BÖLÜM 1

ALTERNATİF AKIMIN TEMEL ESASLARI

1. DOĞRU VE ALTERNATİF AKIMIN KARŞILAŞTIRILMASI
2. SİNÜSOİDAL ALTERNATİF AKIMIN ELDE EDİLMESİ
3. ALTERNANS, PERİYOT, FREKANS
4. AÇISAL HIZ, DALGA BOYU
5. KUTUP SAYISI İLE DEVİR SAYISININ FREKANSA ETKİSİ
6. ALTERNATİF GERİLİM VE AKIMIN DEĞERLERİ
7. SİNÜSOİDAL BİR DALGANIN VEKTÖREL GÖSTERİLİŞİ
8. FAZ ve FAZFARKI

ALTERNATİF AKIMIN TEMEL ESASLARI

1. DOĞRU VE ALTERNATİF AKIMIN KARŞILAŞTIRILMASI

Elektrik enerjisi, alternatif akım ve doğru akım olarak iki şekilde üretilir. Bugün kullanılan elektrik enerjisinin %90'ından fazlası alternatif akım olarak üretilmektedir. Bunun çeşitli nedenleri vardır. Bunları sıra ile inceleyelim.

Elektrik enerjisinin uzak mesafelere ekonomik olarak iletilmesi için yüksek gerilimlere ihtiyaç vardır. Belirli bir güç, mesafe ve kayıp için iletim hattının kesiti, kullanılan gerilimin karesi ile ters orantılı olarak değişir. Doğru akımın elde edilmesinde kullanılan dinamolar (D.A. jeneratörü) yüksek gerilimli olarak yapılamazlar. Komütasyon zorluklarından dolayı, ancak 1500 volta kadar D.A üreten genaratörler yapılabilmiştir. Alternatif akım üreten alternatörlerden ise 230, 6300, 10500 ve 20000 volt gibi yüksek gerilimler elde edilebildiği gibi, transformatör denilen statik makinelerle bu gerilimleri 60 kV, 100 kV ve daha yüksek gerilimlere yükseltmek de mümkündür. Elektrik enerjisinin taşınması yüksek gerilimli alternatif akımlarla yapılır. Hattın sonundaki transformatörlerle bu yüksek gerilim, kullanma gerilimine dönüştürülür.

Cıva buharlı redresörlerle yüksek gerilimli alternatif akımı, yüksek gerilimli doğru akıma çevirerek enerjiyi taşımak ve hattın sonuna inverterlerle düşük gerilimli alternatif akıma çevirmek mümkün olduğu halde, uygulamada fazla kullanılmamaktadır.

Büyük güçlü ve yüksek devirli DA jeneratörleri komütasyon zorluklarından dolayı yapılamazlar. Alternatörler ise, büyük güçlü ve yüksek devirli olarak yapılabilirler. Böylece elde edilen enerjinin kilovat saat başına maliyeti ve işletme masrafları düşük olur. Alternatörler 200000 kVA, 400000 kVA gücünde yapılabilirler.

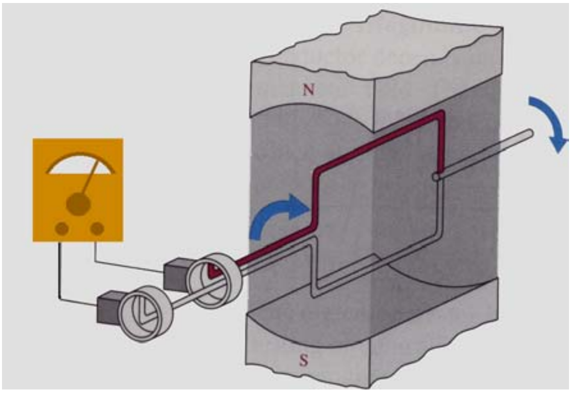
Sanayide sabit hızlı yerlerde alternatif akım motoru (endüksiyon motoru), doğru akım motorundan daha verimli çalışır. Endüksiyon motoru, D.A. motorundan daha ucuz, daha sağlam olup, bakımı da kolaydır. D.A. motorunun tek üstünlüğü, devir sayısının düzgün olarak ayar edilebilmesidir.

Doğru akımın tercih edildiği veya kullanılmasının gerekli olduğu yerler de vardır. Elektrikli taşıtlar, galvano teknik (maden kaplamacılığı) ve madenlerin elektrikle arıtılması tüm elektronik sistemler ve haberleşme sistemlerinde D.A kullanılır. Bu gibi yerlerde doğru akım genellikle, alternatif akımın D.A’a çevrilmesi ile elde edilir.

2. SİNÜSOİDAL ALTERNATİF AKIMIN ELDE EDİLMESİ

2.1 SİNÜSOİDAL EMK (ELEKTRO MOTOR KUVVET)

Şekil1.1 de görüldüğü gibi, N S kutuplarının meydana getirdiği düzgün manyetik alanın içinde bulunan iletken, kuvvet çizgilerini dik kesecek şekilde hareket ettirildiğinde, iletkende bir emk indüklenir.



Şekil2.1 Sinüsoidal emk’nın elde edilmesi

Ölçü aletinin ibresi sapar. İletken ters yöne doğru hareket ettirildiğinde, ölçü aletinin ibresi ters yönde sapar. İndüklenen emk’in yönü değişir. İletken manyetik kuvvet çizgilerine paralel olarak iki kutup arasında hareket ettirildiğinde, ölçü aletinin ibresi sapmaz. Yani iletkende hiçbir emk indüklenmez.

Faraday kanununa göre, bir iletken kuvvet çizgilerine dik olarak hareket ettirildiğinde bir saniyede 10^8 maksvellik bir akıyı kesiyorsa, bu iletkende 1 voltluk bir emk indüklenir.

Manyetik kuvvet çizgileri yoğunluğu B gavs (maksvel/cm^2) iletkenin boyu (L) cm ve iletkenin hızı V cm/sn olduğuna göre, iletkenin bir saniyede tarayacağı alan (L.V) cm^2 ve iletkenin 1 saniyede kestiği manyetik çizgileri (BLV) maksvel olur.

