetik alanın oluşumu için bobinlerin harcadığı endüktif reaktif güç ( $Q_L$ ) ve kapasitif reaktif güç ( $Q_C$ )'tür. Reaktif gücün bu bileşenleri vektöriyel olarak birbirinin tam tersi yöndedir.

Toplam reaktif güç,  $Q = Q_L - Q_C$  veya  $Q = Q_C - Q_L$  şeklinde hesaplanır.  $Q_C$ 'nin  $Q_L$ 'den büyük olması  $\cos\phi$ 'nin kapasitif özellikte olması,  $Q_L$ 'nin  $Q_C$ 'den büyük olması ise  $\cos\phi$ 'nin endüktif özellikte olması demektir.

Güç kat sayısını düzeltmek için devreye endüktif reaktif gücün zıttı olan kapasitif reaktif yük eklenir. Yani devreye kondansatörler bağlanır.

Kompanzasyon yapılmış (kondansatör bağlanmış) devrenin güç vektör diyagramı şu şekilde çizilir (Şekil 2).



$$S_1 = \sqrt{P^2 + Q_L^2}$$

$$S_2 = \sqrt{P^2 + (Q_L - Q_C)^2}$$

**Şekil 1.3: Kompanzasyon yapılmış devrenin güç vektör diyagramı**

Vektör diyagramında görüldüğü gibi kondansatör bağlanmadan önceki  $\cos\phi_1$  değeri daha küçük ve görünür güç ( $S_1$ ) daha büyüktür. Kondansatör eklendiğinde ise  $\cos\phi_2$  büyüyerek görünür güç ( $S_2$ ) azalmıştır. Bu da şebekeden daha az güç ve akım çekmek demektir. Aynı zamanda elektrik enerjisi ücretinden de kâr demektir.

### 1.3. Kompanzasyonun Yararları

Güç kat sayısının düzeltilmesi hem elektrik enerjisini üretenler hem de tüketenler bakımından çok faydalıdır. Bu nedenle kompanzasyon sisteminin orta ve büyük boy işletmelerde, işletme sahibi tarafından yapılması zorunlu hâle getirilmiştir. Kompanzasyon yapılan tesiste elde edilen avantajları şu şekilde sıralayabiliriz:

### 1.3.1. Üretici Yönünden

- İletkenler daha az akım taşıyacağından ince kesitte seçilir.
- Aynı iletim hattından daha fazla aktif enerji iletileceğinden üretim, iletim ve dağıtım tesislerinde kapasite - verim yükselir.
- Enerjinin üretim ve satış maliyeti azalır.
- Alternatör ve transformatörlerin gücü daha küçük tutulur.
- Dağıtım hatlarında kayıplar ve gerilim düşümü azalır.

### 1.3.2. Tüketici Yönünden

- İletkenler daha ince kesitte seçilir.
- Besleme transformatörü, kumanda, kontrol ve koruma elemanları daha küçük değerlerde seçilir.
- Besleme transformatörünün ve tesisin kapasitesi ile verimi yükselir.
- Kayıplar ve gerilim düşümü azalır.
- Şebekeden daha az reaktif enerji çekilir.
- Harcanan enerji azalacağından enerji ücreti de azalır.

## 1.4. Kompanzasyon ile İlgili Yönetmelik Maddeleri

### 1.4.1. Genel Hükümler

- Kurulu gücü veya besleme trafolarının toplam kurulu gücü 50 kVA ve daha büyük olan abonelerin alçak gerilimli baradan beslenmesi durumunda mutlaka (17.02.2000 tarih ve 23967 sayı) tebliğ hükümleri çerçevesinde kompanzasyon tesisleri yapılacaktır.
- 50 kVA'ın alternatif reaktif enerji tarifesine tabi olan abonelerin müracatı veya fen servislerinin lüzum görmesi hâlinde, bu tür abonelere de eldeki sayaç akım değerleri de göz önüne alınarak reaktif sayaç takılmakta ve bu sayaçların tüketim kayıtlarına göre hesaplama yapılmaktadır.
- Bilindiği üzere, reaktif sayacı ile reaktif tüketimi ölçülebilen abonelerde reaktif tüketim, aktif tüketimin % 33'ünü geçmemesi şartıyla herhangi bir reaktif enerji bedeli alınmayacağı tarifede belirtilmektedir. Diğer bir ifadeyle abone güç faktörünün 0,95 ile 1 arası değerlerinde reaktif enerji bedeli tarifeye göre alınacaktır. Şu hâlde kompanzasyon yapılacak tesislerde güç faktörü yukarıdaki esaslara göre saptanacak sınırlar içinde kalması koşuluyla gerekli tesis yapılmalıdır.
- Mevcut tesislere yapılacak kompanzasyonda yine belirlenen sınırlar içinde kalma koşuluyla gerekli tesis yapılacak ve işletmeye bir proje ile müracaatta bulunulacaktır.
- Reaktif enerji tarifesi grubunda olup da endüktif yükü olamayan veya yukarıda belirtilen güç faktörü sınırında çalışan aboneler de işletmeye müracat etmeleri hâlinde, bu tür abonelerden reaktif enerji bedeli alınmayacaktır.

## 1.4.2. Yeni Kurulacak Tesislerde Kompanzasyon

Yeni enerji alacak tesislerde hazırlanacak olan projede, kurulacak olan tesise ait nominal veya etiket değerleri göz önüne alınarak kompanzasyon gücü hesaplanarak belirlenecektir. İşletme gerek enerji verme aşamasında, gerekse enerji verdikten sonra bu tesisin belirtilen güç faktörü sınırları içinde çalışıp çalışmadığını izleyecektir.

17.02.2000 Tarih ve 23967 Sayılı resmî gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren yeni kompanzasyon tebliğine göre,

- **Madde 1.** Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA ve bunun üzerinde olan elektrik tesislerinde kompanzasyon tesisi yapılması zorunludur.
- **Madde 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.
- **Madde 3.** Abonelerin beslenmesinde kullanılan transformatör merkezleri ile ilgili kompanzasyon tesisi projeleri yapılırken, abonelerin kendi tesisleri için tek tek kompanzasyon tesisi kurmaları durumunda, transformatör merkezlerinde yalnızca sabit kondansatör grubunun göz önünde bulundurulması yeterlidir.

## 1.4.3. Alçak Gerilimde Kompanzasyon

- **Madde 5. Alçak Gerilimden (1 kV ve altı) Beslenen Tesislerde Kompanzasyon**
  - **5.1.** Kurulu gücü veya besleme transformatörlerinin toplam kurulu gücü 50 kVA ve daha büyük olan abonelerin alçak gerilimli baradan beslenmesi durumunda, kompanzasyon tesisi projesi, aşağıda belirtilen esaslara göre yapılmalıdır.
    - **5.1.1.** Projesi yapılacak tesisin güç kat sayısı  $\cos \phi = 0,95$  (dâhil) ile 1,0 arasındaki bir değere yükseltilecek şekilde gerekli kondansatör gücü hesaplanmalıdır.
    - **5.1.2.** Kondansatör hesabında kullanılan etkin (aktif) güç, tesisin kurulu gücü ile eş zamanlılık kat sayısı (diversite faktörünün tersi) çarpılarak bulunmalıdır.
    - **5.1.3.** Reaktif enerji kompanzasyonunda esas, kompanzasyonun olabildiğince tüketici cihaza yakın yerde yapılmasıdır. Bu nedenle deşarj lambalı armatürler, klima cihazları, su gereksinimi için tesis edilecek motopomplar vb. cihazlarının tek tek olarak kompanze edilmesi önerilir. Ancak tek tek kompanzasyon yapılması durumunda kondansatörler, devreye yük ile birlikte girip çıkacak

şekilde tesis edilmelidir. Reaktif güç kompanzasyonu, merkezi ve otomatik olarak da tesis edilebilir.

- **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 veya bıçaklı (üzengili) şalter veya yük ayırıcı şalter ile termik veya manyetik röle bulunmalıdır.

- **5.1.5.** Tesiste bulunan cihazların (makine, motor vb.) güç kat sayısı bilinmiyorsa omik dirençli yüklerde güçleri hesaba katılmayarak başlangıç güç kat sayısı için ölçme ile bulunacak değerler baz alınacak; bunun mümkün olmadığı durumlarda makinelerin güç ve devir sayıları dikkate alınarak yaklaşık başlangıç güç kat sayıları belirlenecek ve Madde 5.1.1'de belirtildiği şekilde projelendirilecektir.
- **5.1.6.** Sabit kondansatör grubu, öncelikle güç transformatörünün boştaki sabit reaktif kayıplarını kompanze edecek şekilde hesapla bulunacaktır. Bu hesabın yapılmadığı durumlarda, kompanzasyon sisteminde yalnızca sabit grup devredeyken elektrik tesisinin güç faktörü istenilen değerde kalmak koşuluyla, güç **transformatörün anma gücünün yaklaşık %5'i ile % 10'u** arasında seçilen birinci kondansatör grubu sabit ve sürekli olarak işletmede kalacaktır. Öbür gruplar otomatik olarak devreye girip çıkacak şekilde tesis edilecektir. Sabit grup, ana otomatik şalterden önce veya sonra bağlanabilir. Sabit grubun ana otomatik şalterden önce bağlanması durumunda gerekli teknik emniyet önlemleri (uyarı levhası vb.) alınmalıdır. Sabit kondansatör gücü, sistemde istenmeyen harmoniklerde rezonans oluşturmayacak şekilde hesaplanmalıdır. Abonenin kuracağı tesisler doğrudan alçak gerilim şebekesinden besleniyorsa birinci grubun sabit bağlanması gerekmez.
- **5.1.7.** Başlangıçta çekilecek güç az da olsa, kompanzasyon panosu tam güce göre hesaplanarak projelendirilmelidir. Kompanzasyon tesis gücünün hesaplanmasında kondansatörde zamanla meydana gelecek değer kayıpları, ilgili standartlar ve üretici firma kataloglarına göre göz önünde bulundurulmalıdır. Sistemde reaktif güç artışını gerektirecek bir güç artışı olduğu zaman panoya gerekli kondansatör ve donanım eklenmelidir.

Reaktif güç rölesinin ayar dizisi toplamı en az beş olmalıdır. Röle, aşırı ve düşük gerilime karşı koruma sistemlerini içermelidir (Şebeke geriliminin normal gerilimin % 10'u kadar ve daha çok artması veya eksilmesi durumunda, röle 0,5 saniye ile 3 saniye arasında bir gecikme ile kumanda ettiği sistemleri devre dışı edecek ve gerilimin yeniden nominal

değere yaklaşması durumunda, önce sabit grubu sonra da yükün gereksinimine göre öbür parçaları devreye sokacak özellikte olmalıdır.).

- **5.1.8.** Kondansatör gruplarının ayrı ayrı sigortalar ve kontaktörler üzerinden beslenmesi ve paralel bağlanmış kondansatörlerin yardımcı kontaktör 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... sistemi gibi çalışacak şekilde de kullanılabilir.
- **5.1.9.** Tesis sahiplerince, tesislerin bütününe veya bir bölümünün omik güç çekeceği veya makinelerin kompanze edilmiş şekilde üretilmiş olduğunun yazılı olarak bildirilmesi ve ilgili belgelerin proje onaylayan kuruluşa sunulması durumunda, projenin onaylanmasında bu özellik göz önünde bulundurulmalıdır.
- **5.1.10.** Motorların tek tek olarak kompanze edilmesi durumunda aşırı kompanzasyona engel olmak için küçük güçlü motorlarda (gücü 30 kW'a kadar olan motorlar), tesis edilecek kondansatörlerin reaktif güç değerleri yürürlükte bulunan yerli ve yabancı standart, şartname, yönetmelik vb.deki değerlerden büyük, büyük güçlü motorlarda (gücü 30 kW'nin üstünde olan motorlar), olabildiğince motorun boş çalışmada çektiği reaktif gücün % 90'ından daha büyük olmamalıdır.
- **5.1.11.** Tesislerde harmonik akım üreten redresörler, ark ocakları, elektrik kaynak makineleri, tristör kumandalı doğru akım motorları gibi cihazlar varsa bunların akım darbeleri ile elektrik sisteminde meydana getireceği olumsuz etkileri önlemek için gerekli önlemler alınmalıdır.
- **5.1.12.** Tesisin çektiği aktif enerjiyi ölçen aktif sayaçtan başka, endüktif reaktif enerjiyi ölçmek için bir tane, enerji sağlayacak kuruluşun gerekli görmesi durumunda, abonenin aşırı kompanzasyon sonucunda sisteme vereceği kapasitif reaktif enerjiyi ölçmek için de bir tane olmak üzere toplam iki adet geri dönmeyen reaktif sayaç tesis edilmelidir (Dijital tek sayaç kullanılabilir.).

#### 1.4.4. Uygulamayla İlgili Hükümler

##### ➤ Reaktif Enerji Tarifesi

Reaktif Enerji Tarifesi (25/12/1997 tarih ve 23/211 sayılı resmi gazete).  
Elektrik Projelerinin Hazırlanması (17/02/2000 tarih ve 23967 sayılı resmi gazete)  
Elektrik Tarifeleri Yönetmeliği (09/03/2000 tarih ve 23988 sayılı resmi gazete)  
Madde – 56-Reaktif Enerji Tarifesi aşağıdaki şartlar hâlinde uygulanır.

- Abone çekeceği reaktif enerjiyi ölçmek üzere gerekli ölçü aletlerini tesis etmek zorundadır. Tesis etmeyen abonenin o dönemde çektiği aktif enerjinin 0,90 katı reaktif enerji çektiği kabul edilir (R.G: 9.3.2000 / 23988).
- Reaktif enerjiyi ölçmek üzere gerekli ölçü aletlerini tesis eden abonelerden çektiği aktif enerjinin % 0,33 katına kadar reaktif enerji çeken müşteriden reaktif enerji bedeli alınmaz. Bu sınır aşılsa çekilen reaktif enerjinin tamamına reaktif enerji tarifesi uygulanır. (R.G: 9.3.2000 / 23988)
- Abone aşırı kompanzasyon sonucunda sisteme vereceği reaktif enerjiyi ölçmek için geri dönmesiz reaktif enerji sayacını tesis edecektir. Sisteme verilecek (kapasitif tüketim) reaktif enerji, o dönemde çekilecek aktif enerji miktarının (aktif tüketim) % 20' sini aşması hâlinde abonenin çektiği aktif enerjinin 0,90 katı kadar reaktif enerji tüketildiği kabul edilerek reaktif enerji tarifesi üzerinden bedeli alınır. (R.G: 9.3.2000 / 23988)
- Bu maddenin b ve c bentlerinde yazılı sınırların ikisini birden aşan abonenin çekilen aktif enerjinin 0,90 katı kadar reaktif enerji tüketildiği kabul edilerek bedeli alınır.
- Tek fazla beslenen abone ile üç fazlı, kurulu güç 15 kW' a kadar, bağlantı gücü 9 kW'a kadar olan aboneye ve meskenler, hayır kurumları, dernekler, vakıflar, resmi teşekküller, kümes hayvanı çiftliği abonelerine reaktif enerji tarifesi uygulanmaz.

**NOT:** Tarımsal sulama abonelerinin çektiği reaktif enerji miktarının azaltılması için, tarımsal sulama abonelerine de reaktif enerji tarifesi uygulanmasına geçilmiştir.(17/02/2000 tarih ve 23967 sayılı resmi gazete)

- **MADDE 10-** Aynı Yönetmeliğin değişik 53. maddesinin (b.6) alt bendi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.
- Reaktif tarife uygulanan müşterilerin elektrik iç tesislerinde kullanılacak deşarj (boşalmalı) lambaları ile bağlantı gücü 9 kW'ı geçen yeni yapılardaki ortak kullanım amaçlı kazan dairesi, klima ve hidrofor tesislerinde kullanılan motorlarda güç faktörünün, ilgili mevzuatta öngörülen değerine çıkarılması için, en azından yükte birlikte devreye girip çıkan bir kondansatör (kondansatörler) ve benzeri tesis edilecektir.”

#### 1.4.5. Kompanzasyon Tesislerinde Dikkat Edilecek Önemli Teknik Konular

- Kompanzasyon tesislerinin otomatik ayar kademeli yapılması hâlinde “özellikle küçük tesislerde” kompanzasyonun münferit tüketim noktalarına konmasına özen gösterilmelidir.
- Gerek münferit gerekse merkezi kompanzasyon tesislerinde, elektrik kesilmesi hâlinde bu kompanzasyonun şebeke ile irtibatını kesecek şekilde gerekli önlem alınmalıdır.



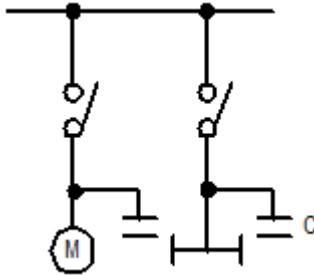
- Kompanzasyon tesislerinin güç faktörü 0,95-1 sınırı içinde kalacak şekilde yapılmalıdır. Aşırı kompanzasyonlar tesiste gerilim yükselmelerine neden olabilir.
- Kondansatörler devreden çıkarken büyük arklar oluştururlar. Bu nedenle seçilecek anahtarın açma hızlarının büyük olması gerekir.
- Açma olayı sırasındaki arkın tesisi ile kontakların yanmasını önlemek için arkın tesisi ile kontakların yanmasını önlemek için yük anahtarları nominal kondansatör akımının 1,25 ile 1,8 katı kadar seçilebilir.
- Kondansatör tesislerinde yük harmoniklerin tesiri dikkate alınarak sigorta akımları nominal kondansatör akımından % 70 kadar büyük seçilmelidir. Ayrıca gecikmeli tip sigortalar tercih edilmelidir.
- Başlangıç darbe akımları dikkate alınarak kondansatör tesislerinde kullanılan iletkenlerin kesitleri belirli bir akım şiddeti için normal tesislerden daha büyük seçilmelidir.
- Harmonik akımlarını belirli ölçüde amortize etmek amacıyla kompanzasyon tesisleri bir veya birkaç paralel kablo üzerinden baralara bağlanmalıdır.

