

desibel

Yazan

VALENTIN (QUINTAS)

Çevirenler

GÜRKAN SARIOĞLU

OĞUZ KIRIMKAN

UDK: 621.3.081.4: 621.3.091

ÖZET

Bu yazıda güç (ya da gerilini ya da akım) oranına dayalı iletim birimi desibel tanıtılmakta ve tanımlanmaktadır. Desibel in tarihsel gelişimine de yer verilen bu yazıda desibelden türetilen başka birimlerle birlikte desibelin akustik ölçümlere uygulanması da anlatılmaktadır.

SUMMARY

The decibel, the transmission unit based on power (or voltage or current) ratio, is defined and discussed together with its historical development. The ünite devired from the decibel and the decibel in acoustical measurements are also included.

Valentin Quintas, Direccion General de Radiodifusion y Television, İspanya.

Gürkan Sarioğlu ve Oğuz Kırımkan, PTT Genel Müdürlüğü, Ankara.

(Telecommunication Journal, Kasım 1974)

Elektrik Mühendisliği 216

Gelişimi

Telefon kullanılmaya başlayalı beri, mühendisler bir iletim birimi bulma sorunu ile karşı karşıya kalmışlardır. Bir iletim hattının telefon akımlarını geçirebilme yeteneğini gösteren bir birimin bulunması için ilk öneriyi, telefonun Bell tarafından bulunmasından iki yıl sonra, 1887 de V.J.H.Pierce ortaya atmıştı.[1] W.H.Pierce, Lord Kelvin tarafından denizaltı kablolarındaki telgraf devreleri için kurulmuş bulunan K.R. yasanın^ telefon ölçümlerinde de uygulanmasını önerdi. Fakat bu yasayı uygulayarak iletim hatlarındaki anlaşılabilirliği ölçmek için yapılan bir atılım sonunda bulunan hatanın çok yüksek olması bu yasanın telefon iletimine uygulanamayacağını gösterdi. Daha sonra Pupin, bir telefon hattının bir karakteristiği olarak zayıflama katsayısının ("zayıflama değişmezi"de denebilir) önemine işaret etmiş ve bu fikir Avrupalılarca benimsenmiştir; fakat bu sırada Birleşik Devletler birim olarak bir millik standart kabloyu kullanmaya başlamıştı. 1904 yılında da İngiltere bir millik standart kabloyu, birkaç değişiklikle, birim olarak aldı.

Birleşik Devletlerde, telefondaki anlaşılabilirliği ölçmek için kullanılan ilk devre bir kablo dayanak (referans) dizgesi idi. Bu dizgede, 19 AWG'lik bir kablo devresi (iletkenlerinin çapı: 0,91 mm) özelliğinde, sığası 0,054 mfd, direnci 88 ohm - her ikisi de bir millik döngü (loop) için- şelfi ve kaçak iletkenliği 0 olan ayarlanabilir bir yapay hat bulunmaktaydı. Devrenin uçlarında da bataryalı ve yineliyici sargılı telefon istasyonları vardı. İngiltere'de kullanılan devrenin Birleşik Devletlerde kullanılan farkı yalnızca şelf ve kaçaklardan idi; Birleşik Devletlerin sıfır şelf ve sıfır kaçak değerlerine karşılık İngilizler şelf olarak 1 milihenry, kaçak olarak da 1 mikrosiemens değerlerini kullanıyorlardı (bir millik döngü için). Ölçme frekansı her iki devrede aynı ve 800 Hz alınmıştı.

Bu dizgede, ölçü yöntemi, sırasıyla almaca bağlanma yoluyla, ölçü yapılacak devreyle standart kablo devresini kıyaslamayı kapsıyordu. Yapay devreyi ayarlayarak ve devrenin değişik ayarlarına tepke olarak alınan ses gürlüklerini kıyaslayarak "gürlük verimi"ni kıyaslama olanağı vardı. Bunun sonucu olarak, bir millik standart kablo "telefon iletim eşdeğeri"ni anlatım için kullanılan bir birim oldu.

Avrupa kıtasında ise, çeşitli kuramsal nedenlerden, 84 şeklinde zayıflama katsayısı iletim eşdeğeri olarak kullanılmaktaydı. Hatta 1910 yılında Paris'te toplanmış olan Telgraf İşletmeleri Mühendisleri Konferansı 'nda SI en uygun iletim eşdeğeri olarak kabul edildi. Bu konferansta bulunan Birleşik Devletler Telgraf ve Telefon Şirketi (AT & T) temsilcisinin de bu karara katılmasına rağmen, Birleşik Devletler ve İngiltere bir millik standart kabloyu telefon iletim eşdeğerini anlatım için kullanmayı sürdürdüler.

1 K.R. yasasına göre bir telgraf devresinde işletme hızı dirençlerin çarpımıyla ve kablo- nun toplam kapasitesi' ile ters orantılıdır. Bu yasa, uygulamada bir kablonun işlerliğini bulmada temel alınacak ölçütün saptanmasına olanak sağlar.

635

Birinci Dünya Savaşı sonunda Avrupa uluslararası uzak-mesafeli telefonda dizgesel bir gelişmenin gerekliliğini anladı. Bunu sağlamak için de yalnız teknik güçlüklerin yenilmesi yeterli değildi, aynı zamanda ve öncelikle Avrupa'daki çeşitli telefon işletmeleri arasında sıkı bir teknik işbirliği gerekliydi. O zamana dek, işletmeler arası konferanslarda teknik konularla ilgilenilmediğinden ve mühendisler arası kongreler de çok seyrek yapıldığından böyle bir işbirliği yoktu.

Bu sıralarda Avrupa'da uluslararası telefon konuşmaları yalnızca komşu ülkelerle ve güvenli olmayan koşullarda hemen tümüyle hava hatları ile yapıyordu. Öte yandan, Birleşik Devletler'de uzun-mesafeli telefon devreleri kullanılmaya başlamış, hatta New York - San Francisco kıtalararası telefon hattı ticari amaçlarla işletmeye açılmıştı.

1923'te, telefon iletim tekniğindeki ilerlemelere rağmen, Avrupa kıtasında, ülkelerin dillerinin, donatılarının ve işletme dizgelerinin değişik olması nedenleriyle uzak-mesafeli telefon sorununun halledilmesinin çok güç olduğu görüldü.

1923 Mart'ında Paris'te toplanan "Avrupa Uzak-mesafeli Telefon ön Teknik Komitesi"[2] toplantı sonunda, ilk adım olarak 1924'te Avrupa telefon işletmelerinin ve özel işletme acentalarının temsilcilerinin bir araya gelerek bu sorunu çeşitli yönleriyle tartışacakları ve "Comité Consultatif International des Communications Téléphoniques à grande distance (CCI)" olarak bilinen bir Uluslararası Uzak-mesafeli Telefon Danışma Komitesi kurulması kararlaştırıldı.

CCI Genel Kurulu, 19 Avrupa ülkesinin telefon işletmelerinden temsilcilerin katılımıyla 28 Nisan 1924 te Paris'te toplandı. Kurul ilk olarak CCI'nin en önemli organı olan "Süreklilik Komitesi"ni ve telefon işletmeleri arasında ilişkiyi sağlayacak olan "Süreklilik Sekreteri"ni oluşturdu. Aynı zamanda komitenin ivedi ve uzun dönemli iş programı saptandı. Süreklilik Komitesi yönelik soruları incelemek üzere beş grup kuruldu. Komiteye sorulan sorulardan en önemlilerinden biri iletim standardı ve tek bir iletim biriminin seçilmesi üzerine idi.

Aynı yıl, yani 1924'te, Birleşik Devletler'de, Bell System mühendisleri tarafından bir millik standart kablo yerine kullanılmak üzere önerilen yeni iletim birimi ile ilgili olarak W.H.Martin[3] ve R.V.L. Hartley[*] tarafından hazırlanmış iki yapıt yayınlandı. Elektrik donatımının ve devrelerinin "iletim elverişliliği"ni ölçmede kullanılan bu birime kısaca "iletim birimi" veya "TU" denmekteydi. W.H.Martin yeni birimi şöyle tanımlamıştı: "iki güç miktarı arasındaki oran $10^{(0,1)}$ olduğunda, bu iki güç miktarı farkı bir iletim birimidir ve herhangi iki güç miktarı arasındaki oran $10^{(0,1)}$ olduğunda da bu

2 CCI resmi olarak 1925 yılında işletmelerce tanındı ve Uluslararası Telgraf Birliği'ne bağlı olmasına rağmen kendi çalışma yöntemlerini saptamada özgürdü. 1932 yılında Madrid'te CCI'nin IX'uncu Genel Kurulu ve Uluslararası Telgraf Birliği'nin Uluslararası Uziletişim Birliği (ITU) ile birleşmesi sağlandı ve "Comité Consultatif International des Communications Téléphoniques à Grande Distance" ismi "Comité Consultatif International Telephoniques (CCIF)" (Uluslararası telefon danışma komitesi) olarak değiştirildi.

iki miktarın farkı N iletim birimidir, buna göre, P_1 ve P_2 güçleri iki güç arasındaki orana karşılık gelen iletim birimi sayısı, P_1/P_2 oranının on tabanlı logaritmasıdır. Bir başka deyişle:

$$N = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$$

"yukarıda açıklananlardan anlaşılacağı gibi P_1 ve P_2 güç miktarları oranının iletim birimi olarak ölçüsü

$$N = \frac{\log_{10} \frac{P_1}{P_2}}{\log_{10} 10^{0,1}}$$

başka bir deyişle, iletim birimi güç oranlarının logaritmik ölçüsüdür ve sayısal olarak $\log_{10} 10^{0,1}$ 'e eşittir."

