

**T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI**

ELEKTRİK ELEKTRONİK TEKNOLOJİSİ

**ENDÜSTRİYEL SAYAÇLAR
523EO0078**

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	ii
GİRİŞ	1
ÖĞRENME FAALİYETİ-1	3
1.GÜÇ ÖLÇME	3
1.1. Üç Fazlı Sistemler	4
1.1.1. Üç Faz Oluşumu	4
1.1.2. Üçgen Bağlantıda Akım, Gerilim Bağlıntıları	12
1.1.3. Yıldız Bağlantıda Akım, Gerilim Bağlıntıları	13
1.2. Güç Çeşitleri	14
1.2.1. Görünür Güç ve Hesaplaması	16
1.2.2. Aktif Güç	17
1.2.3. Reaktif Güç	19
1.2.4. Güç Vektörleri	20
1.3. Güç Ölçme	21
1.3.1. Aktif Güç Ölçme	21
1.3.2. Reaktif Güç Ölçme	27
1.3.3. Güç Ölçmede Dikkat Edilecek Hususlar	28
UYGULAMA FAALİYETİ	38
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	40
ÖĞRENME FAALİYETİ-2	41
2. GÜÇ KAT SAYISI ÖLÇME	41
2.1. Güç Katsayısı	41
2.1.1. Güç Katsayısı Tanımı	41
2.1.2. Omik, Kapasitif, Endüktif Devrelerde Akım, Gerilim ve Güç Vektörler	42
2.1.3. Güç Katsayısı Ölçme	44
UYGULAMA FAALİYETİ	57
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	60
ÖĞRENME FAALİYETİ-3	61
3.ELEKTRİK SAYAÇLARI	61
3.1. Elektrik İşi	61
3.2. Elektrik Sayaçları (AA)	62
3.2.1. Görevi	62
3.2.2. İndüksiyon Sayaçları ve Bağlıntıları	63
3.2.3. Elektronik Sayaçlar ve Bağlıntıları	74
3.2.4. Kartlı Sayaçlar ve Yapısı	84
3.3. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği	86
3.4. Elektrik Tarifeleri Yönetmeliği	86
3.5. Elektrik Piyasasında Kullanılacak Sayaçlar Hakkında Tebliğ	90
3.6. Topraklamalar Yönetmeliği	90
UYGULAMA FAALİYETİ	94
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	96
MODÜL DEĞERLENDİRME	97
CEVAP ANAHTARLARI	98
KAYNAKÇA	100

AÇIKLAMALAR

KOD	523EO0078
ALAN	Elektrik Elektronik Teknolojisi
DAL/MESLEK	Endüstriyel Bakım Onarım
MODÜLÜN ADI	Endüstriyel Sayaçlar
MODÜLÜN TANIMI	Güç ve güç kat sayısı ölçme, elektrik sayaçları yapısı ve bağlantıları ile ilgili bilgi ve becerilerin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/24
ÖN KOŞUL	Bu modülün ön koşulu yoktur.
YETERLİK	Güç ve güç katsayısı ölçü aletleri ile elektrik sayaçları bağlantılarını yapmak
MODÜLÜN AMACI	Genel Amaç Gerekli ortam sağlandığında, Standartlara, Şartnamelere, İş Güvenliğiyle Kuvvetli Akım Tesisleri, Fen Adamları ve Topraklamalar Yönetmeliği'ne uygun ve hatasız olarak güç katsayısı ölçü aletleri ve elektrik sayaçları bağlantılarını yapabileceksiniz. Amaçlar <ol style="list-style-type: none">1. Güç ölçümünü hatasız olarak yapabileceksiniz.2. Güç kat sayısını hatasız olarak ölçebileceksiniz.3. Elektrik sayaçlarının hatasız olarak montaj ve bağlantılarını yapabileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	Ortam: İş güvenliği tedbirleri alınmış sınıf, atölye, laboratuvar, trafo merkezleri, kütüphane, bilgi teknolojileri ortamı (internet) vb. kendi kendinize veya grupta çalışabileceğiniz tüm ortamlar Donanım: Ölçü aletleri, deney setleri, emniyet ve güvenlik malzemeleri, bunlarla ilgili kataloglar ve tanıtım materyalleri
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,

Teknoloji ve bilginin hızla geliştiği ve yenilendiği endüstride ölçme ve ölçü aletleri, hayatımızın vazgeçilmez öğeleri olmuştur. Bilginin hızlı gelişimini takip etmek için elektronik cihazlar gereklidir. Günümüzde dijital çağın cihazları hayatımıza girmişse de ölçü aletlerinin temelindeki analog sistemlerin bilinmesinin yeniliklere ulaşmada en temel unsur olduğu unutulmamalıdır.

Sayaçlar, üretilen veya tüketilen elektrik enerjisi miktarını ölçen aletlerdir. Günlük hayatımızın ve sanayimizin ayrılmaz bir parçası olan elektrik enerjisinin doğru ve hassas ölçülmesi son derece önemlidir.

Bilinen bir büyüklük ile aynı cinsten bilinmeyen bir büyüklüğün karşılaştırılmasına ölçme denir. Bu şekilde yapılan ölçmelerin en az hata ile sonuçlandırılması, arzu edilen bir durumdur. Endüstride kullanacağımız wattmetre, varmetre, kosinüsfigetre, elektrik sayacı vb. ölçü aletlerine ait teknik özellikleri, devreye bağlanma şekilleri hakkında temel bilgileri bu modül içinde bulacaksınız.

ÖĞRENME FAALİYETİ-1

AMAÇ

Güç ölçümünü hatasız olarak yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Güç ölçüm aletleri ve standartları hakkında kitaplardan, internetten, kataloglardan vb. kaynaklardan bilgi toplayınız.
- Topladığınız bilgi ve dokümanları rapor hâline getiriniz. Hazırladığınız raporu arkadaşlarınızla paylaşıp tartışınız.

1.GÜÇ ÖLÇME

Mekanik iş: Bir cisme yol aldirmek için kuvvet uygulanır. Bir cisim bir yerden alıp başka bir yere koyduğumuzda, bir el arabasını sürdüğümüzde, çantayı taşıduğumuzda iş yapmış oluruz. İşin basit bir formülü vardır:

$$\text{İş} = \text{Kuvvet} \times \text{Yol}$$

SI sisteminde kuvvet birimi Newton, alınan yolun birimi metre olduğundan işin birimi Newton-metredir. Bu birime yine SI sisteminde joule (jul) denir. 1 joule = 1 newton. metredir. Bir joule, bir newtonluk bir kuvvet tarafından, kuvvetin doğrultusuna paralel olarak bir metrelik bir uzaklık boyunca etkimesiyle yapılan iştir.

İş yapılması için sadece kuvvet uygulamak yeterli olmaz. Eğer cisim kuvvet uygulandığı hâlde hareket etmiyorsa yani yer değiştirme yapmıyorsa iş yapılmış olmaz. Örneğin, bir kitabı okurken oturduğunuzda veya yemek yerken oturduğunuzda iş yapmış olmazsınız. Çünkü bu esnada herhangi bir yer değiştirme yapılmamıştır.

Enerji: Bir cismin iş yapabilme yeteneğine enerji denir. Bir araç, bir yerden bir yere giderken bir kuvvet harcar ve yol alır ve bir enerji harcar. Bir insan bir masayı alıp başka yere taşırsa bir enerji harcamıştır. Yani iş yapabilecek durumda olan her şeyin bir enerjisi vardır. Bu enerji kullanılmadığı durumlarda potansiyel enerji iken kullanılma durumunda kinetik enerji hâindedir. Kuvvet uygulanarak iş yapıldığında cisim enerji kazanmaktadır. Bu nedenle enerji ile işin birimleri aynıdır yani jouledir. Enerjinin farklı türleri vardır. Hareket enerjisi, ısı enerjisi, ışık enerjisi vb.

İki cisim birbirine sürtüldüğünde cisimler hareket ettirilmiş olunur ve cisim bir süre sonra ısınmaya başlar. Burada da hareket enerjisi ısı enerjisine dönüşmüştür. İnsanlarda

besinlerden aldıkları enerjiyi vücutlarında depolarlar ve bir iş yaptıklarında bu enerjiyi kullanarak iş yaparlar. Evlerimizi veya iş yerlerimizi ısıtmak için yakıtlardan faydalanırız. Yakıtlarda var olan kimyasal enerji ısı enerjisine dönüşür. Isıtma ve aydınlatma için elektrik enerjisi kullanılır. Elektrik enerjisi lambalar yardımıyla ışık enerjisine, ütü, ısıtıcı ve klima yardımıyla ise ısı enerjisine dönüşür.

Güç: Birim zamanda harcanan enerjiye veya üretilen enerjiye güç denir. Yani iş yapabilme hızının bir ölçüsüdür. Bu enerji üretilirken veya tüketilirken bir zaman geçer. Fabrikada çalışan bir işçinin yaptığı iş, zaman geçtikçe artar ve harcadığı enerjide artar. Fakat birim zamanda yaptığı iş aynıdır. Benzer şekilde bir elektrikli ısıtıcının harcadığı enerji birim zamanda aynıdır ama zaman geçtikçe harcadığı toplam enerjisi geçen zamanla artmaktadır.

Güç P ile gösterilir ve birimi Watt'tır. Birim zamanda (t) cismin harcadığı enerji W ise güç,

$$\text{Güç} = \frac{\text{Yapılan iş /iş yapmak için geçen zaman}}{\text{P} = \text{W} / \text{t}}$$

SI sisteminde iş= joule, zaman ise saniye ile ifade edilir. Güç birimi ise joule/saniye olacaktır. Bunun da SI sistemindeki karşılığı Watt'tır. Watt biriminin kullanılmasının nedeni ise buhar makinesini icat eden İskoçyalı bilim adamı James Watt'tan dolayıdır.

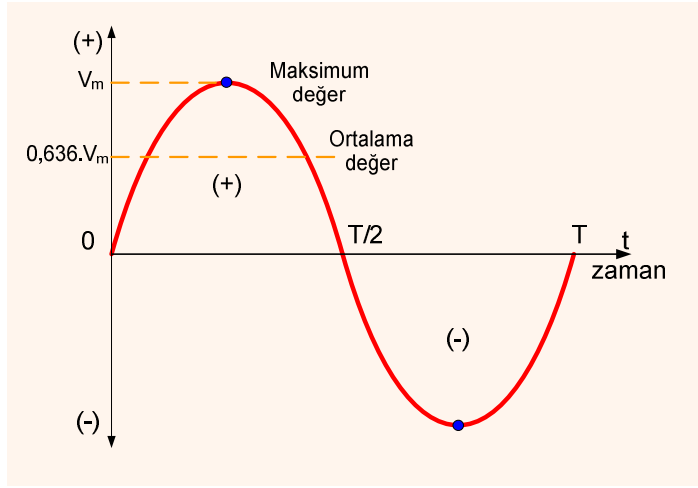
Watt küçük bir güç birimi olduğunda bunun yerine 1000 katını ifade eden kilowatt (kw) kullanılmaktadır. Taşıtlarda ise watt yerine beygir gücü (BG) ifadesi kullanılır. 1 BG=736 watt'tır. (HP= Horse Power-Beygir gücü)

Alternatif akım elektrik enerjisinden redresörlerle doğru akım elektrik enerjisi elde edildiğinden doğru akım elektrik enerjisinin üretimi, iletimi ve dağıtımı yapılmamaktadır. Bundan hareketle doğru akım elektrik enerjisinin oluşturduğu iş ve gücün ölçülmesi de endüstriyel olmaktan çıkmıştır. Bu nedenle bu modülde ele alacağımız iş ve güç konuları ağırlıklı olarak alternatif akım elektrik enerjisi ile ilgili olacaktır.

1.1. Üç Fazlı Sistemler

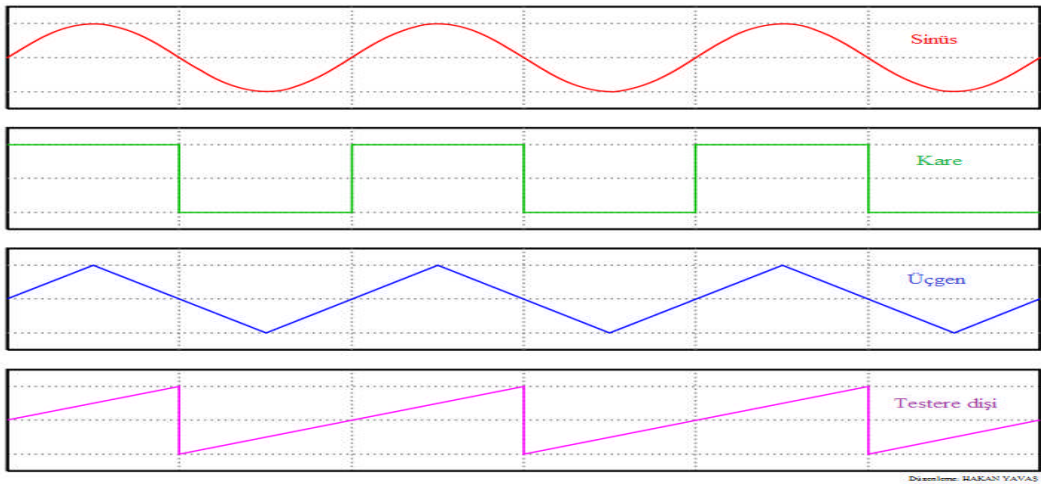
1.1.1. Üç Faz Oluşumu

Alternatifin kelime anlamı "değişken"dir. Alternatif akımın kısa tanımı ise "zamana bağlı olarak yönü ve şiddeti değişen akım" şeklindedir. İş yerlerindeki ve evlerimizdeki elektrik, alternatif akım sınıfına girer. Zamana göre akım veya gerilim yarım periyotta (T/2) (+), yarım periyotta (-) değer alır. Türkiye'de frekans 50 Hz. olduğu için bu olay 1 saniyede 50 kez tekrarlanır. (T= Periyot). Şekil 1.1'e bakınız.

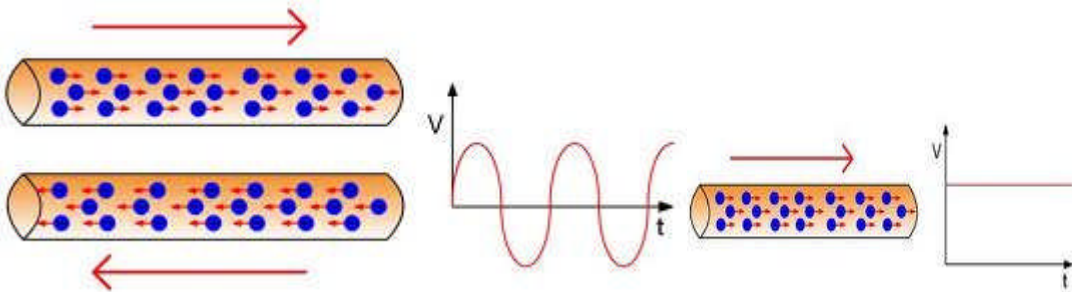


Şekil 1.1: Alternatif akım eğrisi (Sinüs eğrisi)

Alternatif akım çeşitli şekillerde üretilebilir bunlar genel olarak sinüsoidal-kare-üçgen-testere dişi şeklindedir.



Şekil 1.2-a: Alternatif akım şekilleri (sinüs- kare- üçgen- testere dişi)



Şekil 1.2-b: Alternatif akım ve doğru akım

➤ Alternatif akım değerleri

Bilindiği gibi DC (Direct current) akım/gerilim değeri sabittir. Örneğin, 1 V DC dediğimizde DC gerilimin 1 V olduğu anlaşılmaktadır. Fakat AC’de akım ve gerilim değerleri sürekli değişmektedir. Bu yüzden AC’yi ifade etmek için çeşitli değerler kullanılmaktadır. Bunlar ani değer, maksimum (tepe) değer, tepeden tepeye değer, ortalama değer ve etkin değerdir.

• Ani değer

Alternatif akımın değeri zamanla değişir. İşte alternatif akım ve gerilimin herhangi bir andaki değerine **ani değer** denir. Bir saykılta sonsuz sayıda ani değer vardır.

$$i = i_m \sin \omega t \quad V = V_m \sin \omega t \quad \text{formülü ile hesaplanır.}$$

Örnek: Frekansı 50 Hz, maksimum değeri (V_m) 60 V olan alternatif gerilimin 1/100 sn. sonraki anlık değerini bulunuz.

Çözüm: $V = V_m \sin \omega t$ formülünde $\omega = 2\pi \cdot f$ olduğundan V_m , ω ve t değerleri formülde yerine yazılırsa $V = 60 \sin \left(2\pi \cdot 50 \cdot \frac{1}{100} \right) V = 60 \sin \pi = 0 V$

• Maksimum (Tepe) değer (V_m)

Maksimum (tepe) değer, ani değerlerin en büyüğüdür. Manyetik alan içerisinde dönen bir bobinde indüklenen EMK’ine dikkat edilirse 90° ve 270° lik açılarda elde edilen değerler iletkenlerin kuvvet çizgilerini tam dik olarak kestiği anlardır. Şekil 1.1’e bakınız.

• Tepeden tepeye değer

Alternatif akımın en üst noktası ile en alt noktası arasındaki değer tepeden tepeye değer olarak ifade edilmektedir. Tepeden tepeye değer maksimum değerın 2 (iki) katıdır.

• Ortalama değer (V_{ort})

Ortalama değer, bir saykıldaki ani değerlerin ortalamasıdır. Ortalama değer aynı zamanda sinyalin doğru akım değeridir. Alternatif akımın bir saykıldaki pozitif ani değerlerin sayısı, negatif ani değerlerin sayısına eşit ve aynı büyüklükte olduğundan alternatif akımda ortalama değer sıfırdır. Bu yüzden saf AC’nin DC değeri de sıfırdır. Fakat AC, diyotlar yardımıyla doğrultulur ise ve maksimum değer de belli ise ortalama değer yarım dalga doğrultmada $V_{ort} = 0,318 \cdot V_m$, tam dalga doğrultmada ise $V_{ort} = 0,636 \cdot V_m$ formülü ile hesaplanır. Şekil 1.1’e bakınız.

Örnek: Maksimum değeri 24 V olan tam dalga doğrultulmuş gerilimin ortalama değerini bulunuz.

Çözüm: $V_{ort} = 0,636.V_m = 0,636.24 = 16,26$ V olarak bulunur.

- **Etkin değer (Ve)**

Alternatif akım uygulanan bir devre elemanında, harcanan gücü bulmak isterken hangi akım değerinin alınacağı ilk anda bilinemeyebilir. Akımın maksimum değerini alsak büyük bir hata payı oluşur. Çünkü akım bir periyotluk süre içinde sadece iki kez ve anlık olarak maksimum değere ulaşır. Ortalama değer alınmak istenirse bu değer sıfırdır. Bunu belirlemenin en güzel yolu, bir dirençten, belirli bir zaman aralığında verilen alternatif akımın sağladığı ısı miktarını, aynı dirençte ve aynı sürede bir doğru akım tarafından elde etmektir. Bu doğru akım değerine ve potansiyel farkına, alternatif akımın **etkin değeri** ve **etkin potansiyel farkı** denir.

Alternatif akım ile aynı bir dirençte, aynı zamanda, eşit miktarda ısı açığa çıkaran doğru akımın değerine **alternatif akımın etkin veya efektif değeri** denir.

$$V_e = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707.V_m$$

$$i_e = \frac{i_m}{\sqrt{2}} = 0.707.i_m$$

AC devrelerde Ampermetre ve voltmetre Etkin akım ve gerilimi ölçer.

$$V_e = V_m \times 0,707 \quad V_{ort} = V_m \times 0,636$$

Örnek 1: Bir direncin uçları arasındaki alternatif gerilimin maksimum değeri $40\sqrt{2}$ Volt'tur. Gerilimin etkin değerini bulunuz.

Çözüm 1: $V_e = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = \frac{40\sqrt{2}}{\sqrt{2}} = 40$ Volt

Örnek 2: Şehir şebeke gerilimi 220 V olduğuna göre maksimum ve ortalama değerini hesaplayınız.

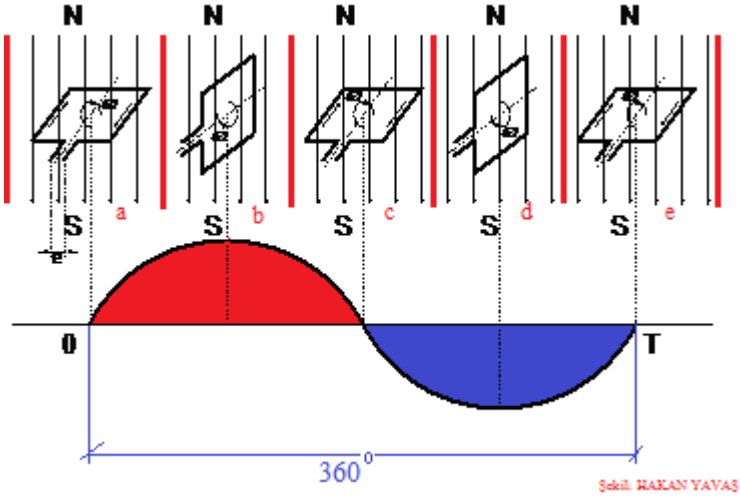
Çözüm 2: $V_e = 0,707.V_m$ ise, $V_m = \frac{V}{0,707} = \frac{220}{0,707} = 311,17$ Volt

Şehir şebekesi saf AC olduğundan ortalama değeri sıfırdır.

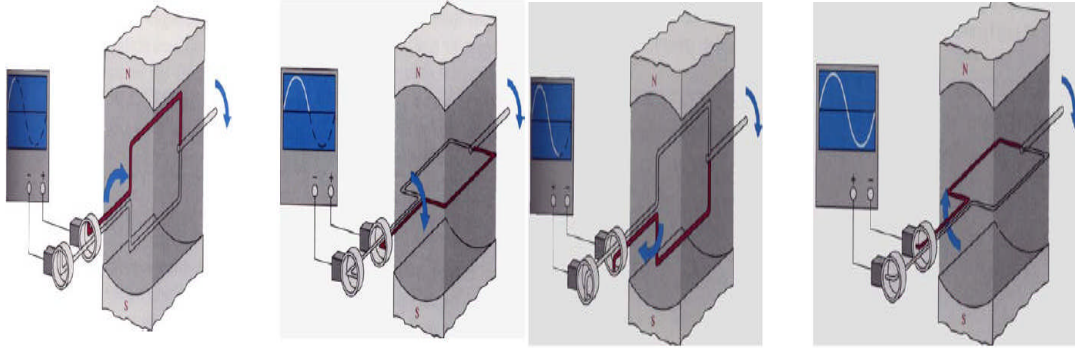
$$V_{ort} = 0 \text{ Volt}$$

Sabit bir manyetik alan içerisinde bir iletken hareket ettirilirse bu iletkenin manyetik kuvvet çizgi sayısını kesme açısı ile orantılı olarak iletken uçlarında, Faraday Kanunu'na göre bir potansiyel fark elde edilir. Şekil 1.3. incelendiğinde,

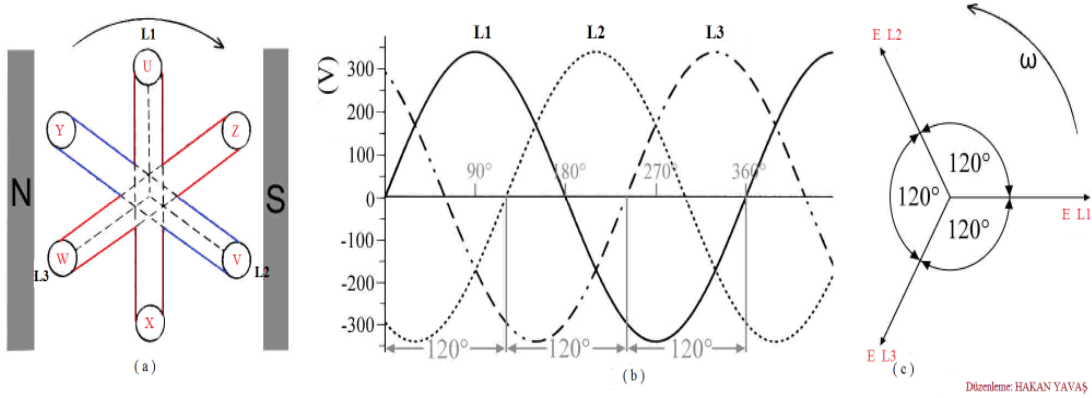
- (a) durumunda, bobin kuvvet çizgilerine paraleldir ve elde edilen EMK sıfırdır(0).
- (b) durumunda, bobin kuvvet çizgilerini 90° olarak kesmektedir ve elde edilen EMK maksimumdur.
- (c) durumunda, bobin yine kuvvet çizgilerin paraleldir ve elde edilen EMK sıfırdır(0).
- (d) durumunda, bobin yine kuvvet çizgilerini 90° olarak kesmektedir ve elde edilen EMK maksimumdur ama bobinden geçen akım yönü değiştiği için negatif bölgededir.
- (e) durumunda bobin yine kuvvet çizgilerin paraleldir ve elde edilen EMK sıfırdır(0). Bobin 360° derece dönmüştür ve harekete başladığı noktaya dönmüştür.



Şekil 1.3: Bir sipirlik bobinin manyetik alan (N- S) içindeki hareketi ve elde edilen EMK



Şekil 1.4: EMK'nin zamana göre değişimi



a- 3 faz bobinlerin gösterilmesi

b- Sinüsoidal gösterim

c- Vektörel gösterim

Şekil 1.5: Üç fazlı alternatif akım eğrisi (sinüsoidal)

Üç faz oluşumu için Şekil 1.3'te bulunan bir sipirlik bobin yerine aralarında 120° faz farkı bulunan 3 adet bir sipirlik bobin manyetik alanın içine yerleştirilmiştir (Şekil 1.5.a). Bir fazlı bobin ile EMK nasıl elde ediliyor ise üç fazlı sistemde de aynı olaylar ile üç fazlı EMK elde edilmiştir.

Şekil 1.5.b' de L1- L2- L3 fazlarının 120° faz farklı olarak değerleri gösterilmiştir.

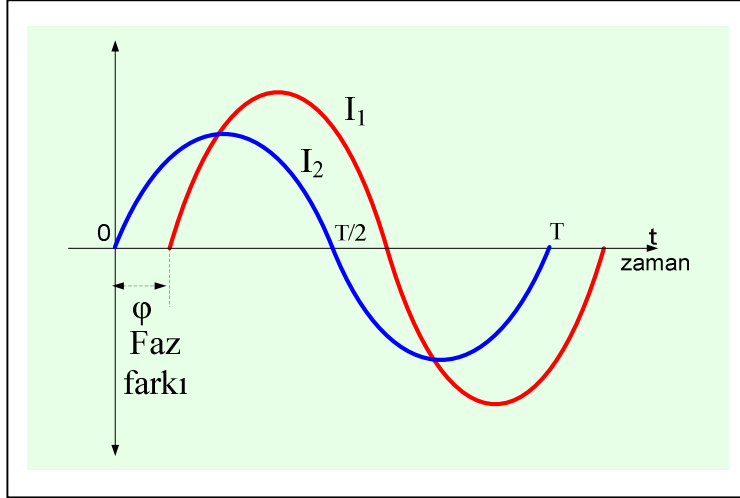
Şekil 1.5.c'de L1- L2- L3 fazlarının vektörel olarak değerleri gösterilmiştir.

- Faz: Kelime manası olarak ardı ardına gelen değişikliklerin her biri, safha demektir. Alternatif akım ve EMK'leri gösteren vektör veya eğrilerin başlangıç eksenine (x eksenine veya referans eksenine) göre buldukları duruma faz denir.
- Faz farkı: Vektörlerin ve eğrilerin aralarında bulunan açı veya zaman farkına faz farkı denir. Kısaca eğriler arasındaki zaman farkıdır. Zamana bağlı olarak değişen akım, voltaj gibi fiziksel büyüklüklerin aynı yönde (pozitif veya negatif) aynı dalga şekillerinde, aynı değeri geçmeleri arasındaki zaman

farkıdır. Örneğin, eğer iki büyüklük aynı frekansa sahip ise ve aynı yönde aynı zamanda sıfırdan geçiyorlarsa bu iki büyüklük aynı fazda denir. Eğer sıfırdan geçme farklı zamanlarda meydana geliyorsa bu iki büyüklük arasında faz farkı var denir. Şekil 1.6'a bakınız.

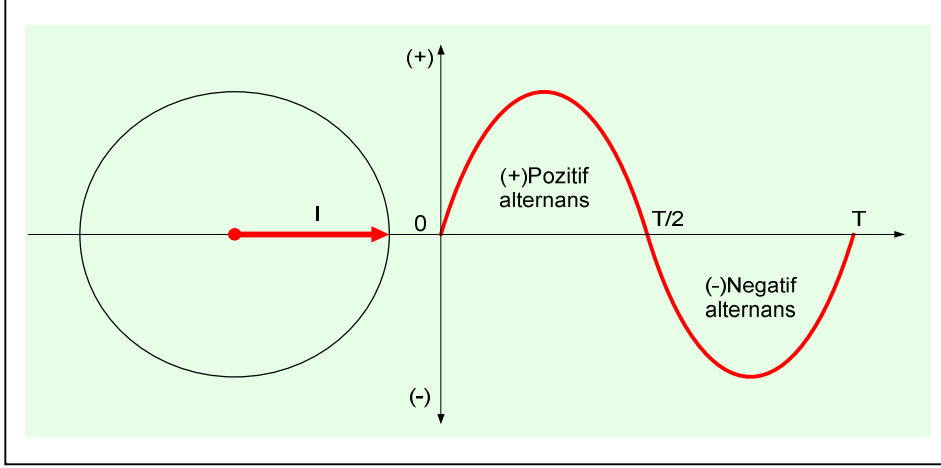
Üç çeşit faz vardır. Bunlar sıfır faz, ileri faz ve geri fazdır.