## 1.5. Kompanzasyon Çeşitleri

Her tüketicinin müstakil kompanzasyonu olan tek tek kompanzasyon, grup kompanzasyonu ve merkezi kompanzasyon olmak üzere üç çeşit kompanzasyon uygulaması vardır.

### 1.5.1. Tek Tek Kompanzasyon

Tek tek kompanzasyonda kondansatörler doğrudan yük çıkışlarına bağlanır. Ortak bir anahtarlama cihazı ile yüklerle birlikte devreye alınıp çıkarılır. Kondansatör gücü, doğru bir şekilde yüke göre seçilmelidir. Bu kompanzasyon aynı zamanda en etkin ve en güvenilir olanıdır çünkü bir kondansatörün bozulması hâlinde meydana gelen arıza, arızalı bölümü devre dışı bırakır. Ancak bu sistem, diğer sistemlerin en pahalısıdır. Buna karşılık, aydınlatmada ve oldukça büyük güçlü tüketici motorlarda, besleme hattı uzun olan alıcılarda, tek tek kompanzasyon uygulaması tercih edilmektedir (Üç fazlı kondansatörler üçgen olarak bağlanır.).



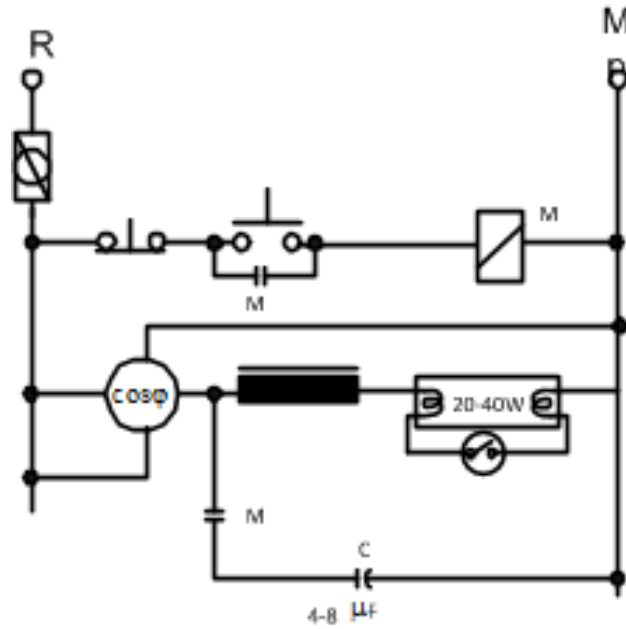
Şekil 1.4: Tek tek kompanzasyon prensip şeması

### 1.5.1.1. Aydınlatmada Kompanzasyon

Genellikle floresan lamba, cıva buharlı ve sodyum buharlı lambalarda uygulanır. Floresan lambanın güç kat sayısı  $\cos\phi = 0,55$ 'tir. Kompanzasyondan sonra  $\cos\phi$ 'yi  $0,95 - 1$  arasına yükseltmek gerekir. Bunun için gerekli kondansatör gücü tablo 1.1'den bulunabilir.

| Lamba        | Gücü(W) | Kapasite( $\mu$ F) | Kon.Gücü (Var) |
|--------------|---------|--------------------|----------------|
| Floresan     | 10      | 2                  | 30             |
| Floresan     | 20      | 5                  | 80             |
| Floresan     | 2x20    | 4,5                | 70             |
| Floresan     | 65      | 7                  | 110            |
| Cıva buharlı | 125     | 10                 | 510            |
| Cıva buharlı | 250     | 18                 | 275            |

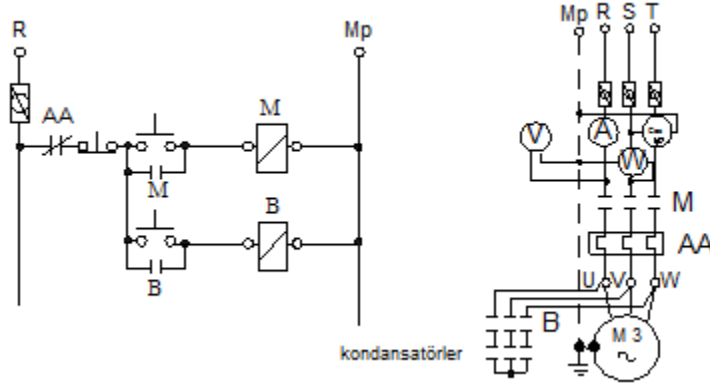
Tablo 1.1: Aydınlatma lambalarında kondansatör tablosu



Şekil 1.5: Floresan lamba tesisinde kompanzasyon uygulama devresi

### 1.5.1.2. Alternatif Akım Motorlarında Kompanzasyon

Motorlar, sabit reaktif güç çektiğinden yol verici şalterlerden sonra (kontaktörden sonra) kontaktör bataryaları bağlanacak şekilde, her motor için bağımsız kompanze işlemi yapılabilir. Ancak bu işlemde kondansatör gücünün, motorun boş çalışmada çektiği görünür gücü çekmeyecek şekilde hesaplanması gerekir. Aksi hâlde boş çalışmada güç faktörü kapasitif olur.



**Şekil 1.6: Asenkron motor tesisinde kompanzasyon uygulama devresi**

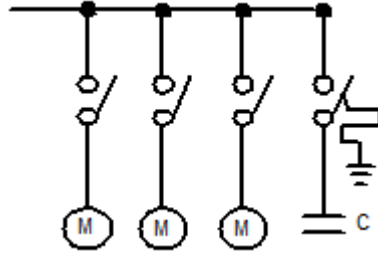
Motora bağlanacak kondansatör güçlerinin seçimi motor etiketindeki güç ve devir sayısından yararlanılarak tablo 1.2'den doğrudan bulunabilir.

| Motor gücü (KW) | 1500d/dk<br>Qc = KVAR | 1000d/dk<br>Qc = KVAR             | 750d/dk<br>Qc = KVAR                   |
|-----------------|-----------------------|-----------------------------------|--|
| 1-3,9           | 0,55 P motor          | 2 sütundaki<br>değerler % 5 artar | 2 sütundaki<br>değerler % 7,5<br>artar |
| 4-4,9           | 2 P motor             |                                   |  |
| 5-5,9           | 2,5 P motor           |                                   |  |
| 6-7,9           | 3 P motor             |                                   |  |
| 8-10,9          | 4 P motor             |                                   |  |
| 11-13,9         | 5 P motor             |                                   |  |
| 14-17,9         | 6 P motor             |                                   |  |
| 18-21,9         | 8 P motor             |                                   |  |
| 22-29,9         | 10 P motor            |                                   |  |
| 30-39,9         | 0,4 P motor           |                                   |  |
| 40 dan yukarı   | 0,35 P motor          |                                   |  |

**Tablo 1.2: Motor etiketindeki güç ve devir sayılarından yararlanılarak kondansatör gücünün bulunması**

### 1.5.2. Grup Kompanzasyonu

Bu tür kompanzasyonda bir kontaktör veya devre kesintisiyle grup olarak anahtarlanan birden fazla motorun veya floresan lambanın kompanzasyonu yapılır. Bu işlemde her grup bir alıcı gibi değerlendirilir. Bu şekildeki kompanzasyon günümüzde pek kullanılmamaktadır.

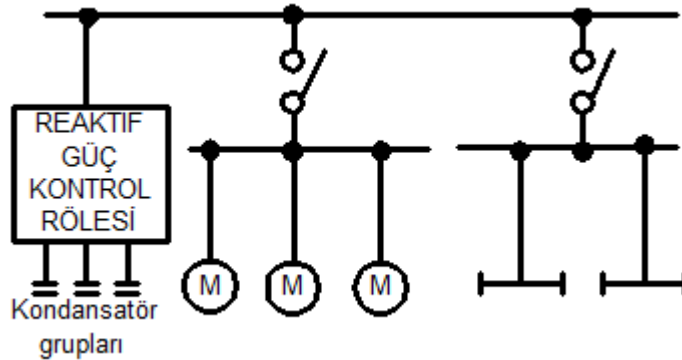


Şekil 1.7: Grup kompanzasyonu prensip şeması

### 1.5.3. Merkezî Kompanzasyon

Tabloya bağlı çok sayıda motor ve indüktif yük çeken alıcı bulunuyorsa ve bunlar belli belirsiz zamanlarda devreye girip çıkıyorlarsa çekilen yük durumuna ayarlı bir kompanzasyon yapılır. Böyle bir kompanzasyon, elle kumandalı ve otomatik çalışma durumlu olur. Projelendirilmesi ve hesaplanmaları kolaydır. Mevcut tesislere bağlanması problemsiz olup çok kısa sürede montajı mümkündür. Fabrikayı besleyen tek veya paralel çalışan trafolar, toplam akım trafoları üzerinden kompanze edilebilir. Kullanılan elektronik regülatörlerin hassasiyet sınırı ve çalışacağı indüktif-kapasitif bölgenin potansiyometrelerle ayarlanabilmeleri sonucu uygun bir kompanzasyon tesisinin kolayca işletmeye girmesi sağlanır. Bir tesisin, hangi çeşit kompanzasyonla donatılması gerektiği iş yerinin değişik zamanlarda alınmış yüklenme eğrileriyle belirlenmelidir.

Merkezi kompanzasyonda, şebekeye paralel olarak bağlanacak kondansatörler, 3-5-7 veya 2-4-6-8-12 gruba bölünmektedir. Bu programlar elektronik kompanzasyon röleleri ile devreye sokulmaktadır. Kademeli reaktif güç kontrol röleleri her an  $\cos\phi$ ' yi 0,96' da sabit tutmak için otomatik olarak kondansatör gruplarını devreye alır veya çıkarır. 17.2.2000 tarih ve 23967 sayılı resmi gazetede belirtildiği gibi işletmelerin  $\cos\phi$ 'yi, 0,95 ile 1 arasında tutmaları mecburidir. Kondansatörler de reaktif güç rölelerinin kademesi gibi gruplara ayrılır. Her kademede o kademeye ait kondansatör grubu devreye girer.



Şekil 1.8: Merkezî kompanzasyon prensip şeması

## 1.6. Reaktif Güç Kontrol Rölesi

### 1.6.1. Yapısı

Reaktif güç kontrol rölesi otomatik olarak ayarlanan güç kat sayısına ulaşmak için kondansatörleri devreye alıp çıkartma görevini yapan elektronik cihazdır. Gösterge, kıyaslama ünitesi ve çıkış röle devre katlarından oluşur. Sistemde bulunan gerilim ile çekilen akımın faz farkını algılayarak, çıkış röle grubu aracılığı ile kondansatörleri kumanda eder. Güç kat sayısı düşüncü kondansatörleri sıralı olarak devreye alır. Bir yandan da değışen güç kat sayısını ölçerek döngüsel kontrol yapar. Ayarlanan güç faktörünü sağlayacak kadar kondansatörü devrede tutar. Tek fazın akım bilgisi ile işlem yapan röleler yanında üç fazın da akımına göre işlem yapan röleler mevcuttur.

### 1.6.2. Çalışması

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

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

#### 1.6.2.1. Reaktif Güç Kontrol Rölesinin Ayarlanması

- **% ayarı:** Bu potansiyometre % 30 ayar noktasına alınır. Belirli bir çalışma sonunda aktif ve reaktif sayaç değerleri kaydedilerek oranlaması yapılır. Reaktif enerjinin aktif enerjiye oranı 0,33'ten az olmamalıdır. Bu ölçüte bağlı olarak % ayarı, % 30, 20, 10 noktalarında tutulabilir.
- **C/k ayarı:** Bu tuşa basıldığında o anki C/k oranı displayde belirir. Aşağı-yukarı tuşları kullanılarak 0,00-2,00 değerleri arasında 0,05 hassasiyetle ayar yapılır. Bu tuş ile kullanılan kondansatör gruplarının akım trafosu dönüştürme oranı ile uyumlu çalışması sağlanır.
- **C/k ayarı hesabı:**

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

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

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

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

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

**Tablo 1.3: C/k ayarı için seçim tablosu**

### 1.6.2.1. Reaktif Güç Kontrol Rölesinin Bağlanması Dikkat Edilecek Hususlar

Akım trafosu ana şalter çıkışına veya ana giriş sigortalarından birinin ayağına bağlanır. En çok yapılan hata, akım trafosunun kompanzasyon panosundan sonra bağlanmasıdır. Bu durumda röle çalışmaz. Akım trafosu daima kondansatörlerden önce ve işletmenin ilk girişine bağlanmalıdır. Ayrıca akım trafosundan çıkan iletkenler en kısa yoldan (panonun demir aksamı ve diğer kablolarla sarmadan) tercihen 2 x 1,5 mm<sup>2</sup> TTR kablo kullanılarak rölenin 1 ve 2 nu.lı uçlarına bağlanır.

### 1.6.3. Devre Bağlantı Şeması ve Montajı

- Röleyi bağlamadan önce şekil 1.9'daki bağlantıyı dikkatle inceleyiniz (3 fazlı röle).
- Akım trafosunu ana şalter çıkışına veya ana giriş sigortalarından birinin ayağına bağlayınız. En çok karşılaşılan hata, akım trafosunun kompanzasyon panosundan sonra bağlanmasıdır. Bu durumda röle çalışmaz. Akım trafosu daima kondansatörlerden önce ve işletmenin ilk girişine bağlanmalıdır. Ayrıca akım trafosundan çıkan telleri en kısa yoldan (panonun demir aksamına ve diğer kablolarla sarmadan) tercihen 2x1,5 çoklu telli kablo kullanarak rölenin 1 ve 2 nu.lı uçlarına bağlayınız.
- Akım trafosunun bağlı olduğu faz R olsun. Rölenin 4 ve 5 nu.lı klemenslerine mutlaka diğer iki fazı yani S ve T fazlarını bağlayınız.

### Reaktif Rölenin İşletmeye Alınması:

- % ayar düğmesini 0. 33'e getiriniz. (2006 yılı için TEDAŞ'ın ön gördüğü değerdir.)
- Röleyi otomatik konumuna alınız.

- C/k ayar düğmesini 0.05'e alınız. Devreye indüktif bir yük (örneğin motor) alınız. Röle üzerindeki ind ışığı yanmalıdır. Kap yanıyorsa 4 ve 5 nu.lı uçları ters çeviriniz.
- Bundan sonra geriye kalan tek işlem c/k ayarının düzgün olarak yapılmasıdır.

### **Olabilecek Sorunlar:**

**Arıza 1:** Röle sürekli kondansatör alıyor. Cos  $\phi$  metre kapasitif gösterdiği hâlde çıkarmıyor.

#### **Sebepleri:**

- Kondansatör panosunu besleyen güç kablosu akım trafosundan önce alınmıştır.
- Rölenin 4 ve 5 nu.lı klemenslerine akım trafosunun bağlı olmadığı diğer iki faz yerine(S T) akım trafosunun bağlı bulunduğu faz (R) bağlanmıştır. Bu durumda ind veya kap ledlerinden biri sürekli yanar ve röle devreye sürekli kondansatör alır veya çıkarır.

**Arıza 2:** Röle çalışıyor. Kademelerin devreye girdiği röle üzerindeki ışıklardan belli oluyor. Kontaktörler çekiyor fakat cos  $\phi$  yükselmiyor ve röle kondansatör almak istiyor.

#### **Sebepleri:**

- Kondansatör sigortaları atmıştır.
- Kontaktör kontakları kirlenmiştir.
- Kondansatörler değer kaybetmiştir.
- Kurulu kondansatör gücü, tesisin kompanzasyonuna yetmemiştir. Kondansatör ilavesi gerekmektedir.

**Arıza 3:** Motorlar çalışıyor. Devrede kondansatör olmadığı hâlde kap ışığı yanıyor.

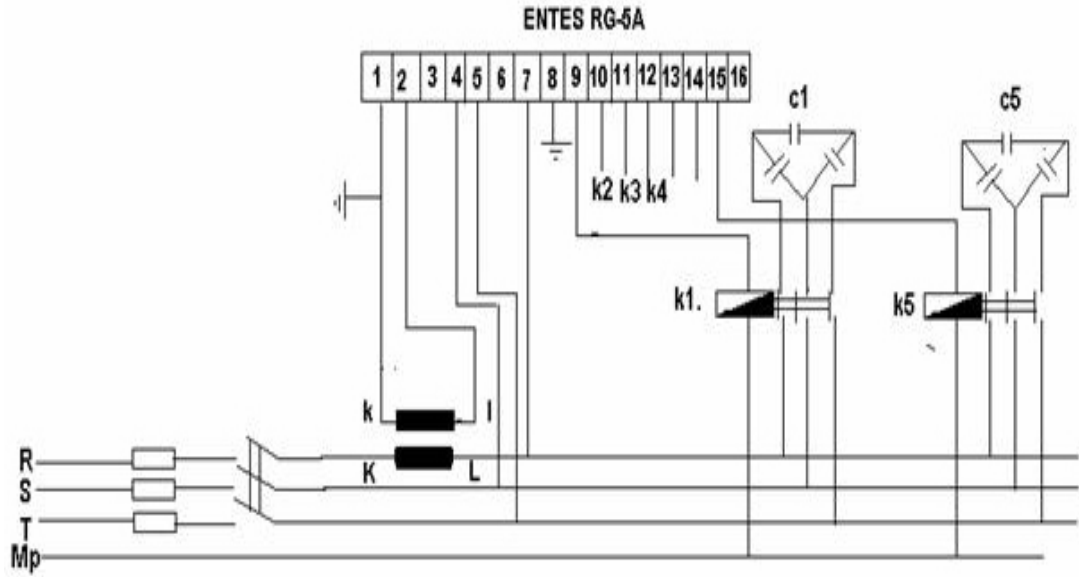
#### **Sebepleri:**

- Rölenin 4 ve 5 nu.lı uçlarını değiştiriniz.