Niçin bu birimin seçildiğini anlamak için önce yöntemle bakmak daha sonra bir yöntemle bir devrenin verimini bulmak ve yeni birimin (TU) diğer birimlerle olan farkını görmek gerekir.

Daha önce de belirtildiği gibi, Birleşik Devletler'de ve İngiltere'de, iki değişik koşulda bir telefonda elde edilen sesin gürültüsünü karşılaştırmak için bir millik standart kablo kullanılmaktaydı. Bu yöntemde, bir almanca birinci koşulda elde edilmiş ses gürültüsünü ikinci koşulda da elde edebilmek için devreye sokulması gerekli standart kablo mili sayısı bulunurdu. Sonraları, kablonun değişik frekanslarda değişik davrandığı ve bu değişik davranmalar sonucunda da konuşmada bozulmanın meydana geldiği anlaşıldı. Bunu önlemek için ses deneyine dayalı ölçmelerin yerini, sinüs dalga akımlarını ve elektriksel ölçü aygıtlarını kullanan yöntemler aldı, fakat akımlar değişik frekanslarda olabileceği için, sonuçların frekanstan bağımsız birimlerle ifade edilmesi zorunluğuna belirdi. Bu çalışmalar sürerken, o sırada kullanılmakta olan birimi (bir millik standart kablo) bu yöntemlere uygulamak için atımlarda bulunuldu. Bunun için, deney devresinin belli bir frekanstaki akımda yarattığı etki ile standart kablonun standart bir frekanstaki (800 Hz) akımda yarattığı etki karşılaştırıldı. Böylece eski birimde bazı değişiklikler yapılarak yeni birime geçilmiş ve bu birime de "800 Hz'de mil" denmişti. Ayrıca bu yeni yöntemde, gerçek bir standart kablo kullanmak yerine "800 Hz'de mil"e kalibre edilmiş, yalnızca dirençlerden oluşan ve bütün frekanslarda aynı etkiyi gösteren yap^v bir hat kullanılmaya başlanmıştı.

Burada, standart kablo devreye sokulmazdan önce alınan elektrik akımı yoğunluğunun kablo devreye sokulduktan sonra alınan elektrik akımı yoğunluğuna oranı ölçüt alınmıştı. Yalnız burada uç dizgelerinin karakteristiklerinin de etkisi unutulmamalıdır, bunun için de devrenin yeterince uzun olduğu varsayılarak devreye sokulan kablonun devre üzerindeki etkisinin uçlardaki empedanslardan bağımsız olması sağlandı.

3 "Bir iletimin verimliliği" yalnız güçlerin oranından değil aynı zamanda bozulma/ gürültü gibi olaylardan da etkilenir.

4 Bu frekansın gerçek değeri 796 Hz olmasına ve 796 Hz'de açılma hızı (us = 2ıtf) 5000 olduğundan hesaplarda kolaylık sağlamasına rağmen osilatörün kalibrasyonu için 796 Hz yerine 800 Hz alınmıştır.

Bu koşullar altında, elektrik akımlarının yoğunlukları arasındaki oran, sensuz bir hat üzerinde alınan ve birbirlerinden birkaç millik kablo ile ayrılmış iki noktadaki akımların oranına özdeştir. Bu oran i_1/I_2 , hat kuramına göre iki nokta arasındaki x uzaklığının üstel bir işlevidir, yani:

$$\frac{i_1}{i_2} = e^{ax}$$

burada a kabloya ve frekansa bağlı bir değişmez, e ise doğal logaritma tabanıdır, $e = 2,7182$.

x 'in değerini bulurken doğal logaritma kullanmaktan kaçınmak için $e^a = b$ alınır, böylece

$$\frac{i_1}{i_2} = b^x$$

buradan da

$$\log_{10} \frac{i_1}{i_2} = x \log_{10} b$$

(Birleşik Devletler'de kullanılan standart kablo için $a = 0,109$ ve $b = 1,115$ dir).

Başka bir deyişle, ölçülen akımların oranının on tabanlı logaritmasını $\log_{10} b^x$ (ki burada b 'yi akımlar oranı olarak kabul eder ve $\log_{10} b^x$ 'yi bir birim olarak alabiliriz) bölerek birimlerin sayısını bulabiliriz.

Üzerinde yapılan çalışmalar sonunda 800 Hz'de mil birimi matematiksel bağıntılara dayalı arı kuramsal bir birim oldu.

Avrupa kıtasında bazı ülkeler tarafından kullanılan Bt birimi de 800 Hz'de mil birimi ile aynı yapıda idi. Daha önce de belirtildiği gibi, Bt biriminin seçilmesinin ana nedeni onun kuramsal bir temeli olmasıdır, çünkü bu birim her uzunluk birimindeki C , L , R ve G (sığa, şelf, direnç ve kaçak) değişmezleri bilinen, homojen ve belirsiz bir iletim hattına Kirchhoff yasası uygulandığında elde edilen denklemlerden türetilmiştir.5

Türetilmiş olan bu gerilim ve akım değerleri, diğer bazı değişkenlerin yanında, Bt nin işlevleri olduğundan burada B'nin fiziksel önemi iyi kavranmalıdır. B iletim hattının birim uzunluktaki kesiminin başında ve sonundaki gerilim veya akımın zayıflama yüzdesini gösterir, yalnız burada alınan birim uzunluğun bütün uzunluk yanında küçük olması ve devrenin, incelenen kesimi hariç, çıkıştaki görünen direncin uygun olması veya dalga yayılımının yansıyan dalgalardan etkilenmemesi için yeterince uzun olması gerekir. Bu durumda 2B aynı birim uzunluktaki kaybın güç yüzdesi olarak anlamıdır. Başka bir deyişle, B birim uzunluktaki

5 "Telgrafçı" veya "Lora Kelvin" denklemleri olarak bilinen denklemler aşağıda gösterilmiştir.

$$\frac{\partial i}{\partial x} = -Gv + C \frac{\partial v}{\partial x} \quad \frac{\partial v}{\partial x} = R i + \frac{\partial i}{\partial t}$$

bu denklemlerin çözümleri ise:

$$i_x = V_e \sinh \gamma x + I_e \cosh \gamma x \quad v_x = V_e \cosh \gamma x + Z_0 I_e \sinh \gamma x \quad \text{dir.}$$

Bu denklemler bize herhangi bir noktadaki akım ya da gerilimi V_e ve I_e 'nin işlevleri olarak verir. Burada Z_0 karakteristik empedans, γ ise yayılım katsayısıdır, (bunlara hattın ikincil

gerilim veya akım zayıflamasıdır, 2B'da birim uzunluktaki güç kaybıdır, yani akımlar I_1/I_2 'ye gerilimler v^1/v^2 arasındaki oranı veren deyim şöyledir:

$$e^{-2b} = e^{-6x}$$

Giriş gücü (P_1) ile çıkış gücü (P_2) arasındaki P_1/P_2 oranı veren deyim de

$$e^{-2b} = e^{-264} \quad \text{olur.}$$

6S. birimi, 800 Hz'de mil birimi gibi, ölçülen elektrik akımlarının oranının doğal logaritmasıdır. Birimlerin sayısı da akım oranlarının doğal logaritması alınarak doğrudan bulunur.

TU'da ise, birim, kuramsal olarak oranların logaritması olarak tanımlanmasına rağmen, kullanılan logaritmanın tabanı on'dur ve ölçülen oran güçlerin oranıdır.

