

## Il decibel [dB]

L'argomento è diretto a tutti coloro che nei campi della telefonia, radiodiffusione e acustica non costituiscono il ristretto gruppo di specialisti, ma che con questa unità s' imbattono più o meno spesso e perciò desiderano meglio configurarla.

La questione di fissare una unità di trasmissione, che esprimesse l' attenuazione subita dal segnale trasmesso lungo una linea, sorse fin da quando s'incominciò ad usare il telefono un secolo fa. Le diverse unità adottate nei differenti paesi e nei differenti tempi, furono abbandonate quando lo sviluppo dei collegamenti telefonici a grande distanza ed internazionali dimostrarono la loro crescente impraticabilità, o per disomogeneità di risultati, o per limitatezza di possibilità d'impiego.

Premuta da tale sviluppo, nel settembre del 1927 a Como, la quarta Assemblea Plenaria dei paesi rappresentati nel CCI (Comitato Consultivo Internazionale), istituito nel 1924, definì una unità fondata su un rapporto di potenze (o di tensioni, o di correnti), che permette di comparare direttamente l' efficacia trasmissiva di linee e di equipaggiamenti.

In realtà, tenendo conto di consuetudini europee ed americane furono stabilite due unità, una fondata sul rapporto di potenze  $e^2$ , chiamata Neper (CNP), per la quale si utilizzano i logaritmi neperiani, e l' altra sul rapporto di potenza 10, chiamata Bel, per la quale si utilizzano i logaritmi decimali. Ma, prese sempre più piede l'unità Decibel pari ad un decimo dell' unità Bel che il CCITT I (Comitato Consultivo Internazionale di Telegrafia e telefonia ) succedaneo del CCI. nel 1968 nella quarta assemblea plenaria al Mar della Plata emise per l'unità di trasmissione la raccomandazione B\$ che tra l'altro ha stabilito che nello scambio internazionale d'informazione sulla misura di di trasmissione di linee ed i relativi valori come pure per le specificazioni internazionali dei limiti di questi valori la sola unità di trasmissione da utilizzare sia il decibel (dB)

Il Decibel è una unità di misura molto strana. se strano lo si riferisce al fatto che molta gente è portata a dubitare, non senza qualche ragione, che si tratti veramente di una unità di misura. Non la si trova nel Sistema Internazionale di Unità e di Misura(SI), adottato dalla sedicesima Conferenza Generale dei Pesi e Misure, tenuta a Parigi nel 1960; neanche d'altronde vi si trova di più su una qualche unità di misura acustica. Ma ciò non significa nulla, perchè molte altre unità usate correntemente non sono citate nel SI.

L' introduzione del Decibel come unità di misura è stata una reale rivoluzione nelle telecomunicazioni: la filosofia delle misure, fondata fino ad allora sulla tradizione cara all'elettrotecnico, è stata sconvolta. Nei circuiti elettrici la forza elettromotrice (f.e .m.), l'intensità e la potenza si misurano in Volt, .Amp e Watt, ed i loro valori numerici dipendono dal sistema nel quale si fa la misura, mentre, nelle misure di trasmissione e propagazione fatte con il Decibel questa unità è indipendente dal sistema in questione. Cioè, per esempio, si può impiegare lo stesso sia per un'onda acustica che per il suo equivalente elettrico perché il dB è un rapporto tra valori di una stesa grandezza è un numero privo di dimensioni.

Eccone infatti l'espressione

$$N / 10 = \log P1/P2$$

$$N = 10 \log p/p2 = (\log P1/P2)/(\log 10 0.1)$$

Esso deriva dalle seguenti assunzioni

Due potenze P1 e P2 differiscono di UNA unità di trasmissione quando stanno nel rapporto di  $10^{0.1}$  Due potenze differiscono di N unità di trasmissione quando il loro rapporto è uguale  $10^{(N/0.1)} = N^{(N/10)}$

Conseguentemente il numero N di unità di trasmissione corrispondente al rapporto di due potenze qualunque P1 e P2 è uguale al logaritmo decimale del quoziente  $P1/P2$  , diviso per 10, da cui deriva che N è uguale a 10 volte il logaritmo decimale del quoziente  $P1/P2$  oppure è uguale al logaritmo decimale del quoziente  $P1/P2$  diviso per il logaritmo decimale di .....