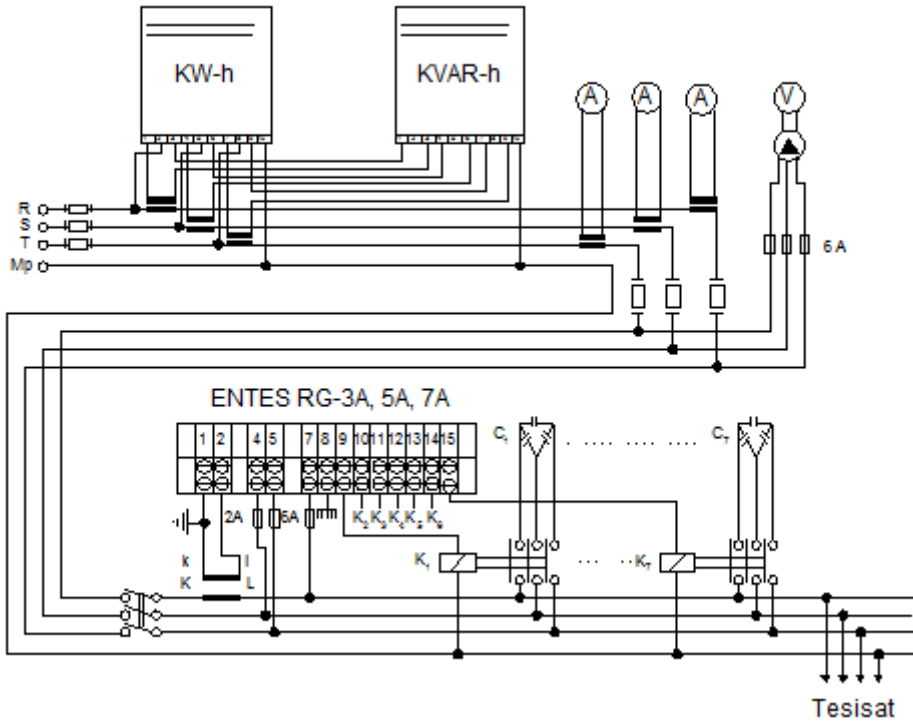
**Arıza 4:** Aynı akım trafosundan hem röle hem de cos  $\phi$  metre besleniyor ancak her iki cihaz da düzgün çalışmıyor.

#### **Sebepleri:**

- Bağlantı hatası vardır. (Röle ve cos  $\phi$  metre akım devreleri (Şekil 3.7) seri bağlanmalıdır.
- Akım trafosu büyük seçilmiştir.
- Cos  $\phi$  metre gerilim devresi bağlantısı R fazından alınmıştır. (Reaktif güç kontrol rölesinin tersine cos  $\phi$  metrenin gerilim devresi, akım trafosu ile aynı faza bağlanmalıdır.



Şekil 1.9: Reaktif güç kontrol rölesi bağlantı şeması



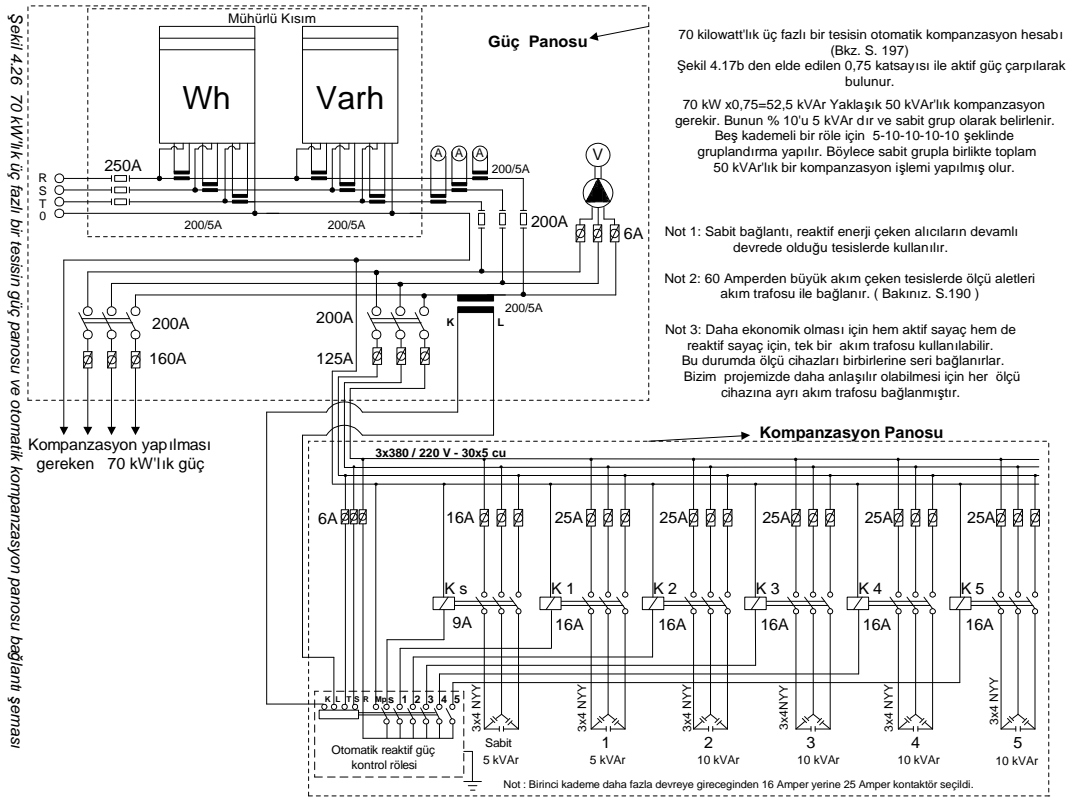
Şekil 1.10: Aktif, reaktif sayaç bağlantısı ve merkezi kompanzasyon uygulama devresi



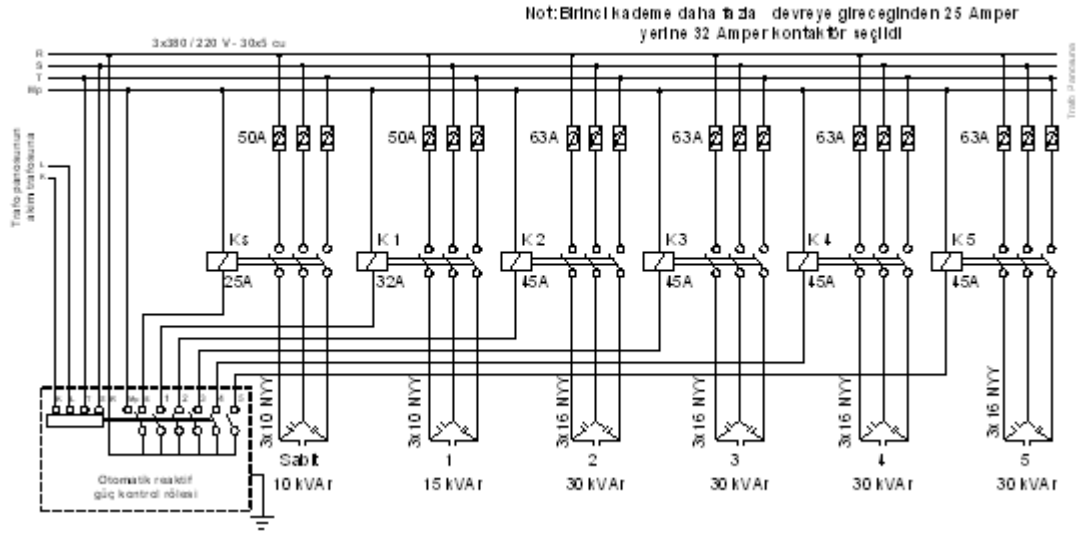
## 1.6.4. Tanıtım Kataloglarının İncelenmesi

Merkezî sistemde kompanzasyon ünitesi enerji besleme hattının ana girişine konulur ve röle ekranından kompanzasyon takip edilir. Rölenin ayarları ve kondansatör gruplarının düzenlenmesi ile ilgili bilgiler röleyi imal eden firmalarca hazırlanan kataloglarda açıklanır. Bu kataloglar röle ile birlikte satılır.

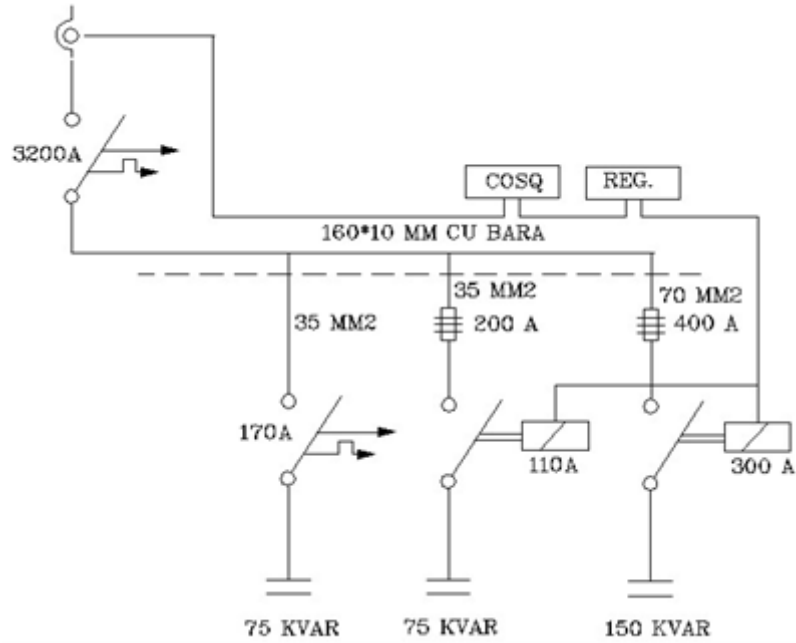
## 1.7. Kompanzasyon Pano Bağlantı Şemaları



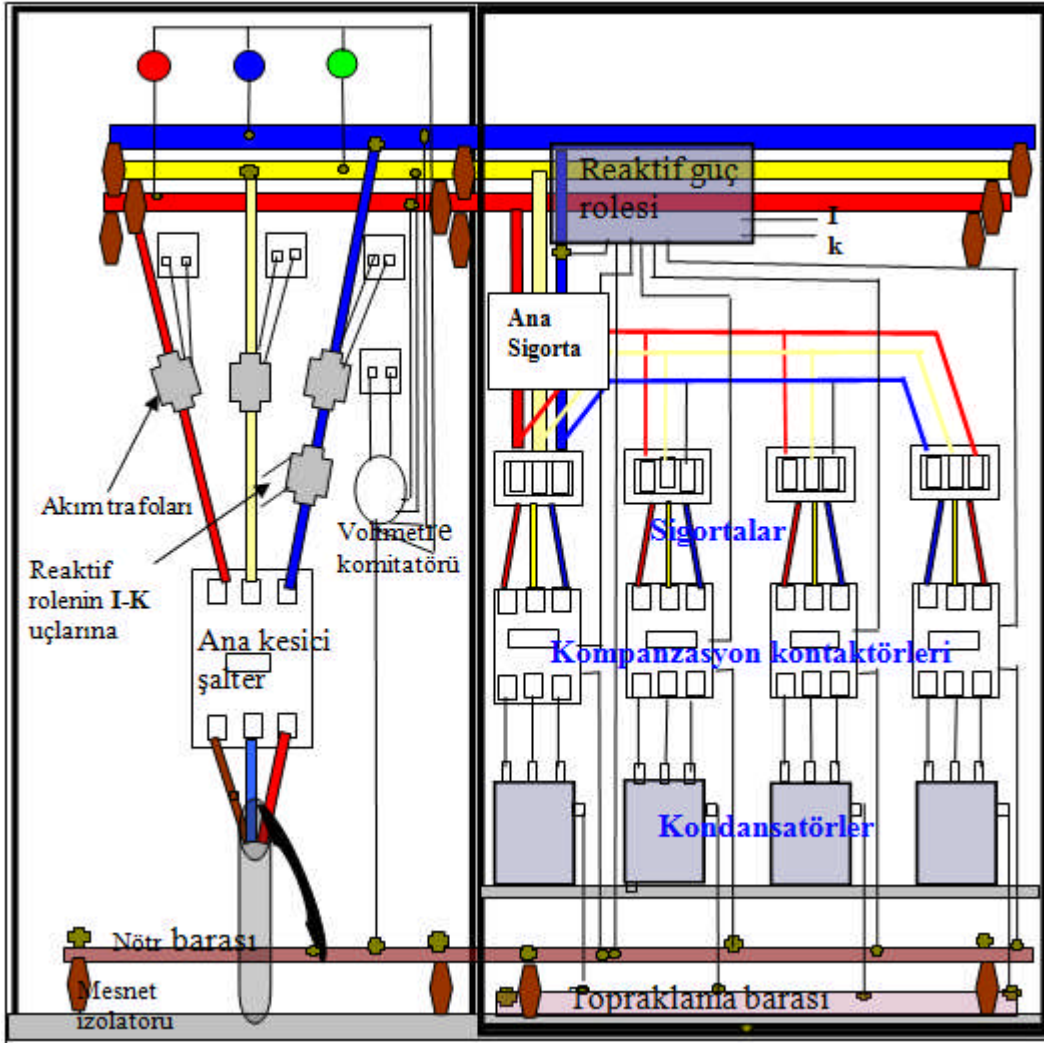
Şekil 1.11: Kompanzasyon pano bağlantı şeması



Şekil 1.12: Kompanzasyon pano bağlantı şeması



Şekil 1.13: Kompanzasyon panosu tek hat şeması



Şekil 1.14: Kompanzasyon pano bağlantı şeması

## UYGULAMA FAALİYETİ

Reaktif güç kontrol rölesi bağlantılarını yapınız.

| İşlem Basamakları  | Öneriler   |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Röleyi bağlamadan önce şekil 1.9'daki bağlantı şemasını dikkatle inceleyiniz.</li><li>➤ Akım trafosunu ana şalter çıkışına veya ana giriş sigortalarından birinin ayağına bağlayınız.</li><li>➤ Akım trafosundan gelen uçları röle terminalinin 1-2 uçlarına bağlayınız (Cosinüsfi metre bağlanmayacaktır.).</li><li>➤ 4 ve 5 nu.lı röle klemensine diğer iki fazı bağlayınız.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bütün malzemelerin katalog ve varsa CD'lerini inceleyiniz.</li><li>➤ En çok karşılaşılan hata, akım trafosunun kompanzasyon panosundan sonra bağlanmasıdır. Bu durumda röle çalışmaz. Akım trafosu daima kondansatörlerden önce ve işletmenin ilk girişine bağlanmalıdır.</li><li>➤ Akım trafosunun bağlı olduğu faz R ise rölenin 4 ve 5 nu.lı klemenslerine mutlaka diğer iki fazı yani S ve T fazlarını bağlayınız.</li><li>➤ Bağlantılarınızda şekil 1.9'dan faydalanınız.</li><li>➤ Bağlantıları yaparken iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.</li></ul> |

## KONTROL LİSTESİ

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

| Değerlendirme Ölçütleri  | Evet | Hayır |
|--|------|-------|
| 1. Reaktif güç kontrol rölesini doğru olarak seçtiniz mi?          |      |       |
| 2. Akım trafosunu doğru olarak seçtiniz mi?                        |      |       |
| 3. Akım trafosunu doğru yere bağladınız mı?                        |      |       |
| 4. Röle bağlantı kablolarını doğru ve düzgün olarak bağladınız mı? |      |       |
| 5. Bağlantılarda iş güvenliği tedbirlerine uydunuz mu?             |      |       |

## DEĞERLENDİRME

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

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

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

1. ( ) Tranformatör, elektrik motorları gibi endüktif yükler, mıknatıslanma akımlarından dolayı şebekeye reaktif yük getirir. Bu reaktif yükler, buldukları devreye kondansatörler bağlanarak azaltılır veya yok edilir. Buna kompanzasyon denir.
2. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste iletkenler daha az akım taşıyacağından ince kesitte seçilir.
3. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste besleme transformatörünün ve tesisin kapasitesi ile verimi düşer.
4. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste kayıplar ve gerilim düşümü azalır.
5. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste şebekeden daha fazla reaktif enerji çekilir.
6. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste harcanan enerji azalacağından enerji ücreti de azalır.
7. ( ) Merkezi kompanzasyonda kondansatörler doğrudan yük çıkışlarına bağlanır ve ortak bir anahtarlama cihazı ile yüklerle birlikte devreye alınıp çıkarılır.
8. ( ) Reaktif güç kontrol röleleri, merkezi kompanzasyonda seçilmiş kondansatör gruplarının bataryalarını devreye alarak veya çıkararak güç kat sayısı değerini, kullanıcı tarafından ayarlanan güç kat sayısı değerine getirmeye çalışır.
9. ( ) Tesiste aktif sayaç, ampermetre, voltmeter mevcutsa kondansatör gücü reaktif güç kontrol rölesini devreye bağlarken çok yüksek akımların ölçümlerinin kolayca yapılabilmesi için akım trafosu kullanılmaktadır. Akım trafosu değerleri şebekeden çekilen akıma göre belirlenir.
10. ( ) Reaktif güç kontrol rölesinin C/k değerleri:  
C = İlk kademe kondansatör gücüdür.  
k = Akım trafosu dönüştürme oranıdır.

## DEĞERLENDİRME

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

# ÖĞRENME FAALİYETİ-2

## AMAÇ

Her çeşit ve marka kondansatör gruplarının montajını hatasız yapabileceksiniz.

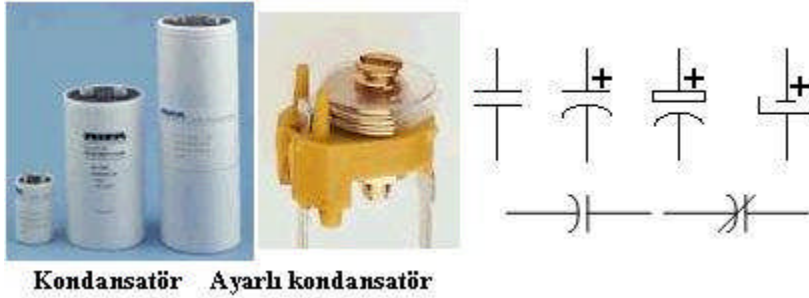
## ARAŞTIRMA

- Kompanzasyon amacı ile kullanılan kondansatör çeşitlerini araştırınız. Bu ürünlere ait firma kataloglarını temin ederek inceleyiniz. Fiyatlarını, kullanım şekilleri ve tercih edilme sebeplerini araştırarak bir rapor hazırlayınız.