800 Hz'de mil'den, yukarıda bahsettiğimi* ve dünyadaki bütün ülkeler tarafından kullanılması gereken iletim birimine (TU) geçerken CCI'nın karşılaştığı güçlük Alman'ların mutlak veya doğal birim dedikleri Bf ile yeni birim, TU, arasında seçim yapmaktı. 1925'in ilk yarısı boyunca, bu iki birimin taraftarları bir İngiliz dergisi olan The Electrician'da birimlerin birbirlerine olan üstünlüklerini tartıştılar.[5]

Bu sıralarda, iletimi ölçmek için uluslararası bir birim saptamak çok önem kazanmıştı, çünkü o sıralarda Amerika ile kablo aracılığıyla telefon görüşmesi henüz düşlenemezken, İngiltere ile telefon bağlantısı yapılmıştı; üstelik telefon röle'leriyle donatılmış hatlar ile iletim bütün ülkelerde kalibre edilmiş düzeltici donatım gerektiriyordu ve bu donatımın yapımı da standart olmalıydı, çünkü Amerika ve Avrupa değişik kalibreli donatım kullanacak olsaydı, Amerikalı yapımcılar yaptıkları donatımı Avrupalı alıcılara satamıyacaktı.

Hartley yazısında TU'nun diğer birimlerden üstün yanlarını şöyle sıralıyordu:

- TU, güçlerin oranının logaritmik ölçüşüydü;
- TU'da doğal logaritma yerine on tabanlı logaritma kullanılıyordu;
- TU birimi, uygulamalı amaçlar için uygun büyüklükte bir birimdi.

Güçlerin oranını taban alan bir birimin üstün tutulmasının nedenleri şöyle sıralanıyordu:

- Frekanstan bağımsızdır;
- Mantıksal olarak bir devrenin işlerliğini güçlerin oranı olarak anlatım, akımların veya geri-

katsayıları denir). Bu değişkenler karmaşık niceliklerdir ve bu değişkenlerin hattın $C.L.R$ ve G değişmezlerinin işlevleri olarak değerleri;

$$z_0 = \sqrt{\frac{R + j\omega L}{C + j\omega C_{10}}}$$

$$\gamma = \alpha + j\beta = \sqrt{(R + j\omega L)(C + j\omega C_{10})} \quad \text{dir.}$$

Yayılım katsayısı γ 'nin gerçek kısmı B ile, sanal kısmı a 'nın değişik işlevleri vardır. 6 osilasyonda genliğin değişimine bağlı olduğundan 6'ya zayıflama katsayısı denir a 'ya ise faz değişimlerini belirlediği için faz değişim katsayısı denir.

Ümlerin oranı olarak anlatımdan daha tutarlıdır;
3) Güçlerin oranını alarak hat ve donatımın verimliliğini doğrudan doğruya ve empedanslardan bağımsız olarak karşılaştırabiliriz;

4) Eğer bir hat üzerinde empedans bir noktadan bir noktaya değişiyorsa, burada enerji dağılımını anlatımın en kolay yolu güç oranlarını kullanmaktır, böylelikle empedansın değişik değerleri için değişik hesaplar yapmaya gerek kalmaz;

5) Telefon ve radyotelefon'u birarada kullanan dizgelerde iletim seviye çizgeleri (diyagramları) ancak güç birimleri ile tanımlanabilir, elektrik akımları ile hiçbir zaman tanımlanamaz;

6) Veriş kolundaki akustik enerjinin mekanik ve elektrik enerjisine alış kolunda da mekanik ve elektrik enerjisinin akustik enerjiye dönüşmesi olayı dahil, bir telefon dizgesinin işlerliğinin akım birimleri cinsinden anlatımı yapılamaz, ancak güç birimleri ile anlatımı yapılır.

Ondalık log çizelgeleri doğal log çizelgelerinden daha yaygın ve ondalık logaritmayı sürgülü cetvelle hesaplamak daha kolay olduğundan 10 tabanlı logaritmik birim daha kullanışlıdır.

En uygun büyüklüklü birim söz konusu olduğunda, TU, yaklaşık olarak, özel eğitimden geçmemiş normal bir insan kulağının seçebileceği ve değeri 800 Br[^]le mile yakın olan sesin yoğunluğundaki en ufak farkın anlatımıdır.

CCl'in Sürekli Komitesi 1924 Kasım'ında Paris'te toplandı. Toplantıda iletim eşdeğeri olarak zayıflama katsayısının mı yoksa yeni Birleşik Devletler birimi TU'nun mu alınacağı sorusu 11 Avrupa telefon işletmesi temsilcileri tarafından tartışıldı. Uzun tartışmalar sonunda, Sürekli Komite zayıflama katsayısını birim olarak benimsedi [e] (yalnızca İngiltere bu kararın karşısında idi).

Birleşik Devletler temsilcilerinin de katıldığı CCl' Genel Kurulu 1925 Haziranında toplandı ve bu toplantıda fikir ayrılıkları iyice belirginleşti. Tartışmalar sonunda aşağıda görülen "tavsiye" (recommendation) yayımlandı:

"İletim birimi seçimi:

Uluslararası Danışma Komitesi, tek bir iletim biriminin yalnız Avrupada değil, tüm dünyada kullanılmasının uygun olacağını ancak bunun Birleşik Devletler uzmanlarının görüşü alınmadan sağlanamayacağını göz önüne alarak:

1. Amerikan uzmanlarının davet edileceği Altkomite toplantısından önce, iletim birimi seçme konusunda bağlayıcı bir karar alınmamasını;

2. Altkomite toplantısına değin, 1910 yılında Paris'te toplanan Mühendisler Konferansında üzerinde anlaşılan genel fikirlerin uygulanmasını, bir başka deyişle teknik özelliklerde iletim verilerinin doğal birimlerle anlatımını [7]salık verir"

Yukarıda alınan kararlar, Sürekli Komitenin daha önce almış olduğu kararlara ters düşmeyen, uzlaştırıcı nitelikte kararlardı, öte yandan bu kararlarla, büyüklüğünün uygunluğu, güç oranlarını temel alması, frekans ve empedansa bağlı olmaması nedenleriyle yavaş yavaş yaygınlaşan yeni Amerikan birimine açık kapı bırakılmıştı.

Altkomite 9 Avrupa ülkesi temsilcilerinden oluştu ve komite ilk iş olarak "dünya üzerinde tek bir iletim birimi seçimi" üzerine hazırlanacak

rapora katkıda bulunmaları için AT & T'den uzman gönderilmesini istedi.

1927 Eylül'ünde Como'da (İtalya), iletim birimi olarak gücü (veya gerilimi veya akımı) temel alan önerinin ağırlık kazandığı fakat kullanılacak logaritma dizgesi üzerine tam bir anlaşmanın sağlanamadığı CCI Genel Kurulu toplandı. Tartışmalar sonunda e'nin güçleri oranını temel alan birim ile 10 un güçleri oranını temel alan birim karşı karşıya kaldı. Birinci birimde doğal logaritma kullanılıyordu; ve bu iletim birimine e tabanına göre logaritmanın bulucusu John Napier onuruna neper denilmesi önerildi; ikinci birimde ise ondalık logaritma kullanılıyordu ve bu birimde telefonu bulmuş olan Alexander Graham Bell onuruna Bell denilmesi önerildi.

Toplantı sonunda Genel Kurul oybirliği ile aşağıdaki tanımı önerdi:

"Genel tanım: İletim birimi, görünen veya gerçek güçlerin, gerilimlerin veya akımların oranını anlatımda kullanılır. Uygulamada, verilen bir durumdaki iletim birimlerinin sayısı bir logaritmik ölçü kullanılarak bulunur.

1. P₁ ve P_j gibi iki güç verilmesi durumunda, birimlerin sayısı:

$$\text{doğal dizgede : } (1/2) \log_e (P_1/P_2)$$

$$\text{onlu dizgede : } \log_{10} (P_1/P_2) \text{ dir.}$$

2. V_j ve V₂ gibi iki gerilimin veya J₁ ve J_j gibi iki akımın verildiği durumda, anlatım şöyledir:

$$\text{doğal dizgede : } \log_e (V_1/V_2) \text{ ya da } \log_e (J_1/J_2)$$

$$\text{onlu dizgede : } 2 \log_{10} (V_1/V_2) \text{ ya da } 2 \log_{10} (J_1/J_2)$$

Doğal birim neper olarak isimlendirilir.

Onlu birim bel olarak isimlendirilir.

Bu birimlerin askatları için desineper ve desibel kullanılabilir.

CCl'in resmi yayınlarında birimlerin isimleri tam olarak yazılacak ve iletim eşdeğeri, kayıplar ve kazançlar, çapraz konuşum (crosstalk) vb. deyimler aynı anda hem neper hem de desibel olarak verilecektir".[8]

Bu kararlardan sonra Bell System db ile gösterilen desibeli iletim birimi olarak uygulamaya başlandı. Jesibel'in benimsemesinden sonra İletim birimi olarak kullanılmakta olan standart kablo ve 800 Hz'de mil tümüyle bırakıldı.

