

Elektriksel Büyüklüklerin Ölçülebilen Değerleri

- Ölçülebilen büyüklüklerden üçü temel büyüklüktür:
 - Akım
 - Gerilim
 - Güç
- Bunlar;
 - Devrede bulunan kaynakların tiplerine göre değişik şekillerde olabilir.
 - Zamana bağlı olarak değişebilir.
 - Bu değişimler fonksiyonlar ile gösterilebilir

ANALOG ÖLÇMELER

Ölçme cihazının performansını belirleyen 3 temel kriter vardır:

- ölçme aralığı
- Lineerlik
- Doğruluk

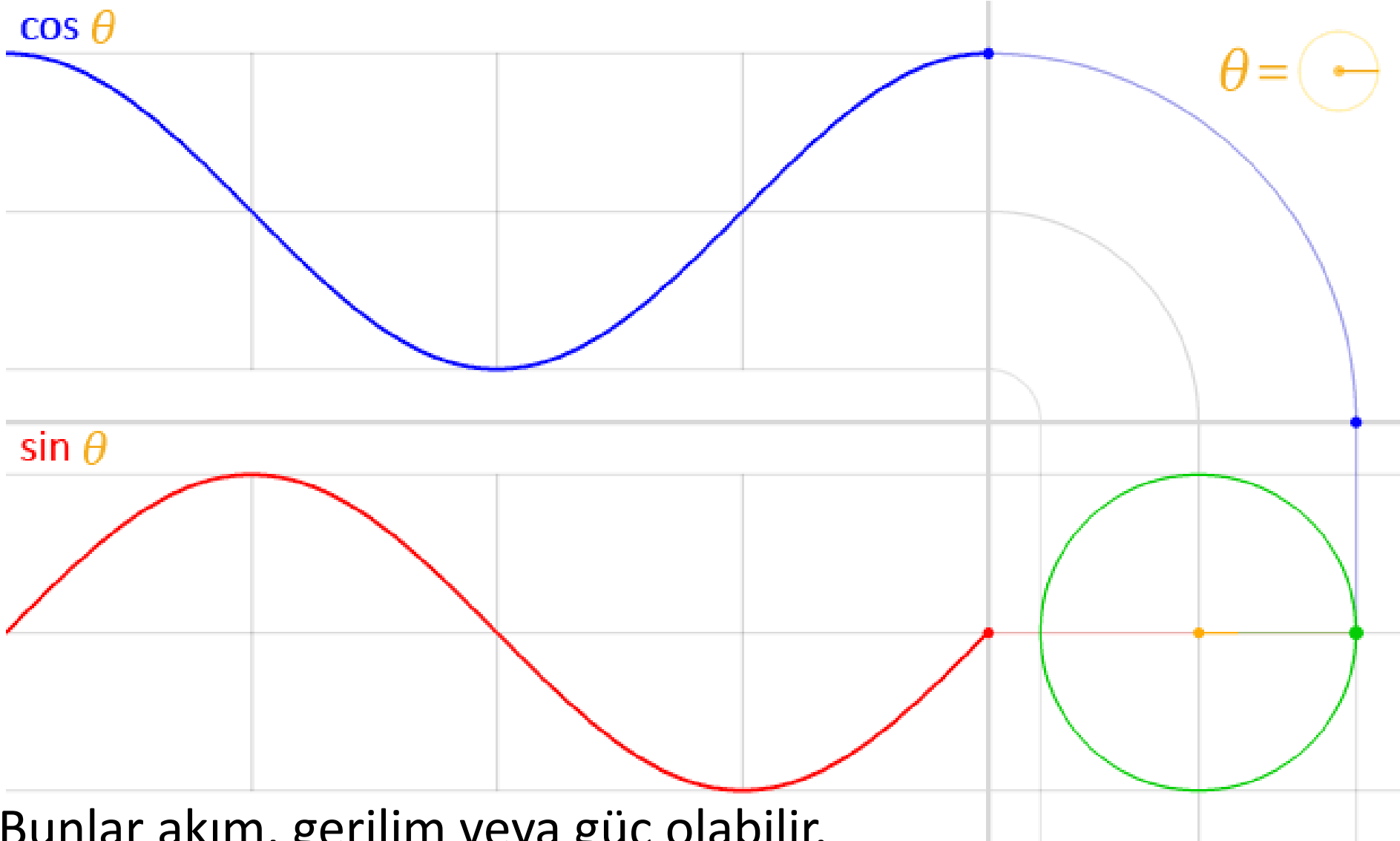
Bunun haricinde alternatif akım veya gerilim ölçümlerinde 4 kriter önemlidir:

- cihazın frekans aralığı
- efektif değer
- ortalama değer
- tepe değeri

Periyodik Fonksiyon

- $f(t) = f(t+T) = f(t+2T) = \dots = f(t+nT) = \dots$
ise, f fonksiyonu periyodik bir fonksiyondur ve T değeri bu fonksiyonun *periyod*udur.
- Genel olarak alternatif akım devrelerindeki değişimler (akım, gerilim, güç) periyodik fonksiyonlardır.
- Akım, gerilim, güç fonksiyonlarına kısaca işaret de denilebilir.

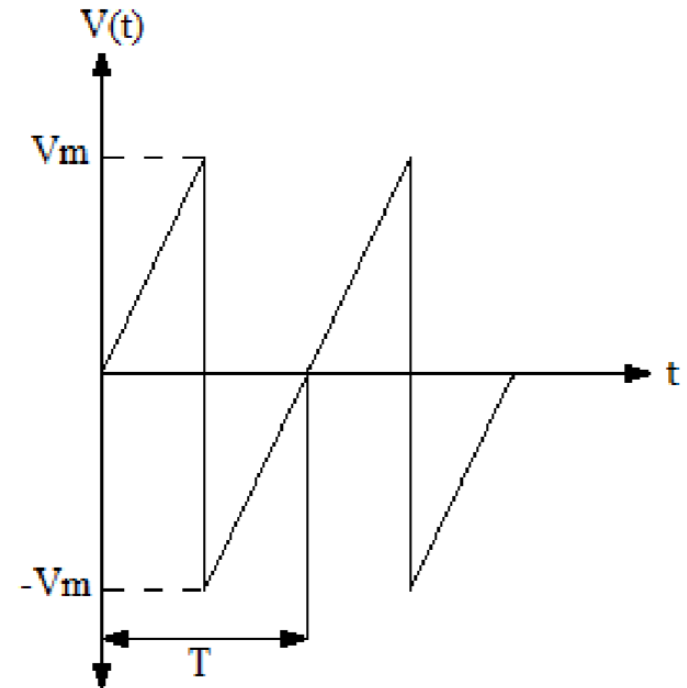
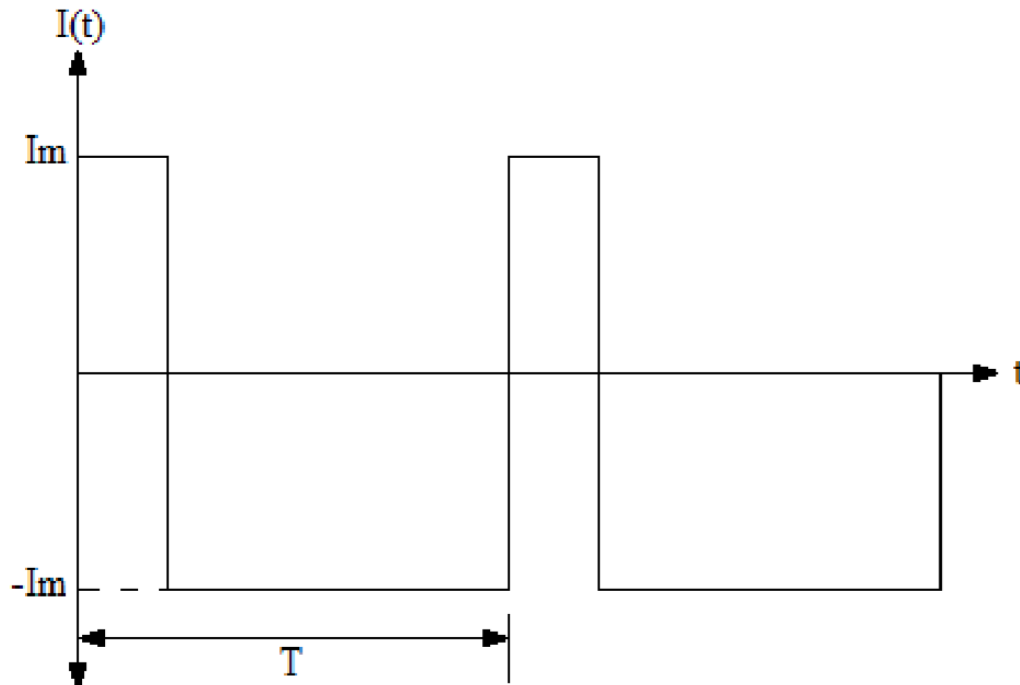
Sinüs ve cosinüs dalga formları



Bunlar akım, gerilim veya güç olabilir.

Periyot

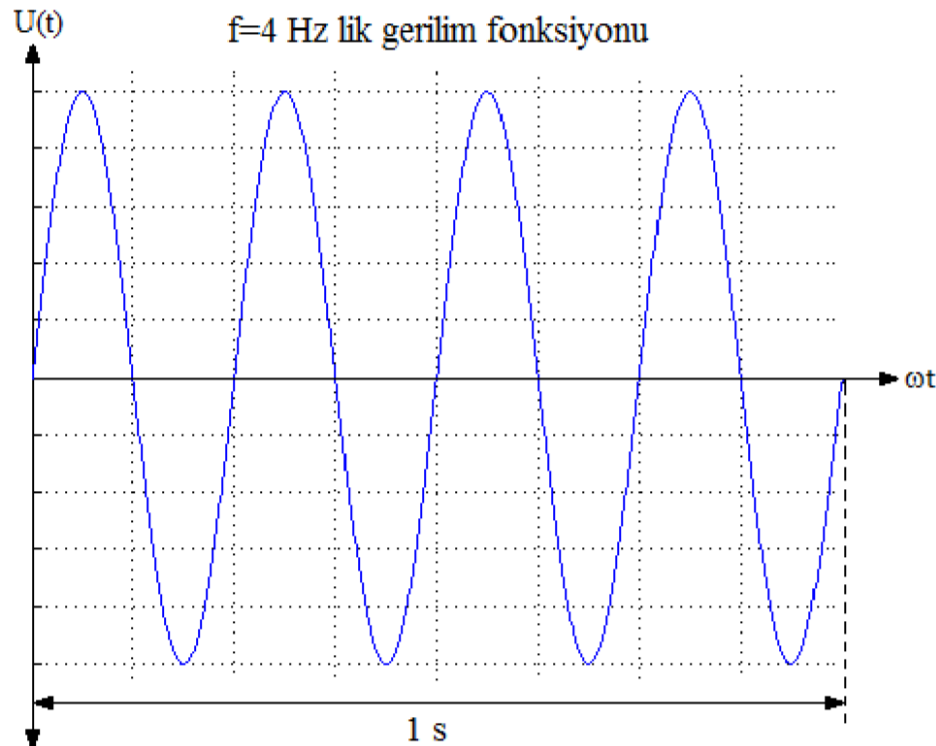
- Birimi genel olarak *saniye*dir.
- *T* harfi ile gösterilir.



Frekans

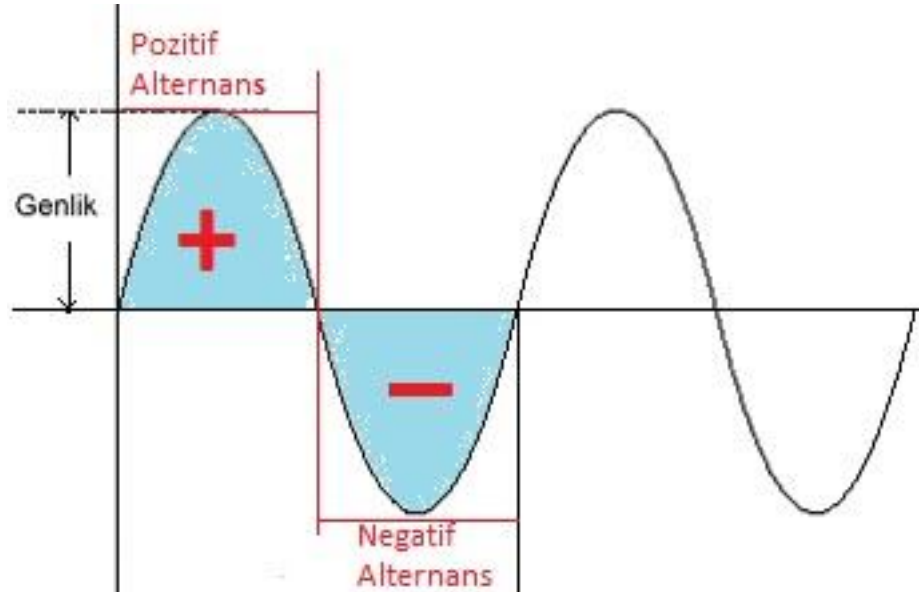
- Periyodun tersi *frekans*'tır ve birimi *Hertz*'dir.
- Yani saniyedeki periyot sayısıdır, değişim sıklığını verir.