Sinüsel şekilde değişen akım veya gerilimin herhangi bir andaki değeri, yarıçapı uzunluğunda dönen bir vektörün düşey (dik) eksen izdüşümü ile bulunabilir. Bu dönen vektörün dönüş yönü, saat ibresinin dönüş yönünün ters istikametindedir.



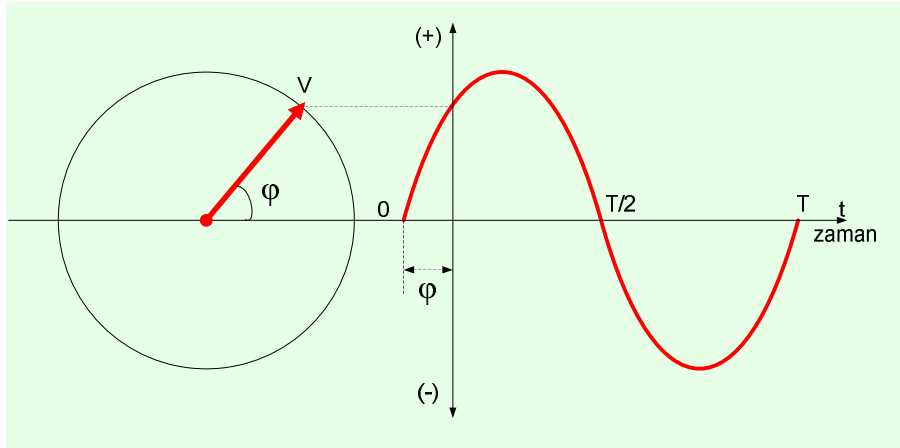
Şekil 1.6: Faz farkı

- **Sıfır faz:** Bir sinüsel eğri Şekil 1.7'deki gibi $t=0$ anında sıfır başlangıç noktasından başlayıp maksimum değerine gidiyorsa sıfır fazlıdır.



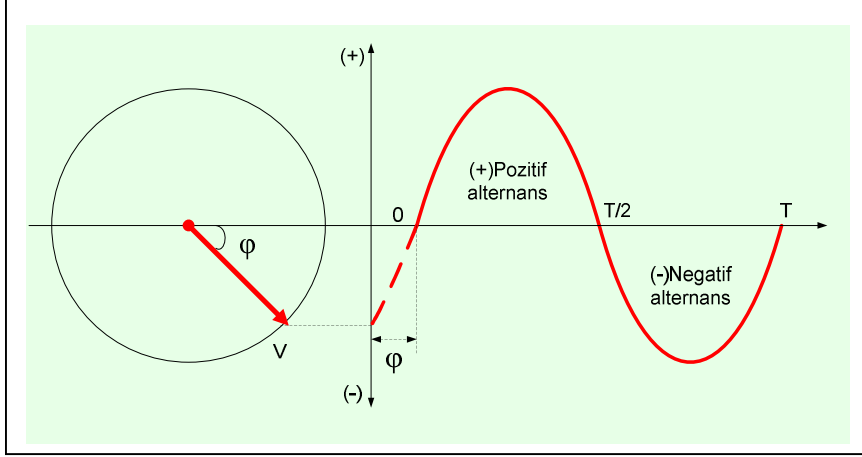
Şekil 1.7: Sıfır faz vektörel gösterilişi

- **İleri faz:** Bir sinüsel eğri Şekil 1.8'deki gibi $t=0$ anında sıfır başlangıç noktasından bir ϕ açısı kadar önce başlayıp pozitif maksimum değere doğru artıyorsa eğri ileri fazlıdır.



Şekil 1.8: İleri faz

- **Geri faz:** Bir sinüsel eğri Şekil 1.9'daki gibi t=0 anında sıfır başlangıç noktasından başlamayıp bir θ açısı kadar sonra başlıyorsa bu eğri geri fazlıdır.



Şekil 1.9: Geri faz

R S T fazlarının kaynağı, İngilizce adlandırılmalarından gelir. Öncelikle 3 fazı birbirine göre değerlendirebilmek için referans alınacak bir faza gereksinim vardır. Yani (Reference Phase), buna göre ikinci sırada olan faza ikinci (Second Phase) ve son olarak üçüncü faza da üçüncü (Third Phase) faz denir.

- (R)eference (Referans)
- (S)econd (İkinci)
- (T)hird (Üçüncü)

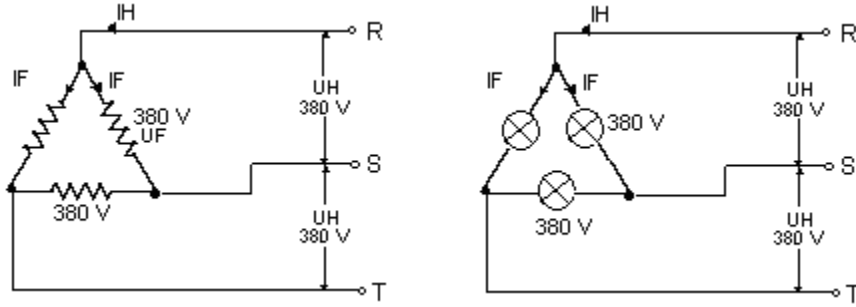
İngiliz alfabesinin son 6 harfi baz alınarak motor/cihaz giriş uçları U V W, motor çıkış uçları X Y Z olarak kabul edilmiştir. Standart olarak artık RST yerine L1- L2- L3 (L= Line= Hat) kullanılacaktır.

1.1.2. Üçgen Bağlantıda Akım, Gerilim Bağlılıkları

Üçgen bağlantı Δ şeklinde gösterilir. Bu bağlantıda hat akımı (I_h), faz akımının (I_f) $\sqrt{3} = 1,73$ katıdır. $I_h = \sqrt{3} \cdot I_f$

Üçgen bağlantıda hat gerilimi, faz gerilimine eşittir. $U_h = U_f$. Alıcıya şebeke gerilimi uygulanır.

$$I_h = 1,73 \cdot I_f \quad U_h = U_f$$



Şekil 1.10: Üçgen bağlantı akım ve gerilim bağlantıları

1.1.3. Yıldız Bağlantıda Akım, Gerilim Bağlıları

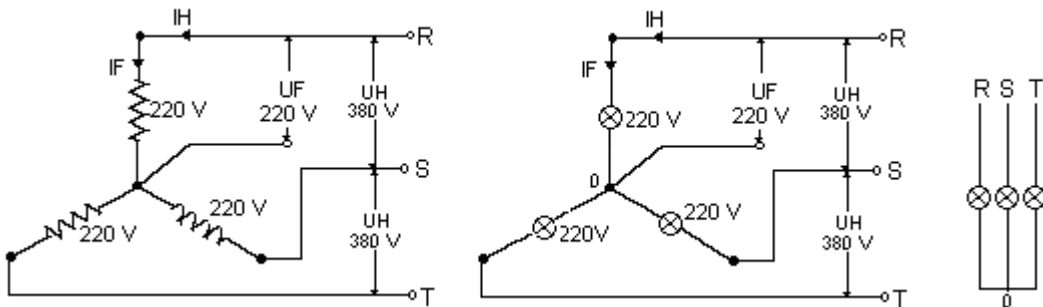
Yıldız bağlantı, alıcıların (irdenç veya lamba vb.) R-S-T uçlarına şebeke gerilimi uygulanıp diğer uçlar kısa devre edilerek yapılır. Yıldız bağlantıda alıcılar üç adet olmalı ve alıcı direnç değerleri eşit olmalıdır. Bu şartlarda yıldız (nötr- sıfır noktası) noktasında gerilim görülmez. Denge bozulduğunda yıldız noktasında gerilim görülür ve bu yüzden yıldız noktası topraklanmalıdır.

Yıldız bağlantıda alıcılar arasında 120° faz farkı olduğundan hat gerilimi (U_h), faz geriliminin (U_f) $\sqrt{3}$ katıdır. $U_h = \sqrt{3} \cdot U_f$

Yıldız bağlantıda hat akımı faz akımına eşittir. $I_h = I_f$

$$U_h = \sqrt{3} \cdot U_f \quad U_h = 1,73 \cdot U_f$$

$$U_h = \sqrt{3} \times U_f = 1,73 \times 220 = 380 \text{ Volt}$$

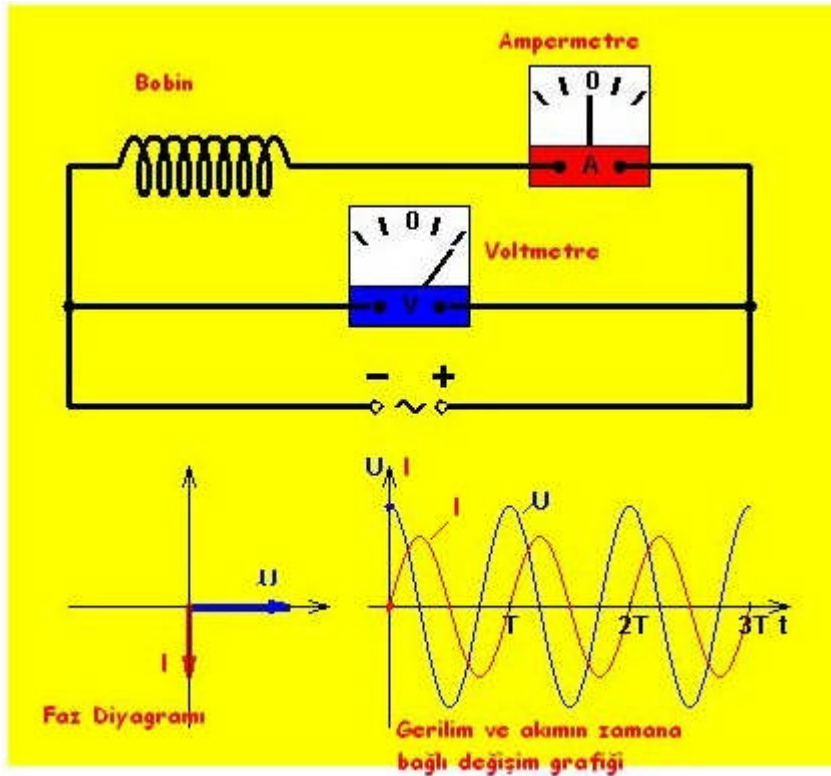


Şekil 1.11: Yıldız bağlantı akım ve gerilim bağlantıları

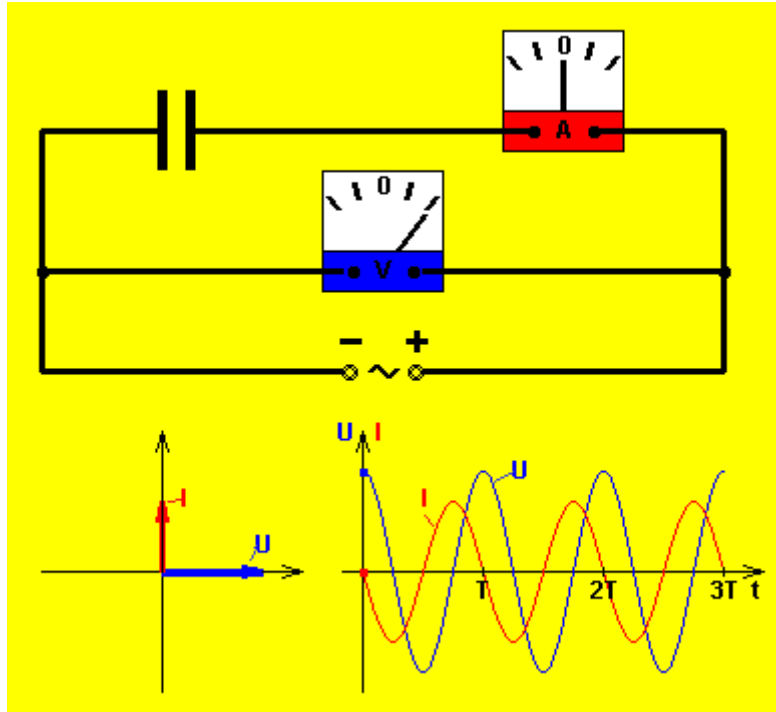
1.2. Güç Çeşitleri

Güç, birim zamanda yapılan işe denir. $P= W/ t$

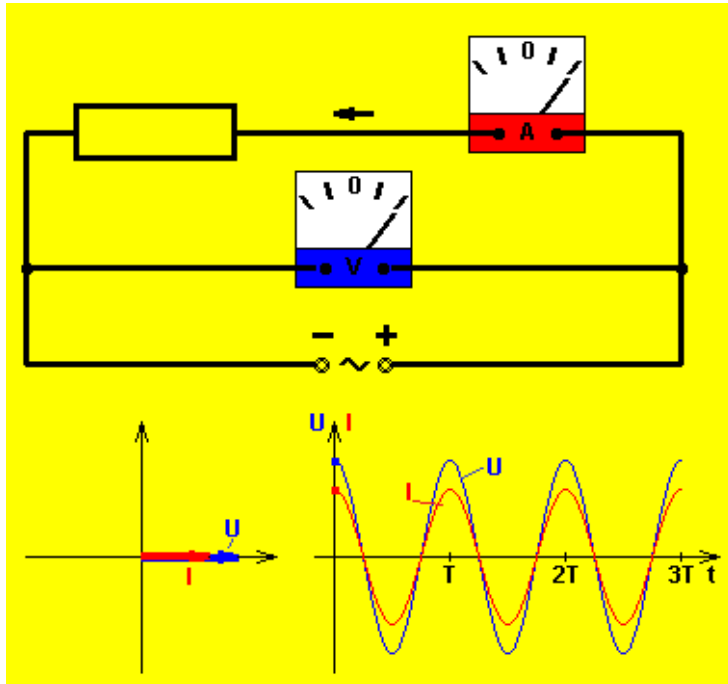
Alternatif akım devresindeki alıcılarda alıcının akımı ile gerilimi arasında bir faz açısı vardır. Bu faz açısının kosinüs değeri, alıcının şebekeden çektiği güç ile alıcıda işe dönüşen gücün farklı olmasını doğurur. Aşağıdaki vektörlerde bu durum alıcı özelliğine göre gösterilmiştir. Bu nedenle alternatif akım devresindeki direnç, endüktif ve kapasitif özellikli alıcılarda üç ayrı güç faktörü ortaya çıkar. Bunlar görünür, aktif ve reaktif güçlerdir.



Şekil 1.12: Endüktif alıcı- yük (akım gerilimden geride) vektör diyagramı



Şekil 1.13: Kapasitif alıcı- yük (akım gerilimden ileride) diyagramı

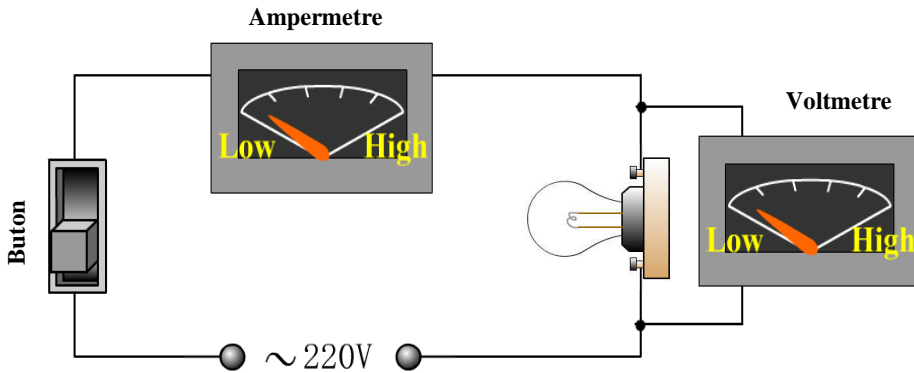


Şekil 1.14: Omik alıcı- yük (akım gerilim ile aynı fazda) diyagramı

- Şekil 1.12, 1.13, 1.14,'de bulunan eğri ve vektör diyagramları incelendiğinde,
- Yük üzerindeki akımın gerilimden geride olması durumundaki yük çeşidine endüktif (bobin) yük denmektedir (Şekil 1.12'e bakınız.).
 - Yük üzerindeki gerilimin akımdan geride olması durumundaki yük çeşidine kapasitif yük denmektedir (Şekil 1.13'e bakınız.).
 - Yük üzerindeki akım gerilimin bir çarpanı ve akımla gerilim arasında bir faz farkı yoksa bu yük çeşidine omik (direnç tipi) yük denmektedir(Şekil 1.14'e bakınız).

1.2.1. Görünür Güç ve Hesaplaması

- **Görünür (Zahiri) güç:** Alıcının şebekeden çektiği güçtür. S harfi ile gösterilir. Eğer bir devrede hem direnç hem de reaktanslar varsa bu devrede hem aktif hem de reaktif güç birlikte çekilir. Böyle devrelerde güç, akım ile gerilimin çarpımına eşittir. Formülü:
 $S = U.I$ formülü ile bulunur. Birimi (VA) Volt-Amperdir. Alıcının çektiği aktif ve reaktif güçlerin vektöriyel toplamına eşittir.
- Alternatif akım devresine bağlayacağımız ampermetre alıcının akımını, voltmetre gerilimini ölçer ve gösterir. Bu ölçü aletlerinden alacağımız değerler ile o alıcının görünür gücü bulunabilir.
- Ampermetreler devreye seri bağlanır (Ampermetre iç direnci küçük olmalıdır 0- 1 ohm vb. Böylece akım geçişine zorluk göstermemelidir. Ampermetre bobini kalın kesitli iletkenlerden az sipirli yapılır.), ampermetre eğer devreye paralel bağlanırsa iç direnci çok küçük olduğundan devreyi kısa devre eder. Voltmetreler devreye paralel bağlanır (Voltmetre bobini ince telden çok sipirli yapılır.), voltmetre eğer devreye seri bağlanırsa iç direnci büyük olduğundan üzerinde gerilim düşümü fazla olur ve alıcılara az gerilim gider.



Şekil 1.15: Ampermetre ve voltmetre metodu ile görünür güç hesaplama devre şeması

Örnek:

Şekil 1.15'teki devrede ampermetreden okunan değer 1,5 amperi, voltmetreden okunan değer ise 220 Volt'u göstermektedir. Buna göre alıcının görünür gücünü bulunuz.

Çözüm:

$$U = 220 \text{ Volt} \quad I = 1,5 \text{ Amper} \quad S = ?$$

$$S = U.I = 220. 1,5 = 330 \text{ VA bulunur.}$$

1.2.2. Aktif Güç

- **Aktif güç:** Gücün her an değişik değer aldığı durumlarda iş gören, faydalı olan gücün ortalama değerine alternatif akımda aktif güç (etkin güç) denir. Alternatif akımda güç denildiğinde kastedilen aktif güçtür. Birimi Watt'tır, P harfi ile gösterilir.

$P = U \cdot I \cdot \text{Cos}\phi$ formülü ile bulunur. Birimi Watt'tır.

- **Aktif güç tüketen tüketiciler:** Aktif güç çeşitli elektrikli yükler (motorlar, transformatörler, flüoresan lambalar) tarafından çekilen faydalı güçlerdir. Elektrik enerjisi bugün artık yalnız alternatif akım enerjisi olarak üretilip dağıtılmaktadır. Tüketiciler ise şebekeden I (amper) gibi bir akım çekmektedir. Fiziksel ve matematiksel açıdan kolaylık sağlamak için tüketicilerin çektiği bu akım, teorik bakımdan biri aktif diğeri ise reaktif akım olmak üzere iki bileşeni olduğu kabul edilir.

Tüketicinin çektiği akımın meydana getirdiği aktif güç, tüketici tarafından faydalı hâle getirilir. Örneğin, ısı harcayan cihazlarda aktif güç termik güce, motorlarda mekanik güce, lambalarda ise aydınlatma gücüne dönüşür. Yani aktif akımın meydana getirdiği aktif güç, faydalı güce çevrilebilir. Ancak reaktif akımın meydana getirdiği reaktif güç ise faydalı güce çevrilemez. Reaktif güç, yalnız alternatif akıma bağlı bir özellik olup elektrik tesislerinde istenmeyen bir şekilde etki yapar. Bu etki, jeneratörlerin, transformatörlerin, hatları lüzumsuz yere işgal edilmesi, gereksiz yükler, ilave ısı kayıpları ve gerilim düşmesi şeklinde görülür. Aktif ve reaktif güçleri ölçmek için farklı sayaçlar mevcuttur.

- **Aktif güç hesaplaması:** Aktif güç formülü $P = U.I.\text{Cos}\phi$ 'dir. Buna göre devrenin aktif gücünün bulunabilmesi için alıcının çektiği akımın, alıcı üzerine düşen gerilimin ve akım ile gerilim arasındaki güç kat sayısının bilinmesi gerekir.

Örnek:

Devrede ampermetreden okunan değer 4 amperi, voltmetreden okunan değer ise 220 voltu ve kosinüs-fimetreden okunan değer 0,6'yı göstermektedir. Buna göre alıcının aktif gücünü bulunuz.

Çözüm:

$$U = 220 \text{ Volt} \quad I = 4 \text{ Amper} \quad \cos\phi = 0,6 \quad P = ?$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\phi = 220 \cdot 4 \cdot 0,6 = 528 \text{ Watt bulunur.}$$

Örnek :

Bir fazlı bir asenkron motorun yüklü çalışma esnasında devreden 20 amper akım çektiği ve şebeke geriliminin 220 Volt olduğu ölçü aletlerinden gözlenmektedir. Motor etiket bilgilerinden ise $\cos \phi$ değerinin 0,80 olduğu okunmaktadır. Bu motorun görünür (S) ve aktif (P) güçlerini bulunuz.

Çözüm:

$$U = 220 \text{ Volt}$$

$$I = 20 \text{ Amper}$$

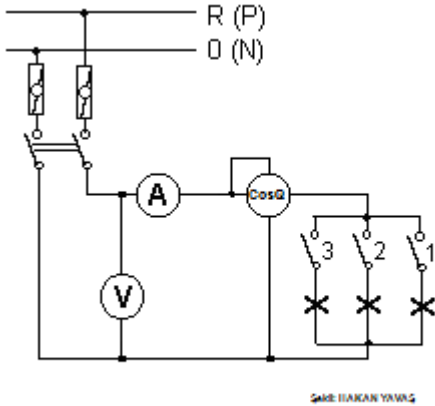
$$\cos\phi = 0,80$$

$$P = ? \quad S = ?$$

$$S = U \cdot I = 220 \cdot 20 = 4400 \text{ VA}$$

$$P = U \cdot I \cdot \cos\phi = 220 \cdot 20 \cdot 0,80 = 3520 \text{ Watt}$$

$P = U \cdot I \cdot \cos\phi$, değerleri devreye bağlanacak ampermetre, voltmetre ve kosinüs-fimetre ile ölçülebilir.



Şekil: İLAKAN YAVUZ

a) Endirekt yöntemle aktif güç bulunması

b) Direk yöntemle aktif güç ölçme

Şekil 1.16: Aktif güç ölçümü

1.2.3. Reaktif Güç

- **Reaktif (Kör) güç:** İşe yaramayan ancak kaynaktan çekilen kör güçtür. Diğer bir ifadeyle, endüktif yüklü devrelerde, manyetik devrenin uyarımı için gereken güçtür. "Q" harfi ile gösterilir. Bu güç endüktif yük üzerinde harcanmaz, sadece depo edilir ve tekrar kaynağa gönderilir. Dolayısıyla kaynakla endüktif yük arasında sürekli olarak reaktif güç alışverişi yapılır. Bu durum ise sistemdeki iletkenlerden geçen akımın artmasına sebep olur. Formülü:

$Q = U.I.\sin\phi$ formülü ile bulunur. Birimi (volt-amper-reaktif) VAR'tır.

- **Reaktif güç tüketen yükler:** Kondansatör ve/veya bobin bulunan tüm elektrik devreleri reaktif güce ihtiyaç duyar. Kondansatörlü devreler ileri reaktif güç çekerlerken bobinli devreler geri reaktif güç çeker.

Geri reaktif güç çeken (bobinli) yükler aşağıda verilmiştir.

- Düşük uyarmalı senkron makineler
- Transformatörler
- Bobinler
- Havai hatlar
- Asenkron makineler
- Redresörler
- Endüksiyon fırınları, ark fırınları
- Kaynak makineleri
- Flüoresan lamba balastları
- Sodyum, cıva ve metal buharlı lamba balastları
- Neon lamba transformatörleri



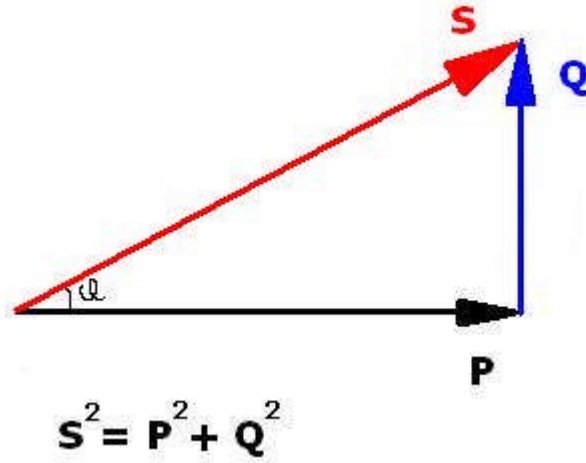
Resim 1.1: Reaktif güç tüketicileri

- **Reaktif güç hesaplaması:** Reaktif güç formülü $Q = U \cdot I \cdot \sin\phi$ 'dir. Buna göre devrenin reaktif gücünü bulabilmek için alıcının veya alıcıların çektiği akımı, gerilim düşümünü ve akım ile gerilim arasındaki güç kat sayısının bilinmesi gerekir. Güç kat sayısı ($\cos\phi$) bilindiği takdirde trigonometrik cetvel yardımıyla veya hesap makineleri yardımıyla $\sin\phi$ bulunabilir. Diğer bir yol ise görünür ve aktif

güçlerin bilinmesi reaktif gücü bulmaya yeterlidir. Yani P, S ve Q güçlerinden herhangi ikisinin bulunması diğerinin bulunmasına yardımcı olur.

1.2.4. Güç Vektörleri

Görünür, aktif ve reaktif güçlerin hesaplanmasında güç üçgenlerinden faydalanılmaktadır. Güç vektörü bir alıcıya ait üç ayrı gücü vektöriyel olarak ifade etmektedir.



Şekil 1.17: Güç üçgeni

Güç üçgenine göre S, P ve Q eşitliklerini bulacak olursak

Görünür güç $S^2 = P^2 + Q^2$ $S = \sqrt{P^2 + Q^2}$

Aktif güç $P^2 = S^2 - Q^2$ $P = \sqrt{S^2 - Q^2}$

Reaktif güç $Q^2 = S^2 - P^2$ $Q = \sqrt{S^2 - P^2}$

Endüktif ve kapasitif yüklerde içinden geçen akım veya uygulanan gerilimler arasında 90 derecelik faz farkı vardır. Kapasitif akım geriliminden 90 derece ileride, endüktif akım geriliminden 90 derece geridedir. Omik devrelerde akım ve gerilim aynı fazdadır.

Örnek:

Aşağıda değerleri verilen motorun görünür, aktif ve reaktif güçlerini bulunuz.

Çözüm:

$$\begin{aligned} U &= 220 \text{ Volt} & S &= U \cdot I = 220 \cdot 20 = 4400 \text{ VA} \\ I &= 20 \text{ Amper} & P &= U \cdot I \cdot \cos\phi = 220 \cdot 20 \cdot 0.80 = 3520 \text{ Watt} \\ \cos\phi &= 0,80 & \text{ise } \phi &= 36,8^\circ \text{ (Tablo 1.1'de trigonometri cetveli bakınız.)} \\ \sin 36,8^\circ &= 0,6 & Q &= U \cdot I \cdot \sin\phi = 220 \cdot 20 \cdot 0,6 = 2640 \text{ VAR} \end{aligned}$$

Güç üçgeninden yararlanarak hesaplayalım:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} = \sqrt{4400^2 - 3520^2} = \sqrt{6969600} = 2640 \text{ VAR}$$

1.3. Güç Ölçme

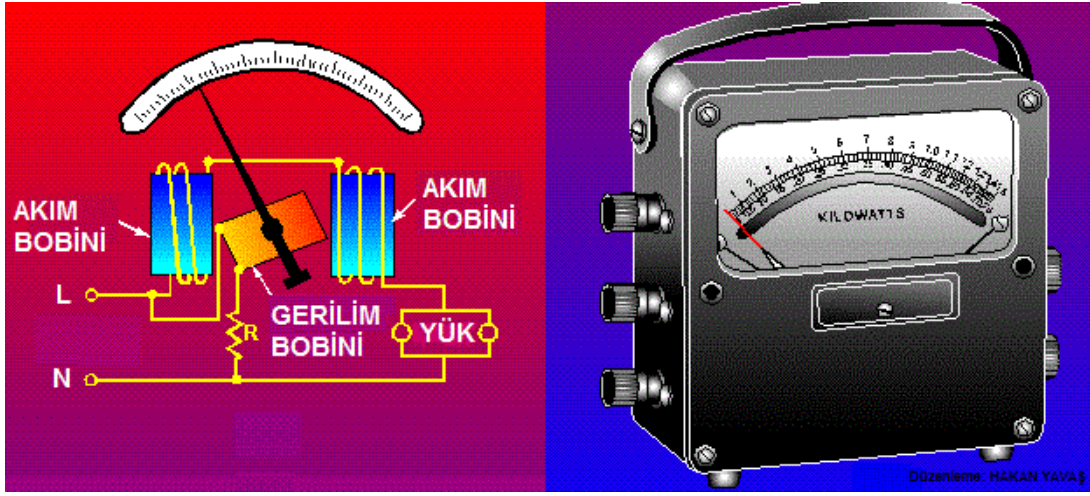
1.3.1. Aktif Güç Ölçme

Tüketicinin çektiği akımın meydana getirdiği aktif güç, tüketici tarafından faydalı hâle getirilir. Örneğin, ısı harcayan cihazlarda aktif güç termik güce, motorlarda mekanik güce, lambalarda ise aydınlatma gücüne dönüşür. Yani aktif akımın meydana getirdiği aktif güç, faydalı güce çevrilebilir.

