

# Elektroakustik

İnsanlığın tarihi incelendiğinde, insanların çevresindeki olayları inceleyerek edindiği deneyimleri kullanarak yeni şeyler geliştirildiği görülür. Hiç kuşkusuz, ilk insanlar gözlem yapmak için duyu organlarını kullanıyorlardı. Duyu organları insanların birbirleriyle ve doğayla olan iletişimlerini sağlıyordu. Zaman içinde gelişen teknoloji insanlığı farklı iletişim araçları kullanmasına neden oldu. Ancak iletişim çağı olarak adlandırığımız 20. yüzyılda kullanılan yöntemler ne kadar çeşitli olsalar da hâlâ insanların özellikle görme ve işitme duyularına hitap etmektedir. Elektroakustik de insanlığın geliştirdiği elektrik teknolojisinin ses dalgalarının algılanmasında ve iletilmesinde kullanılmaktan başka bir şey değildir. Bir başka deyişle elektroakustik, ses dalgalarının elektrik sinyallerine ve elektrik sinyallerinin de ses dalgalarına çevrilmesidir.

Elektroakustikte kullanılan temel prensiplerin anlaşılması için işitme organlarının incelenmesi iyi bir başlangıç olabilir. İşitmenin ilk basamağı, hava basıncındaki değişimlerin kulak kepçesi tarafından algılanmasıdır. Daha sonra kulak kepçesinin titreşimleri küçük kemikler tarafından spiral bir boşluk içinde yer alan bir sıvıya iletilir. Bu titreşimler zorla temas halindeki saç hücreleri yardımıyla sinirler tarafından algılanır. Bu olayda temel olan, ses dalgalarının neden olduğu titreşimlerin algılanıp sinirlere iletilmesidir. Elektroakustik aletlerde kullanılan temel esas da işitme sistemindekiyle benzer bir yapıdadır.

## Çalışma Prensipleri

Cisimlerin titreşmesi sonucu oluşan ses dalgaları belli bir enerji taşı-

maktadır. Elektroakustik aletler ise bu titreşimleri elektrik sinyallerine çevirmektedir. Yani bir enerji türü başka bir enerji türüne çevirmektedir. Bu amaçla elektriksel, akustik ve mekanik özelliklere sahip parçalardan oluşan sistemler kullanılmaktadır. Elektroakustik algılayıcılarda birbirinden farklı üç özellik kullanılması, istenilen hassasiyette algılayıcıların geliştirilmesini güçlendirmektedir. Bu güçlüğü ana nedeni belli bir dalda iyi özelliklere sahip bir sistem diğer dalda yeterli kadar verimli olmayabilmektedir. Bu algılayıcıların geliştirilmesinde sorun yaratan diğer bir konuya, ses dalgalarının geniş bir frekans aralığında yer almasıdır. İnsanlar, 20 Hz ile 20 kHz arasında yer alan sesleri işitebilmektedir. Ancak 100 Hz'in altındaki ve 10 kHz'in üzerindeki sinyallerin algılanması güçleşmektedir. Bu frekans aralığındaki maksimum frekansın, minimum değerinin 1000 katı olduğu düşünüldüğünde istenilen frekans aralığına duyarlı cihazların geliştirilmesinin ne kadar zor olduğu kolayca anlaşılabilir. Fakat belirli frekansların ihmal edilmesi iyi sonuçlar alınmasını sağlıyor. Örneğin müzik aletlerinin sesleri 300 Hz'le 3 kHz arasında değişmektedir. Bu, izlenecek ses frekansının belirlenmesinin geliştirilecek aletin performansının artmasında ne kadar önemli olduğunun bir göstergesidir.

En yaygın kullanıma sahip elektroakustik cihazlar mikrofonlar ve hoparlörlerdir. Bu cihazlarda, temel olarak akustik özellikleri dikkate alınan mekanik bir sistem ve bu sistemden elde edilen sinyallerin genliğinin artırılmasını sağlayan bir elektrik sistemi kullanılmaktadır. Enerji dönüşümünü sağlayan bu cihazlar pasif ve aktif olmak üzere iki genel grupta

toplanabilir. Pasif çeviricilerde mekanik hareketler elektriksel ya da akustik sinyallerin oluşumunu sağlar. Aktif çeviriciler ise belli bir elektrik sinyali üzerinde değişimlere neden olmaktadır. Hangi sınıfta olursa olsun enerji dönüşümünü sağlayan her cihaz fiziksel etkilerden yararlanmaktadır. Hiç kuşkusuz bu cihazlarda birbirinden farklı birçok yöntem kullanılmaktadır.