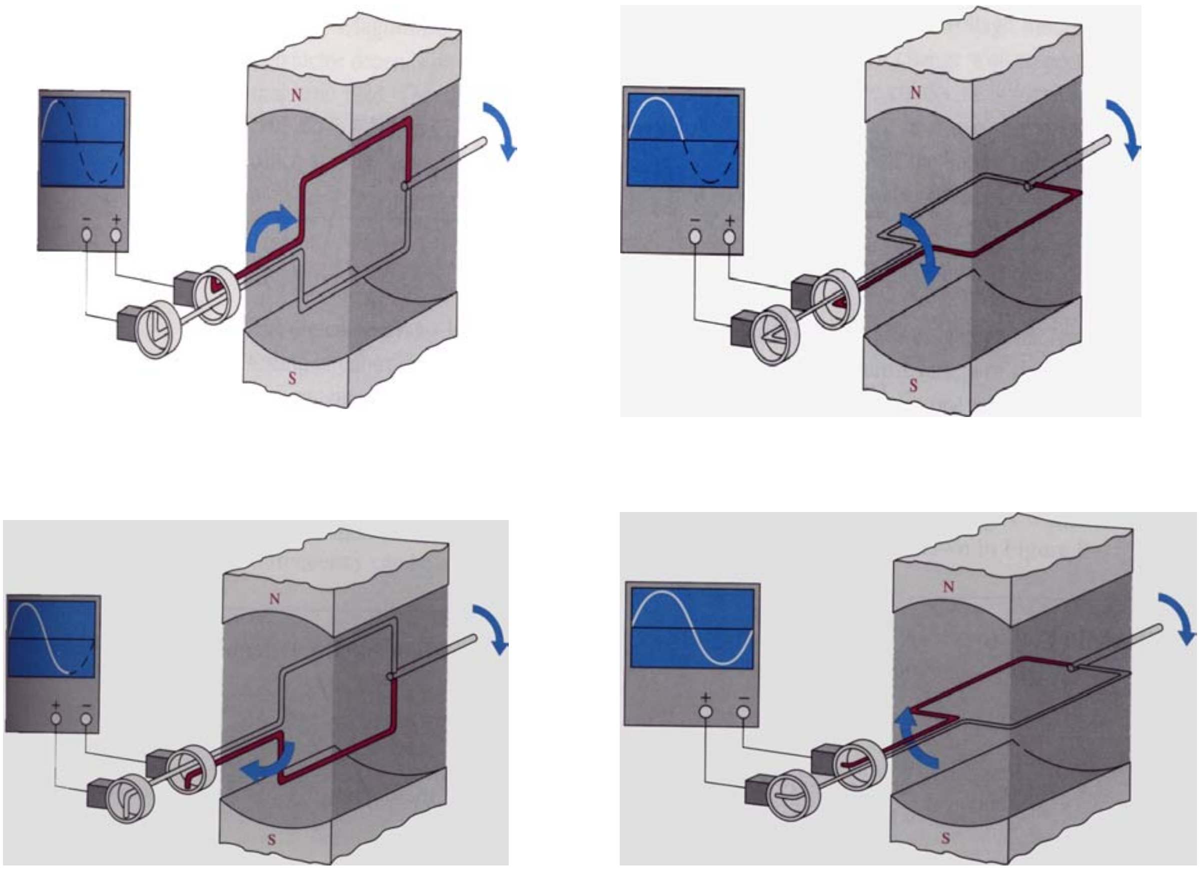
İletkende indüklenen emk, CGS birim sisteminde $e=B.L.V.\ 10^{-8}$ volt

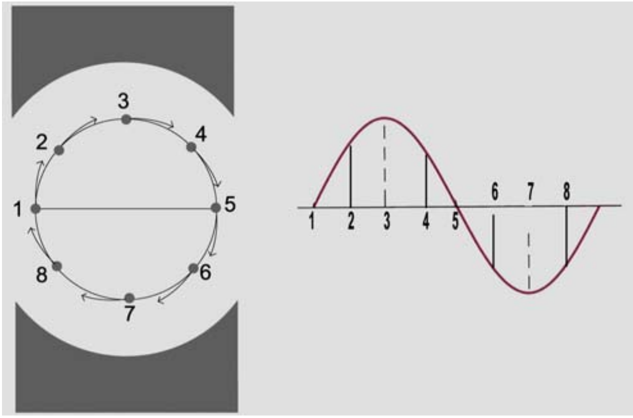
MKS sisteminde, $e = B.\ L.\ V.$ Volt

B: Manyetik akı yoğunluğu, weber/m^2
L: İletkenin boyu, metre
V: İletkenin hızı, m/saniye
e: Emk, volt

Şekil1.2 deki elektromıknatısın N ve S kutupları arasında düzgün bir manyetik alanın olduğunu kabul edelim. Bu alanın içinde, saat ibresi yönünde dairesel olarak dönebilen düz bir iletken bulunuyor. İletken döndürüldüğünde, manyetik kuvvet çizgilerini kestiği için iletkende bir emk indüklenir.

Şekil1.2 (a) NS kutupları içinde iletken hareketi   **(b)** A.A dalga şekli





Alternatif akımın Osilaskop ekran görüntüsü

Şekil1.2a da görüldüğü gibi, V dairesel hızını 2 anında; manyetik kuvvet çizgilerine dik Vf ve manyetik kuvvet çizgilerine paralel Vf hızı olmak üzere iki bileşene ayıralım. V hızı ile döndürülen iletken 2 anında manyetik kuvvet çizgilerini Vf gibi bir hızla dik olarak keser. İletkenin manyetik kuvvet çizgilerini dik kesme hızı,

Vf = V sin α dır.

İletkende indüklenen emk, iletkenin manyetik kuvvet çizgilerini dik kesme hızı ile doğru orantılıdır. Hızın manyetik kuvvet çizgilerine paralel olan bileşeni Vt = V. Cos α dır. Manyetik kuvvet çizgilerine paralel olan hız ile iletkende indüklenen emk arasında hiçbir ilişki yoktur. Yani, iletkenin manyetik kuvvet çizgilerine paralel hareket etmesi iletkende hiçbir emk indüklemez.

Düzgün dairesel bir hızla düzgün bir manyetik alan içinde dönen iletkende emk,

e = B. L. V. sin α formülü ile hesaplanır.

Şekil1.2a daki iletkende, değişik anlarda indüklenen emk'leri bularak şekil1.2b deki emk eğrisi çizilebilir.

1. anında: İletken V hızı ile manyetik kuvvet çizgilerine paralel hareket ediyor. Bu anda α=0 dır. İletken manyetik kuvvet çizgilerini dik olarak kesmiyor. Yani, Vf= V. sin 0° = 0 dır. Şu halde 1. anında iletkende indüklenen emk sıfırdır.

2. anında: İletken manyetik kuvvet çizgilerini kesme açısı 45° dir. Manyetik kuvvet çizgilerini dik kesen hız bileşeni Vf=V.sin 45° dir. İletkende Vf ile orantılı olarak bir emk indüklenir.

3. anında: iletkenin manyetik kuvvet çizgilerini kesme açısı α=90° dir. Vf=V.sin 90°=V olur. İletkenin kestiği manyetik kuvvet çizgilerinin sayısı maksimum olduğundan, indüklenen emk da maksimum olur. 3 anında, iletken S kutbunun tam altındadır.

4. anında: iletken kuvvet çizgilerini α=135° lik bir açı ile keser. Manyetik kuvvet çizgilerini dik kesen hız bileşeni 3 anından sonra azalmıştır. Vf=V.sin 235°=V.sin(90°+45°), 4 anında indüklenen emk azalır.

5. anında: iletken nötr ekseni üzerinde ve manyetik kuvvet çizgilerine paralel olarak V hızı ile hareket eder. α=180° dir. E=B.L.V.sin180°=0 volt olduğu görülür.

1,2,3,4 ve 5 anlarında iletken manyetik kuvvet çizgilerini soldan sağa doğru olan bir hareketle kesmiştir. 5. anından sonra iletkenin manyetik alan içindeki kuvvet çizgilerini dik kesen hareketinin yönü değişir. Sağdan sola doğru olur. Dolayısıyla, 5. anından sonra iletkende indüklenen emk'in de yönü değişir.

6. anında: iletken manyetik kuvvet çizgilerini kesme açısı $\alpha=180^0 + 45^0 = 225^0$ olur. İndüklenen emk negatif yönde biraz artmıştır.

7. anında: iletkenin manyetik kuvvet çizgilerini kesme açısı $\alpha=270^0$ yani 90^0 dir. Bu anda iletken N kutbunun altında ve kestiği akı maksimum olduğu için indüklenen emk de maksimum olur.

