



INFORMATICA MUSICALE

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA
DIPARTIMENTO DI MATEMATICA E INFORMATICA
LAUREA TRIENNALE IN INFORMATICA
A.A. 2018/19
Prof. Filippo L.M. Milotta

ID PROGETTO: 33

TITOLO PROGETTO: IL RUMORE

AUTORE 1: Schillaci Graziana

Indice

1. Obiettivi del progetto	2
2. Metodo Proposto / Riferimenti Bibliografici	3
3. Risultati Attesi / Argomenti Teorici Trattati	4

1. Obiettivi del progetto

Partendo da una breve introduzione sulla fisiologia dell'udito e sulla sensazione sonora, l'obiettivo del progetto è quello di realizzare una dettagliata descrizione del rumore, nelle sue varie tipologie.

Segue la valutazione del rischio dovuto all'esposizione al rumore, preceduta da una attenta definizione degli indici di valutazione del rumore.

Si conclude con una presentazione dei metodi di riduzione del rumore, accompagnata dalla presentazione dello strumento di misurazione.

2. Riferimenti Bibliografici e sitografici

- V. Lombardo e A. Valle, Audio e Multimedia, APOGEO (2002)
- https://www.portaleagentifisici.it/fo_rumore_index.php?lg=IT
- <https://www.biopills.net/i-colori-dei-rumori/>
- http://www.audiosonica.com/it/corso/post/205/Rumore_Riduzione_del_rumore
- http://www.audiosonica.com/it/corso/post/202/Rumore_Rumore_a_banda_stretta
- http://www.audiosonica.com/it/corso/post/203/Rumore_Rumore_a_banda_larga
- <https://meccanicatecnica.altervista.org/come-si-misura-il-rumore/>
- <https://www.unasf.conf lavoro.it/news-dett.php?id=50>

3. Risultati Ottenuti / Argomenti Teorici Trattati

E' possibile classificare i fenomeni sonori in due gruppi:

- suoni propriamente detti
- rumori



Il rumore, in generale, è un segnale indesiderato e imprevedibile, che sommandosi ad altri segnali, li distorce in maniera più o meno grave; poiché nella maggior parte dei casi non è voluto, si cerca di attenuarlo.

Sia i suoni che i rumori sono prodotti dalle vibrazioni di sorgenti sonore, che si trasmettono ad un mezzo elastico e che possono essere rilevate da un ricevitore. Nell'uomo la superficie ricevente è la membrana timpanica le cui vibrazioni sono trasmesse al cervello che a sua volta le traduce in "sensazione uditiva".

■ LA SENSAZIONE SONORA

Attraverso la sensazione sonora, l'orecchio umano permette di trasformare un segnale meccanico in un'entità astratta.

L'orecchio è costituito da tre componenti principali: orecchio interno, orecchio medio ed orecchio esterno.

- L'orecchio esterno è costituito dal Padiglione Auricolare e dal Meato Uditivo che hanno lo scopo di convogliare le onde sonore sulla membrana timpanica; questa è l'elemento di separazione tra orecchio esterno ed orecchio medio ed ha il compito di produrre una vibrazione e di trasmetterla agli ossicini (Martello, Incudine e Staffa).
- L'orecchio medio è costituito dagli ossicini, contenuti in una cavità chiusa in modo che la pressione interna si mantenga costante. La pressione è mantenuta uguale a quella statica atmosferica, dalla Tromba di Eustachio che collega l'orecchio medio alla faringe. Molto importante è il ruolo del muscolo stapedio, collocato nell'eminenza piramidale, al di dietro della staffa, il cui compito è quello di prevenire un eccessivo movimento della staffa, aiutando così il controllo dell'ampiezza delle onde sonore dall'ambiente esterno all'interno dell'orecchio.
- L'orecchio interno è fondamentalmente costituito dalla Coclea o Chiocciola che contiene un liquido che viene messo in vibrazione dall'incudine che ne trasmette anche la frequenza. Il liquido è a contatto di numerosissime terminazioni nervose, le Cellule Ciliate, che trasformano l'impulso meccanico in neuro elettrico e lo inviano al cervello. Le cellule ciliate rispondono al suono in maniera specifica: quelle sensibili ai suoni acuti sono disposte nel giro basale della coclea, quelle per i toni bassi si trovano nel giro più distale.