- **Wattmetre:** Elektrik devrelerinde alıcının aktif gücünü ölçmek için kullanılan ölçü aletleridir. Wattmetreler her şartta alıcıların aktif güçlerini gösterir.
- **Yapısı:** Wattmetreler ampermetre ve voltmetrenin özelliğini bir arada gösteren ölçü aletleridir. Alıcının gücünü Watt, Kilowatt, Megawatt ve Gigawatt olarak ölçer. Wattmetreler, biri akım bobini diğeri ise gerilim bobini olmak üzere iki bobinli ölçü aletleridir.

Akım bobini kalın kesitli az sarımlıdır ve ampermetre özelliği göstermektedir. Gücü ölçülecek alıcıya seri bağlanır. Gerilim bobini ise ince kesitli iletkenin çok sarımlı olarak yapılır ve voltmetre özelliği göstermektedir. Gücü ölçülecek alıcıya paralel bağlanır.

$$\begin{aligned} 1 \text{ kW} &= 1000 \text{ W} \\ 1 \text{ MW} &= 1000000 \text{ W} \\ 1 \text{ MW} &= 1000 \text{ kW} \\ 1 \text{ GW} &= 1000 \text{ MW} \end{aligned}$$



Şekil 1.18: Elektrodinamik wattmetre ve iç yapısı

Elektrodinamik wattmetrelerde sabit iki bobin arasında dönen bir bobin bulunur. Bobinler arasındaki manyetik alanın değişiminden dolayı, hareketli bobinde bir dönme olur. Dönme kuvveti hareketli bobinden geçen akım ile bobine etki eden manyetik alanın kuvvetine bağlıdır. Manyetik alanı oluşturan akım ile hareketli bobinden geçen akım aynı akım olduğundan oluşan kuvvet akımın karesi ile orantılı olur. Hareket eden bobinin açısal pozisyonu ortalama kuvvetle aynı olduğundan bu ölçü aleti bobinden geçen akımın karesinin ortalamasını yani efektif değerini ölçer.

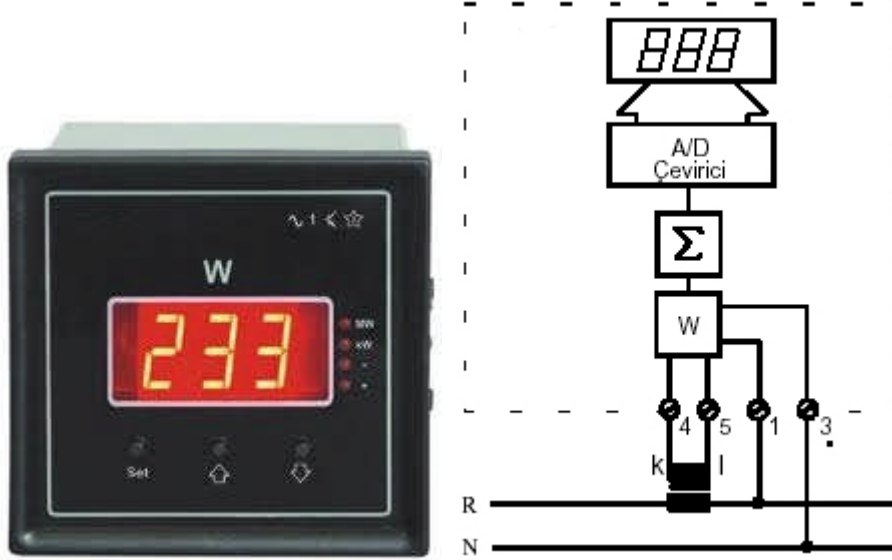
Wattmetrelerde gerilim bobini hareket edebilecek şekilde yapılmış ve üzerine bir ibre bağlanmıştır. Ağırlıklarının az olması ve sürtünmeyi azaltmak için gerilim bobininin bir kısım sipirleri azaltılarak sipirden dolayı azalan direnç, sabit elektronik dirençle R (öndirenç) telafi edilmiştir (Şekil 1.18.). Gerilim bobinleri gücü ölçülecek alıcıya paralel bağlandıklarından üzerlerinden geçen akım ve meydana getirdikleri manyetik alan sabittir.

Akım bobini gerilim bobinine göre daha ağır yapılı ve hareketsizdir. Üzerlerinden gücü ölçülecek alıcının akımı geçer. Akım yükün durumuna göre sürekli değişeceğinden akım bobininden meydana gelen itici manyetik alan da sürekli değişecektir. Wattmetre ibresi ve gerilim bobini de değişen alanın şiddetine bağlı olarak kadran üzerinde hareket edip alıcının gücünü gösterecektir.

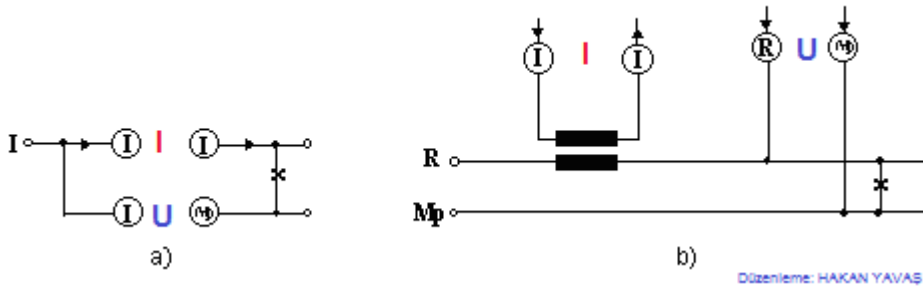
Wattmetreler güç ölçmek maksadı ile bağlanırken büyük güçlü alıcıların gücü ölçülecekse akım bobini önce bağlanmalı, küçük güçlü alıcıların gücü ölçülecekse akım bobini sonra bağlanmalıdır.

- **Çeşitleri:**

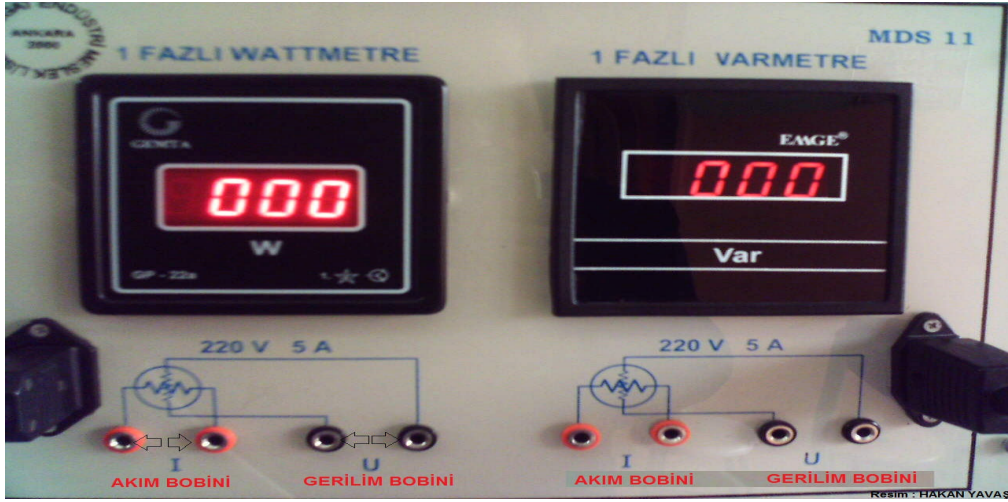
Wattmetreler, faz şekline göre bir fazlı ve üç fazlı olmak üzere iki çeşit imal edilmektedir. Aynı zamanda teknolojinin gelişmesiyle birlikte analog üretilen wattmetreler yerlerini dijital wattmetrelere bırakmaktadır. Ancak çalışma prensipleri aynıdır.



Şekil 1.19: Dijital wattmetre ve iç yapısı



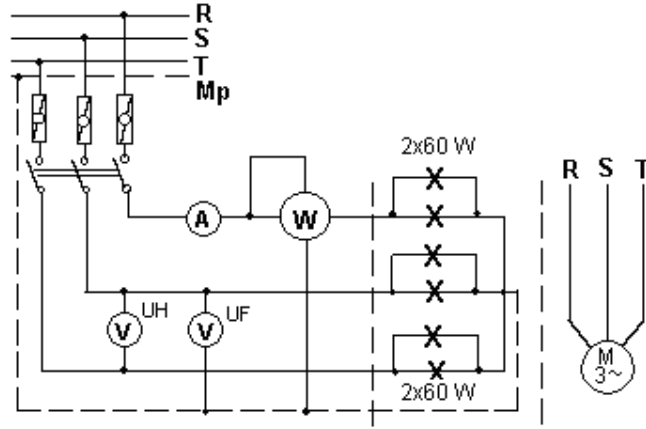
Şekil 1.20: 1 fazlı wattmetre; a) Direk bağlantı b) Akım trafolu bağlantı



Resim 1.2: Deney setindeki 1 fazlı wattmetre – varmetre bağlantı yerleri

➤ **Üç fazlı dengeli devrelerde güç ölçme**

Dengeli üç fazlı sistemde bir fazlı bir adet wattmetre ile üç fazın gücünü ölçme, bu sistem dengeli üç fazlı devrelerde kullanılmaktadır. Dengeli olması yani üç fazdan çekilen akımın eşit olmasıdır. Devrede alıcı olarak eşit güçlü lambalar veya motor kullanılabilir.



Şekil 1.21: Dengeli 3 fazlı sistemlerde bir wattmetre ile güç ölçme

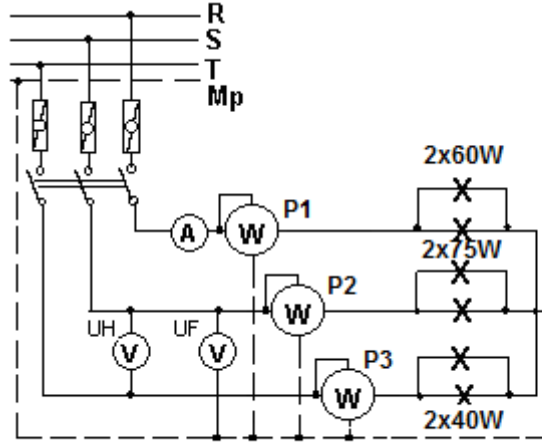
Üç fazlı ve dengeli yüklü sistemlerde her fazdan çekilen güç aynı olduğundan, bir fazlı wattmetre üç fazlı alıcının fazlarından herhangi birine bir fazlı devrelerdeki gibi bağlanır. Bu yöntemle sadece bir faz gücü ölçülür. Elde edilen güç üç ile çarpılarak devrenin toplam gücü bulunur

$$P_{\text{Toplam}} = 3 \times P$$

➤ **Üç fazlı dengesiz devrelerde güç ölçme**

Üç fazlı dengesiz devrelerde güç ölçme yönteminde bir fazlı üç adet wattmetre ile veya üç fazlı wattmetre ile ölçme yapılabilir.

- **Üç fazlı dengesiz devrelerde bir fazlı üç wattmetre ile güç ölçme**
Sistemin gücü veya alıcının gücü dengesiz ise her faza bir adet bir fazlı wattmetre bağlanarak toplam güç bulunur (Şekil 1.22'e bakınız). Toplam güç wattmetrelerden okunan değerlerin aritmetik toplamıdır.



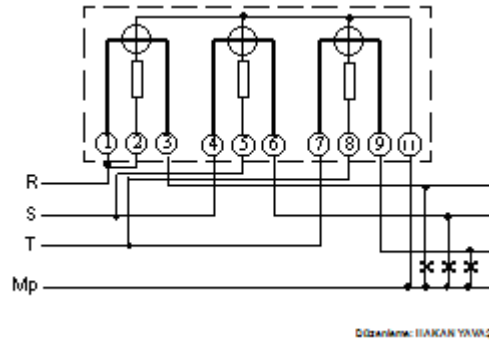
Düzenleme: HAKAN YAVAS

Şekil 1.22: Üç fazlı dengesiz sistemlerde üç adet bir fazlı wattmetre ile güç ölçme

$$P_{Toplam} = P1 + P2 + P3 \text{ formülü ile bulunur.}$$

Üç wattmetre metodu bağlantı zorluğu ve üç wattmetre ihtiyacı nedeni ile pek kullanışlı bir yöntem değildir. Diğer yöntemlere göre daha maliyetlidir.

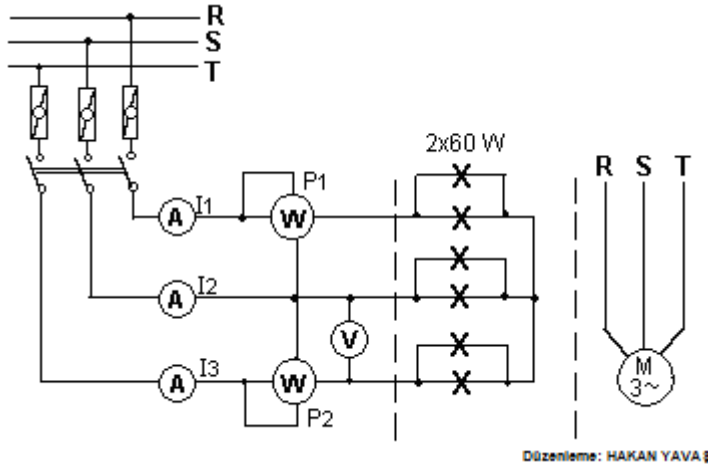
- **Üç fazlı bir wattmetre ile güç ölçme**
Üç fazlı wattmetrenin üç akım bobini, ayrı ayrı birer fazlara bağlanır. Gerilim bobinleri ise birer uçları kendi faz girişlerine diğer uçları da birleştirip nötr hattına bağlanır.



Şekil 1.23: Üç fazlı wattmetrenin bağlantı şeması

➤ **Aron bağlantı ile güç ölçme**

Aron bağlı wattmetrelerin iki akım, iki gerilim bobini vardır. Akım bobinleri herhangi iki faza bağlanır. Gerilim bobinleri ise kendi akım bobininin bağlı olduğu faz ile boşta kalan üçüncü faz arasına bağlanır.



Şekil 1.24: Üç fazlı sistemlerde aron bağlantılı wattmetreler ile güç ölçme

Aron bağlanacak wattmetrelerin gerilim bobinleri 380 Voltluk olmalıdır. Sistemin güç faktörü ($\cos\phi$) 0,5'ten küçük ise wattmetrelerde ölçülen güçlerin farkı alınarak toplam güç bulunur. Eğer 0,5'ten büyük ise wattmetrelerde ölçülen güçlerin toplamı alınarak sistemin toplam gücü bulunur. Bu şekilde yapılan bağlantıya aron bağlantı denir.

1.3.2. Reaktif Güç Ölçme

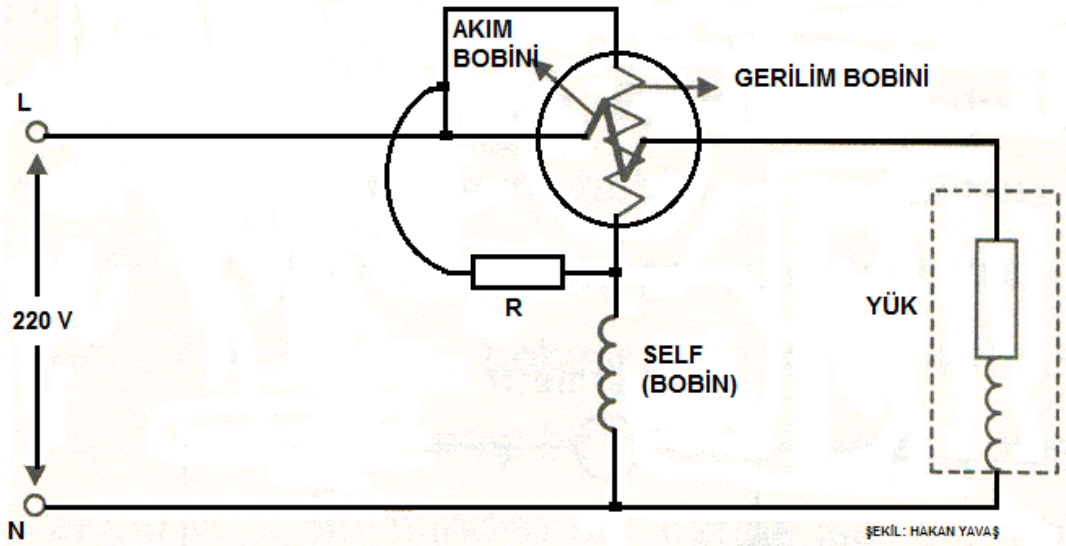
➤ Varmetre

Bir fazlı ve üç fazlı wattmetrelerde devrenin iş gören gücünün (faydalı-aktif güç) ölçümleri yapılmaktadır.

Wattmetreler, alternatif akımın, akımla geriliminin aynı fazda olan kısmının çarpımını gösterir. Alıcıların endüktif ve kapasitif durumlarında devrede reaktif güç (kör güç = iş yapmayan güç) oluşturmaktadır. Bu gücü ölçen aletlere varmetre denir.

• Yapısı

Wattmetrelerde küçük değişiklikler yapılarak varmetreler imal edilmektedir. Bu değişiklik Şekil 1.25'te görüldüğü gibi hareketli bobin olan gerilim bobinine seri bir (self) bobin ilave edilerek yapılmaktadır. Böylece gerilim bobinindeki akım 90°lik bir açı ile kaydırılmış olur. Artık bu ölçü aleti sadece reaktif güç ölçer.

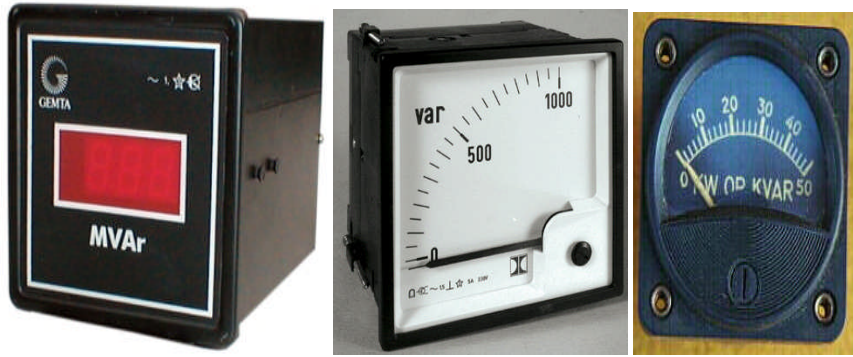


Şekil 1.25: Wattmetreye bobin bağlanarak varmetrenin yapılması

Bir ve üç fazlı devrelerde reaktif güç ölçmek amacı ile varmetreler, wattmetrelerde olduğu gibi devreye bağlanır. Üç fazlı alternatif akım devreleri dengeli sistemlerde bir hattın reaktif gücü ölçülüp 3 ile çarpımından toplam güç bulunur.

• Çeşitleri

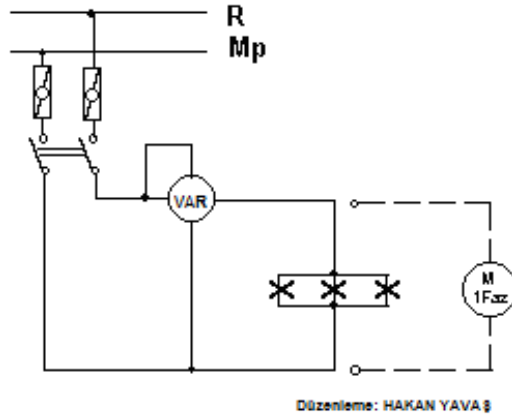
Varmetreler, wattmetrelerde olduğu gibi faz şekline göre bir fazlı ve üç fazlı olmak üzere iki çeşit imal edilir. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte analog üretilen varmetreler yerlerini dijital varmetrelere bırakmaktadır. Ancak çalışma prensipleri aynıdır.



Resim 1.3: Dijital ve analog varmetreler

➤ **Varmetrenin bağlantı şekilleri**

Varmetrenin devreye bağlantı şekli wattmetrelerde olduğu gibidir. Akım bobini seri gerilim bobini paralel bağlanır.



Şekil 1.26: Varmetrenin devreye bağlantısı ve değişik alıcılar bağlanmıştır

1.3.3. Güç Ölçmede Dikkat Edilecek Hususlar

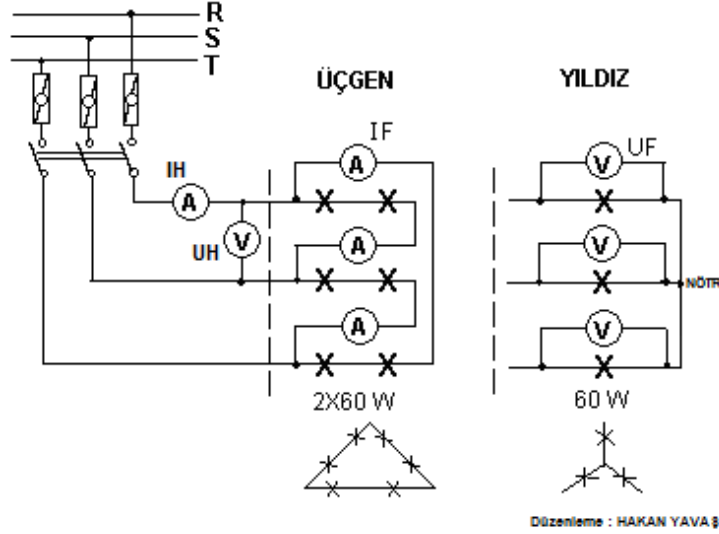
Ölçü aletinin çalışma gerilim değerlerine dikkat edilmelidir. Bazı wattmetreler de akım ve gerilim kademelerine göre bağlantı terminaleri ayrı ayrıdır. Bunlardan devreye uygun olanı tercih edilir ve okuma işlemi bu kademelere uygun yapılır. Hangi gerilimde kullanılacağına dikkat edilmelidir (alçak gerilim veya yüksek gerilim). Eğer alçak gerilimde kullanılacaksa gerilim trafoları olmayacağından faz klemensleri sırasıyla doğrudan L1(R) - L2(S) - L3(T) fazlarına bağlanmalıdır.

Fazlara ait gerilimler ve akımların polaritelerinin doğru bağlanması gerekir. Örnek olarak gerilimler doğru bağlanıp akım trafolarından bir tanesinin polaritesinin ters bağlanması durumunda, wattmetre aktif güç yerine reaktif güçle orantılı bir hatalı değer gösterecektir. Wattmetrenin doğru değer gösterebilmesi için bağlantı şemasına uygun montaj yapıldığından emin olunmalıdır. Kesinlikle teknik bilgiler içeren kullanma ve montaj talimatı okunmadan işlem yapılmamalıdır.

Derece	Sin	Cos	Tan	Derece	Derece	Sin	Cos	Tan	Derece
00	0,0000	1,0000	0,0000	00	-	-	-	-	-
01	0,0175	0,9998	0,0175	01	46	0,7193	0,6947	1,0355	46
02	0,0349	0,9994	0,0349	02	47	0,7314	0,6820	1,0723	47
03	0,0523	0,9986	0,0524	03	48	0,7431	0,6691	1,1106	48
04	0,0698	0,9976	0,0699	04	49	0,7547	0,6561	1,1504	49
05	0,0872	0,9962	0,0875	05	50	0,7660	0,6428	1,1918	50
06	0,1045	0,9945	0,1051	06	51	0,7771	0,6293	1,2349	51
07	0,1219	0,9925	0,1228	07	52	0,7880	0,6157	1,2799	52
08	0,1392	0,9903	0,1405	08	53	0,7986	0,6018	1,3270	53
09	0,1564	0,9877	0,1584	09	54	0,8090	0,5878	1,3764	54
10	0,1736	0,9848	0,1763	10	55	0,8192	0,5736	1,4281	55
11	0,1908	0,9816	0,1944	11	56	0,8290	0,5592	1,4826	56
12	0,2079	0,9781	0,2126	12	57	0,8387	0,5446	1,5399	57
13	0,2250	0,9744	0,2309	13	58	0,8480	0,5299	1,6003	58
14	0,2419	0,9703	0,2493	14	59	0,8572	0,5150	1,6643	59
15	0,2588	0,9659	0,2679	15	60	0,8660	0,5000	1,7321	60
16	0,2756	0,9613	0,2867	16	61	0,8746	0,4848	1,8040	61
17	0,2924	0,9563	0,3057	17	62	0,8829	0,4695	1,8807	62
18	0,3090	0,9511	0,3249	18	63	0,8910	0,4540	1,9626	63
19	0,3256	0,9455	0,3443	19	64	0,8988	0,4384	2,0503	64
20	0,3420	0,9397	0,3640	20	65	0,9063	0,4226	2,1445	65
21	0,3584	0,9336	0,3839	21	66	0,9135	0,4067	2,2460	66
22	0,3746	0,9272	0,4040	22	67	0,9205	0,3907	2,3559	67
23	0,3907	0,9205	0,4245	23	68	0,9279	0,3746	2,4751	68
24	0,4067	0,9135	0,4452	24	69	0,9336	0,3584	2,6051	69
25	0,4226	0,9063	0,4663	25	70	0,9397	0,3420	2,7475	70
26	0,4384	0,8988	0,4877	26	71	0,9456	0,3256	2,9042	71
27	0,4540	0,8910	0,5095	27	72	0,9511	0,3090	3,0779	72
28	0,4695	0,8829	0,5317	28	73	0,9563	0,2924	3,2709	73
29	0,4848	0,8746	0,5543	29	74	0,9613	0,2756	3,4874	74
30	0,5000	0,8660	0,5774	30	75	0,96593	0,2588	3,7321	75
31	0,5150	0,8572	0,6009	31	76	0,9703	0,2419	4,0108	76
32	0,5299	0,8480	0,6249	32	77	0,9744	0,2250	4,3315	77
33	0,5446	0,8387	0,6494	33	78	0,9781	0,2079	4,7046	78
34	0,5592	0,8290	0,6745	34	79	0,9816	0,1908	5,1446	79
35	0,5736	0,8192	0,7002	35	80	0,9848	0,1736	5,6713	80
36	0,5878	0,8090	0,7265	36	81	0,9877	0,1564	6,3138	81
37	0,6018	0,7986	0,7536	37	82	0,9903	0,1391	7,1154	82
38	0,6157	0,7880	0,7813	38	83	0,9925	0,1219	8,1443	83
39	0,6293	0,7771	0,8098	39	84	0,9945	0,1045	9,5144	84
40	0,6428	0,7660	0,8391	40	85	0,99625	0,0872	11,4301	85
41	0,6561	0,7547	0,8693	41	86	0,9976	0,0698	14,3007	86
42	0,6691	0,7431	0,9004	42	87	0,99866	0,05239	19,0811	87
43	0,6820	0,7314	0,9325	43	88	0,9994	0,0349	28,6363	88
44	0,6947	0,7193	0,9657	44	89	0,9998	0,0175	57,2900	89
45	0,7071	0,7071	1,0000	45	90	1,0000	0,0000	Sonsuz	90

Tablo 1.1: Trigonometri cetveli

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 1.27: Yıldız üçgen bağlantı sistemleri

Yıldız üçgen sistemlerinde akım ve gerilim bağıntılarını deney bağlantı şeklini kurarak değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi

- 4 adet ampermetre
- 4 adet voltmetre
- Alıcılar (Lamba veya farklı alıcılar kullanınız.)

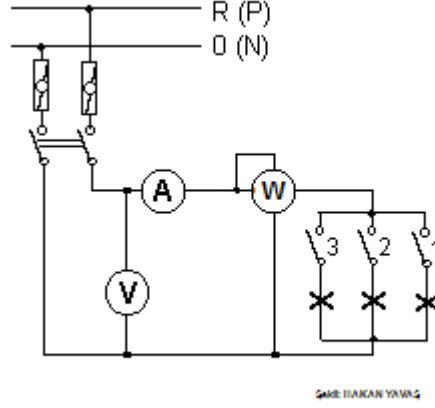
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 1.27'deki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Üçgen bağlantı devresini kurunuz.	➤ Ölçü aletlerinin doğru bağlandığından emin olunuz.
➤ Devreye enerji vererek alınan değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.	➤ Alıcının çalışma gerilimi ile devre geriliminin aynı olduğuna dikkat ediniz. Üçgen bağlantıda $U_H = U_F$ olduğunu hatırlayınız.
➤ Yıldız bağlantı devresini kurunuz.	➤ Ölçü aletlerinin doğru bağlandığından emin olunuz.
➤ Devreye enerji vererek alınan değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.	➤ Alıcının çalışma gerilimi ile devre geriliminin aynı olduğuna dikkat ediniz. Yıldız bağlantıda $I_H = I_F$ olduğunu hatırlayınız.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazınız.

Gözlem Nu.	Deneyde Alınan Değerler					Bağlantı şekli
	IH (A)	IF(A)	UH(V)	UF(V)	Yükün gücü	
1						ÜÇGEN
2						YILDIZ
3						

Tablo 1.2: Deney gözlem tablosu

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 1.28: Direkt yöntemle aktif gücün ölçülmesi

1 fazlı sistemlerde Wattmetre yardımıyla (Direkt yöntem ile) aktif gücün ölçülmesi devresini kurunuz ve aldığınız değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi

- 1 adet ampermetre ve 1 adet voltmetre
- 1 adet wattmetre
- Alıcılar (farklı alıcılar kullanınız.)