8. anında: İletken manyetik kuvvet çizgilerini dik kesme hızı azaldığı için indüklenen emk azalır. 1. anında indüklenen emk tekrar sıfır değerine düşer.

$\alpha=90^0$ iken, vf = V.sin α =V. sin 90 = V olacaktır. Bu durumda iletkenin manyetik akıyı dik kesme hızı yüksek değerde olacağından, indüklenen emk de maksimum değerde olur.
e= B. L. V. 10^{-8} = Em

Buna göre, manyetik alan içinde dairesel olarak dönen düz bir iletkende indüklenen emk'in genel ifadesi,

e= Em. Sin α

Olur. α açısının değerine göre, değişik anlarda indüklenen emk'in yönü ve değerini bu formülle ifade edilir. Alternatif gerilimin herhangi anındaki değeri bulunabilir. Diğer bir ifade ilen bu formül alternatif gerilimin ani değer formülüdür.

Düzgün bir manyetik alan içerisindeki bir iletkenin uçlarında indüklenen emk'i adım adım incelendi. İletken indüklenen emk sıfırdan başlayarak 90^0 de pozitif maksimuma yükselip 180^0 de sıfıra düşmekte sonra ters yönde 270^0 de negatif maksimuma yükselip tekrar 360^0 de sıfıra düşmektedir. İletkenin sürekli dönmesi ile bu değişik periyodik olarak tekrarlanmaktadır. Bu değişime göre elde edilen emk'e alternatif emk denir. Üretilen alternatif emk'in değişim eğrisi grafik olarak şekil1.2b de görülmektedir. Bu grafikte α açısı yatay eksende ve üretilen emk dikey eksende gösterilmiştir. Emk, α açısının sinüsü ile orantılı olarak değiştiğinden elde edilen bu eğri sinüs eğrisidir. Dolayısıyla, üretilen emk de sinüsoidal bir emk dır.

Örnek1.1

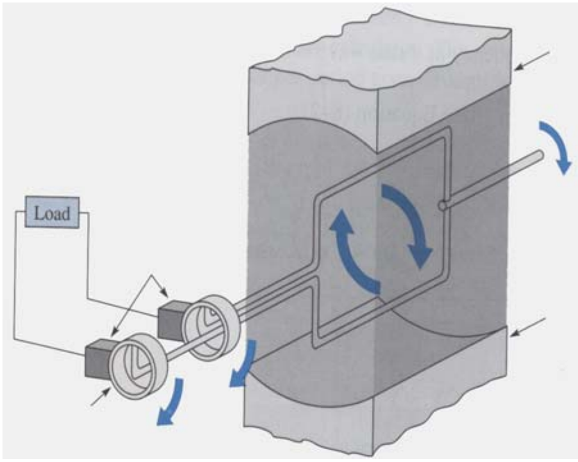
Manyetik alan içerisinde, sabit hızla döndürülen bir iletkene indüklenen emk'in maksimum değeri 24 volttur. Bu iletkenin $\alpha = 45^0$ iken indüklenen gerilimin ani değeri nedir?

Çözüm 1.1:

Em= 24 volt ani değer formülü $e = Em. \sin \alpha$

$\alpha=45^0$ ise $\sin\alpha = \sin 45 = 0,707$ $e = 24 \times 0,707 = 19$ Volt

Bir iletkende döndürülmekle elde edilecek emk küçük olur. Şekil1.3 de görüldüğü gibi, bir sarımlı bir bobin N ve S kutuplarının arasında döndürülürse, sarımın her iki kenarında indüklenen emk'ler birbirine eklendiği için tek iletkene göre, iki kat emk elde edilir. N S kutupları arasına bir sarımlı bobin yerine (n) sarımlı bir bobin konur ve bobinin uçları da şekil1.3 deki gibi bileziklerle bağlanırsa, bobin döndürüldüğünde indüklenecek olan emk'in (n) katı olur. Çünkü, (n) sarımın her birinde indüklenen emk'ler, birbirine seri bağlı olduğu için, birbirine eklenir. Bileziklere sürtünen fırçalar yardımı ile bobinde indüklenen sinüsoidal emk, bir alıcıya şekil1.3de görüldüğü gibi uygulanabilir.



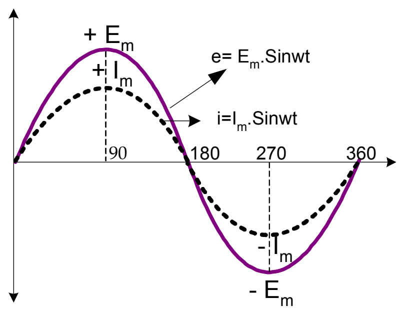
Şekil1.3 Üretilen emk'e yük direncinin bağlanması

Sinüsoidal emek R direncine uygulanınca devreden alternatif bir akım geçer. Ohm kanununa göre, herhangi bir anda dirençten geçen akım,

$i = \frac{E_m . Sin\alpha}{R} = \frac{E_m}{R} Sin\alpha$ ifadesinde, $E_m / R = I_m$ değeri yerine konulursa,

$i = I_m . \sin\alpha$

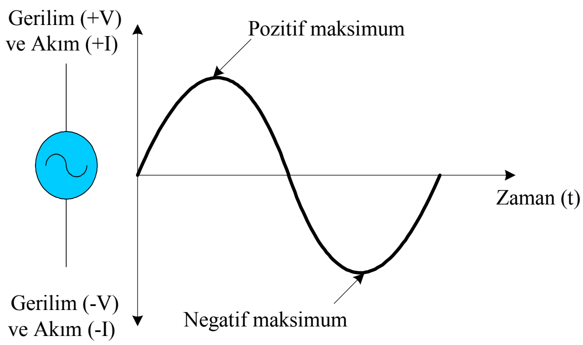
ifadesi akımın herhangi bir anındaki genel ifadesini verir. Bu akımda sinüsoidal bir akımdır. Şekil1. 4de emk ve akımın dalga şekilleri görülmektedir.



Şekil1.4 Emk ve Akımın dalga şekilleri

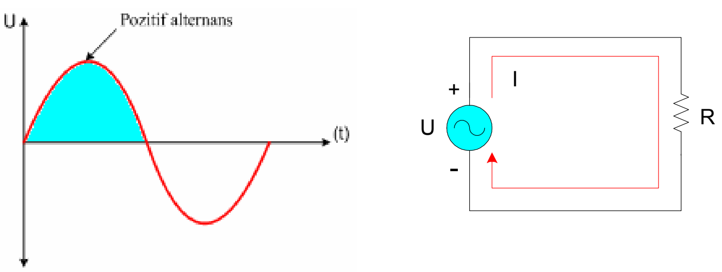
3. ALTERNANS, PERİYOT, FREKANS

Alternatif akımın üretilmesi mekanik jeneratörlerden elektronik olarak ise sinyal jeneratörlerinden elde edilebilir. Doğru akımda olduğu gibi alternatif akımında sembolü ve dalga şekli, şekil 1.5 de görüldüğü gibidir.

