

Rezonatörler

Derleyen :
Nadir SANIJ
Y. Müh

I. GİRİŞ :

Western muzik'te kullanılan müzikal tonlar, belirli ve farklı frekanslar fundamentallerini ihtiva eder. Onun için müzikal enstrümanlar bu tonları meydana getirebilmeli ve diğer tonları ayırabilmelidir. Yüksekçe rezonans titreşim sistemleri, sistemin rezonans frekanslarına uyan sürücü frekanslarla uyandırılır. Müzikal enstrümanlarda kullanmaya müsait rezonans karakteristikleri gösteren bir çok titreşim sistemi mevcuttur. Bu sistemler; telli, çubuk, membran, plâk, boru, horn ve elektronik generatörlerdir. Bu sistemlerden bazılarının rezonans frekansları sabit, bazılarının değişkendir.

Titreşim sistemlerinin müzikal enstrümanlardaki tesirini daha iyi anlamak için elektrik devreleri ile bu titreşim devreleri arasındaki benzerliği etüd etmek faydalıdır. Ayrıca burada müzikal enstrümanlarda titreşim sistemlerinin tesirini izah için dinamik benzerliklerden bahsedilecektir. Titreşim sistemlerinin pratik ve teorik inkişafında başlıca rolü, elektrik, mekanik ve akustik sistemler arasındaki dinamik benzerlikler oynacaktır.

H. DİNAMİK BENZERLİKLER :

tyi tanınmayan sistemi iyi bilinen bir diğeri ile karşılaştırmak arzu edildiğinde benzerlikler faydalı olur.

Bağıntılar ve tesirler kolaylıkla canlandırılabilir, matematik tatbikatı yapılmıştır, ve bilinen sistemlerde analitik çözümler elde edilmiştir. Benzerlikler onları bilinmeyen sabalarda kullanmakta yardım eder.

Müzik mühendisliğindeki bütün analizler titreşim sistemleri yoluyla temin edilmiştir. Fakat bu her zaman böyle değildir, elektrik devreleri en basit misâl ve çok geniş, tatbikat bulmuş, titreşim sistemleridir. Elektrik devreleri titreşim sistemlerinde kinetik enerji, potansiyel enerji ve kayıplar umumî dinamik eşitlikleri ile ifade edilebilir. Buradan hemen elektrik devreleri ile mekanik ve akustik titreşim sistemleri gibi diğer dinamik sistemler arasında benzerlikler düşünülür.

Bu kısmın gayesi, elektrik mekanik ve akustik sistemlerdeki elemanlar arasında benzerlikleri inkişaf ettirmektir.

A. Tarifler :

Dinamik benzerliklerde kullanılmış bir kaç terim burada tarif edilecektir.

Abvolt: Bir abvolt, elektromotiv kuvvetin birimidir

Ani elektromotiv kuvvet : İki nokta arasındaki ani elektromotiv kuvvet toplam ani elektromotiv kuvvettir. Birimi obvolttur.

Maksimum Elektromotiv kuvvet : Her hangi verilen cycle için maksimum elektromotiv kuvvet o cycle esnasında elektromotiv kuvvetin maksimum mutlak değeridir. Birim abvolt

Elektromotiv kuvvetin tepe değeri. Herhangi belirtilmiş zaman aralığında elektromotiv kuvvet tepe değeri, o aralık boyunca ani elektromotiv kuvvetin maksimum mutlak değeridir. Birim abvolt.

Dyne : Bir dyne kuvvetin veya mekanomotiv kuvvetin birimidir

Ani Kuvvet (Ani mekanomotiv kuvvet): Bir noktadaki ani kuvvet, toplam kuvvettir. Birimi dyne'dir.

Effektiv kuvvet' (Effektif v Mekanomotiv kuvvet) : Tam bir cycle üzerinde ani kuvvetin kareködür.

Maksimum kuvvet (Maksimum Mekanomotiv kuvvet): Verilen bir cycle için maksimum kuvvet, bu aralık boyunca ani kuvvetin maksimum mutlak değeridir. Birimi dyne'dir.

Kuvvetin Tepe değeri : Belirtilmiş zaman aralıkları için kuvvetin tepe değeri, bu aralıkta ani kuvvetin maksimum mutlak değeridir. Birim dyne'dir.