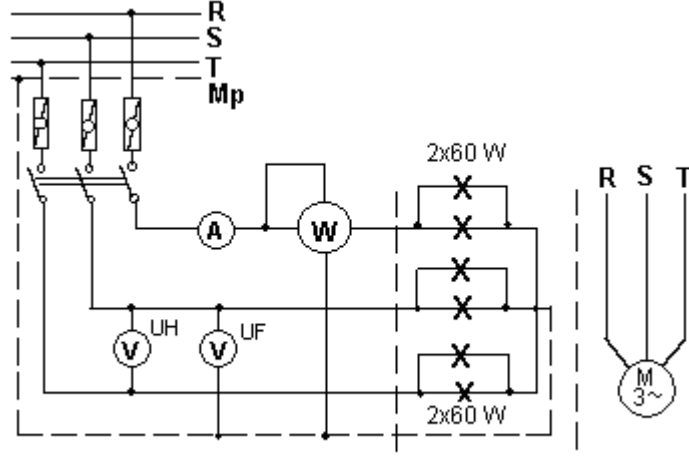
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 1.28'deki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Devreyi kurunuz.	➤ Ölçü aletlerinin doğru bağlandığından emin olunuz. Ampermetrenin seri, voltmetrenin paralel bağlanmasına ve wattmetrenin bağlantılarına dikkat ediniz.
➤ Devreyi çalıştırınız.	➤ Alıcıların ve ölçü aletlerinin çalışma gerilimi ile devre geriliminin aynı olduğuna dikkat ediniz.
➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna kaydediniz. ➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ Enerji var iken devreye müdahale yapmayınız.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazınız.

Gözlem Nu.	Deneyde Alınan Değerler		
	I (A)	U (V)	P (W)
1			
2			
3			
4			

Tablo 1.3: Deney gözlem tablosu

UYGULAMA FAALİYETİ



Düzenleme: HAKAN YAVAS

Şekil 1.29: Dengeli 3 fazlı sistemlerde bir wattmetre ile güç ölçme

3 fazlı dengeli sistemde 1 wattmetre ile aktif gücü ölçünüz ve toplam devrenin gücünü bulunuz. Aldığınız değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi

- 1 adet ampermetre ve 2 adet voltmetre
- 1 adet wattmetre
- Farklı alıcılar

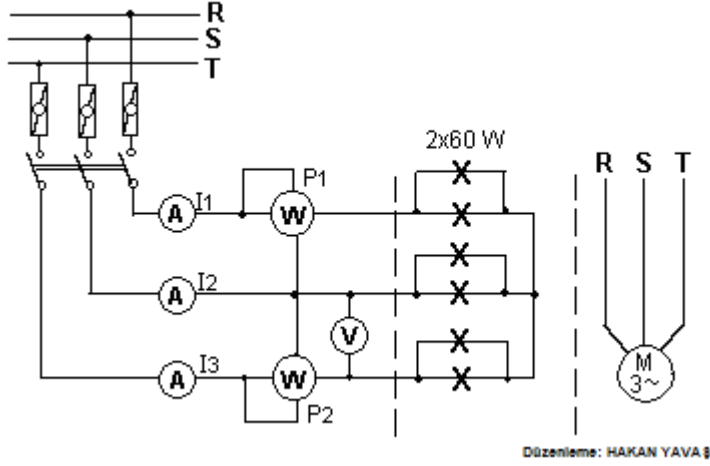
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 1.29'daki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Devreyi kurunuz.	➤ Ölçü aletlerinin doğru bağlandığından emin olunuz.
➤ Devreyi çalıştırınız.	➤ Alıcıların ve ölçü aletlerinin çalışma gerilimi ile devre geriliminin aynı olduğuna dikkat ediniz.
➤ Ampermetre, voltmetre ve wattmetre yardımıyla ölçümleri yapınız.	➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna kaydediniz. Uhat gerilimi ile Ufaz geriliminin farklı değerler olduğunu tespit ediniz.
➤ Devrenin gücünü hesaplayınız. ➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ $PT = 3.P1$ formülünü kullanarak sonuçları gözlem tablosuna kaydediniz.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Gözlem Nu.	Deneyde Alınan Değerler				Hesaplanan Değer
	I (A)	UF(V)	UH(V)	P(W)	$PT = 3.P_1$
1					
2					
3					
4					

Tablo 1.4: Deney gözlem tablosu

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 1.30: 3 fazlı sistemlerde aron bağlı 2 wattmetre ile güç ölçme

3 fazlı sistemlerde (dengeli) 2 adet aron bağlı wattmetre ile aktif gücünü ölçünüz ve aldığınız değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi

- 3 adet ampermetre ve 1 adet voltmetre
- 2 adet 380 voltluk wattmetre
- Alıcılar (Farklı alıcılar kullanınız.)

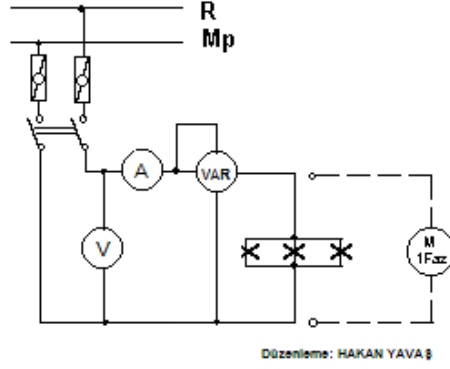
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 1.30'daki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Devreyi kurunuz.	➤ Ölçü aletlerinin doğru bağlandığından emin olunuz.
➤ Devreyi çalıştırınız.	➤ Alıcıların ve ölçü aletlerinin çalışma gerilimi ile devre geriliminin aynı olduğuna dikkat ediniz.
➤ Ampermetre, voltmetre ve wattmetre yardımıyla ölçümleri yapınız.	➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.
➤ Devrenin gücünü hesaplayınız. ➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ $PT = P1 + P2$ formülünü kullanarak sonuçları gözlem tablosuna kaydediniz. $\cos\phi$ değeri 0,5'ten büyük ise güçlerin toplamı ile toplam gücün bulunacağını hatırlayınız.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Gözlem Nu.	Deneyde Alınan Değerler				Hesaplanan Değer
	I (A)	U (V) Faz-Faz	P ₁ (W)	P ₂ (W)	P = P ₁ + P ₂ (W)
1					
2					
3					
4					

Tablo 1.5: Deney gözlem tablosu

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 1.31: 1 fazlı devrede varmetre ile reaktif güç ölçme

1 fazlı devrede Varmetre ile reaktif gücü ölçünüz ve aldığınız değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi

- 1 adet ampermetre ve 1 adet voltmetre
- 1 adet varmetre
- Alıcılar (Farklı alıcılar kullanınız.)

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 1.31'deki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Devreyi kurunuz.	➤ Ölçü aletlerinin doğru bağlandığından emin olunuz.
➤ Devreyi çalıştırınız.	➤ Alıcının ve ölçü aletlerinin çalışma gerilimi ile devre geriliminin aynı olduğuna dikkat ediniz.
➤ Ampermetre, voltmetre ve varmetre ile ölçümleri yapınız. ➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya kaydediniz.

Gözlem Nu.	Deneyde Alınan Değerler		
	I (A)	U (V)	Q (VAR)
1			
2			
3			
4			

Tablo 1.6: Deney gözlem tablosu

KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş güvenliği tedbirlerini aldınız mı?		
2. Yıldız üçgen sistem bağlantısı deneyini yapabildiniz mi?		
3. Direkt yöntem ile 1 fazlı aktif güç ölçme deneyini yapabildiniz mi?		
4. Dengeli 3 fazlı sistemlerde 1 adet wattmetre ile aktif güç ölçme deneyini yapabildiniz mi?		
5. 3 fazlı sistemlerde aron bağlı 2 adet wattmetre ile aktif güç ölçme deneyini yapabildiniz mi?		
6. 1 fazlı devrede varmetre ile reaktif güç ölçme deneyini yapabildiniz mi?		
7. Yaptığınız deneylerde aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydettiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

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

1. () 1 HP 736 Watt'tır.
2. () Türkiye'de frekans 60 Hz.dir.
3. () Alternatif akım ve gerilimin herhangi bir andaki değerine **ani değer** denir.
4. () Ölçü aletlerinin gösterdiği değerler maksimum değerlerdir.
5. () $V = V_m \times 0,707$ gerilim değeri etkin değerdir.
6. () Bobin kuvvet çizgilerini 90° açı ile kestiğinde en fazla EMK oluşur.
7. () Üçgen bağlantı sisteminde hat gerilimi ile faz gerilimi eşittir.
8. () Görünür gücün birimi Watt'tır.
9. () Wattmetrenin akım bobini devreye paralel bağlanır.
10. () Omik alıcılar reaktif güç çeker.

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

Güç kat sayısını hatasız olarak ölçebileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Güç katsayısı ölçüm aletleri ve standartları hakkında kitaplardan, internetten, kataloglardan vb. kaynaklardan bilgi toplayınız.
- Güç katsayısının düzeltilmesinin faydalarının neler olduğunu ve güç katsayısının olması gereken sınır değerlerini araştırınız.
- Topladığınız bilgi ve dokümanları rapor hâline getiriniz. Hazırladığınız raporu arkadaşlarınızla paylaşıp tartışınız.

2. GÜÇ KAT SAYISI ÖLÇME

Alternatif akım devrelerinde, devreye uygulanan şebeke gerilimi ile devre akımı arasındaki ϕ açısı, devrede bulunan omik, endüktif ve kapasitif dirençlere bağlı olarak değişmektedir.

Sistemin küçük olan güç kat sayısının daha büyük bir değere yükseltilmesi için yapılan işlemlerin tümüne, güç kat sayısının düzeltilmesi veya kompanzasyon denir.

2.1. Güç Katsayısı

2.1.1. Güç Katsayısı Tanımı

Bir alternatif akım devresindeki aktif (P) gücün, görünür (S) güce oranına devrenin **güç katkayısı** denir.

$$P = U \times I \times \cos\phi$$

$$S = U \times I$$

$$\frac{P}{S} = \frac{W}{VA} = \cos\phi$$

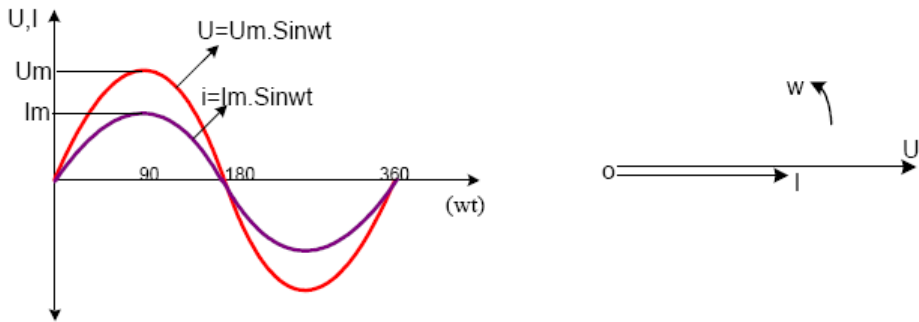
Alternatif akım devreleri güç ölçmelerinde, devre endüktif veya kapasitif ise böyle devrelerde akım ile gerilim arasında faz farkı vardır. Bu fark açısı ile gösterilip bu açının kosinüsüne güç kat sayısı veya güç faktörü denir.

2.1.2. Omik, Kapasitif, Endüktif Devrelerde Akım, Gerilim ve Güç Vektörler

➤ Omik devre

Şekil 2.1'de omik devrede alıcı uçlarına uygulanan gerilimin ve direnç üzerinden geçen akımın dalga şekli ve vektör diyagramı görülmektedir. Alternatif bir gerilim, direnç uçlarına uygulandığında direncin uçlarındaki gerilim doğrultusunda direnç üzerinden geçen akım artmakta, direnç uçlarındaki gerilim değeri azaldıkça bunun paralelinde akım azalmaktadır.

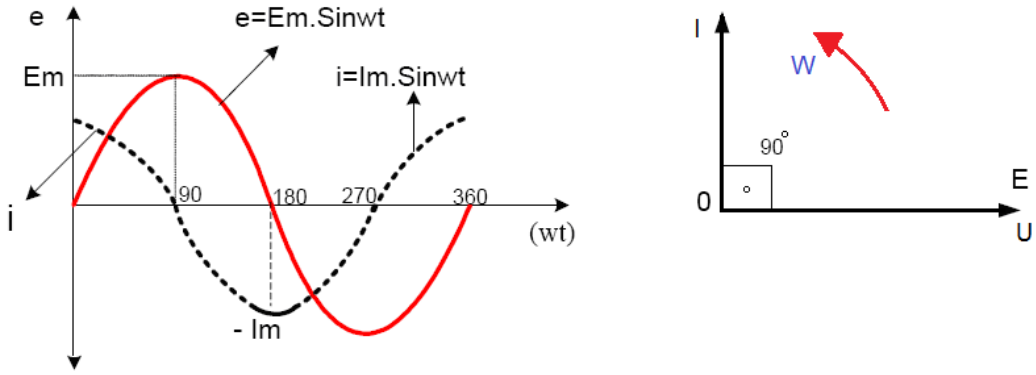
Bu durum Şekil 2.1'de görüldüğü gibi gerilimin maksimum olduğu yerde akımda maksimum, gerilimin sıfır olduğu yerde akımda sıfır olmaktadır. Bu nedenle akımla gerilim aynı fazdadır. Direnç elemanı akımla gerilim arasında bir faz farkı oluşturmamaktadır. Vektör gösteriminde I akımın etkin değeri, U ise gerilimin etkin değerini göstermektedir. Öğrenme Faaliyeti 1'de etkin değer, maksimum değer ve ortalama değer ile bilgiler verilmiştir, inceleyiniz.



Şekil 2.1: Omik devrelerde akım ve gerilim vektör diyagramı

➤ Kapasitif devre

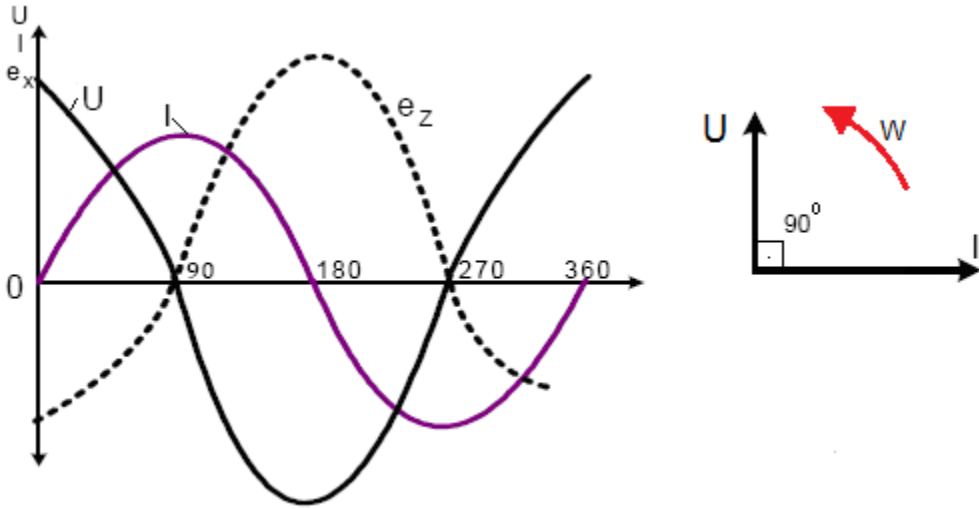
Kapasitif devrede akımla gerilim arasında genellikle 90° faz farkı oluşur ve akım gerilimden 90° ileri fazdadır. Herhangi bir andaki kondansatörün çektiği güç, o anda akım ile EMK'nin çarpımına eşittir. Vektör dönüş yönü saat ibresinin tersi yönündedir. Şekil 2.2'e bakınız.



Şekil 2.2: Kapasitif devrelerde akım ve gerilim vektör diyagramı

➤ **Endüktif devre**

Saf bir özindükleme bobininden geçen akım, uygulanan EMK'den 90° geri fazdadır. Herhangi bir andaki güç, o andaki akım ile EMK'nin çarpımına eşittir. $P = e \cdot i$ şeklinde görüldüğü gibi değişik anlardaki akım ve gerilim eğrilerini çarparak bulunan ani güçleri işaretlemek sureti ile gücün değişim eğrisi çizilebilir.



Şekil 2.3: Endüktif devrelerde akım ve gerilim vektör diyagramı

2.1.3. Güç Katsayısı Ölçme

İşletmelerde aktif enerji haricinde çekilen reaktif enerji reaktif sayaçlar aracılığı ile ölçülüp eğer miktarı belirlenen sınırları geçmişse ücreti elektrik dağıtım ve satışı yapan firma tarafından alınmaktadır. Reaktif güç faydalanılmayan güç olup bu gücün azaltılması çeşitli yöntemler ile mümkündür. Güç kaybının önlenmesi için güç faktörünün düzeltilmesi gerekir.

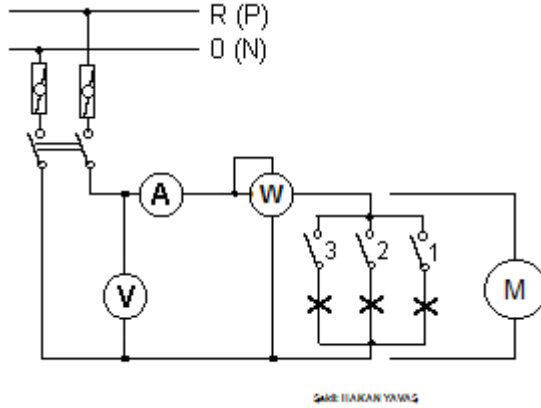
Güç katsayısı iki yöntemle ölçülür: Güç kat sayısı direkt (kosinüsfigetre ile) veya endirekt (A- V- W ile) yöntemlerle ölçülebilir. Direkt ölçen aletlere kosinüsfigetre veya güç faktörü metre adı verilir.

- **Ampermetre, voltmetre ve wattmetre ile güç kat sayısı (Cosφ) ölçme**
Bu yöntem 1 fazlı devreler ve 3 fazlı devrelerde uygulanır.

- **Bir fazlı devrelerde güç katsayısı ölçme**

Aktif güç, alıcının üzerinde işe dönüşen faydalı güçtür. Aktif gücün $P = U \cdot I \cdot \cos\phi$ formülü ile hesaplandığı öğrenme faaliyeti 1'de işlenmiştir. Buna göre Şekil 2.4'te bulunan devreden P (Aktif güç)- U (Gerilim)- I (Akım) değerleri deneyde alındığında, güç katsayısı endirekt yöntemde hesap yoluyla bulunabilir.

$$\cos\phi = \frac{P}{U \cdot I} \text{ Formülü ile } \cos\phi \text{ (güç katsayısı) hesaplanır.}$$



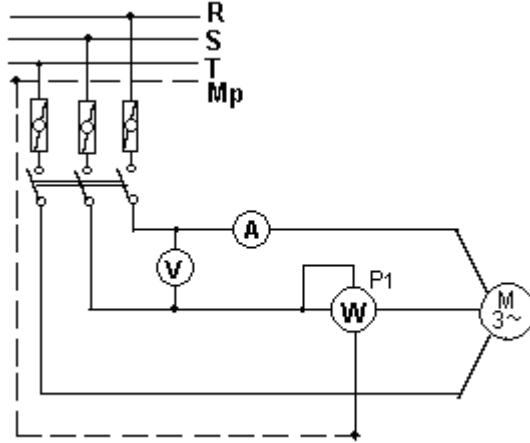
Şekil 2.4: Ampermetre, voltmetre ve wattmetre yardımıyla güç kat sayısı ölçme

- **Üç fazlı devrelerde güç katsayısı ölçme**

Üç fazlı devrelerde iki yöntem ile güç kat sayısı bulunabilir. Dengeli ve dengesiz yükler (alıcılar) için aşağıdaki formüllerle bulunabilir. Wattmetrelerden okunan değerlere göre hesaplama yapılır.

- **Dengeli yükler için:** Dengeli yüklerde hatırlanacağı gibi 1 adet Wattmetre bağlanır ve wattmetrenin gösterdiği değer 3 ile çarpılarak devrenin toplam gücü bulunur. **P toplam = 3. P1**

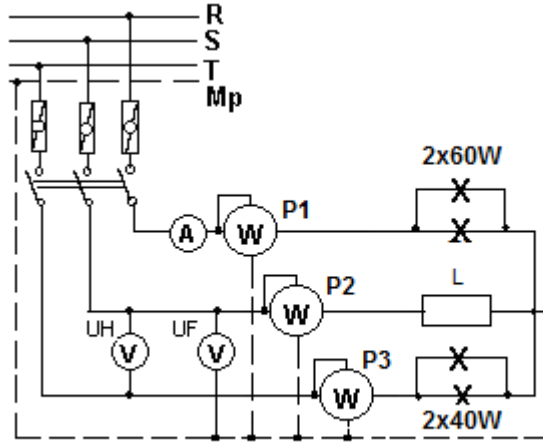
$$\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$$
 formülü ile P değeri bulunur. Daha sonra $\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$ formülü ile güç katsayısı bulunabilir.



Düzenleme: HAKAN YAVAS

Şekil 2.5: Dengeli 3 fazlı sistemde A- V- W ile $\cos \varphi$ bulunması

- **Dengesiz yükler için:** Hatırlanacağı gibi 3 fazlı dengesiz devrelerde, her faza 1 adet wattmetre bağlanır ve 3 wattmetrenin gösterdiği değerler toplanarak devrenin gücü bulunur. **P_{Toplam} = P1 + P2 + P3** formülü ile P değeri bulunur. Daha sonra $\cos \varphi = \frac{P}{U \cdot I}$ formülü ile güç katsayısı bulunabilir.



Düzenleme: HAKAN YAVAS

Şekil 2.6: Dengesiz 3 fazlı sistemde A- V- W ile Cos φ bulunması

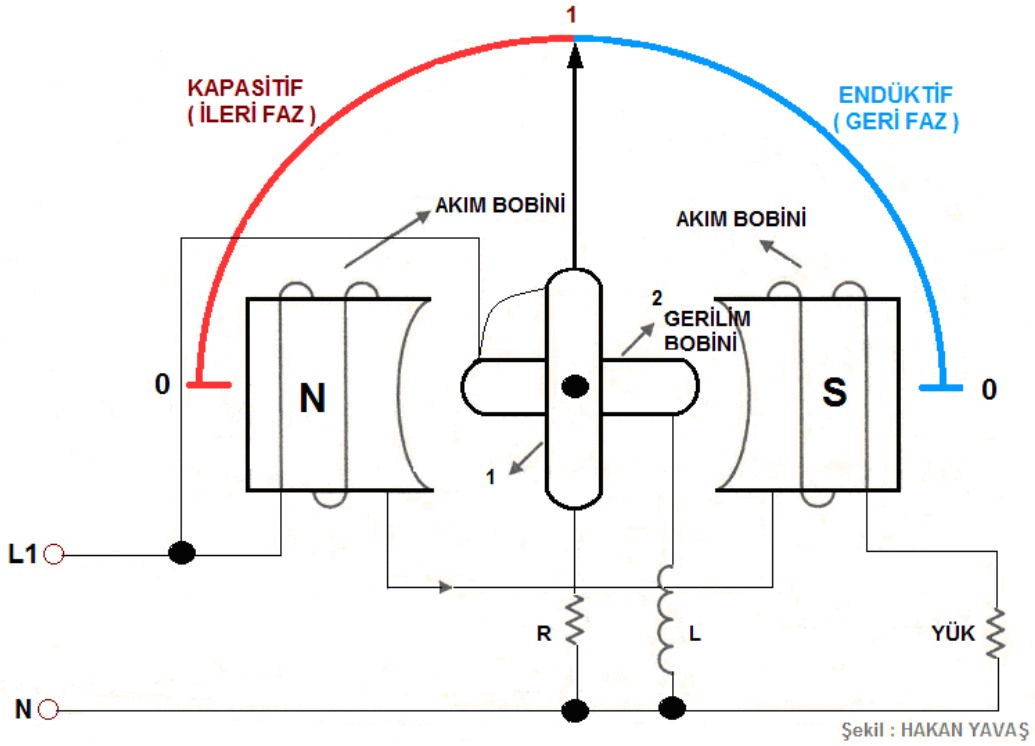
➤ **Kosinüsfi metre ile güç kat sayısını ölçme**

Güç kat sayısının endirekt yöntemlerle ölçülmesi, maliyet ve ölçüm açısından sağlıklı bir yöntem değildir. Güç kat sayısının değerinin doğrudan ölçülmesi gerekir. Doğrudan güç kat sayısını ölçen aletlere kosinüsfi metre denir.

• **Bir fazlı kosinüsfi metre yapısı**

Elektrodinamik wattmetrelerde olduğu gibi sabit olan akım bobini **içerisine manyetik eksenleri birbirine göre dik olan iki gerilim bobini çapraz** olarak hareket edebilecek şekilde yerleştirilmiştir.

Gerilim bobinlerinden birine omik direnç, diğerine de endüktif reaktans seri olarak bağlanmıştır. İki bobinin siper sayıları ve tel çapları aynıdır. Omik direnç bağlı bobinden geçen akım ile gerilim aynı fazda, endüktif reaktansla seri bağlı bobinden geçen akım gerilimden 90^0 geridedir. Direnç ve bobin aracılığı ile iki çapraz bobinin akımları ile gerilimleri arasındaki faz farkı 90^0 yapılmış olur (Şekil 2.7'e bakınız.).



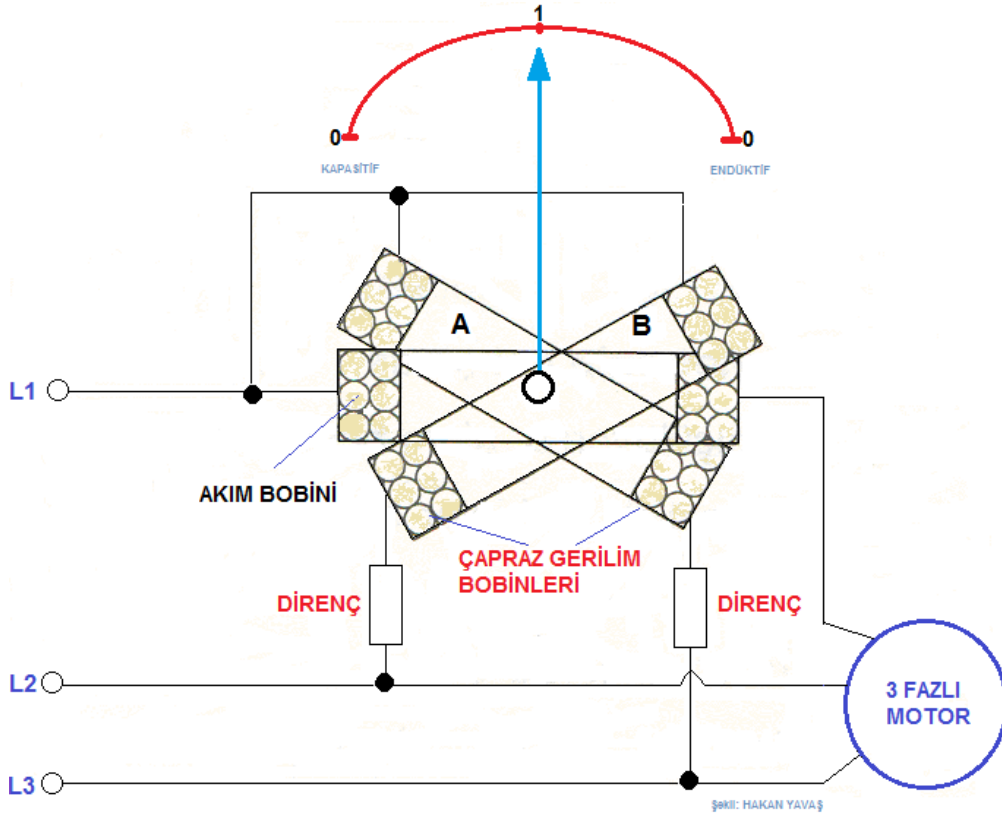
Şekil 2.7: Bir fazlı kosinüsfitmetrenin iç yapısı

- **Devreye omik yük bağlı iken (güç kat sayısı 1):** Akım bobininden geçen akım, gerilim ile aynı fazda olur. **1 numaralı** gerilim bobininden geçen akım, akım bobininden geçen akımla aynı fazdadır. 2 numaralı gerilim bobininden geçen akım bunlardan 90° geridedir. Döndürme kuvveti bu iki akımın meydana getirdiği bileşke alanlar tarafından oluşur. Meydana gelen bu kuvvet, sadece 1 numaralı gerilim bobinine etkiler ve bu bobinin eksenini akım eksenine 90° oluncaya kadar çapraz bobini döndürüp ibre skala üzerindeki 1 sayısını gösterir. Omik yük durumunda 2 numaralı bobine etki eden kuvvet yoktur. Çünkü omik yükte geçen akımda omiktir. Omik akımın endüktif ve kapasitif bileşeni de yoktur.
- **Devre tam endüktif iken (güç kat sayısı sıfır):** Akım bobinlerinden geçen akım aynı fazda, 1 numaralı gerilim bobininden geçen akım bunlardan 90° ileridedir. Bu durumda 2 numaralı bobin akım bobini eksenine dik olana kadar döner ve ibre sıfır gösterir. Yani $\cos \varphi = 0$ 'dır.

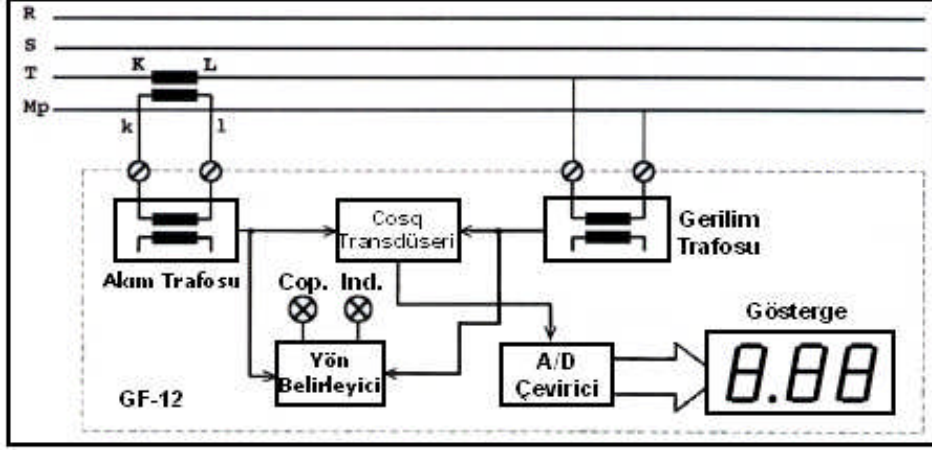
- **Devre tam kapasitif iken (Güç kat sayısı sıfır):** Endüktif yükün tersi olup 1 numaralı gerilim bobini 180° dönerek gösterge bu sefer kapasitif taraftaki sıfırı gösterir.
- **Güç kat sayısı 0 ile 1 arasında ise:** Gerilim bobinleri ile akım bobinleri arasındaki faz farkı güç kat sayısını verebilecek şekildedir. Skalanın sağ tarafı endüktif yük durumunu, sol tarafı kapasitif yük durumunu gösterir.
- **Üç fazlı kosinüsfi metre yapısı**

Hareketli gerilim bobinleri arasında 120° faz farkı olarak yerleştirilir. Gerilim bobinleri akım bobininin bağlandığı fazın dışındaki diğer iki faza bağlanır. Sabit bobinler hat akımını taşır.