## Değişken Direnç

Bu özelliğin kullanıldığı cihazlara en iyi örnek, telefonla ilgili ilk buluşlar arasında yer alan karbon mikrofonlardır. Bu mikrofonlar, birinin üzerine zar yerleştirilmiş, diğeri sabit iki elektrodun oluşumundadır. Bu iki elektrodun arasında ise karbon tanecekleri yer almaktadır. Karbon taneceklerinin üzerine uygulanan basınç artırıldığında, taneceklerin yerleştiği hacmin çeperleri arasındaki direnç değerinde büyük değişiklikler oluşmaktadır. Zar üzerinde titreşimler oluştuğunda zarın bağlı olduğu elektrod karbon tanecekleri üzerinde basınç değişiklikleri gözlenir. Böylece elektrotlar arasındaki direnç değişmiş olur. Basit yapıları ve ucuz mal olmaları nedeniyle bu yapıdaki mikrofonlar oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca küçük basınç değişiklikleri büyük direnç değişikliklerine neden olduğundan oldukça hassas yapıya sahiptirler. Ancak karbon tanecekleri çabuk bozulduğundan bu cihazlar uzun ömürlü değildir. Bunun yanı sıra ortamdaki gürültülerden etkilenmektedir. Cihazın performansını etkileyen önemli diğer bir etken ise karbon yerleştirilen bölgenin şekli ve büyüklüğü-

dir. Sıdderli çarpmalarda karbon taneceklerinin konumu değiştiğinden, mikrofonlarda istenmeyen sesler oluşabilmektedir.

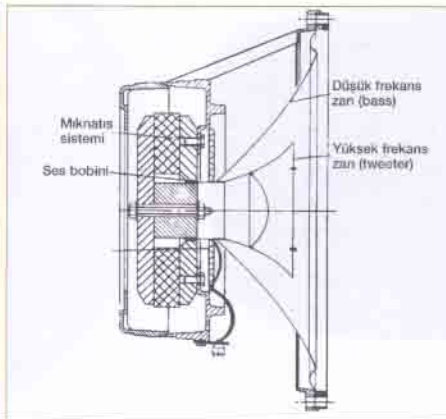
Üretilen ilk karbon mikrofonlarda metal elektrodlar kullanılmaktaydı. Ancak karbondaki direnç, ortamdaki değişikliklerden kolayca etkilenmekteydi. Ancak daha sonra metal elektrodlar yerine karbon elektrodlar kullanıldığında, yüzeyler arasında daha kararlı bir direnç oluştu. Hatta karbon elektrodlar, altın kaplama elektrodlardan daha iyi sonuç verdi.

## Değişken Sığa

Kapasitanslı mikrofonlar ilk olarak 1920'li yıllarda geliştirildi. Bu mikrofonlarda iki levha arasındaki sığanın, levhalar arasındaki uzaklıkla ters orantılı olarak değişmesinden faydalanılır. Bu sistemde de karbon mikrofona benzer şekilde, birinin üzerine zar tutturulmuş diğeri sabit iki iletken yüzey kullanılır. Bu iki yüzey yüklendiğinde yaklaşık 50 pF'lık sığa oluşmaktadır. Ancak zar üzerindeki titreşimlere bağlı olarak, yüzeylerden biri hareket ettiğinde sistemin sığası değişir. Buna bağlı olarak yüzeyler arasındaki potansiyel farkı da değişmektedir.

## Piezoelektrik Etki

Piezoelektrik etki, bazı kristaller üzerine baskı uygulandığında şekillerinin değişmesi sonucu, kristalin baskı yönüne dik yüzeyleri arasında potansiyel farkının oluşmasıdır. En iyi piezoelektrik etkiye sahip olan Rochelle tuzu, pikaplarda ve mikrofonlarda kullanılmaktadır. Ancak zarın piezoelektrik etkiye sahip madde üzerine monte edilmesi oldukça güç olmaktadır. Bunun yanı sıra performansın sıcaklıkla değişmesi gibi istenmeyen bir durum söz konusudur. Piezoelektrik etkiye benzer bir etki de yarıiletkenlerde görülmektedir. P-tipi ve n-tipi iki yarıiletkenin birleştiği bölgeye basınç uygulandığında yarı iletkenler üzerinden geçen akım artmaktadır. Silikon veya germanyumdan yapılan yarıiletken



maddeler de gözlenen bu özellik, algılanan ses dalgalarının, elektrik sinyallerine çevrilmesinde yüksek bir verimliliğe sahip olduğunu göstermektedir.