$$f=1/T$$



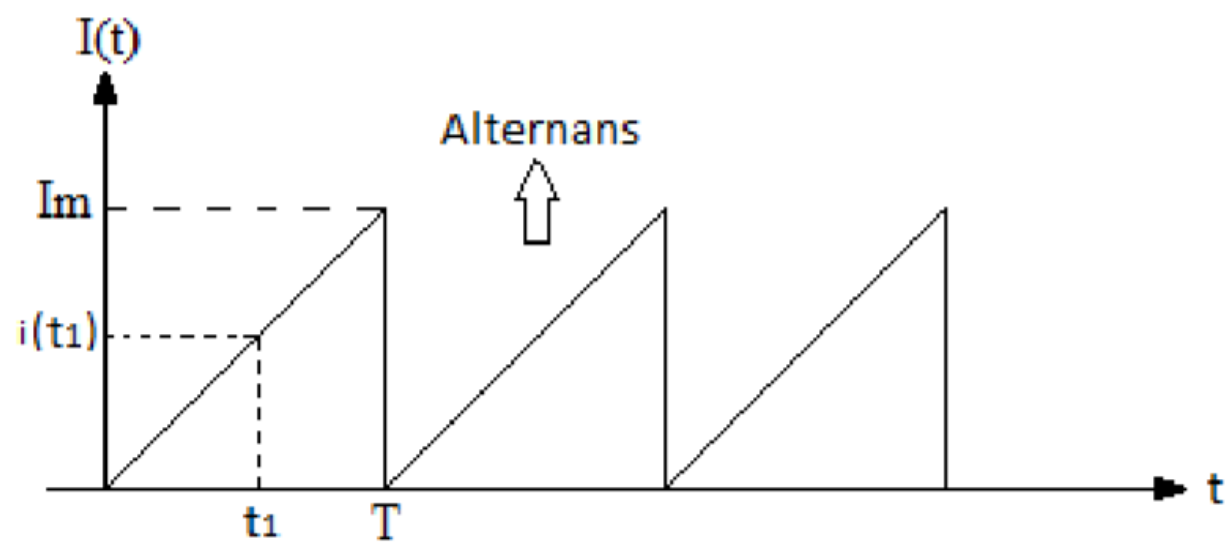
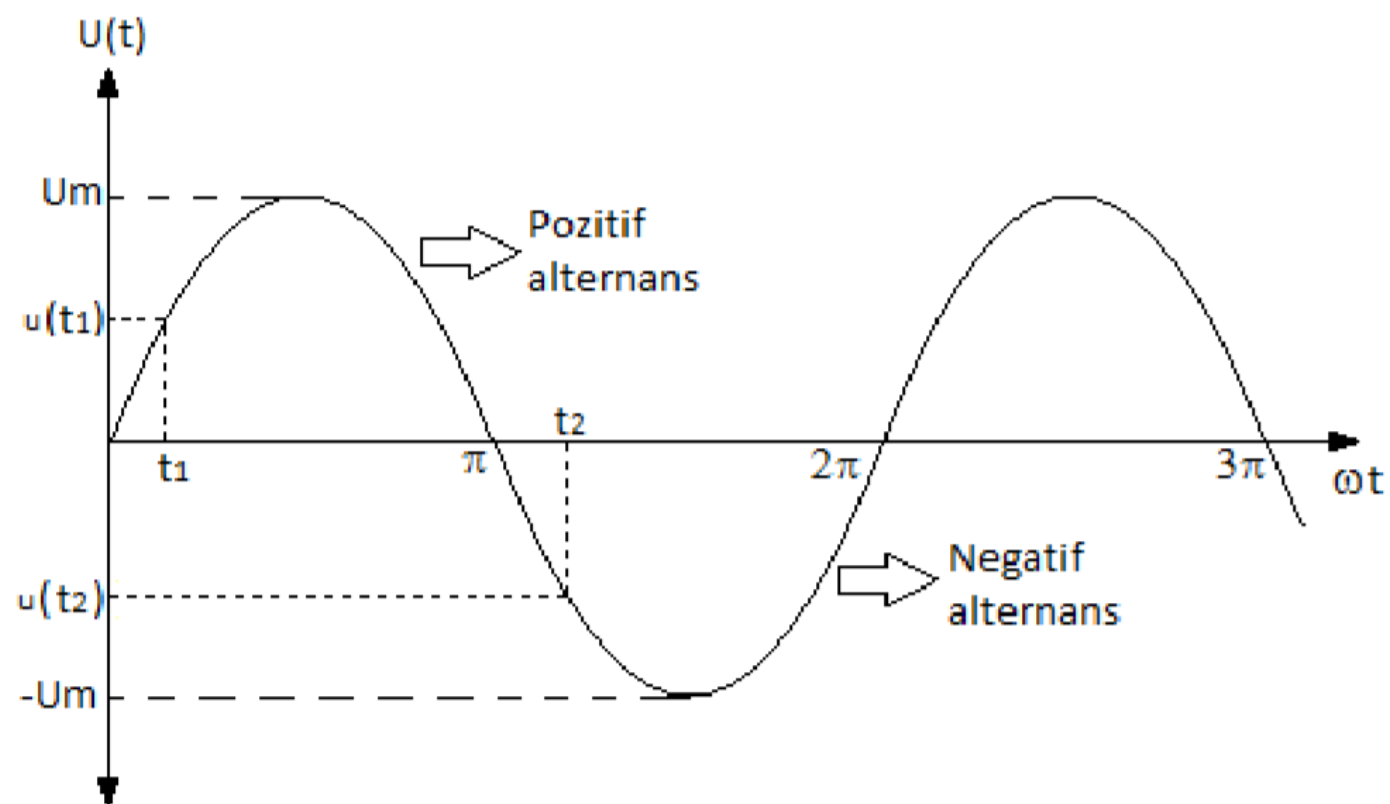
Alternans

- Genel olarak periyodun yarısıdır.
- Bir periyot pozitif ve negatif alternanslardan oluşur.
- İşaret bazı durumlarda tek yönlü bir alternanstan da oluşabilir.



Ani Değer

- Bir büyüklüğün herhangi bir t anındaki değerine *ani değer* denir. $x=x(t)$
- Bir büyüklüğün tam olarak ölçülmesi demek her t anı için, x ani değerinin ayrı ayrı ölçülmüş olması demektir.
- Ani değer küçük harflerle gösterilir. u , i , p veya $u(t_1)$, $i(t_1)$, $p(t_1)$ (t_1 : herhangi bir an)
- $V(t)=V_m.\sin(\omega t)$ ω : açısal hız

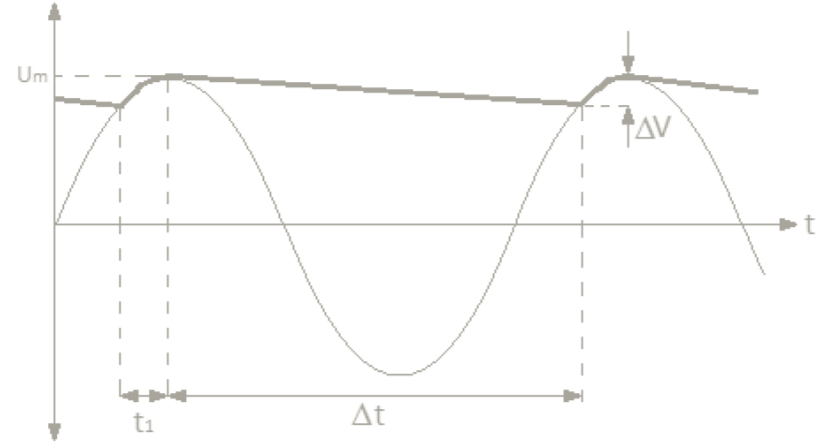
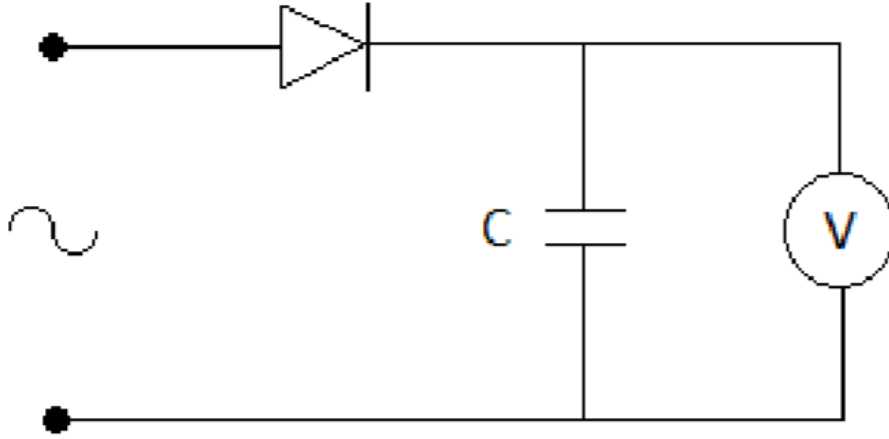


Tepe Değer (Maksimum Değer)

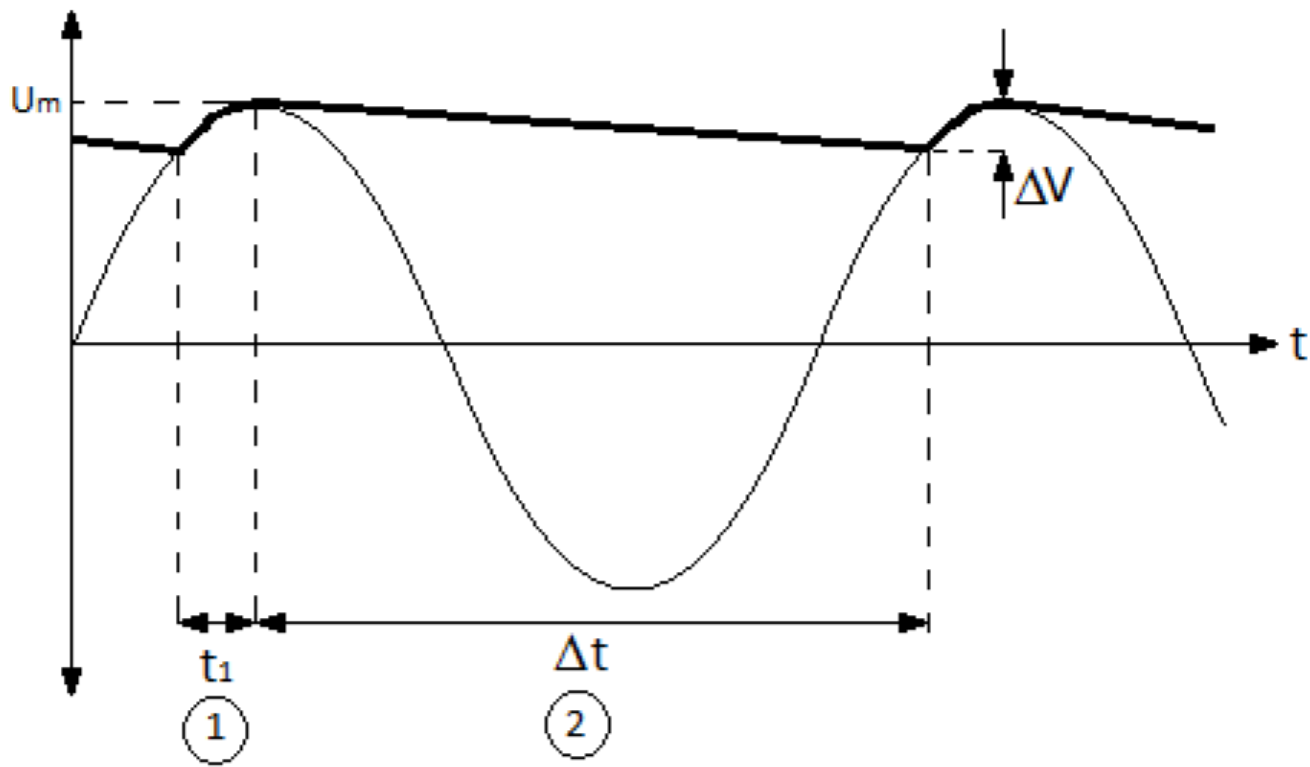
- Bir fonksiyonun pozitif veya negatif yönde aldığı en büyük değere denir.
- Eğer fonksiyonun pozitif ve negatif tepe değerleri aynı ve sabitse genlik adını alır.
- Bazen pozitif tepe ve negatif tepeden bahsedilebilir.
- Tepe değer büyük harflerle ve genellikle m indisiyle gösterilir. U_m , I_m , P_m

Tepe Değer (Maksimum Değer)

- Tepe değerin ölçülmesi için en basit ölçme düzenlerinden biri şöyledir:



- Yalıtkan ve dielektrik malzemeler belirli bir elektrik alan şiddetine dayanabildiklerinden, kabloların yalıtkanlıkları ve kapasitörlerin dielektrikleri için en önemli değer gerilimin tepe değeridir.



- Burada kondansatör dolarken ① $\Rightarrow C = \frac{\Delta Q}{\Delta V}$
- Kondansatör boşalırken ② $\Rightarrow I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$ şeklinde yazılabilir.
- ΔQ değerleri birbirine eşitlenirse $C \cdot \Delta V = I \cdot \Delta t$ olur.
- Dalgalılık (ripple), $\Delta V = \frac{I \cdot \Delta t}{C}$ şeklinde bulunur. Akım, $I = \frac{U_{ort}}{R_V}$ olarak ifade edilirse,

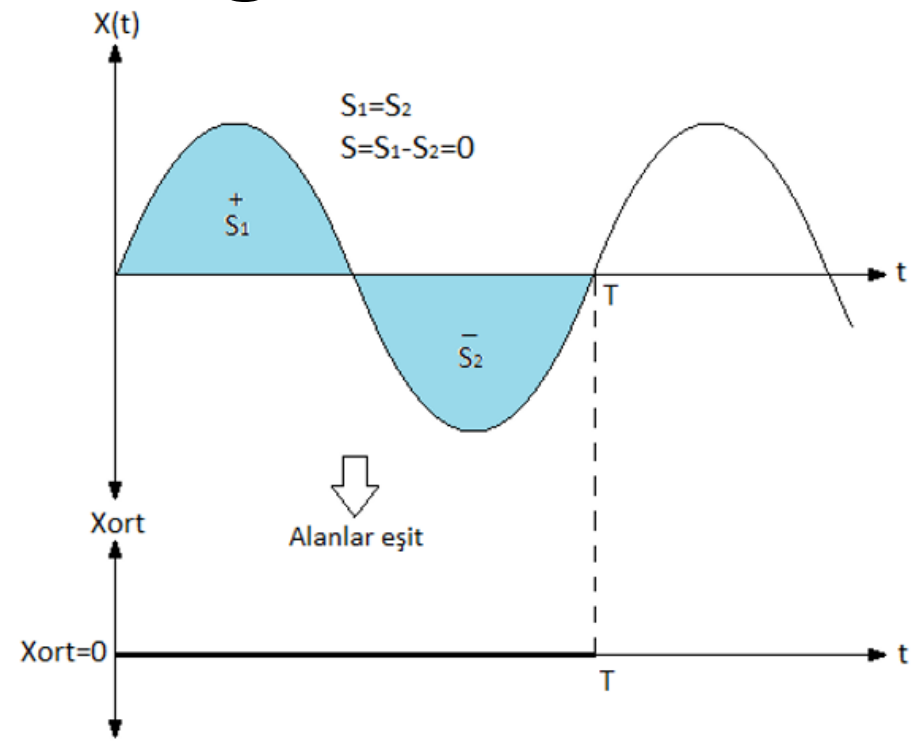
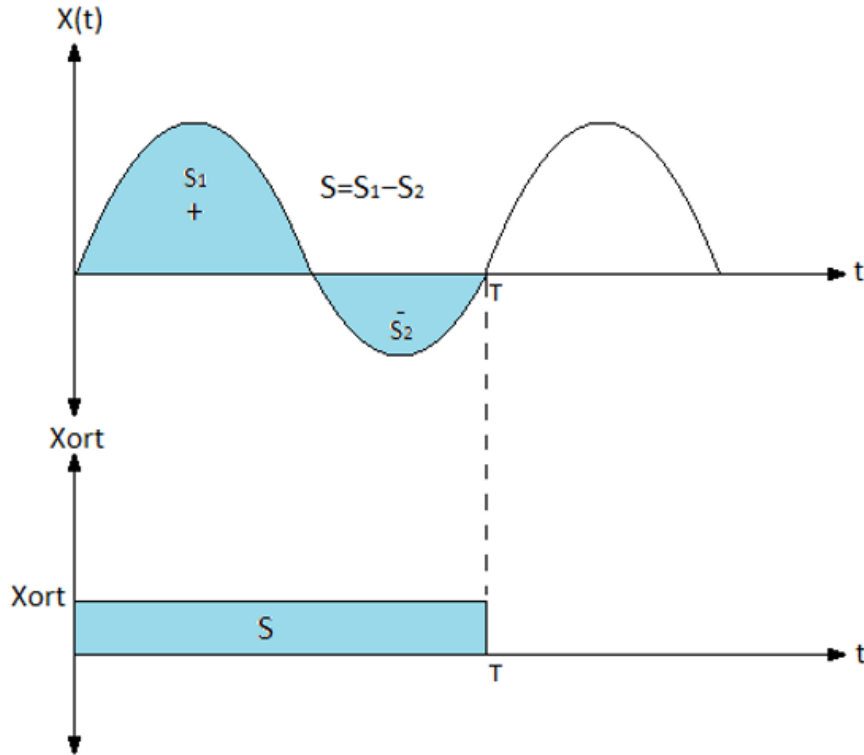
$$\Delta V = \frac{U_{ort} \cdot \Delta t}{R_V C}, \Delta t \gg t_1 \text{ olduğundan } \Delta V = \frac{U_{ort} \cdot T}{R_V C}$$
- Sağlıklı ölçümün yapılabilmesi için dalgalılığın çok küçük olması gerekir. Bu nedenle $R_V \cdot C \gg T$ olmalıdır.