Alet üç fazlı bir yüke bağlanırsa ibre, yükün güç faktörünü skala üzerinde gösterir. Üç fazlı kosinüsfi metrenin akım bobinleri yüke seri bağlanır. Gerilim bobinlerinin birer uçları da diğer fazlara bağlanır (Şekil 2.8'e bakınız.). Ölçümler doğrudan güç faktörünü verir.



Şekil 2.8: Üç fazlı bobinli kosinüsfi metrenin iç yapısı



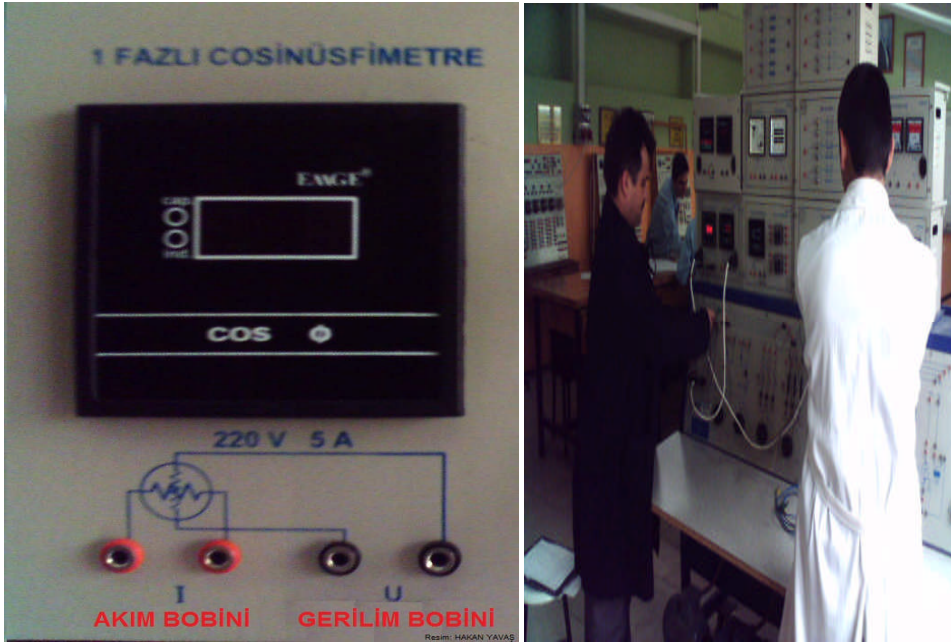
Şekil 2.9: Üç fazlı dijital kosinüsfitre nin blok şeması

➤ **Kosinüsfitre çeşitleri**

Kosinüsfitreler, faz şekline göre bir fazlı ve üç fazlı olmak üzere iki çeşit imal edilir. Üretim şekline göre analog ve dijital olarak imal edilir.



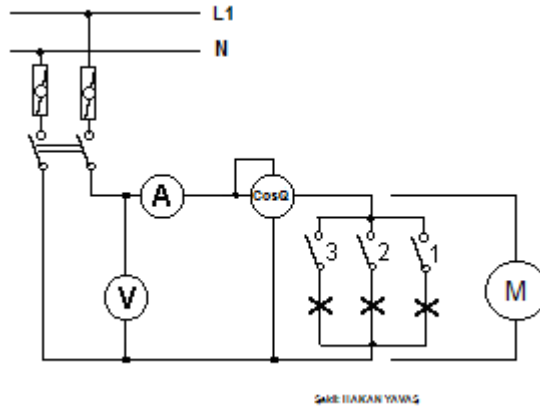
Resim 2.1: Dijital ve analog cosinüsfitreler



Resim 2.2: Deney setinde kosinüsfi metre bağlantıları

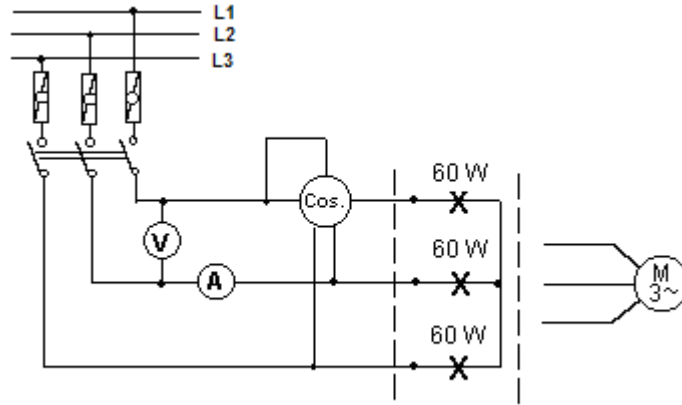
➤ **Kosinüsfi metre devreye bağlantıları**

Kosinüsfi metreler 1 fazlı ve 3 fazlı devrelerde kullanılabilir. Bir fazlı kosinüsfi metrelerde akım bobini seri, gerilim bobini paralel bağlanır.

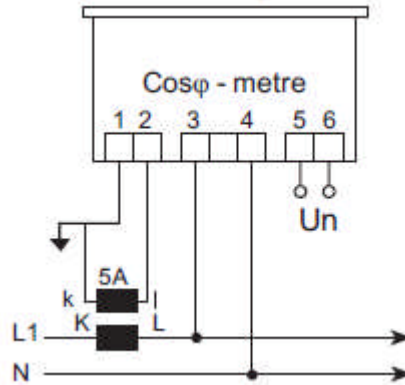


Şekil 2.10: Bir fazlı kosinüsfi metre devreye bağlantısı

Üç fazlı kosinüsfi metrelerde üç adet gerilim bobini vardır ve bobinler en az 380 voltluk gerilim değerlerinde olmalıdır. Akım bobini seri bağlanır.



Şekil 2.11: Üç fazlı kosinüsfi metre devreye bağlantısı



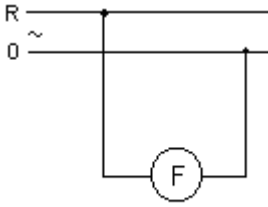
Şekil 2.12: Bir fazlı akım trafolu kosinüsfi metre devreye bağlantısı

Şekil 2.12 incelendiğinde 1-2 numaralı klemensler akım trafo sekonder bağlantısı için 3-4 numaralı klemensler gerilim (katı) bobini girişleri, 5-6 numaralı klemensler ölçü aleti besleme gerilim girişleridir.

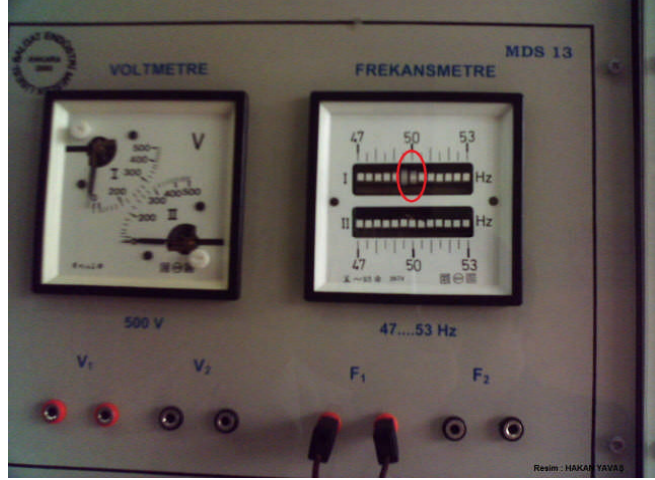
➤ **Kosinüsfi metre bağlantısında dikkat edilecek hususlar**

Kosinüsfi metrelerin akım bobinleri seri, gerilim bobinleri paralel bağlanacaktır. Gerilim bobinleri çalışma (etiket) değerlerine dikkat edilmelidir. Kosinüsfi metre akım trafolu çalışması gerekiyor ise buna dikkat edilmelidir, akım trafosu sekonder ucunun birisi mutlaka topraklanmalıdır. Bunun sebebi akım trafosu sekonder tarafı açık devre bırakılırsa oluşabilecek yüksek gerilim toprağa verilmesi içindir.

Devrelerin frekansı, frekansmetre ile ölçülür. Frekansmetreler analog, dijital, dilli (titreşimli) olmak üzere çeşitleri vardır. Frekansmetreler devreye paralel bağlanır. Frekansmetrenin çalışma (etiket) değerlerine dikkat edilmelidir.

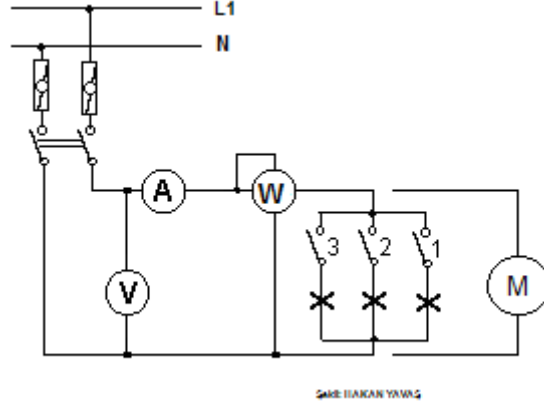


Şekil 2.13: Frekansmetre bağlantısı



Resim 2.3: Deney setinde dilli (titreşimli) frekansmetre

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 2.14: Dolaylı olarak güç katsayısı ölçülmesi bağlantısı(A- V- W)

1 fazlı devrelerde dolaylı olarak güç katsayısı ölçme deney bağlantı şeklini kurarak değerleri gözlem tablosuna kaydediniz. Güç katsayısını hesaplayarak gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi

- 1 adet ampermetre ve 1 adet voltmetre
- 1 adet bir fazlı wattmetre
- Alıcılar (Lamba veya farklı alıcılar kullanınız.)

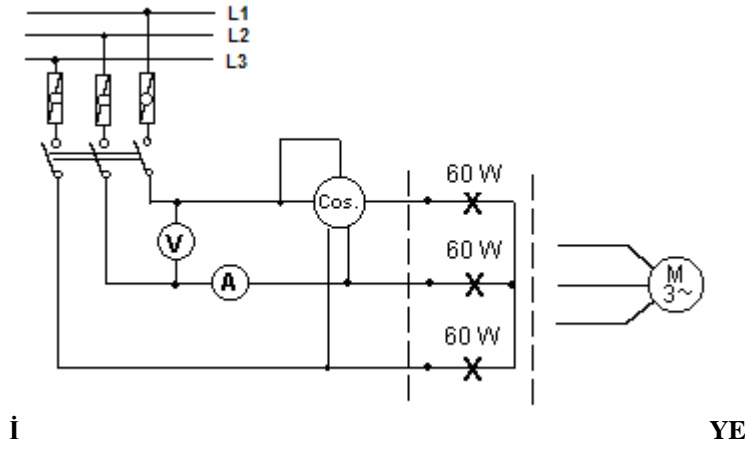
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 2.14'deki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Deney bağlantı şeklini kurunuz.	➤ Ölçü aletlerinin doğru bağlandığından emin olunuz.
➤ Devreye enerji vererek alınan değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.	➤ Enerjiyi öğretmenin denetiminde veriniz. Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.
➤ Güç katsayısını hesaplayarak bulunuz.	➤ Güç katsayısı formülünü doğru olarak kullanınız.
➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazınız.

Gözlem Nu.	Deneyde Alınan Değerler			Hesaplanan Değer
	I (A)	U(V)	P(W)	$\text{Cos}\phi = P / U \times I$
1				
2				
3				
4				

Tablo 2.1: Deney gözlem tablosu

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 2.15: 3 fazlı kosinüsfinetre deney bağlantısı

3 fazlı devrelerde 3 fazlı kosinüsfinetre ile güç katsayısı ölçme deney bağlantı şeklini kurarak değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi:

- 1 adet ampermetre
- 1 adet voltmetre
- 1 adet üç fazlı kosinüsfinetre
- Alıcılar (Farklı alıcılar kullanınız.)

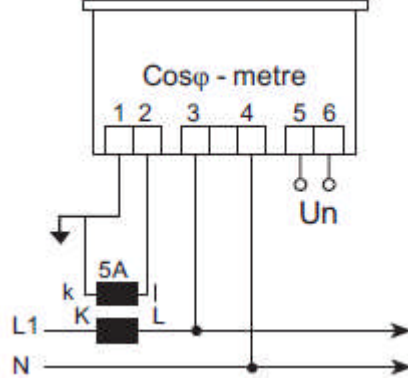
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 2.15'deki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Deney bağlantı şeklini kurunuz.	➤ Ölçü aletlerinin doğru bağlandığından emin olunuz.
➤ Devreye enerji vererek alınan değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.	➤ Enerjiyi öğretmenin denetiminde veriniz. Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.
➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazınız.

Gözlem Nu.	Deneyde Alınan Değerler		
	I (Amper)	U (Volt)	Cosφ
1			
2			
3			
4			

Tablo 2.2: Deney gözlem tablosu

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 2.16: Akım trafosu 1 fazlı kosinüsfi metre bağlantısı

1 fazlı devrelerde, akım trafosu ile kosinüsfi metre ile güç katsayısı ölçme deney bağlantı şeklini kurarak değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi:

- 1 adet akım trafosu
- 1 adet 1 fazlı kosinüsfi metre
- Alıcılar (Farklı alıcılar kullanınız.)

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 2.16'daki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Deney bağlantı şeklini kurunuz.	➤ 1-2 numaralı klemenslere, akım bobini sekonder tarafından bağlantı yapınız. ➤ 3-4 numaralı klemenslere (gerilim bobini uçları), faz nötr bağlantısı yapınız. ➤ 5-6 numaralı klemenslere (kosinüsfi metre yardımcı besleme gerilimi) çalışma gerilimine uygun değerde enerji veriniz. ➤ Akım trafosunun sekonder sargı ucunun birini topraklayınız.
➤ Devreye enerji vererek alınan değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.	➤ Enerjiyi öğretmenin denetiminde veriniz. Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.
➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazınız.

Gözlem Nu.	Deneyde Alınan Değerler	Yükün cinsi
	$\text{Cos}\phi$	
1		
2		
3		
4		

Tablo 2.3: Deney gözlem tablosu

KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri	Evet	Hayır
1. İş güvenliği tedbirlerini aldınız mı?		
2. Deneysel bağlantısı için malzemeleri doğru olarak temin edebildiniz mi?		
3. Kosinüsfi metre akım trafo bağlantısını doğru olarak yapabildiniz mi?		
4. Kosinüsfi metre gerilim bobini bağlantısını doğru olarak yapabildiniz mi?		
5. Kosinüsfi metre yardımcı besleme bağlantısını doğru olarak yapabildiniz mi?		
6. Aldığınız değerleri doğru olarak gözlem tablosuna kaydedebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

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

1. () Omik alıcılı devrelerde $\cos\phi$ 1'dir.
2. () Kapasitif devrelerde akım gerilimden geridedir.
3. () Kosinüsfi metre akım bobini devreye paralel bağlanır.
4. () Dengeli yüklerde her faz akımı farklı değerlerdedir.
5. () Bir fazlı çapraz bobinli kosinüsfi metrede iki adet çapraz gerilim bobini bulunmaktadır.
6. () Üç fazlı kosinüsfi metrede gerilim bobinleri akım bobininin bağlandığı faza bağlanır.
7. () Akım trafolu kosinüsfi metre bağlantısında, kosinüsfi metre akım bobini 5 A olmalıdır.
8. () 1 fazlı akım trafolu kosinüsfi metrelerde gerilim bobini 380 Volt'luk olmalıdır.
9. () Endüktif devrelerde $\cos\phi$ değeri 1'den büyüktür.
10. () Kosinüsfi metreler görünür gücü ölçerler.

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

Elektrik sayaçlarının hatasız olarak montaj ve bağlantılarını yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Elektrik sayaçları ve standartları hakkında kitaplardan, internetten, kataloglardan vb. kaynaklardan bilgi toplayınız.
- Çevrenizde bulunan elektromekanik ve elektronik sayaçların farklarını araştırınız.
- Topladığınız bilgi ve dokümanları rapor hâline getiriniz. Hazırladığınız raporu arkadaşlarınızla paylaşıp tartışınız.

3.ELEKTRİK SAYAÇLARI

Elektrik sayacı, üretilen veya tüketilen elektrik enerjisi miktarını ölçen alettir. Elektrik enerjisi miktarı watt/saat (Wh) olarak belirtilir. Bu da watt olarak çekilen güç ile saat olarak bu gücün çekildiği zamanın çarpımını gösterir.

Pratikte ise enerji birimi daha çok Watt saatin (Wh'ın) 1000 katı olan kilowatt/saat veya 1.000.000 katı olan Megawatt/saat (MWh) kullanılır.

3.1. Elektrik İşi

Elektrik bir enerji şeklidir. Elektrik temel enerji kaynaklarını, kömür, petrol, doğalgaz, nükleer enerji ya da yenilenebilir enerji kaynakları kullanarak ikincil bir enerji olarak elde edilebilmektedir. Elektrik enerjisinin zaman içinde kullanılması ile iş yapılır. Elektrikte iş, birim zamanda enerji harcayarak sonuç alma (ısı, ışık, manyetik) olarak tanımlanabilir. Elektrikle çalışan bir alıcının harcadığı enerji miktarı arttıkça gördüğü iş de o oranda artar.

Elektrikte yapılan iş, devreden çekilen güç ile zamanın çarpımı sonucunda bulunur. Elektrikte iş **W** harfiyle gösterilir. $W = P \times t$ (**İş = Güç x Zaman**) formülü ile hesaplanır. İş birimi kilowattsaat (kWh)'tir. Baska bir deyişle devreye bağlı 1000 watt (1 kilowatt) gücündeki alıcı, bir saat boyunca çalışıyorsa yaptığı iş 1 kWh'tir.

Güç denklemi: $P = V \cdot I$

İş denkleminde P yerine V.I yazarsak $W = V \cdot I \cdot t$ şeklinde de ifade edilebilir.

Örnek: Elektrik sayacı 5 saatte 30 kWh yazmıştır. Sayaca bağlı olan alıcının gücünü bulunuz.

Çözüm: $W = P.t$ denkleminde P 'yi çekersek

$P = W/t = 30/5 = 6 \text{ kW} = 6000 \text{ W}$ bulunur.

Örnek: Gücü 1 kW (1000 W) olan ısıtıcı 10 saatte kaç kWh enerji harcar?

Çözüm: $W = P.t = 1.10 = 10 \text{ kWh}$

3.2. Elektrik Sayaçları (AA)

3.2.1. Görevi

Üretilen ve tüketilen elektrik enerjisinin bilinmesi, kayıpların bulunabilmesi ve maliyetinin hesaplanabilmesi için elektrik enerjisinin ölçülmesi gerekir. Elektrik sayaçları, devreden çekilen güçlerin sabit veya değişken değerlerini zaman ekseninde toplayarak genellikle kilowattsaat (kwh) cinsinden kaydeden ölçü elemanıdır. Elektrik alıcılarının gücünü ölçen aygıt wattmetre, elektrik alıcılarının yaptığı işi doğrudan ölçen aygıtlara elektrik sayacı denir. Wattmetreyle sayacın yapısı tamamen aynıdır. Tek fark, wattmetrede ibre, sayaçta sayıcı (numaratör) bulunmasıdır.

Sayaçların çeşitleri şunlardır:

- **Devreye bağlantısına göre sayaçlar**
 - Doğrudan bağlantısı yapılan sayaçlar
 - Ölçü transformatörleri ile bağlantısı yapılan sayaçlar
 - Akım trafosu ile bağlanan (x/5, AG) sayaçlar
 - Akım ve gerilim trafosu ile bağlanan (x/5, OG) sayaçlar
- **Yapılarına göre sayaçlar**
 - Elektromekanik elektrik sayaçları
 - Elektronik elektrik sayaçları
- **İmalat ve bağlantı şekline göre sayaçlar**
 - Bir faz iki telli (bir elemanlı) sayaçlar
 - Üç faz dört telli (üç elemanlı) sayaçlar
 - Üç faz üç telli sayaçlar (aron veya 2 elemanlı) sayaçlar
- **Fonksiyonlarına göre sayaçlar**
 - Normal sayaçlar
 - Demantmetreli sayaçlar
 - Çok tarifeli sayaçlar
 - Yük profili kaydeden sayaçlar
 - Haberleşme özellikli sayaçlar



Resim 3.1: Elektronik ve elektromekanik sayaçlar

3.2.2. İndüksiyon Sayaçları ve Bağlantıları

İndüksiyon sayaçları yapı itibariyle wattmetreye benzemektedir. Kalın kesitli az sarımlı akım bobinleri ve ince kesitli çok sarımlı gerilim bobinleri vardır. Akım bobinlerinin sargı dirençleri küçüktür ve alıcıya seri bağlanır. Gerilim bobinlerinin dirençleri büyüktür ve alıcıya paralel bağlanır.

➤ Aktif sayaçlar

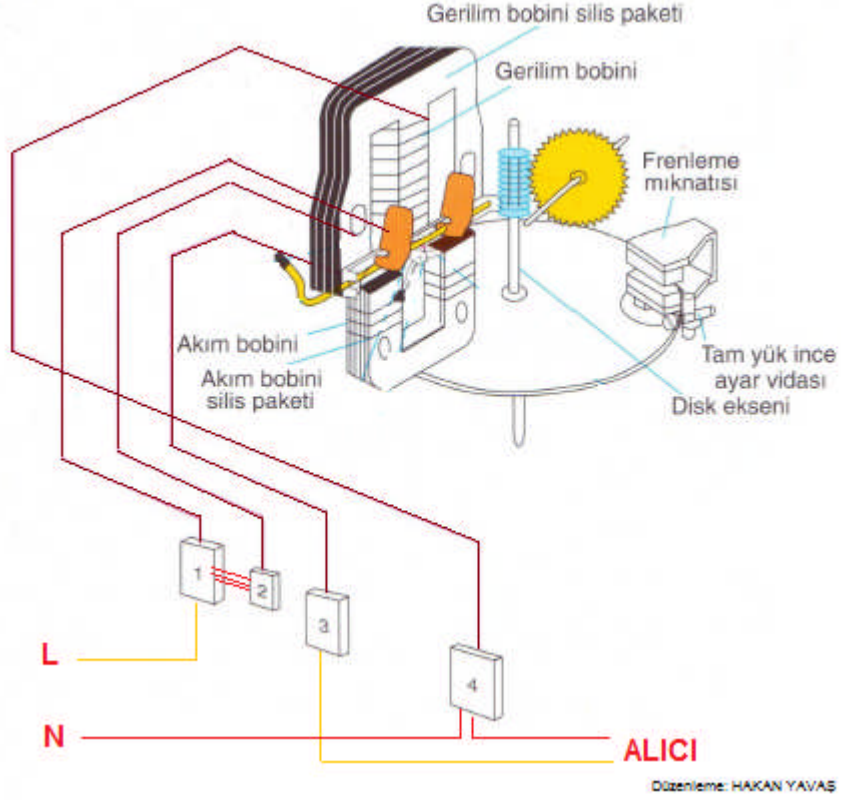
Aktif sayaçlar alıcıların aktif iş enerjilerini ölçer. Ölçtükları faz sayılarına göre iki şekilde imal edilmektedir: Bir fazlı sayaçlar ve üç fazlı aktif sayaçlardır.

- **Bir fazlı aktif indüksiyon sayaçları**

Prensip olarak indüksiyon motoruna benzeyen aktif sayaçta disk, sayıcı eleman, gerilim bobini, akım bobini ve daimi mıknatıs bulunmaktadır. Akım bobininden geçen akımın ve gerilim bobininde düşen gerilimin oluşturduğu manyetik alanın alüminyum disk üzerinde oluşturdukları döndürme momentine göre çalışır.

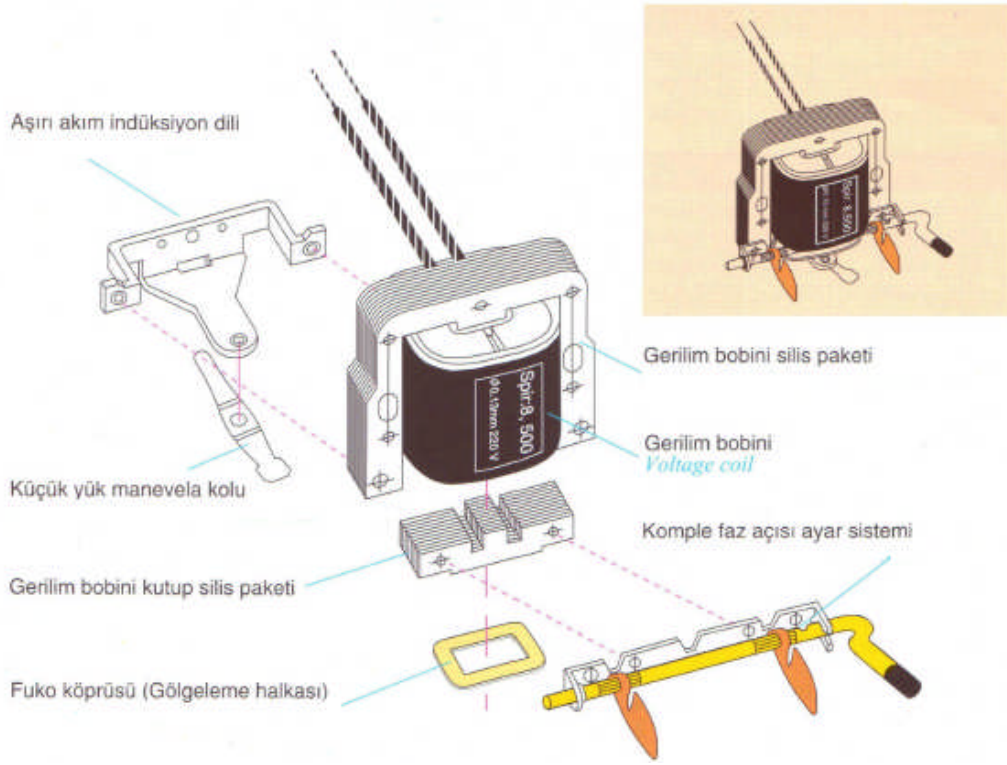
Elektromekanik indüksiyon sayaçta, dönme hareketi bir dişli aracılığı ile numaratorre iletilip numaratorrede harcanan enerji toplanarak ölçülmektedir. Burada aletin dönme hızı, devrenin çektiği güç ile doğru orantılıdır. Bu aletlerde karşı koyma yöntemi yerine, hareketli sistemin hızıyla orantılı olan frenleyici moment kullanılır. Frenleyici moment, hareketli sistemle aynı mil üzerine tespit edilen alüminyum diskin daimi mıknatıs kutupları arasında dönmesiyle sağlanır. Şekil 3.1, 3.2, 3.3, 3.4, 3.5'e bakınız.

Akım ve gerilim bobini olmak üzere iki adet bobin vardır. Akım bobini kalın iletken az sipirli, gerilim bobini ince iletken çok sipirli yapılmıştır. Akım bobini alıcıya seri, gerilim bobini alıcıya paralel bağlanır. Her iki bobinde sayaç içerisinde sabit olarak yerleştirilmiş ve aralarına dönebilecek şekilde yataklanmış alüminyum disk yerleştirilmiştir. Sayaçları gerilim bobinleri paralel bağlandıklarından oluşturdukları manyetik alan sabittir. Akım bobininden alıcı akımı geçtiği için sürekli değişiklik gösterir. Bu iki manyetik alan arasında faz farkı meydana getirilerek alüminyum diskin tıpkı bir asenkron motorun rotoru gibi dönmesi sağlanmıştır.

