

DİREKT-RADYATÖRLÜ HOPARLÖR SİSTEMLERİNDE VERİM (*)

Çeviren : Yük. Müh. Eren BAŞARAN

[Direkt-radyatörlü hoparlör sistemi; huni veya daha başka akustik empedans dönüştürücü araç kullanmaksızın, akustik enerjiyi doğrudan doğruya havaya yayan hoparlör sistemidir.

Hoparlör sürücüsü; bir transdüser mekanizması olup elektriksel enerjiyi mekanik enerjiye ve/veya akustik enerjiye dönüştürmektedir. En çok bilinen hoparlör sürücüsü, devingen-bobinli (elektrodinamik) sürücü olup, daimi miktatıslı hava-aralığı içine yerleştirilen ve asılı diyaframa

tutturulmuş bir ses-bobininden oluşmuştur. Hoparlör Kutusu (veya Hoparlör Kabini) ses yaymak üzere sürücünün yerleştirildiği kutuya denir. "Direkt-Radyatörlü Hoparlör Sistemi" deyişi ile genellikle elektrodinamik hoparlör kullanan

- Kapalı Hoparlör Kabini
- Oluklu Hoparlör Kabini
- Pasif - Radyatörlü Hoparlör Kabin, anlaşılmalıdır.]***)

Direkt-radyatörlü hoparlör sistemlerinde alçak frekanslardaki güç dönüştürme verimi (= hoparlör kabinleri çıkışındaki akustik gücün, hoparlör ses-bobinine uygulanan elektriksel güce oranı), doğrudan doğruya sistemin (kapalı ve oluklu hoparlör kabininin) frekans yanıtmasının (responsunun) 3dB düştüğü kesim frekansına, kabin tipine (kapalı veya oluklu kabin olmasına) ve kabin hacmine bağlıdır. Yazıda verilen grafikler oluklu ve kapalı kabinlerde verimin; kabin hacmi ve sistemin kesim frekansı arasındaki bağıntıyı göstermektedir. Neticede, oluklu kabinlerin belirgin bir performans üstünlüğü taşıdığı belirmiştir.

Hoparlör sistemleri tasarımı genellikle üç önemli teknik ögeye (spesifikasyona) dayanmaktadır. Bu üç önemli öge (spesifikasyon); "Kabinin hacmi, kabinin güç dönüştürme verimi ve kabinin frekans yanıtması (responsu)" olmaktadır. Mühendisler epeyce zamandan beri bu spesifikasyonlar arasında karşılıklı bir ilişkinin varolduğunun farkında idiler.

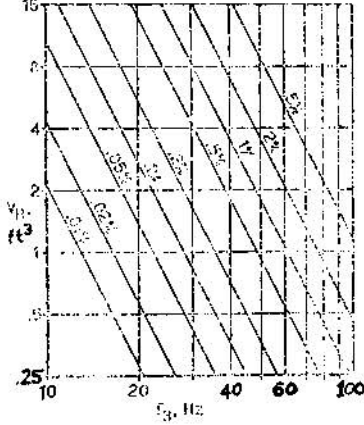
Thiele (i) makalesinde, bir direkt-radyatörlü hoparlör sisteminin temel veriminin, hoparlör sürücüsünün (örneğin, kullanılan elektrodinamik hoparlörün) üç temel parametresinden hesaplanabileceğini ve ayrıca bu parametrelerin belirlenen bir hacimdeki oluklu hoparlör kabinindeki sürücünün (örneğin, elektrodinamik hoparlörün) alçak-frekans yanıtmasını belirlediğini göstermiştir. Aynı analitik yöntemler kullanılarak, kapalı hoparlör kabinindeki sürücünün alçak-frekans yanıtması (responsu) ile temel elektrodinamik hoparlör parametreleri arasında bir bağıntı elde edilebilir.

Bulunan bu verim ve frekans yanıtması bağıntıları, kapalı ve oluklu kabinlerde hacim, frekans yanıtması ve güç dönüştürme veriminin bağımsız olmadıklarını doğrulamaktadır. Eğer, iki parametre verilmişse, üçüncü parametre tayin edilebilir ve hesaplanabilir. Elde edilen bu bağıntılar, sistemin küçü vsinyal performansının; sürücünün çapına bağımlı olmadığını ortaya çıkarmaktadır. Sürücü boyunun seçimi; maliyet veya distorsiyon veya akustik güç çıkışı gibi büyük-sinyal performansına dayanmaktadır.

(*) Bu yazı Proc. I.R.E.E. (Australia), Vol. 31, pp. 359-360 (Oct. 1970) sayısından; ilk iki paragraf, çeviren tarafından eklenerek, çevrilmiştir. Ayrıca "J.A.E.S." dergisinin (Vol. 19, No. 10, November 1971) sayısında da yayınlanmıştır.