## 2. KOMPANZASYON UYGULAMALARI

### 2.1. Kondansatörler

Kondansatör, iki iletken plaka arasına bir yalıtkan elemanın yerleştirilmesinden meydana gelmiştir. Kondansatörler belirli sığa (kapasite) değerleri olan elemanlardır. Sığa (kapasite), levha yüzeyinin büyük veya aralarındaki uzaklığın küçük olmasıyla arttırılabilir. Sığa birimine Michael Faraday'ın onuruna FARAD denir. Kondansatör sembolleri ve ilgili semboller resim 2.1'deki gibidir. Elektronik devrelerde dirençlerden sonra en çok kullanılan parçalardır.



Resim 2.1: Değişik kondansatörler ve sembolleri

Gerilim katlayıcı devrelerde, zamanı geciktirme devrelerinde, doğrultucu devrelerde, kuplaj devrelerin akım ve gerilim arasında faz kaydırmasında (bir fazlı motorların ilk hareketini sağlamada), güç kat sayısını düzeltmede vb. yerlerde kullanılır.

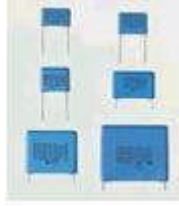
Kondansatörler kompanzasyon panosunun en önemli elemanıdır. Güç kat sayısının düzeltilmesi görevinde bulunur.

Büyük şebekelerin yükleri çoğu zaman endüktif karakterdedir. Endüksiyon prensibine göre çalışan trafolar, motorlar, bobin vb. tüketiciler çalışmalarını için manyetik alanın

oluşturulmasında mıknatıslanma akımı çeker. Mıknatıslanma akımı elektroteknikte reaktif akımdır. Bu akıma karşı gelen g ise reaktif güçtür. Bu tüketiciler bağlı buldukları Şebekelerin g kat sayılarını küçültür. G kat sayısının küçülmesi enerji iletim ve dağıtım hatlarında gerilim düŐümlerine ve g kayıplarına neden olur. Bu durum verimi azaltır. Düşük güç kat sayılı yükler alternatör, transformatör ve devre elemanlarının kapasitelerinin gereksiz yere büyük tutulmalarına da neden olur.

### 2.1.1. Kondansatör eşitleri

- **Sarma kondansatörler:** Kâğıt, parafin emdirilmiş kâğıt, mika, polyester gibi ince bir yalıtkan veya dielektrik bir madde ile birbirinden ayrılan iki ince metal yapraktan yapıldıktan sonra küçük bir hacim kaplayacak biçimde kıvrılmış bir yalıtkanla sarılmıştır. Resim 2.2’de görülen sarma kondansatörlerin sığaları genellikle küçüktür.



Resim 2.2: Polyester (sarma) kondansatör

- **Seramik kondansatörler:** Metal zar levhalar doğrudan doğruya dielektrik üzerine kaplanır. Dielektrik madde seramik veya plastiktir. Resim 2.3’te görülen dielektriği seramik veya plastik olan kondansatörlerin sığaları büyüktür.



Resim 2.3: Seramik kondansatör

- **Elektrolitik kondansatörler:** Birçok uygulamada ve özellikle transistörlü devrelerde çok büyük sığa değerleri aranır. Oksitlenmiş bir metal yaprağın iletken bir hamur veya çözelti içerisine konulmasıyla yapılan elektrolitik kondansatörler büyük sığalar elde etmek için kullanılır. İkinci iletken madde genellikle muhafaza kabıdır. İnce oksit zar, metal yaprak ile çözelti arasındaki dielektrik maddeyi oluşturur. Metal olarak tantalum ve alüminyum gibi maddeler kullanılır. Oksit dielektrik çok ince olduğundan uygulanan gerilim çok yüksek olmaz.

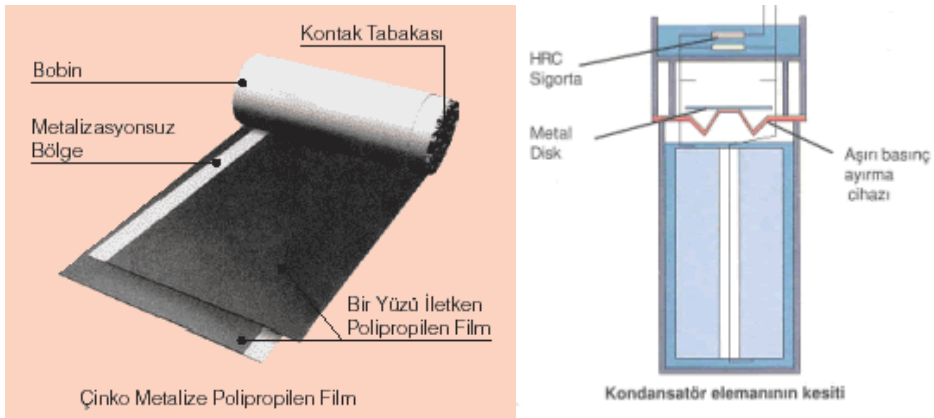


Elektrolitik kondansatörler (Resim 2.4), sadece metal yaprağın çözeltiye göre hiçbir zaman negatif olmadığı devrelerde kullanılır. Eğer metal negatif olursa; elektrolitik etki, zarı bozar ve kondansatör kullanılamaz duruma gelir. Doğru akımda kullanılacaksa metal levhaya daima (+) pozitif uç bağlanmalıdır. Elektrolitik kondansatörde (-) uç, kondansatörün dışına çizilmiştir. Kondansatörün her iki metal plakası oksit kaplanarak alternatif akımda da kullanılabilir. Üzerinde yazılı gerilim değerinden fazla gerilim uygulanmamalıdır.

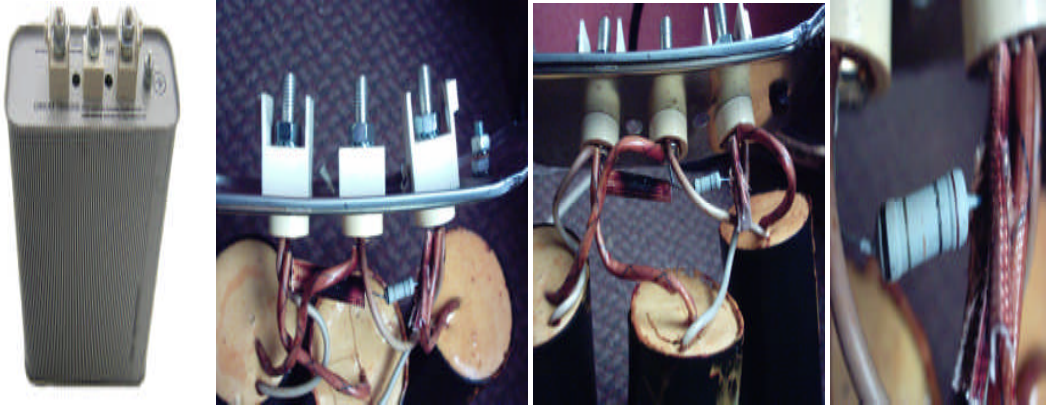


**Resim 2.4: Elektrolitik kondansatörler**

- **Kompanzasyon kondansatörü:** Tüketicilerin güç kat sayısını düzeltmek için kullanılan güç kondansatörlerinin imalatında, saf polipropilenden yapılmış, iki çinko metalize polipropilen film üst üste sarılır. Kondansatörün kapasite değerini, filmlerin genişliği, filmlerin kalınlığı, sarım sayısı, aktif genişlik ve kaydırma aralığı belirler. Çinko metalize film, polipropilen filmin vakumda çinko buharına tutularak kaplanması ile elde edilir. Sonuçta bir yüzü iletken, ikinci yüzü yalıtkan bir film elde edilmiş olur. Çinko metalize polipropilen film, vakum teknolojisi ile üretilmektedir. Silindir şeklindeki elemanların taban alanları çinko ile kaplanır.



**Resim 2.5: Kondansatör iç yapısı**



**Resim 2.6: Kompanzasyon kondansatörü**

## 2.1.2. Kondansatör Seçimi

### ➤ Kondansatörde sigorta seçimi

Alçak gerilim kondansatörlerinin genellikle kısa devreye karşı korunması yeterlidir. Bu görevi de sigortalar yapmaktadır. Kondansatörlerin işletmeye alınırken çektikleri akım ve ilave şebeke harmonikleri göz önüne alınarak sigortalar, kondansatör, nominal akımının 1,7 katı kadar bir değerde seçilmelidir.

**Örnek:** 50 kVA'lık bir üçgen bağlı kondansatörü koruyan sigorta.

$$Q_c = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \quad I_c = 50000 / (\sqrt{3} \cdot 380) = 76 \quad I_{\text{sigorta}} = 1,7 \cdot 76 \text{ A} = 129 \text{ Amper}$$

Yaklaşık 125 Amper seçilir.

## 2.1.3. Kondansatör Gücünün Hesabı

### 2.1.3.1. Toplam Yük Biliniyorsa Kondansatör Gücünün Hesabı

Pratik olarak motora bağlanacak kondansatör gücü şu şekilde hesaplanır:

Motorun boş çalışma akımı ölçülerek tespit edildikten sonra;

$$Q_c = \sqrt{3} \cdot U_h \cdot I_{h_b} \cdot 0,9 \cdot 10^{-3} \dots \dots \dots \text{kVAR. formülü ile hesaplanır. Formüldeki:}$$

$Q_c$  = Motora bağlanacak kondansatör gücü (KVAR)

$I_{h_b}$  = Motorun boş çalışmadaki hat akımı (A)

$U_h$  = Motora uygulanan hat gerilimi (V)'dir.

Ancak büyük işletmelerde tüm motorların boş çalışma akımı tek tek bulunamayacağından ve  $\cos\phi$ 'nin yeni değerinin ne olacağı tam olarak bilinemediğinden bu yöntem pek kullanılmaz.

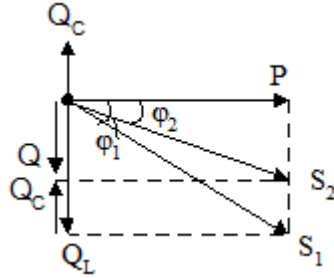
Bu nedenle büyük işletmeler için şu yöntem takip edilir:

Gereken kondansatör gücünün tayini için tesisin  $\cos\phi$ 'sinin ve kurulu aktif gücünün bilinmesi gerekmektedir.

Eğer tesiste reaktif sayaç varsa elektrik faturalarından ortalama  $\cos\phi$  bulunabilir. Pratik olarak günün çeşitli zamanlarında birkaç gün süreyle ölçüm yapmak ortalama  $\cos\phi$ 'nin tayini için yeterlidir.

Tesisin kurulu aktif gücü ise tesisteki tüm almaçların (motorlar, aydınlatma elemanları, ısıtıcılar vb. gibi) etiketleri üzerinde yazılan güçler toplanarak belirlenir.

Bundan sonra güç vektörü çizilerek aşağıdaki formüller elde edilir ve bu formüllerden yararlanılarak gerekli kondansatör gücü hesaplanır.



**Şekil 2.1: Kompanzasyon yapılmış devrenin güç vektör diyagramı**

Şekil 2.1'de verilen vektör diyagramında ölçülen  $\cos\phi$  değeri ve ulaşılmak istenen  $\cos\phi$  değerinin açıları  $\phi_1$  ve  $\phi_2$  olsun. Buna göre;

$$\tan \phi_1 = \frac{Q_L}{P} \Rightarrow Q_L = P \cdot \tan \phi_1$$

$$\tan \phi_2 = \frac{Q}{P} \Rightarrow Q = P \cdot \tan \phi_2$$

$$Q_C = Q_L - Q = P \cdot \tan \phi_1 - P \cdot \tan \phi_2 = P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \text{ olarak bulunur.}$$

$$Q_C = P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2)$$

**ÖRNEK:** Tesisin kurulu aktif gücü 60 Kw ve  $\cos\phi = 0,707$  ise  $\cos\phi$  değerini 0,95'e çıkarmak için gerekli kondansatör gücünü hesaplayınız?

**ÇÖZÜM:**

$$\begin{aligned} \cos\phi_1 &= 0,707 \text{ ise } \phi_1 = 45^\circ \text{ ve } \tan \phi_1 = 1 \\ \cos\phi_2 &= 0,95 \text{ ise } \phi_2 = 18^\circ \text{ ve } \tan \phi_2 = 0,32 \\ Q_C &= P \cdot (\tan \phi_1 - \tan \phi_2) \\ Q_C &= 60 \cdot (1 - 0,32) \\ Q_C &= 40,8 \text{ kVAR olarak bulunur.} \end{aligned}$$

### 2.1.3.2. Tesiste Aktif ve Reaktif Sayaçlar Bulunuyorsa Kondansatör Gücünün Bulunması

Bir kronometre ile anma yükte iki sayacın disklerinin 1 dakikadaki dönme sayıları okunur. Aktif sayaç diskinin dönme sayısı  $n_p$  (d/dk), reaktif sayaç diskinin dönme sayısı  $n_q$  (d/dk)

Aktif sayaç sabitesi  $C_p$  (d/kwh), reaktif sayaç sabitesi  $C_q$  (d/kvarh) ise;

$$\text{Aktif güç } P_1 = \frac{n_p \cdot 60}{C_p} \dots \text{kW}, \quad \text{Reaktif güç } Q_1 = \frac{n_q \cdot 60}{C_q} \dots \text{kVAR}$$

$$\text{Kondansatör gücü } Q_c = Q_1 - P_1 \cdot \tan \varphi_2 \dots \text{kVAR}$$

### 2.1.3.3. Tesiste Aktif Sayaç, Ampermetre, Voltmetre Mevcutsa Kondansatör Gücünün Bulunması

Tesis anma yükünde çalıştırılır. Bu yükte akım ve gerilim değerleri okunur.

$S_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot 10^{-3}$  kVA bulunur. Bir kronometre yardımı ile aktif sayaç diskinin bir dakikadaki dönme sayısı  $n_p$  sayılır, sayaç sabitesi  $C_p$  bulunur.  $P_1 = \frac{n_p \cdot 60}{C_p} \dots$  kW bulunur.

$$\cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S_1} \text{ olup, } \tan \varphi_1 = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}}{\cos \varphi_1}$$

$Q_c = P_1 \cdot (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$  formülünden hesaplanır.

### 2.1.3.4. Tesiste Ampermetre, Wattmetre, Voltmetre Mevcutsa Kondansatör Gücünün Bulunması

$$S_1 = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot 10^{-3} \dots \text{KVA}, \quad \cos \varphi_1 = \frac{P_1}{S_1} \text{ olup, } \tan \varphi_1 = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi_1}}{\cos \varphi_1}$$

$Q_c = P_1 (\tan \varphi_1 - \tan \varphi_2)$  formülünden hesaplanır.

### 2.1.4. Kondansatör Grubunun Yıldız Bağlantısı

Yıldız bağlantıda kondansatör uçlarına faz-nötr gerilimi uygulanır.

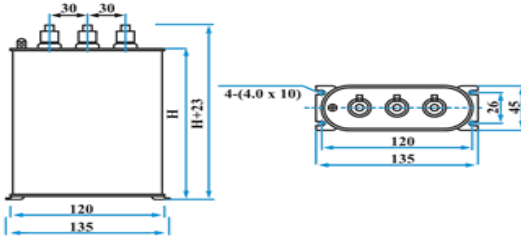
### 2.1.5. Kondansatör Grubunun Üçgen Bağlantısı

Üçgen bağlantıda ise fazlar arası gerilim uygulanır. Yalıtım bakımından ikisi arasında fark yoktur. Bu nedenle üçgen bağlantı diğerine göre daha ekonomik olduğundan uygulamada çok kullanılır. Üç fazlı sistemlerde kullanılan kondansatörler, alüminyum veya PVC tüp muhafazalı ünitelerden oluşturulur ve üçgen bağlıdır. Deşarj dirençleri de uçlar arasına bağlanmıştır. Kondansatör uçlarına kablo bağlantıları, doğrudan veya cıvata

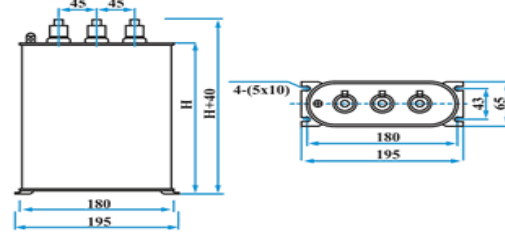
kullanılarak yapılır. Aak gerilim kompanzasyon tesislerinde kullanılan kondansatörlerin uygulamadaki çalışma gerilim ve güç değerleri aşağıdaki tablo 2.1’deki gibidir.

| Ürün Tipi     | alışma Gerilimi | Gücü (kVar) | alışma Kapasitesi mF | alışma Akımı A | Bağlantı Terminali | Yükseklik ( H ) | izim No |
|---------------|------------------|-------------|-----------------------|-----------------|--------------------|-----------------|----------|
| ZnAIPP (mini) | 400 V 50 Hz      | 1           | 20                    | 1,4             | M5                 | 105             | 1        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 1.5         | 30                    | 2,16            | M5                 | 130             | 2        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 2.5         | 50                    | 3,6             | M5                 | 130             | 2        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 5           | 100                   | 7,2             | M5                 | 130             | 2        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 7.5         | 149                   | 10,8            | M6                 | 185             | 2        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 10          | 199                   | 14,4            | M6                 | 185             | 2        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 12.5        | 249                   | 18              | M6                 | 185             | 2        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 15          | 299                   | 21,7            | M6                 | 220             | 2        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 20          | 398                   | 28,9            | M6                 | 220             | 3        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 25          | 497                   | 36,1            | M8                 | 220             | 3        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 30          | 597                   | 43,3            | M8                 | 270             | 3        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 40          | 796                   | 57,7            | M8                 | 345             | 3        |
| ZnAIPP        | 400 V 50 Hz      | 50          | 995                   | 72,2            | M10                | 250             | 4        |

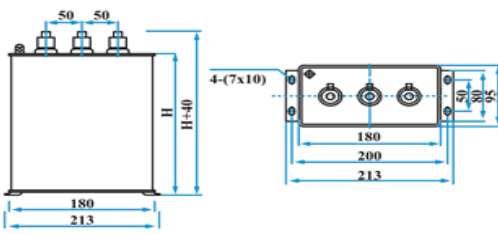
Çizim:1



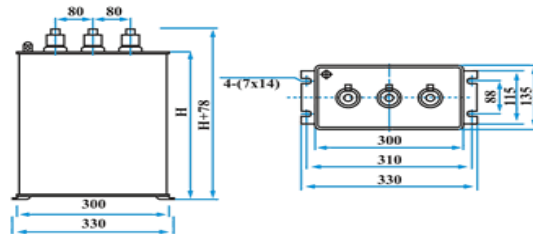
Çizim:2



Çizim:3



Çizim:4



Tablo 2.1: Kompanzasyon güç kondansatör özellikleri

## 2.2. Güç Kat Sayısının Yükseltilmesi

### 2.2.1. Güç Kat Sayısının Yükseltilmesinin Önemi

Daha önce de bahsedildiği gibi güç kat sayısı 1’den küçük olan alıcılar, kullanmadığı hâlde reaktif güç çekmektedir. Bunun ortadan kaldırılması için güç kat sayısının 1’e yükseltilmesi gerekir. Bu da devreye kondansatör ilave etmekle mümkündür.