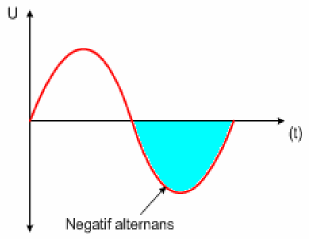


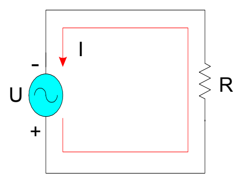
Şekil1.5 A.A sembolü ve dalga şekli

Alternans: Alternatif akım şekil1.5 de görüldüğü gibi sıfırdan pozitif maksimum değere daha sonra sıfıra gelme durumuna pozitif alternans, sıfırdan eksi maksimum değere daha sonra tekrar sıfıra gelmesine negatif alternans denir. İki alternansının birleşmesi ile bir saykıl (cycle) oluşur. Alternatif gerilimi bir devreye bağlanırsa akımın akışı alternanslara göre değişir. Bu değişim şekil 1.6 da olduğu gibidir.



(a) Pozitif alternans: devrede oluşturduğu akımın yönü

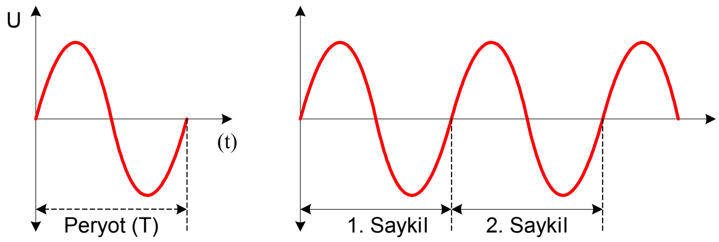




(b) Negatif alternans: devrede oluşturduğu akımın yönü

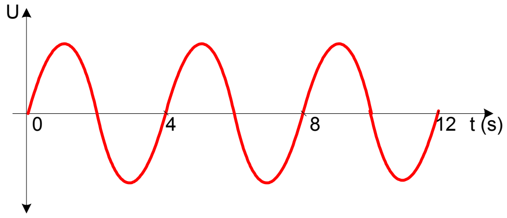
Şekil1.6

Periyot: Bir saykılın oluşması için geçen süreye periyot denir. N S kutbu arasındaki bir iletken veya bobin 360° derece döndürüldüğünde indüklenen emk bir sinüs dalgalık değişime uğrar. Bobine iki devir yaptırıldığında indüklenen emk iki sinüs dalgası çizer. Bir periyot 360° dir. Periyot T harfi ile ifade edilir. Birimi ise saniyedir. Şekil1.7de sinüsoidal dalganın periyodu görülmektedir.



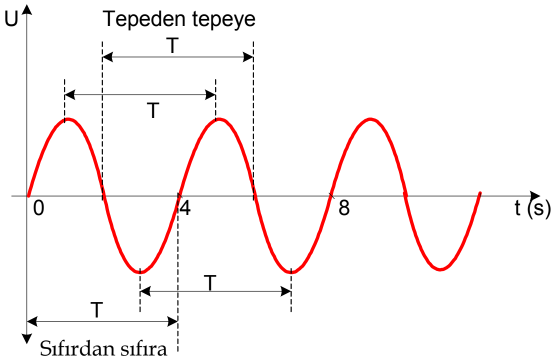
Şekil1.7 Sinüsoidal dalganın periyodu

Örnek3.1 Şekil1.8de görülen dalganın periyodu kaç saniyedir.



Şekil1.8

Çözüm3.1 Şekil1.9 da gösterildiği gibi periyodun belirlenmesinde sıfırdan sıfıra veya (pozitif, negatif) tepe değerinden tepe değerine olan zaman aralığına bakılarak bulunur.



Şekil1.9 Periyodu belirleme şekli

Bu açıklamalardan sonra dalganın periyodu 4s dir.

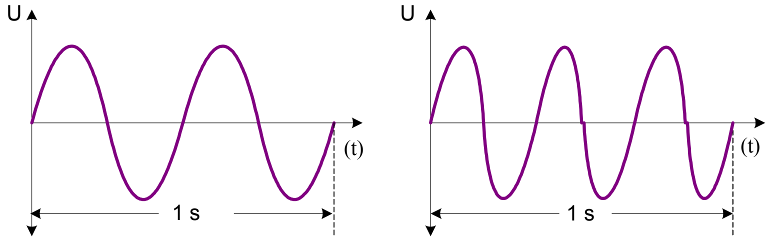
T=4 s

Frekans: Alternatif akım veya gerilimin bir saniyede oluşan periyot sayısına veya saykıl sayısına frekans denir. Frekans f harfi ila ifade edilir. Birimi saykıl/saniye, periyot/saniye veya Hertz'dir. Periyot ile frekans arasındaki ifade şu şekildedir.

$$f = \frac{1}{T} \qquad T = \frac{1}{f}$$

Frekansın birimi olan hertz'in as katları mevcut değildir. Üst katları ise kiloherzt, megaherzt ve gigaherzt olarak sıralanabilir. Bu dönüşümler ise;

1Hz = 10^{-9} GHz
1Hz = 10^{-6} MHz
1Hz = 10^{-3} kHz kendi aralarında biner biner büyür ve küçülür. Şekil1.10da düşük ve yüksek frekans görülmektedir. Dikkat edilirse (a) da bir saniyede iki saykıl oluşurken (b)de ise üç saykıl oluşmaktadır. Bu duruma göre de dalgaların frekansı değişmektedir. Türkiye de kullanılan alternatif gerilimin frekansı 50 Hz olduğu da bilinmelidir. Bu demektir ki sinüsoidal dalga bir saniyede elli kez oluşmaktadır.

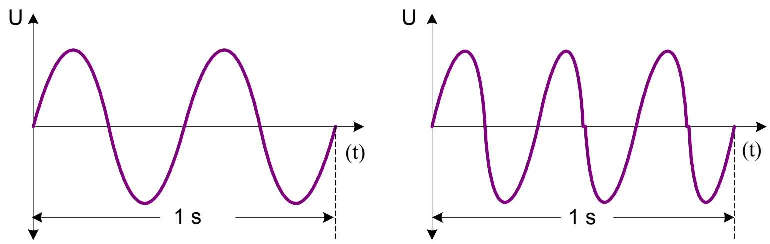


(a) (b)

Şekil1.10

Örnek3.2

Şekil1.10 da verilen gerilimin frekansını bulunuz.



(a) (b)

Şekil1.10

Çözüm3.2

Önce (a) daki dalga şeklinin frekansını bulmak için bir saniyedeki saykıl sayısı bulunur. Burada 1 saniyede iki saykıl oluşmaktadır. Bu durumda periyot T=1/2 =0.5 s dir.dalganın frekansı ise;

$$f = \frac{1}{0.5} = 2\ Hz$$

Şekil1.10 (b)deki dalga şeklinin frekansını bulmak için ise bir saniyedeki saykıl sayısı bulunur. Burada 1 saniyede üç saykıl oluşmaktadır. Bu durumda periyot T=1/3 =0.3333 s dir.dalganın frekansı ise;

$$\mathrm{f} = \frac{1}{0.3333} = 3\,\mathrm{Hz}$$

Örnek3.3

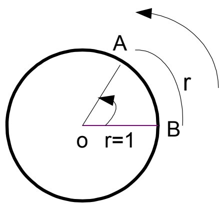
Alternatif gerilimin bir periyodunun oluşması için geçen süre 10 ms ise bu gerilimin frekansı nedir?