## Manyetik Etki

Bu tip etkinin kullanıldığı çeviricilerde manyetik teorisinin en temel yasaları uygulanmaktadır. Bir iletken belirli bir manyetik alan içerisinde hareket ettirildiğinde üzerinde bir potansiyel farkı oluşmaktadır. Ayrıca manyetik alan içindeki bir iletken üzerinden akım geçirildiğinde iletken kapattığı alan içinde manyetik akı değişirilir. Diğer yöntemde ise, sabit bir manyetik alan içinde bobinler hareket ettirilir.

Birinci tip cihazlarda, elektrik bobinleri sabit konumdadır. Oluşturulan manyetik devrede bir elemanın hareket ettirilmesi sonucu belli

bir veya birkaç hava boşluğunun manyetik direnci değiştirilir. Böylece bobinler içerisinde geçen manyetik akı değişeceğinden, bobinlerin uçları arasında bir potansiyel farkı oluşur. Diğer sistemlerde olduğu gibi bu sistemde de belirli bir konum değişikliği, elektrik sinyalleri oluşturmaktadır.

Daha önceki sistemler göz önüne alındığında, bu fiziksel hareketin bir zar aracılığıyla gerçekleştiğini tahmin etmek güç olmaz. Titreşimlerin algılanması için kullanılan zar ya hareket eden elemanın bir parçasıdır ya da hareket eden elemanın konumunun değişmesine neden olan başka bir cisme tutturulmuştur. Bu etkinin elde edilebilmesi için oldukça sert ve dayanıklı zarlar kullanılmaktadır. Ayrıca hareket eden elemanların mümkün olduğunca hafif maddelerden yapılmasına çalışılmaktadır. Herşeye rağmen kullanılan maddelerin eylemsizlikleri yüksek olduğundan elde edilen elektroakustik cihazın frekans aralığı, ses dalgalarının frekans aralığına göre sınırlıdır. Bu tip cihaz-



lar genelde 300 Hz ile 30 kHz sinyallerin algılanmasında başarıyla kullanılabilir. Bu etki tersine de dönüştürülebilmektedir. Yani sarfından sinyal geçirildiğinde zarın hareketi sonucu ses elde edilebilmektedir. Bu nedenle bu sistem ilk geliştirildiği günden beri telefonlarda, yaygın olarak kullanılmıştır.

Manyetik etkinin kullanıldığı ikinci tip aletlerde ise kalıba miktatsızlık özelliğe sahip, sabit bir cisim manyetik alan oluşturur. Elektrik bobinleri ise bir zarın en az hareket eden bölümüne tutturulur. Bu sistemin en önemli özelliği zarın manyetik devrenin bir parçası olmayışıdır. Bir başka deyişle zar, manyetik devrenin oluşturduğu akıyı değiştirmez. Fakat hareketliliği nedeniyle üzerindeki bobinlerin içindeki manyetik akının değişmesine neden olur. Böylece akustik enerji mekanik araçların yardımıyla elektrik sinyallerine dönüştürülmüş olur. Bu aletler en iyi örnek gündelik hayatımızda sık sık karşılaştığımız hoparlördür. Hoparlörden istenilen kalitede ses elde edilebilmesi için bazı şartların göz önünde tutulması gerekmektedir. Hareket eden kütlelerin büyüklüğü arttığında, üzerindeki titreşimlerde düzensizlikler gözlenmektedir. Bu nedenle hareket eden kütle miktarını düşürmek için zarın mümkün olduğunca gergin olması ve hafif bir

maddeden yapılması gerekmektedir. Bütün bu şartların sağlanması için hoparlörün zarına konik bir şekil verilmiştir. Ayrıca bu şekilleri, üzerlerindeki bobinlerin istenilen eklen üzerinde yer almalarını sağlamaktadır. Birçok hoparlörde bu zar ek olarak, zarın merkezinden dışarı doğru boru şeklinde uzanan ve daha sert bir maddeden yapılmış "tweeter" adı verilen bir cisim yer alır. Yüksek oktavlı sesler, işitilen ses frekansının yüksek değerlerinde: 7.5 kHz ile 15 kHz arasında yer alır. Bu frekans aralığı yaklaşık olarak işitilebilen ses aralığının yarısını kaplamaktadır. Bu seslerin oluşturulmasında hoparlör zarı yeterli verimi sağlamamaktadır. Bu aralıkta istenilen performansı elde etmek amacıyla tweeter'lar kullanılmaktadır.