Ortalama Değer

- Bir fonksiyonun bir periyot boyunca almış olduğu ani değerlerin ortalamasına denir.
- Pozitif, negatif veya sıfır olabilir. Alternatif işaretler için 0 (sıfır) değerindedir.

$$A_o = \frac{1}{T} \int_0^T f(t) dt$$

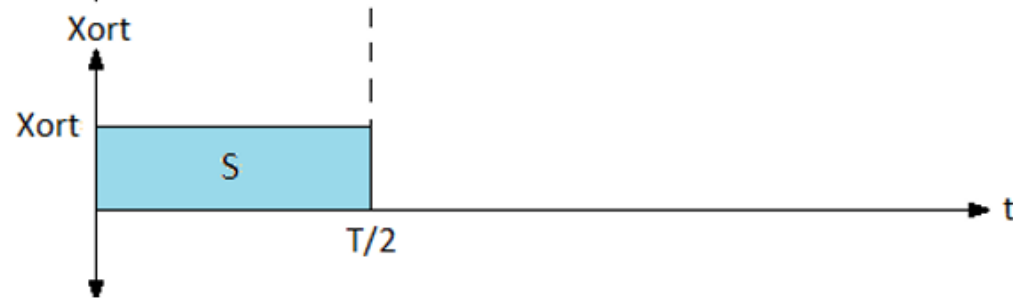
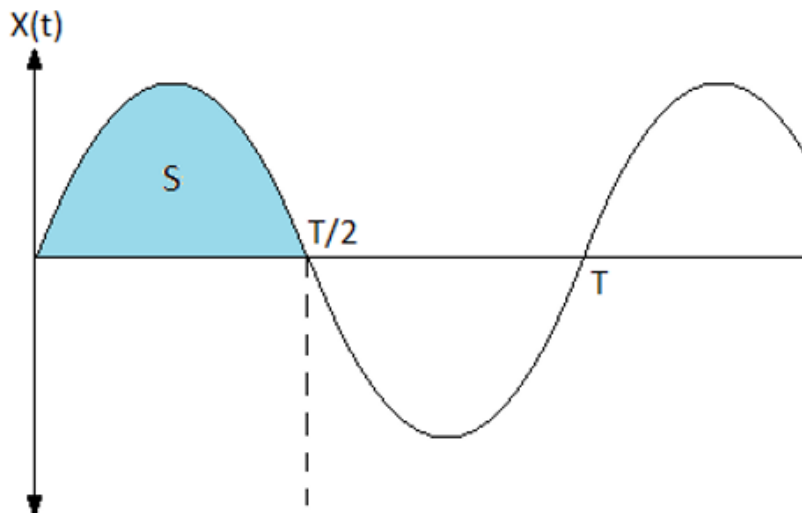
Ortalama Değer



- Giriş ve çıkış büyüklükleri arasında lineer bağıntı bulunan ve zamanla değeri değişmeyen büyüklükleri ölçmek için kullanılan bütün ölçme aletleri, zamanla değeri değişen periyodik büyüklüklerin ortalama değerini ölçebilir. ($t_r \gg T$ ise)

Mutlak Ortalama Değer

- Simetrik periyodik işaretlerde ortalama değer sıfırdır. Böyle durumlarda yarım periyodun ortalama değeri hesaplanabilir.
- Bu durumda hesaplanan değere **mutlak ortalama değer** denir. $A_{mo} = \frac{1}{T} \int_0^T |f(t)| dt$ şeklinde hesaplanır.



Efektif Değer

- Etkin değer
- Karesel ortalama değer
- RMS (Root mean square) değer gibi isimlerle de bilinir.
- Alternatif akımda en çok kullanılan büyüklüktür.
- Akımın etkin değeri; aynı dirençte aynı gücü harcayan doğru akıma karşı düşen değerdir.

$$I_{\text{rms}} = \sqrt{\text{alternatif akımın kareleri ortalaması}}$$
$$V_{\text{rms}} = \sqrt{\text{alternatif gerilimin kareleri ortalaması}}$$

Göstermek için *rms* veya *eff* indisleri kullanılır.

Efektif Değer *(Formül ispatı)*

- T periyodu boyunca doğru akımın enerjisi $W = R.I^2.T$
- Alternatif akımın anlık güç değeri $p = R.i^2(t)$

- Alternatif akımda T periyodu boyunca üretilen enerji

$$W = \int P dt = \int_0^T R.i^2(t)dt$$

- Doğru akım ve alternatif akım enerjilerinin eşitliğinden;

$$R.I^2.T = \int_0^T R.i^2(t)dt$$

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t)dt}$$

- Genel haliyle efektif değer;

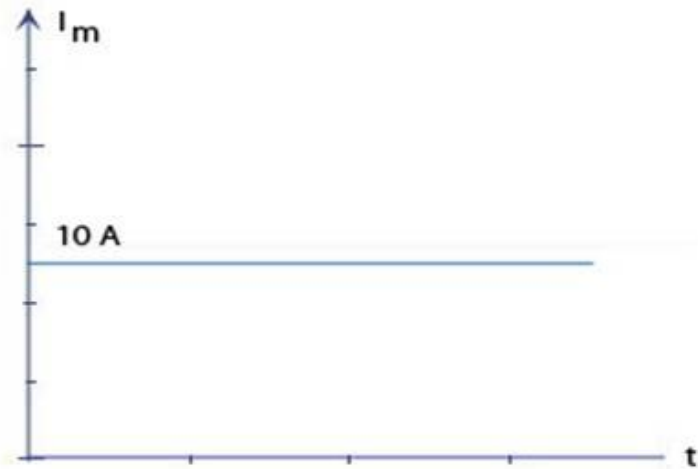
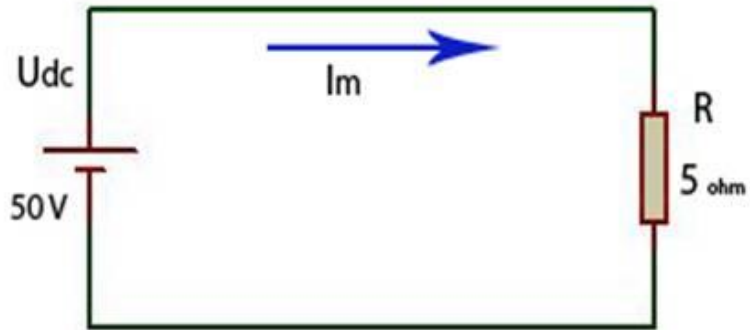
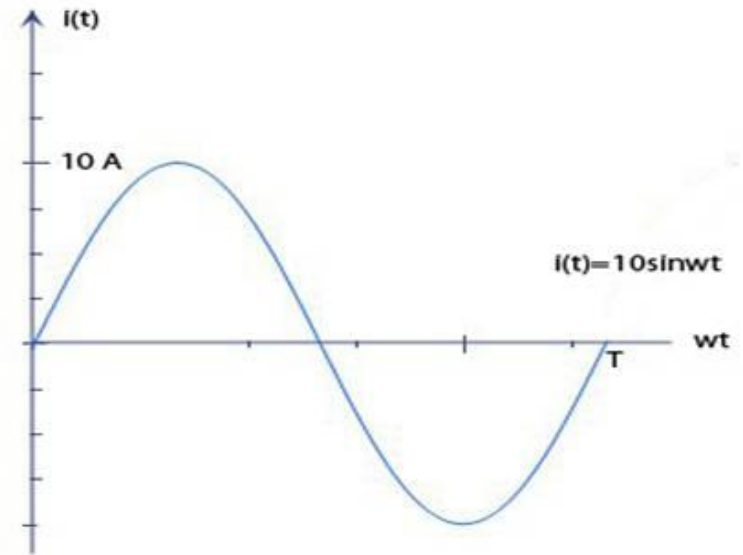
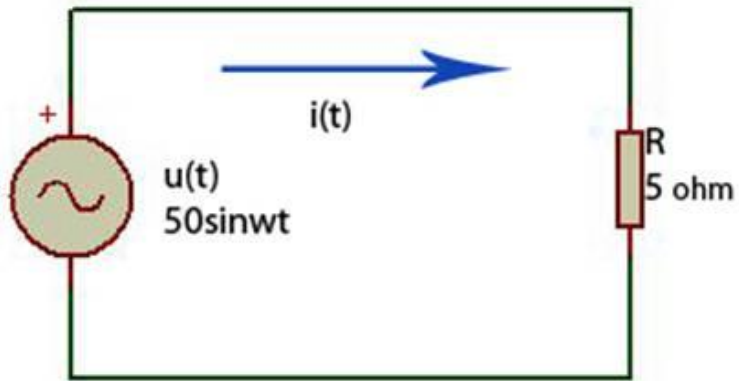
$$X_{ef} = \sqrt{\frac{1}{t_2-t_1} \int_{t_1}^{t_2} x^2(t)dt}$$

- Fonksiyon periyodik ise $T=t_2-t_1$, $t_1=0$ alınarak efektif değer;

$$X_{ef} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T x^2(t)dt} \text{ şeklinde elde edilir.}$$

Efektif Değer

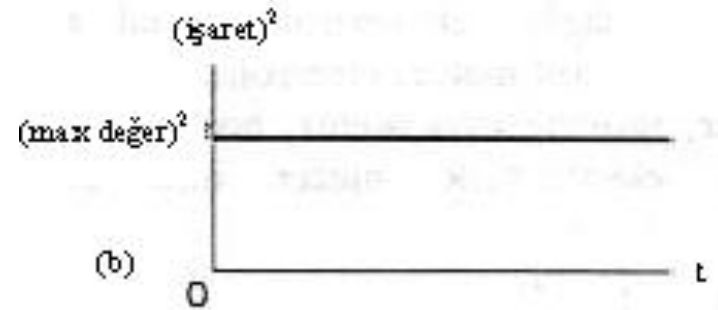
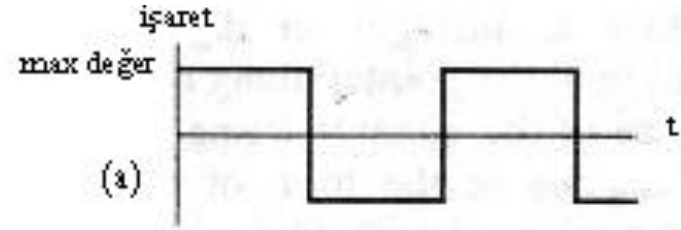
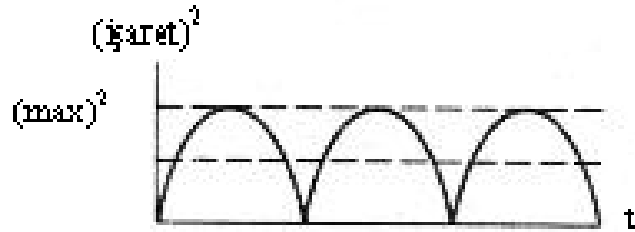
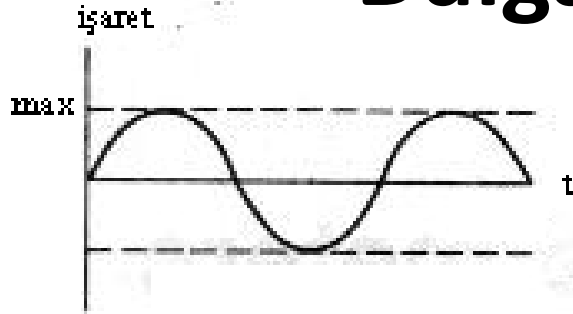
- Efektif değer, anlık değerlerin kareleri yardımıyla hesaplandığından her zaman pozitiftir.
- Bir analog ölçü aletinde gözlenen α çıkış büyüklüğü, ölçülen i büyüklüğü ile $\alpha=ki^2$ şeklinde orantılı ise ve ölçü aletinin t_r gecikmesi ölçülen x büyüklüğünün T periyodu yanında çok büyükse, bu ölçü aleti i büyüklüğünün ani değerinin karesini göstermeyip, ani değerinin karesinin zaman üzerindeki ortalama değerini gösterir. Efektif değer, ani değer karelerinin periyot üzerindeki ortalamasının karekökü olduğundan bu cihazlar uygun ölçeklenerek efektif değer gösterirler.



Sinus için:
$$I_{\text{eff}} = \frac{\text{akimmaxdegeri}}{\sqrt{2}}$$

$$V_{\text{eff}} = \frac{\text{gerilimmax degeri}}{\sqrt{2}}$$

Dalga İşaretleri



Üstteki işaretlerin kareleri altlarında gösterilmiştir.

Kare dalga için efektif değer: $I_{ef} = I_{max}$, $V_{ef} = V_{max}$

Form Faktör

- Şekil faktörü, biçim faktörü, biçim katsayısı vb gibi isimlerle de tanımlanabilir.
- Periyodik bir büyüklüğün efektif (etkin) değerinin, mutlak ortalama değerine oranına o büyüklüğün biçim katsayısı denir. Sinüs iöin 1,11 dir.

$$k = \frac{X_{ef}}{X_{mo}}$$

- Bazı alternatif akım ölçü aletleri, mutlak ortalama değer ölçer ve bu değeri 1.11 ile çarparak efektif (etkin) değer gösterir. Verilen sonuç sinüs işaretler için doğru olmakla beraber eğer işaret sinüs biçimli değilse gösterilen sonuç hatalıdır.

