

DENEY 3: GÜÇ ÖLÇÜMLERİ

A. DENEYİN AMACI :

Gerilim, Akım, Güç ve Güç faktörü ölçümlerinin yapılması

B. KULLANILACAK ARAÇ VE MALZEMELER :

1. Multimetre
2. Güç analizörü
3. Değişik değerlerde yük ve bağlantı kabloları
- 4-Güç kaynağı

C. DENEY İLE İLGİLİ ÖN BİLGİ:

GÜÇ VE İŞ (ENERJİ) ÖLÇMEK GÜÇ ÖLÇMEK

Elektrik enerjisini bir elektrik motoruna uygularsak dönerek veya bir elektrik sobasına uygularsak ortamı ısıtarak iş yapar. Elektrik enerjisi bir iş yaptığı sürece, bir güce sahiptir. Birim zamanda (saniyede) yapılan elektrik işine güç denir. Gücün birimi watt (W) dır. Gücü ölçmek için elektriğin iki ana büyüklüğünü ölçmek gerekir. Bu büyüklükler gerilim ve akım şiddetidir. Bir devrede harcanan güç, o devrenin akımı ve gerilimi ile orantılıdır. Güç akım çeşidine göre iki ayrı şekilde ölçülür.

1- DC Devrelerde Güç Ölçmek

2- AC Devrelerde Güç Ölçmek

DC devrelerde ve alternatif akımın omik devrelerinde güç $P = U.I$ dır. Alternatif akımın endüktif ve kapasitif veya karışık devrelerinde güç $P = U.I \cos\phi$ dir. $\cos\phi$ güç katsayısıdır. Gücün ölçülmesinde ampermetre, voltmetre, AC devrelerde ayrıca $\cos\phi$ metre kullanılır. Gücün doğrudan doğruya ölçülmesinde wattmetre kullanılır.

DC DEVRELERDE GÜÇ ÖLÇMEK

Doğru akımın kullanım alanları oldukça daralmıştır. Elektrodinamik tip wattmetreler, hem doğru hem de alternatif akımda güç ölçebilirler. Endüksiyon tipi wattmetreler ise; döner alan prensibine göre çalıştıklarından sadece alternatif akımda güç ölçebilirler.

Doğru akım devrelerinde faz farkı ve güç katsayısı gibi etkenler olmadığından güç $P = U.I$ formülü ile hesaplanır. DC devrelerde güç iki şekilde ölçülür.

1- Ampermetre – Voltmetre metodu ile güç ölçmek

2- Wattmetre ile güç ölçmek

1- AMPERMETRE – VOLTMETRE METODU İLE GÜÇ ÖLÇMEK

Doğru akım devrelerinde güç $P = U.I$ formülü ile hesaplanır. Bir alıcının akımı ile geriliminin çarpımı gücü verir. Büyük güçlü alıcıların gücünün ölçülmesinde kullanılan ampermetre ve voltmetrorenin çekeceğı güç dikkate alınmaz. Bu nedenle ölçüm sonucunda herhangi bir problem oluşturmaz. Fakat küçük güçlü alıcıların ölçülmesinde devreye bağlanan voltmetrorenin çekeceğı güç sonucu etkileyeceğinden, devreye yükleme etkisi en az olan (direnci sonsuz) dijital elektronik voltmetreler kullanılmalıdır. Bu metotla güç ölçmek, ölçü aletlerinin devreye bağlanma şekline göre iki şekilde yapılır.

Büyük akımlı devrelerde ampermetre önce, küçük akımlı devrelerde ampermetre sonra bağlanır.