Santimetre kare başına Dyne: Bu ses basıncının birimidir.

Statik Basıncı : Ortamda ses dalgaları olmadığı zamanki basınç, birim dyne/cm².

Ani Ses Basıncı (Ani Akustik kuvvet) : O noktadaki ani ses basıncı toplam basınçtan statik basıncın çıkarılmışıdır.

Effektif Ses Basıncı (Effektif Akustik kuvvet) : Bir noktadaki efektif ses basıncı, o noktada tam bir cycle üzerindeki ani ses basıncının kare kökü değeridir. Birimi dyne/cm².

Maksimum Ses Basıncı (Maksimum Akustik kuvvet) : Her hangi verilen cycle için

maksimum ses basıncı, o cycle boyunca ani ses basıncının maksimum mutlak değeridir. Birimi dyne/cm² dir.

Ses basıncı tepe değeri : Belirtilmiş zaman aralığında ses basıncı tepe değeri, bu aralıkta ani ses basıncının maksimum mutlak değeridir.

Abamper : Akım birimidir.

Ani şıkım : Bir noktadaki ani akım, o noktadaki toplam ani akımdır. Birim abamperdir.

Effektlf Akım : Bir noktadaki tam bir cycle boyunca ani akımın karekökü o noktadaki efektif akımı verir. Birimi abamper.

Maksimum akım : Herhangi verilen bir cycle için maksimum akım, bu cycle boyunca ani akımın maksimum mutlak değeridir. Birimi abamper.

Akım tepe değeri : Belirtilmiş zaman aralığı için akım tepe değeri, bu aralıkta ani akımın maksimum mutlak değeridir birimi abamper.

Saniyede Santimetre : Bu hızın birimidir

Ani hız : Bir noktadaki ani hız, o noktadaki toplam ani hızdır. Birimi cm/sn'dir.

Effektlf Hız : Bir noktadaki efektif hız, û noktadaki tam cycle üzerinde ani değer in karekökü değerindedir. Birimi cm/sn'dir.

Maksimum Hız : Herhangi verilen cycle için maksimum hız, bu cycle boyunca ani hızın maksimum mutlak değeridir. Birimi cm/sn.

Hız tepedeğri : Belirtilmiş zaman aralığı için hız tepe değeri, bu aralık içinde ani değer in maksimum mutlak değeridir. Birimi cm/sn.

Saniyede santimetrekUp : Bu hacim akımının birimidir.

Ani hacim akımı : Bir noktadaki ani hacim akımı o noktadaki toplam ani hacim akımıdır.

Effektlf hacim akımı : Bir noktadaki efektif hacim akımı, o noktada tam bir cycle üzerinde ani hacim akımının karekökü değerindedir Birimi cm³/sn.

Maksimum hacim akımı : Herhangi verilen cycle için maksimum hacim akımı, bu cycle boyunca ani hacim akımının maksimum mutlak değeridir. Birimi cm³/sn'dir.

Hacim akımı tepe değeri : Belirtilmiş zaman aralığı için hacim akımı tepe değeri, bu aralık için ani hacim akımının maksimum mutlak değeridir. Birimi emVsn'dir.

Elektrik! empedans : Sisteme tatbik edilen alternatif elektromotiv kuvvetin netice akımına bölümüdür. Birimi abohm'dur. İfade komplekstir

Etekrli rezistans: Elektriki empedansın reel kısmıdır. Bu enerji kaybına sebep olan kısım dır. Birimi abohm.

Elektriki reaktans : Elektriki empedansın imajiner kısmıdır' Birimi abohm.

Enduktans : Enduktans, elektriki sistemde, 27rfe çarpıldığı zaman elektriki empedansın pozitif imajiner kısmını belirten bir sabittir. Birimi abhenry.

Elektrik! kapasltans : .Kapasltans, elektriki sistemde, 277le çarpıldığı anda elektriki empedansın negatif kısmının tersim belirten bir sabittir. Birimi abfarad.

Mekanik empedansı : Sisteme tatbik edilen alternatif kuvvetin, tatbik noktasına kuvvet yönünde verdiği netice lineer hız a bölümüdür. Birimi mekanüd ohm'dur ifade komplekstir.