Birimlerin birbirlerine göre durumları aşağıdaki çizelgede görülebilir:

	TU	800 Hz'de mil	e* birimi
1 TU	-	1,056	0,1151
1 800 Hz'de mil	0,9467	-	0,1090
1 Bf birimi	8,686	9,174	-

Yeni birimler:

$$1 \text{ dB} = 0,1151 \text{ neper}$$

$$1 \text{ neper} = 8,686 \text{ dB}$$

$$1 \text{ TU} = 1 \text{ dB}$$

6 "CCITT Karar B.1'de desibel'in kısaltılmışı olarak dB kullanılması kararlaştırıldı.

Desibel, telefon işletmelerince benimsenmesinden hemen sonra, öbür teknik alanlarda da kullanılmaya başladı, özellikle akustikte (ses yükseltmelerinde, gramofonlarda, telli dağıtımda, sesli filmlerde, vb.) ve radyo yayınlarında.

Mar del Plata'da (Arjantin) 1968 yılında toplanan CCITT 4. Genel Kurulunda iletim birimi sorunu çözümlendi ve "CCITT White Book Volume I Rec. B.4" te aşağıda görüldüğü şekilde yayınlandı:

"Tavsiye B4

İletim Birimi

(Mar del Plata, 1968)

CCITT, iletim ölçümlerini ve bu ölçümlerin sonuçlarının anlatımı için iki iletim birimi, neper ve bel'in askatları ile birlikte kullanılmasının, 1926'daki "Comité Consultatif International des Communications Te'le'phoniques a Grande Distance" Genel Kurulunda geçici bir çözüm olarak salık verildiğini ve CCITT'nin bu iki birimi eşit ağırlıkta kullanmayı bugüne değin sürdürdüğünü; şimdi ise, uluslararası teknik özelliklerin sınırlarının ve uluslararası iletim ölçümlerinin takas edilebilmesi için bir tek iletim birimi kullanılmasının uygun olacağını; ulusal işletmelerin kendi ülkelerinde de neper ve bel'in yaygın olduğunu ve bazen bir ülkede her ikisinin de kullanıldığını; radyo iletişiminde ise, ölçümlerin sonuçlarını iletim birimi olarak anlatımda yalnızca desibel¹ in kullanılması gerektiğini; gözönüne alarak, ülkelerin kendi sınırları içinde ölçü amacı ile neper¹ i veya desibel'i kullanmalarını; hat iletim ölçümlerini ve bunlarla ilgili değerleri içeren bilgilerin uluslararası değişimi ve bu değerlerin sınırlarının uluslararası anlatımda iletim birimi olarak desibel'in kullanılmasını; değerleri gereksiz yere birbirlerine çevirmekten kaçınmak için, neper¹ i birim olarak kullanmakta olan ülkelerin, aralarında anlaşmak kaydıyla, neper'i kullanmayı sürdürmelerini; oranların "e" tabanına göre logaritmasıyla anlatımı yapılan kuramsal hesaplamalarda her zaman neper¹ in kullanılmasını salık verir." [9]

Son zamanlarda, Birleşik Devletler'de, İngiltere'de ve diğer ülkelerde neper yalnızca akım ve gerilim oranlarının kuramsal hesaplanmasında kullanılmaktadır ve bu kullanma oldukça genelleştirilmiştir. Bu nedenle, Uluslararası Elektroteknik Komitesi'nin (IEC) hazırladığı "Uluslararası Elektroteknik Sözlüğü"nde neper şöyle tanımlanır: "Neper: tki akımın veya iki gerilimin (veya iki akustik basınç gibi örneksel niceliklerin) oranını veren bir iletim birimidir. Bu oranların doğal logaritması neper sayısına eşittir." [10]

Bununla beraber, desibel de gerilim veya yoğunluk oranlarının anlatımında sık sık kullanılır, çünkü desibel'de sayısal hesaplamalar neper'den daha kolaydır, fakat bu durumda da yalnız katsayı 10 yerine 20 olmakla kalmayacak, eğer akım ve gerilimler aynı empedanslı devrelerde ölçülmeyecek olursa, bir de düzeltme çarpanı kullanmak gerekecektir.

DESİBEL

Desibel alışılmışın dışında bir birimdir, o kadar dışında ki birçok kişi haklı olarak onun bir ölçü birimi olduğu konusunda şüphelidir. Desibel XI inci "Ağırlıklar ve Ölçüler Genel Konferansı"na

[il] kabul edilen Uluslararası Birim Dizgesi'ne⁷ alınmamıştır (gerçi hiçbir akustik ölçü birimi bu dizgeye alınmamıştır.) Ancak bu, çok önemli değildir, çünkü uygulamada kullanılan başka birçok birimler de bu dizgeye alınmamıştır.

Açıklıktan uzak olan bu ölçü birimi kavramı üzerine bilimsel bir tartışma açmak veya birimler, boyutlar ve değişmezler (sabitler) arasındaki bağlantıları araştırmak bu yazı kapsamının dışındadır. Bu anlaşılması zor konu ile ilgilenen okuyucular konu ile ilgili geniş yazına ve boyutsal çözümlene kitaplarına başvurabilirler. Elektrik mühendisinin geleneksel yaklaşımına dayanan uziletişim ölçü felsefesinin tamamını değiştirdiğinden desibelin uziletişim ölçü birimi olarak tanımlanması gerçek bir devrim sayılırdı. Elektriksel devrelerde, gerilim, akım ve güç; volt, amper ve watt'la ölçülür ve bu değerler ölçünün yapıldığı dizgeye bağlıdır. Desibelin kullanıldığı iletim ve yayılım (propagasyon) ölçülerinde, yeni birim, ölçünün yapıldığı dizgeden bağımsızdır, yani, örneğin akustik dalga kadar onun elektriksel eşdeğerini ölçmekte de kullanılabilir. Bu, desibelin bir sayı olması ve böylece boyutsuz olmasındandır, Amper veya volt cinsinden elektriksel ölçmelerde eski değer, akımın veya gerilimin yönünde bir değişimi ifade etmesine rağmen desibel ölçülerinde eski değer, sadece ölçülen gücün karşılaştırıldığı güçten küçük olduğunu gösterir.

Desibel daima iki değer arasındaki karşılaştırmadır. Bunun sonucu olarak da, çoğu kez ölçülen güç değerleri değişik olmasına rağmen desibel sayısı aynıdır. Örneğin bir vericinin gücü 1 kW'tan 2 kW'a çıkartılırsa, güçteki desibel cinsinden artış

$$N = 10 \log_2 \frac{2}{1} \approx 3 \text{ dB}$$

fakat elimizde 5 kW lık bir verici olsa ve bunun gücünü 10 kW a çıkartsak, güçteki desibel cinsinden artış güçlerin değişik olmasına rağmen bir önceki örnekle aynıdır.

$$N = 10 \log \frac{10}{5} = 10 \log 2 \approx 3 \text{ dB}$$

Bu, güç ne olursa olsun, onu başlangıç değerinin iki katına çıkartmak daima 3 dB'lik bir artışa eşdeğerdir, demektir. Örneğin bir vericideki güç 1 kW'tan, 2 kW'a çıkarılırsa da, 100 kW dan 200 kW'a çıkarılırsa da, vericideki desibel cinsinden görecekli (relatif) güç artışı aynıdır. R.Froom'un doğru olarak belirttiği gibi [12] şu hiçbir zaman unutulmamalıdır: desibel logaritmik tabanlıdır ve güçlerin oranıdır. Bunun sonucu olarak desibeli ifade eden sayılarla, aritmetiksel işlemler yapmak tehlikelidir. Özellikle, örneğin, desibelle kalibre edilmiş bir ölçü aletinde okunan değerler, istatistik olarak kullanılacaksa ve bundan birtakım istatistiksel özellikler çıkarılacaksa (ortalama, standart sapma gibi). Froom, seviyeleri belirli bir seviyeden 10 ve 20 dB yüksek olan iki değerini ortalamasının nasıl bulunacağına çok güzel bir örnek verir, ilk bakışta, ortalama, 10 ve 20 nin aritmetik ortalaması olan 15 dB gibi gözükürse de, biraz düşünüldüğünde 10 dB nin belirtilmiş seviyeden 10 kat büyük bir niceliği, 20 dB nin

7 Uluslararası Birim-Dizgeleri altı ana birim (metre, kilogram, saniye, amper, Kelvin ve Kandela), iki tamamlayıcı birim (radyan ve steradyan) ve 27 türetilmiş birimden oluşur.

ise 100 kat büyük bir niceliği ifade ettiği görülecektir. Gerçek aritmetik ortalaması

$$(10 + 100)/2 = 55 \text{ tir,}$$

ya da desibel olarak

$$10 \log_{10} 55 = 10 \times 1,74 = 17,4 \text{ dB dir.}$$

Desibel olarak iki nicelik birbirinden ne kadar uzak olursa yanlış (yani basit yolla bulunan ortalamadaki yanlış değerlendirme) o kadar büyük olacaktır.