Form Faktör

Sinüzoidal dalga şekli için

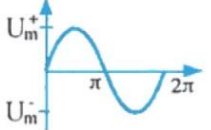
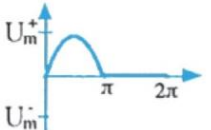
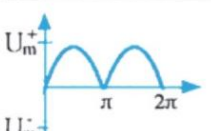
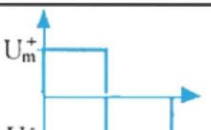
$$\text{Şekil faktörü} = \frac{\max \deg er / \sqrt{2}}{2 \times \max \deg er / \pi} = \frac{\pi}{2\sqrt{2}} = 1,11$$

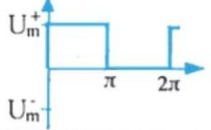
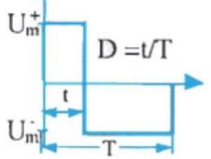


Kare dalga için

$$\text{Şekil faktörü} = \frac{\max \deg er}{\max \deg er} = 1$$

Form Faktör

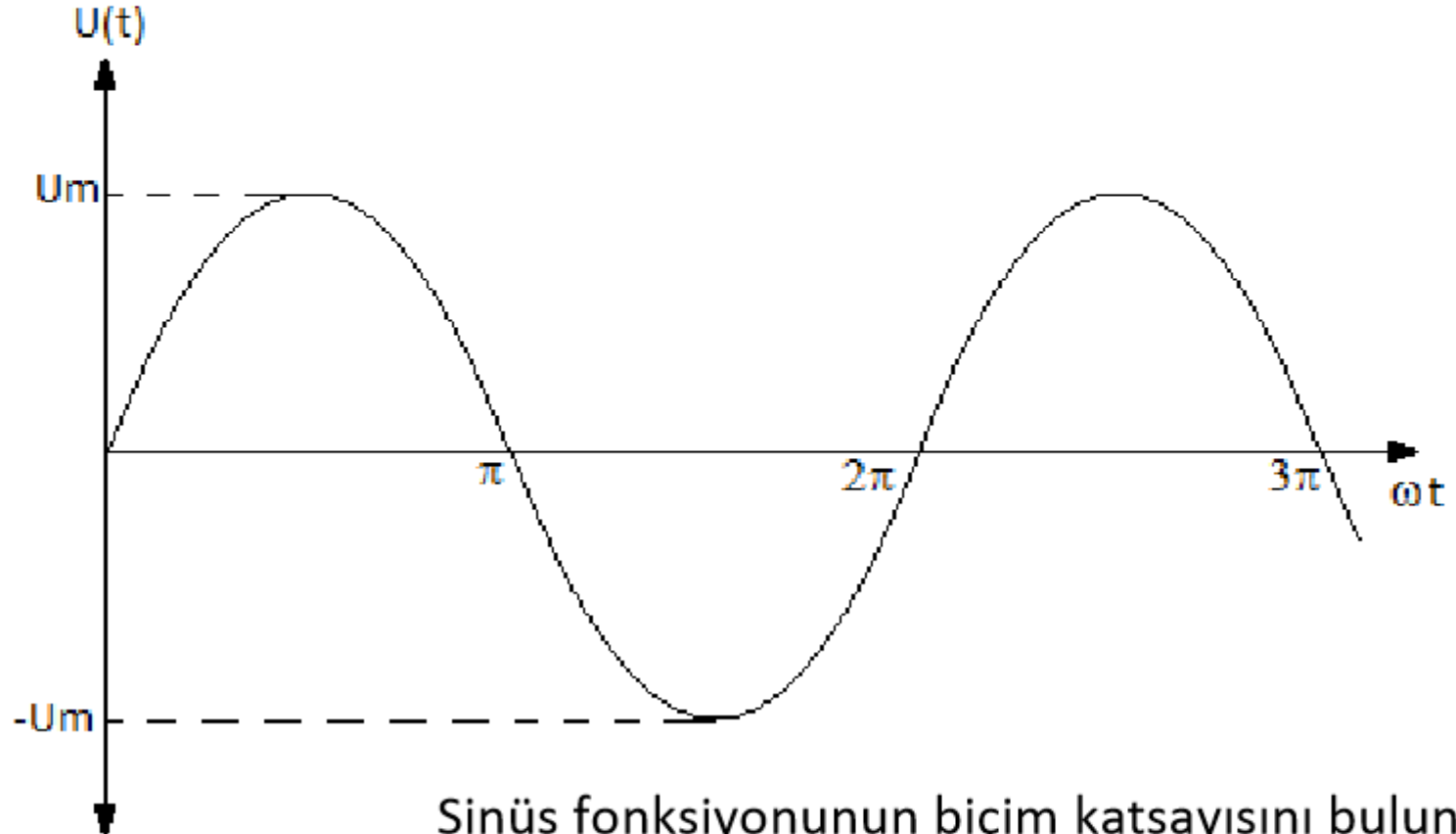
Bazı işaretler için efektif değer ve şekil faktörleri

Dalga Şekli	RMS	Form Faktörü
	$0.707U_m$	1.111
	$0.5U_m$	1.571
	$0.707V_m$	1.111
	U_m	1.0

	$0.707V_m$	1.414
	$\sqrt{D}U_m$	$1/\sqrt{D}$
	$0.577U_m$	1.154
	$0.577U_m$	1.154

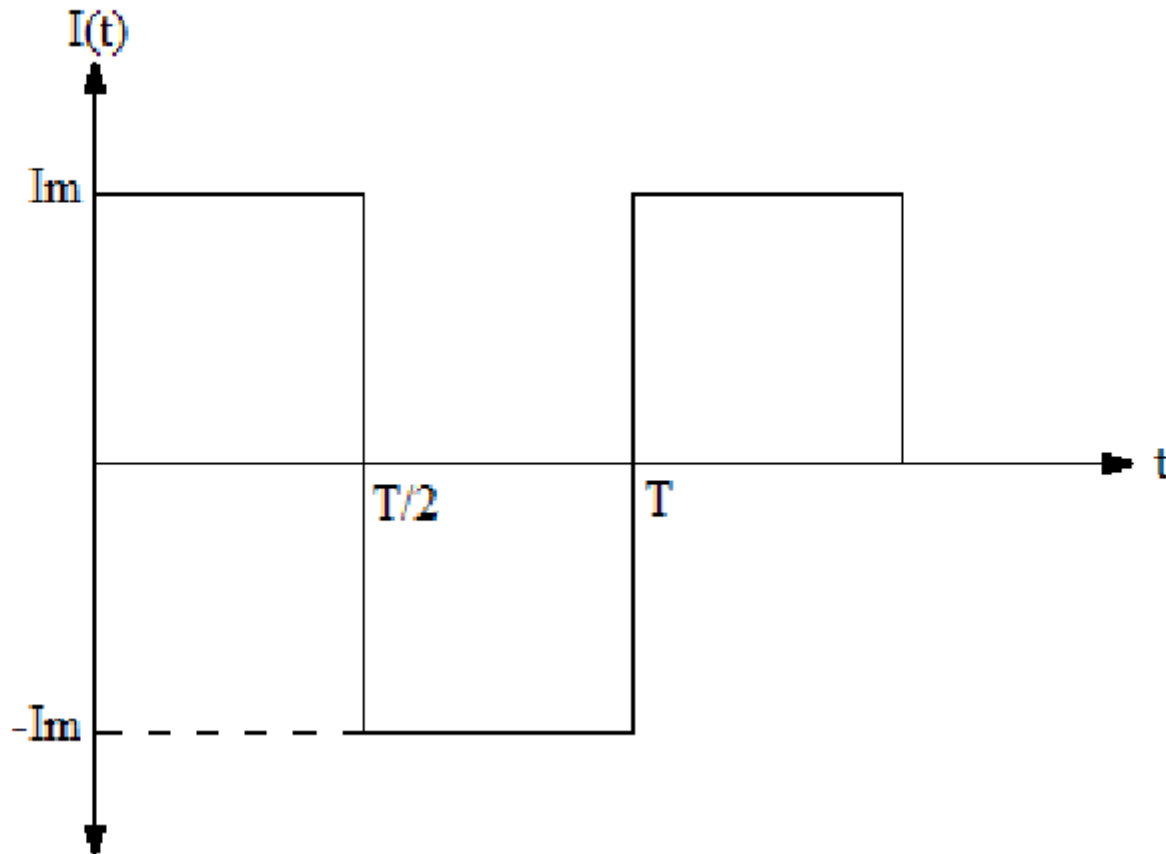
Örnek sorular – 1

Şekildeki sinüs fonksiyonunun tepe değerini, ortalama değerini, mutlak ortalama değerini ve etkin değerini bulunuz.



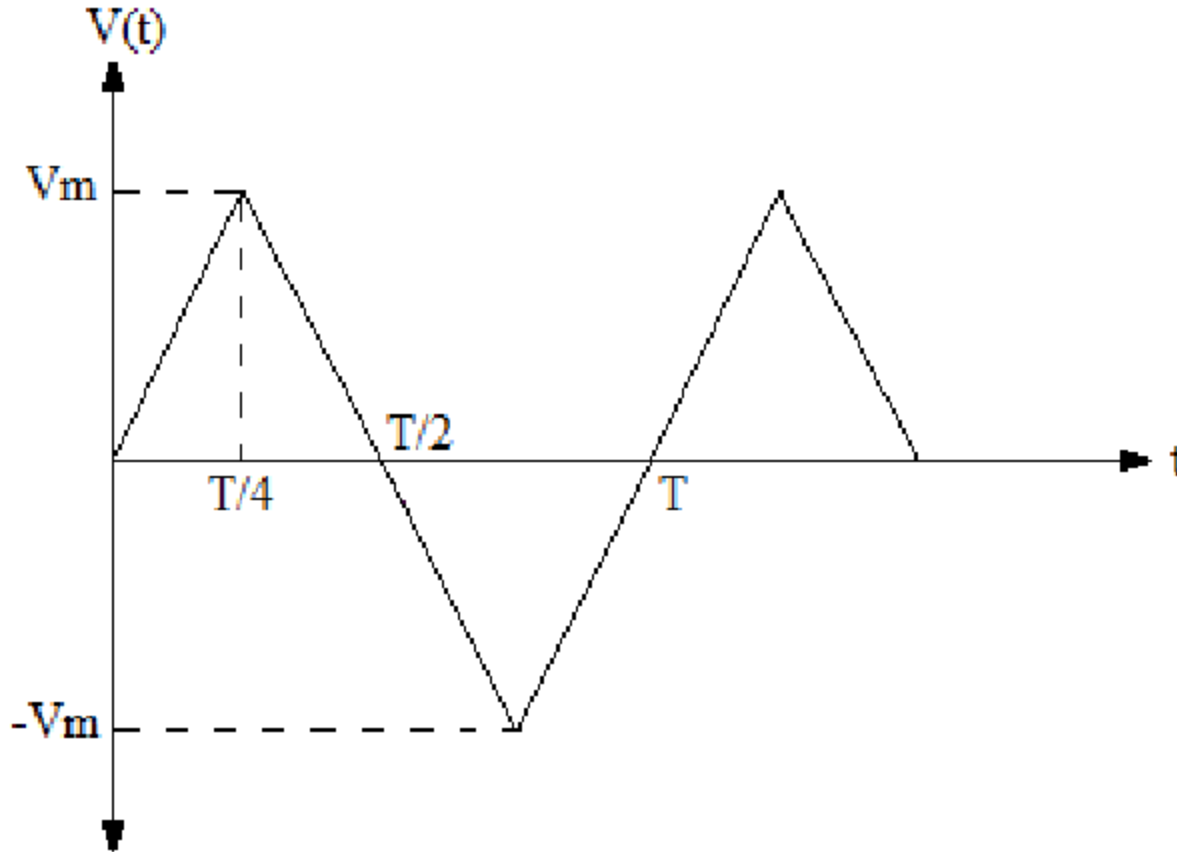
Örnek sorular – 2

Şekildeki kare dalga fonksiyonunun biçim katsayısını bulunuz.



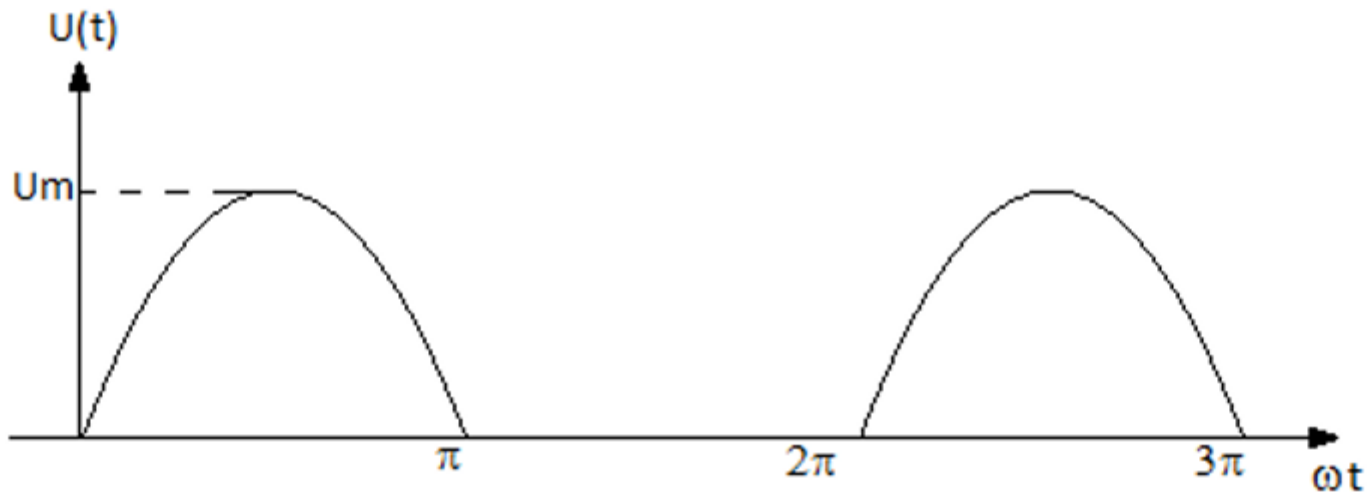
Örnek sorular – 3

Şekildeki üçgen dalga fonksiyonunun biçim katsayısını hesaplayınız.



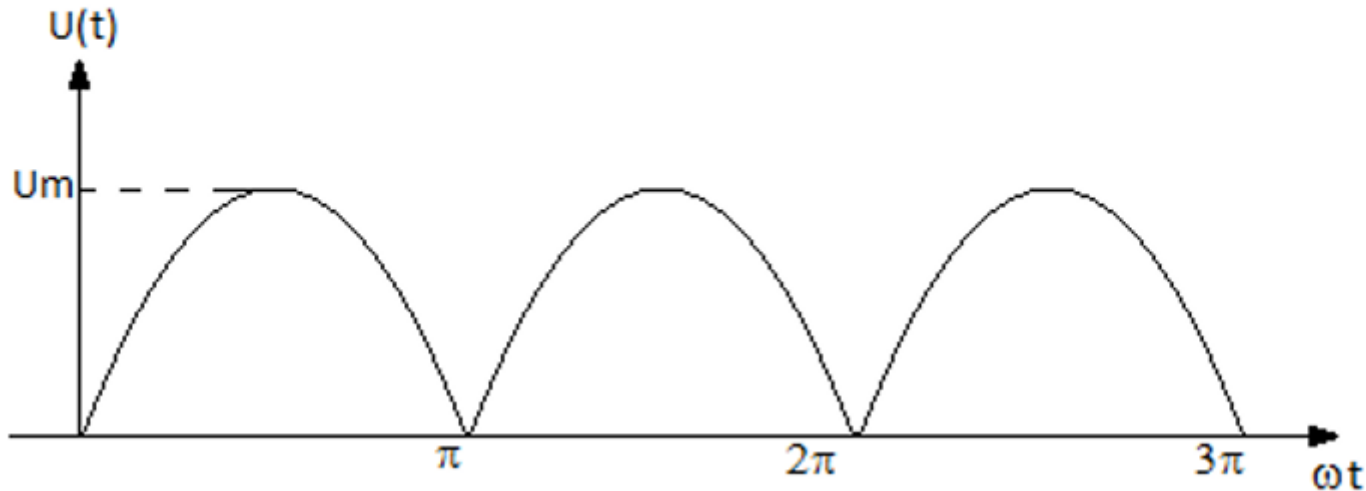
Örnek sorular – 4

Şekildeki yarım dalga doğrultulmuş sinüs işaretinin ortalama değerini, mutlak ortalama değerini ve efektif değerini bulunuz.