Mekanik rezistans : Mekanik! empedansın reel kısmıdır Bu kısım nerji kaybıpa sebep olan kısım dır. Birimi mekanik! ohm.

Mekanik reaktans : Mekanik empedansın imajiner kısmıdır. Birimi mekanik! ohm.

Kütle : Kütle, mekanik sistemde 2^le çarpıldığı zaman mekanik empedansın pozitif imajinar kısmını teşkil eden bir sabittir. Birimi gramdır.

Kompllans : Komplians, mekanik sistemde, 2^f le çarpıldığı zaman mekanik empedansın negatif imajmer kısmının tersini belirten bir sabittir. Birimi cm/dyne'dir.

Akustik empedans: Sisteme tatbik edilmiş alternatif basıncın netice hacim akımına bölümüdür. Birimi akustik ohm. Kompleks ifade.

Akustik rezistans: Akustik empedansın reel kısmıdır. Enerji kaybına sebep olur. Birimi akustik ohm'dur.

Akustik reaktans : Akustik empedansın imajiner kısmıdır. Birimi, akustik ohm'dur.

tnertans : İnertans, akustik sistemde 2^f le çarpıldığı anda akustik empedansın imajiner pozitif kısmını belirten bir sabittir. Birimi, gram/cm» dür.

Akustik kapasltans : Bir akustik sistemde, 27rf le çarpıldığı anda akustik empedansın imajiner negatif kısmının tersini belirten bir sabittir. Birimi cm³/dyne'dir.

Eleman : Bir elektriki sistemde eleman veya devre parametresi devrenin o kısmında farklı tesirler hasil eder. Aynı şekilde, mekanik veya akustik sistemde bir eleman sistemin o kısmında farklı tesirler hasil eder. Elektriki devrelerde de-

manlar, elektriki rezitans, endüktans, kapasitans'tır. Mekaniki sistemde, mekaniki rezistans, kütle, ve komplians. Akustik sistemde akustik rezistans, inertans ve akustik kapasitans

Elektriki sistem : Bir elektriki sistem elektrik akımının transmisyonu için elektriki rezistans, endüktans, ve kapasitansdan birinin veya hepsinin bulunduğu bir sistemdir.

Mekanik sistem : Mekanik sistem, titreşimlerin transmisyonu için mekanik rezistans, kütle ve kompliansdan birini veya hepsini ihtiva eden bir sistemdir.

Akustik sistem : Akustik sistem, sesin transmisyonu için akustik rezistans, inertans ve akustik kapasitans'tan birini veya hepsini ihtiva eden bir sistemdir.

Elektriki abohm : Bir abvoltluk elektromotif kuvvet bir abamperlik akım hasil ettiği zaman elektriki rezistans, reaktans veya empedans bir abohm'dur.

Mekanik abohm : Bir dyne'lik kuvvet bir cm/sn lik hız hasil ettiği haldeki mekanik rezistans, reaktans veya empedans'ın büyüklüğü bir abohm'dur.

Akustik abohm : Bir dync/cm² lik basınç bir cmVsn. ük hacım akımı hasil ettiği haldeki akustik rezistans, reaktans veya empedans büyüklüğü bir akustik abohm'dur.

B — ELEMENLAR :

Bir elektriki sistemde eleman veya devre parametreleri devrenin o kısmında ayrı ayrı tesirler husule getirir. Bir elektriki sistemde bu elemanlar rezistans, endüktans ve kapasitans'tır. Bu kısmın başında da bahsedildiği gibi mekanik ve akustik sistemlerin çalışması elektriki devrelerdeki elemanlara benzerlikten faydalanılarak izaha çalışılmaktadır. Bu titreşim sistemlerindeki elemanlardaki inkişaf bu ameliyede ilk adımdır. Bu kısmın gayesi elektrik, mekanik ve akustik elemanları izah etmektir.

C. REZİSTANS :

1. Elektriki rezistans : Rezistanstan bir elektriki akım geçtiğinde elektriki enerji ısı enerjisine dönüşür. Bir e gerilimi tarafından rezistanstan bir q yükü geçmeye mecbur edildiği zaman enerji kaybı olur. Rezistans kayıplara sebep olan devre elemanıdır.