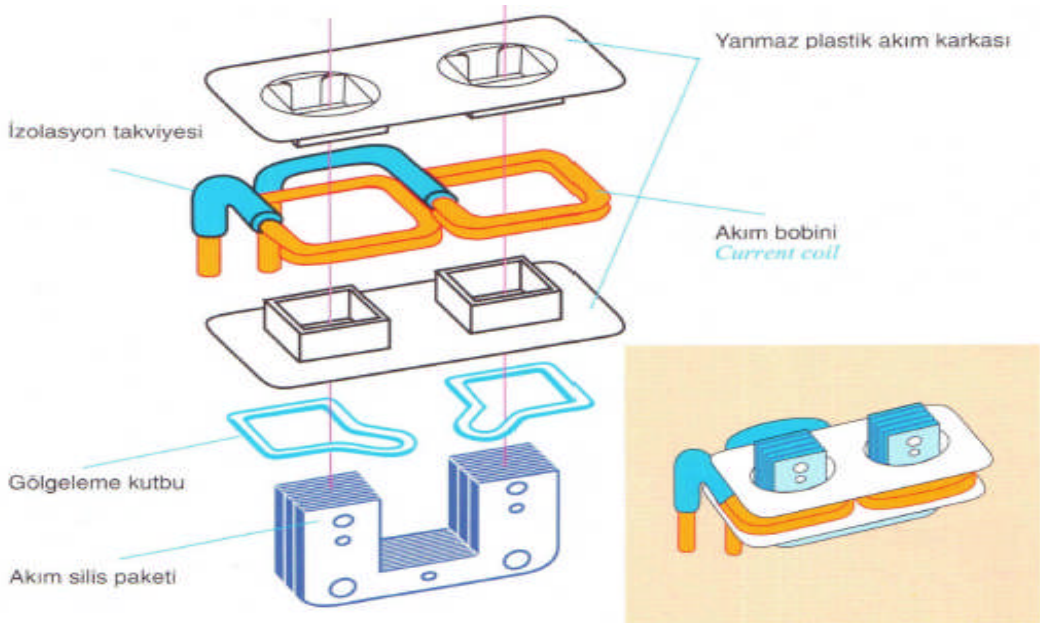


Şekil 3.1: 1 fazlı indüksiyon aktif sayaç iç yapısı

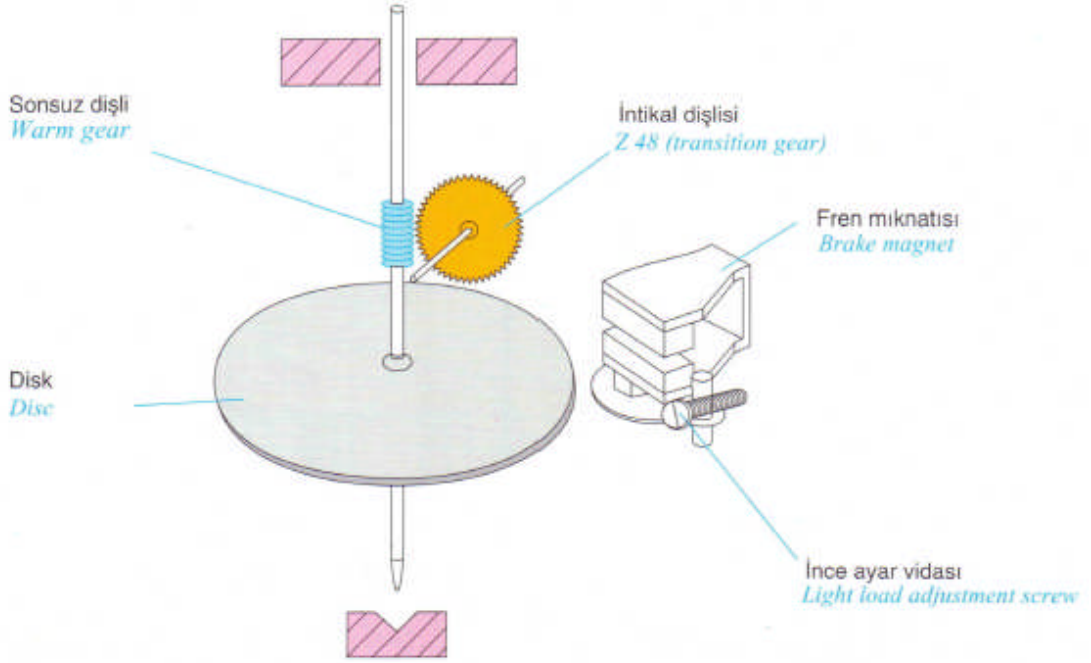
Sayaç üzerinden geçen akımın miktarına bağlı olarak alüminyum disk hızla veya yavaş dönerek miline bağlı sonsuz vida aracılığı ile bir numaratorü çevirir. Numarator, sayaç ekranından okunabilecek şekilde harcanan elektrik enerjisini kilowatt/saat olarak yazar. Sayaç içerisinde, amortisman momentini sağlayan tabii mıknatıs vardır. Bu tabii mıknatıs sayaç çalışırken diskin kontrollü dönmesini sağlar ve sayaç üzerinden geçen akım kesildiğinde diskin ataleti ile dönmesini engeller. Böylece gereksiz yere kullanılmaya enerji sayaç tarafından yazılmamış olur. Şekil 3.1’de 1-3 akım bobini, 2-4 gerilim bobini uçlarıdır.



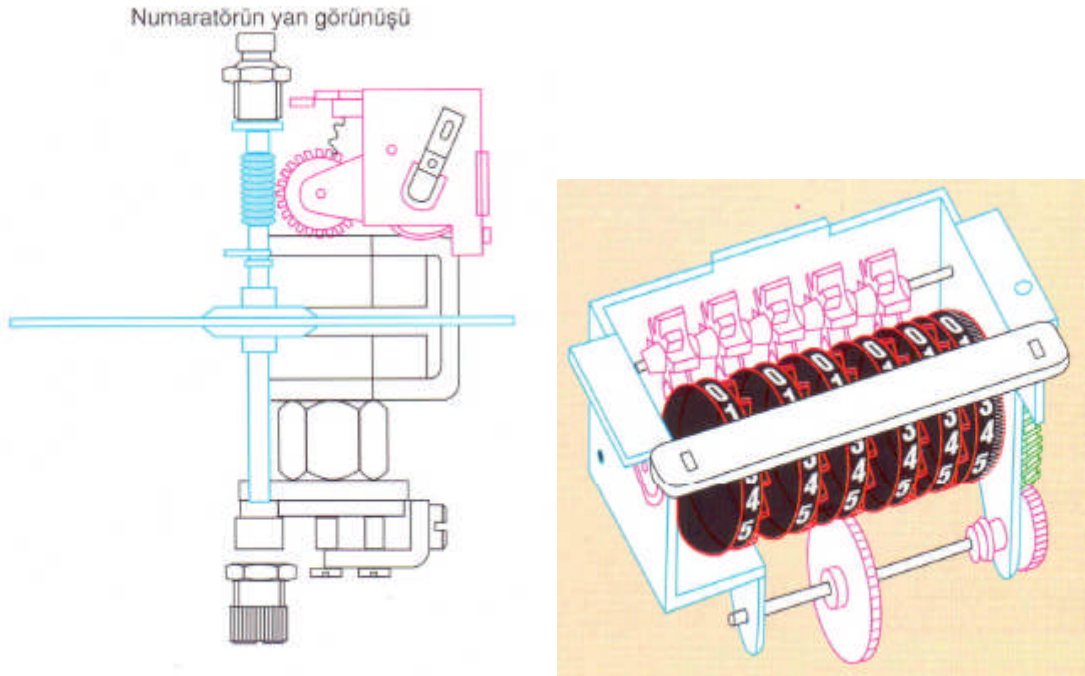
Şekil 3.2: 1 fazlı indüksiyon aktif sayaç gerilim bobini yapısı



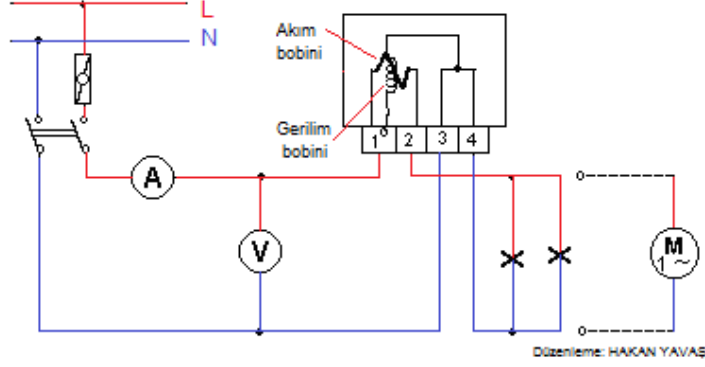
Şekil 3.3: 1 fazlı indüksiyon aktif sayaç akım bobini yapısı



Şekil 3.4: 1 fazlı indüksiyon sayaç disk ve yapısı

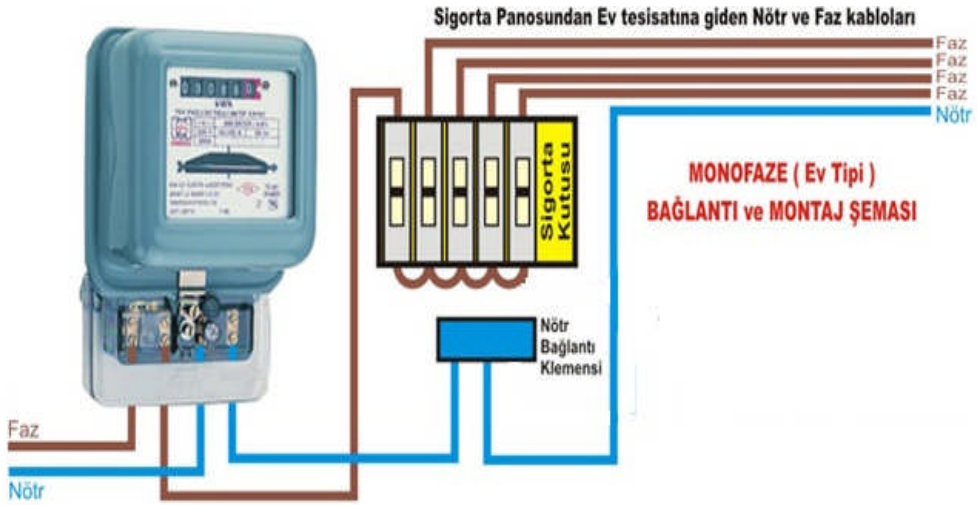


Şekil 3.5: 1 fazlı indüksiyon sayaç numarator sistemi



Şekil 3.6: 1 fazlı indüksiyonlu (elektromekanik) aktif sayaç devre bağlantısı

Şekil 3.6 ve 3.7’de 1 faz iki telli sayaç bağlantıları verilmiştir, inceleyiniz.

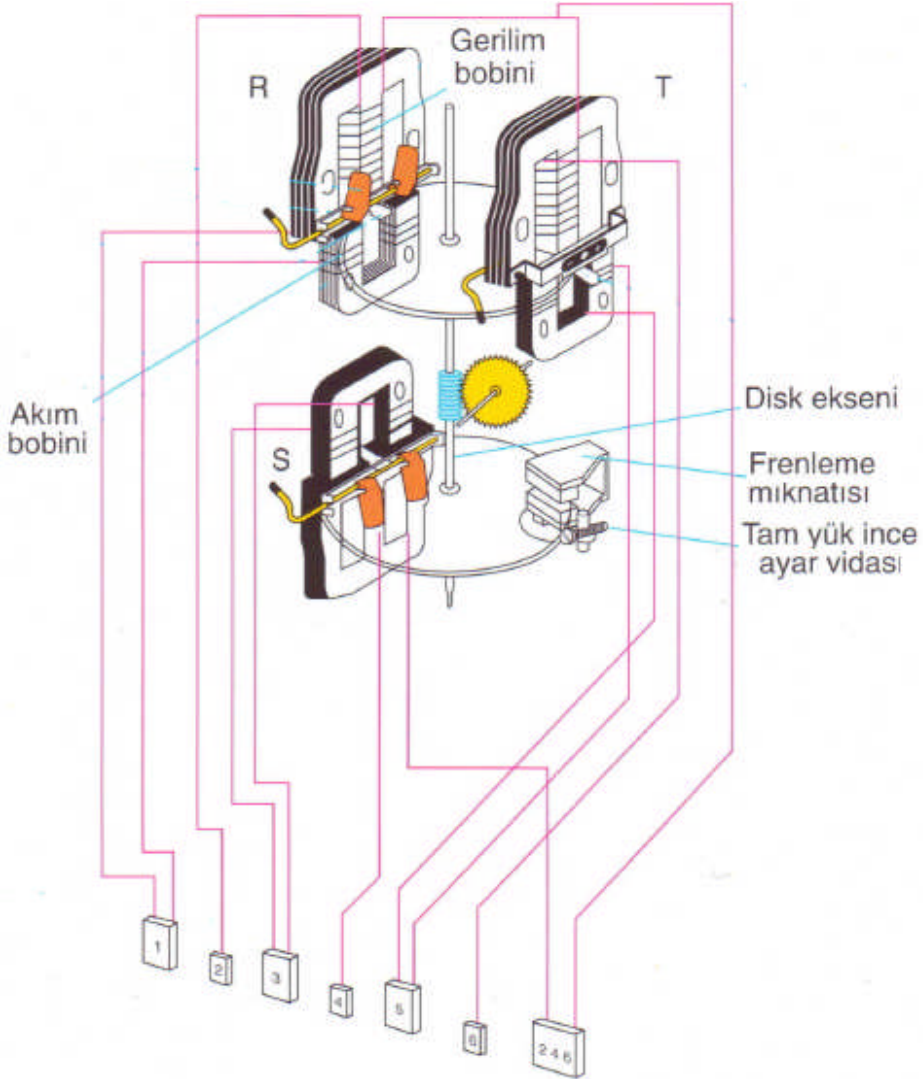


Şekil 3.7: 1 fazlı indüksiyonlu (elektromekanik) aktif sayaç tesise bağlantısı



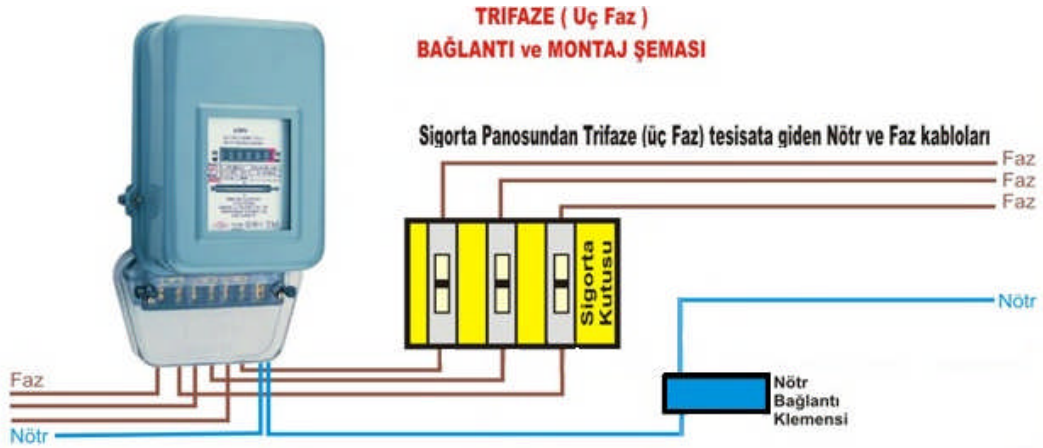
Resim 3.2: 1 fazlı iki telli aktif sayaç ön görünüşü

- **Üç fazlı aktif indüksiyon sayaçları:**
Üç fazlı sayaçlar iki veya üç adet bir fazlı indüksiyon sayaçlarının bir araya getirilmesinden meydana gelir. Bu nedenle çalışma prensibi ve özellikleri bir fazlı sayaçların aynısıdır. Üç fazlı olanlarda bir adet veya 2 adet disk aynı eksen üzerindeki mile tespit edilmiştir.



Şekil 3.8: 3 fazlı indüksiyonlu aktif sayaç iç yapısı

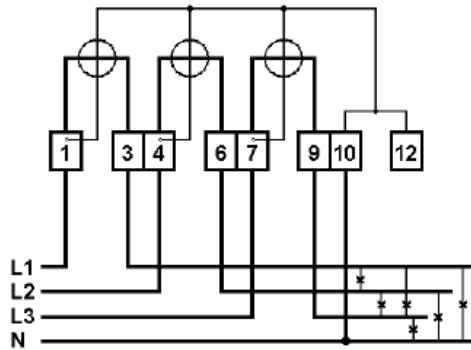
Sayacın dönebilmesi için devreden akım çekilmesi gerekir. Böylece akım bobininde bir manyetik alan hasil olur. Sayacın devreye paralel bağlı gerilim bobininde zaten manyetik alan vardır. Gerilim bobinleri tarafından meydana getirilen manyetik alanın diskte doğurduğu Foucault akımları, akım bobininin meydana getirdiği manyetik alanın etkisiyle diski hareket ettirir. Hareket eden disk, bir dişli sistemi çalıştırarak numaratorün hareketini sağlar. Sayaçta bulunan U mıknatısın kutupları arasından geçen disk üzerinde de bir indüklemeye akımı doğurur. Bu da diskin frenlenmesine ve hareketinin ayarlanmasına sebep olur. Sayacın ayarı bu mıknatıs aracılığıyla yapılabilir. Şekil 3.8'e bakınız.



Şekil 3.9: 3 fazlı indüksiyonlu (elektromekanik) aktif sayaç tesise bağlantısı

○ **3 fazlı 4 telli sayaç bağlantısı**

Üç fazlı, nörlü ve nötrü topraklanmış sistemlerde dengesiz yüklerin çektikleri enerjinin ölçülmesinde kullanılır. Her fazın enerjisini ayrı ayrı ölçüp bunların toplamını verecek şekilde yapılmıştır. Üç ölçme sistemleri yani üç akım, üç gerilim bobinleri vardır. Akım bobinlerinin her biri bir faza seri, gerilim bobinleri de kendi fazlarının girişi ile nötrü arasına paralel bağlıdır.



Şekil 3.10: Üç fazlı dört telli sayaç bağlantısı

Şekil 3.10'daki bağlantıda

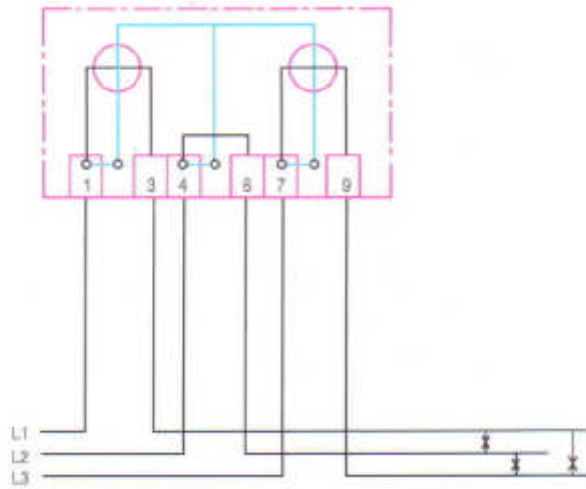
1. akım bobin uçları, 1 ve 3 numaralı ile
2. akım bobini uçları, 4 ve 6 numaralı ile
3. akım bobin uçları, 7 ve 9 numaraları ile gösterilmiştir.

3 adet gerilim bobinleri girişleri, 1- 4- 7 numaraları akım bobini girişlerinden alınmıştır. Gerilim bobinlerinin çıkışları birleştirilerek 10- 12 numaralı klemenslere nötüre bağlanmıştır.

○ **3 faz 3 telli sayaç, aron bağlantısı**

Bu sayaçlara aron bağlı sayaçlar da denmektedir. İki adet çalışma sistemi vardır. Bu tip sayaçlar nötrsüz yükleri dengeli sistemlerde kullanılır. İki çalışma sistemleri olduğundan iki akım ve iki de gerilim bobini vardır. Aron bağlı sayaçlar, akım bobinlerine bağlı olmayan üçüncü fazdan çekilen enerjiyi ölçmez. Bu nedenle aron bağlı sayaçlar üç fazı dengeli olan sistemlerde kullanılmalıdır.

Yalnız iki faza göre akım ve gerilim bobinleri olduğundan sarfiyatları üç faz dört telli sayaçlara göre azdır. Ayrıca yüksek gerilim ve yüksek akım devrelerinde kullanılırken iki akım ve iki gerilim trafosu gerektiğinden bir akım ve bir gerilim trafosundan tasarruf edilir. Maliyet açısından uygundur.



Şekil 3.11: Aron bağlı 3 faz 3 telli sayaç bağlantısı

Şekil 3.11'deki bağlantıda;

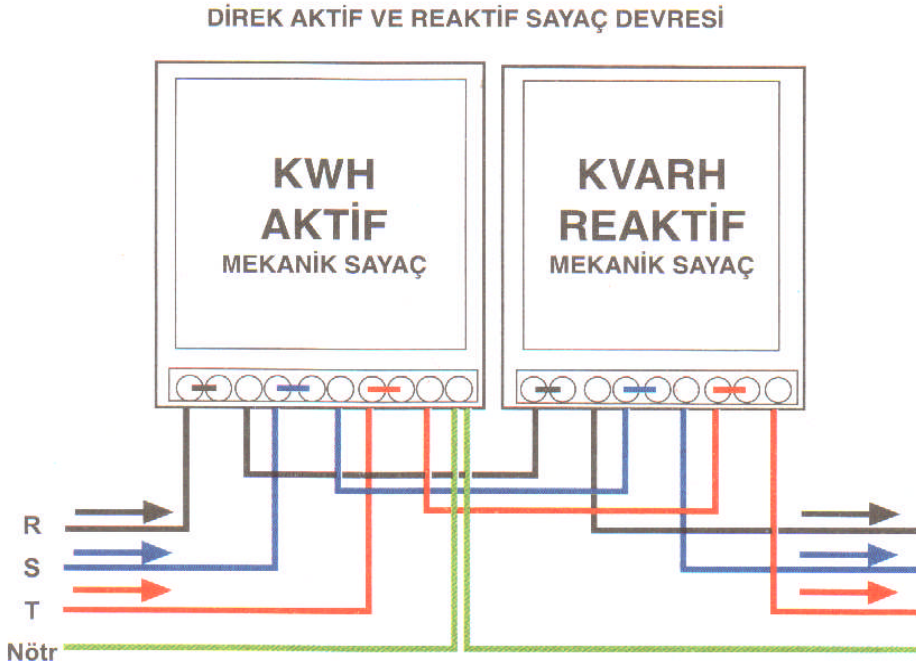
1. akım bobini, 1 - 3 numaralı klemens arasına bağlanmış ve 1. gerilim bobinin girişine 1. klemensden köprü alınmıştır.
2. akım bobini, 7 - 9 numaralı klemens arasına bağlanmış ve 2. gerilim bobinin girişine 7. klemensden köprü alınmıştır. Gerilim bobinleri çıkışları 4-5 numaralı klemenslere birleştirilerek 380 Volt uygulanır.

➤ **Reaktif sayaçlar**

İşletmelerde çekilen reaktif gücü ölçen cihazlara reaktif sayaç denir. Alternatif akımda çalışan endüktif yükler (motor, trafo vb.) aktif gücün yanında bir de reaktif güç harcar.

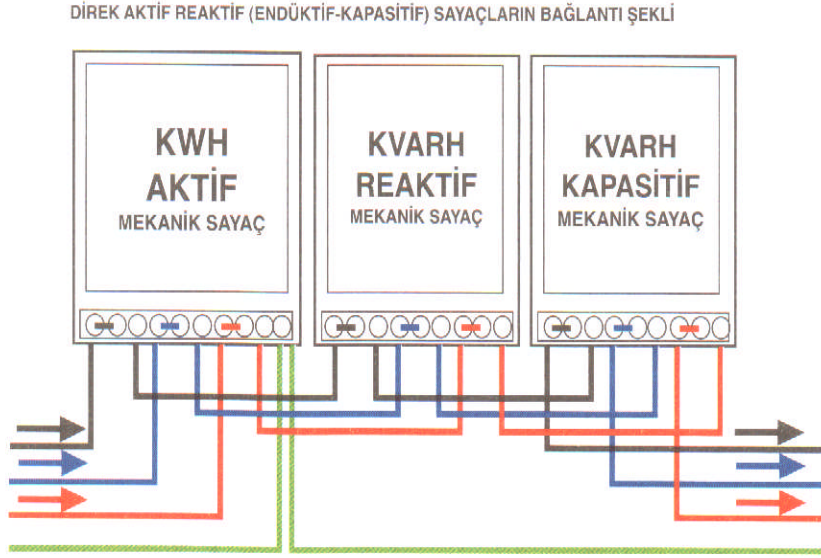
Büyük işletmelerde çok sayıda motor ve trafo kullanıldığından çekilen reaktif güç de büyük olur. Dolayısıyla boşu boşuna para ödemiş oluruz. Ayrıca trafuyu ekstra yüklemiş olduğumuzdan dolayı enerji dağıtım şirketine olan yükümüz artar. Ev ve küçük iş yerlerinde çalıştırılan endüktif özellikteki alıcılar reaktif enerji çeker fakat bu güç çok küçük olduğundan böyle küçük aboneler (9 KW altında tesisler) için endüktif reaktif enerji sayacı istenmez. Bu nedenle reaktif sayaçlar 3 fazlı olarak üretilir. 50 KVA üzeri güç değeri olan tesislerde kapasitif reaktif sayaç kullanılması zorunludur.

Yapıları aktif sayaçlara benzer. Aralarındaki fark sayacın gerilim bobinine uygulanan gerilimin akıma göre 90^0 kaydırılması gerekir. Gerilim bobini uçların diğer fazlara bağlanması ile sağlanır. 01.01.2008 tarihinden geçerli olarak günümüzde 2011 yılında da "ENDÜKTİF REAKTİF TÜKETİM ORANI % 20, KAPASİTİF REAKTİF ORANI % 15"tir. Yani aktif tüketimin endüktif reaktif tüketime oranı % 20'yi geçmemesi gerekir. Oran geçtiği zaman elektrik dağıtım şirketi reaktif tüketim bedelini almaktadır. Şekil 3.12'e bakıldığında aktif sayaç akım bobinleri ile reaktif sayaç akım bobinleri seri bağlıdır.



Şekil 3.12: Üç fazlı aktif ve reaktif mekanik sayaç bağlantısı

Şekil 3.13 incelendiğinde aktif sayaç ile reaktif sayaç akım bobinleri birbirine seri, kapasitif sayaç akım bobinleri ters bağlanmıştır (Kapasitif sayaç akım bobinlerinin çıkışından giriş yapılmıştır.). Ayrıca kapasitif sayaçlar üretilmez, endüktif sayaçların akım bobinleri tersten bağlanarak kapasitif sayaç bağlantısı elde edilir.



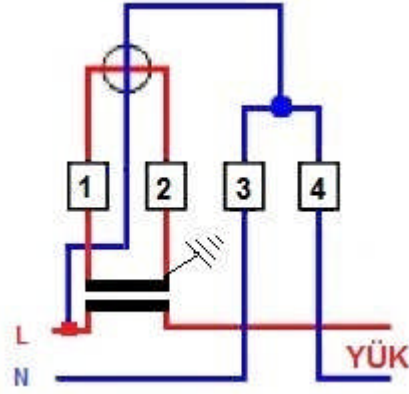
Şekil 3.13: 3 fazlı aktif- reaktif- kapasitif sayaç bağlantısı

- **Ölçü trafolu sayaç bağlantıları**
Sayaçların ölçü trafolu bağlantılarında, akım trafolu bağlantı ve gerilim trafolu bağlantılarını inceleyelim. Sayaçların bağlanacağı tesislerin ölçüleceği akımlar ve gerilimler büyük olduğunda devrelere ölçü trafoları ile bağlanır. Ölçü transformatörleri ile kullandıklarında sayacın gösterdiği değer, trafonun dönüştürme oranı ile çarpılır.
- Örneğin, akım transformatörünün dönüştürme oranı n_i , gerilim transformatörünün dönüştürme oranı n_u , sayaçta okunan değer de K ise ölçülen enerji (A),
 $A = K \cdot n_i \cdot n_u$ olur.

- **Akım trafolu sayaç bağlantısı**

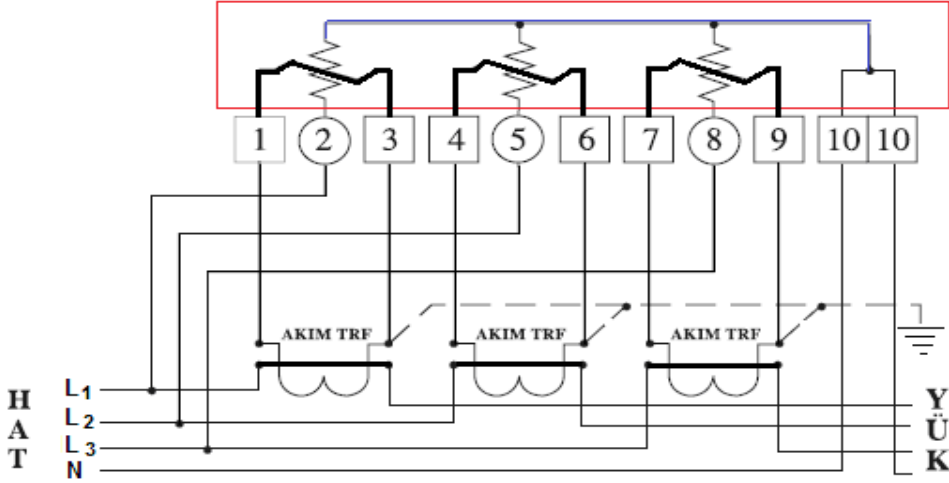
Alçak gerilim şebekelerinde, büyük akım çeken tesislerde akım bobinine, bir ölçü transformatörünün sekonder uçları bağlanır. Bu tip yerler için sayacın akım bobini 5 A'lık ve gerilim bobini de şebekeye doğrudan doğruya bağlanacak şekilde düzenlenmiştir.

- **1 fazlı akım trafolu sayaç bağlantısı**



Şekil 3.14: 1 fazlı akım trafolu aktif sayaç bağlantısı

- **3 fazlı akım trafolu sayaç bağlantısı**



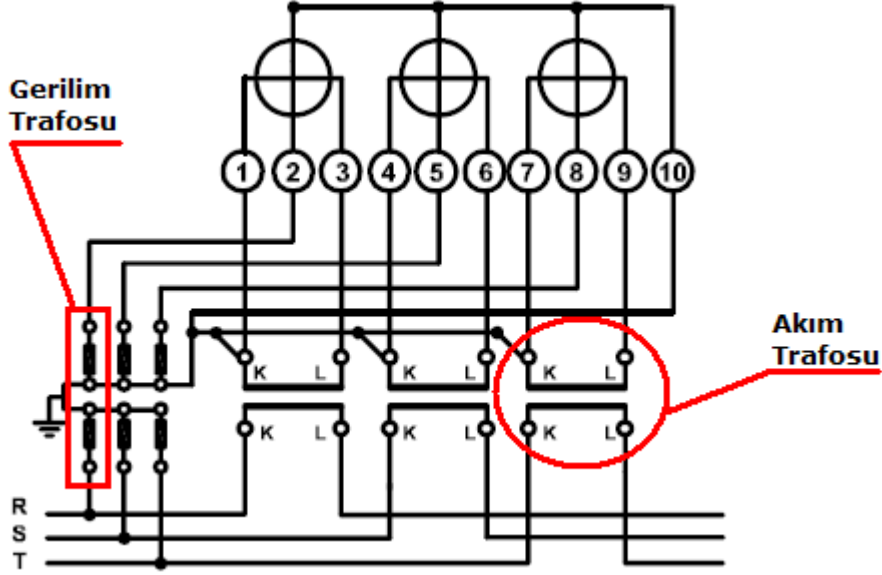
Düzenleme: HAKAN YAVAŞ

Şekil 3.15: 3 fazlı 4 telli akım trafolu aktif sayaç bağlantısı

- **3 fazlı gerilim ve akım trafolu sayaç bağlantısı**

Yüksek gerilimli tesislerde güç sarfiyatını ölçmek için sayaçlar ölçü transformatörleri ile birlikte bağlanır. Böylece yüksek gerilimin değeri sayaç için uygun bir seviyeye düşürüldüğü gibi aynı zamanda sayaç, yüksek gerilim devresinden de yalıtılmış olur. Gerilim trafolu sayaçların gerilim bobinleri 100 Volt'luk olmalıdır çünkü orta gerilim tesislerinde sayaç için kullanılacak gerilim trafosu sekonder gerilimi 100 Volt'tur.