Logaritmik tabanlı olması nedeniyle, desibel ile ifade edilen değerlerin ait oldukları güçlere göre küçük olmaları desibelin bir üstünlüğüdür. Örneğin, diğerinden 1 milyon kere daha büyük olan bir güç, desibel olarak sadece 60 dB lik bir seviye farkına sahiptir.

Desibelin diğer tipik bir özelliği sıfır değerinin anlamıdır. Bütün ölçü birimlerinde sıfır, ölçülen niceliğin yokluğunu gösterir. Desibeli ifade eden denklemi yazacak olursak

$$N = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2}$$

$P_1/P_2 = 1$ olursa, yani karşılaştırılan iki güç birbirine eşit olursa, N sıfır olacaktır.

Bu bize, uziletişimde bir ana kavram getirecektir: Dayanak (referans) seviyesi.

0 dB yi gösterecek herhangi bir güç değerini seçersek, bu seçilen seviyeye "dayanak seviyesi" denir. Desibel cinsinden elde edilen değer genellikle "mutlak güç seviyesi" adını alır. Bu, daha sonra ele alacağımız desibelden türetilmiş bir güç ölçü birimi zincirine neden olmuştur.

Genellikle bir niceliğe "seviye" terimini eklemek, niceliğin bir değerinin dayanak olarak alınan başka bir değerine bölümünün logaritmasının onla çarpımını düşünüyoruz demektir.

İletimde seviye kavramı gibi desibelin kullanılışıyla yakından ilgili başka bir kavram da kazanç veya kayıptır. Bunlar şu şekilde tanımlanabilir: "Güçleri P_1 ve P_2 olan 1 ve 2 noktaları arasındaki iletim birimi cinsinden P_2/P_1 ve P_1/P_2 olarak ifade edilen güç artışı veya azalışıdır." Örneğin bir devreye bir yükselteç sokulduğunda çıkış gücü giriş gücüne göre daha büyüktür, yani kazanç vardır; aksine bir süzgeç sokulduğunda da girişteki im gücü çıkışta göre daha büyüktür, yani kayıp vardır.

Seneler önce Birleşik Devletler'deki Radyo Mühendisleri Enstitüsü (IRE), kazanç ve kayıp terimlerinin gerilim için değil de, yalnızca güç için kullanılmasını önermişlerdi. Gerilim için yükseltme ve zayıflama terimleri kullanılmalıdır. Bu ayırım gereksiniminin en tipik örneği katot izleyicisidir (Cathode follower). Bu tip yükselteçte çıkış gücünün, giriş gücünden büyük olduğu anda çıkış geriliminin, giriş geriliminden küçük olması olasıdır. Bu durumda katot izleyicisi, kullanıldığı devrede aynı anda zayıflama (gerilimde) ve kazanç (güçte) doğurmaktadır. Güç için desibel, gerilim için neper kullanılması yerine, uygulamada desibel çoklukla güç ve gerilimler için ortak bir birim olarak kullanıldığından, büyük karışıklıklara neden olmaktadır.

$$\text{kazanç} = 10 \log_{10} (P_{\text{çıkış}}/P_{\text{giriş}}) \quad (\text{dB})$$

$$\text{zayıflama} = 20 \log_{10} (E_{\text{giriş}}/E_{\text{çıkış}}) \quad (\text{dB})$$

Şu akıldan çıkarılmamalıdır, "kazanç", "kayıp", "zayıflama" ve "yükseltme" terimleri görecelidir çünkü, eksi kazanç, kayıp; eksi yükseltme ise zayıflama değildir.

Uluslararası Uziletişim Birliği (ITU) yazılarında yukarıda belirtilen ayırımı benimsememiştir. Ancak CCITT desibel cinsinden ifade edilen değerleri kesin olarak tanımlamıştır, örneğin görüntü zayıflama katsayısı ve bir hattın belirli uç empedansları arasındaki araya girme kaybı [13], Uluslararası Radyo Danışma Komitesi (CCIR) da, açıkça tanımlanmış durumlarda değerleri desibel ile ifade edilen, iletim kaybı ve anten kazancı gibi, bir tanımlamalar zinciri saptamıştır [1*]. Ölçülecek veya ifade edilecek bir niceliğin tam bir tanımlanması, desibelin tanımlanması kadar önemlidir. Eski yazılarda bu tanımlamalar yapılmamış ve büyük karışıklıklara yol açmıştır.

Uygulamada, çoklukla bir devrede güç ölçmek zor, gerilim ölçmek kolaydır.

$$P_1 = \frac{E_1^2}{R_1} \text{ ve } P_2 = \frac{E_2^2}{R_2}$$

olduğuna göre

$$N = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_2} \quad (\text{dB})$$

ifadesi

$$N = 10 \log_{10} \left(\frac{E_1^2}{R_1} \cdot \frac{R_2}{E_2^2} \right) = 10 \log_{10} \left(\frac{E_1^2}{E_2^2} \times \frac{R_2}{R_1} \right) \\ = 20 \log_{10} \frac{E_1}{E_2} + 10 \log_{10} \frac{R_2}{R_1}$$

Burada E^2 ölçülen im gerilimi, E_2 dayanak (referans) gerilimi; R_1 , üstünden E_1 ölçülen direnç ve R_2 , dayanak gücü için uygun dayanak direncidir. $10 \log_{10} (R_2/R_1)$ terimi düzeltme katsayısı olarak isimlendirilir ve ancak $R_1 = R_2$ ye eşit olduğu zaman sıfıra eşittir. R_1, R_2 den büyük olduğu zaman düzeltme katsayısı eksidir, yani

$$20 \log_{10} \frac{R_2}{R_1} > 10 \log_{10} \frac{R_2}{R_1}$$

ve R_2, R_1 den büyük olduğunda da bunun tersidir.

Benzer şekilde, P_1 i $I_1^2 R_1$ ve P_2 yi $I_2^2 R_2$ ile değiştirilerek ifade akım cinsinden elde edilebilir.

$$N = 20 \log_{10} \frac{I_1}{I_2} + 10 \log_{10} \left(\frac{R_1}{R_2} \right)$$

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu Como toplantısında Uluslararası Danışma Komitesi kararına uygun olarak, kendi Uluslararası Elektroteknik Sözlüğünde [10] desibeli bir iletim birimi olarak tanımlar. Ancak Danloux-Dumesnil [15] gibi yazarlar "iletim" in fiziksel bir nicelik olmadığını ileri sürerek, desibelin de fiziksel bir birim olmadığını ve iletim birimi olarak isimlendirilemeyeceğini söylerler. Danloux-Dumesnil'e göre desibel logaritmik işaretler dizgesinin bir parçasıdır, yani bir sayıyı ifade etmenin bir yoludur. Birleşik Devletler'deki Elektrik ve Elektronik Mühendisleri Enstitüsü de (IEEE) [16] benzer bir görüşü benimsemiştir: Desibel belin onda biri, bel

ise "iki güç oranını ifade için kullanılan, logaritmik cetvelin (skalanın) bir bölümü... iki gücün oranını ifade edilen desibel sayısı, bu oranın 10 tabanına göre logaritmasının onla çarpımıdır."

Böylece desibeli fiziksel bir birim olarak düşünmek açıkça yanlış gözükmektedir, özellikle akustik ölçülerde bazen kullanıldığı şekliyle; Örneğin 60 dB ye kadar çıkan ses kaynakları bulmak olağanüstü değildir. Bu, bir milyon neyi içerdiğini bilene kadar bir şey ifade etmeyen, bir milyon ses vardır, demeye benzer. Desibel, adı geçen yazarın doğru olarak belirttiği gibi, "bir şeyin nasıl sayıldığını" açıklayan bir terimdir; sayısal değerle, sayılan veya ölçülen nesnenin adını belirten kelimenin arasına konur. Başka bir deyimle "dört düzine yumurta" ifadesindeki "düzine" kelimesi ile aynı uygulamaya sahiptir. Bu "düzinelerle sayıyoruz" demeye gelir. Sonradan "Ne sayılıyor" veya "ne ile ölçülüyor" sorulma gereksinimini doğurmaz. Bu gereksinimin karşılanabilmesi için uzuletişimde, daha önce belirtilen "dayanık seviyesi" kavramına dayanan ve desibelden türetilmiş bir doğru ölçü birimleri zinciri yaratılmıştır.

GÜRLÜK (VOLÜM) GÖSTERGECİ, "VU" ve dBm
[17-20]

1930 larda ses yayını büyük bir hızla gelişirken, yayın stüdyolarında, yayın iletim devrelerinin, halkla ilişkiler servisinin ve alçak frekans denetimlerinin başında olan mühendisler, devrelerin değişik noktalarında müzi ve konuşmanın gürlüğünü saptamak için duyulur frekans imi şiddetinin nasıl ölçüleceği sorunuyla karşıkarşıya kalmışlardı.