## 2.2.2. Güç Kat Sayısının Yükseltilmesi için Kondansatör Seçimi Hesabı

Sabit grup kondansatör gücü, trafo anma gücünün %5 - %10'u olarak hesap edilir. Genellikle %5 olarak hesap edilmektedir. Bunu formül ile açıklarsak;

Sabit grup kondansatör gücü = Trafo anma gücü x 0,05

Hassas bir ayar için kondansatör kapasite grupları 3 şekilde belirlenebilir.

- Her kademenin birbirine eşit olması durumudur.  
1, 1, 1,.....,1 sistemi
- Tüm kademeler ilk kademenin iki katı kadar seçilir.  
1, 2, 2,.....,2 sistemi
- İkinci kademe ilk kademenin iki katı, diğer kademeler de ikinci kademenin iki katı olarak belirlenir.  
1, 2, 4,..... ,4 sistemi.

Yeterli ve tam bir ayar elde etmek için ve aynı zamanda sık açma kapamaları önlemek için pratikte kademe sayısı en az 5, en çok 10 olarak seçilmelidir. Çok kademeli kompanzasyon sistemi elde edilmesi için 1 – 1 – 1 – 1 – 1 sistemi 1 – 2 – 2 – 2 – 2 sistemi veya daha büyük ayar dizisi elde etmek için 1 – 2 – 4 – 4 – 4 dizisi seçilmelidir.

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 5 kademeli kompanzasyon rölesi (regler) kullanılmıştır.

### 2.2.2.1. Gerekli Kondansatör Gücünün Seçimi

Gerekli kondansatör gücünün tayini için tesisin  $\cos \phi$ 'sinin ve kurulu aktif gücünün bilinmesi gerekmektedir.

Tesisin  $\cos \phi$ 'si pratik olarak faturalardan bulunur. O dönemde harcanan aktif ve reaktif enerji bilindiğine göre;  $\tan \phi = \text{Harcanan reaktif enerji} / \text{aktif enerji}$  buradan  $\cos \phi$  bulunur. Tesisin kurulu aktif gücü ise, tesisteki tüm alıcıların (motorlar, aydınlatma elemanları, fırın rezistansları vb.) etiketleri üzerindeki güçler toplanarak belirlenir.

Örneğin tesisimizin aktif gücü, 60 kW  $\cos \phi = 0.68$  olsun. Hedefimiz  $\cos \phi$ 'yi 0.95'e çıkartmaktır. Bunun için aşağıdaki tablo 2.2'den yararlanarak K değerini bulup aktif güçle çarparak Kvar olarak kullanılacak kondansatör değerini buluruz. Bu ifadeyi formüle edersek;

$$Q_c = P.K \quad \text{Tablo 2.2'ten k değeri 0.75 bulunur. } Q_c = 60. 0,75 = 45 \text{ kVAR bulunur.}$$

### 2.2.2.2. Kondansatör Adımının Tayini

Dikkat edilmesi gereken en önemli husus, 1. adımda seçilen 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.kad. 10 kVAR

### **2.2.2.3. Akım Trafosunun Tayini**

Alternatif akımda büyük akımları ölçü aletleri ile ölçülmesi çok zor ve tehlikelidir. Çünkü ölçü aletlerinin yüksek akımlara dayanacak kesitlerde yapılması belirli değerlerden sonra mümkün olmaz. Bu nedenle büyük akımların ölçülebilmesi için akım transformatörleri kullanılır.

Akım transformatörü, sekonder akımı primer akımı ile orantılı olan ve akımlar arasında yaklaşık sıfır derece faz farkı bulunan bir transformatördür. Akım transformatörünün primer sargısından ölçülmesi istenen yük akımı, sekonderden ise ölçü aletleri, sayaçlar, röle vb. aygıtların akımları geçer.

Akım trafoları içlerinden etiketlerinde yazılı akım değerlerinin 0.1 katından çok, 1.2 katından az akım geçtiğinde hatasız çalışır. Bu nedenle akım trafoları ne çok büyük ne de çok küçük seçilmelidir. Örnek tesiste güç 60 kW çalışma gerilimi 380 V ise işletmenin nominal akımı  $I = P / (1.73 * U) = 60 / 1.73 * 380 = 91,26$  amperdir.

Bu formülden elde edilen akım değerlerine en yakın bir üst standart akım trafosu seçilir. Örnekte 100/ 5'lik trafo kullanmak yeterlidir.

| Şimdiki Cos $\phi$ | Ulaşılmak İstlenen Cos $\phi$ |      |      |      |      |
|--------------------|-------------------------------|------|------|------|------|
|                    | 0.80                          | 0.85 | 0.90 | 0.95 | 1    |
| 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 2.2: k değeri hesaplama tablosu**



| Kondansatör<br>gücü<br>(kVAr) | Sabit ve Otomatik Kompanzasyon Kademeleri Devre Elemanları |           |                                  |                       |                   |    |       |    |
|-------------------------------|--|-----------|----------------------------------|-----------------------|-------------------|----|-------|----|
|                               | Sigorta  | Kontaktör | Anahtarlı<br>Otomatik<br>Sigorta | Kademe<br>Kablosu     | Deşarj Dirençleri |    |       |    |
|                               | NH tip<br>(A)  | (A)       | (A)                              | NY<br>mm <sup>2</sup> | Otomatik          |    | Sabit |    |
|                               |  |           |                                  |                       | KOhm              | W  | KOhm  | W  |
| 5                             | 16   | 9         | 16                               | 3x2.5                 | 31                | 4  | 205   | 3  |
| 10                            | 25   | 16        | 25                               | 3x4                   | 15                | 4  | 102   | 5  |
| 15                            | 36   | 32        | 40                               | 3x6                   | 10                | 6  | 68    | 8  |
| 20                            | 50   | 32        | 50                               | 6                     | 6.8               | 6  | 51    | 10 |
| 25                            | 63   | 40        | 63                               | 6                     | 1.5               | 6  | 41    | 12 |
| 30                            | 80   | 45        | 80                               | 6                     | 1.5               | 6  | 34    | 15 |
| 40                            | 100  | 63        | 100                              | 10                    | 1.5               | 6  | 25    | 20 |
| 50                            | 125  | 80        | 125                              | 16                    | 1.5               | 6  | 20    | 25 |
| 60                            | 160  | 90        | -                                | 25                    | 1                 | 12 | 17    | 30 |
| 80                            | 200  | 115       | -                                | 35                    | 1                 | 12 | 14    | 34 |
| 100                           | 250  | 160       | -                                | 50                    | 1                 | 12 | 10    | 50 |
| 125                           |  | 185       |                                  |                       |                   |    |       |    |
| 150                           |  | 225       |                                  |                       |                   |    |       |    |

**Tablo 2.3: Kompanzasyon pano devre elemanları seçim tablosu**

## UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıdaki uygulamayı yaptığınız takdirde kondansatör ve röle bağlantılarını yapabileceksiniz.

| İşlem Basamakları   | Öneriler  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Kondansatörleri seçiniz.</li><li>➤ Kondansatörlere güç kablolarını bağlayınız.</li><li>➤ Röle(RGKR) bağlantılarını yapınız.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Bütün malzemelerin katalog ve varsa CD'lerini inceleyiniz.</li><li>➤ Örnek olarak verilen 45 Kvar'lık kondansatörleri seçiniz (5-10-10-10-10).</li><li>➤ Kondansatörler için kabloları seçiniz.</li><li>➤ Kablo seçiminizde 2. uygulama faaliyetinde verilen tablo 2.3'ten faydalanınız.</li><li>➤ Kabloları kondansatör terminallerine bağlayınız. Bağlantılarınızda kablo pabucu kullanınız.</li><li>➤ Kablonun diğer uçlarını kontaktörlere bağlayınız.</li><li>➤ 5 kademeli reaktif güç kontrol rölesi seçiniz.</li><li>➤ Uygun bağlantı kablolarını seçiniz.</li><li>➤ Akım trafosundan gelen uçları RGKR'ye bağlayınız (1-2) (Cosinüs fimeetre bağlanmayacaktır.).</li><li>➤ 4 ve 5 nu.lı RGKR klemensine diğer iki fazı bağlayınız.</li><li>➤ Rölenin c/k ayarını yapınız.</li><li>➤ Bağlantıları yaparken iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.</li></ul> |

## KONTROL LİSTESİ

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

| Değerlendirme Ölçütleri   | Evet | Hayır |
|---|------|-------|
| 1. Kondansatörleri doğru olarak seçtiniz mi?                              |      |       |
| 2. Kondansatör güç bağlantı kablolarını doğru olarak seçtiniz mi?         |      |       |
| 3. Kondansatör güç kablolarını doğru ve düzgün olarak bağladınız mı?      |      |       |
| 4. Reaktif güç kontrol rölesini doğru olarak seçtiniz mi?                 |      |       |
| 5. Reaktif güç kontrol rölesinin bağlantılarını doğru olarak yaptınız mı? |      |       |
| 6. Bağlantılarda iş güvenliği tedbirlerine uydunuz mu?                    |      |       |

## DEĞERLENDİRME

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

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

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

1. ( ) Kompanzasyon kondansatörleri güç kablosunun kesiti en az 2,5 mm<sup>2</sup> olmalıdır.
2. ( ) Akım trafolarının sekonder sargılarının bir ucu topraklanmalıdır.
3. ( ) Birinci kademede seçilen kondansatör değeri diğer kademelerden daha küçük seçilmelidir.
4. ( ) Kondansatörlerin üçgen bağlanmasının maliyeti yıldız bağlamaya göre daha pahalıdır.
5. ( ) 5 kVAR'lık 2 kondansatörü seri olarak bağladığımızda toplam kapasite 10 kVAR olur.
6. ( ) Kompanzasyon kontaktörlerinin, kontak akım değerleri kondansatör nominal akımının 1,25 katından fazla seçilmelidir.

### DEĞERLENDİRME

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

# ÖĞRENME FAALİYETİ-3

## AMAÇ

Her marka kombi sayacın bağlantısını yapabileceksiniz ve endekslerden ceza oranının hesabını yapabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

- Kombi sayaçlarla ilgili firma kataloglarını inceleyiniz. Farklı firmaların kombi sayaçları arasındaki yapı farkını gözlemleyiniz ve bunları not alınız. Bu notları sınıfınızda tartışınız.

## 3.KOMBİ SAYAÇLAR

### 3.1. Kombi (Aktif-Reaktif) Sayaç Yapısı

Kombi sayaçlar; üç fazlı aktif, indüktif ve kapasitif enerjiyi ayrı ayrı ölçer. Bu sayaçlar; tarih, saat, dört tarifede ölçüm yapar. Bilgi iletişimi yapar. Sinyal çıkışı sağlar, on iki ay veri kaydeder.

Bir tüketicinin hangi tarifede daha az fatura ödeyebileceğini öğrenebilmesi için TEDAŞ'ın oluşturduğu iki tarife vardır:

Tek Terim Tarifesi (Normal Tarife) - Akıllı Sayaç Tarifesi

Tek terim tarifesinde sabit birim fiyat uygulanır.

Akıllı sayaç tarifesinde gün üç parçaya bölünür ve bu zaman aralıklarında ayrı birim fiyatlar uygulanır.

Üç Zaman Aralığı:

**Gündüz** - (06:00 - 17:00)

**Puant** - (17:00 - 22:00)

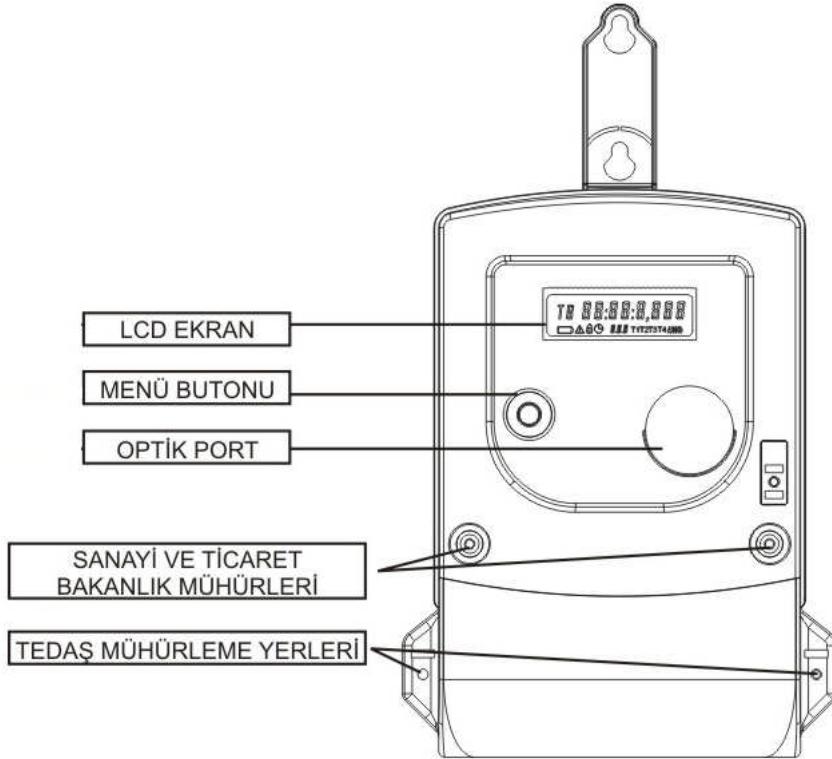
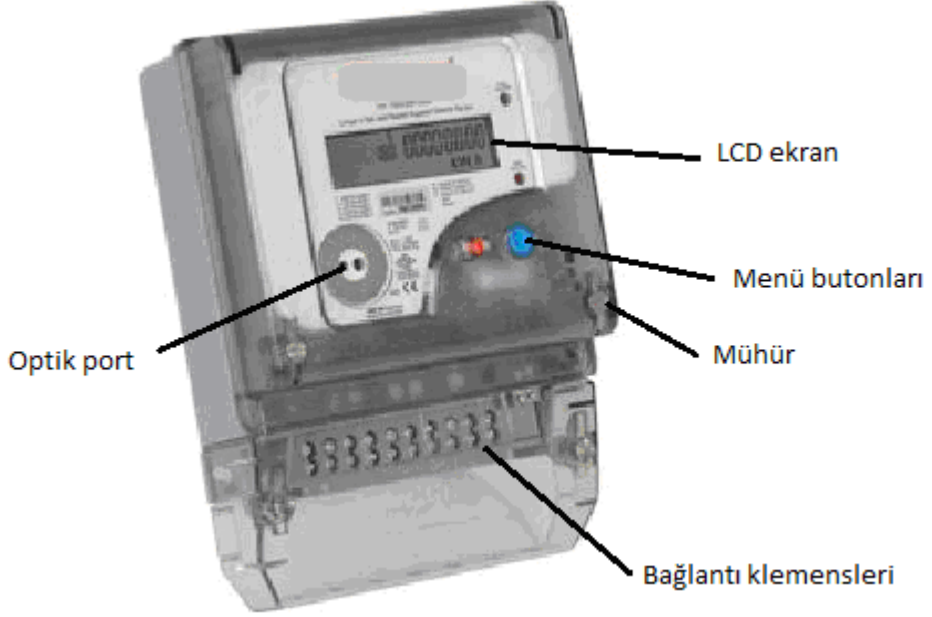
**Gece** - (22:00 - 06:00)

Kombi sayaçlardaki dört tarife zamanı olarak verilen zaman TEDAŞ tarafından üç adet olarak belirlenmiştir. Kombi sayaçtaki dördüncü tarife boş bırakılır.

Sayacın ön yüzünde bulunan ledler sayesinde enerjinin o anki kullanım durumu incelenebilir. Ledlerin yamıp sönme hızı o andaki tüketim durumunu gösterir.

Kombi sayaçlar bluetooth (RF) ve kartlı sistemleri kullanarak uzaktan değer okumaya da olanak sağlar.

Sayacın LCD göstergesinden; toplam enerji tüketimleri, tarife göre enerji tüketimleri, anlık çekilen güç, tarih/saat, sayaça müdahale, pil bilgileri izlenebilir.