1- AMPERMETREYİ ÖNCE BAĞLAMA

Ölçü aletlerinden okunan akım ve gerilim değerlerinin çarpımı devrenin gücünü verir.

$$P = U.I \text{ (W)}$$

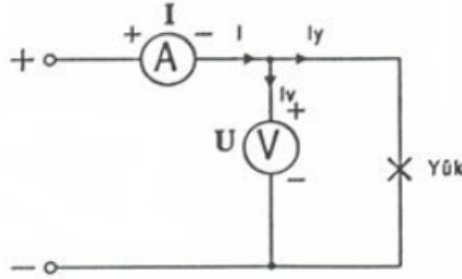
Ampermetre hem yükün çektiğı akımı, hem de voltmetrorenin geçen akımı gösterdiğinden, hesaplanan güç devrede kaybolan güçlerin toplamıdır.

$$I = I_y + I_v$$

$$P = U.(I_y + I_v) = U.I_y + U.I_v$$

Yükün gücü,

$$U.I_y = P - U.I_v$$



Ampermetre önce bağlama

Bu metotta yapılan hata, voltmetrorenin harcadığı güç kadardır. Yüksek akımlı, büyük güçlü devrelerde voltmetrorenin geçen akım (I_v) çok küçük olduğundan, voltmetrorenin gücü ölçülen gücün yanında çok küçük olur. Bu nedenle ihmal edilebilir. Bu durumda ampermetre ve voltmetrorenin okunan değerlerin çarpımı, yükün gücünü verir.

$$U.I_v = 0 \Rightarrow P = U.I \text{ (W)}$$

Devrenin gücü çok küçük ise ve çok hassas ölçme isteniyorsa, ya elektrostatik voltmetre ile ölçme yapılır ya da voltmetrorenin güç kaybı hesaplanır. Büyük güçlü devrelerin ölçülmesinde önce bağlama metodu kullanılır.

Voltmetrorenin geçen akım,

$$I_v = \frac{U}{R_v} \text{ (A)}$$

$$U.I_y = P - U \cdot \frac{U}{R_v} = P - \frac{U^2}{R_v}$$

Bu ölçmede, meydana gelen hatanın mümkün olduğu kadar küçük olabilmesi için, I akımının büyük, U geriliminin küçük ve voltmetre direncinin büyük olması gerekir.

Voltmetrede kaybolan enerji $\frac{U^2}{R_v}$ daima sabit kalır. Çünkü voltmetrenin iç direnci (R_v) ve

ölçme sırasında uygulanan gerilim (U) sabittir. Gerilim sabit kaldığı sürece, bütün değişik ölçmelerde, voltmetredeki güç kaybı her an sabit kalacağından, devrenin gücü hassas olarak tespit edilebilir. Bu metot daha çok yüksek akım ve küçük gerilimli alıcı güçlerinin ölçülmesinde kullanılır.

2- AMPERMETREYİ SONRA BAĞLAMA

Ölçü aletlerinden okunan akım ve gerilim değerlerinin çarpımı devrenin gücünü verir.

$$P = U \cdot I \text{ (W)}$$

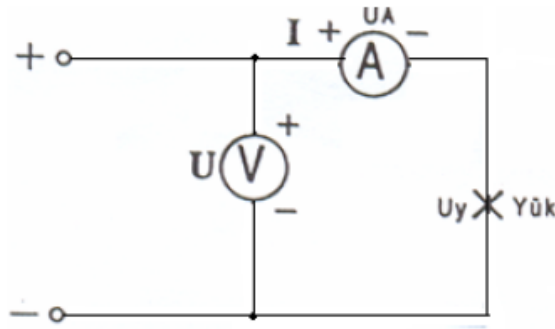
Voltmetre hem yük uçlarındaki gerilimi hem de ampermetrede düşen gerilimi gösterdiğinden, hesaplanan güç devrede kaybolan güçlerin toplamıdır.

$$U = U_y + U_A$$

$$P = (U_y + U_A) \cdot I = U_y \cdot I + U_A \cdot I$$

Yükün gücü,

$$U_y \cdot I = P - U_A \cdot I$$



Ampermetre sonra bağlama

Bu metotta yapılan hata, ampermetrenin harcadığı güç kadardır. Ampermetrenin iç direnci (R_A) çok küçük olduğundan, içinden geçen akım da küçük olduğu sürece, üzerinde ihmal edilebilecek kadar küçük gerilim düşümü olur. Büyük güç ölçmelerinde ampermetredeki güç kaybı ihmal edilir. Bu durumda ampermetre ve voltmetreden okunan değerlerin çarpımı, yükün gücünü verir.

$$U_A \cdot I = 0 \Rightarrow P = U \cdot I \text{ (W)}$$

Küçük güçlü devrelerin ölçülmesinde sonra bağlama metodu kullanılır. Ampermetrenin güç kaybı hesaplanır.