Il rapporto  $P_1/P_2 = 10^{0.1}$  è stato assunto come unità, perchè esso corrispondeva abbastanza all'attenuazione media nella banda vocale del miglio (circa 1.6 km) di cavo normalizzato sistema di riferimento precedentemente impiegato e che consisteva in una linea artificiale che simulava un circuito in rame con conduttori di 0,91 mm di diametro, capacità e resistenza per miglio di doppino rispettivamente di 0,054 e 88 ohm.

Nei risultati di misure elettriche espressi in A o in V, un valore negativo significa un cambiamento di senso nella corrente o della tensione, mentre un risultato negativo di dB indica semplicemente che la potenza misurata è superiore a quella alla quale si compara. Esprimere una misura in dB significa sempre confrontare due valori di una stessa grandezza: un dato numero di dB rappresenta un certo rapporto tra potenze, come è riportato, per alcuni valori, nella tabella comparativa.

Rapporto di potenze (P1/P2)	Decibel 10 LOG P <sub>1</sub> /P <sub>2</sub> )
0.001	-30
0.01	-20
0.1	-10
1	0
10	+10
100	+20
1000	+30

Se il numero di dB resta lo stesso, il rapporto rimane invariato, ma i suoi termini possono variare. Per esempio il fatto di portare la potenza di un trasmettitore da 1 a 2 kW rappresenta un aumento di:  $N = 10 \log 2/1 = 3$  dB ma avviene lo stesso se si porta la potenza da 5 a 10 KW  $N = 10 \log 10/5 = 3$  dB oppure da 100 a 200 KW, ecc. Duplicare le potenze vuoi sempre dire maggiorare il valore iniziale di 3 dB. Poiché si tratta di unità logaritmica non si deve semplicisticamente operare aritmetica ai valori espressi in dB. Se. Per esempio, si fa la media di due valori i cui livelli sono rispettivamente di 10 e di 20 dB sopra un certo livello di

riferimento, d'acchito si è tentati di prender la media aritmetica, cioè 15 dB. Ma, riflettendo un istante, si vede che un livello di 10 dB significa un valore 10 volte superiore a quello di riferimento e 20 dB un valore 100 volte superiore al livello di riferimento. La media aritmetica è dunque pari a  $(10 + 100) : 2 = 55$ , che espresso in dB diventa  $10 \log 55 = 10 \times 1,74 = 17,4$  dB. Quanto più grande è la differenza tra due valori espressi in dB, tanto più grande è l'errore (per difetto) che si commette calcolando la media con formula non applicabile nella circostanza. D'altronde una unità logaritmica facilita i calcoli quando sono implicate successioni di moltiplicazioni e divisioni, facilita la rappresentazione grafica, perché le scale logaritmiche risultano, rispetto a quelli lineari, comprese per i valori più grandi e dilatate per quelli più piccoli e permette di operare con numeri piccoli rispetto alle potenze che essi esprimono. Per esempio se una potenza è un milione di volte superiore ad un'altra, la differenza di livello fra loro si esprime in dB con il numero 60.

Un'altra caratteristica particolare del dB è il significato del valore zero. Con tutte le unità di misura abituali «zero» significa assenza della grandezza che si misura. Ma, se ci si riferisce alla formula di definizione  $N = 10 \log P_1 / P_2$ , si vede che si ha  $N = 0$  quando  $P_1 = P_2$  ciò che ci conduce a considerare una nozione fondamentale in telecomunicazioni, quella del livello di riferimento e quindi alle misure di livello.