(**) Başaran, E. "Ses Frekans Tekniği" M.E.B. İstanbul 1981, No : 48 Temel Ders Kitabı serisi.

Şekil 1'de dördüncü-dereceden Butterworth (maksimali düz) frekans yanıtı (responsu) vermek üzere ayarlanmış, oluklu hoparlör kabini için temel verim; V_3 net iç-hacim ve f_3 sistemin kesim frekansının, fonksiyonu olarak çizilmiştir.

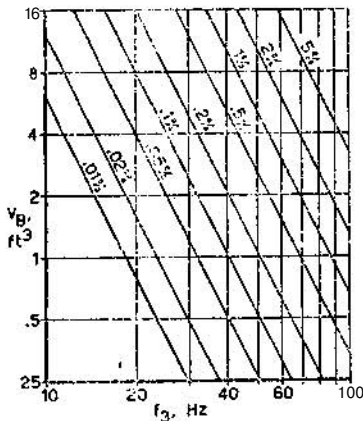


Şekil 1 : Oluklu hoparlör sistemi temel veriminin kutu net iç hacmi V_g ve sistemin kesim frekansı f_3 ile değişimini veren grafik.

Şekil 2'de ise, ikinci-dereceden Butterworth yanıtı (responsu) için ayarlanmış, yüksek kompliyans oranına sahip olan, akustik-süspansiyonlu kapalı hoparlör kabinlerinde temel verimin değişimi gösterilmiştir. Her iki şekilde görülen f_3 kesim frekansı, kabin frekans yanıtının, geçirme-bandı seviyesinin 3 dB altındaki frekans değeridir. Bu kesim frekansı, oluklu kabindeki (elektrodinamik hoparlörün) sürücünün rezonans frekansı ile, veya kapalı kabinin rezonans frekansı ile, aynı değerdedir. Grafikler elde edilirken; sürücünün (elektrodinamik hoparlörün) mekanik ve akustik kayıpları gözönüne alınmıştır. Ayrıca, amplifikatörün çıkış direnci; ses-bobini doğru akım direncinden yeterince —ikmal edilebilecek kadar— küçük olduğu kabul edilmiştir.

Her iki şekilde, temel verim ifadesini veren bağıntı

$$\eta = k_{\eta} \cdot f_3^3 \cdot V_B$$



Şekil 2 : Akustik-süspansiyonlu hoparlör sistemi temel veriminin kutu net iç hacmi V_g ve sistem kesim frekansı f_3 ile değişimini veren grafik.

biçimindedir. Bu ifadede r_j hoparlör sisteminin (kabin) temel verimi, ve k^{\wedge} verim sabitidir. Bu ifadede, k_1^{\wedge} katsayısının alacağı değer, hoparlör sürücüsündeki (devingenbobinli elektrodinamik hoparlördeki) sönümlenme miktarını saptamaktadır. Bu nedenle k^{\wedge} katsayısının alacağı değer; sistem tipine, spesifikasyonuna ve yanıtıma biçimine bağlıdır. Şekil 1 ve Şekil 2'de verilen verim değerleri; sürücü parametreleri ayarlanarak, belirtilen frekans yanıtına biçimlerine uygulanabilir. Bu eğriler yardımcı filtreli ve sönümlenme devreli, sistemlere uygulanamaz.

Şekillerdeki grafik, tipik minyatür kabinlerde elde edilecek sınır verim değerlerini göstermektedir. Genellikle, bu değerler % 0.2-0.4 dolayındadır. Görüleceği üzere, oluklu kabinlerin kapalı kabinlere kıyasla bir performans üstünlüğü vardır. Bu üstünlük, oluklu kabinlerde k_2^{\wedge} katsayısının daha büyük değerler almasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla, aynı hacim ve aynı band-genişliği için,

$4 \frac{1}{2}$ dB daha büyük verim elde edilebilir. Aynı hacim

ve aynı verim için, $\frac{1}{2}$ oktav daha büyük band-genişliği elde edilebilir. Veya aynı band genişliği ve aynı verim için; $\frac{2}{3}$ oranında hacimi azaltmak mümkün oluyor.

Bu yazıda verilen verim grafikleri; hoparlör kabin hacmi, verimi ve alçak-frekanslardaki yanıtı (responsu) arasındaki bağıntıların nicel (kantitatif) bakımdan anlaşılmasına yardımcı olabilecektir. Bu husus hoparlör kabini tasarımcılarına —özellikle sürücü (yani elektrodinamik hoparlör) parametreleri üzerinde denetimi olanlara— gerçekçi (realistik) hoparlör ve amplifikatör tasarım (dizayn) amaçlarına ulaşmada yardımcı olacaktır.