Ampermetrede düşen gerilim,

$$U_A = I \cdot R_A \text{ (V)}$$

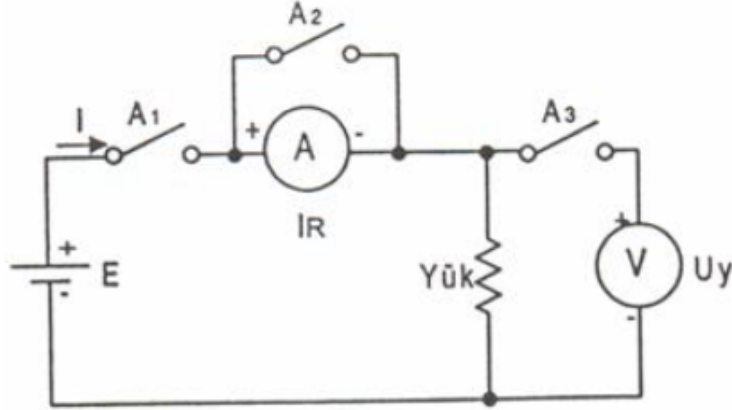
$$U_y \cdot I = P - I \cdot R_A \cdot I = P - R_A \cdot I^2$$

Bu ölçmede meydana gelen hatanın mümkün olduğu kadar küçük olabilmesi için, U geriliminin büyük, I akımının küçük ve ampermetre direncinin küçük olması gerekir.

Ampermetrede ısı şeklinde kaybolan güç $R_A \cdot I^2$, alıcının çektiği akımla doğru orantılı olarak değişir, yani sabit değildir. Bu metot daha çok yüksek gerilimli, küçük akımlı alıcı güçlerinin ölçülmesinde kullanılır.

Kullanılan ölçü aletleri dijital ise, ampermetreyi önce veya sonra bağlamada ölçülen değerler açısından bir fark olmaz. Ampermetre ve voltmetrorenin gösterdiği değerlerin çarpımı gücü verir.

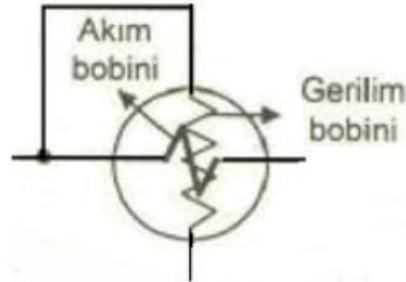
Daha doğru bir ölçme için şekildeki devre kurulur. A_1 anahtarı devreyi açıp kapatır. A_1 anahtarı kapatılarak ampermetrorenin gösterdiği değer alınır. Bu konumda voltmetro devrede olmadığından, devreye herhangi bir etkisi yoktur, geçen akımı arttırmaz. A_2 anahtarı kapatılarak ampermetro kısa devre edilir. Böylece ampermetro üzerinde gerilim düşümü olmaz. A_2 anahtarı kapalıyken A_3 anahtarı da kapatılarak voltmetrorenin ölçtüğü gerilim değeri alınır. Böylece daha doğru akım ve gerilim ölçülmüş olur. Yüktün gücü $P = U.I$ eşitliğinden hesaplanır. Bu ölçme tekniğinde kesinlikle hiçbir hata söz konusu değildir.