Se si sceglie un valore arbitrario di potenza per rappresentare 0 dB, questo valore porterà il nome di "Livello di Riferimento". Ogni altra potenza del circuito si potrà esprimere in dB rapportati alla potenza presa come riferimento. Il risultato in dB così ottenuto è chiamato «Livello Assoluto di Potenza». Da ciò è scaturita tutta una serie di unità di misura tratte dal Decibel

In generale, parlare d'un livello di una certa grandezza vuol dire che ciò che si considera è il logaritmo decimale del quoziente del valore di questa grandezza per un altro valore della stessa grandezza presa come riferimento.

Un'altra nozione intimamente legata al Decibel, tanto quanto quella di livello, è quella di guadagno o di perdita (di trasmissione), cioè l'aumento o la riduzione di potenza fra due punti 1 e 2 (nei quali la potenza è rispettivamente  $P_1$  e  $P_2$ ) espresse rispettivamente dai rapporti  $P_2/P_1$  e

$P_1/P_2$ . Per esempio, quando s'inserisce un amplificatore in un circuito la sua potenza d'uscita è più elevata che in entrata: vi è dunque un guadagno. Al contrario, se si inserisce un filtro passivo, la potenza del segnale è più debole in uscita che in entrata: vi è dunque un'attenuazione, una perdita.

In molti casi della pratica è difficile misurare la potenza di un circuito mentre è comodo misurare la tensione o la corrente. Allora dato che

$$P_1 = \frac{V_1^2}{R_1}$$

$$P_2 = \frac{V_2^2}{R_2}$$

$$N = 10 * \log \frac{P_1}{P_2} [dB]$$

$$N = 10 * \log \frac{\frac{V_1^2}{R_1}}{\frac{V_2^2}{R_2}} = 20 * \log \frac{V_1}{V_2} + 10 * \log \frac{R_2}{R_1}$$

dove  $V_1$  è la tensione del segnale da misurare  $V_2$  è la tensione del segnale di riferimento,  $R_1$  è la resistenza ai capi di misurazione di  $V_1$  ed  $R_2$  è la resistenza corrispondente per la potenza di riferimento.

Il termine  $10 \log R_2/R_1$  rappresenta un fattore di correzione che è nullo quando  $R_1=R_2$  cioè quando si opera con carichi uguali negativo quando  $R_1 > R_2$  cioè  $20 \log V_1/V_2 > 10 \log P_1/P_2$  positivo quando  $R_1 < R_2$  cioè  $20 \log V_1/V_2 < 10 \log P_1/P_2$

In maniera analoga si ottiene l'espressione  $N = 20 \log I_1/I_2 + 10 \log R_1/R_2$ .

### Unità di misura derivate

Il decibel è come si è visto è il un rapporto fra potenze (o tensioni o correnti) ed è definito come Unità di trasmissione e non come unità fisica perché la trasmissione non è una grandezza fisica.

Appare quindi chiaramente abusivo considerare il dB come una unità fisica, specie nella forma talvolta impiegata in misure acustiche. I giornali parlano spesso di rumore, per esempio, di 60

«dB»: è come dire che si hanno 5 «dozzine», ciò che non significa nulla se non un numero in un sistema dodecadico di numerazione, finché non si specifica «con che cosa si confronta». Le unità derivate dal Decibel sono reali unità di misura, perché appunto sono fondate sulla nozione di «Livello di Riferimento» a cui si è accennato precedentemente; altrimenti esprimerebbero semplicemente dei numeri di un sistema logaritmico di numerazione, rappresentativi di rapporti fra due valori di potenza.

La prima unità su cui soffermarci quella chiamata dBm. Essa esprime il livello assoluto di potenza in rapporto ad 1 mW. I corrispondenti livelli di riferimento per tensioni e correnti sono 0,775V e 1,29 mA, prendendo come impedenza caratteristica di linea un carico di 600 ohm ( $1,29^2 \cdot 600 = 1 \text{ mW} = 0,775^2 / 600$ ).