Hem büyük akım hem de büyük gerilim ölçülmesi gerektiğinde akım ve gerilim trafoları birlikte devreye bağlanır. Böylece yüksek değerli akım ve gerilim ölçülmesi sağlanmış olur.



Şekil 3.16: 3 fazlı gerilim ve akım trafolu aktif sayaç bağlantısı

3.2.3. Elektronik Sayaçlar ve Bağlantıları

Elektrik tesislerinde ve konutlarda kullanım için tasarlanan elektronik elektrik sayaçları tek fazlı ve üç fazlı olarak sınıf 1 hassasiyetinde üretilmektedir. Bu sayaçlara akıllı sayaçlar da denir. Hassasiyet sınıfları 0,5'e kadar düşürülmüştür. Günümüzde yeni yapılarda aboneliklerde elektronik sayaçların kullanılması zorunludur.

TEDAŞ Genel Müdürlüğü, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Etüt İdaresi yetkilileri 2010 yılında yapmış oldukları çalışmalar neticesinde birtakım hesaplamalarda bulunmuşlar ve buna göre 17:00 ile 22:00 saatleri arasında kullanımın toplam kullanıma göre miktarı %15 olarak saptanmış. 2003 yılında bu oran daha da büyümüştür.

Tüketimin yaklaşık %25-30'unun meskenlere ait olduğu düşünüldüğünde, meskenlerde kullanılan enerjinin büyük bir kısmının faal alanın dışına kaydırılmasıyla maksimum % 25'lik bir kullanım saat bazında kaybolarak daha fazla tasarruf sağlamaktadır. Saat zamanındaki aşırı yüklenmeden oluşan hat kayıpları, vs. diğer unsurların eklenmesiyle oluşan enerjinin 2010 yılı verilerine göre yıllık bazda % 15'lik kaydırılması neticesinde elde edilecek tasarruf, 1,5 milyar doları bulmaktadır. Bu kendi elimizdeki enerjiyi kullanma sırasında kâra geçmek anlamına gelir.

Sonuçta elektronik elektrik sayacının kullanımının yaygınlaşması hem enerji üreticisine hem abonelere hem de ülke ekonomisine bir katkı sağlamaktadır. Sayaç bir taraftan wattmetre gibi bağlı olduğu devrenin gücünü ölçerken diğer taraftan zaman içinde değişen bu güçlerin zamanla çarpımlarını toplayıp kWh veya MWh olarak kaydeder.

Sayaçlar, Elektrik Tarifeleri Yönetmeliği'nde öngörülen tarife kategorilerini sağlamak için 4 tarifeli (Türkiye'de gündüz, gece, puant olarak 3 tarife uygulanmaktadır, 2011 yılı itibari ile), bir günü sekiz ayrı zaman dilimine bölebilmekte, hafta içi, cumartesi ve pazar günleri için ayrı ayrı tarifelendirme yapabilmektedir. Tarifelendirmedeki asıl amaç, elektrik enerjisi tüketimini 24 saate dengeli biçimde yaymak ve tüketicuyu elektrik tüketimi konusunda bilinçlendirmektir. Kullanıcı sayaç bilgilerini kontrol ederek tüketimini yönlendirebilir. Her zaman dilimi farklı fiyatlandırılacağı için tarifeli kullanım tüketicuyu ucuz olan zaman aralığında elektrik tüketmeye yöneltecektir. Analog sayaçlarda olduğu gibi dijital elektrik sayaçlarının da reaktif güç ölçümü yapanları imal edilmektedir.

- Mekanik sayaçla elektronik sayaç arasındaki farklar:
 - Mekanik sayaçlarla elektronik sayaçların ölçüm sistemi farklıdır.
 - Elektronik sayaçlarda mekanik parçalardan kaynaklanan sorunlar yüzünden arızalanma söz konusu değildir.
 - Elektronik sayaçlarda klemens ve gövde kapağı açılma tarihleri, saatleri ve adetlerinin kayıtları tutulduğu için kaçak elektrik kullanma riski çok azdır.
 - Elektronik sayaçlarda geriye dönük tüketim bilgileri tutulduğundan enerji bilgileri takip edilebilir.
 - Elektronik sayaçlarda çok tarifeli sisteme abone olunarak tüketilen aynı enerjiye karşı daha az para ödemek mümkündür.
- Elektronik elektrik sayaçları tasarruf sağlaması

Mekanik sayaçlar tek tarife üzerinden fiyatlandırıldığı için aylık gider sabittir. Elektronik sayaç satın alınıp çok tarifeli sisteme abone olunduğu takdirde mekanik sayaçta tüketilen enerjiye ödenen tutar elektronik sayaçta daha azdır (Kullanılan zaman dilimine bağlı olarak). Ödenen faturada tasarruf sağlanması için yalnızca elektronik sayaç almak yetmez ilgili kuruma başvuru yapılarak **çok tarifeli sisteme abone olunması** gerekmektedir.

Türkiye'de üç çeşit tarife sistemi vardır. Çift terimli, tek terimli, çok zamanlı tarife sistemidir. Çift terimli tarifede tüketilen elektrik enerjisi için kWh miktarı üzerinden alınan bedel ile buna ek olarak sözleşme gücü karşılığında kW miktarı üzerinden alınan bedel esasına dayalı tarife sınıfıdır. Çift terimli tarifeden enerji alacak müşteriler, çekilen gücün en yüksek değerini belirleyen özellikteki demantmetreli (demant: talep, istek) sayaç tesis etme zorunluluğu vardır. Tek terimli tarifede tüketilen elektrik enerjisi için kWh miktarı üzerinden bedel alma esasına dayalı tarife sınıfıdır.

Çok zamanlı tarifeli sistemde günün belli saatlerinde ve haftanın belli günlerinde tüketilen elektrik enerjisi için farklı fiyatlardan bedel alma esasına dayalı bir uygulamadır. Hafta sonu dönemi (cumartesi-pazar) şimdilik uygulanmamaktadır.

Bu sisteme abone olan tüketicilerin sayaçları:

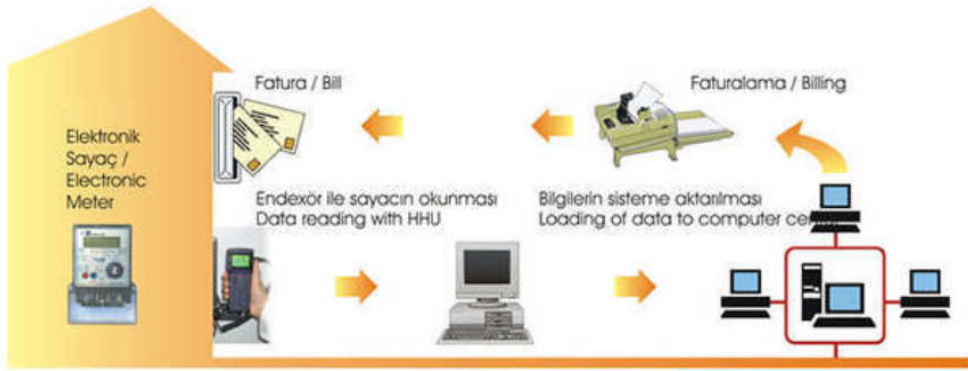
(06:00–17:00) arası “Gündüz Tarifesi”

(17:00–22:00) arası “Puant Tarifesi” (puant= En yüksek güç çekilen zaman)

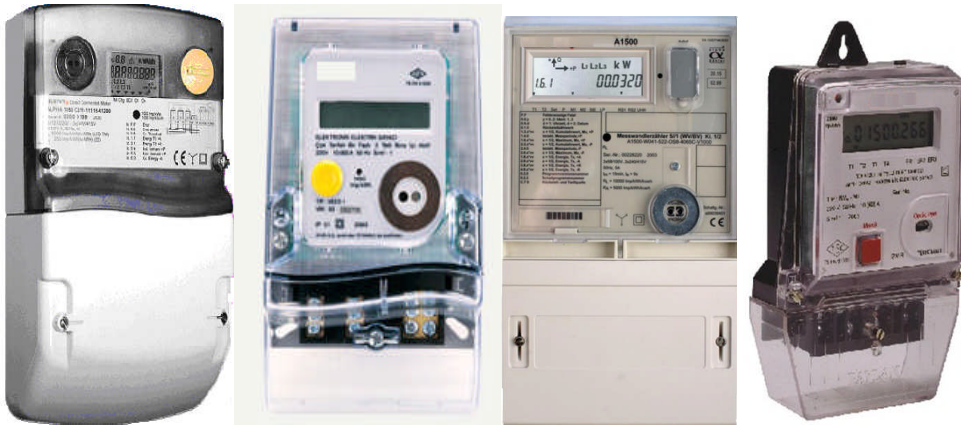
(22:00–06:00) arası “Gece Tarifesi” olarak tarifelenir.

- Gündüz tarifesinde normalden yaklaşık %5 daha ucuz faturalandırılır.
- Puant tarifesinde normalden yaklaşık %50 daha pahalı faturalandırılır.
- Gece tarifesinde normalden yaklaşık %50 daha ucuz faturalandırılır.

Elektronik elektrik sayaçlarında faturalama sistemi aşağıdaki blok diyagramında görüldüğü gibi abonede alınan bilgi bilgisayara aktarılıyor. Daha sonra bilgi işlem merkezine aktarılan bilgi faturalanarak aboneye ulaştırılıyor.



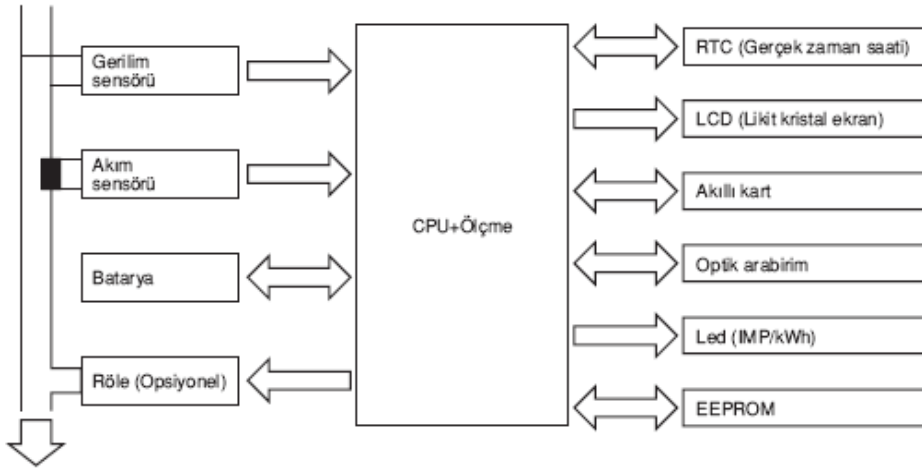
Resim 3.3: Elektronik sayaçlarda faturalama bilgi sistemi



Resim 3.4: Elektronik elektrik sayaç çeşitleri

➤ Sayaç yapısı

Elektronik elektrik sayaçları piyasada birçok firma tarafından üretilmektedir. Üretim standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde yapılmakta ve prensip olarak üretilen sayaçların tamamı aynı özelliktedir. Aktif ve reaktif olarak elektronik sayaçlar üretilmektedir. Ayrıca günümüzde trifaze sistemlerde, üç fazlı kombi (aktif- reaktif- kapasitif) sayaçlar kullanılmaktadır.

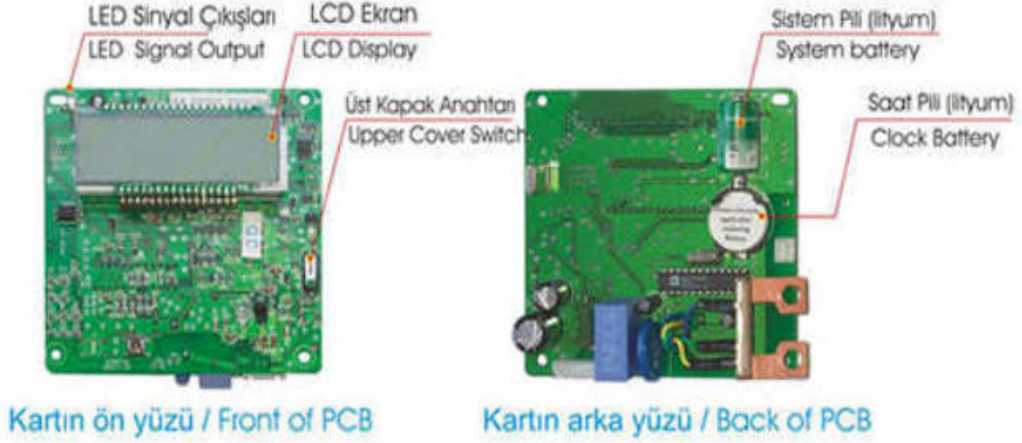


Şekil 3.17: Çok tarifeli elektronik elektrik sayaçlara ait teknik diyagram



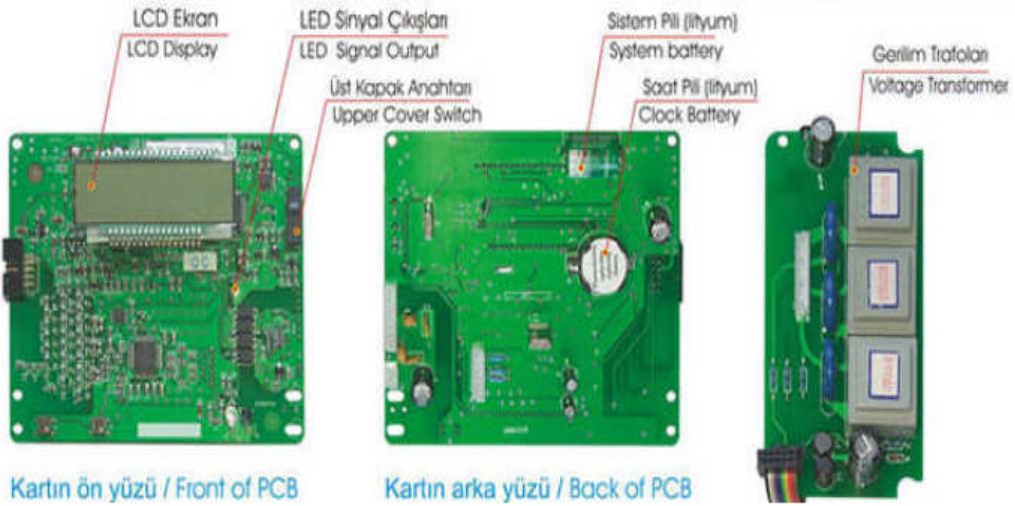
Resim 3.5: Elektronik elektrik sayacın ön görünüş ve iç yapısı

Monofaze Çift yüzlü ölçme kartı / MF double sided PCB



Resim 3.6: Bir fazlı elektronik sayacın iç yapısı

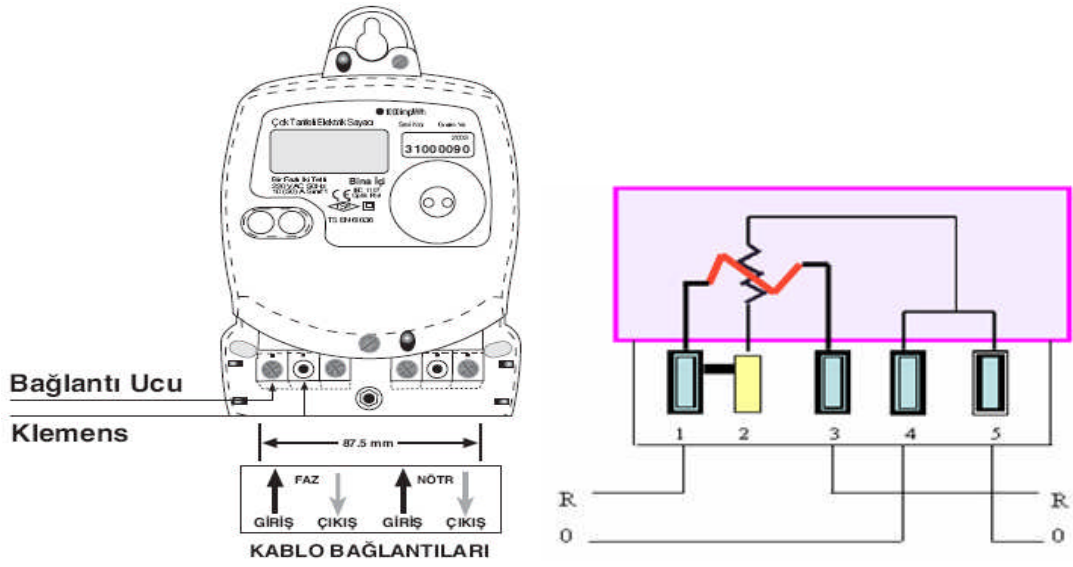
Trifaze Çift yüzlü ölçme kartı / TF double sided PCB



Resim 3.7: Üç fazlı elektronik sayacın iç yapısı

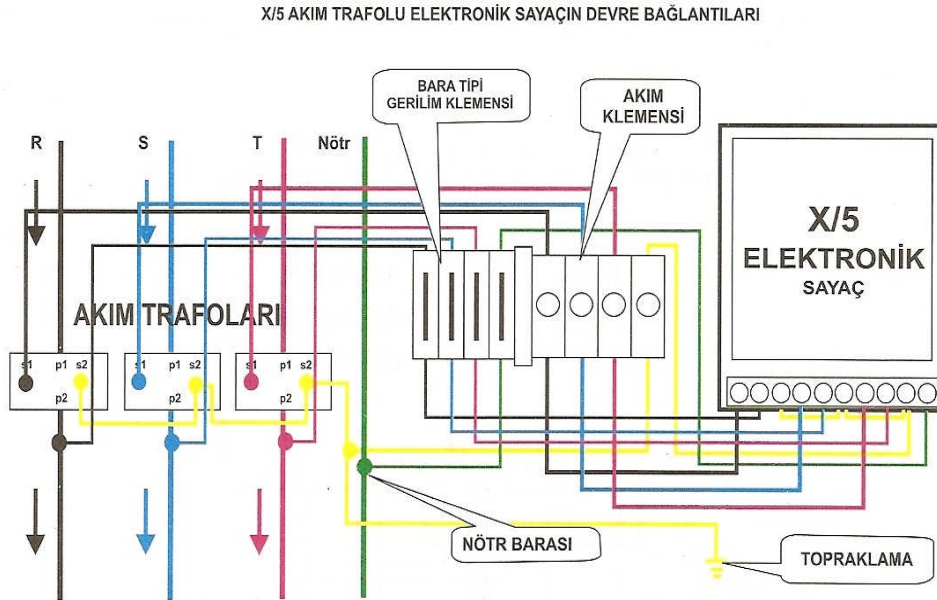
➤ Sayaç bağlantıları

Elektronik elektrik sayaçlarının bağlantısı mekanik sayaçlarda olduğu gibidir. Klemens bağlantıları mekanik sayaçlar ile aynı özellikleri taşımaktadır.

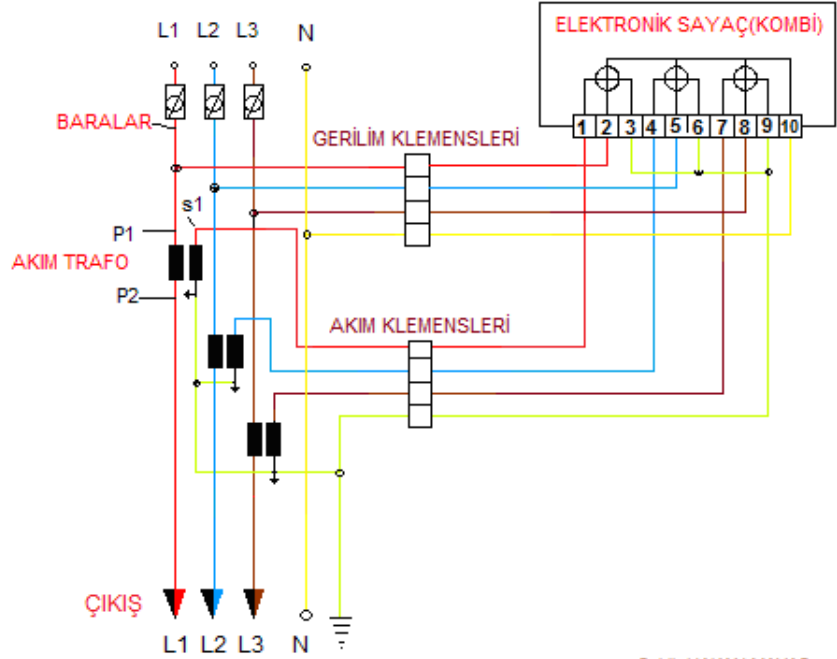


Şekil 3.18: Bir fazlı aktif elektrik sayacının klemens bağlantısı

Şekil 3.19'daki devre bağlantısında, x5 (akım trafolu), kombi (aktif- endüktif- kapasitif) sayaç bağlantısı verilmiştir, inceleyiniz. Bağlantı akım ve gerilim klemensleri ile yapılmıştır.



Şekil 3.19: 3 fazlı x5 kombi (aktif- endüktif- kapasitif) elektrik sayaç bağlantısı



Şekil 3.20: Ölçüm panosu 3 fazlı x5 kombi elektrik sayaç bağlantısı



Resim 3.8: 1 fazlı ve 3 fazlı elektronik elektrik sayaçları

Sayaç bağlantılarına dikkat edilmelidir. Sayaç faz sırasının hatalı bağlanması durumunda ekranda gerilimleri ifade eden ikonlar yanıp söner, bu durumda gerilim uçlarının kontrol edilerek düzeltilmesi gerekmektedir. Faz sırası hatası başlangıcından sonra 120 sn. içerisinde enerji kesilerek hata düzeltilir ise sayaç hata kaydı almaz.

Akım uçlarının doğru bağlanması durumunda ilgili fazın akım işareti LCD ekranda sabit yanar, akım uçları ters bağlanan fazın işareti yanıp söner. Ters bağlantının başlangıcından sonra 120 sn. içerisinde enerji kesilerek hata düzeltilir ise sayaç hata kaydı almaz. Sadece akım uçlarının ters bağlanması durumunda sayaç ölçümlerini doğru yapmaya devam eder.

➤ **Teknik özellikleri**

Genel olarak elektronik elektrik sayaçlarının özellikleri aynıdır.

- **Ölçüm fonksiyonları**
 - 4 tarifiede de toplam aktif enerji ölçümü yapılabilir.
 - 4 tarifiede de toplam reaktif - kapasitif enerji ölçümü yapılabilir.
 - Zaman dilimleri ve tarifeler programlanabilir.
 - Gün içinde 12 ayrı zaman dilimi belirlenip, belirlenen bu zaman diliminde dört tarifieden biri seçilebilir.
 - Ayrıca 32 tatil günü, 8 ayrı günlük, 8 ayrı haftalık ve 12 ayrı aylık program yapılabilir.
- **Faturalama fonksiyonu**
 - Faturalama indeksleri otomatik olarak okunabilir.
 - Faturalamanın başlangıcı her ayın birinci günü saat 00:00 'dır.
 - İstendiğinde de herhangi bir günde programlanabilir.
 - Son 12 ayın bilgilerini saklama özelliği vardır.
 - Toplam aktif, reaktif, kapasitif enerjileri dört tarife bazında 12 ay saklama özelliği vardır.
- **Kendi kendine arıza bulma**

Sayaç kendisindeki devreleri sürekli otomatik olarak kontrol edip arıza menüsünde arıza var veya yok ekranda belirtir. Bu hatalar: Bellek, gerçek zaman saat hatası; saat pili zayıf, sistem pili zayıf uyarısı, üst kapak ve klemens kapağı açık hatalarını gösterir.
- **Klemens ve üst kapak açılma, kapama, kaydetme özelliği**

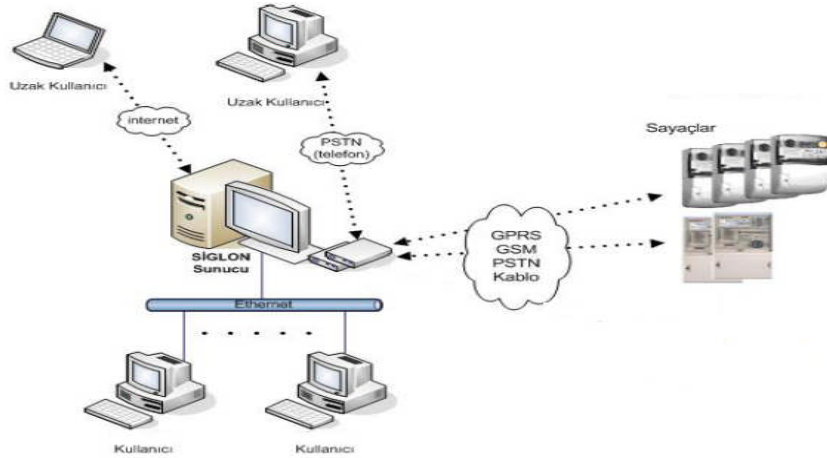
Üst kapağın veya klemens kapağının açılması durumunda her ay için ilk açılma tarihini ve o ay içindeki toplam açılma sayısını kaydeder. Kapak açılma tarihi ve adedi bilgilerinin son 12 ayı bellekte saklanır.
- **Sayaçla iletişim, optik port ile okuma**

Elektronik sayaçların üzerinde optik port bulunmaktadır(Enerji var iken veya yok iken). Sayaç herhangi bir müdahale yapılmadan optik port arayüz bağlantısı ile hem bilgisayar üzerinden hem de el endeksörü kullanılarak okunabilir. Ayrıca elektrik kesik iken de LCD ekranını aydınlatan back-light sistemi sayesinde karanlıkta okunabilir.

- RS 485 üzerinden okuma**
 RS 485 çıkışı sayesinde RS 232 = RS 85 adaptör yardımı ile doğrudan bilgisayara bağlanarak okuma programı yardımı ile okunabilir. Sayaçlar bu data çıkışı sayesinde ileriki dönemlerde uzaktan okuma ile ilgili çalışmalar hiçbir zorunluluk yok iken bu konuda birçok firma bu sistemin alt yapısını hazırlamış bulunmaktadır. Böylece abonedeki sayaç okuma işlemi için tahsis edilen personelin işlevini bu bağlantı ile ortadan kaldıracaktır. En önemlisi ise kaçak elektrik kullanımını azaltmada en önemli faktör olarak görülmektedir. Konu ile ilgili örnek şemalar aşağıda verilmiştir.



Şekil 3.21: RS 485 port üzerinden ve optik port ile sayaç okuma sistemi




Şekil 3.22: Uzaktan sayaç okuma blok diyagram şeması

- Yedekleme güç beslemesi**
 Elektrik kesintilerinde elektronik sayaç, süper kapasitör ve bir pil bileşiminden oluşan kesintisiz bir güç kaynağından yararlanarak gerçek zaman saati ve takviminin sürekli beslenmesini sağlar. Bu sistemle elektrik kesintilerinde saat ve tarih / takvim bilgilerinin korunması güvenli olarak sağlanmış olmaktadır.

- **Led sinyali ve pulse çıkışları**
Sayaç üzerinde yanıp sönen LED'ler mevcuttur.
- **Yaz / Kış otomatik zaman saati ayarı**
Elektronik sayaçlar yaz / kış saat uygulamasını üretim tarihinden itibaren 16 yıl boyunca otomatik olarak kendiliğinden ayarlar.
- **Demantmetre fonksiyonu**
Tüm elektronik sayaçlar demantmetrelidir (Demant= Talep, istek, en yüksek çektiği güç miktarı ölçme). 5, 10, 15, 30, 45, 60, 120 dakikaya ayarlanabilir özelliktedir. 6 aylık bilgiler hafızada saklıdır.
- **ZamanProgramlanması**
Bir günlük zaman en çok 12 zaman dilimine bölünebilir ve her bir zaman dilimi 4 tarifeden birine eşleştirilip seçilebilir. Ayrıca günlük zaman programının yanında haftalık zaman programlanması (WP), Aylık zaman programlanması (MP) ve tatil zaman programlanması (HP) yapılabilir.
- **Çalıştırma ve fonksiyon kontrolleri**
Sayaç monte edilip enerji verildiği zaman LCD ekrana görüntü gelir.
- **Klemens kapağı açma/Kapama kontrolü**
Klemens kapağı yerine vidalandıktan sonra LCD ekranında kilit sembolleri yanıp sönmeye başlar. Optik port ile okuma yapılırca bu sembol kaybolacaktır.
- **Auto display**
Auto-display modu sayacın çalışmaya başlamasıyla birlikte devreye girer. Her bilgi 5 sn. ekranda görünür ve kendinden sonra gelen bilgi ekrana gelir.
- **Fazların ve akımların kesilmesi kaydı**
Elektronik sayaçların birçoğu en son faz kesilme zamanının başlangıç ve bitiş tarih ve saatlerini (her faz için ayrı ayrı ve toplam), faz kesilme toplam zamanını dakika olarak en son akım kesilme zamanının başlangıç ve bitiş tarih ve saatlerini (her faz için ayrı ayrı ve toplam), akım kesilme zamanının dakika olarak toplam süresini ve en son ters akım oluşma zamanının başlangıç, bitiş tarih ve saatlerini (faz, faz ve toplam olarak) ters akım oluşma zamanının toplam süresini dakika olarak hafızasına kaydeder.
- **Mevcut panolara uygunluk**
Elektronik sayaçlar, Türkiye koşullarının gereği olan, kullanımdaki diğer elektrik pano ve ekipmanlarına TSE standart ölçülerine uygun imal edilmektedir. Mekanik sayaçlarla birlikte aynı panoda kullanmak mümkündür. Sayaç periyodik muayeneleri 10 yılda bir yapılır.