Elektriki rezistans r_e abohm ve şu şekilde belirtilir:

$$r_e = \frac{E}{I} \quad D$$

Burada : e : Rezistansa tatbik edilen gerilim abvolt,

i : rezistanstan akan akım abamper.

2. Mekanik rezistans: Mekanik enerji Lineer rezistans (sürtünme) tarafından karşı konulan bir hareket dolayısıyla ısıya çevrilir. Bir mekanik sistemde kayıplar sürtünmelerle alâkalıdır. Bir mekanik rezistans r_M kuvveti tarafından x mesafesi yer değiştirmesine maruz bırakılırsa bu sistemde enerji kaybı olur. Mekanik rezistans r_M , mekanik ohm olarak şöyle belirtilir :

$$r_M = \frac{F}{u} \quad 2)$$

Burada : F : tatbik edilen kuvvet dyne.

u : kuvvetin tatbik edildiği

noktadaki hız cm/sn.

Bu eşitlikten tatbik edilen kuvvetin mekanik rezistans ve lineer hızla orantılı olduğu görülür.

3. Akustik Rezistans: Bir akustik sistemde, kayıplar akış rezistansına veya radyasyon rezistansına bağlı olabilir. Bu noktada akustik rezistansın ilk tipi düşünülecektir. Akustik enerji, akıcı, akustik rezistanstan geçerken ısı enerjisine çevrilir. Rezistans viskozite ile alâkalıdır. Akıcı veya gazın akustik rezistanstan geçmesini icab ettiren basınç p, ve hacım yer değiştirmesi x olduğunda bu sistemde bir enerji kaybı olur.

Akustik rezistans r_A , akustik ohm olarak,

$$r_A = \frac{P}{U} \quad r. \quad 3)$$

Burada : p : basınç, dyne/cm²

U : hacım akımı cmVsn.

Bu eşitlikten, tatbik edilen basıncın, akustik rezistans ve hacım akımına orantılı olduğu görülür.

D. ENDÜKTANS, KÜTLE, İNERTANS :

1. Endüktans :

Elektro magnetik enerji endüktansla alâkalıdır.

Endüktanstaki akım arttıkça elektromagnetik enerjide artar. Azaldığı zamanda azalır. Akım sabitse enerjide sabit kalır. Endüktans, akımdaki değişikliğe karşı koyan elektrik devre elemanıdır. Endüktans L, abhenry olarak şöyle belirtilir :

$$e = L \frac{di}{dt} \quad 4)$$

Burada e : elektromotif kuvvet, abvolt.
di/dt : akım değişme oranı abamper/sn.

2. Kütle: Mekanik atalet enerjisi, mekanik sistemde kütle ile alâkalıdır. Kütlenin Lineer

hızı yükseldikçe mekanik enerji yükselir, ki bu lineer hızlanma esnasında vukubulur. Hız azaldığında azalır, ve hız sabit kaldığında sabittir. Kütle, hız değişmelerine mani olan mekanik bir elemandır, m, kütlesi gram olarak şöyle belirtilir.

$$iM = m \frac{du}{dt} \quad .5)$$

Burada : du/dt : hızlanma cm/sn²

f_M : kuvvet dyne.

3. **İnertans** : Akustik sistemde, akustik atalet enerjisi İnertansla alâkalıdır. Akustik enerji, inertansın hacim akımı gibi değişir. İnertans, hacim akımına karşı koyan akustik bir elemandır, İnertans M, gr/cm⁴ olarak şöyle belirtilir.

$$P = M \frac{dU}{dt} \quad .6)$$

Burada : M : İnertans gr/cm⁴

$\frac{dU}{dt}$: hacim akımının değişme oranı cm/sn²

p : Basınç dyne/cm²

İnertans şöyle ifade edilebilir,

$$M = \frac{m}{S^2} \quad .7)$$

burada m : kütle, gram.

S : Basıncın kütleye tesirini mümkün kılan kesit alan. cm² olarak.

Bir dairesel tütün inertansı.

$$M = \frac{8-1}{\pi \cdot R^2} \quad .8)$$

burada R : tütün yarı çapı cm. olarak,

I : tütün efektif uzunluğu, ki uzunluk + düzeltme cm olarak.

9 : Tüb içindeki ortamın yoğunluğu gr/cm³.