Hoparlör bandgenişliği, verimi ve kabin hacmi son yıllarda epeyce ilgi çekmiştir. Kapalı kabinlerde nitel (kalitatif) özellikli oransallık bağıntıları daha önce Jordan (2), ve Kloss (3), tarafından belirtilmiştir.

Kapalı hoparlör kabinlerinde nicel (kantitatif) sınırlar konusunda Finnegan (4) da aynı sonuçlara, yazardan daha farklı ve ilginç bir biçimde varmıştır. Her nedense, Finnegan'ın vardığı sonuçlar çok az bir dikkati çekmiştir.

Şekil (1) ve Şekil (2)'deki grafikler çıkarılırken k^{\wedge} değerlerinin; ne elde edilebilecek maksimum ve ne de garanti minimum değerler olmadıkları belirtilir. Ayrıca, bu k^{\wedge} değerlerinin yukarıda sözü geçen "yanıtıma türü" için, 4TT- Steradyanlık serbest-bölge (free-field) radyasyon yükü halinde, uygulanabileceği vurgulanır.

REFERANSLAR :

- (1) A.N. Thiele, "Loudspeakers in Vented Boxes," Proc. I.R.E.E. (Australia), vol. 22, p. 487. (Aug. 1961); also J. Audio Eng. Soc., vol. 19, pp. 382-392 (May 1971) and pp. 471-483 (June 1971).
- (2) E.J. Jordan, "Loudspeaker Enclosures," Wireless World, vol. 77, p. 2 (Jan. 1971).

- (3) H. Kloss. "Loudspeaker Design," Audio, vol. 55, p. 30 (Mar. 1971).
- (4) J.D. Finegan, 'The Inter-Relationship of Cabinet Volume, Low Frequency Resonance, and Efficiency for Accoustic Suspension Systems," presented May. 5, 1970, at the 38th Convention of the Audio Engineering Society, Los Angeles.

ÇEVİRENİN NOTU :

1961 yılına değin hoparlör kabini imalatı dene-dene-bul (cut-and-try; trial-and-error) yöntemiyle yapılıyordu. A.N. Thiele'nin Modern Sentez Tekniğini (Modern Filtre Teorisini) kullanarak 1961 yılında yayınladığı makalenin (i), bu sahada klasik bir eser olduğunun anlaşılabilirliği ve daha geniş bir okuyucu çevresine sunulması için aradan en az 10 yıl geçmesi gerektiği. Ancak, bu arada bilimsel çalışmalar bu konuda yoğunlaştırılmış ve 1971 yılını izleyen yıllarda Dr. Richard H.Small'un Amerika'nın J.A.E.S. dergisinde yayınlanan, genellikle doktora çalışmasının özü olan makaleler; hem hoparlör imalatında, hem de hoparlör kabinleri imalatındaki gizemli perdeyi kaldırmıştır. Bu bilimsel çalışma ve yayınların, özellikle elektrodinamik hoparlör ve kabin imalatında, yeni bir dönem açtığı öne sürülebilir. Açıkçası, yüksek kaliteli hoparlör kabini imalatı bir "meslek sırrı" olmaktan çıkılarak, BİLİM'e; "Modern Sentez Tekniğine" dayandırılmıştır. Özellikle Dr. Richard H. Small'un makalelerinde; hoparlör sistemi tasarımcılarının sür'atle ve kolayca yararlanabileceği pratik sonuçlar, formüller ve bağıntılar verebilmek amacıyla, gerekli matematik en az düzeyde tutularak yeterince sayısal örnekler verilmiştir.

Hoparlör sistemlerinin alçak frekanslardaki tasarımı için; FORTRAN, CYBER ve BASIC gibi yüksek düzeyde, bilgisayar programları mevcuttur. Ayrıca Hewlett-Packard hesaplayışlarından (calculators) 67, 97 ve 41C için de programlar yayınlanmıştır. (*)

Yüksek Fideliteli Hoparlör Sistemlerinde kullanılan bas hoparlörlerin boyunu küçültmekte teknoloji başarılı olmamıştır; hatta 30 inçlik bas hoparlör imalatına geçmiştir. Bu nedenle, zaman aşımından etkilenmeyen bu ilginç sahaya girmek isteyenlere, aşağıdaki kaynakları gözden geçirmeleri önerilir.

KAYNAKLAR:

- (1) A.N. THIELE "Loudspeaker in Vented Boxes" Proceedings of the I.R.E. Australia 487 (August 1961), Vol. 22, pp. 487-508; republished in J. Audio Eng. Soc., Vol. 19, pp. 382-392, 471-483 (May and June 1971).
- (2) J.E. BENSON, "Theory and Design of Loudspeaker Enclosures Part I : Electro-Acoustical Relations and Generalized Analysis," Amalgamated Wireless (Australasia) Ltd. Tech. Rev. Vol. 14 pp. 1-57 (August 1968)
- (3) J.E. BENSON, "Theory and Design of Loudspeaker Enclosures, Part 2 : Response Relationships for Infinite - Baffle and Closed-Box Systems," AAVA.Tch. Rev., Vol. 14, No.3, May 1971, p. 225-293.