Çözüm3.3
Alternatif gerilimin periyodu bilindiğine göre frekansla periyot arasındaki ilişki formülünden;

T=10 ms = 10.10^{-3} s $f=\frac{1}{T}=\frac{1}{10ms}=\frac{1}{10.10^{-3}s}=100\,Hz$ bulunur

4. AÇISAL HIZ, DALGA BOYU

Açısal Hız: N ve S kutupları arasında dönen bir bobinde indüklenen emk'in frekansı, bobinin devir sayısı ve bobinin açısal hızı ile doğru orantılıdır. Döndürülen bir bobinin birim zamanda kat ettiği açıya açısal hız denir. Açısal hız, derece/saniye veya radyan/saniye ile ifade edilir.



Şekil1.11

Şekil1.11 de görüldüğü gibi, yarıçapı r olan bir çember üzerindeki A noktası hareket ederek tekrar A noktasına geldiğinde katettiği yol $2\pi r$ ve taradığı açıda 360° dir. A noktasının çember üzerinde yarı çap kadar bir yol alarak B noktasına geldiğinde, katettiği açıya 1 radyan denir. A noktası bir devrinde ($2\pi r/r=2\pi$) radyanlık bir açıyı taramış olur. Yarı çapı 1 olan bir çember üzerindeki bir noktanın bir devrinde katettiği açı 2π radyandır. Şu halde, 360 derece 2π radyana, π radyan 180° eder. Açısal hız genellikle radyan/saniye ile ifade edilir. Ve ω (omega) harfi ile gösterilir. N ve S kutupları arasında döndürülen bir bobinin açısal hızının ω rad/s oluğunu kabul edelim. Bobinin her hangi bir t saniyede katettiği açı ωt dir. Bobinde indüklenen emk'in herhangi bir anındaki değeri $e=Em.\sin\alpha$ dır. α bobinin herhangi bir t zamanında katettiği açı olduğuna göre,

$\alpha=\omega t$ yazılabilir. Emk $e=Em.\sin\omega t$ olur.

Bir sinüs dalgası (1 periyot) 360° yani 2π radyandır. Frekansı (f) olan bir emk, bir saniyede f tane periyot çizer. Emk'in açısal hızı,

α=2πf radyan/saniye olur. Bu değer emk formülünde yerine konulursa alternatif gerilimin herhangi bir anındaki değer formülü ortaya çıkar.

e =Em.Sinα=Em.Sinωt=**Em.Sin2πft** olur.

Örnek3.4: Bir alternatörde üretilen 60 Hz frekanslı sinüsoidal emk'in maksimum değeri 100 Volttur. Emk'in açısal hızını 0,005 saniyedeki ani değerini hesaplayınız.

Çözüm3.4: Açısal hız, $\omega = 2\pi f = 2\pi.60 = 377 \text{ rad/s}$

T=0,005 saniyedeki α açısı, $\alpha = \omega t = 377.0{,}005 = 1{,}89 \text{ radyan}$ bulunur.

$\alpha = 1.89.(360/2\pi) = 1{,}89.57{,}3^0 = 108^0 \qquad \sin\alpha = \sin 108^0 = 0{,}951$

$e = Em.\sin\alpha = 100.0{,}951 = 95{,}1 \text{ Volt}$

Dalga Boyu: Elektrik akımı saniyede 300000 km'lik bir yol kat eder. Akımın frekansı f olduğuna göre, bir saniyede f kadar dalga meydana getirir. Bir dalganın kapladığı mesafeye Dalga Boyu denir. λ (lamda) harfi ile gösterilir. Birimi metredir.

$$\lambda = \frac{300000}{f} = \frac{3.10^8}{f}$$

λ: Dalga boyu, metre f=Frekans, periyot/s = Herzt

Örnek3.5: Frekansı 50 Hz olan alternatif akımın dalga boyu kaç metredir?

Çözüm3.5: $\lambda = \frac{3.10^8}{f} = \frac{3.10^8}{50} = 6.10^6 \text{ metre}$

Örnek3.6: Dalga uzunluğu 1600 m olan İstanbul radyosunun yayın frekansını bulunuz?

Çözüm3.6: $\lambda = \frac{3.10^8}{f}$ formüden f çekersek; $f = \frac{3.10^8}{1600} = 187 \text{ kHz}$

5. KUTUP SAYISI İLE DEVİR SAYISININ FREKANSA ETKİSİ

Şekil1.2 (a) da olduğu gibi N ve S kutupları arasındaki iletkenin bir devrinde iletken 360° veya 2π radyanlık bir açı kat eder. İletkende bir periyotluk bir emk indüklenir. İletken dakikada N devirle döndürülürse, indüklenen emk'in frekansı (n/60) herz olur. Şu halde, indüklenen emk'in frekansı, saniyedeki devir sayısı ile doğru orantılıdır. Kutup sayısı arttıkça dalga sayısı da artacağından frekansta bu doğrultuda artacaktır.

Bir alternatif akım alternatörünün kutup sayısı (2P) ve dakikadaki devir sayısı da N olduğuna göre, indüklenen emk'in frekansı,

$$f = \frac{P.N}{60}$$

formülü ile hesaplanır. Formüldeki harflerin anlamları;
f: Frekans, Herzt
P: Çift kutup sayısı (aynı adlı kutup sayısı)
N: Dakikadaki devir sayısı, Devir/dakika
Dört kutuplu bir alternatörde rotorun bir devrinde iletken 360° lik bir geometrik açıyı katetmiş olur. Emk ise (2.360) elektriki derecelik açıyı kat eder.

Örnek3.7
4 kutuplu bir alternatörden, 50 Hz frekansı ve 100 Hz frekanslı alternatif akım üretilebilmek için, rotor kaç devirle döndürülmelidir?

Çözüm3.7: $f = \frac{P.N}{60}$ formüden N çekersek; $N = \frac{60.f}{P}$

$f = 50\,\text{Hz} \qquad N = \frac{60.50}{2} = 1500\,\text{d/d}$ f=100 $N = \frac{60.100}{2} = 3000\,\text{d/d}$

Örnek3.8:
6 kutuplu bir alternatör 1000 d/d ile döndürülmektedir. Üretilen emk'in maksimum değeri 200 volttur. (a) Frekansı; (b) Açısal hızı (c) t=0,01 saniyedeki emk'in değerini hesaplayınız?
Çözüm3.8:(a)

$$f = \frac{P.N}{60} = \frac{3.1000}{60} = 50\,\text{Hz}$$

$$\omega = 2\pi f = 2\pi 50 = 2.3,14.50 = 314 \text{ radyan/s} \quad \alpha = \omega t = 314.0,01 = 3,14$$

(b)

$$\text{derece} = (\frac{180^0}{\pi(\text{rad})}).\text{rad} = (\frac{180^0}{\pi}).3,14 = 180^0$$