Ampermetro- Voltmetro metodu ile güç ölçmek

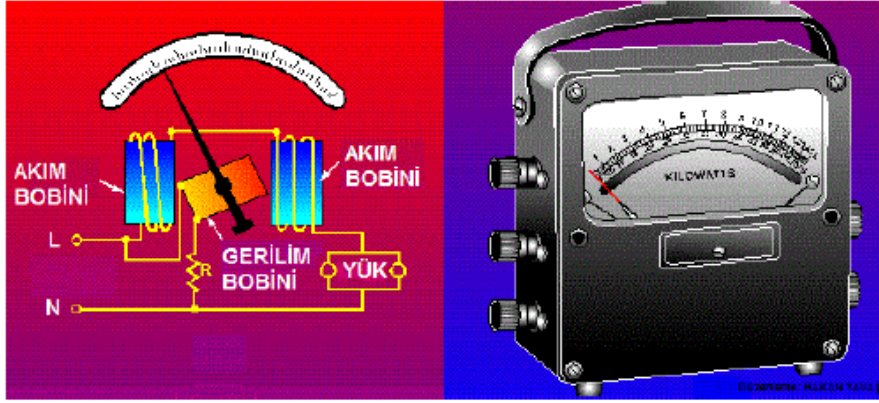
WATTMETRE İLE GÜÇ ÖLÇMEK

Doğrudan doğruya güç ölçen ölçü aletine wattmetro denir. DC devrelerde güç $P = U.I$ (W) olduğundan, güç ölçümünde aynı anda akım ve gerilimin ölçülmesi gerekir. Bu nedenle wattmetroreler akım ve gerilim bobini olmak üzere iki bobinden meydana gelmiştir. Akım bobini kalın kesitli, az spirli olarak sarılıp, devreye seri olarak bağlanır. Gerilim bobini ince kesitli, çok spirli olarak sarılıp, devreye paralel olarak bağlanır. Akım bobini sabit, gerilim bobini hareketlidir.



Wattmetrorenin iç yapısı

Gerilim bobininin uçları doğrudan doğruya şebekeye bağlandığından, bu bobinin meydana getirdiği manyetik alan şiddeti sabittir. Akım bobininin meydana getirdiği manyetik alan şiddeti ise, alıcının çekmiş olduğu akıma bağlıdır. Akım ve gerilim bobinlerinin oluşturduğu manyetik alanlar birbirine paralel olmaya çalışacaklarından, devrenin gücüne göre ibre saat ibresi yönünde sapar. Ölçü aleti devreye bağlandığı zaman, akım ve gerilim bobinlerinin elektromanyetik kuvvetlerinin etkisinden dolayı alet içerisinde bir döndürme kuvveti meydana gelir. Hareketli bobin ve buna bağlı gösterge, bu iki alanın etkisi altında kalarak döner. Her iki bobinin alan şiddeti arttırılırsa döndürme kuvveti de artar. Göstergenin sapma değeri hem akım hem de gerilimle orantılıdır.



Doğru akım devrelerinde en çok elektrodinamik wattmetreler kullanılmaktadır. Elektrodinamik wattmetreler hem DC de hem de AC de güç ölçümü yapabilirler. Akım bobini sabit, gerilim bobini ise hareketlidir. Endüksiyon tipi wattmetreler, döner alan prensibine göre çalıştıklarından sadece alternatif akımda güç ölçümü yapabilirler. Dijital wattmetrelerde kademe komütatörü ayarlandıktan sonra ölçülen değer doğrudan okunur. Analog wattmetrelerde ise, ibrenin gösterdiği değerin kaç ile çarpılacağı wattmetre üzerindeki kademelere göre belirtilmiştir.

Wattmetrelerde akım ve gerilim bobinlerinin ölçme alanları genişletilmiştir. Ölçü aleti hangi akım ve gerilim kademesinde çalışıyorsa, ibrenin gösterdiği değeri buna göre okumak gerekir. Çeşitli akım ve gerilim kademelerine göre ölçme yapan bazı wattmetrelerin akım ve gerilim kademelerinin uçları dışarıya çıkarılmıştır. Gerilim devresi için bir adet ortak sıfır ucu bulunur.