Bu imin dalgaları çok karmaşıktı ve dönemli (periodic) değildi. Bunları ortalama, etkin veya tepe değerleri cinsinden ölçmeye çalışıldığında, zamana bağlı olmaları nedeniyle sonuçların basit sayısal terimler cinsinden ifadesinin olanaksız olduğu meydana çıkmıştı, yani ölçünün yapıldığı zamana göre değişiyorlardı. Sonuçlar aynı zamanda ölçü aygıtına ve kullanılan yöntemlere dayanır gibi gözükmektedir.

Bu zorlukların çerçevesinde im şiddetini basit sayısal biçimde ifade edebilmek için uygulamalı ölçü yöntemleri için araştırmalar başladı; bu nedenle herhangi bir andaki duyulur im şiddetini belirten "gürlük" kavramı bulundu. Kavram tüm deneysele ve uygulamalı gereksinimleri karşılamak için yaratılmıştı. Bu kavram, gerilim, akım ve gücün elektriksel birimleri ile tanımlanamazdı. Gürlük ölçmeye yarayan ve kalibre edilmiş özel bir karakteristiği olan, bir göstergesi ile beraber çalışan, isminden de anlaşılacağı gibi bir gürlük göstergesinden alınan değerlerle tanımlanmıştı.

Yayın iminin seviyesindeki ani dalgalanmalar yüzünden, aygıtın devinik (dinamik) karakteristikleri de (tepke ve sönme hızı) kalibrasyon için kullanılan sinüs dalgasının güç değeri kadar önemli idi.

Aslen, aygıt üzerindeki okumalar, deneysel olarak seçilmiş bir sıfır dayanık seviyesi olan belirli bir gürlük seviyesinin altında veya üstünde, desibel cinsinden yapılırdı. Fakat desibelle yapı-

lan tek frekanslı telefon ölçüleriyle karıştırılmasını önlemek için, göstergesi yeni bir birimle, kısaca "VU" olarak gösterilen "gürlük birimi" ile kalibre edilmişti. Desibelle, logaritmik oran kullanması bakımından benzeyen bu birimin desibelden farkı deneysel olarak saptanmış bir dayanık seviyesinin olması ve kullanılan ölçü aygıtının bu gibi ölçüler için gereken özel tipte olmasıdır. Desibeli her hangi bir tür dalga için kullanma olanağına rağmen VU nun kullanılması karmaşık duyulur-frekans imi ölçüleri ile kısıtlanmıştır. Gürlük göstergesine gereksinim, duyulur frekans iminin dalgalandığı maksimum (büyül) ve minimum (küçül) seviyeler için bir standart koyma ve bunu devam ettirme zorluğundan doğmuştur. Aslında ana gereksinim imin alt ve üst sınırlarını ölçebilmektir; böylece im, bozulma sınırını aşmayacak ve devre gürültüsü seviyesinin altına düşmeyecektir. Bu nedenle dileğince seçilmiş sıfır, ölçü aygıtı göstergesinin orta noktasını saptardı.

VU, göstergesi iğnesinin hareketinin balistik karakteristikleri ve sönümü (damping) çok özel şartlara uyacak biçimde yapılan özel göstergelerle kullanılır. Bütün VU göstergeleri benzer elektriksel ve mekaniksel karakteristiklere sahip olduğundan, karşılaştırılabilirler ve bunlara yapılan, dalgalanan imlerin gürlük seviyesi ölçüleri aynı anlamlılığa sahiptirler.

Şu anda, gürlük göstergeleri genellikle güç seviyesini ölçer ve o şekilde kalibre edilmişlerdir ki değişmez bir frekans ve kararlı bir güç seviyesi ile VU değeri, dBm le ifade edilen aynı güç seviyesini gösterir.

Kısaltılmış biçimiyle dBm, tanım olarak, 1 mW a göre mutlak güç seviyesini gösterir. dBm logaritmik göreceli birim aracılığıyla gücü gösterir ve bu maksatla miliwatt,dayanak seviyesi olarak alınmıştır. Aslında dBm belirli dayanak noktasının olması nedeniyle, güç ölçü birimidir ve desibel gibi güçlerin oranı değildir; bu, dBm cinsinden verilen değerlerin watt cinsinden değerlere kolaylıkla dönüştürülebileceği gerçeği ile ispatlanmıştır.

dBm aşağıdaki denklemle ifade edilir:

$$dBm = 10 \log_{10} \frac{P}{P_0}$$

Burada P_j devrede ölçünün yapıldığı noktadaki güç, P₂ de 1 mW tır. Sonuç olarak 17 dBm lik bir okuma gücün 50 mW olduğunu; 20 dBm lik bir okuma 100 mW olduğunu ve -10 dBm lik bir okuma gücün 0,1 mW olduğunu gösterir.

Şu akıldan çıkarılmamalıdır ki dBm logaritmik bir birimdir ve watt kadar kolaylıkla kullanılamaz. Örneğin, taşıyıcı iletim aygıtındaki kanalların gücü dBm cinsinden ölçülüyorsa ve biz hatta iletilen toplam gücü bulmak istiyorsak, bunu, dBm cinsinden ölçülmüş kanal güç değerlerini toplayarak elde edemeyiz; dBm değerlerini watt'a dönüştürmeli, bunları toplamalı ve toplam watt değeri ni tekrar dBm'e dönüştürmeliyiz.

Örneğin bir dizgenin, her biri +10 dBm gücünde 5 kanalı varsa, hatta çıkan toplam güç +50 dBm değil, +17 dBm dir. Telefonda kullanılan birçok dBm göstergeleri 600 ohm üzerindeki 1 mW dayanık seviyesi için kalibre edilmişlerdir (600 ohm değeri en çok rastlanan hat karakteristik empedan-

sidir), başka bir deyişle, göstergenin yaptığı, gerilimleri 600 ohmluk bir empedans üzerinden okumaktır. Eğer ölçü, karakteristik empedansı 600 otundan değişik bir hat üzerinde yapılırsa, göstergeç okuması, aşağıda gösterildiği biçimde düzeltme çarpanı ile ayarlanmalıdır.

$$dBm = dBm, \\ (\text{aygıt okuması}) \\ + 10 \log[600 / \text{devrenin karakteristik empedansı (}\Omega\text{)}]$$

Telefonda, dBm göstergesi genellikle değişmez bir frekanstaki ölçüler için kullanılır, fakat VU göstergesi yayında, üzerinden programların iletildiği, duyulur frekans devrelerinde kullanılır. VU göstergeçleri olağan iletim ölçülerinde de kuşkusuz kullanılabilir.

Radyo devrelerinde "dBw" dBm den daha fazla kullanılan bir birimdir. dBw, desibel cinsinden 1 w dayanak seviyesine göre olan gücün simgesidir. Başka bir deyişle 0dBw = 30 dBm dir. Bazen seviye 1 kW a göredir ki bu durumda dBk kullanılır.

$$0dBk = + 30 dBw = + 60 dBm$$

BİR DAYANAK DEĞERİNE GÖRE DESİBEL CİNSİNDEN İFADE EDİLEN DİĞER LOGARİTMİK BİRİMLER [1 k, 20-23]

dB̄

"dB Dayanak (Referans) Seviyesi"

dB̄ devrenin herhangi bir noktasındaki im gücünün devrenin başlangıcındakine olan oranıdır. Mutlak değil, göreceli seviyeler kullanılır ve birim, devrenin başlangıcından belirli bir noktaya kadar olan kazanç ve kayıpların net sonucudur. Başka bir deyişle, dB̄, bir telefon devresinin iki-tel uçları ile ölçü yapılan nokta arasındaki kazanç veya kayıptır (sayının önünde + veya - işareti olmasına göre). Böylece dB̄ birimi bir devrenin herhangi bir noktasındaki "sıfır göreceli (veya iletim) seviyesi"ne (OILP : 0 iletim seviyesi noktası) göre o noktanın seviyesi olan "göreceli iletim seviyesi"ni ifade eder.

OILP dayanak noktası bir uziletişim devresinde, aynı devredeki bütün diğer noktaların seviyelerinin dayandığı dileğince konulmuş bir noktadır. Bunun göreceli seviyesi 0 dB̄ dır. Seçilen bu sıfır seviyeli dayanak noktası, genellikle iki-tel devrelerinin uçlarındaki iletim seviyesidir. Dört-telli devreler halinde durum daha karışıktır: Devrenin bütün yerlerindeki iletim ve güç seviyelerinin, iki-tel devrelerindeki sıfır noktasına eşdeğer olabileceği, görünürde (virtüel) bir sıfır iletim seviyesinin tayin edilmesi zorunludur.