E. ELEKTRİKİ KAPASİTANS, KOMPLİANS, AKUSTİK KAPASİTANS :

1. **Elektriki kapasitans** : Elektrostatik enerji, tıpkı bir elektriki kapasitans'ın iki plağındaki yükler gibi negatif ve pozitif yüklerin ayrılması ile alâkalıdır. Ters polaritedeki yükler birbirlerinden ayrıldıkça elektrostatik enerji artan yükler deşarj olmadıkça enerji sabit kalır ve saklanır. Yükler bir araya getirildikçe elektrostatik enerji azalır ve bogalır. Elektriki kapasitans gerilim de-

ğişmelerine mani olan elektrik devre elemanıdır. C_E, elektriki kapasitans abfarat olarak şöyle belirtilir :

$$1 = \frac{r \wedge de}{C_E - \mathcal{L}} \quad .9)$$

eşitlik şöyle de yazılabilir :

$$e = \frac{1}{C_E} \int \mathcal{L} \cdot dt = \frac{q}{C_E} \quad .10)$$

Burada: q : Elektriki kapasitansda yük, ab-coulomb

e : Elektromotiv avolt.

2. **Komplians**: Mekanik potansiyel enerji bir yayın veya kompliant elemanın sıkışması ile alâkalıdır. Yay sıkıştıkça mekanik enerji artar. Yay genişlemeye bırakıldığında azalır. Yay, hareket etmeyecek şekilde tutulursa enerji sabit kalır ve saklanır. Komplians, tatbik edilmiş kuvvetin değişmesine mani olan bir mekanik elemandır. Komplians, C_M, cm/dyne olarak şöyle belirtilir :

$$f_M = \frac{x}{C_M} \quad .11)$$

Burada x : y^{er} değiştirme cm olarak.

f_M : tatbik edilmiş kuvvet dyne olarak,

rijitlik, komplians'ın tersidir.

8. **Akustik kapasitans**: Akustik potansiyel enerji akıcı veya gazın sıkışması ile alâkalıdır. Gaz sıkıştırıldıkça akustik enerji artar. Gaz yayılmaya terk edilirse azalır. Gaz hareket etmeyecek şekilde baskıda tutulursa sabit kalır ve saklanır. Akustik kapasite, tatbik edilen basınçtaki değişikliğe karşı koyan akustik elemandır. Sıkıştırma ifadesindeki basınç dyne/cm² olarak :

$$P = c \cdot s \quad .$$

Burada: c : hız. cm/sn.

s : yoğunluk gr/cm³

s : yoğunlaşma, (13) eşitliğinde belirtilmiştir. Bir V hacminde yoğunlaşma, V hacminde V hacmine değişme ile alâkalıdır:

$$S = \frac{V - V}{V} \quad .13)$$

V - V cm» olarak hacim yer değiştirmesidir.

V - V = i W)

Burada i : hacim yer değiştirmesidir, eşitlik (.12) (.13), (.14) ten basınç..

$$P = \frac{\rho \cdot C}{V} \cdot i \quad .15)$$

Akustik kapasitans C_A, cm⁵/dyne olarak şöyle belirtilir.

$$P = \frac{\rho}{C_A} \quad .16)$$

Burada : $P = \text{Ses basıncı, dyne/cm}^2$
 $x = \text{Hacim yer değiştirmesi cm}^3$
 eşitlik (16) dan, akustik kapasitanstakl hacim yer değiştirmesi basınç ve akustik kapasite ile orantılı olduğu görölmektedir.

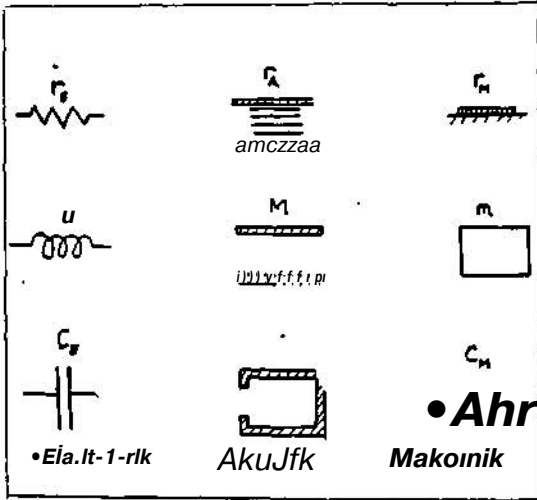
Eşitlik (15) ve (16) dan bir hacmin akustik

$$\text{Akustik : } C_A = \frac{V}{\rho \cdot c} \text{ dlr. } .17)$$

Burada V : hacim cm^3 olarak...