Doğrudan doğruya güç ölçen wattmetreler gücü watt (W), kilowatt (kW), m cinsinden ölçerler. Kadrantları üzerinde W, kW, MW gibi harfler yazılıdır.

$$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$$

$$1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$$

$$1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$$

$$1 \mu\text{W} = 10^{-6} \text{ W}$$

$$1 \text{ GW} = 10^9 \text{ W}$$

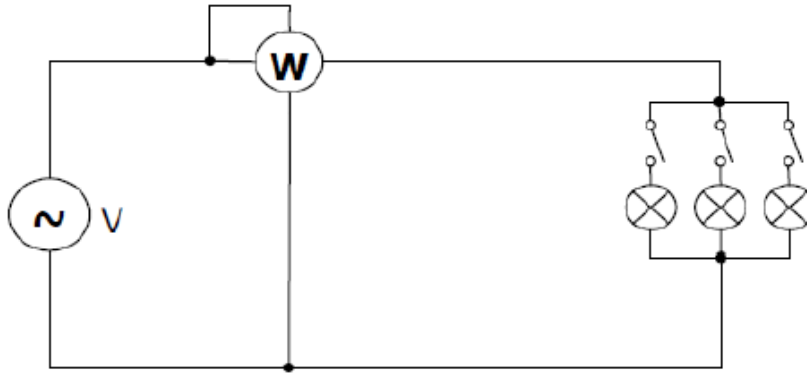


Analog ve Dijital Wattmetre

Wattmetreler bir ve üç fazlı olmak üzere iki çeşittir. Yapılarına göre 4 çeşittir.

- 1- Elektrostatik wattmetreler
- 2- Elektrodinamik wattmetreler
- 3- İndüksiyon wattmetreler
- 4- Dijital wattmetreler

Elektrostatik ve indüksiyon wattmetrelerin kullanım sahaları azdır. Uygulamada bir fazlı alternatif akım devreleri ile doğru akım devrelerinde elektrodinamik wattmetreler, üç fazlı alternatif akım devrelerinde indüksiyon wattmetreler çok kullanılır. Dijital wattmetreler genelde bir fazlı devrelerde çalışacak şekilde yapılmıştır.



Wattmetrenin devreye bağlanması

Akım ve gerilim bobinleri, ampermetre-voltmetre metodunda olduğu gibi birbirlerine iki şekilde bağlanırlar. Büyük akımlı, büyük güçlü devrelerde akım bobini önce, küçük akımlı, küçük güçlü devrelerde ise akım bobini sonra bağlanır. Böylece ölçme hatası en aza indirilmiş olur.

Akım bobini önce bağlı devrede hata, voltmetrenin sarfiyatı kadar fazladır. Akım bobini sonra bağlı devrede hata, akım bobininin sarfiyatı kadar fazladır. Hassas ölmelerde,

ampermetre ve voltmetre bobininin bu fazla güçleri tespit edilip wattmetrenin gösterdiği değerden çıkarılır. Kaba ölçmelerde buna gerek yoktur. Wattmetre ile güç ölçmede ampermetre-voltmetre metoduna göre sadece okuma hatası yarıya iner, diğer hatalar aynen mevcuttur.

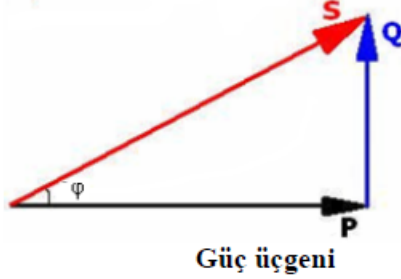
ALTERNATİF AKIMDA GÜÇ ÖLÇMEK

Alternatif akım devrelerinde çalışan alıcılar omik, endüktif ve kapasitif özellikte olabilirler. Bu alıcıların çektikleri akım ve gerilimleri arasındaki faz farkının da göz önüne alınması gerekir. Bu nedenle alternatif akımda güç,

Bir fazlı alternatif akım devrelerinde güç, $P = U.I \cos\varphi$

Üç fazlı alternatif akım devrelerinde güç, $P = \sqrt{3} . U.I . \cos\varphi$

Alternatif akım devrelerinde sadece aktif güç değil, reaktif ve görünür güç de harcamır.