Herhangi bir noktadaki göreceli iletim seviyesi, o noktadaki standart deneme imi (test tonu) gücünün, devrenin dayanak noktası olarak seçilmiş noktasındaki standart deneme iminin gücüne bölünmesiyle ölçülür. Güç 600 ohm da 1 mW, deneme imi frekansı Birleşik Devletler'de 1000 Hz, Avrupa'da 800 Hz dir.

dBrn

"Dayanak Gürültüsünün Üstündeki Desibel"

Birim Birleşik Devletler'de telefon konuşmalarında, gürültünün meydana getirdiği karışımı (enterferansı) saptamak için türetilmişti. Bu, salt

(mutlak) gürültü gücü birimidir ve yukarıda sözü edilen dBr ile hiç ilgili değildir. Bütün hatlardaki ölçüleri karşılaştırma olanağı sağlamak için, 1000 Hz'e göre, değişik frekanslarda insan sesinin göreceli karışım derecesini belirten bir ağırlıklı (weighted) gürültü eğrisi yapılmıştı. Eğri, özel tipte bir el-aygıtı olan Western Electric 144 kullanılarak yapılmıştı ve her deneme iminin karışım derecesi, özellikle seçilmiş bir telefon konuşmasının üzerine belli bir güç seviyesine sahip bir deneme imi bindirilerek elde edilmişti. Bu im daha sonra 1000 Hz le değiştirilmiş ve telefon alıcısındaki dinleyici, meydana gelen karışım derecesinin, deneme imiyle aynı olduğunu belirtene kadar 1000 Hz in güç seviyesi değiştirilmmişti. Bu süreç birkaç dinleyici ile yinelenmişti.

"144 ağırlıklı gürültü eğrisi" adı verilen bu eğriye dayanılarak, ölçülerde insan sesi frekansı dizisindeki her frekans deneme dinleyicisine sezilen ortalama değere eşit bir zayıflamaya sahip olacak şekilde, eşitlemeçler (equalizers) tasarlanmıştır.

Karışım derecesini ifade etmek için, karşılaştırma amaçlarıyla 1000 Hz frekansında 10^{-12} w (-90 dBm) gücünde bir değer seçilmişti; bu, kulağın bir telefon konuşmasındaki gürültüye duyarlılığının eşidir.

Bunu taban alarak, telefon devresindeki herhangi bir gürültü, dBrn birimi cinsinden, yani -90 dBm seviyede 1000 Hz olarak saptanmış bir dayanak gürültüsü seviyesinin üstündeki desibel olarak ölçülür.

dBa

"Ayarlanmış dBrn"

Bu birim önceki birimden, dBm den, türetilmiştir, çünkü aynı yöntem dayandır, yalnız VJestern Electric 144 yerine, bu deneylerde daha modern ve geliştirilmiş olan başka bir el-aygıtı, VJestern Electric FIA" kullanılmıştı; elde edilen ağırlıklı değerler, 144 dekine göre yaklaşık olarak 5 dB yüksek idi.

Varolan standartları bozmamak için, değişim, -90 dBm den -85 dBm e değiştirilen, sıfır noktasında imiş gibi alındı, böylece gürültü göstergesinde aynı derecede karışımlar için eşdeğer okumalar elde edildi.

Dayanak değerindeki bu ayarlama, karışım derecesini ifade edecek yeni bir ölçü birimini, dBa yı, kullanmayı zorunlulaştırdı. Burada a, önceki yani normal seviyenin 1000 Hz de -85 dBm e ayarlandığına ifade eder.

dBmC

"C-Bildiri (C-Message) dB̄"

C-bildiri ağırlıklı ile ölçülen dayanak gürültüsü (-90 dBm, 1000 Hz) üstündeki desibel dBa dan dBmC ye yaklaşık dönüşüm aşağıdaki bağıntı ile verilir:

$$dBmC = dBa + 6$$

dBaO

Bu, sıfır göreceli (iletim) seviyesi noktasına (OILP veya 0 dBr) bağlı olarak veya o noktaya göre ölçülen dBa cinsinden gürültü gücünü ifade eder.

dBmO

Bu, sıfır göreceli (iletim) seviyesi noktasına (OTLP veya 0 dBr) bağlı olarak veya o noktaya göre ölçülen dBm cinsinden salt güçtür.

dBmOp

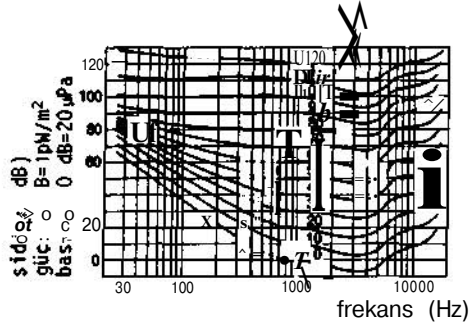
Sıfır göreceli (iletim) seviyesi noktasına bağlı olarak veya o noktaya göre ölçülen ve psfometrik ağırlıklı salt gürültü gücü.

dBx

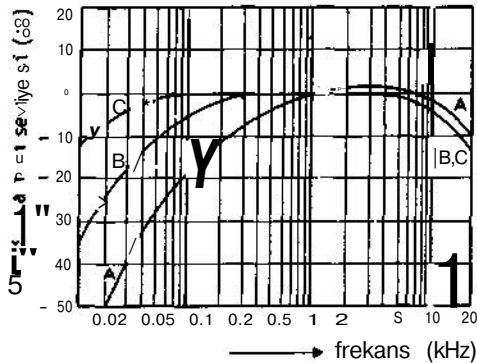
Bu, Birleşik Devletlerde çapraz konuşum (diyafoni) bağlaşmasını (coupling) ölçmek için kullanılır. Dayanak seviyesi olarak alınan bir bağlaşma değeri üzerinde okunan desibele eşdeğerdir. Bu, rahat-sız eden devreye 90 dBa lık bir deneme imi uygulandığında rahatsız edilen devreye bağlanmış olan gürültü-ölçme aygıtında 0 dBa lık bir okumayı gereksindirecek bağlaşma olarak ifade edilir. Her iki dBa değerini elde etmek için aynı tip ağırlıklı gürültü kullanılmalıdır. Bu nedenle, dayanak bağlaşması, 90 dB deki kayıp ile gerçek bağlaşma tutarı arasındaki fark olarak tanımlanır. Örneğin iki devre arasındaki bağlaşma -60 dB ise, çapraz konuşum +30 dBx dir.

AKUSTİK ÖLÇMELERDE DESİBEL [15,24-27]

Desibel'in kullanımı telefonculukta yayılırken akustik uzmanları böyle bir birimin fizyolojik akustik alanında ne denli yararlı olacağını görmekte gecikmediler. Bu uzmanların üzerinde durdukları konuların başında "gürlük" adı verilen işitme duyusunun şiddetinin ölçülmesi geliyordu. Gürlük



Şekil 1. Arı sesler ve normal işitme için eşit gürlük eğrileri -Eğrilerin üzerlerindeki sayılar fon olarak gürlük seviyelerini gösteriyor-



Şekil 2. Uluslararası ağırlıklama eğrileri

kulaktaki ses duyumuyla, yani sesin dinleyicide uyandırdığı duyunun niceliğiyle ilgilidir, bu yüzden de öznel, fiziksel aygıtlarla ölçülemez. Gürlük, işitme duyusuna yüklenen bir şiddet değerlendirilmesidir, öyle ki bu ölçüye göre sesler zayıftan kuvvetliye doğru ölçeklenebilirler. Demek ki, bu ölçeğin birimi deneysel olarak saptanmalıdır. Deneyler kulağın Weber-Fechner Kuralına uyduğunu göstermiştir. Bu kurala göre duyum, uyarının logaritmasıyla orantılıdır. Böylece gürlük ölçülerinde logaritmik bir birim kullanılması gereği ortaya çıkar. Gürlüğün, hem sesin özelliklerine (frekans, basınç seviyesi, bileşim, süre, vb) hem dinleyicinin özelliklerine (kulak tepkisi, duyarlık, vb) bağlı öznel bir nicelik olması, biriminin saptanmasını epey karmaşık bir duruma getiriyordu.