Rapportandosi al mW l'unità permette di indicare la potenza per mezzo di una unità logaritmica di riferimento. In realtà, poiché si è scelto un punto di riferimento determinato, il dBm un'unità di misura di potenza e non come il dB, un rapporto fra potenze. Infatti è facile convertire in W i valori espressi in dBm: poiché  $\text{dBm} = 10 \log P/P_2$ , dove P è la potenza nel punto di misura del circuito e  $P_2 = 1 \text{ mW}$ , se nell'apparecchio si legge 17 dBm significa che la potenza è di 50 mW, se 20 dBm, significa 100 mW, se -10 dBm significa 0,1 mW, ecc. Non bisogna tuttavia dimenticare che il dBm è una unità logaritmica, che non si può utilizzare nelle operazioni con la stessa facilità del W.

Si supponga, per esempio, per un collegamento di trasmissione ad onde vettrici, si misurino le potenze delle diverse vie in dBm e che si desideri conoscere la potenza totale applicata alla linea, per farlo non è sufficiente sommare i valori delle potenze misurati in dBm nei diversi canali: bisogna prima trasformare i dBm in W, sommare i W, quindi riconvertirli in dBm. Per esempio, in un sistema di trasmissione a 5 canali, se la potenza è di + 10 dBm per ogni via, la potenza totalmente trasmessa in linea è di 17 dBm e non di 50.

La maggior parte di apparecchi di misura in dBm sono tarati in rapporto ad un livello di riferimento di 1 mW su 600 ohm (il valore più corrente dell'impedenza caratteristica delle linee di trasmissione): ciò significa che si misurano le tensioni ai capi d'una impedenza di 600 ohm. Se si fa la misura su una impedenza di linea diversa, bisogna applicare al valore letto nell'apparecchio un coefficiente di correzione secondo le formule esposte alla fine del paragrafo precedente;

cioè:  $\text{dBm} = \text{dBm} (\text{lettura dell'apparecchio}) + 10 \log 600/\text{impedenza caratteristica del circuito (in ohm)}$ .

Nei collegamenti radioelettrici, al posto dell'unità dBm si usa molto più spesso l'unità dBW, che rappresenta il livello di una potenza in rapporto al livello di riferimento di 1 W. Talvolta si fa ricorso anche all'unità dBk, dove il livello è rapportato al livello di riferimento di 1kW. Quindi si ha:  $0 \text{ dBK} = + 30 \text{ dBW} = 60 \text{ dBm}$ .

**Una seconda unità è quella chiamata dBr**, livello relativo espresso in Decibel. Il dBr serve ad esprimere il rapporto fra la potenza in un punto qualunque di un circuito e la potenza all'entrata di questo circuito. Qui si considerano non dei livelli assoluti, ma dei livelli relativi, cioè la variazione in più o in meno rispetto al punto di riferimento del circuito considerato come entrata: il dBr corrisponde all'effetto totale di tutti i guadagni e di tutte le perdite che si manifestano nel circuito fra l'entrata ed il punto considerato. Ovviamente l'entrata è il punto di livello relativo zero,  $0 \text{ dBr} = 0 \text{ TLP}$  o Transmission Level Point). Per entrata può non intendersi il punto d'inizio del circuito, ma un punto arbitrario del circuito di telecomunicazioni dal quale si rapportano i livelli di tutti gli altri punti dello stesso circuito.

In generale si prende come punto di riferimento di livello zero il punto relativo all'origine dei circuiti a due fili nelle centrali interurbane ed il normale segnale di prova applicato all'origine ha potenza di 1 mW su di un carico di 600 ohm ed una frequenza di 800 Hz in Europa). Il dBr da indicazione di quanto si è attenuato o amplificato il segnale nel punto considerato rispetto all'origine: non quindi il valore assoluto della potenza il quale risulta in dBm uguale al livello relativo nello stesso più il livello all'origine.