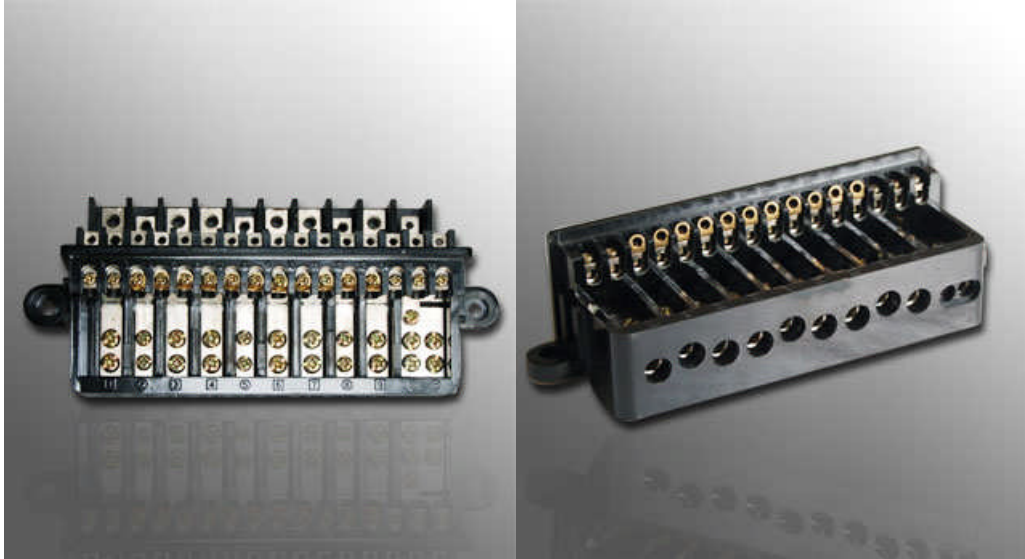


**Resim 3.1: Kombi sayaç dış yapısı**

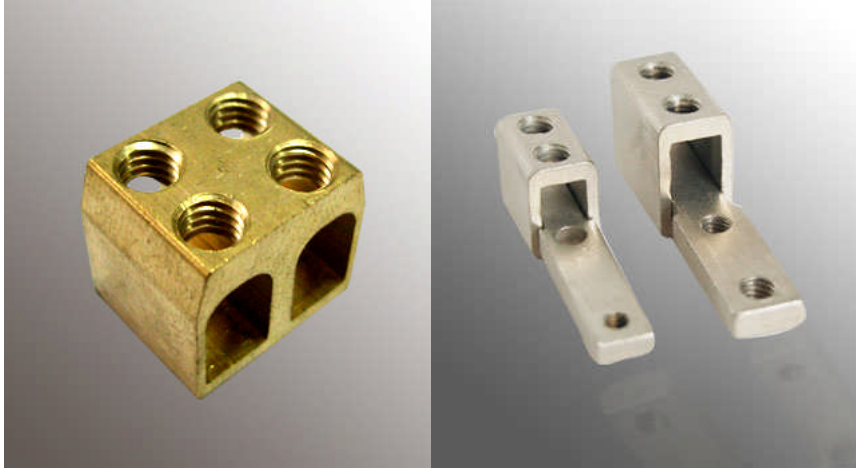
### 3.2. Kompanzasyon Sistemlerinde Kullanılan Sayaç Bağlantı Klemensleri ve Özellikleri



Resim 3.2: Üç fazlı sayaç üzerinde klemens bloğu

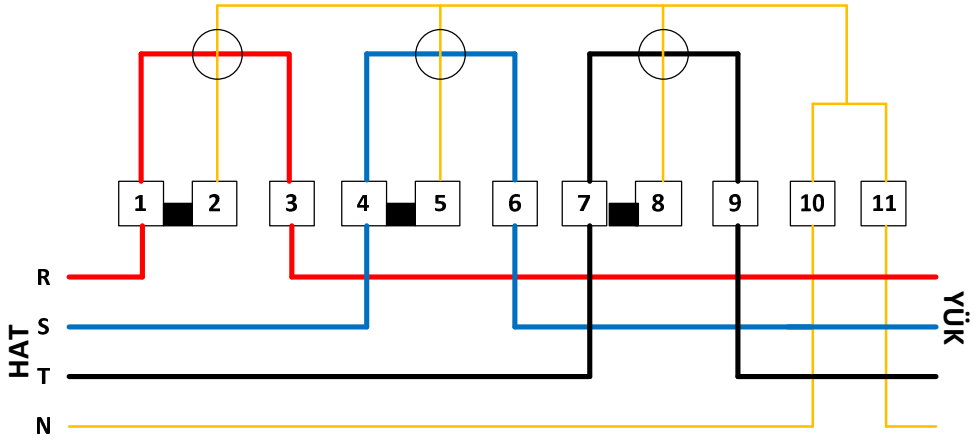


Resim 3.3: Üç fazlı sayaç klemens bağlantı bloğu



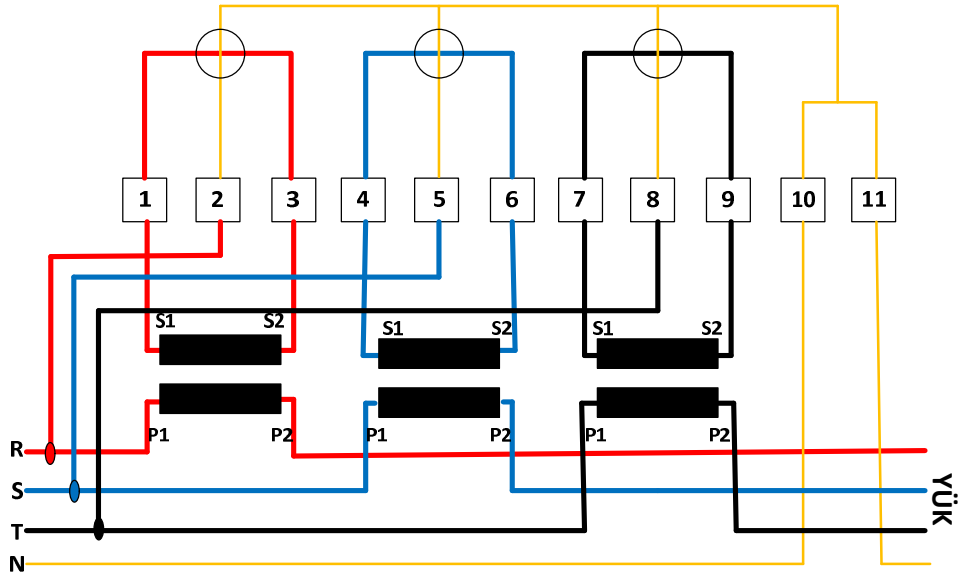
Resim 3.4: Çeşitli sayaç bağlantı klemensleri

### 3.3. Kombi Sayaç Klemensli Bağlantı Şeması



Şekil 3.2: Üç fazlı aktif -reaktif sayaç klemens bağlantı şeması





Şekil 3.3: Üç fazlı akım trafolu aktif-reaktif sayaç klemens bağlantı şeması

### 3.4. Kombi Sayaç Endeksleri

Sayaçlardaki;

1.8.0 endeksi toplam aktif tüketimi,

5.8.0 endeksi toplam endüktif reaktiftüketimi,

8.8.0 endeksitoplam kapasitif reaktif tüketimi gösterir.

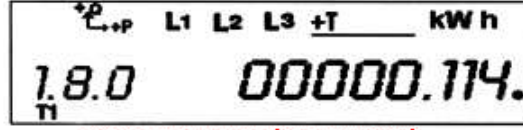
Sayaç menüsünde dolaştığınızda kodlamaların karşılığı vardır.

1.8.1= 06:00 ile 17:00 saatleri arasında harcanan aktif güç

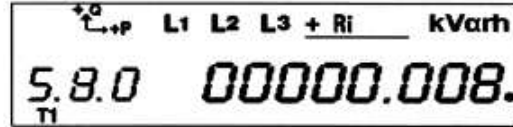
1.8.2=17:00 ile 22:00 saatleri arasında harcanan aktif güç

1.8.3=22:00 ile 06:00 saatleri arasında harcanan aktif güç

1.8.4= Boş



TOPLAM AKTİF ENERJİ



ENDÜKTİF REAKTİF ENERJİ



KAPASİTİF REAKTİF ENERJİ

Resim 3.5: Sayaç enkesinin sayaç ekranından okunuşu

### 3.5. Endekslere Göre Ceza Oranının Hesaplanması ve Örneklerle Açıklanması

—9kW sonrası için endüktif reaktif,

—45 kW sonrası için kapasitif reaktif sayaç kullanımı zorunludur.

Yapılmadığı durumda % 90 reaktif kullandığı varsayılarak elektrik fatura bedeline ilave edilir.

1 Ocak 2010 tarihinden itibaren aylık bazda çekilen endüktif reaktif enerjinin aktif enerjiye oranı % 14, sisteme verilen kapasitif enerjinin aktif enerjiye oranı % 10 olarak değiştirilmiştir.

Bu oranlar aşılsa ceza kesilir.

$$\text{Endüktif .ceza.oranı} = \frac{\text{Endüktif .enerji}}{\text{Aktif .enerji}} \cdot 100 \quad (\text{Bu oran \% 14 ü geçmemeli})$$

$$\text{Kapasitif .ceza.oranı} = \frac{\text{Kapasitif .enerji}}{\text{Aktif .enerji}} \cdot 100 \quad (\text{Bu oran \% 10'u geçmemeli})$$

**Örnek:** Bir işletmede kombi sayaçtan okunan endüktif kapasitif ve aktif değerler aşağıdaki verilmiştir. Bu işletmenin tükettiği bu enerjiden dolayı ceza alıp almayacağını, ceza alacaksa oranını hesaplayınız.

Aktif enerji=12102 kwh

Endüktif enerji=2466 kwh

Kapasitif enerji=135 kwh

$$\text{Endüktif}.ceza.oranı = \frac{\text{Endüktif}.enerji}{\text{Aktif}.enerji} \cdot 100 = \frac{2466}{12102} \cdot 100 = 20,38 \text{ ceza var}$$

$$\text{Kapasitif}.ceza.oranı = \frac{\text{Kapasitif}.enerji}{\text{Aktif}.enerji} \cdot 100 = \frac{135}{12102} \cdot 100 = 1,13 \text{ ceza yok}$$

**Örnek:** Bir işletmede bir haftada kombi sayaçtan okunan endüktif kapasitif ve aktif değerler aşağıdaki tabloda verilmiştir. Bu işletmenin tükettiği bu enerjiden dolayı ceza alıp almayacağını, ceza alacaksa oranını hesaplayınız.

| Endüktif Enerji(kwh) | Kapasitif Enerji(kwh) | Aktif Enerji(kwh) |
|----------------------|-----------------------|-------------------|
| 1355                 | 120                   | 15001             |
| 1370                 | 122                   | 15155             |
| 1400                 | 125                   | 15208             |
| 1411                 | 126                   | 15342             |
| 1425                 | 127                   | 15455             |
| 1450                 | 129                   | 15595             |
| 1461                 | 130                   | 15623             |

$$\text{Endüktif}.ceza.oranı = \frac{\text{Endüktif}.enerji}{\text{Aktif}.enerji} \cdot 100 = \frac{(1461-1355)}{(15223-15001)} \cdot 100 = \frac{106}{222} \cdot 100 = 47,75$$

ceza var

$$\text{Kapasitif}.ceza.oranı = \frac{\text{Kapasitif}.enerji}{\text{Aktif}.enerji} \cdot 100 = \frac{(130-120)}{(15223-15001)} \cdot 100 = \frac{10}{222} \cdot 100 = 4,5$$

ceza yok

## UYGULAMA FAALİYETİ

Kombi sayaç bağlantılarını yapınız.

| İşlem Basamakları   | Öneriler  |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Devrenizin özelliğine göre kombi sayacınızı seçiniz.</li><li>➤ Kombi saycın bağlantısını yapınız.</li><li>➤ Sayaç endeksini okuyunuz.</li><li>➤ Sayaç endeksine göre ceza oranını hesaplayınız.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Devre şemasını inceleyiniz.</li><li>➤ Kablonun diğer uçlarını kontaktörlere bağlayınız.</li><li>➤ Şekil 3.2 yi inceleyiniz. Devrenizde akım trafosu kullanacaksanız. Şekil 3.3'e göre bağlantı yapınız.</li><li>➤ Kombi sayacın menüsünde dolaşarak endeksler arasında geçiş yapınız. 1.8.0 aktif endeks, 5.8.0 endüktif endeks, 8.8.0 ise kapasitif endekstir.</li><li>➤ Okuduğunuz endeksleri bir tabloya kaydediniz ve ceza oranlarını hesaplayınız.</li></ul> |

### KONTROL LİSTESİ

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

| Değerlendirme Ölçütleri                                     | Evet | Hayır |
|---|------|-------|
| 1. Devrenizin özelliğine göre kombi sayacınızı seçtiniz mi? |      |       |
| 2. Kombi saycın bağlantısını yaptınız mı?                   |      |       |
| 3. Sayaç endeksini okudunuz mu?                             |      |       |
| 4. Sayaç endeksine göre ceza oranını hesapladınız mı?       |      |       |
| 5. Bağlantılarda iş güvenliği tedbirlerine uydunuz mu?      |      |       |

### DEĞERLENDİRME

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

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

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

1. ( ) Kombi sayaçlar üç fazlı aktif, indüktif ve kapasitif enerjiyi ayrı ayrı ölçerler.
2. ( ) Bir tüketicinin hangi tarifede daha az fatura ödeyebileceğini öğrenebilmesi için TEDAŞ'ın oluşturduğu iki tarife vardır: I-Tek terim tarifesi (normal tarife), II- Akıllı sayaç tarifesi
3. ( ) Kombi sayaç tarifesinde gün 5 tarifeye bölünür.
4. ( ) Sayaçlardaki 1.8.0 endeksi toplam endüktif tüketimi gösterir.
5. ( ) Sayaç menüsünde dolaştığınızda kodlamaların karşılığı vardır. Bunlardan 1.8.3=22:00 ile 06:00 saatleri arasında harcanan aktif gücü gösterir.
6. ( ) Aylık bazda çekilen endüktif reaktif enerjinin aktif enerjiye oranı % 14'ü, sisteme verilen kapasitif enerjinin aktif enerjiye oranı % 20'yi geçerse ceza kesilir.

# ÖĞRENME FAALİYETİ-4

## AMAÇ

Bu öğrenme faaliyetinin sonunda harmoniğin ölçümünü yapabileceksiniz. Harmoniğe karşı kompanzasyon sistemlerinde önlem alabileceksiniz.

## ARAŞTIRMA

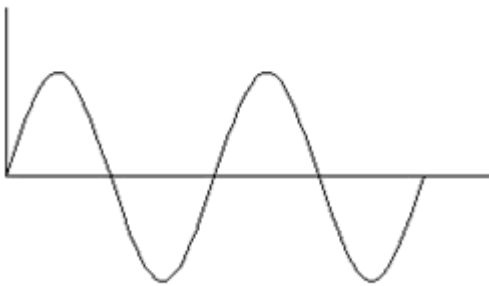
- Sizler de harmoniği oluşturan alıcıları inceleyiniz ve araştırma sonucunu arkadaşlarınız ve öğretmeninizle paylaşınız.
- Harmoniği tespit etmede kullanılan enerji analizlerini inceleyiniz aralarındaki farkları karşılaştırınız.

## 4. HARMONİKLİ SİSTEMLERDE KOMPANZASYON

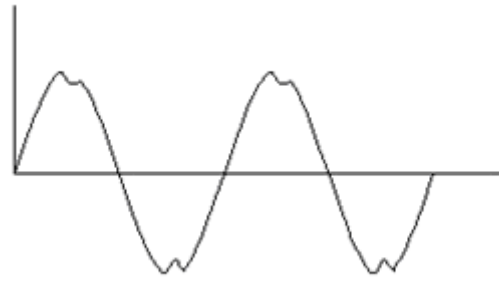
### 4.1. Harmonik ve Tanımı

Elektrik dağıtım şebekesinde gerilim sinüs şeklindedir (Şekil 4.1). Aynı şekilde şebekeden çekilen akımın da sinüs şeklinde olması beklenir.

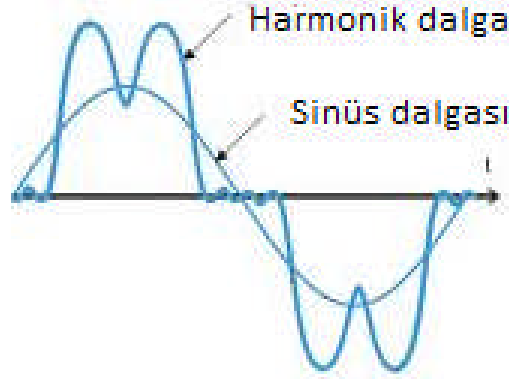
Ancak günümüzde elektrik şebekelerinde saf sinüs şeklindeki gerilim ve akım dalga şekilleri ile karşılaşmak çeşitli nedenler ile zorlaşmış, gerilim ve akım dalga şekilleri sinüs şekilden farklı bir duruma gelmeye, yani harmonik içermeye başlamıştır (Şekil 4.2 ve Şekil 4.3).



Şekil 4.1: Sinüs dalgası



Şekil 4.2: Harmonik dalga



Şekil 4.3: Harmonik dalga

## 4.2. Harmonik Meydana Getiren Alıcılar

Günümüzde harmoniklerin oluşmasının temel nedeni, modern enerji dönüşüm teknikleri kullanan güç elektroniği cihazlarının sayısındaki hızlı artıştır. Örneğin artık birçok uygulamada verimlilik ve kontrol olanakları gibi nedenlerle elektrik motorları, motor sürücüler tarafından kontrol edilmektedir. Bir güç elektroniği cihazı olan motor sürücü şebekeden harmonik içerikli akımlar çeker.