Örnek sorular – 5

Şekildeki tam dalga doğrultulmuş sinüs işaretinin ortalama değerini, mutlak ortalama değerini ve efektif değerini bulunuz.

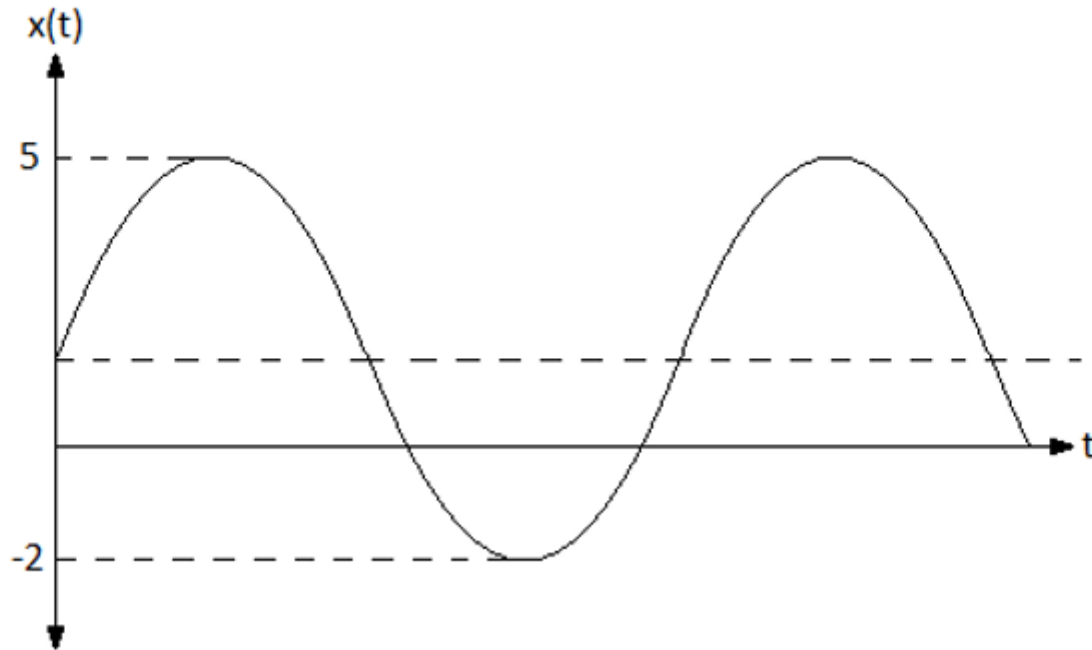


Örnek sorular – 6

$x(t) = -2 + 0.1\cos(\omega t - \pi/3) - 1.5\sin(8\omega t)$ fonksiyonunun ortalama ve efektif değerlerini bulunuz.

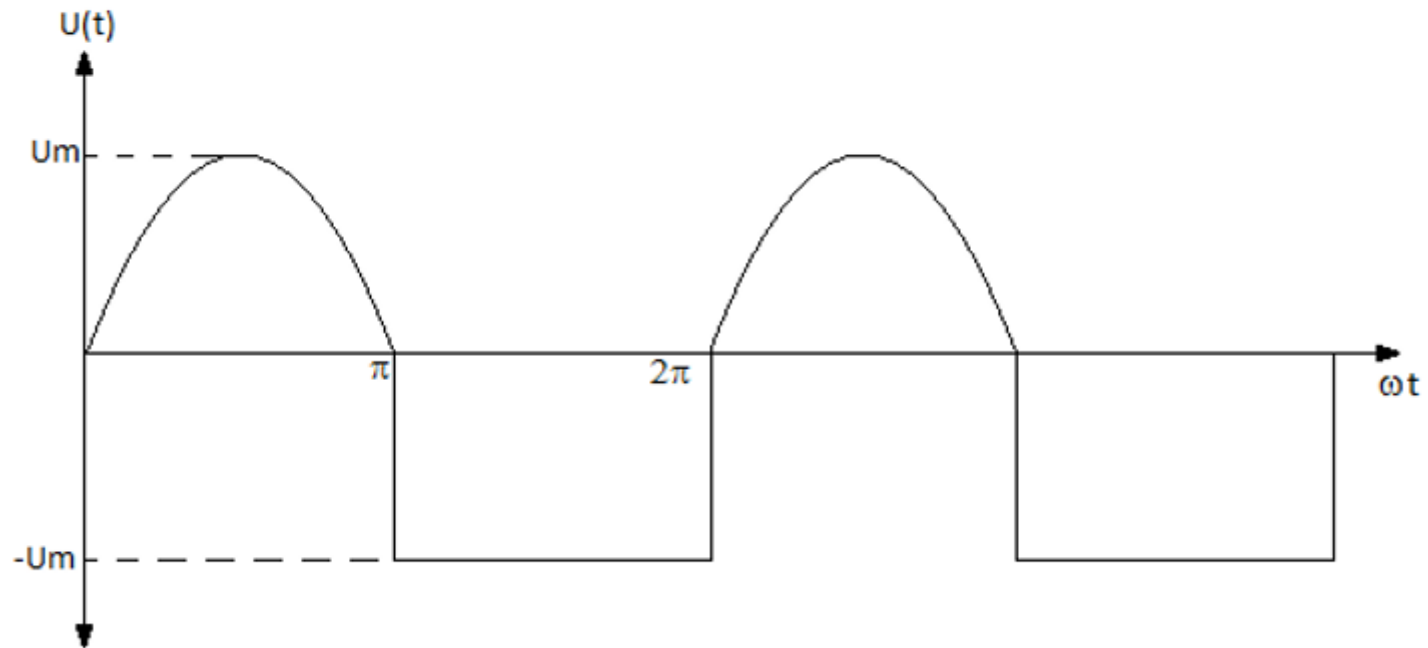
Örnek sorular – 7

Aşağıdaki fonksiyonun ortalama ve efektif değerlerini bulunuz.



Örnek sorular – 8

Aşağıdaki fonksiyonun ortalama ve efektif değerini bulunuz.



Örnek sorular – 9, 10, ...

- Osiloskop ekran görüntüsü ile
time/div V/div Prob
bilgileri verilir,
- Ortalama değer,
- Etkin değer,
- Şekil faktörü,
- Zamana bağlı ifade vs vs sorulur...

Güç İçin Değerler

- DC Güç
- Ani Güç
- Aktif (Etkin) Güç
- Reaktif Güç
- Görünür Güç

DC Güç

- Doğru akım devrelerinde akım ve gerilim sabit değerli olduğundan (sürekli halde), güç de sabit bir büyüklüktür ve her zaman pozitiftir. Bunun anlamı kaynaktan sürekli güç çekilir ve bu güç harcanır.
- Doğru Akımda Güç: $P = V.I = I^2.R = V^2/R$

Ani Güç

- Alternatif akımda da güç ifadesi akım ve gerilimin çarpımına eşittir. Ancak bunlar zamana bağlı olarak değiştiğinden, çarpımları olan güç de zamana bağlı olarak değişir. Bu güce **ani güç** denir.
- Alternatif akımda güç: $p(t)=u(t).i(t)$
- Ani güç zamana bağlı olarak pozitif ve negatif değerler alabilir. Pozitif değer kaynaktan güç çekildiğini, negatif değer ise devreden kaynağa bir güç akışı olduğunu gösterir

Aktif (Etkin) Güç

- Güç için ortalama değeri ifade eder:

$$P_o = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt$$

- Alternatif akımda güç için en önemli değer bu olduğundan, indis olmazsa bunu anlarız. (P)
- Birimi Watt'tır ve Wattmetre ile ölçülür.

Aktif (Etkin) Güç

Sinüsoidal akım ve gerilim halinde;

$$u(t) = U_m \sin(\omega t + \varphi_u)$$

$$i(t) = I_m \sin(\omega t + \varphi_i)$$

$$p(t) = U_m I_m \sin(\omega t + \varphi_u) \sin(\omega t + \varphi_i)$$

Hatırlatma: $\sin A \sin B = \frac{1}{2} [\cos(A - B) - \cos(A + B)]$

$$p(t) = \frac{U_m I_m}{2} [\cos(\varphi_u - \varphi_i) - \cos(2\omega t + \varphi_u + \varphi_i)]$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T p(t) dt \text{ uygulandığında}$$

$\varphi_u - \varphi_i = \varphi$ (gerilim ile akım arasındaki faz farkı)

$$P = \frac{U_m I_m}{2} \cos \varphi \text{ olarak elde edilir.}$$

$U_m = \sqrt{2} U_{ef}$ ve $I_m = \sqrt{2} I_{ef}$ olduğu bilindiğine göre

$$P = U_{ef} I_{ef} \cos \varphi = UI \cos \varphi \quad (\text{W}) \text{ şeklinde elde edilir.}$$

Aktif (Etkin) Güç

- Önceki slaytta elde edilen

$$P = U_{ef} I_{ef} \cos \varphi = UI \cos \varphi \quad (\text{W})$$

ifadesindeki büyüklükler gerilim ve akımın efektif değerleridir.

- Diğer bir deyişle, gerilim ve akımın efektif değeri ölçülerek hesaplanan güç aktif güçtür.

Reaktif Güç

- Reaktans elemanlarına (kondansatör/bobin) ait olan ve toplam gücün sanal bileşenini oluşturan güce denir. Q ile gösterilir.

$$Q = UI \sin \varphi \text{ (VAr)}$$

- Aktif güçten farklı olarak enerji kaybını ifade etmez.
- Kondansatör yada bobinde depolanan ve tekrar devreye geri verilen enerji ile ilgili bir büyüklüktür. Birimi Volt-Amper-reaktif (VAr) olarak ifade edilir. VARmetre ile ölçülür.

Görünür Güç

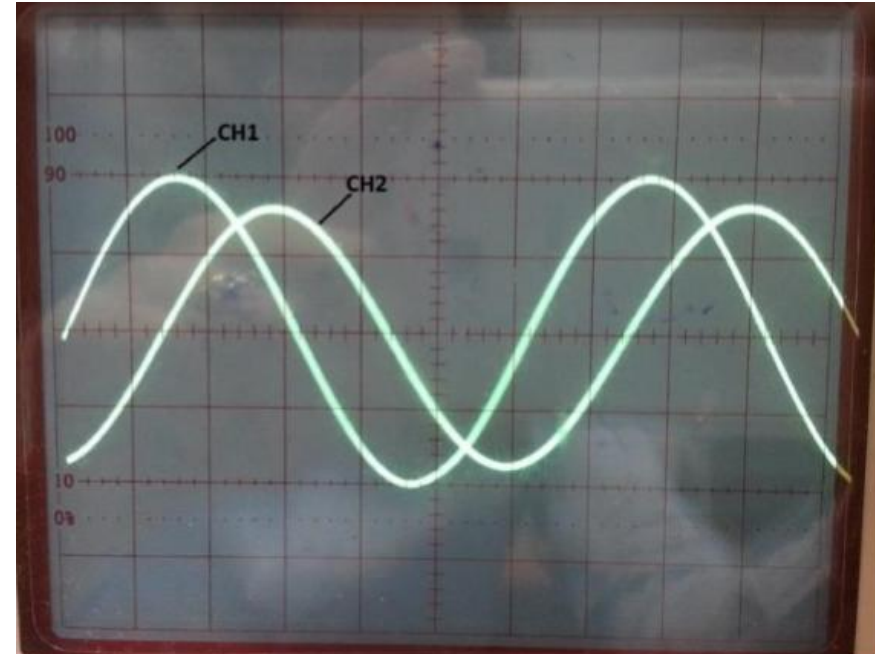
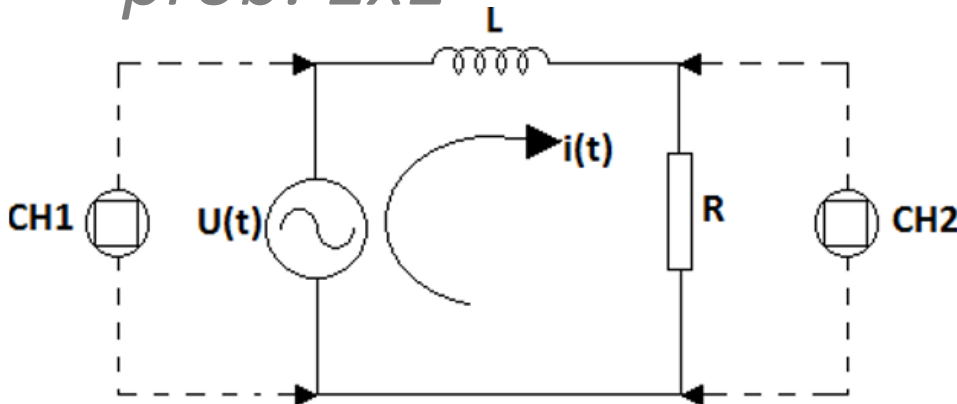
- Kaynak gerilimi ile toplam devre akımının efektif değerlerinin çarpımına görünür güç denir.
- Birimi Volt-Amper (VA) dir ve S ile gösterilir.

$$S = UI \qquad S = \sqrt{P^2 + Q^2} \text{ (VA)}$$

- Devrenin toplam gücünü ifade eder. Toplam güç, devredeki akım ve gerilimlerin efektif değerlerinin ölçü aletleri ile ölçümü sonucu bulunan değerlerin çarpımı ile hesaplanarak bulunur.