F. ELEKTRİK, MEKANİK VE AKUSTİK ELEMANLARI TANITMA :

Elektrik, mekanik ve akustik elemanlar evvelki kısımlarda belirtilmişti. Şekil 1) de üç sistemin üç elemanı Őematik olarak belirtilmiştir. Elektrik elemanlar, rezistans, endüktans, ve kapasitans İtbari sembollerle gösterilmiştir.



ŞEKİL : 1 Elektrik, mekanik ve akustik sistemlerde üç basit elemanın grafik gösterilişi. Elektrik sistemde, T_g = elektriki rezistans (Direnç), L = Endüktans (şelf), C = Elektriki kapasitans (kapasite). Mekanik sistemde, M = Mekanik rezistans, m = kütle, C_M = Komplians. Akustik sistemde, r_A = akustik rezistans, M = İnertans, C_A = Akustik kapasitans.

Mekanik rezistans, kayıplara sebep olan kayma sürtünmesi ile gösterilmiştir. Akustik rezistans, akıcı veya gaz, yarıktan geçmeye zorlandığı zaman viskozite ile alakalı olarak kayıplara sebep olan dar yarıklar ile gösterilmiştir.

Bu elemanlar, elektrik sistemindeki elektrik rezistansa benzerdir.

Mekanik sistemde atalet kütle ile temsil edilmiştir. Akustik sistemde inertans, içinde akıcı veya gaz bulunan bir tüple temsil edilir, ki bütün partiküller basınçla alakalı kuvvet vasıta-

siyle aynı fazda harekete mecbur bırakılırlar. Bu elemanlar, elektriki sistemde endüktans'a benzerler.

Mekanik sistemde komplians bir yayla temsil edilir. Akustik sistemde akustik kapasitans bir hacimle temsil edilmiştir ki rijitlik veya yay elemanı gibi çalışır. Bu elemanlar, elektriki sistemde elektrik kapasitansa benzerler.

m. BİR SERBESTLİK DERECELİ ELEKTRİKİ, MEKANİK VE AKUSTİK SİSTEM :

Bir rezonans sisteminde, en az kinetik enerjiyi ve potansiyel enerjiyi saklayabilen iki eleman mevcuttur. Rezonans halinde, enerji bir tip elemandan diğerine akar veya tersi olur : Şekil .2) de çok basit elektrik, mekanik ve akustik rezonatörler gösterilmiştir. Her üç sistemde, kinetik enerjiyi saklayan elemanlar endüktans, kütle, ve İnertanstır. Keza Potansiyel enerjiyi saklayan elemanlar, E. kapasitans, komplians akustik kapasitans'tır.

Kayıpsız pratik titreşim sistemi imkânsızdır. Kayıpların görüldüğü elemanlar her sistemde elektriki rezistans, mekanik rezistans, akustik rezistanslardır.

Bu üç sistemde akım, hız ve hacim akımı şöyledir :

$$\text{Elektrik : } i = \frac{E \cdot e^{j\omega t}}{r_E + j\omega L - \frac{j}{\omega C_E}} = \frac{e}{Z_E} \quad .18)$$

$$\text{Mekanik : } X = \frac{j\omega M \cdot P \cdot e}{r_M + j\omega m - \frac{j}{\omega C_M}} = \frac{f_M}{Z_M} \quad .19)$$

$$\text{Akustik : } X = \frac{j\omega t \cdot P \cdot e}{r_A + j\omega M - \frac{j}{\omega C_A}} = \frac{P}{Z_A} \quad .20)$$

Elektromotiv kuvvet, kuvvet veya basıncın karşılığı olan akım, hız veya hacim - akımının frekansın fonksiyonu olarak eğrişi Şekil (.2) d' gösterilmiştir.