**Una terza unità inventata negli Stati Uniti è il dBrn** Decibel sopra il livello rumore di riferimento, perciò è una unità di potenza assoluta di rumore che serve a determinare le perturbazioni causate dal rumore nei circuiti di conversazione telefonica. Per rendere compatibili le misure effettuate su tutte le linee, si è tracciata una curva ponderale dei rumori, che indica il grado di perturbazione relativa delle diverse frequenze che compongono la voce umana in rapporto ad una tonalità di 1000 Hz. così procedendo: si sovrappone ad una conversazione telefonica particolarmente scelta una frequenza di prova con livello di potenza definito: si sostituiva

quindi questa frequenza con quella a 1000 Hz e si faceva variare il livello di potenza di quest'ultima finché la persona che ascoltava all'apparecchio telefonico stimava che il grado di perturbazione prodotto era lo stesso di quello dato dalla frequenza di prova. Si ripeteva questa operazione con diverse persone e per ogni frequenza di prova.

In base a questa curva si sono costruiti degli equalizzatori mediante quali, durante le misure, tutte le frequenze della banda vocale subivano un'attenuazione uguale all'attenuazione media percepita dalle persone che ascoltavano durante le prove. Per esprimere il grado di perturbazione si è scelto come valore di confronto una potenza di  $10^{-12}$  W (cioè un livello di  $-90$  dBm) alla frequenza di 1000 Hz.

**Una quarta unità è rappresentata dal dBa**, dovuta al fatto che da successivi esperimenti con apparecchi più moderni e più perfezionati si è ottenuta una curva ponderale dei rumori con valori di circa 5 dB superiori. Per non modificare le regole stabilite, si è considerato che era il livello zero che era variato da  $-90$  a  $-85$  dBm, cosicché con questo artificio, si ottiene la stessa indicazione sul misuratore di rumore anche se determinata da spettri diversi di rumore, per gli stessi gradi di perturbazione, o, se si vuole, per gli stessi gradi di disturbo fisiologico all'ascoltatore. E' stato tuttavia necessario adottare un'altra unità di misura per esprimere il grado di perturbazione rispetto nuovo valore di riferimento. La lettera «a» del simbolo dBa sta a significare che il precedente livello, o livello normale, è stato «aggiustato» a  $-85$  dB alla frequenza di 1000 Hz.

Continuando nella rassegna de unità derivate s'incontrano ancora:

**Il dBrnC**, che dà il numero di Decibel sopra il rumore di riferimento ( $-90$  dBm alla frequenza di 1000 Hz) misurati con la ponderazione telefonica C (vedere più avanti). La conversione dBa e dBrnC è data in maniera approssimativa da  $dBrnC = dBa + 6$ .

**Il dBa0**, che esprime la potenza di rumore in dBa misurata in rapporto al punto di livello relativo zero (0 dB oppure 0 TLP)

**Il dBx**, che serve in America a misurare gli accoppiamenti di diafonia dando il numero di dB sopra un valore di accoppiamento preso come riferimento. Questo valore è definito come



quell'accoppiamento che in un misuratore di rumore dà una lettura di 0 dBa nel circuito perturbato quando si applica un tono di 90 dBa sul circuito perturbatore. Per esempio se l'accoppiamento fra due circuiti risultasse di  $-60$  dB, invece di  $-90$ . l'accoppiamento diafonia sarebbe di  $+30$  dBx invece di zero dBx.

Per completare la rassegna delle unità derivate, occorre aggiungere alle precedenti, altre due: dBmO e BmOp, impiegate in Europa nelle misure di rumore, e quindi altrettanto importanti delle analoghe impiegate in AMERICA e precedentemente descritte.

Il **dBmO** dà la potenza assoluta misurata in rapporto al punto di livello relativo zero (0 dB oppure 0 TLP) ed perciò uguale a dBm—dBr. Per esempio una frequenza immessa all'origine al livello assoluto di  $-10$  dBm. in un certo punto, nel quale il livello relativo è  $+4$  dBr oppure  $-16$  dBr in dBm assumerà il valore  $-6$  oppure  $-26$  e corrispondentemente, in dBmO si avrà il valore  $-6 - 4 = -10$  oppure  $-10 = -26 - (-16) = -10$  dBmO. Cioè, nei vari punti il livello assoluto di detta frequenza risulta al di sotto del livello relativo di tanto quanto è al di sotto del livello relativo all'origine.