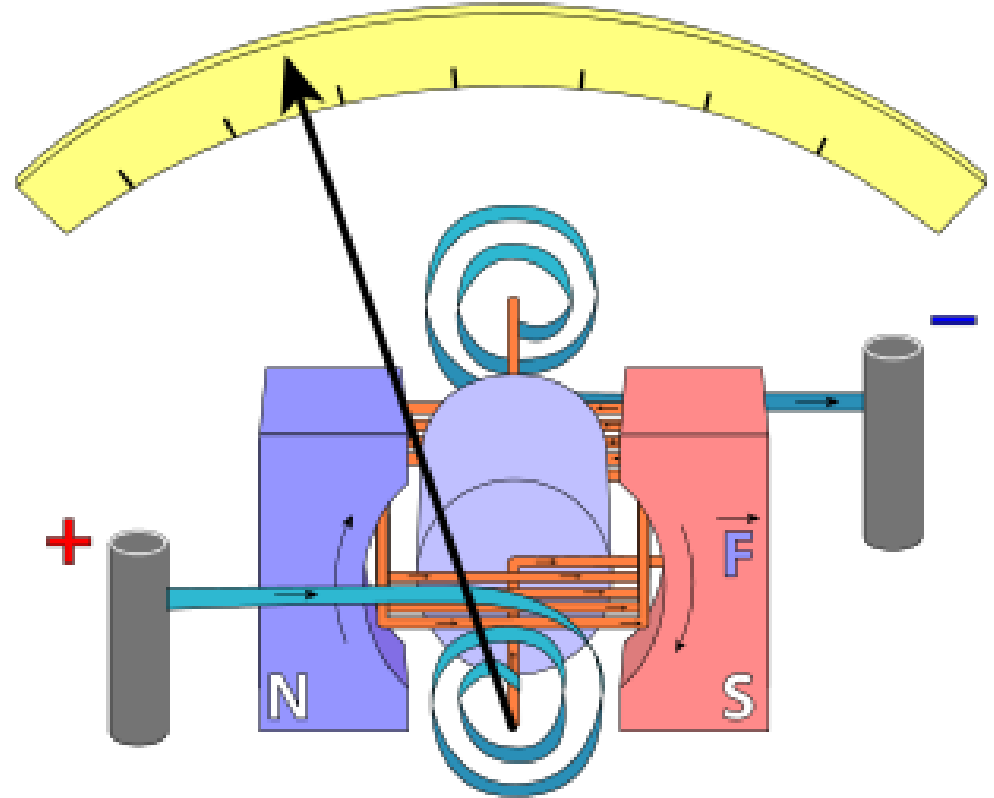
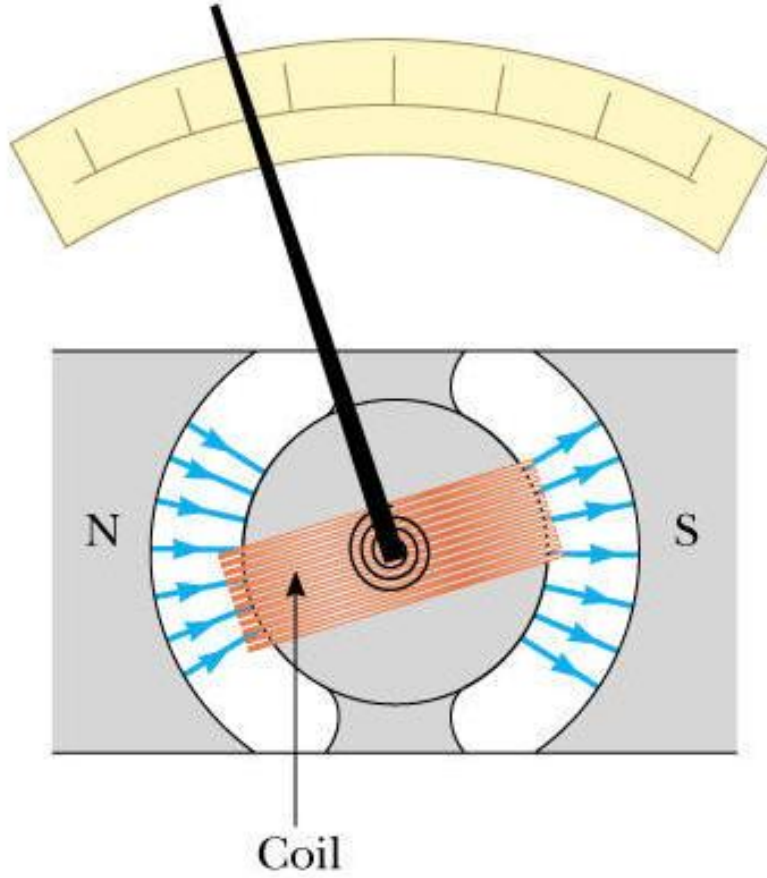
Quiz Sorusu

- LR devre kurulup, osiloskobun iki kanalı şekildeki gibi bağlanmıştır. Faz farkını, $i(t)$ fonksiyonunu, aktif gücü, reaktif gücü, ani gücü, görünür gücü, bobin değerini bulunuz. Verilenlerle bulunamayacak değer varsa sebebini yazınız.
- *CH1: 5V/div CH2: 2V/div
time/div : 2ms $R=100\Omega$
prob: 1x1*



Hareketli Ölçü Aletleri

Daimi mıknatıslı hareket eden bobinli ölçü aleti daimi mıknatıs tarafından oluşturulan sabit bir magnetik alan içinde duran bir bobin içerir. Bobinden akım geçtiğinde bobin döner. Akımla orantılı olarak oluşan dönme bir dönme açısı oluşturur.



Magnetik alan içinde akım taşıyan iletkenin kenarlarına bir kuvvet etkir. Kenar uzunluğu L ise bu kuvvet:

$$F=B.I.L$$

F:Newton, B:Tesla, I:Amper, L:metre

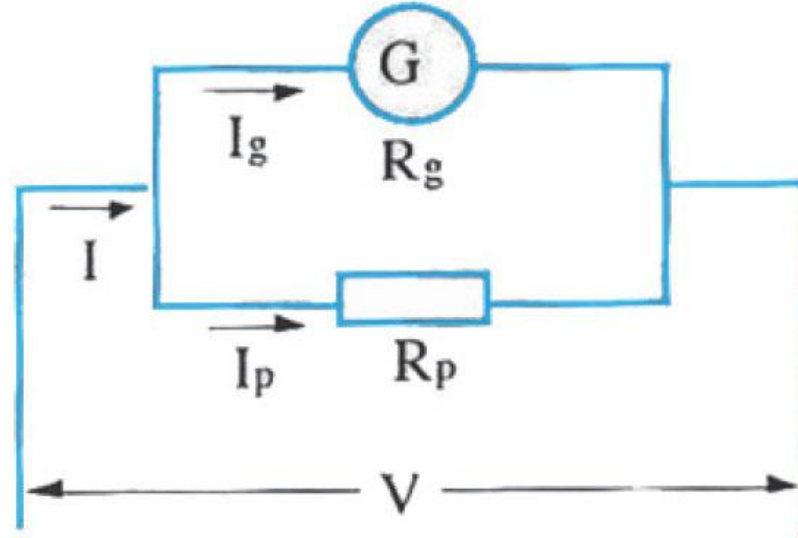
Kuvvet magnetik akım ve iletkene diktir. Sol el kuralına göre bulunabilir. (başparmak kuvvet; işaret B; orta parmak akım) Kenarlara etki eden kuvvet nedeniyle bobin döner. Bobinin her bir teline etkiyen kuvvet B.I.L'dir. Magnetik alan daima kenarlara dik olacak şekilde tasarlanmıştır. Kuvvetler birbirine ters ve paralel yönde bobini döndürecek yöndedir.

Döner bobinli galvanometre 1960 yılına kadar ölçü cihazlarında kullanılan tek gösterge aleti idi. Günümüzde de halen yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Galvometre uygulamalarının en başında; DC ampermetre ve DC voltmetre yapımı gelir.

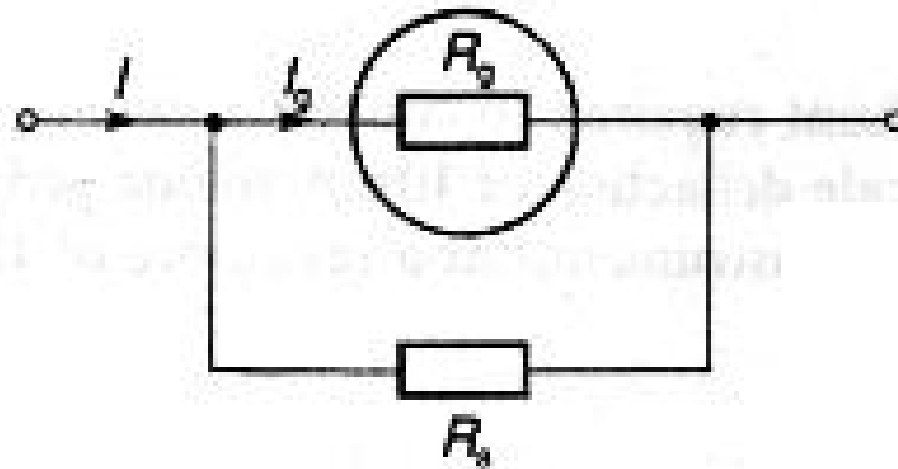
Elektromekanik yapıya sahip olan galvanometre 1881 yılında Jacques d'Arsonval tarafından bulunmuştur. Bir bobin iletkenine etki eden kuvvet; N-S kutuplarının oluşturduğu manyetik alana, bobinden akan akıma ve manyetik alan içinde kalan bobinin boyuna bağlıdır ve aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$F = B.I.L$$

Pratikteki galvanometreler ile genellikle $100\ \mu\text{A}$ ve daha az seviyedeki doğru akımlar ölçülebilir. [Bazen 20mA 'e kadar çıkar]. Daha büyük değerli akımları ölçmek için ya galvanometre bobininin tel çapı arttırılır, ya da galvanometreye küçük değerli paralel direnç bağlanır. Pratikteki uygulamalarda paralel direnç ilave edilmektedir. Bu dirence şönt denir.



Tek kademeli bir ampermetrenin prensip şeması.

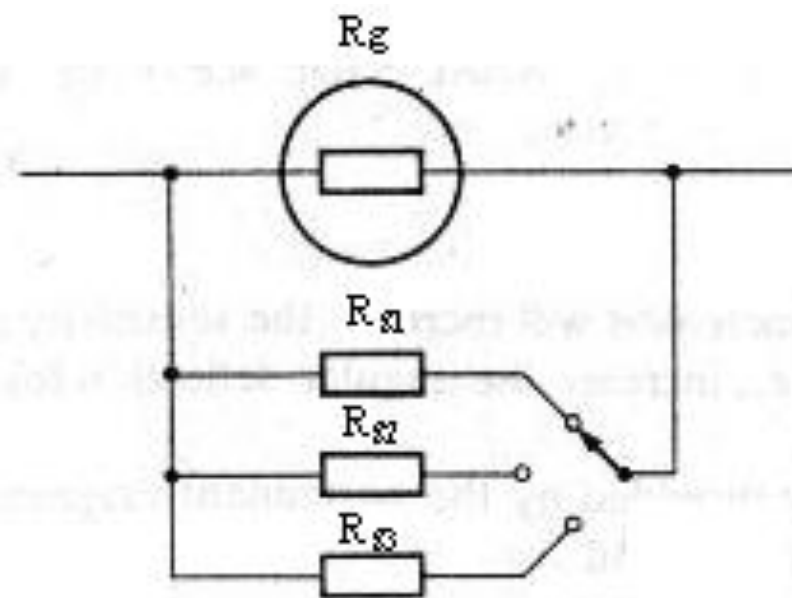


Eğer I_g ölçü aletinde tam sapmayı oluşturuyorsa

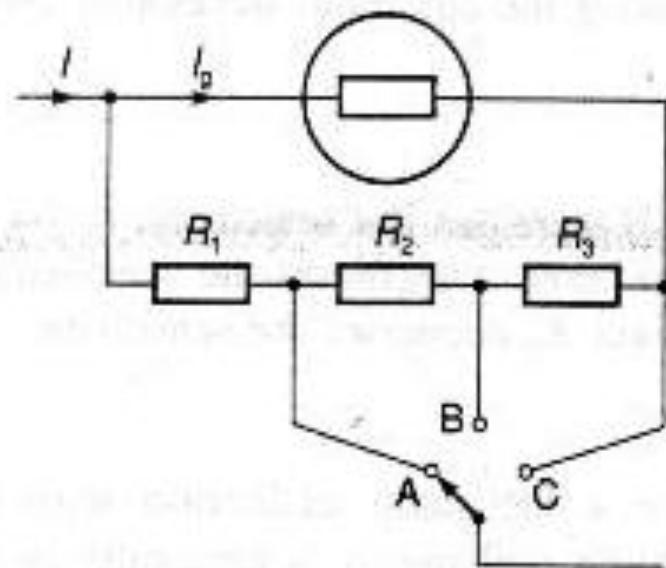
$$V = I_g \cdot R_g \text{ ve } V = I \cdot R$$

$$I_s = I - I_g \Rightarrow V = (I - I_g) \cdot R_s = I_g R_g \text{ den}$$

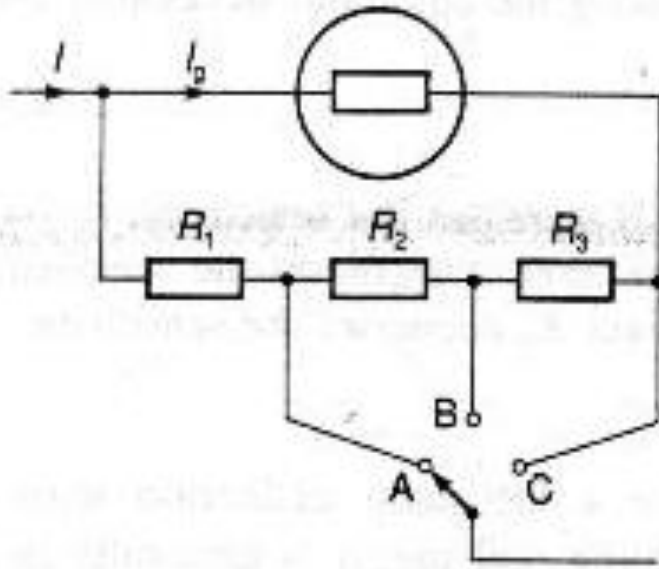
$$I = \frac{I_g (R_s + R_g)}{R_s} \text{ bulunur.}$$



kademeli şönt



üniversel şönt



üniversal şönt

Üniversal şöntde

Anahtar A'da iken

$$(I - I_g)R_1 = I_g(R_2 + R_3 + R_g)$$

Anahtar B'de iken

$$(I - I_g)(R_1 + R_2) = I_g(R_g + R_3)$$

Anahtar C'de iken

$$(I - I_g)(R_1 + R_2 + R_3) = I_g R_g' \text{ dir.}$$

Örnek: Üç kademeli bir ölçü aleti için universal şönt kullanılan bir galvanometre 1mA'de 50Ω direnç göstermektedir. Gerek duyulan ölçü aralığı 10mA, 100mA ve 1.0A olacaktır. Uygun direnç değerlerini hesaplayınız.