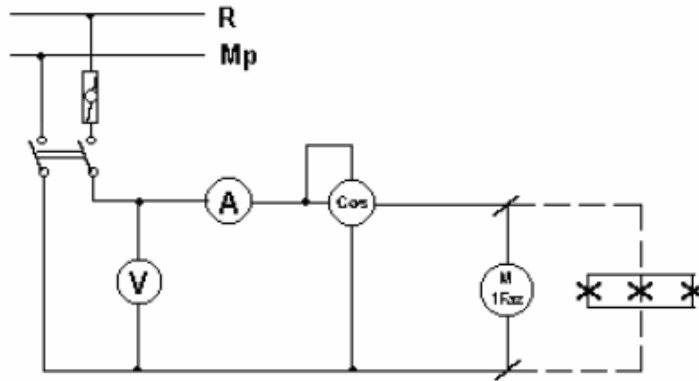


Aktif güç, $P = U . I . \cos\varphi$ (W)

Reaktif güç, $Q = U . I . \sin\varphi$ (VAR)

Görünür güç, $S = U . I$ (VA)

Akımla gerilim arasındaki faz farkı fazmetre ($\cos\varphi$ metre) adı verilen ölçü aleti ile ölçülür. Alternatif akımda, herhangi bir andaki akım ve gerilim arasında bulunan zaman farkına faz farkı denir.



Bir fazlı devrelerde ampermetre, voltmetre ve $\cos\varphi$ metre yardımıyla aktif güç ölçümü

ÖRNEK: Devrede ampermetreden okunan değer 4 A'ı, voltmetreden okunan değer 220 V'u ve kosinüsfiyetreden okunan değer 0,6'yı göstermektedir. Buna göre alıcının aktif gücünü bulunuz.

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

$$I = 4 \text{ A}$$

$$\cos\varphi = 0,6$$

$$P = U.I.\cos\varphi = 220 . 4 . 0,6 = 528 \text{ W}$$

ÖRNEK: Bir fazlı bir asenkron motor yüklü çalışmasında devreden 20 A akım çekmektedir. Şebeke gerilimi 220 V, $\cos\varphi = 0,8$ olduğuna göre motorun görünür ve aktif güçlerini bulunuz.

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

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

$$\cos\varphi = 0,8$$

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

$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi = 220 \cdot 20 \cdot 0,8 = 3520 \text{ W}$$

ÖRNEK: $U = 220 \text{ V}$, $I = 20 \text{ A}$, $\cos\varphi = 0,80$ olduğuna göre, motorun görünür, aktif ve reaktif güçlerini bulunuz.

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

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

$$\cos\varphi = 0,8 \text{ ise } \varphi = 36,8^\circ$$

$$\sin 36,8 = 0,6$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi = 220 \cdot 20 \cdot 0,6 = 2640 \text{ VAR}$$

Güç üçgeninden yararlanarak hesaplayalım;

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

Alternatif akım devrelerinde, akım ve gerilim arasındaki faz farkı ölçülmeden gücün ölçülmesi, ancak wattmetrelerle mümkündür. Wattmetre ampermetre, voltmetre ve $\cos\varphi$ metrenin yaptığı ölçmeyi tek başına yapar.

Aktif gücün görünür güce oranı güç faktörünü (güç katsayısını- $\cos\varphi$) verir. Güç faktörü,