(c)

$$e = Em.Sin\omega t = Em.Sin180^0 = Em.0 = 0 \text{ Volt}$$

Kutup Sayısı(2P)	2	4	6	8	10	12
Devir Sayısı (d/d)	3000	1500	1000	750	650	500

Tablo3.1 50 Hz Frekansı alternatörün kutup sayıları ve devirleri

6. ALTERNATİF GERİLİM VE AKIMIN DEĞERLERİ

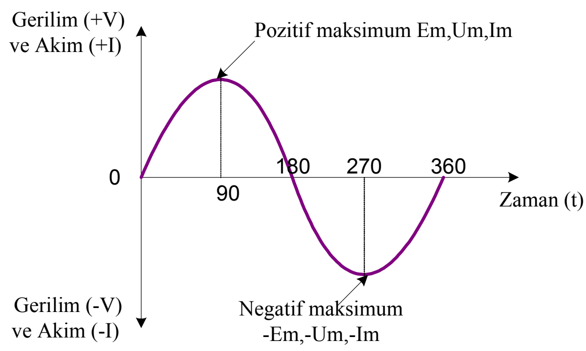
Ani Değer: Alternatif akımın elde edilişi incelenirken manyetik kutuplar arasında hareket eden iletken manyetik kuvvet çizgilerinin kesme açısına göre bu iletkende bir gerilim indüklemesi meydana gelmekte ve bu gerilim değeri an ve an değişmekte olduğu görülmekte idi. Bu durumda gerilimin veya akımın herhangi bir anındaki değerine ani değer olarak tanımlamak gerekir. Ani değer küçük harflerle ifade edilir. Gerilim u, akım i, güç p gibi. Alternatif gerilimin herhangi bir zamandaki eğerini;

$e=Em.Sin\omega t =Em.Sin\alpha$

bulunur. Alternatif akımın ani değeri ise;
$i=Im.Sin\omega t=Im.Sin\alpha$

bulunur. Alternatif gerilim ve akımın n tane ani değerini bulmak mümkündür.

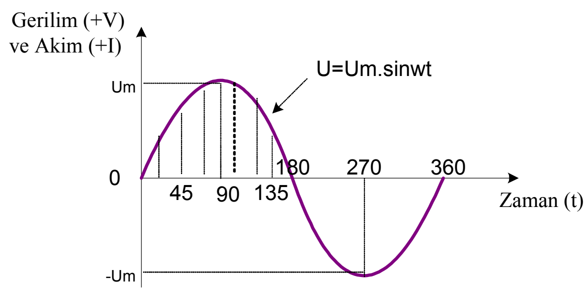
Maksimum Değer: Alternatif akımın elde edilmesi incelenirken şekil1.2 de görüldüğü gibi iletken üçüncü konumda iken en büyük emk indüklenmekte idi. İletken başlangıç konumundan, bu konuma gelmesi için 90° lik bir dönme yapması gerekir. Yedinci konumda, yani iletkenin 270° lik dönmesi sonunda yine en büyük emk indüklenmekte, fakat yönü ters olmakta idi. İşte alternatif emk'in bu en büyük değerlerine "tepe değeri" veya "maksimum değeri" denir. Maksimum değer emek için Em, gerilim için Um ve akım için Im sembolleri ile gösterilir. Şekil1.12de görüldüğü gibi.



Şekil1.12 Alternatif akımın maksimum değerleri

Ortalama Değer: Alternatif gerilimin veya akımın yarım periyot içinde aldığı bütün ani değerlerin ortalamasına "ortalama değer" denir. Büyük harflerle ifade edilir. Ortalamayı ifade eden "or" kısaltması konulur. Uor(avg), Ior, Por gibi

Alternatif akımın bir periyodunda pozitif alternans ve negatif alternanslar vardır. Pozitif alternans ve negatif alternanslar birbirlerine eşit olduğu için bir periyodun ortalama değeri sıfırdır. Fakat yarım periyodun ortalama değeri sıfır değildir. Alternatif akımın eğrisi sinüs eğrisi olduğu için bu eğrinin ortalama değerini elde etmek için, eğrinin yarım periyodu üzerinde eşit aralıklı ani değerler alınır ve bunların ortalaması bulunur. Diğer bir ifade ile yarım periyodun alanı taranarak taranma değerine bölümü ile de bulunur.



Şekil1.13

Şekil1.13de görülen sinüsoidal gerilimin yarım alternansında her 5° derece için ani değerleri hesaplanırsa bu yarım alternansta 36 ani değer vardır. Elde edilen gerilimi 36'ya bölündüğünde ortalama değer ortaya çıkar.
Ortalama değer=ani değerler toplamı/ani değer sayısı=0,636 Um

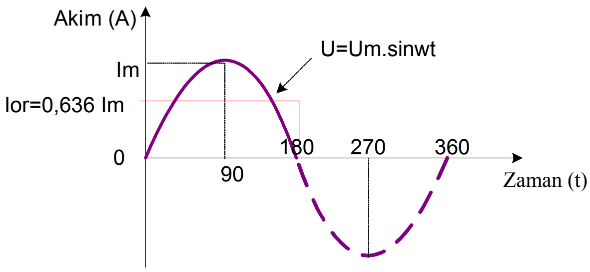
Bu alan entegral ile bulunur ve alan yarım periyoda bölünerekten aynı sonuç bulunabilir.

$$U_{ort} = \frac{1}{T/2}\int U_m.\sin\omega t\, d(\omega t) = \frac{2}{T}\int_0^{T/2} U_m.\sin\omega t\, d(\omega t) = \frac{2.U_m}{2\pi}\int_0^{\pi}\sin\omega t\, d(\omega t)$$

$$= \frac{U_m}{\pi}\left(-\cos(\omega t)\Big|_0^{\pi}\right) = \frac{U_m}{\pi}(-\cos(\pi) - (-\cos(0)) = \frac{U_m}{\pi}(-(-1) - (-1)) = \frac{U_m}{\pi}.(2)$$

$$= \frac{2.U_m}{\pi} = 0{,}636.U_m \text{ bulunur}$$

Bu sonuçlardan sonra şu tespit yapılabilir. Bir sinüs eğrisinin ortalama değeri, maksimum değerinin 0,636 katına eşittir. Bu sinüsoidal akım içinde aynen geçerliktedir. Şekil1.14 de akımın ortalama değeri Ior(I_{avg}) görülmektedir.



Şekil1.14

Efektif (Etkin) Değer: Alternatif akımda en çok kullanılan değer, etkin değerdir. Bu değer; bir dirençten geçen alternatif akımın, belirli bir zamanda meydana getirdiği ısı enerjisine eşit bir enerjiyi, aynı dirençten geçen doğru akım aynı zamanda meydana getiriyorsa, doğru akımın değerine alternatif akımın etkin değeri denir. Şekil1.15 de alternatif akım ve doğru akıma bağlanan dirençler aynı ısıyı verir. Büyük harflerle ifade edilir. U, I, E, P gibi veya U_{eff}=U_{rms} gibi. Alternatif akımın veya gerilimin ölçü aleti ile ölçülen değeridir.

Şekil1.15 DC gerilime eşdeğer olan A.A efektif değeri

Alternatif akımda işi yapan gerilim efektif değeridir. Bu değeri bir periyotta ani değerlerin karesinin ani değer sayısına bölümünün kare köküne eşit olarak tanımlanır.