Çözüm: Anahtar A'da iken;

$$(I-I_g)R_1=I_g(R_g+R_2+R_3)$$

$$(1,0-0,001)R_1=0,001(50+R_2+R_3) \Rightarrow 999R_1=50+R_2+R_3 \quad (1)$$

B'de iken;

$$(I-I_g)(R_1+R_2+R_3)=I_g(R_g+R_3)$$

$$(0,100-0,001)(R_1+R_2)=0,001(50+R_3) \Rightarrow 99(R_1+R_2)=50+R_3 \quad (2)$$

C'de iken;

$$(I-I_g)(R_1+R_2+R_3)=I_g.R_g$$

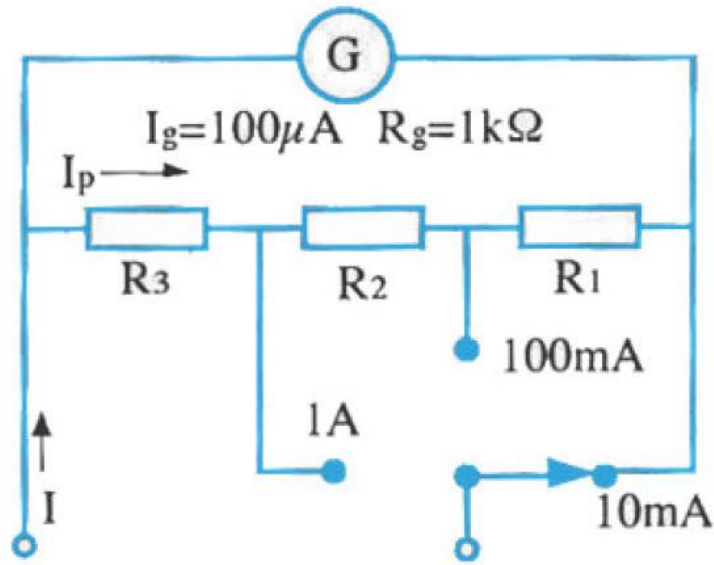
$$(0,010-0,001)(R_1+R_2+R_3)=0,001 \times 50 \Rightarrow 9(R_1+R_2+R_3)=50 \quad (3)$$

(1),(2),(3) denklemlerinin çözümüyle

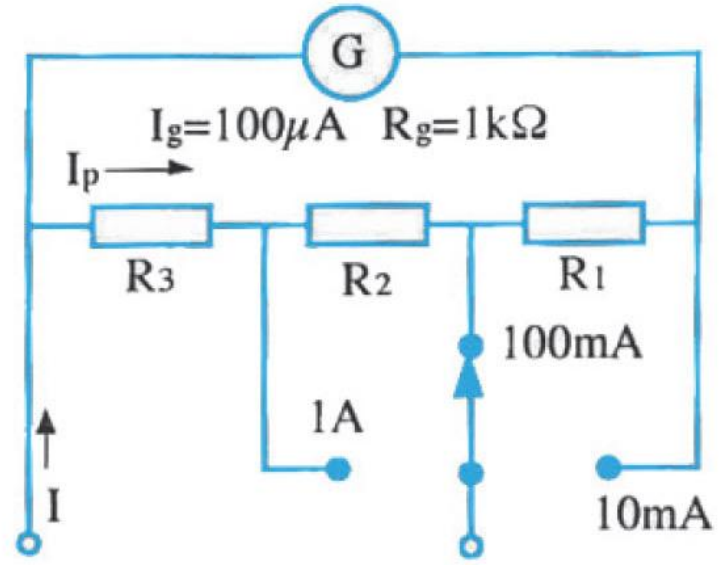
$$R_1=0,056 \Omega$$

$$R_2=0,50 \Omega$$

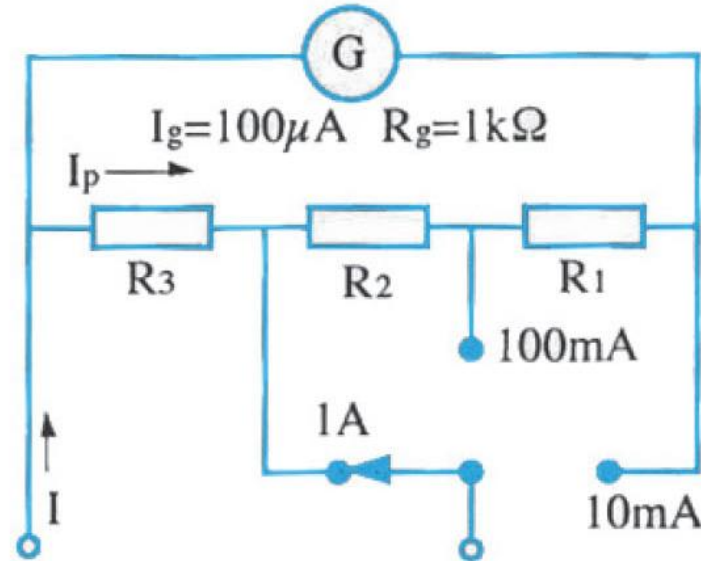
$$R_3=5,0 \Omega$$



(a)



(b)



(c)

R_1 R_2 ve R_3 dirençlerini hesaplayınız.

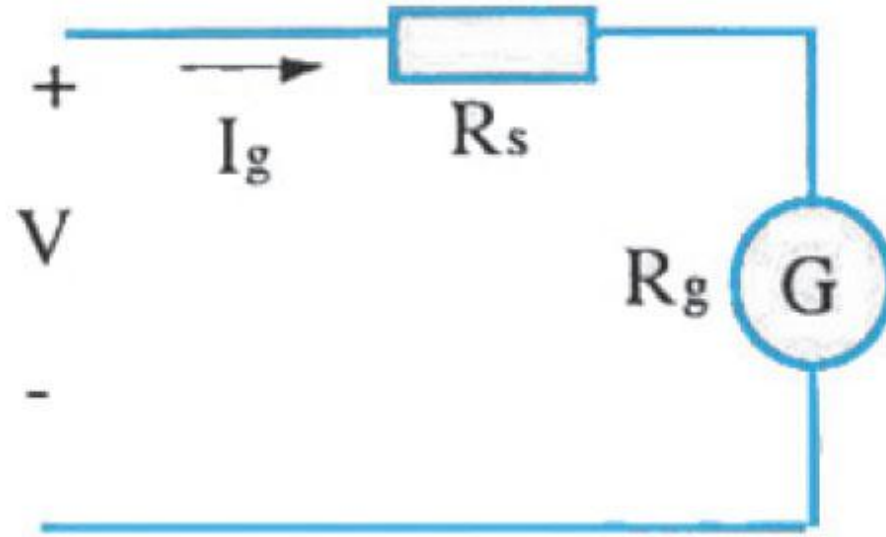
15A, 600V'a kadar şönt ve direnç kullanılır.

Daha büyük değerler için akım ve gerilim transformatörleri kullanılır.

Ön direnç ve şöntler genellikle Cu-Ni alaşımlarından yapılır, çünkü bunlarda direncin sıcaklıkla değişimi çok küçüktür. Ayrıca soğutma yüzeyini büyütmek için paralel tel veya şeritlerden oluşur.

5-10 A'den büyük alternatif gerilimler için hiç şönt kullanılmaz çünkü iletkenin (şöntün) etrafındaki magnetik alan o kadar büyük olur ki oluşan indüksiyon akımları önemli hata kaynağı oluştururlar.

Galvanometre akım ölçmesine rağmen, ilave edilecek seri bir direnç ile voltmetreye dönüştürülebilir. Seri direnç galvanometreden akacak olan akımı sınırlar. Bu direnç kademe direnci olup, voltmetrenin içine bağlanabildiği gibi dışardan da ilave edilebilir. İlave edilecek seri direnç, tam sapma akımı ile belirlenir.



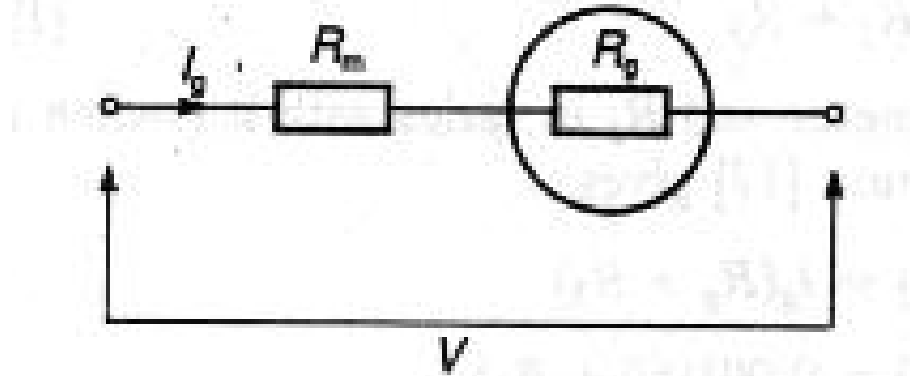
Tek kademeli bir voltmetrenin gerçekleştirilmesi.

Gerilim ölçü sınırlarının değiştirilmesi

İçinden akım geçen hareketli ölçü aleti nispeten düşük bir direnç değeri ve bunun sonucu olarak düşük bir gerilim için kullanılabilir.

Tipik bir ölçü aleti direnci 50Ω akımda tam sapma için 1mA olabilir. $1 \times 10^{-3} \times 50 = 0,05V$ gibi düşük bir gerilim düşümü oluşur.

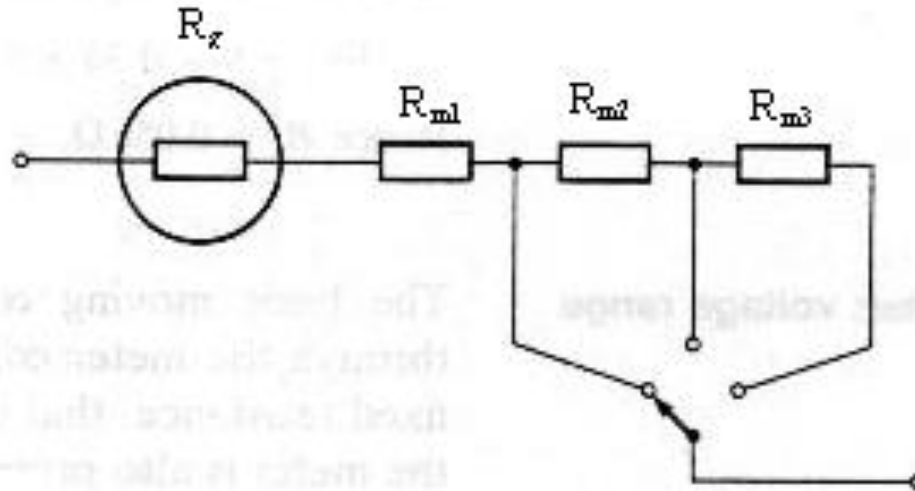
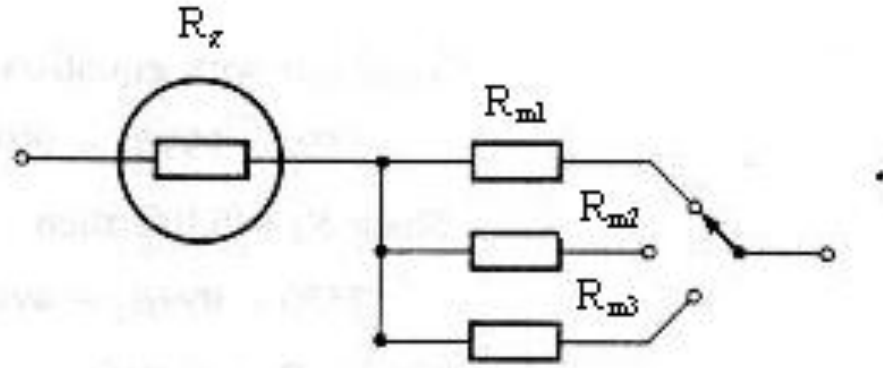
Seri bağlı dirençler de gerilim ölçme aralığı değiştirilebilir. Böyle dirençler çoğullayıcı olarak adlandırılır.



$V = \text{çoğullayıcı potansiyel farkı} + \text{ölçü aleti potansiyel farkı}$

$$V = I_g \cdot R_m + I_g \cdot R_g = I_g (R_m + R_g)$$

Çok kademeli voltmetre için anahtarlama ile ölçü sınırları değiştirilebilir.



Örnek: Ölçü aleti tam sapması $1,0\text{mA}$ 'de 80Ω 'dur. 10V ile tam sapma veren ölçü aletine gerekli çoğullayıcı direnç değeri nedir?

Çözüm: $V = I_g(R_m + R_g) = 10 = 1,0 \times 10^{-3}(R_m + 80) \Rightarrow R_m = 9920\Omega$

Kuvvetin oluşturduğu döndürme momenti her iki yöndeki büyüklüğü ile onun dik olarak merkezden uzaklığının çarpımıdır. Her bir koldaki kuvvetin oluşturduğu moment

$$\text{Moment} = B.I.L \left(\frac{1}{2} b \right)$$

$$\text{Toplam moment} = BIL \times \frac{1}{2} b + BIL \times \frac{1}{2} b = B.I.L.b$$

Burada L.b bobinin alanını verir.

$$\text{Toplam moment} = B.I.A$$

Şayet bobin iletkenleri N sarımlı ise

$$\text{Moment} = NBIA$$

N,B,A sabit değerler k_c ile gösterilirse

$$\text{Moment} = K_c . I \quad K_c : \text{sabittir (galvanometrenin)}$$

Moment akımla orantılıdır ve bobinin dönmesine neden olur. Bobinin dönmesi yayların gerilme kuvvetiyle karşılaşır. Yaylar bobinin dönmesine karşı bir açıyla orantılı karşı bir moment oluşturur.

Yaylar yüzünden oluşan moment= $K_s \cdot \theta$

Burada K_s sabittir. Bobinden geçen akım tarafından üretilen momentin yayların oluşturduğu momente eşit oluncaya kadar bobin döner.

$$K_c \cdot I = K_s \theta$$

$$\theta = \left(\frac{K_c}{K_s} \right) I$$

Bobinin θ sapması akımla orantılıdır.

Ölçme Aleti (Döner Bobinli) Hassasiyeti:

Genel olarak cihazın hassasiyeti;

Hassasiyet= $\frac{\text{göstergenin pozisyonundaki değerde}}{\text{cihazın hazırlanışındaki değişim}}$ olarak tanımlanır. S olarak

gösterilirse her birim akım girişi için göstergedeki sapma açısı; $S = \frac{Q}{I}$

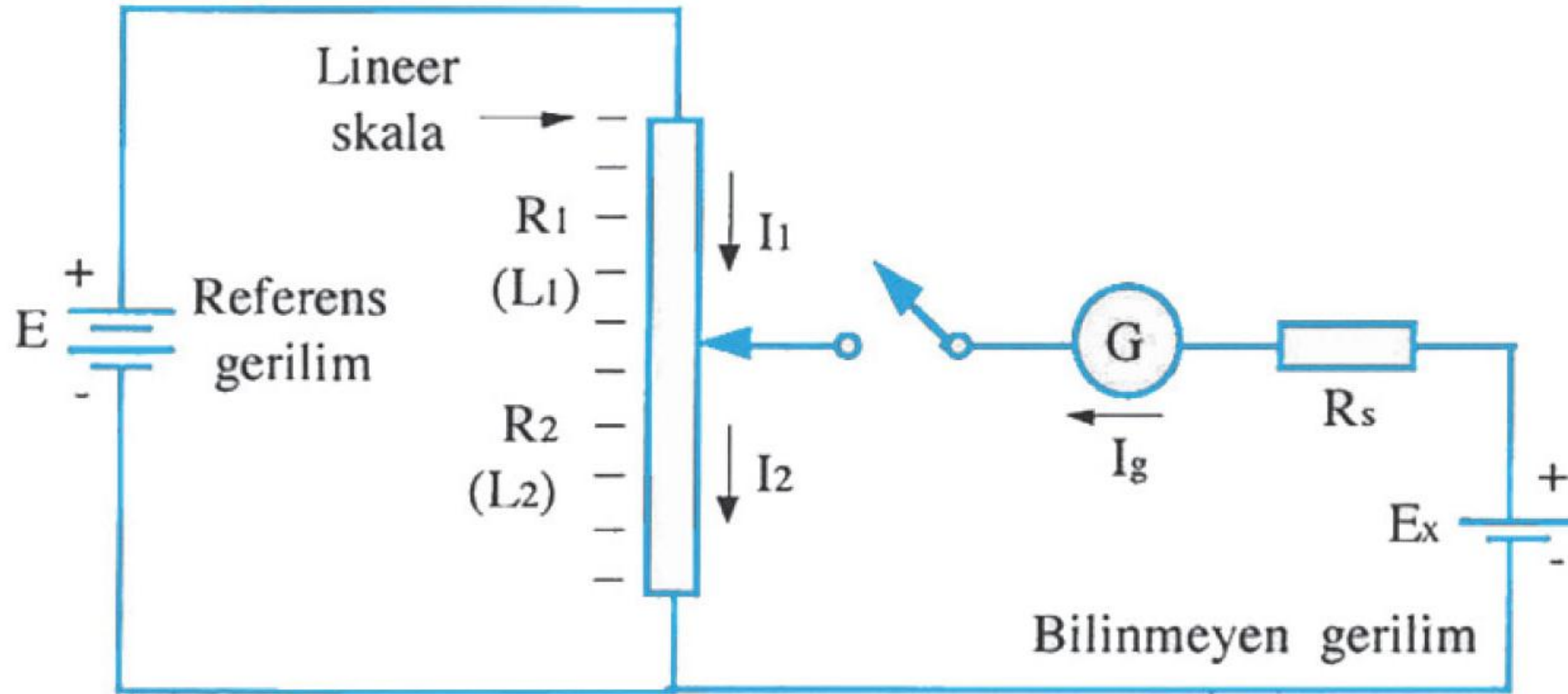
Bir çok ölçü aletinde tam sapmayı veren açısal sapma için; $S = \frac{1}{I_{full-sapma}}$

$I_{full-sapma} \Rightarrow full - scala - sapması$

Eğer ölçü aleti R direncine sahip ise full scala sapmada potansiyel farkı

$V_{fsd} = I_{fsd} \cdot R$ ' dir.