Elektrostatik cihazlarda kullanılan bütün bu yöntemler incelendiğinde ortak bir yapı ortaya çıkarılabilir. Temel prensip, akustik dalgalanmaların, çeşitli fiziksel etkilerin mekanik parçalar yardımıyla modellenmesi ve akustik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesidir. Bu dönüşümün en önemli parçalardan biri kullanılan mekanik arabirimlerdir. Bu mekanik yapı genelde titreşimleri algılayacak bir zarıdır. Zarın üzerindeki titreşimler konumunun değişmesine neden olduğundan, titreşimlerdeki değişimleri anlamak için zarın konumundaki değişimleri belirlemek yeterli olmaktadır. İşte bu noktada değişimlerin gözlenmesinde fiziksel yasalardan yararlanılmaktadır. Daha sonra da elde edilen elektrik sinyalleri, elektronik devreler sayesinde istenildiği gibi işlenebilmektedir. Sinyallerin genliğinin artırılması ya da istenmeyen sinyallerden kurtulmak için elektronik filtrelerin kullanılması en iyi örneklerdir.

İnsanlar arasındaki iletişimi sağlayan en önemli duyuvarlardan biri işitme duyusudur. Bu nedenle ses insanlık için büyük önem taşımıştır. Yaşadığımız yüzyılda da iletişim araçlarının birçoğunda elektroakustik aletler kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra ilk insan topluluklarıyla beraber gelişmeye başlayan müzik, sesin insanlık için ne kadar önemli olduğunun bir başka göstergesidir. Günümüzde de elektroakustik aletlerin en yaygın kullanıldığı alan hiç kuşkusuz müzik piyasasıdır. Bütün bunlara ek olarak elektroakustik cihazlar, insanın duymadığı çeşitli titreşimlerin algılanması gibi daha değişik amaçlar için de kullanılmaktadır. Hangi alanda kullanılsa kullanılsın gelişen teknolojiyle beraber elektroakustik cihazlar da gelişmelerini sürdürecektir.

Kaynaklar  
Gayford M.L., Electroacoustic, American Elsevier Publishers Comp. New York, 1972  
Fletcher H.N., Rossing P. Thomas, Physics of Musical Instruments Springer-Verlag New York Inc, 1991



## Ses Frekansı Ölçüsü

Burada görülen devre, 10 kΩ/Volt değerindeki seyyar bobinli Voltmetreyi ses frekansı ölçücüsüne çevirmektedir. Giriş sinyalinin genliği, kazancı 40 olan T1 transistörü tarafından artırılır. Daha sonra Schmitt trigger (N4) T1 ampifikatörünün çıkışındaki sinyali bir kare dalgaya çevirir. Elde edilen kare dalgaın azalan kenarı N1 ve N2 tek kademeli multivibratörün tetiklen-

mesini sağlar. Daha sonra N3 bu sinyali ters çevirir ve 2 Voltluk skalaya ayarlanmış multimetreye iletir. S1 anahtarını kullanarak 200 Hz, 2 kHz ve 20 kHz'lik frekans aralıklarından biri seçilir. Bu frekans aralıkları, bir frekans yaratıcısı kullanılarak, P2, P3 ve P4 potlarıyla ayarlanır. P1 potu T1 transistörünün besleme sinyalini dolayısıyla N4'ün giriş voltajını belirlediği için devredeki en hassas ayar bu potla yapılır. N4'ün giriş voltajı iki sınır

değerin tam ortasına ayarlandığında, devre en hassas ölçümleri yapabilir.

Devrenin girişi, maksimum ve minimum değerleri farkı 50 Volt olan sinyallere dayanabilmektedir. Bu değer, 14 Voltun altına düştüğünde giriş empedansı 25 kΩ'dur. Devreye daha büyük sinyaller uygulandığında giriş empedansı 5 kΩ'a kadar düşmektedir. Devrenin kendi hata payı %2'dir. Ancak kullanılan multimetreye, devrenin hata oranını değiştirebilir.