Endüstriyel tesislerde ve iş merkezlerinde yoğun olarak karşılaşılabilecek harmonik içerikli akımlar çeken cihazlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:- Motor sürücüler (hız kontrol cihazları) - Kesintisiz güç kaynakları (KGK'lar)- Doğrultucular (redresörler) ve akü şarj cihazları- Endüksiyon ocakları- Bilgisayarlar ve ofis cihazları- Özellikle elektronik balastlı deşarj lambaları

- Frekans çeviriciler

Bunların dışında

- Kaynak makineleri,

- Gerilim regülatörleri,

- Ark ocakları,

- Transformatörler

- Generatörler

-Döner makineler

-Doğru akım ile enerji nakli

- Dengesiz yüklenmiş motorlar da güç elektroniği devreleri içermemelerine rağmen harmonik üretirler.

## 4.3. Harmoniğin Sistemde Meydana Getirdiği Sakıncalar

➤ Harmoniğin sakıncaları kısaca şu şekilde sıralanabilir:

- Kompanzasyon kondansatörlerinin yalıtkanlıklarının bozulmasına veya aşırı yükten dolayı kötü çalışmasına

- Kompanzasyon kademe sigortalarının veya kompanzasyon şalterinin açması
- Şalterlerde ve diğer koruma sistemlerinde anlamsız açmalar
- Dağıtım transformatörünün beklenenden fazla ısınması
- Özellikle hassas elektronik cihazlarda hatalar, anlamsız arıza kodları ve duruşlar
- Ölçüm sistemlerinde hatalar
- İletişim sistemlerinde parazitler
- İşaret parazitlerine ve rölelerin kötü çalışmasına
- Asenkron ve senkron makinelerde mekanik titreşime
- Asenkron ve senkron makinelerde aşırı ısınmaya ve bundan dolayı kayıplara
- Akkor flamanlı ampullerin ömrü kısalmır.
- Deşarjlı aydınlatmada duyulabilir gürültüye neden olur.

#### 4.4. Sistemde Harmoniğin Tespit Edilmesi

- **Elektrik panolarına monte edilebilen cihazlar:** Bazı enerji analizörlerine enerji kalitesi ve harmonikler ile ilgili parametreleri ölçme özelliği de eklenmiştir. Ölçüm yapılmak istenen panolara monte edilen bu cihazlar ile o noktadaki birçok ölçüm değerine ulaşmak mümkündür. Bu değerler şunlardır.

3 Faz akım

3 Faz gerilim(faz - nötr )

3 Faz gerilim (faz-faz)

3 Faz aktif güç

3 Faz reaktif güç

3 Faz görünen güç.

3 Faz  $\cos\phi$

Frekans

3 Faz aktif enerji (giren)

3 Faz aktif enerji(çıkan)

3 Faz reaktif enerji (indüktif)

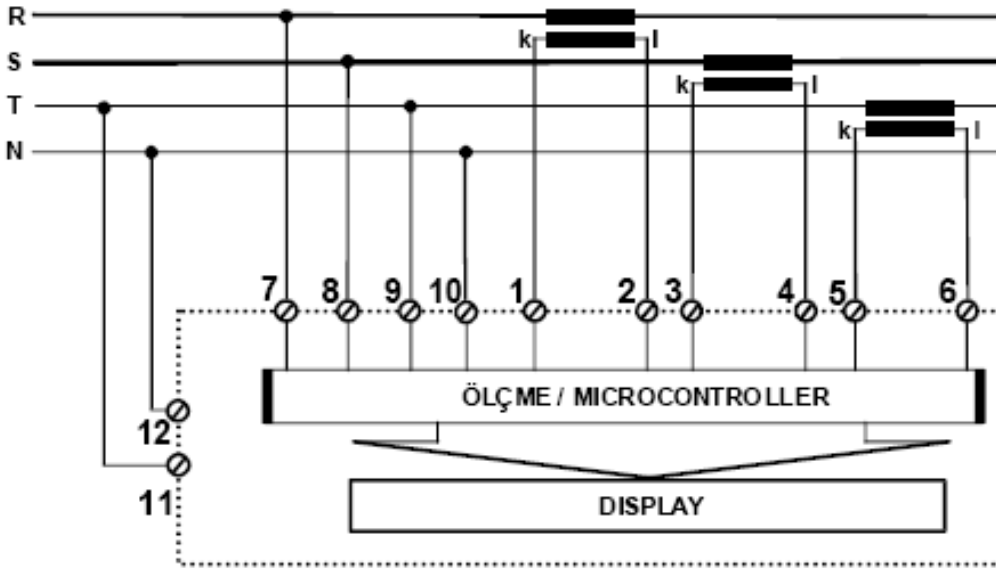
3 Faz reaktif enerji (Kapasitif)

- Ölçüm değerleri cihaz özelliklerine bağlı olarak cihaz ekranından veya bilgisayar bağlantısı aracılığı ile bilgisayardan incelenmektedir. Birçok cihazda farklı noktalara yerleştirilen enerji analizörlerinin tek bir bilgisayar aracılığı ile izlenmesi özelliği de vardır. Cihaz ve program özelliklerine bağlı olarak değerlerin kaydedilmesi, çeşitli durumlarda alarmlar verilmesi gibi olanaklar da vardır.
- Aktif ve reaktif enerji sayaçları ekranda izlenmedikleri zaman içinde de, aktif ve reaktif enerjiyi saymaya devam etmektedir.





Resim 4.1: Pano tipi enerji analizörleri



Şekil 4.4: Pano tipi enerji analizörü bağlantı şeması

- **Portatif ölçüm cihazları:** Enerji kalitesi analizörü olarak adlandırılan bu cihazların tek ve üç fazlı olanları vardır. Gerilim bağlantı uçları bara ve bağlantı noktalarına tutturulabilecek şekildedir. Akım ölçümü için genellikle klemp şeklinde bara ve kablo üzerine takılabilen akım algılayıcıları kullanılır. Bazı durumlarda enerji sisteminde bulunan akım transformatörlerinden de ölçüm alınabilir. Genellikle enerji kalitesi ve harmonikler ile ilgili birçok parametrenin yanı sıra akım, gerilim, güç ve enerji ile ilgili parametreleri de ölçebilir. Değerler birçok cihazda anlık olarak cihaz ekranında görüntülenebilir, istek üzerine de daha sonra incelenmek üzere cihaz hafızasına kaydedilebilir. Kaydedilen değerler bilgisayara aktarılarak incelemeler yapılır. Bazı cihazlarda ise cihaz

ekranından sadece sınırlı bilgiye ulaşılabilir. Bu tip cihazlar daha çok kayıt alıp daha sonra bilgisayar ortamında inceleme yapmak üzere geliştirilmiştir.



**Resim 4.2: Portatif enerji kalitesi analizörleri**

- **Sabit profesyonel cihazlar:** Bazı üreticilerin ürettiği, daha çok enerji üretim, iletim ve dağıtım alanında çalışan firmaların kullanmaları için tasarlanmış cihazlardır. Enerji kalitesi ve harmonik analizörleri genellikle aşağıdaki değerleri ölçebilirler:

- \* Gerilim etkin (RMS) değerleri (V)
- \* Akım etkin (RSM) değerleri (I)
- \* Gerilim anomalileri (anlık gerilim düşmeleri ve yükselmeleri gibi)
- \* Aktif güç (P)
- \* Endüktif reaktif güç (Qi)
- \* Kapasitif reaktif güç (Qc)
- \* Görünen güç (S)
- \* Güç faktörü (PF)
- \* Kayma güç faktörü (dPF)
- \* Gerilim toplam harmonik bozulma değerleri (THDv)
- \* Akım toplam harmonik bozulma değerleri (THDi)
- \* Ayrı ayrı gerilim harmonikleri
- \* Ayrı ayrı akım harmonikleri
- \* Ölçüm süresi boyunca enerji durumu

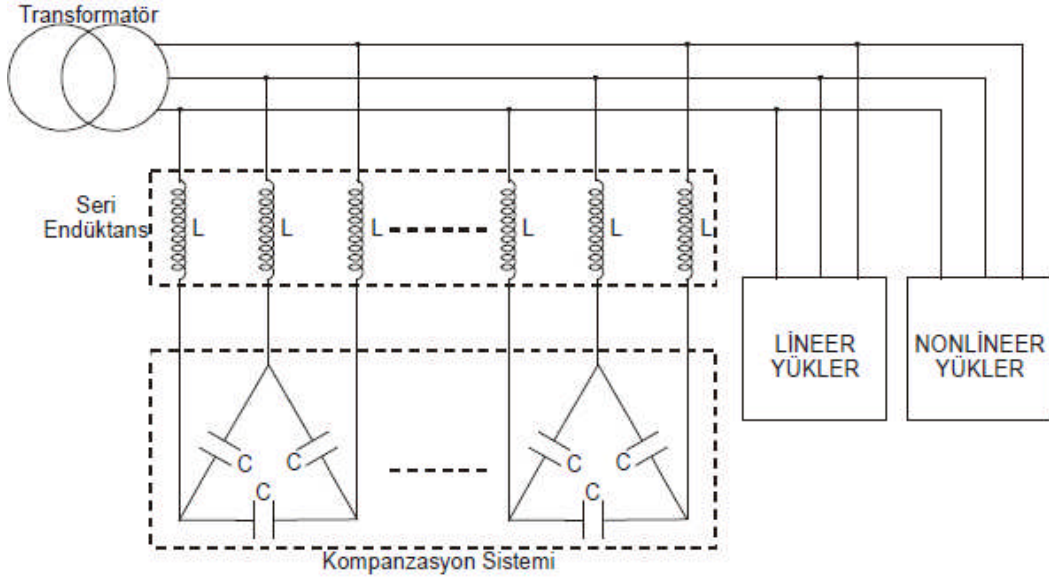
Harmoniklerin ölçümünde önemli olan değerlerin toplanması değil, ölçümlerin doğru noktalarda, doğru koşullar altında gerçekleştirilmesi ve doğru olarak yorumlanabilmesidir.

## 4.5. Harmoniğe Karşı Kompanzasyon Sistemlerinde Alınan Tedbirler

- Harmoniklerin çözümü için genellikle aşağıdaki yöntemlerden biri veya birkaçı uygulanır:
  - Kompanzasyon sisteminin filtreli kompanzasyon sistemine dönüştürülmesi
  - Aktif harmonik filtre uygulanması
  - Üçüncü harmonik filtresi gibi pasif harmonik filtre uygulamaları
  - Elektrik tesisatında yük dağılımları değiştirilerek yapılan çalışmalar sonucunda problemin çözülmesi
  - Harmonik üreten yüklerde yapılacak çeşitli çalışmalar ile problemin çözülmesi

### 4.5.1. Filtreli Kompanzasyon

Harmonik oranlarının yüksek olduğu tesislerde geleneksel kompanzasyon sistemleri ile yaşanabilecek sorunlara değinmiştik. Filtreli kompanzasyon sistemleri bu sorunlara hızlı, kolay ve ekonomik bir şekilde çözüm sağlar.

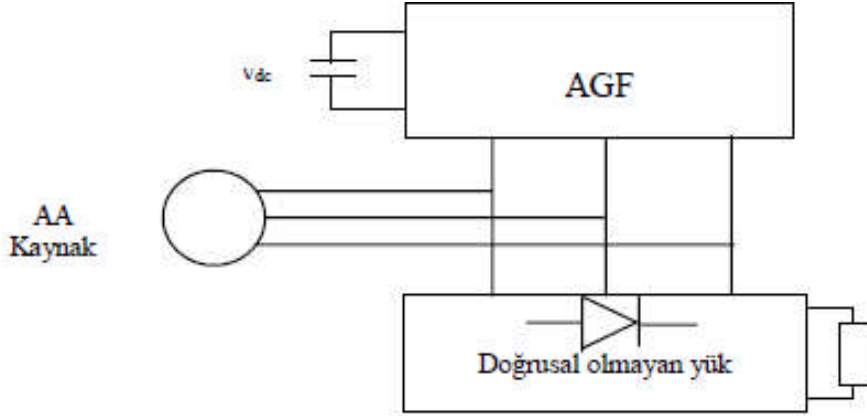


Şekil 4.5: Kompanzasyon sistemine seri endüktans bağlayarak filtreli kompanzasyon

Filtreli kompanzasyon sistemlerindeki temel fark, devrede olan kondansatör gruplarının şebekeye direkt olarak bağlı olmaları yerine bir harmonik filtre reaktörü üzerinden bağlı olmalarıdır.

## 4.5.2. Aktif Filtre ile Kompanzasyon

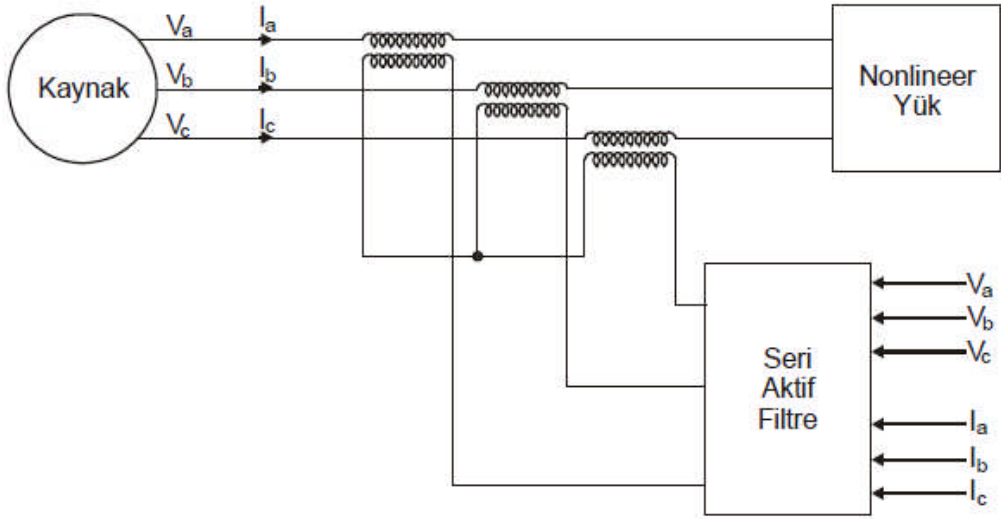
Aktif güç filtresi (AGF), Şekil 4.6’da görüldüğü gibi akım denetimi sağlayabilmek için doğru akım tarafına bir kondansatör bağlanmış üç fazlı bir evirici devresinden meydana gelmektedir. AGF temel fonksiyonu şebekeden sinüzoidal ve dengeli güç faktörlü akımlar çekilmesini sağlayarak yükün reaktif güç talebini karşılayıp harmonikleri yok etmektir.



Şekil 4.6: Aktif filtre ile kompanzasyon prensip şeması

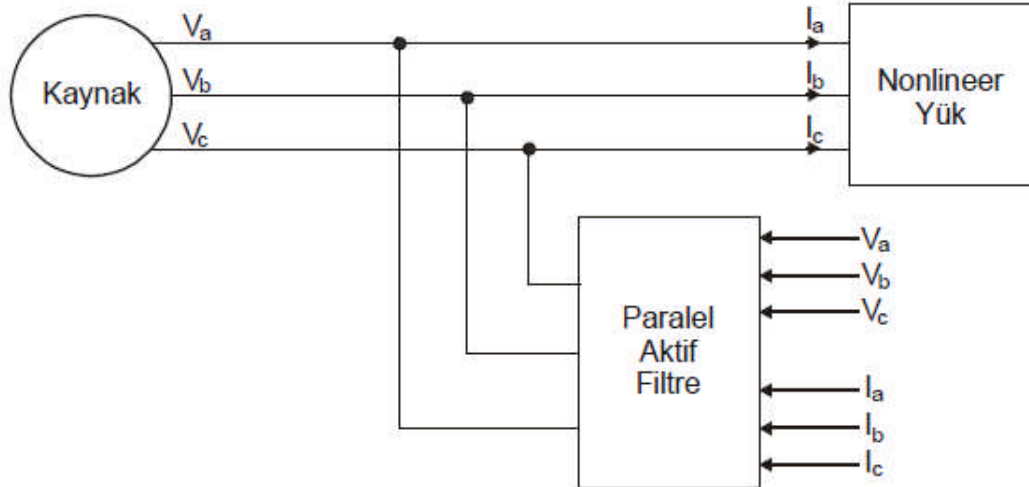
Birçok aktif harmonik filtre, akım harmoniklerini filtrelemenin yanı sıra reaktif güç kompanzasyonu da yapabilir. Bu durumda aktif harmonik filtre sistemin kayma güç faktörünü ( $\cos \phi$ ) 1,00'e yaklaştırmak için gerekli olan akımı kendi içerisinde üretip sisteme sağlayacak, yani bir kondansatör grubu gibi davranacaktır. Reaktif güç kompanzasyonu özelliği olan aktif harmonik filtrelerde genellikle harmonik filtreleme ve reaktif güç kompanzasyonu özellikleri ayrı ayrı veya birlikte devreye sokulup devreden çıkartılabilir. Aktif filtreler iki kısma ayrılır:

- **Seri aktif filtreler:** Seri aktif filtreler sisteme bir transformatör ile bağlanır. Seri aktif filtre ile gerilim harmonikleri elimine edilir (şekil 4.7).



Şekil 4.7: Seri aktif filtre prensip şeması

- **Paralel aktif filtreler:** Paralel aktif filtre adından da anlaşılacağı gibi sisteme paralel bağlı olarak çalışır. Paralel aktif filtre, akım kaynağı gibi davranan nonlineer (doğrusal olmayan) yükler için etkilidir (şekil 4.8).