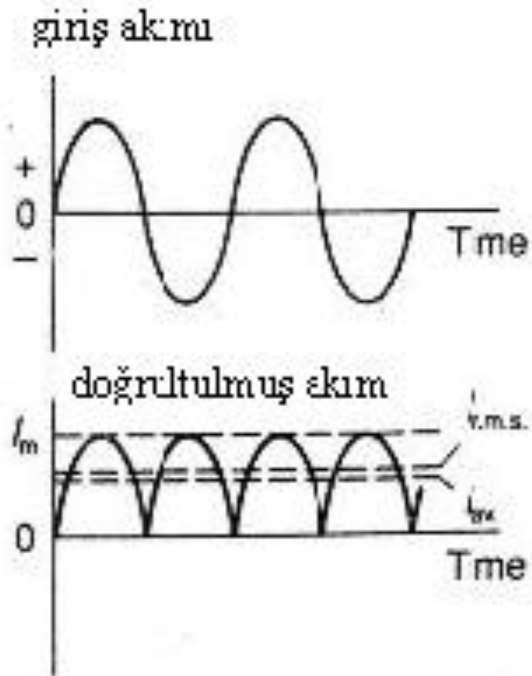
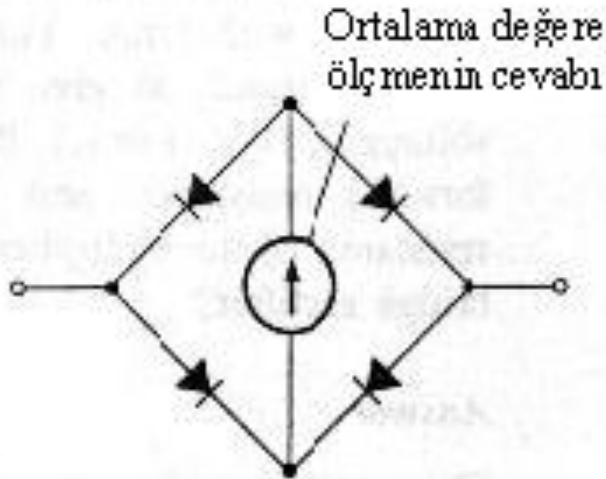
$$S = \frac{R}{V_{fsd}} [\Omega / V]$$



Temci potansiyometre devresi.

AC Ölçümü

Döner bobinli ölçü aletinin bobininde oluşan moment o anda uygulanan akımın büyüklüğüne ve yönüne bağlı olduğu için alternatif akımda değişken bir moment oluşacaktır. Geleneksel ölçü aletinin mekanik ataleti ancak çok düşük frekanslar için cevap verebildiği için hızlı değişimlerde sıfır pozisyonundan hareket edemez. Döner bobinli ölçü aleti ile alternatif akım ölçümleri için doğru akıma dönüştürmek gerekir. Şekildeki köprü doğrultucu kullanılabilir.



Doğrultucu çıkışında ölçü aletinin momenti nedeniyle ölçü aleti palsların ortalama değerini gösterir. Bu değerler genellikle efektif değerlere (RMS) dönüştürülür ve skalada bu değerler işaretlenir. Bu köprü girişindeki sinüzoidal alternatif akımdır.

$$I_{rms} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} ; \quad I_m : \text{max değer}$$

$$I_{ort} = \frac{2I_m}{\pi} ; \quad I_{rms} = \frac{\pi I_{ort}}{2\sqrt{2}} = 1,11 \cdot I_{ort}$$

giriş işareti sinüzoidal değilse şekil faktörü 1,11' den farklıdır. Bu

$$\text{hata} = \left(\frac{1,11 - F}{F} \right) \cdot 100\%$$

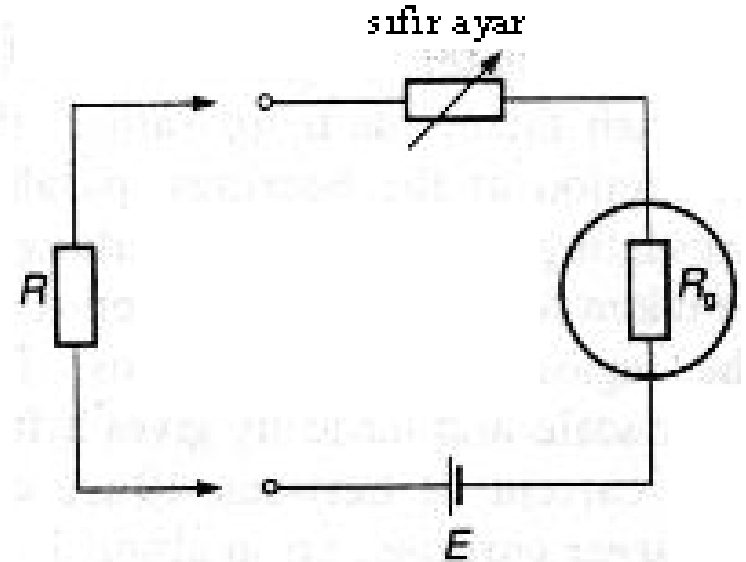
Farklı akım aralıkları değişik aralıklar için farklı uçlarla akım transformatörü kullanarak elde edilebilir.

F = şekil faktörü

Ohmmetre

Şekilde seri tip ohmmetre devresi gösterilmiştir. Ölçülecek direnç R direncidir. Önce R bağlanmadan uçlar kısa devre edilir. $R=0$, Full-scale akımı akması için R_z ayarlanır. Bilinmeyen R direnci bağlanır. Akım azalır, devredeki toplam direnç artmıştır. Burada akım değeri ölçülecek R direncinin değerini verir.

$$E = I(R + R_g + R_z) \Rightarrow I = \frac{E}{R + R_g + R_z}$$



Döner Bobinli Multimetre

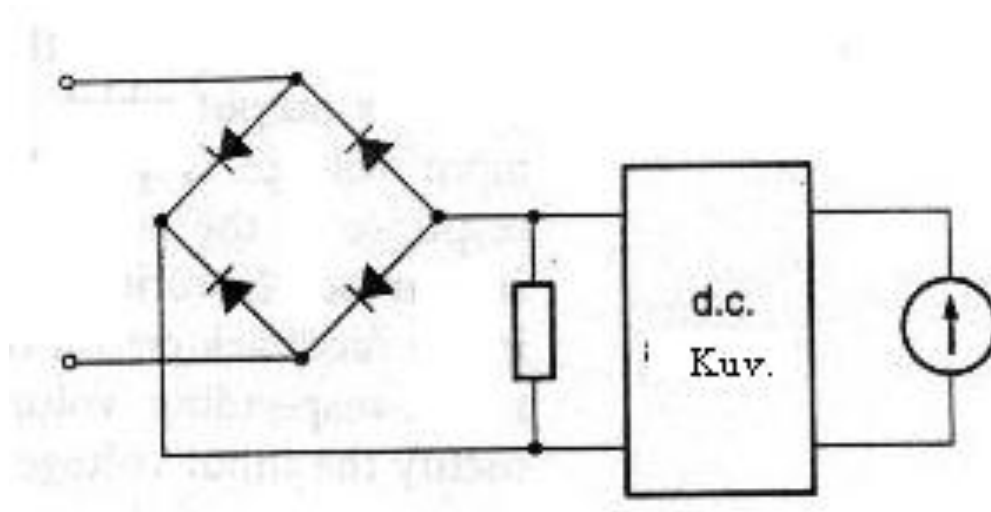
Doğru akım, alternatif akım ve direnç ölçme özellikleri bir ölçü aleti üzerinde birleştirilirse multimetre elde edilir.

Elektronik Multimetre

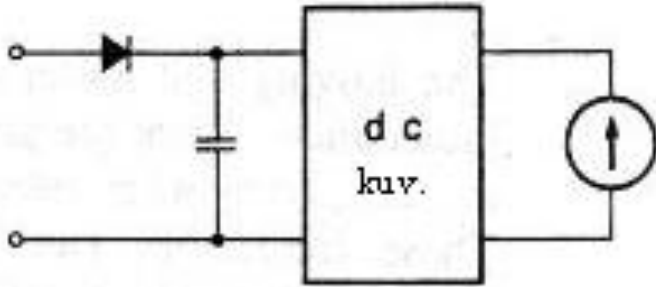
Döner bobinli ölçü aletinin küçük giriş empedansı, ayrıca yükleme hatasının büyük olması ihtimali, düşük hassasiyet gibi mahsurları bulunur. Bu mahsurlar döner bobinli ölçü aleti ile giriş arasında kuvvetlendirici kullanılarak giderilebilir. Bu düzenleme elektronik ölçü aleti olarak adlandırılır.

AVOmetre: Akım, gerilim ve direnç ölçümü yapan ölçü cihazlarına AVOmetre de denmektedir. Bu isim ölçülen büyüklüklerin birimlerinden gelir. (Amper – Volt – Ohm)

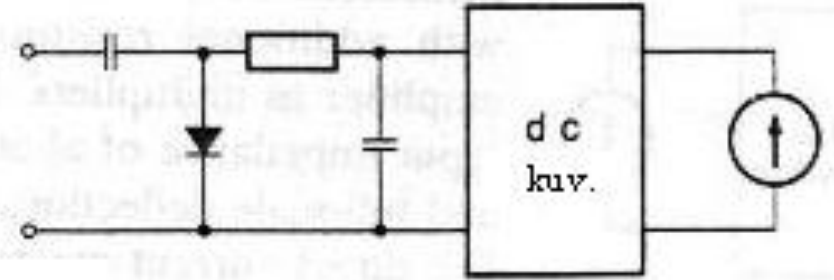
Gerilimin rms değerini ölçmek için rms uyumlu tipteki ölçü devresidir. Böyle cihazın bir şekli direncin sıcaklığıyla ilişkili çıkış veren termokupldır. Dirençteki sıcaklığın artmasıyla orantılı dirençte V^2 / R gücü harcanır. Termokupl ıkışı gerilimin karesini ortalama değerinin bir ölçüsüdür.



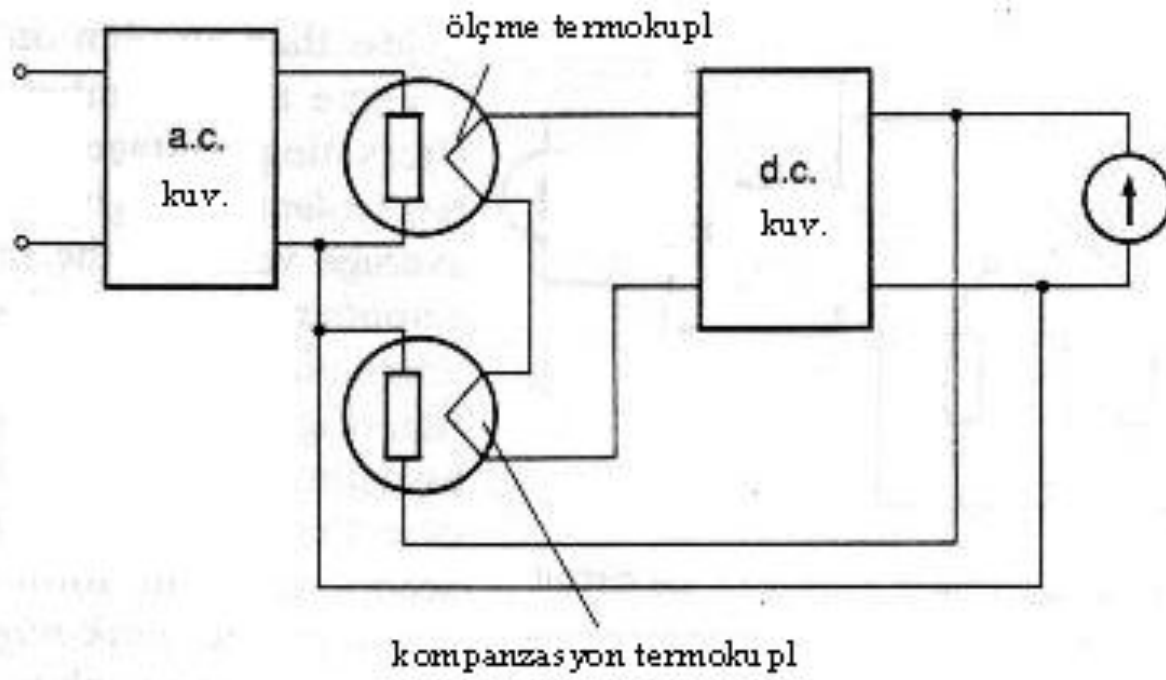
Ortalama Değer len-Uyumlu Elektronik Multimetre



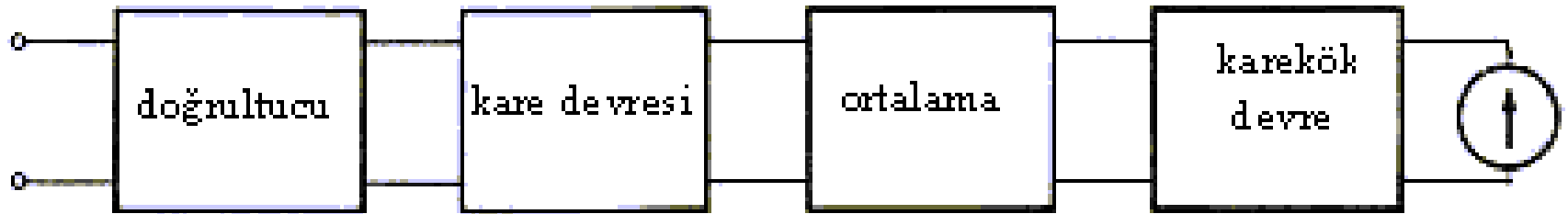
veya



Tepe Değer Voltmetresi



RMS voltmetresi



RMS elektronik voltmetre