$$\cos\varphi = \frac{P}{S}$$

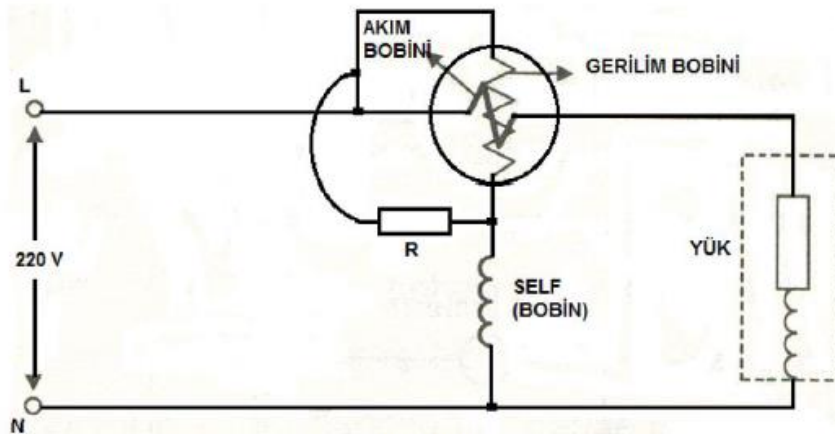
VARMETRELER (REAKTİFMETRELER)

Wattmetre ile devrenin iş gören gücü (faydalı güç, aktif güç, wattlı güç) ölçülür. Başka bir ifadeyle alternatif akımın ortalama gücü yani akımla gerilimin aynı fazda olan kısmının çarpımı ölçülür.



Analog ve Dijital VAR metreler

Alternatif akımın bobinli ve kondansatörlü devrelerinde kör güç (iş yapmayan güç) adı verilen reaktif güç de vardır. 90° faz farklı olan devrelerdeki güce reaktif güç denir, Q ile gösterilir, birimi volt-amper-reaktif (VAR) dir. Bin katına kilo-volt-amper-reaktif (kVAR) denir. Reaktif güç varmetrelerle ölçülür. Varmetrelerin kadranı doğrudan doğruya VAR cinsinden bölümlendirilmiş olup, reaktif gücü doğrudan gösterirler.

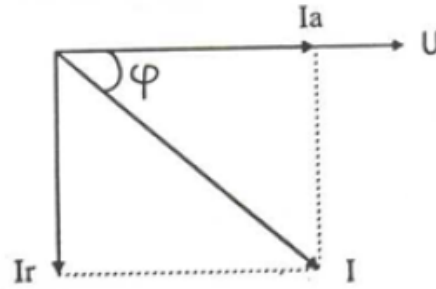


VARmetre

Devrede yalnız endüktif alıcılar varsa endüktif VAR, yalnız kapasitif alıcılar varsa kapasitif

VAR denir.

Reaktif güç gerilime 90° dik olan akımın I_r bileşenini oluşturmaktadır. Alıcının saf endüktif veya saf kapasitif olduğu durumda devreden aktif güç çekilmez. Yani akımın sadece reaktif bileşeni olup, aktif bileşeni olmadığından aktif güç çekmezler.



Akımın aktif ve reaktif bileşenleri

$$\cos\varphi = \frac{I_a}{I} \Rightarrow I_a = I \cdot \cos\varphi \text{ (Akımın aktif bileşeni)}$$

$$\sin\varphi = \frac{I_r}{I} \Rightarrow I_r = I \cdot \sin\varphi \text{ (Akımın reaktif bileşeni)}$$

1 fazlı devrede;

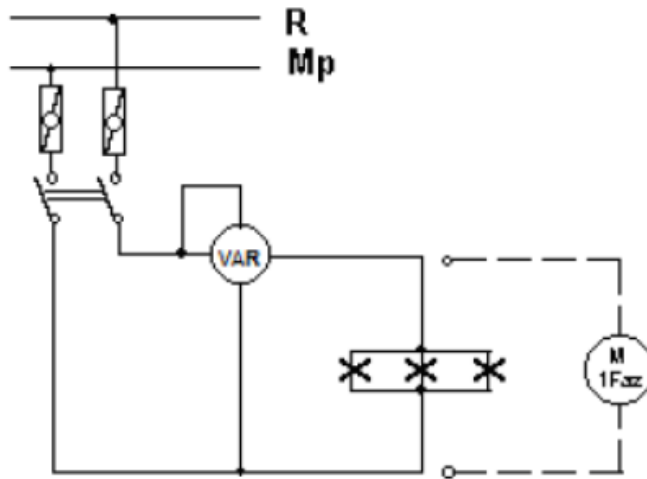
$$P = U \cdot I \cdot \cos\varphi \text{ (Aktif güç)}$$

$$Q = U \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ (Reaktif güç)}$$

3 fazlı, üç iletkenli dengeli sistemde;