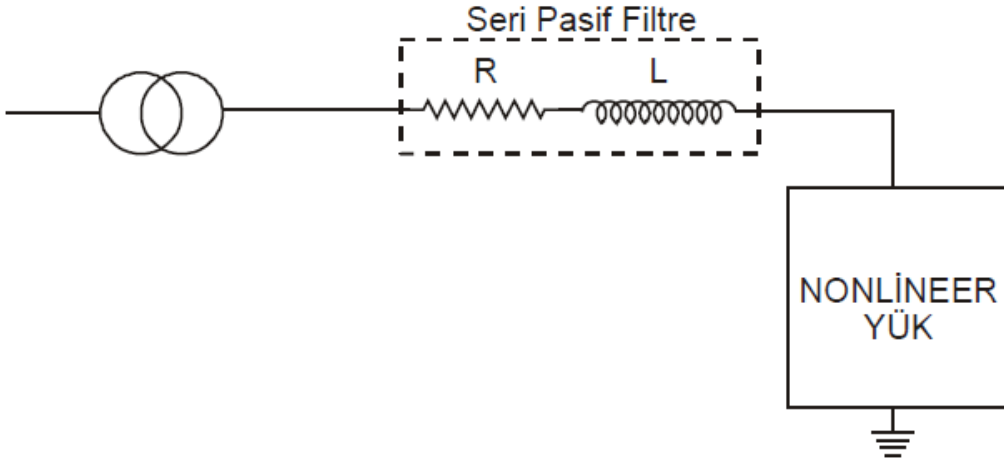
Şekil 4.8: Paralel aktif filtre prensip şeması

### 4.5.3. Pasif Filtre ile Kompanzasyon

Pasif filtreler, kaynak ile alıcı arasına konulan ve temel frekans dışındaki bileşenleri yok etmek için tasarlanan, kondansatör ( $C$ ), endüktans ( $L$ ) ve bazı durumlarda direnç ( $R$ ) elemanlarından oluşan devrelerdir.

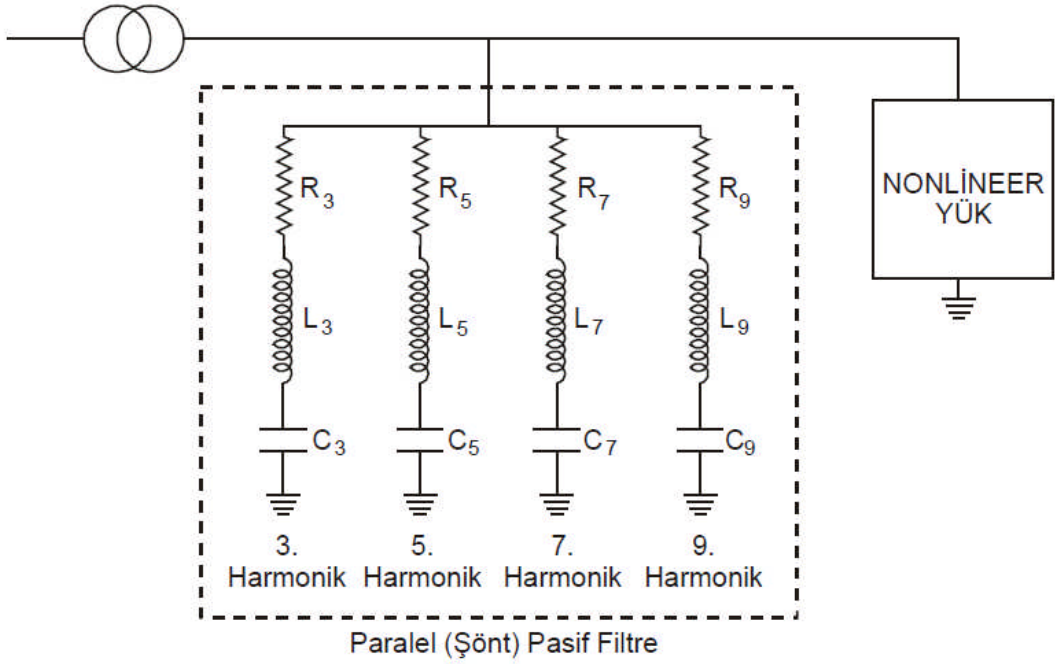
Pasif filtreler, seri pasif filtreler ve paralel (şönt) pasif filtreler olmak üzere kendi içerisinde ikiye ayrılır. Ayrıca uygulamada çok karşılaşılan bir diğer pasif filtre türü de sistemde bulunan kompanzasyon sistemine seri endüktans bağlamaktır.

- **Seri Pasif Filtreler:** Seri filtreler adından da anlaşılacağı gibi, kaynak ile harmonik üreten eleman arasına seri olarak bağlanan endüktans ( $L$ ) elemanından oluşmaktadır. Seri bağlanan bu empedans,  $X_L=2\pi.f.L$  formülüne göre harmonik frekanslarına yüksek empedans göstererek onların geçişlerini engeller (şekil 4.9).



**Resim 4.9: Seri pasif filtre prensip şeması**

- **Paralel Pasif Filtreler:** Paralel (şönt) pasif filtreler, harmonik kaynağı ile şebeke arasına kondansatör ( $C$ ), endüktans ( $L$ ) ve bazı durumlarda direnç ( $R$ ) elemanlarının paralel olarak bağlanmasından oluşan devrelerdir. Paralel pasif filtrelerde amaç yok edilmek istenen harmonik frekansı için rezonansa gelecek  $L$ ,  $C$  değerleri hesaplayarak bu devreyi güç sistemine bağlamaktır (Şekil 4.10).



**Resim 4.10: Paralel pasif filtre prensip şeması**

## UYGULAMA FAALİYETİ

Enerji analizörü ile harmonik ölçümü yapınız.

| İşlem Basamakları  | Öneriler  |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Uygun enerji analizörü seçiniz.</li><li>➤ Harmonik oluşturan alıcılar bağlayınız.</li><li>➤ Enerji analizörünün bağlantılarını yapınız.</li><li>➤ Fazları analizöre bağlayınız.</li><li>➤ Akım trafolarının k-l uçlarını doğru bağlayınız.</li><li>➤ Bağlantıları yaparken iş güvenliği tedbirlerine uyunuz.</li><li>➤ Enerji analizörünün akım trafosu oranını giriniz.</li><li>➤ Ölçülecek büyüklüğü seçiniz.</li><li>➤ Analizörün ekranından harmonik değerlerini okuyunuz.</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>➤ Atölyede pano için harmonik değeri okumak için pano tipi enerji analizörü seçiniz.</li><li>➤ Harmonik oluşturan alıcıları atölye imkânlarına uygun olanları seçiniz. Örneğin transformatör, doğrultucular, kesintisiz güç kaynağı vb.</li><li>➤ Enerji analizörünün bağlantısını yaparken Şekil 4,4'ü inceleyiniz.</li><li>➤ 7 nu.lı ucu R fazına, 8 nu.lı ucu S fazına, 9 nu.lı ucu T fazına bağlayınız.</li><li>➤ Enerji analizörünün 1-2 nu.lı uçlarını, R fazındaki akım trafosunun sekonderine(k-l ucu), 3-4 nu.lı uçlarını S fazındaki akım trafosunun sekonderine, 5-6 nu.lı uçlarını T fazındaki akım trafosunun sekonderine bağlayınız.<ul style="list-style-type: none"><li>• 10 nu.lı ucu nötrebağlayınız.</li><li>• 11 nu.lı ucu T fazına ve</li><li>• 12 nu.lı ucu nötre bağlayınız.</li></ul></li><li>➤ Enerji altındayken soketleri sökmeyiniz bağlantıları gevşetmeyiniz.</li><li>➤ Analizörün Set tuşuna basıp örneğin akım trafonuzun oranı 500/5 A ise <math>C_T=00500</math> olmalı</li><li>➤ Hangi büyüklüğü ölçmek istiyorsak Seç tuşu ile o büyüklüğe ait LED'in yanması gerekir.</li><li>➤ Seç butonuna her basılıştta başka bir büyüklüğü ölçebilirsiniz.</li><li>➤ Değişik zamanlarda oluşan akım harmonik bozulma değerlerini (THDi) okuyunuz.</li><li>➤ Gerilim harmonik bozulma değerini(THDv) değerlerini okuyunuz.</li></ul> |



## KONTROL LİSTESİ

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

| Değerlendirme Ölçütleri  | Evet | Hayır |
|--|------|-------|
| 1. Uygun enerji analizörü seçtiniz mi?                           |      |       |
| 2. Harmonik oluşturan alıcı bağladınız mı?                       |      |       |
| 3. Enerji analizörünün bağlantılarını uygun şekilde yaptınız mı? |      |       |
| 4. Fazları analizöre doğru bağladınız mı?                        |      |       |
| 5. Akım trafolarını aenerji analizörüne doğru bağladınız mı?     |      |       |
| 6. Bağlantıları yaparken iş güvenliğine uygun davrandınız mı?    |      |       |
| 7. Enerji analizörünün akım trafosu oranını girdiniz mi?         |      |       |
| 8. Enerji analizöründe ölçülecek büyüklüğü seçtiniz mi?          |      |       |
| 9. Analizör ekranından harmonic değerlerini okudunuz mu?         |      |       |

## DEĞERLENDİRME

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

## ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Elektrik dağıtım şebekesinde gerilimin dalga şekli aşağıdakilerden hangisi olmaktadır?  
A) Kare dalga      B) Sinüs dalgası      C) Üçgen dalga      D) Testere diş
2. Aşağıdakilerden hangisi harmonik meydana getiren alıcılardan değildir?  
A) Endüksiyon ocakları      B) Kesintisiz güç kaynakları (KGK'lar)  
C) Motor sürücülerini      D) Akkor lambalar
3. Aşağıdakilerden hangisi güç elektroniği devresi içermemelerine rağmen harmonik üreten alıcıdır?  
A) Frekans çeviriciler      B) Bilgisayarlar ve ofis cihazları  
C) Kaynak makineleri      D) Özellikle elektronik balastlı deşarj lambaları
4. Aşağıdakilerden hangisi harmoniğin meydana getirdiği zararlardan değildir?  
A) Ölçüm sistemlerinde hatalar      B) İletişim sistemlerinde parazitler  
C) İşaret parazitleri      D) Floresan ampullerin ömrünün kısılması
5. Sistemdeki harmoniği tespit eden ve elektrik panolarına monte edilebilen cihazlar aşağıdaki büyüklüklerden hangisini ölçmez?  
A) Ortam sıcaklığı      B) 3 Faz  $\cos\phi$   
C) Frekans      D) 3 Faz görünen güç
6. "Sisteme bir transformatör ile bağlanır ve gerilim harmonikleri elimine edilir."  
Yukarıda tanımı verilen filtre çeşidi aşağıdakilerden hangisine aittir?  
A) Pasif filtre      B) Seri aktif filtre  
C) Paralel aktif filtre      D) Seri pasif filtre

# MODÜL DEĞERLENDİRME

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

1. ( ) Transformatör, elektrik motorları gibi endüktif yükler, mıknatıslanma akımlarından dolayı şebekeye reaktif yük getirir. Bu reaktif yükler buldukları devreye kondansatörler bağlanarak azaltılır veya yok edilir. Buna kompanzasyon denir.
2. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste iletkenler daha az akım taşıyacağından ince kesitte seçilir.
3. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste besleme transformatörünün ve tesisin kapasitesi ile verimi düşer.
4. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste kayıplar ve gerilim düşümü azalır.
5. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste şebekeden daha fazla reaktif enerji çekilir.
6. ( ) Kompanzasyon yapılan tesiste harcanan enerji azalacağından enerji ücreti de azalır.
7. ( ) Merkezi kompanzasyonda kondansatörler doğrudan yük çıkışlarına bağlanırlar ve ortak bir anahtarlama cihazı ile yüklerle birlikte devreye alınıp çıkarılırlar.
8. ( ) Reaktif güç kontrol röleleri, merkezi kompanzasyonda seçilmiş kondansatör gruplarının bataryalarını devreye alarak veya çıkararak güç kat sayısı değerini, kullanıcı tarafından ayarlanan güç kat sayısı değerine getirmeye çalışır.
9. ( ) Tesiste aktif sayaç, ampermetre, voltmetre mevcutsa kondansatör gücü reaktif güç kontrol rölesini devreye bağlarken çok yüksek akımların ölçümlerinin kolayca yapılabilmesi için akım trafosu kullanılmaktadır. Akım trafosu değerleri şebekeden çekilen akıma göre belirlenir.
10. ( ) Reaktif güç kontrol rölesinin C/k değerleri:  
C = İlk kademe kondansatör gücüdür.  
k = Akım trafosu dönüştürme oranıdır.
11. ( ) Kompanzasyon kondansatörleri güç kablosunun kesiti en az 2,5 mm<sup>2</sup> olmalıdır.
12. ( ) Akım trafolarının sekonder sargılarının bir ucu topraklanmalıdır.
13. ( ) Birinci kademede seçilen kondansatör değeri diğer kademelerden daha küçük seçilmelidir.
14. ( ) Kondansatörlerin üçgen bağlanmasının maliyeti yıldız bağlamaya göre daha pahalıdır.
15. ( ) 5 kVAR'lık 2 kondansatörü seri olarak bağladığımızda toplam kapasite 10 kVAR olur.
16. ( ) Kompanzasyon kontaktörlerinin, kontak akım değerleri kondansatör nominal akımının 1,25 katından fazla seçilmelidir.

17. ( ) Kombi sayaçlar üç fazlı aktif, indüktif ve kapasitif enerjiyi ayrı ayrı ölçer.
18. ( ) Bir tüketicinin hangi tarifede daha az fatura ödeyebileceğini öğrenebilmesi için TEDAŞ'ın oluşturduğu iki tarife vardır:  
I- Tek terim tarifesi (Normal Tarife) , II- Akıllı sayaç tarifesi
19. ( ) Kombi sayaç tarifesinde gün 5 tarifeye bölünür?
20. ( ) Sayaçlardaki; 1.8.0 endeksi toplam endüktif tüketimi gösterir.
21. ( ) Sayaç menüsünde dolaştığımızda kodlamaların karşılığı vardır. Bunlardan 1.8.3=22:00 ile 06:00 saatleri arasında harcanan aktif gücü gösterir.
22. ( ) Aylık bazda çekilen endüktif reaktif enerjinin aktif enerjiye oranı % 14'ü, sisteme verilen kapasitif enerjinin aktif enerjiye oranı % 20'yi geçerse ceza kesilir.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyunuz ve doğru seçeneği işaretleyiniz.

23. Elektrik dağıtım şebekesinde gerilimin dalga şekli aşağıdakilerden hangisi olmalıdır?  
A) Kare dalga B) Sinüs dalgası C) Üçgen dalga D) Testere diş
24. Aşağıdakilerden hangisi harmonik meydana getiren alıcılardan değildir?  
A) Endüksiyon ocakları B) Kesintisiz güç kaynakları (KGK'lar)  
C) Motor sürücüleri D) Akkor lambalar
25. Aşağıdakilerden hangisi güç elektroniği devresi içermemelerine rağmen harmonik üreten alıcıdır?  
A) Frekans çeviriciler B) Bilgisayarlar ve ofis cihazları  
C) Kaynak makineleri D) Özellikle elektronik balastlı dışarj lambaları
26. Aşağıdakilerden hangisi harmoniğin meydana getirdiği zararlardan değildir?  
A) Ölçüm sistemlerinde hatalar B) İletişim sistemlerinde parazitler  
C) İşaret parazitleri D) Floresan ampullerin ömrünün kısalması
27. Sistemdeki harmoniği tespit eden ve elektrik panolarına monte edilebilen cihazlar aşağıdaki büyüklüklerden hangisini ölçmez?  
A) Ortam sıcaklığı B) 3 Faz  $\cos\phi$   
C) Frekans D) 3 Faz görünen güç
28. "Sisteme bir transformatör ile bağlanır ve gerilim harmonikleri elimine edilir."  
Yukarıda tanımı verilen filtre çeşidi aşağıdakilerden hangisine aittir?  
A) Pasif filtre B) Seri aktif filtre  
C) Paralel aktif filtre D) Seri pasif filtre

## DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

# CEVAP ANAHTARLARI

## ÖĞRENME FAALİYETİ-1'İN CEVAP ANAHTARI

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

## ÖĞRENME FAALİYETİ -2'NİN CEVAP ANAHTARI

|   |        |
|---|--------|
| 1 | Doğru  |
| 2 | Doğru  |
| 3 | Doğru  |
| 4 | Yanlış |
| 5 | Yanlış |
| 6 | Doğru  |

## ÖĞRENME FAALİYETİ -3'ÜN CEVAP ANAHTARI

|   |        |
|---|--------|
| 1 | Doğru  |
| 2 | Yanlış |
| 3 | Yanlış |
| 4 | Doğru  |
| 5 | Doğru  |
| 6 | Yanlış |

## ÖĞRENME FAALİYETİ -4'ÜN CEVAP ANAHTARI

|   |   |
|---|---|
| 1 | B |
| 2 | D |
| 3 | C |
| 4 | D |
| 5 | A |
| 6 | B |

## MODÜL DEĞERLENDİRME'NİN CEVAP ANAHTARI

|    |        |
|----|--------|
| 1  | Doğru  |
| 2  | Doğru  |
| 3  | Yanlış |
| 4  | Doğru  |
| 5  | Yanlış |
| 6  | Doğru  |
| 7  | Doğru  |
| 8  | Doğru  |
| 9  | Doğru  |
| 10 | Doğru  |
| 11 | Doğru  |
| 12 | Doğru  |
| 13 | Doğru  |
| 14 | Yanlış |
| 15 | Yanlış |
| 16 | Doğru  |
| 17 | Doğru  |
| 18 | Yanlış |
| 19 | Yanlış |
| 20 | Doğru  |
| 21 | Doğru  |
| 22 | Yanlış |
| 23 | B      |
| 24 | D      |
| 25 | C      |
| 26 | D      |
| 27 | A      |
| 28 | B      |

## KAYNAKÇA

- ALACACI Mahmut, **Elektrik Meslek Resmi (PROJE)**, K.Maraş, 1997.
- ALACACI Mahmut, **Atölye-1**, K.Maraş, 2001.
- ALACACI Mahmut , **Laboratuvar-1**, K.Maraş, 2000.
- AYTEN Bilal, **Teknik Derleme**, Ankara, 1998.
- ÇOLAK Şeref, **Atölye-2**, K.Maraş, 2004.
- ÖZKAYA Muzaffer, **Aydınlatma Tekniği**, İstanbul, 2000.