Elektrik empedans vektörü :

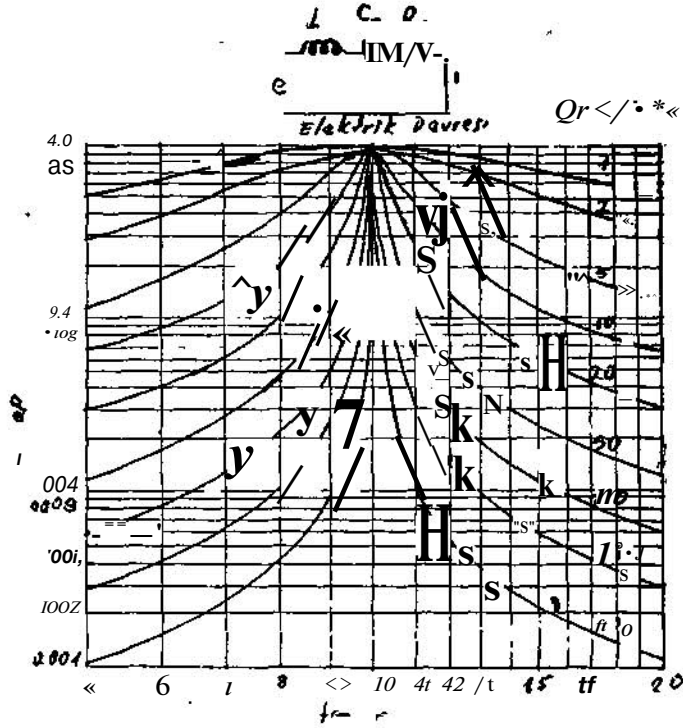
$$Z_E = r_E + j\omega L - \frac{j}{\omega C_E} \quad .121)$$

Mekanik empedans vektörü :

$$Z_M = r_M + j\omega m - \frac{j}{\omega C_M} \quad (22)$$

Akustik empedans vektörü :

$$Z_A = r_A + j\omega M - \frac{j}{\omega C_A} \quad (23)$$



ŞEKİL : 2 Bir serbestlik dereceli, elektrik, mekanik, akustik sistemler ve akım, hız ve hacim akımı - cevap karakteristikleri : Elektrik sistemlerinde, e = elektromotif kuvvet, L = endüktans, CR elektriki kapasitans, T_E rezistans, i : akım. Mekanik sistemde, f : kuvvet, m : kütle, $r_{E=}$ kompians, rezistans X = hız. Akustik sistemde, p : basınç, M : Inertans, C_A = Kapasitans, r_A = rezistans, $3?$ = hacim alanı...

L ve C_E , m ve C_m , M ve C_A nin tam değerleri için öyle bir frekans mevcuttur ki empedansın imajiner bileşeni bu değerler için sıfırdır. Bu frekansa rezonans frekansı denir. Bu frekansta akımın gerilime, hızın tatbik edilen kuvvete, hacim akımının basınca oranının maksimumudur. Rezonans frekansında akım ve gerilim, hız ve kuvvet ve hacim akımı ile basınç aynı fazdadır.

Rezonans frekans f_r her üç sistemde :
Elektrik :

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{L \cdot C_E}} \quad (24)$$

Mekanik :

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{m \cdot C_m}} \quad (25)$$

Akustik :

$$f_r = \frac{1}{2\pi \sqrt{M \cdot C_A}} \quad (26)$$

Bu kısımdaki eşitliklerden görülür ki, kayıp veya rezistif eleman büyüklüğü azalırken, akım;

hız ve hacim, akımı artar. Rezonansın keskinliği rezistansın azalması ile ters orantılı olarak artar.