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos\varphi \text{ (Aktif güç)}$$

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin\varphi \text{ (Reaktif güç)}$$



Varmetrenin devreye bağlanması

Bir ve üç fazlı devrelerde reaktif güç ölçmek amacı ile varmetreler wattmetreler gibi devreye bağlanır. 3 fazlı dengeli sistemde, bir hattın reaktif gücü ölçülüp üç ile çarpılarak toplam güç bulunur.

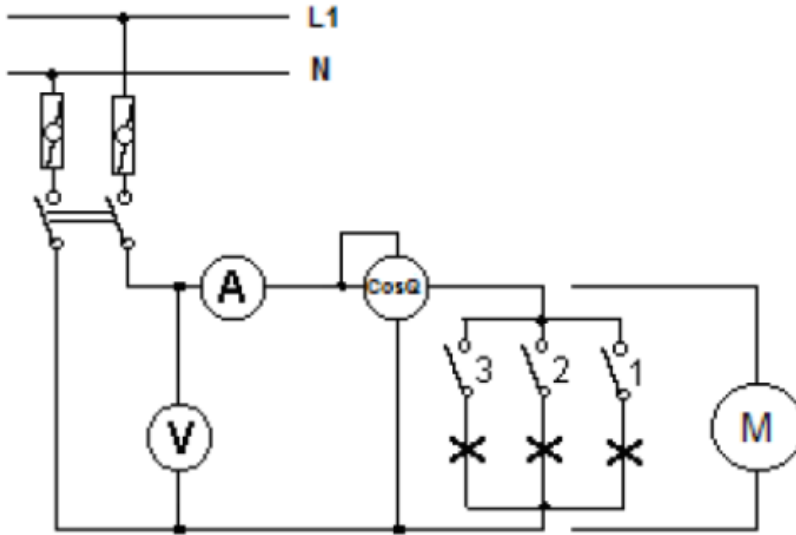
GÜÇ FAKTÖRÜ

Alternatif akım devrelerinde devre omik ise, akım ile gerilim aynı fazdadır, devre endüktif veya kapasitif ise akım ile gerilim arasında faz farkı vardır. Bu fark açısı ile gösterilir. Akımla gerilim arasındaki açısı faz farkı, bu açının Cosinüsüne güç katsayısı (güç faktörü) denir ve $\cos\phi$ ile gösterilir $\cos\phi = 0-1$ arasındadır.

Sanayi tesislerinde aktif enerji yanında reaktif enerji de çekilmektedir. Reaktif enerji yararlanılmayan, fakat harcanan bir enerjidir. Bu güç kaybının önlenmesi için güç faktörünün ölçülmesi gerekir. Güç faktörü direkt veya endirekt metotlarla ölçülebilir.



Dijital ve Analog Cosφmetreler



Bir fazlı Cosφmetrenin devreye bağlantısı

DENEYLE İLGİLİ UYGULAMA ÇALIŞMASI:

- 1) Bir fazlı Wattmetre ile şebeke gerilimiyle su ısıtıcısı, vantilatör gibi elektrikli araçların akım, gerilim, güç ve güç faktörü ölçümlerini gerçekleştiriniz
- 2) Yapılan ölçümler sonucunda güç değerlerinin değişimlerini yorumlayınız.

DENEY İLE İLGİLİ ÇALIŞMA SORULARI:

- S.1 Wattmetre devreye nasıl bağlanır ve nedeni nedir?
- S.2. Güç faktörünü hangi cihazla ölçeriz, bağlantısı nasıl yapılır?
- S.3. Wattmetre sargıları nasıldır ve neden bu şekilde imal edilir?
- S.4. Wattmetre kullanmadan güç ölçümünü nasıl yaparız?
- S.5. Varmetre ile hangi elektriksel büyüklüğü ölçeriz, bağlantısı nasıl yapılır?