■ INDICI DI VALUTAZIONE DEL RUMORE

Nello studio degli effetti del rumore sull'uomo occorre tenere presente il carattere soggettivo della risposta al rumore, per cui si utilizza un approccio metodologico di natura statistica, in modo da individuare parametri oggettivi in grado di correlare le sensazioni soggettive alle caratteristiche fisiche del rumore.

La definizione di indici di valutazione del disturbo da rumore, per quantificare la risposta soggettiva al rumore, fa riferimento ai seguenti aspetti: composizione spettrale, spettrale, livelli energetici per banda, intensità soggettiva della sensazione, livelli statistici, interferenza con la comunicazione verbale, tipologia del rumore, superamento del livello di rumore di fondo, risposte e reazioni della comunità.

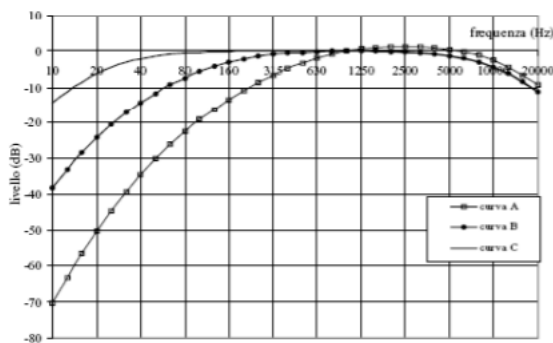
■ LIVELLO DI PRESSIONE SONORA PONDERATA A

$P_r = 20 \mu\text{Pa}$ = pressione acustica di riferimento

$p_A(t)$ = pressione acustica istantanea ponderata A

$$L_{pA}(t) = 10 \log \left(\frac{p_A(t)}{P_r} \right)^2$$

Questo livello di pressione sonora, si misura in dB(A) ed è ottenuto filtrando il segnale di pressione con un filtro ponderatore (la curva A, sottorappresentata), che riproduce approssimativamente la sensibilità dell'orecchio umano al variare della frequenza secondo la curva a 40 phon.



L'uso del livello di pressione sonora ponderata A, si è diffuso quando si è dimostrato che esiste una buona correlazione fra valori di livello espressi in dB(A) e l'entità del disturbo soggettivo associato al rumore.

Le analoghe curve ottenute a partire dalle isofoniche a 70 e 100 phon vennero chiamate curve di ponderazione B e C. Delle 3 curve che consentono di ponderare il disturbo in funzione della frequenza, la più usata è la curva A, implementata su tutti gli strumenti.

La curva di risposta A è quella che tiene maggior conto dell'impedenza dell'orecchio umano e che viene comunemente utilizzata per lo studio dell'inquinamento acustico; per tale motivo, i risultati verranno sempre indicati come dB(A). Le curve B e C vengono raramente considerate.

■ LIVELLO SONORO CONTINUO EQUIVALENTE PONDERATO A

$L_{pA}(t)$ = livello di pressione acustica istantanea ponderata

$$L_{Aeq,T} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{\frac{L_{pA}(t)}{10}} dt \right]$$

Secondo questo criterio di valutazione, viene considerato dominante il contributo dell'energia media percepita rispetto ai valori di potenza istantanei, cioè la dose di esposizione al rumore.

■ LIVELLO DI RUMORE AMBIENTALE L_A

È un indice che tiene conto del contesto ambientale e di un tempo di valutazione pari al tempo di riferimento T_R , corrispondente ad un intero periodo diurno o notturno (dalle 6 alle 22 o dalle 22 alle 6). La valutazione considera il $L_{Aeq,T}$ nel tempo T_R prodotto da tutte le sorgenti di rumore presenti in un determinato luogo.