Gerilimin etkin değeri;

$$U = \sqrt{\frac{u_1^{\,2} + u_2^{\,2} + \ldots\ldots\ldots + u_n^{\,2}}{n}} = 0{,}707U_m$$

Akımın etkin değeri;

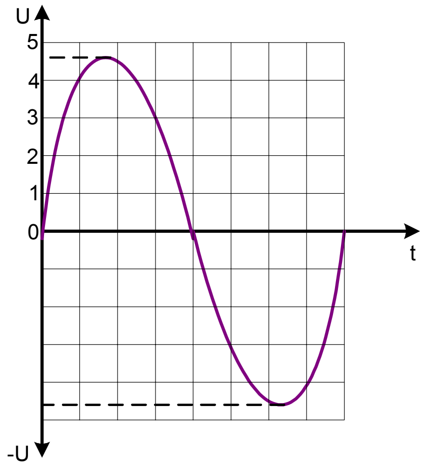
$$I = \sqrt{\frac{i_2^{\,2} + i_2^{\,2} + \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots + i_n^{\,2}}{n}} = 0{,}707I_m$$

formülleri ile bulunur. Buradan da görüldüğü gibi efektif değer tepe değerinin 0,707 katına eşittir. Bu bulunan değeri entegralle de bulunabilir.

$$U_{eff} = \sqrt{\frac{1}{T}\int_0^{2\pi} (U_m \sin \omega t)^2 \, d(\omega t)} = \frac{U_m}{\sqrt{2}} = 0{,}707U_m$$

Örnek3.9:

Şekil1.16 da görülen alternatif gerilimin tepe(U_p), tepeden tepeye (U_{pp}), efektif (U_{eff}) ve ortalama (U_{ort}) değerlerini bulunuz.



Şekil1.16

Çözüm3.9: Alternatif dalganın tepe eğeri U_p=U_m=4,5 V olduğu görülür. Bu değer ile diğer alternatif gerilim değerleri formüllerle bulunur.

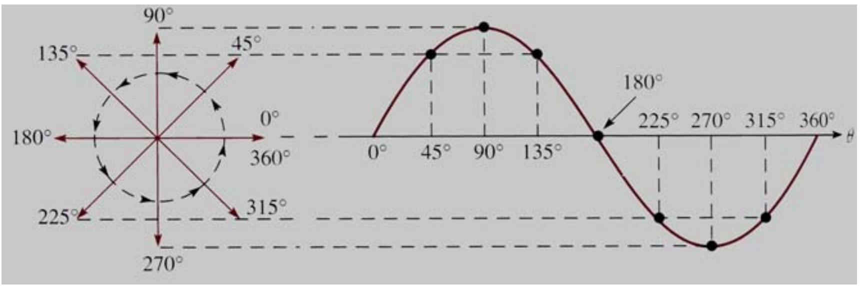
$$U_{pp} = 2U_p = 2.(4,5) = 9V$$
$$U_{eff} = U_{rms} = 0,707U_m = 0,707.(4,5) = 3,18V$$
$$U_{ort} = U_{avg} = 0,636U_m = 0,636.(4,5) = 2,87V$$

bulunur.

7. SİNÜSOİDAL BİR DALGANIN VEKTÖREL GÖSTERİLİŞİ

Büyüklükler genellikle, skalar ve vektörel büyüklüklerdir. Yalnız genliği olan büyüklükler skalardır. Kütle, enerji ve sıcaklık derecesi gibi değerleri gösteren büyüklükler skalardır ve bunlar cebirsel olarak toplanabilirler. Genliği, doğrultusu ve yönü olan büyüklük vektörel bir değer skalar büyüklükleri ihtiva eder. A.A. devrelerine ait akım, gerilim, emk ve empedans gibi değerler vektöreldir. A.A gerilim sinüsoidal bir dalga şeklinde olduğundan bunun vektörel gösterimi açıklamak gerekir.

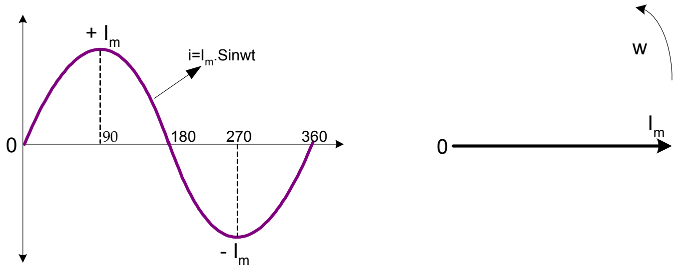
Şekil1.7 görülen B vektörünün, saat ibresinin ters yönünde ω (omega) açısal hızı ile döndüğünü kabul edelim. Herhangi bir t anında, B vektörünün katettiği açı $\alpha=\omega t$ dir. B vektörünün dik bileşeni (Y eksenindeki bileşeni) B.Sinα veya B.Sinωt dir. Değişik zamanlardaki B vektörünün durumunu gösteren katettiği açılar X ekseni üzerinde alındıktan sonra vektörün bu anlardaki düşey bileşenleri



(a) (b)

Şekil1.7 Dönen vektörün oluşturduğu sinüs eğrisi

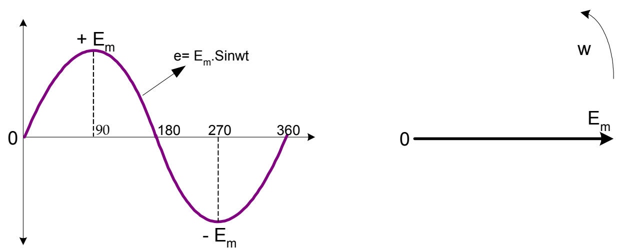
taşındığında şekil1.7 (b)deki sinüs eğrisi elde edilir. Sinüs eğrisinin maksimum değeri, B vektörünün genliğine (boyuna) eşittir. Şu halde bir sinüs eğrisi, ω açısal hızı ile dönen ve genliği sinüs eğrisinin maksimum değerine eşit olan bir vektörle gösterilebilir.



(a) (b)

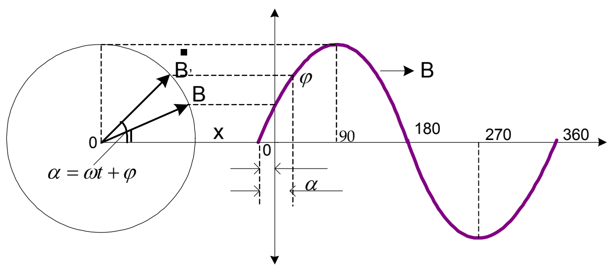
Şekil1.8 Sinüsoidal akım ve vektörel gösterimi

$i=I_m.Sin\omega t$ alternatif akımını, maksimum değeri I_m olan ve ω açısal hızı ile saat ibresinin ters yönünde dönen bir vektörle, şekil1.8 (b) deki gibi gösterebiliriz. $e= Em.sin\omega t$ emk'in eğrisi ve vektörel gösterilişi şekil1.9 görülmektedir.



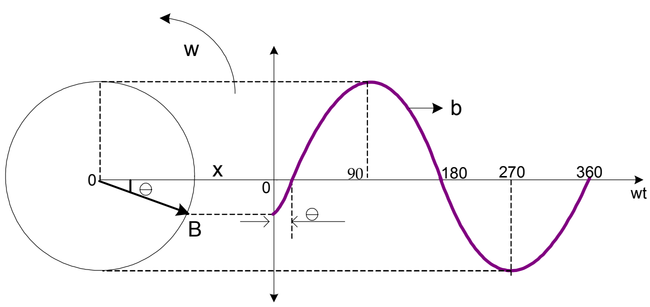
Şekil1.9 Sinüsoidal emk ve vektörel gösterimi

Dönen B vektörünün t=0 anında X ekseni (referans ekseni) ile θ açısı yaptığını kabul edelim. Vektörün herhangi bir t anında X eksen ile yaptığı açı $\alpha=(\omega t+0)$ dır. Bu andaki vektörün düşey bileşeni $B.Sin(\omega t+0)$ olur. t=0 anında düşey (B $Sin\theta$) olduğundan, B vektörü saat ibresine ters yönde ω açısal hızı ile döndüğünde çizeceği sinüs eğrisi, sıfır değerinden değil ($B. Sin\theta$) gibi bir değerden başlar. Şekil1.10 deki sinüs eğrisinin herhangi bir andaki değeri ile
$b=B.Sin(\omega t+\theta)$
ifade edilebilir.