Nei problemi di telecomunicazione ha grande importanza. per la valutazione della qualità di trasmissione, l'entità del rumore presente sul circuito. Ovviamente è importante il dislivello del rumore rispetto al livello del segnale nel punto di misura dislivello che appunto è fornito dall'unità dBmO.

Il **dBmOp**. che dà la potenza assoluta del rumore, pesato secondo la curva psfometrica d'attenuazione in funzione della risposta elettroacustica delle capsule telefoniche e dell'andamento della sensibilità dell'orecchio), rispetto al punto di livello di trasmissione zero. Come è stato visto, vengono attribuiti alle componenti spettrali del rumore pesi diversi: più specificatamente le componenti intorno a 1000 Hz restano pressoché invariate, mentre quelle basse e molto alte vengono valutate con potenze fittizie molto inferiori alle reali, così da commisurarle ai relativi effetti perturbatori.

Diamo infine un breve cenno **dell'unità VU** per la sua connessione con l'unità dBm. E' una unità di

volume (Volum Unit), sorta per esigenze di radiodiffusione, in particolare di servizi in basse frequenze (altoparlanti, controlli in bassa frequenza) al fine di misurare l'intensità del segnale in bassa frequenza in differenti punti della rete di ritrasmissione dei programmi e quindi di determinare la qualità sonora della musica e delle parole.

Ciò che particolarmente interessava era di poter determinare i limiti superiori ed inferiori del segnale, affinché non oltrepassasse il valore oltre il quale avrebbe subito distorsioni, né cadesse sotto il livello di rumore del circuito.

Attualmente, la maggior parte dei misuratori di volumi sono degli apparecchi di misura di potenza, tarati in maniera che la lettura in VU rappresenti lo stesso livello che nell'espressione in dBm a condizione di considerare una frequenza fissa ed un livello di potenza non soggetto a fluttuazioni.

Va puntualizzato che l'impiego dell'unità VU è limitato alla misura di segnali complessi a frequenze udibili, mentre la notazione Decibel si può impiegare per qualsivoglia forma d'onda.

## **Il decibel nelle misure acustiche**

Nell'acustica fisiologica, una delle misure più interessanti è quella della sensazione sonora, cioè la sensazione prodotta dal suono sull'ascoltatore. Si tratta di una grandezza soggettiva, non misurabile con apparecchi fisici, di una caratteristica della facoltà uditiva, mediante la quale l'orecchio può classificare i suoni secondo una scala dai più deboli ai più forti. Quindi la definizione di una unità di sensazione non può essere che empirica.

Ora, dato che misure empiriche hanno mostrato che l'udito segue abbastanza la legge di Weber-Fechner, secondo la quale la sensazione è pressappoco proporzionale al logaritmo dell'eccitazione, bisognava scegliere una unità logaritmica del tipo  $S = K \log (s/s_0)$  dove  $S$  rappresenta la sensazione (intensità fisiologica),  $s$  l'intensità fisica,  $s_0$  la soglia di sensibilità acustica (vedere più avanti). Tuttavia, non si dimentichi che la sensazione sonora è legata non solo alle caratteristiche del suono (frequenza, composizione, durata, pressione acustica, ecc.), ma anche a quelle dell'udito (risposta, sensibilità, ecc.): definire l'unità d'intensità fisiologica non era

dunque cosa facile.