Ses, ses şiddetini ölçen aygıtlarla ölçülür. Sorun, ölçü aygıtına etkiyen fiziksel büyüklükle (ses basıncı) gürlük arasında bir bağıntı kurabilmektedir. Bu amaçla, normal kulağın arı sesler için frekansın işlevi olarak duyarlık eğrileri temel alınmıştır. Bu eğriler Fletcher ve Munson⁸ eğrileri olarak bilinir. Bu eğriler eşit ses duyusu seviyeleriyle (eşit gürlükleri) ses şiddeti seviyeleri arasındaki bağıntıyı belirlerler (Şekil 1). Ses şiddeti cm² başına 0,0002 dinlik (2.10⁻⁵ pascal) bir ses basıncına göre desibel olarak verilmektedir. 0,0002 din/cm² ük bu basınç 10⁻¹² W/m² (1 pW/m²) lik ses gücü demektir ki bu da fizyolojik işitme eşiğine yaklaşık olarak eşittir. Akustik ölçmelerde 1000 Hz lik arı ses kullanılır. Herhangi bir ses için eşit ses duyusu seviyesi, dinleyicilere bu sesle aynı şiddette gelen 1000 Hz lik sesin desibel olarak seviyesi olarak tanımlanır. Eşit ses duyusu seviyesi (gürlük) fon birimiyle ölçülür⁹ ve Fletcher eğrilerinde 1000 Hz lik sesin ordinatlarıyla üstüste gelir. Fletcher-Munson eğrilerinden görüldüğü ki kulağın çeşitli arı seslere tepkisi yalnız frekansın değil, şiddetin de bir işlevidir. Bu yüzden, ses şiddeti ölçme aygıtlarında, kulağın frekansın işlevi olan tepkisini benzetimlemek için, doğrusal olmayan frekans ve genlik tepkisi olan devreler kullanılır, bu devrelere Şekil 2 de A, B ve C ile gösterilen uluslararası ağırlıklama (veighting) tepkisini haizdir. Eğer ölçülecek ses çeşitli şiddet ve frekanslarda seslerden oluşuyorsa ölçmeler karmaşıklaşır; çünkü bu devreler alçak frekanslı ve yeğin bir sesle yüksek frekanslı zayıf bir sesi aynı anda ağırlıklayamaz. Yine de ses seviyesi ölçü aygıtları uygulamada fazlaca kesinliğin gerekmediği yerlerde çok kullanılırlar, zaten dinleyiciler arasında da işitme duyarlığı bakımından büyük farklar vardır.

Ses seviyesi ölçü aygıtlarının, A, B ve C ağır-

8 Journal of the Acoustical Society of America, Cilt 5, Sayı 2, sayfa 82 (1933)

9 Fon gürlük seviyesi birimdir. Desibel olarak fon, ölçülen sesle Fletcher-Munson eğrileri uyarınca aynı gürlük duyusunu uyandıran 1000 Hz lik arı sesin basınç seviyesine eşittir. Başka bir deyişle, bir sesin fon sayısı, işitilebilir eşiğinde 1000 Hz lik bir sesin akustik gücü ile ölçülen sesle aynı seviyede (yani dinleyiciye göre aynı gürlükte) ve aynı frekansta bir sesin gücü arasındaki seviye farkını belirten desibel sayısına eşittir.

liklama eğrilerine bağlı olarak, üç desibel skalaması vardır. Bunun ve şimdilerde gürültü önleme kampanyalarının çok güncel olmasının sonucu olarak genellikle gürültü ya da ses şiddeti hakkında desibel terimi belirleyici bir sıfatla birlikte geçmediği için yanlış olarak kullanılmaktadır. Öyle ki bu konuda fazla bilgisi olmayanlar desibelin bir akustik birim olduğu sanısına kapılmaktadırlar¹⁰. Doğru olarak kullanılması gereken birim dBrp (decibels above reference acoustical power - dayanak akustik güce göre desibel) dir. dBrp nin tanımı şöyledir: "Atmosferde, çevre sıcaklığında, 1 pW/m² (10⁻¹² W/m²)'lik küresel ya da düzlem ses dalgası gücüne göre desibel". Danloux-Dumesnil 1 pW/m² lik eşik göre bir "audin" denmesini ve bu eşige göre desibel olarak belirtilen ölçünün "desibel-audin" olarak anılmasını önermektedirler.

Daha önce de belirttiğimiz gibi dayanak seviyesi müzik sesleri ve gürültü için geçerli değildir. Logaritmik fon ölçüsü öznel ses ölçüsüne uygun düşmez. Örneğin bir sesin gürlüğü ötekinin iki katıysa fon sayısı da iki katı olmaz. Eğer 40 fonluk bir gürlük seviyesinde ise "iki kat gürlük" 10 fona karşılıktır. Aynı durumla iki sesin şiddetini toplamak istediğimizde de karşılaşıyoruz: toplama fon'lar üzerinde yapılamaz. Bu nedenlerle gürlikle orantılı bir birimin geliştirilmesi gerekmiştir, 40 fonluk bir seviyeye karşılık gelen bu birime son (sone) denir. Fon'la belirlenen L_p gürlük seviyesi ile son'la belirlenen S gürlüğü arasındaki bağıntı şöyledir:

$$S = 2^{y-m}$$

Örneğin sessiz bir ortamın ses seviyesi (ki aşağı yukarı 40 fon'dur) 1 son'a karşılık gelir; Şekil 1 deki 120 fonluk üst eşige ise 256 son'a karşılıktır.

10 Bunun b+r kanıtı P.Robert'in ünlü Fransızca Sözlüğünde desibelin "ses gücü birimi olan bel'in onda biri" diye tanımlanmasıdır.

Yazar, CCITT danışmanı J.Lalou'ya kaynaklar ile CCITT metinleri konusundaki yardımlarından ve yazının Fransızcasının içeriği ve dili üzerindeki düzeltmelerinden ötürü teşekkürü borç bilir, ayrıca IFRB Özel Sekreterliğinden ü.Garcia Rios'a verdiği fikirlere ve J.P. Ramos ve M.L. Arocena'ya yardımlarından ötürü teşekkür eder.

KAYNAKLAR

- [1] Appleyard R., "The origin and development of the transmission equation", Electrical Communication, Cilt III, No.3, sayfa 183-188 (Ocak 1924)
- [2] "European long distance telephony" Electrical Communication Cilt II, No.2, sayfa 61-80 (Kasım, 1923)
- [3] Martin H.H., "The transmission unit and telephone transmission reference systems", The Bell System Technical Journal, Cilt III, No.3, sayfa 00408 (Mart 1924)
- Harth. P.V.L., "The transmission unit", Electrical Communication, Cilt IV, No.1 sayfa 34-42 (Temmuz 1924)

- [4] "L'unité de transmission pour circuits de conversation suivant The Electrician" : Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin W 66.
- [6] Martin V.H., "Decibel, the name for the transmission unit", The Bell System Technical Journal, Cilt VIII, No.1 sayfa 1-2 (Ocak 1929)
- [7] CCI; 2^e r^union plénière (Paris, 22-29 Haziran 1925), sayfa 26
- [8] CCI; 4^e Assemblée plénière (C3me, 5-12 Eylül 1927), sayfa 81
- [9] CCITT; IV th Plenary Assembly, Mar del Plata, 23 Eylül-25 Ekim 1968, White book, Cilt I, sayfa 312
- [10] IEC; International electrotechnical vocabulary, Group 55, telegraphy and telephony (Cenevre 1970)
- [11] Molina Negro F., "El sistema internacional de unidades"* Revista de Telecomunicación, No.97 sayfa 41-43 (Eylül 1969)
- [12] From R., "The decibel", Telecommunication Journal, Cilt 31, No.9, sayfa 257-259 (Eylül 1964)
- [13] ITU; List of definitions of essential telecommunication terms (İngilizce-Fransızca), 2.nci baskı (Cenevre, 1961)
- [14] CCI; "Limits on the use of the term 'decibel' ", Doc. CMV/1008 (Period 1970-1974)
- [15] Danloux-Dumesnil M., Esprit et bon usage du système métrique, Librairie polytechnique Béranger, Paris (1965)
- [16] IEEE; Standart dictionary of Electrical and Electronics terms, New York (1972)
- [17] Brand S., "The 'VU' and the new volume indicator", Bell Laboratory Record, sayfa 310-314 (Haziran 1940)
- [18] Wright P.B., "Evolution of the 'DB' and 'VU' "» Communications, sayfa 54-60, 85-87, 91 (Nisan 1944) ve sayfa 44-50, 76-81 (Mayıs 1944)
- [19] Bernstein J.L., "Understanding db, dbm and VUS Audio, sayfa 30-32, 89-92 (Kasım 1958)
- [20] CCI; Fifth Plenary Assembly, Cenevre 1972, Green book, Notice to Volume III.
- [21] "Unidades logaritmicas", İNE Revista de Información Electrónica, sayfa 289-291 (Ekim 1960)
- [22] "Unidades logaritmicas de medición", El Modulador Lenkurt, Yıl VII, No.70 (Ocak 1962)
- [23] "El dB y otras unidades logaritmicas", El Modulador Lenkurt, Yıl XI, No.122 (Mayıs 1966)
- [24] Joison H.F., Acoustical Engineering. Van Nostrand, New York (1957)
- [25] Gil1 Santiago E., Apuntes de fisica, Cilt 3, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Telecomunicación, Madrid (1970)
- [26] Goupil A., "Le bruit et sa mesure", Electronique et microelectronique industrielles, s.39-45 (Kasım 1972)
- [27] Terminologia acústica, Electrónica y Física Aplicada, ek 1, Uluslararası Gürültü Denetimi Sempozyum'u, Madrid (Eylül 1967)