(*) Bakınız : Kaynak No : 22

- (4) J.E. BENSON, "Theory and Design of Loudspeaker Enclosures, Part: 3, Introduction to Synthesis of Vented Systems," AVVA Tech. Rev., Vol. 14, No. 4, November 1972, p. 369-484.
- (5) R.H. SMALL, ' Efficiency of Direct-Radiator Loudspeaker Systems," Proc. I.R.E.E., Vol. 31, No. 10, October 1970, p. 359-360; republished in J. Audio Eng. Soc., Vol. 19, No. 10, November 1971, p. 862-63.
- (6) R.H. SMALL, ' Simplified Loudspeaker Measurements and Low Frequencies," Proc. I.R.E.E., Vol. 32, No. 8, August 1971, p. 299-304; republished in J. Audio Eng. Soc., Vol. 20, No. 1, January/February 1972, p. 28-33.
- (7) R.H. SMALL, "Direct-Radiator Loudspeaker System Analysis," Trans./EEE, Vol. AU-19, No. 4, December 1971, p. 269-281 republished in J. Audio Eng. Soc., Vol. 20, No. 5, June 1972, p. 383-395.
- (8) R.H. SMALL, "Closed-Box Loudspeaker Systems Part I: Analysis" J. Audio Eng. Soc. Vol. 20, No. 10, December 1972, p. 798-808.
- (9) R.H. SMALL, "Closed-Box Loudspeaker Systems Part II: Synthesis," J. Audio Eng. Soc. Vol. 21, No. 1 (January/February 1973) p-11-18.
- (10) R.H. SMALL, ' Vented-Box Loudspeaker Systems Part I: Small-Signal Analysis" J. Audio Eng. Soc., Vol. 21, No. 5 (June 1973) p. 363-372.
- (11) R.H. SMALL, "Vented-Box Loudspeaker Systems Part II: Large-Signal" Analysis, J. Audio Eng. Soc., Vol. 21, No. 6, p. 438-444. (July/August 1973)
- (12) R.H. SMALL, "Venter-Box Loudspeaker Systems Part III: Synthesis" J. Audio Eng. Soc. Vol. 21, No. 7, (September 1973)
- (13) R.H. SMALL, "Vented-Box Loudspeaker Systems Part IV: Appendices" J. Audio Eng. Soc. (October 1973) Vol. 21, No. 8, p. 635-639.
- (14) R.H. SMALL, "Passive-Radiator Loudspeaker Systems Part I: Analysis" J. Audio Eng. Soc. (October 1974) Vol. 22, No. 8, p. 592-601.
- (15) R.H. SMALL, "Passive-Radiator Loudspeaker Systems Part II : Synthesis" J. Audio Eng. Soc. (November 1974), Vol. 22, No. 9 p. 683-689.
- (16) R.H. SMALL, "Performance Limitations and Synthesis of Direct-Radiator Loudspeaker Systems". Proceedings of the IREE (Australia), Vol. 34, p. 265-268 (August 1973).
- (17) R.H. SMALL, "Suitability of Low-frequency Drivers for Horn-Louded Loudspeaker Systems" presented at the 57th Convention May 10-13, 1977 Los Angeles, AES, preprint No: 1251 (K-8).
- (18) R.H. SMALL, "Direct-Radiator Electrodynamic Loudspeaker Systems" Ph. D. Thesis, May 1972 (5th Printing 1978) The University of Sydney, Australia. (Not: Yayınlarda yer almayan; hoparlör ve hoparlör sistemi ölçme sonuçları mevcuttur).
- (19) J.D. BUNTON and R.H. SMALL "Cumulative Spectra, Tone Bursts, and Apodization" J.A.E.S. Vol. 30, No. 6, June 1982
- (20) R.H. SMALL, "Assessment of Nonlinearity in Loudspeaker Motors" IREECON CONVENTION DIGEST (MELBOURNE) 1979.
- (21) R.H. SMALL, "Characterisation of Linear Distortion in Loudspeakers," Conv. Digest (IREECON Int. Convention, Sydney), pp. 67-69 (1979 August).
- (22) G. MARGOLIS and R.H. SMALL, "Personal Calculator Programs for Approximate Vented-Box and closed-Box Loudspeaker System Design" J.A.E.S. Vol. 29, No. 6, 1981 June, pp. 421-441.