➤ **Kullanım sırasında dikkat edilmesi gereken hususlar**

- Sayaç maksimum akımın (Teknik özelliklerde ve sayacın üzerindeki kimlik bilgilerinde parantez içerisinde gösterilmiştir.) 10 saniye üzerinde çalıştırılmamalıdır.
- Elektrik enerjisi bulunan kısımlara dokunulmamalıdır.
- Sayacın sökülmesi ve takılması sırasında elektrik mutlaka kesilmelidir.
- Sayacın montajı, yetkili kurum ya da teknisyenler tarafından bağlantı şeması referans alınarak yapılmalıdır.
- Sayaç doğrudan güneş ışığına maruz bırakılmamalıdır.
- Sayaç darbeye karşı muhafaza altına alınmalıdır.
- Sayaç sudan ve aşırı nemden korunmalıdır.
- Sayacın dış yüzeyi plastik ve türevlerini çözücü maddeler ile temizlenmemelidir.
- Gerektiğinde sadece ön cam kuru bir bez ile silinmemelidir.
- Klemens kapağına müdahale edilmemelidir.
- Bağlantısı yapılmış sayacın klemens kapağı söküldüğünde ya da klemens kapağı üzerine tutturulmuş plastik çubuk parça, gövde üzerindeki yuvasına tam girmediğinde LCD göstergede  ikaz mesajı belirir.
- Sayaçta iki adet mühür yeri vardır. Bu noktalarla oynanmamalıdır.
- Bu cihaz bir ölçü aletidir. Taşıma esnasında gerekli özen gösterilmelidir.
- Sayaç kullanım kılavuzun da belirtilen talimatlar haricinde kullanılmamalıdır. Aksi takdirde üretici firma hiçbir sorumluluk üstlenmez.

3.2.4. Kartlı Sayaçlar ve Yapısı

Değişik enerji kaynaklarına yönelimin sürekli olduğu süreçte, tasarruf ciddi bir öneme sahiptir. Dolayısıyla üretimin ve özellikle tüketimin çok dikkatli yapılması ve insanların bu konuda bilinçlendirilmesi gerekmektedir.

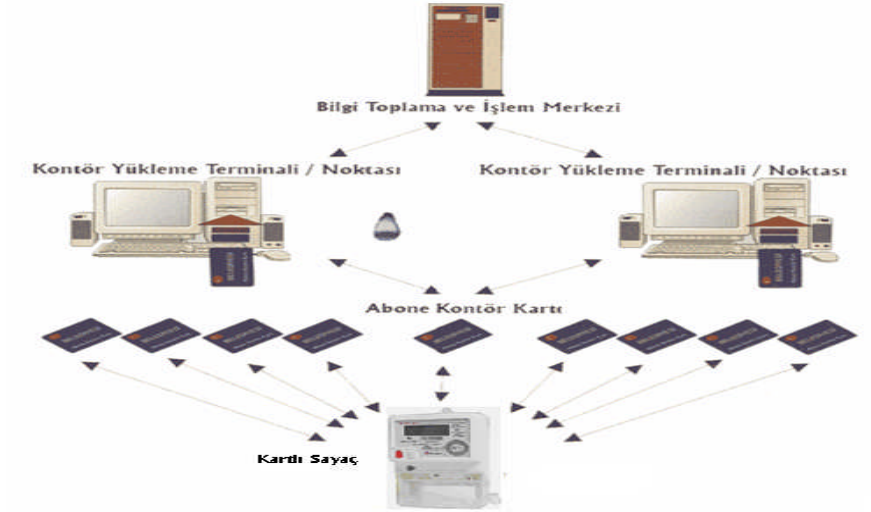
Elektromekanik sayaçların fiziki yapıları nedeniyle (Elektromekanik sayaçlar yeni tesislerde kullanılmayacaktır.) bu sayaçlar üzerinde kolaylıkla yasadışı işlemler yapılarak tüketimin doğru ölçülüp doğru kaydedilmesi mümkün olmamaktadır. Ancak kartlı sayaçlar ile bu işlemler önlenmektedir.

Ön ödemeli kullanım tasarlanmış elektrik sayaçlarıdır. Yani kullanacağımız elektrik tüketim miktarının istendiği kadar alınarak karta yüklenmesi ile sayaç üzerine takılarak tüketim yapılmasını sağlayan bir sistemdir. Bu sayaçta mikroişlemci verileri akıllı karttan okur, çözümler, ölçüm verilerini ve diğer sayaç bilgilerini silinmeyen hafızasına kaydeder. Sayaca yapılan illegal girişimleri gösterir ve kaydeder, ölçümleri ve diğer verileri karta transfer eder. LCD' nin çalışmasını düzenler, devre kesiciyi ve kornayı kontrol eder. Dâhili gerçek zaman saati 7'den fazla tarife ve 4 liste tarife kullanımı sağlar ve kullanım zamanı kaydını tutar.

Dağıtım şirketleri sayaçların okunmasından tahsilata kadar geçen süreyi en aza indirgeyecek alt sistemleri mutlaka yönetim sistemlerine dâhil etmek istemektedir. Böylece yıllık işletme masraflarını azaltmak, tahsilatı güvence altına alıp bugünkü tahsilat süresini de kısaltarak finansal kayıplarını en aza indirmeyi istemektedirler. Kartlı sayaçlar tahsilat ve okuma problemini ortadan kaldırmaktadır.



Resim 3.9: Bir fazlı ve üç fazlı kartlı elektrik sayacı



Şekil 3.23: Kartlı sayaçlara kontör yükleme sistemi

- **Kartlı sayaçların genel faydaları**
- Çoklu tarife uygulamaları ile tüketiciyi yönlendirir.
 - Bilinçli tüketici oluşumuna katkı sağlar.
 - Daha hızlı ve doğru veri okuma olanağı sunar.
 - Şebeke problemlerini daha hızlı bir şekilde fark etme ve düzeltme olanağı sağlar.
 - Sayaç okuyucularının sayaca kadar gitmesi gerekmez.
 - Otomatik bir şekilde, hızlı ve sağlıklı veri okunması ve kaydedilmesi sağlanır.
 - Elektromekanik ölçüm yerine daha hassas ve güvenilir olan elektronik ölçüm yapılır.
 - Sayacın hafızasına kaydettiği verilerden yararlanarak, sayaçlara yasa dışı müdahaleleri tespit etmede kolaylık sağlar. Bu tür müdahalelerin en aza inmesini sağlar.
 - Sağlıklı veri tabanlarının oluşturulabilmesiyle tüketimin periyodik bir şekilde bireysel ve toplam olarak izlenebilmesi ve ileriye dönük planların sağlıklı bir şekilde yapılabilmesine olanak tanır.
 - Şebeke problemlerinin analizi daha hızlı ve sağlıklı bir şekilde yapılır.
 - Sayaç okuma ve faturalandırma işlemlerinde hataların ortadan kaldırılması ile zaman ve personel tasarrufu sağlar.
 - Yasa dışı kullanımların en aza indirgenmesiyle gelir artışı sağlanır.
 - Kredili veya ön ödemeli satışlarla nakit akışının düzenlenmesini sağlar.
 - Sayaç okuyucuların başına gelebilecek olası aksilikler söz konusu değildir. Müşteri hizmetleri kalitesinde artış sağlar.

3.3. Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği

Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'ni www.tedas.gov.tr (Türkiye Elektrik Dağıtım AŞ) internet adresinden inceleyiniz. Elektrik sayaçları ile ilgili kısımları arkadaşlarınızla tartışınız.

3.4. Elektrik Tarifeleri Yönetmeliği

Elektrik Tarifeleri Yönetmeliği'nden ilgili maddeler verilmiştir. Daha fazla bilgi için www.epdk.gov.tr (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) internet adresinden araştırabilirsiniz

- **Kartlı elektrik sayacı**
- **Madde 16** - Kartlı elektrik sayacı takan aboneden güvence bedeli alınmaz. Eski sayacını kartlı sayaçla değiştiren abonenin teşekkül veya şirkette bulunan güvence bedeli 19. madde hükümlerine göre ve kartlı sayacın takıldığı gün, 15. maddenin B bendinde belirlenen esaslara göre iade edilir.

- **Sayaç bakım ve ayar bedeli**
 - **Madde 18** - Sayacın her türlü bakımıyla kanun ve tüzükler gereğince zamanında ayarlanması teşekkül veya şirketçe yapılacaktır. Abonenin kendi sayacının bakım ve ayar gideri kendisine ait olacaktır.
- **Demandmetreli (En büyük güç göstergeli) sayaç**
 - **Madde 30** - (Değişik: R.G.: 14.08.1996/22727`de Yayımlanan Yönetmelik.) 30 kW (dahil) ve daha büyük güçlerde çift terimli tarifeden sözleşme yaparak elektrik enerjisi alan aboneler çekilen en büyük gücün belirlenebilmesi için demantmetreli sayaç tesis edecektir. Bu düzen mühürlenerek koruma altında bulundurulur. Her ayın belli bir gününde tarafların sorumluları o ay içinde tüketilen en büyük gücü kaydederek, ibreyi sıfıra getirir ve sayacı tekrar mühürlediklerini bir tutanak ile tespit ederler. Tespit tarihinde abonenin sayaç mahallinde bulunmaması durumunda, teşekkül veya şirket elemanlarının imzasıyla düzenlenecek tutanak geçerli olur.
- **Sayaç ve aletlerin konulacağı yerler, teşekkül veya şirket elemanının bu yerlere girebilmesi**
 - **Madde 32** - Sayaçlar ve 29'uncu maddede adı geçen aletler, onaylı projesinde belirtilen ve kolayca okunabilecek yere monte edilir ve uygun bir şekilde kolon aracılığıyla bağlantı hattına bağlanarak gerekli yerler teşekkül veya şirket tarafından mühürlenir. (Değişik fıkra: R.G.: 13.07.1999/23754`de Yayımlanan Yönetmelik, m.10) Fotoğraflı kimlik belgesi taşıyan teşekkül veya şirket elemanı, mesai saatleri içinde abonenin elektrikli ölçü aleti ve sayacının bulunduğu yerlere kadar girip bunları kontrol eder, onarır, değiştirir veya iptal eder. Ancak kaçak ihbarlarında mesai saati içinde olma koşulu aranmaz. Bu işlemlerin yapılması durumunda aboneyle teşekkül veya şirket elemanı tarafından tutanak düzenlenir. Buna engel olduğunda durum bir yazıyla aboneye bildirilir. Bu yazıya abone 1 (bir) hafta içinde cevap vermediğinde teşekkül veya şirket elektrik enerjisini kesmekte serbest olup elektrik enerjisi kesilmesi nedeniyle meydana gelebilecek zarar ve ziyandan sorumlu değildir.
- **Sayaç yerinin değiştirilmesi**
 - **Madde 33** - Sayaç yeri, sayacın yerine konulmasından sonra abonenin yazılı isteği teşekkül veya şirketin kabulü üzerine, bütün giderleri abone tarafından karşılanarak değiştirilir.
- **Sayacın kayıt değerinin kontrolü**
 - **Madde 34** - Teşekkül veya şirket, sayacın kaydettiği elektrik enerjisi miktarını doğruluğu açısından istediği zaman kontrol edebilir. Sayaç bozulduğunda veya doğruluğundan şüphe edildiğinde, yerine geçici olarak başka sayaç takmak koşuluyla teşekkül veya şirket arızalı sayacı sökmeye, onarmaya ve ayar edildikten sonra yerine takmaya yetkilidir.

Kontrol sayacı kullanıldığında tesisat teşekkül veya şirketçe eski durumuna getirilecektir.

- **Abonenin sayaç muayene isteği**
 - **Madde 35** - Abone, gideri kendisine ait olmak üzere sayacının kontrolünü yazılı olarak isteyebilir. Sanayi ve Ticaret Bakanlığının "Ölçüler ve Ayar Teşkilatı"na belirlenen kontrol ve ayar ücreti aboneden makbuz karşılığında peşin olarak tahsil edilir. Sökülen sayaç, teşekkül veya şirket tarafından yerine başka bir sayaç takılarak kontrole gönderilir. Kontrol sonucunda sayacın Sanayi ve Ticaret Bakanlığı "Ölçüler ve Ayar Teşkilatı"na belirlenen hata payı içerisinde çalıştığı anlaşılırsa aboneden peşin alınan kontrol ücreti geri verilmez. Sayacın hata payının üstünde çalıştığı tespit edilirse aboneden peşin alınan kontrol ücreti geri verileceği gibi, sayacın kontrol edilip yerine takıldıktan sonraki 2 (iki) dönem içerisinde kaydedeceği değer esas alınarak, abonenin itirazına neden olan fatura döneminden başlanarak gerekli düzeltme yapılır. Bundan önceki dönem tüketimlerinde bir değişiklik yapılmaz.
- **Sayacın durması**
 - **Madde 36** - Herhangi bir nedenle sayaç tümüyle duracak olursa veya takıldığından beri hiç değer kaydetmemiş ise, bu dönemde tüketilen elektrik enerjisi, sayaç durmadan önceki ve sayaç çalışır duruma getirildikten sonraki iki fatura dönemi ortalaması esas alınarak hesaplanır.
- **Sayacın sökülmesi**
 - **Madde 37** - Sözleşmesi hangi nedenle iptal edilmiş olursa olsun, sözleşmenin iptal işlemi esnasında endeks tespit protokolü düzenlenir. Abonenin, teşekkül veya şirket ile olan bütün hesaplarının tasfiyesinden sonra sayaç aboneye teslim edilir. Sayaç, teşekkül veya şirket tarafından sökülmesi esnasında, kullanılamaz duruma getirildiğinde bedeli, sözleşmenin iptal tarihindeki rayiç bedel üzerinden aboneye derhal ödenir. Sözleşmenin iptalinden sonra 6 (altı) ay içerisinde alınmayan sayaç, teşekkül veya şirket mülkiyetine geçer.
- **Sayaç kaydının okunması ve faturalama esası**
 - **Madde 38** - Teşekkül ve şirket elemanı, faturalama dönemlerinde abone sayacının kaydettiği değeri mahallinde ve zamanında okuyarak faturalamaya esas olacak şekilde kayda geçirir. Sayacın kaydettiği değerle bir önceki okumadaki değerinin farkı o dönemdeki tüketimi verir. Faturalama dönemi içinde değiştirilen sayacın kaydettiği tüketim de ayrıca göz önüne alınır.

- **Madde 55 - Tarife Sınıfları**

Tek terimli ve çift terimli tarife olmak üzere iki tarife sınıfı kullanılacaktır.

- a) İsteyen abonenin, teşekkül veya şirkete müracaatı hâlinde gündüz, gece ve puant (elektrik enerjisi tüketiminin en yüksek olduğu dönem) dönemlerinde ayrı tarifeler uygulanır.
- b) Tek terimli tarifeden enerji alacak ve gündüz, gece ve puant dönemlerinde ayrı tarifeler uygulanacak olan abonenin sayacı, kendisi tarafından veya istemesi hâlinde teşekkül veya şirket tarafından bedeli karşılığında sağlanacak ve ücretsiz monte edilecektir. Uygulama sayacın takıldığı tarihten itibaren geçerli olacaktır.
- c) Enerji tarifelerinin uygulanması bakımından:

Puant Dönemi: Saat 17.00- 22.00

Gece Dönemi: Saat 22.00- 06.00

Gündüz Dönemi: Saat 06.00- 17.00 arasındaki dönemdir.

- d) Bu uygulamanın tek terimli tarifeye tabi olan abone gruplarından hangileri için geçerli olacağı Bakanlıkça belirlenecektir.

- **B - Çift terimli tarife:** Abonenin, grubuna bağlı olarak tükettiği aktif enerjiye ve güce (kW) çift terimli tarife uygulanır.

- a) Çift terimli tarifeden elektrik enerjisi alacak abone, maksimum gücü ölçmek üzere demandmetreli (en büyük güç göstergeli) sayaç monte etmek zorundadır. Bu sayaç abonenin istemesi durumunda teşekkül veya şirket tarafından bedeli karşılığında sağlanacak ve monte edilecektir.
- b) Puant tarifesi için gerekli olan üç kadranlı, kumanda saatli ve demandmetreli sayaç, teşekkül veya şirket tarafından bedeli karşılığında temin ve monte edilecektir. Uygulama sayacın takıldığı tarihten başlayarak geçerli olacaktır.
- c) Puant abonesine; gündüz, gece ve puant dönemlerinde ayrı tarifeler uygulanır.
- d) Çift terimli tarifeden enerji alan ve sözleşme gücü 0.7 MW (dahil) ve daha fazla olan aboneye puant tarifesi uygulanacaktır.
- e) Ancak çift terimli tarifeden enerji alan ve sözleşme gücü 0.7 MW'ın altında olan abonelere de, talep etmeleri hâlinde; gerekli ölçü sistemini kurmaları koşuluyla puant tarifesi uygulanır.
- f) Enerji tarifelerinin uygulanması bakımından

Puant dönemi: Saat 17.00- 22.00

Gece dönemi: Saat 22.00- 06.00

Gündüz Dönemi: Saat 06.00- 17.00 arasındaki dönemdir.

- g) (Ek bent: R.G.: 02.12.1995/22481`de Yayınlanan Yönetmelik; Değişik: R.G.: 23.12.1995/22502`de Yayınlanan Yönetmelik.)

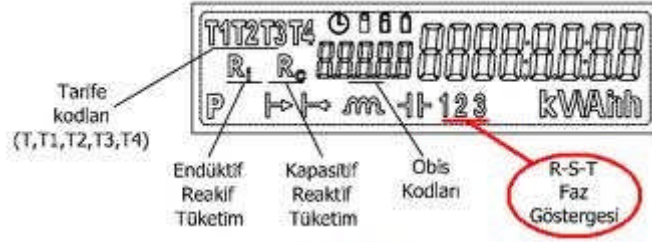
Endüksiyon ve Ark Ocaklı abonelerin, gerekli ölçme düzenini sağlamları durumunda cumartesi ve pazar günlerinde tüketecikleri elektrik enerjisine gece dönemi tarifesini (22.00- 06.00) uygulanır.

3.5. Elektrik Piyasasında Kullanılacak Sayaçlar Hakkında Tebliğ

Elektrik piyasasında kullanılacak sayaçlar hakkında tebliğ için www.epdk.gov.tr (Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu) internet sayfasında yayınlanmaktadır. Tebliğin tamamını ilgili internet adresinden inceleyebilirsiniz.

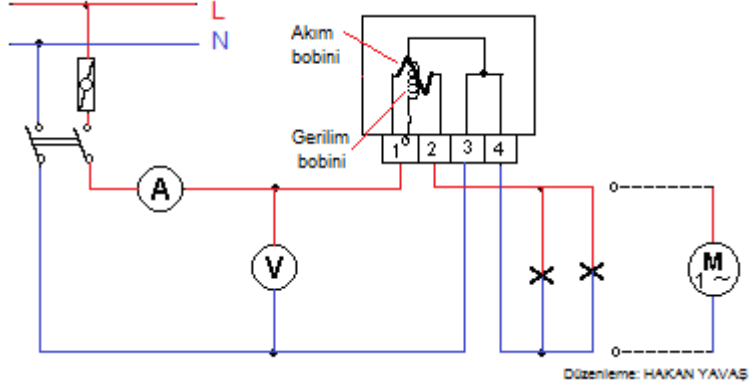
3.6. Topraklamalar Yönetmeliği

Yönetmeliği araştırmanız ilgili kısımları arkadaşlarınızla tartışınız. Daha fazla bilgi için www.tedas.gov.tr (Türkiye Elektrik Dağıtım AŞ) internet adresinden araştırabilirsiniz.



Şekil 3.24: Elektronik sayaç ekran görüntüsü

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 3.25: 1 fazlı aktif sayaç bağlantısı

1 fazlı devrelerde, 1 fazlı aktif elektrik sayacı deney bağlantı şeklini kurarak değerleri gözlem tablosuna kaydediniz, sayacı ölçtüğü iş değerinden güç değerini hesaplayarak gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi:

- 1 adet ampermetre ve 1 adet voltmetre
- 1 adet bir fazlı elektromekanik ve 1 adet 1 fazlı elektronik sayacı
- Alıcılar (Lamba veya farklı alıcılar kullanınız.)

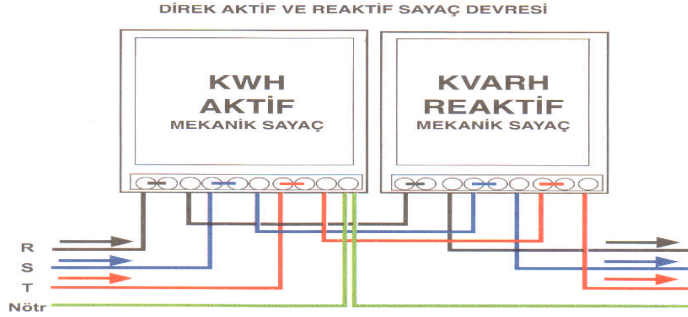
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 3.25'deki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Deney bağlantı şeklini kurunuz.	➤ Ölçü aletlerinin doğru bağlandığından emin olunuz.
➤ Devreye enerji vererek önce elektromekanik sayaç ile sonra elektronik sayaç ile alınan değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.	➤ Enerjiyi öğretmenin denetiminde veriniz. Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz. Elektromekanik ve elektronik sayaç bağlantı şekillerinin aynı olduğunu hatırlayınız.
➤ Ölçtüğünüz iş değerinden gücü hesaplayarak bulunuz.	➤ Güç değeri için, $W = P \times t$ formülünü doğru olarak kullanınız.
➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazınız.

Gözlem Nu.	Sayaç cinsi	Deneyde Alınan Değerler			Hesaplanan Değer
		I (A)	U(V)	W(kwh)	$P= W/t$
1	Elektromekanik				
2	Elektronik				
3					
4					

Tablo 3.1: Deney gözlem tablosu

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 3.26: 3 fazlı aktif ve reaktif sayaç bağlantısı

3 fazlı devrelerde, 3 fazlı aktif ve reaktif elektrik sayaç deney bağlantı şeklini kurarak değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi:

- 1 adet üç fazlı aktif sayaç
- 1 adet üç fazlı reaktif sayaç
- Alıcılar (Farklı alıcılar kullanınız.)

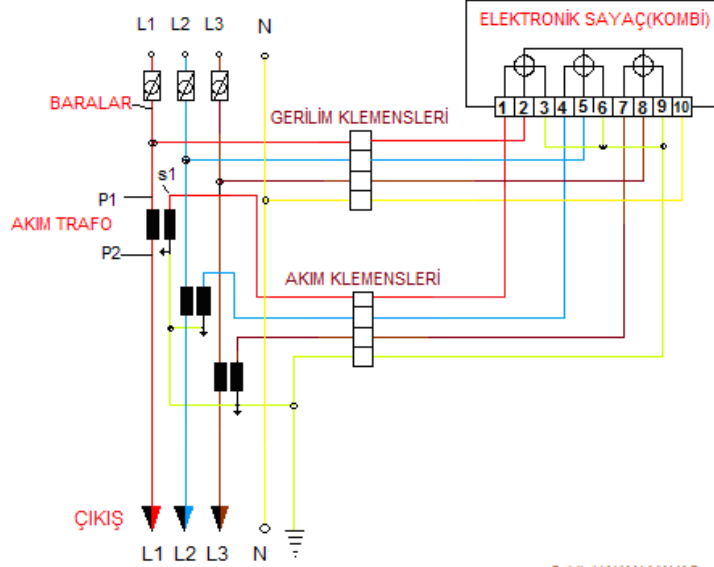
İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 3.26'daki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Deney bağlantı şeklini kurunuz.	➤ Aktif sayaç akım bobinleri ile reaktif sayaç akım bobinlerinin seri bağlanacağını unutmayınız.
➤ Devreye enerji vererek alınan değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.	➤ Enerjiyi öğretmenin denetiminde veriniz. Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.
➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazınız.

Gözlem Nu.	Alıcı (Yük) cinsi	Deneyde Alınan Değerler		Sonuç
		Aktif sayaç	Reaktif sayaç	
1	Omik			
2	Endüktif			
3	Kapasitif			
4				

Tablo 3.2: Deney gözlem tablosu

UYGULAMA FAALİYETİ



Şekil 3.27: 3 fazlı akım trafolu x5 kombi sayaç bağlantısı

3 fazlı devrelerde, 3 fazlı x5 kombi (aktif- reaktif- kapasitif) elektrik sayaç deney bağlantı şeklini kurarak değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.

Malzeme Listesi:

- 1 adet üç fazlı x5 kombi sayaç
- 3 adet akım trafoları
- Alıcılar (Farklı alıcılar kullanınız.)
- 4 adet akım ve 4 adet gerilim klemensleri

İşlem Basamakları	Öneriler
➤ Şekil 3.27'deki devrenin malzemelerini temin ediniz.	➤ Malzemeleri öğretmenin denetiminde temin ediniz.
➤ Deney bağlantı şeklini kurunuz.	➤ Akım trafolarını sekonder sargı uçlarının kombi sayaç akım bobinlerine bağlanacağını unutmayınız. ➤ Akım ve gerilim klemensleri üzerinden bağlantılarınızı yapınız. ➤ Sayaç nötr bağlantısını unutmayınız.
➤ Devreye enerji vererek alınan değerleri gözlem tablosuna kaydediniz.	➤ Enerjiyi öğretmenin denetiminde veriniz. Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.
➤ Farklı alıcılar kullanarak deneyi tekrarlayınız.	➤ Aldığınız değerleri gözlem tablosuna doğru olarak kaydediniz.

Gözlem sonuçlarını aşağıdaki tabloya yazınız.

Gözlem Nu.	Alıcı (Yük) cinsi	Deneyde Alınan Değerler			Sonuç
		Aktif değer	Reaktif değer	Kapasitif değer	
1	Omik				
2	Endüktif				
3	Kapasitif				
4					

Tablo 3.3: Deney gözlem tablosu

KONTROL LİSTESİ

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

Değerlendirme Ölçütleri		Evet	Hayır
1.	İş güvenliği tedbirlerini aldınız mı?		
2.	Deney bağlantısı için malzemeleri doğru olarak temin edebildiniz mi?		
3.	1 fazlı aktif sayaç bağlantılarını doğru olarak yapabildiniz mi?		
4.	3 fazlı aktif ve reaktif sayaç bağlantılarını doğru olarak yapabildiniz mi?		
5.	3 fazlı akım trafolu kombi sayaç bağlantılarını doğru olarak yapabildiniz mi?		
6.	Aldığınız değerleri doğru olarak gözlem tablosuna kaydedebildiniz mi?		

DEĞERLENDİRME

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

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

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

1. () İndüksiyon sayaçlarının akım bobinleri kalın telden az sipirlidir.
2. () 3 fazlı indüksiyon sayaçlar üç adet bir fazlı sayaçtan meydana gelir.
3. () 3 faz 4 telli sayaçlar dengeli yüklerde kullanılır.
4. () Aron bağlı sayaçlar dengesiz sistemlerde kullanılır.
5. () Aron bağlı sayaçlarda 2 adet gerilim bobini vardır.
6. () Reaktif sayaç ile aktif sayaç arasında fark, sayacın gerilim bobinine uygulanan gerilimin akıma göre 90^0 kaydırılmasıdır.
7. () 2011 yılı itibari ile aktif değer endüktif reaktif değere oranı %20'i geçmemelidir
8. () Aktif sayaç akım bobinleri ile reaktif sayaç akım bobinleri birbirine paralel bağlanır.
9. () Gerilim trafolu sayaç, gerilim bobinleri 100 Volt olmalıdır.
10. () Akım trafolu sayaç, akım bobinleri 5 amperlik olmalıdır.

DEĞERLENDİRME

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

MODÜL DEĞERLENDİRME

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

1. () Elektronik sayaçlarda çok tarifeli sisteme abone olunarak tüketilen aynı enerjiye karşı daha az para ödemek mümkündür.
2. () 17.00- 22.00 saatleri arası puant yük zamanıdır.
3. () x5 sayaç akım trafolu sayaçtır.
4. () Elektronik sayaç bağlantılarında faz bağlantı sırası önemsizdir.
5. () Elektronik sayaçlarda RS 485 optik porttur.
6. () Demantmetreli sayaç çekilen en küçük güç miktarlarını gösterir.
7. () Elektronik sayaçlarda her bilgi 5 sn. ekranda görünür.
8. () Puant zaman diliminde elektrik tüketim ücreti % 50 ucuzdur.
9. () 1 HP= 1000 Watt'tır.
10. () Türkiye'de frekans 50 Hz.dir.

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-2'İN CEVAP ANAHTARI

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

ÖĞRENME FAALİYETİ-3'ÜN CEVAP ANAHTARI

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

MODÜL DEĞERLENDİRMENİN CEVAP ANAHTARI

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

KAYNAKÇA

- DOĞRU A., M. NACAR, **Elektrik Meslek Resmi**, Has Ofset, Kahramanmaraş, 2004.
- NACAR M., **Elektrik – Elektronik Ölçmeler**, Color Ofset, İskenderun, 2002.
- YAVAŞ Hakan, **Dağıtım Panoları**, Ankara, 2006.
- NAYMAN M., **Elektrik Laboratuvarı 3–4**, Özkan Matbaacılık, Ankara, 1995.
- **Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği**, EMO Yayını, Ankara, 2001.
- **Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği**, EMO yayını, Ankara, 2001.
- **Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği**, EMO Yayını, Ankara, 2000.
- www.tedas.gov.tr
- www.emo.org.tr
- www.epdk.gov.tr
- www.teias.gov.tr
- www.enerji.gov.tr