Şekil1.10

X ekseninden θ kadar geride olan B vektörünün ω açısal hızı ile saat ibresinin ters yönünde dönmesi ile çizeceği sinüs eğrisi Şekil1.11 de görülüyor. Sinüs eğrisi t=0 anında ($A.Sin\theta$) gibi negatif bir değerden başlar. Bir zaman sonra $\omega t=\theta$ olduğunda B vektörü yatay referans ekseni üzerine gelir.

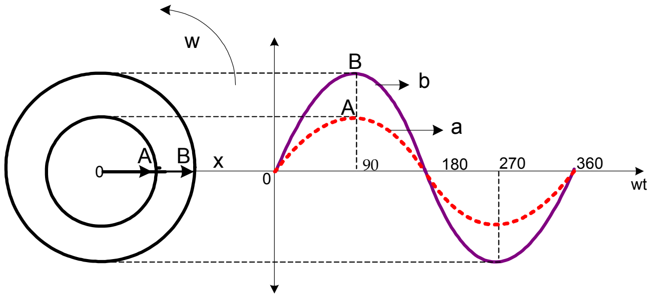


Şekil1.11

A vektörünün düşey bileşeni sıfır olur. bu anda eğri de sıfırdır. t anında, B vektörünün X ekseni ile yaptığı açı ($\alpha=\theta$) olur. Sinüs eğrisinin herhangi bir anındaki değeri,

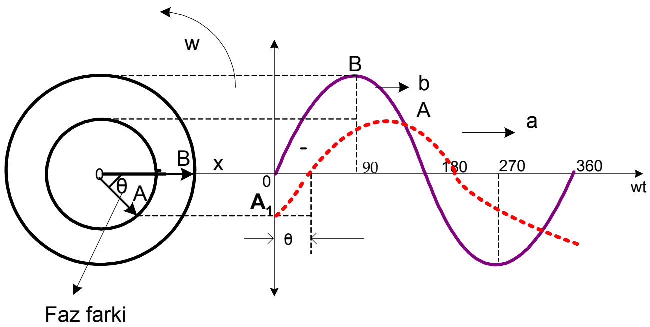
$b=B.Sin(\omega t-\theta)$
ile ifade edilir.

X ekseni üzerinde bulunan genlikleri farklı A ve B vektörleri, ω açısal hızı ile saat ibresinin ters yönünde döndürüldüklerinde çizecekleri sinüs eğrileri şekil1.12 de görülüyor. Bu iki sinüs eğrisi, aynı anda sıfır ve aynı anda maksimum değerlerini alırlar. Sadece genlikleri farklıdır.



Şekil1.12 Aynı fazlı iki vektörün sinüs eğrisi

X ekseni üzerindeki B vektörü ve θ kadar geride A vektörü ω açısal hızı ile döndürüldüğünde çizecekleri sinüs eğrileri şekil1.13 görüldüğü gibi olur.



Şekil1.13 Aralarında θ açısı olan iki vektörün sinüs eğrisi

B eğrisi sıfır değerinden başladığı halde, A eğrisi ($-A_1$) değerinden başlar, θ° kadar sonra A eğrisi sıfır değerini alır. B (+) maksimum değerini aldıktan sonra da A (+) maksimum değerini aldıktan θ kadar sonra A (+) maksimum değerine ulaşır. B ve A eğrileri şu şekilde ifade edilir.

$b = B.\sin\omega t$ $\qquad$ $a = A.\sin(\omega t - \theta)$

8 FAZ ve FAZFARKI

Alternatif akım ve emk'leri gösteren vektör veya eğrilerin başlangıç eksenine (x ekseni veya referans ekseni) göre bulundukları duruma faz denir. Üç çeşit faz vardır. Bunlar sıfır faz, ileri faz ve geri fazlardır.

Sıfır faz: Eğer sinüsoidal bir eğri t=0 anında sıfır üzerinden başlayarak pozitif yönde artıyorsa, bu eğriye sıfır faz eğrisi denir. Eğer ω açısal hızı ile saat ibresinin ters yönde dönen bir vektörün t=0 anında referans ekseni ile yaptığı açı sıfır ise bu vektöre sıfır faz vektörü denir. Şekil1.7 de sıfır fazlı bir alternatif gerilim eğrisi görülmektedir.

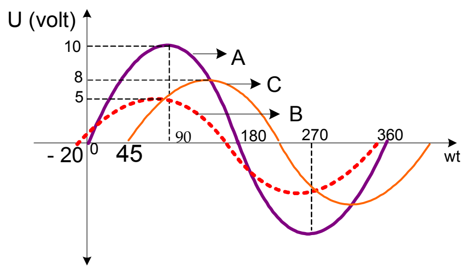
İleri faz: Şekil1.10 daki B vektörü ileri faz vektörü ve eğrisi de ileri faz eğrisidir.

Geri faz: Şekil1.11 deki B vektörü geri faz vektörü ve eğride geri fazlı eğridir. Çünkü, t=0 anında B vektörü X ekseninden θ kadar geridedir. Çünkü, t=0 anında B vektörü X ekseninden θ kadar geridedir. Belirli bir zaman geciktikten sonra, B vektörü referans ekseni üzerine gelir ve bu anda da eğri sıfır değerindedir.

Faz Farkı: Vektörlerin ve eğrilerin aralarında bulunan açı veya zaman farkına faz farkı denir. Kısaca eğriler arasındaki zaman farkıdır. Alternatif akım sinüsoidal bir eğri olduğundan vektörel toplanı ve vektörel olarak çıkartılması gerekir. Çünkü alternatif akımın veya gerilimin zamana göre değişmektedir. İlerleyen konularda faz ve faz farkı oluşturan durumlar meydana gelecektir. Bundan dolayıdır ki konunun anlaşılması için bu konu üzerinde biraz fazla durulmuştur. Fakat daha da detaya girilmemiş bu detaylar diğer mesleklerin ana konularıdır.

Örnek3.10

Şekil1.14 de A, B ve C alternatif gerilim eğrileri çizilidir. Alternatif gerilimlerin fonksiyonlarını, faz durumlarını ve yazarak 90° deki gerilim değerini bulunuz.



Şekil1.15

Çözüm3.10:

Alternatif gerilimin eğrilerinin faz durumuna bakıldığında A ile gösterilen alternatif gerilim 0 fazlı, B ile gösterilen alternatif gerilim 20° ileri fazlı, C ile gösterilen alternatif gerilim ise 45° geri fazlıdır. Bu doğrultuda alternatif gerilim denklemleri aşağıdaki gibi olur.

$$u_A = U_m.Sin\theta \quad veya \qquad u_A = U_m.Sin\alpha = 10\,sin\,90^\circ = 10\,V$$

$$u_B = U_m.Sin(\theta + \varphi_B) \quad veya \quad u_B = U_m.Sin(\alpha + \varphi_B) = 5\,sin(90^\circ + 20^\circ) = 5\,sin(110^\circ) = 4{,}7\,V$$

$$u_C = U_m.Sin(\theta - \varphi_C) = 8.sin(90^\circ - 45^\circ) = 8.sin(45^\circ) = 8.sin(0{,}707) = 5{,}66\,V$$