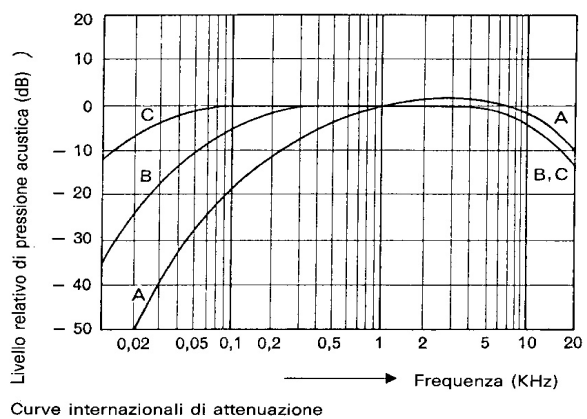
La misura d'un suono si fa per mezzo di un fonometro, essenzialmente composto di un microfono, amplificatore e voltmetro. Il problema consiste nello stabilire una relazione tra la grandezza fisica che agisce sull'apparecchio, cioè la pressione acustica, e la sonorità percepita dall'ascoltatore poiché ciò che si cerca è di determinare l'intensità della sensazione soggettiva. Vi si perviene con l'aiuto dei grafici di Fletcher e Munson, riportati nella figura, che indicano la sensibilità dell'orecchio normale in funzione della frequenza di vibrazione dei suoni puri. Vi si trova la relazione fra, da un lato, le curve di uguale sensazione sonora prodotte dai suoni di frequenze differenti, e, dall'altro, l'intensità fisica del suono.

Questa intensità si esprime in Decibel in rapporto ad un livello di riferimento definito da una pressione acustica di  $20 \mu\text{Pa}$  ( $2 \times 10^{-5}$  Pascal), che equivale ad una potenza acustica di  $1 \text{ pW/m}^2$  ( $10^{-12} \text{ W/m}^2$ ) e che corrisponde approssimativamente alla soglia fisiologica assoluta di udibilità o di sensibilità acustica. Il tono di riferimento usato in acustica è un suono puro a 1000 Hz.

Per un suono qualunque, il livello d'isofonia è definito dal livello di pressione acustica del suono di riferimento (1000 Hz), espresso in dB, che un certo numero di ascoltatori stimano tanto forte (fisiologicamente tanto intenso) quanto il suono sotto misura.

Il livello d'isofonia si misura in Phon. l'unità di misura del livello di sensazione sonora, il quale coincide, sulle curve di Fletcher e Munson, con le ordinate del suono a 1000 Hz.

Secondo queste curve la risposta dell'udito ai suoni puri dipende non solo dalla frequenza, ma anche dal livello. Perciò i fonometri comportano, al fine di tener conto della risposta dell'orecchio, delle reti di equalizzazione non lineari in frequenza ed in ampiezza, secondo le curve internazionali di attenuazione A, B, C, rappresentate nella figura.



Le misure si complicano quando il suono è composto, costituito cioè da vibrazioni di frequenze e d'intensità differenti. Le reti di equalizzazione associate alle misure non possono pesare un suono di frequenza bassa e di livello alto contemporaneamente ad un suono di frequenza alta e di livello debole.

I fonometri sono graduati in Decibel, in quanto il Phon equivale, in Decibel, alla pressione acustica esercitata da un suono puro a 1000 Hz, di intensità fisiologica uguale a quella del suono sotto misura quando s'impiegano le curve isofoniche (d'uguale sensazione sonora) di Fletcher e Munson.

Si è fin qui desunto che è impossibile usare l'intensità di riferimento per misurare suoni o rumori, come lo è adattare la scala logaritmica dei Phon ad una scala di sensazione soggettiva: una certa sensazione corrispondente ad un dato numero di Phon non si esprime, se la sensazione raddoppia, con il doppio del numero di Phon. Se si parte, per esempio, dal livello isofonico di 40 Phon, raddoppiare la sensazione vuoi dire aggiungere 10 Phon.

E anche impossibile esprimere in Phon il totale delle sensazioni sonore di suoni diversi. Per questo si è adottato una grandezza, proporzionale alla sonorità, corrispondente ad un livello isofonico di 40 Phon. La relazione fra livello d'isofonia, espresso in Phon,  $L_s$ , e la sonorità, espressa in fonia, è la seguente:

$$S = 2^{[(L_s - 40)/10]}$$

Conseguentemente, in un locale tranquillo, il cui livello isofonico è intorno a 40 Phon, la sonorità è di 1 Fonia. La soglia superiore di 120 Phon indicata nelle curve isofoniche corrisponde ad una

sonorità del valore di circa 256 Fonie ( $2^{(120-40)}/10 = 2^8 = 256$ ).

[Sistemi di telecomunicazioni maggio 1984]