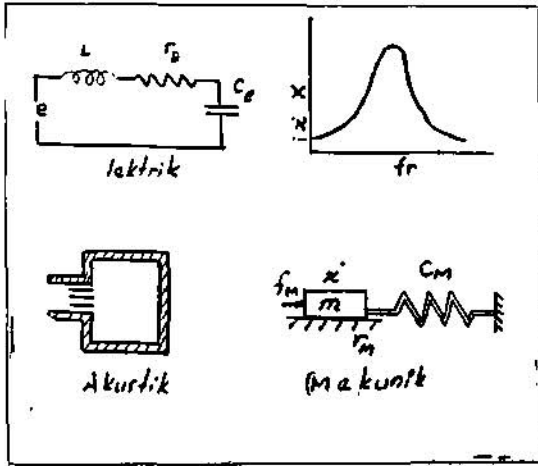
Burada : $Qr = 2n f_r$

f_r : rezonans frekansı

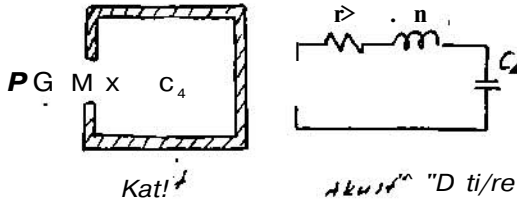
Qr in muhtelif değerleri için rezonans sistemlerinin cevap eğrileri $f = f_r$ in fonksiyonu olarak şekil (3). te görülmektedir.

IV. HELMHOLTZ BEZONATÖB :

Helmholtz rezonatör, dışardaki açık havaya bir delik vasıtası ile küple edilen kapalı bir hacimden ibarettir. Şekil (4) Helmholtz rezonatör bir serbestlik dereceli ve müzikal enstrümanlarda kullanılan basit rezonans sistemidir. İslgım, gitar'ın, vibüis'in rezonans sistemleri Helmholtz rezonatörüne benzer. (Şekil 4) te Helmholtz rezonatörünün perspektiv ve kesifi ile akustik devresi görülmektedir. Fodamental rezonans frekansı için rezonatör ve delik boyutları bu sistemde dalga boyuna nazaran küçük olduğunda bu tip rezonatörler oldukça geniş kullanma sahası bulurlar.



ŞEKİL 3: f_r f_r oranının fonksiyonu olarak basit bir devrenin akım-cevap karakteristiği, Burada f_r = rezonans frekansı ve f : çalışma frekansları. Numaralar QT değerine tekabül eder. $Q_r = 2 TC fr. L/rE$. Yukarıdaki karakteristikler eleman ve değerlerde değişiklikler yaparak akustik ve mekanik sistemlere de tatbik edilebilir.



ŞEKİL 4: Bir Helmholtz rezonatörünün, perspektif, kesit ve akustik devresi ... Akustik devrede, P = tatbik edilen basınç, r_A = Akustik radyasyon direnci, M = deliğin inertansı, C_A = Hacmin akustik kapasitansı. X = Hacim akımı..

Boyutların ifadelerindeki rezonatör sabitleri için izahlar aşağıdaki gibidir :

Akustik radyasyon direnci r_A , akustik ohm olarak, şöyle verilmiştir :

$$r_A = \frac{8w^3}{4\pi c^3} \quad (27)$$

Burada :

- S = : hava yoğunluğu gr/cms
- c = : ses hızı cm/sn.
- w = : $2\pi f$
- f = : frekans Hz.

dairese delik için inertans M . gr/cnv¹ olarak şöyle verilmiştir :

$$M = \frac{g(1+1.7R)}{7lR^2} \quad (29)$$

Burada :

- P : havanın yoğunluğu gr/cm³
- l : deliğin sınır duvarlarının kalınlığı cm.
- R : Deliğin yarı çapı cm.

Akustik kapasitans C_A cm³/dyne kapalı ha-

$$C_A = \frac{V}{8-G} \quad (30)$$

cim için şöyle verilmiştir :

Burada :

- S : hava yoğunluğu gr/cm³
- C : ses hızı cm/sn.
- V : kapatılmış hacim cm³

Hacim akımı \dot{X} cms/sn, delik boyunca.. şöyle verilmiştir :

$$\dot{X} = \frac{P}{r_A + j\left(\omega M - \frac{1}{\omega C_A}\right)} \quad (31)$$

Burada :

P : aktif basınç dyne/cm²
Burada görülür ki :

$$w = \sqrt{\frac{1}{MC_A}} \quad (32)$$

olduğu zaman hacim akımı maksimumdur. Bu rezonatörün rezonans frekansıdır.

Bazı akustik sistemlerde delik dairevi değildir. Bu şartlar altında (29) eşitliği kullanılamaz, inertansın her hangi delik için yaklaşık ifadesi şöyledir :

$$M = \frac{8(1+\sqrt{A})}{A}$$

Burada :

- S : hava yoğunluğu gr/cms
- l : deliğin sınır duvarının kalınlığı cm.
- A : Delik alanı