Il livello corretto L_C , tiene conto della distribuzione in frequenza e della rapidità dello stimolo sonoro, rendendo il livello equivalente ponderato A ancora più rappresentativo del disturbo da rumore.

$$L_C = L_A + K_I + K_T + K_B \quad [dB(A)]$$

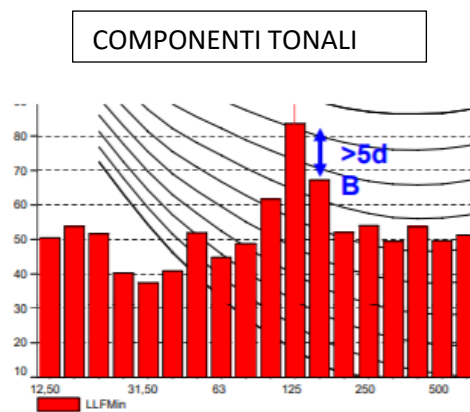
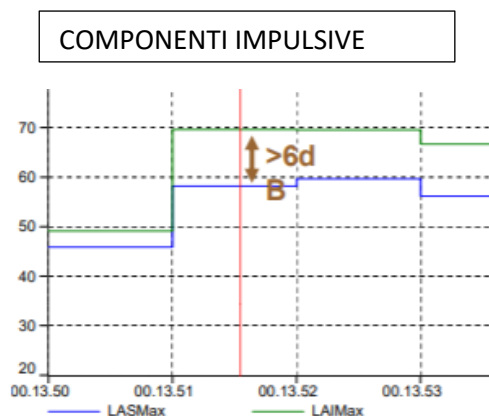
K_I sono le componenti impulsive,

K_T le componenti tonali

K_B le componenti in bassa frequenza

Secondo quanto stabilito dal DM 16 Marzo 1998:

1. Vi è componente impulsiva quando l'evento è ripetitivo o quando, misurando il livello di pressione sonora ponderato A dell'evento con costante di tempo impulse $L_{A,impulse}$ e slow $L_{A,slow}$, la differenza tra i valori massimi rilevati è $> 6\text{dB}$;
2. Vi è componente tonale quando, effettuando un'analisi spettrale per bande di un terzo di ottava nell'intervallo di frequenza 20 Hz-20kHz, il livello di una banda supera i livelli delle bande adiacenti per almeno 5 dB;
3. Vi è componente in bassa frequenza se è presente una componente tonale, nell'intervallo 20 e 200 Hz.



Per poter quantificare la percentuale di rischio di danno acustico cui è sottoposto un lavoratore esposto al rumore, occorre conoscere le varie esposizioni nell'arco della giornata lavorativa al fine di calcolare il livello di esposizione quotidiano al rumore e qualora l'attività lavorativa ed esposizione al rumore, varino molto nel corso della settimana, è possibile calcolare il livello settimanale di esposizione al rumore.

■ RISCHI DA ESPOSIZIONE AL RUMORE

Il rumore può provocare effetti sull'apparato uditivo diversi, a seconda delle modalità ed intensità di esposizione.

In seguito all'esposizione al rumore, si verifica subito l'STS, ovvero lo spostamento temporaneo della soglia uditiva, un innalzamento temporaneo della soglia uditiva rispetto a quella di riposo. E' un meccanismo di difesa delle ciglia e della parte apicale delle cellule acustiche che diventano meno rigide (rilasciamento dei filamenti di actina), con conseguente innalzamento della soglia uditiva.

INTENSITÀ MEDIA dB(A)	EFFETTI
da 30 a 65 dB(A)	fastidio
da 50 a 85 dB(A)	disturbo
oltre 80 dB(A)	danno

L'esposizione prolungata a rumore di elevata intensità può produrre una diminuzione delle capacità uditive a causa delle lesioni distruttive subite dalle cellule ciliate dell'organo del Corti.

L'ipoacusia da rumore consiste nella degenerazione delle cellule acustiche fino alla sostituzione delle cellule ciliate con un epitelio cubico monostratificato. In seguito anche le cellule nervose dell'organo del Corti vanno incontro a degenerazione. Il danno uditivo inizia sulle cellule che rispondono a 4000-6000 Hz, caratterizzate da ridotta irrorazione ematica e quindi degenerano precocemente. Successivamente il deficit uditivo 4000-6000 Hz si aggrava e si estende alle frequenze inferiori (2000 e poi 1000, 500 Hz) comportando difficoltà di comprensione delle comunicazioni verbali, inclusa la normale conversazione.

Dai dati NAIL risulta che in Italia l'ipoacusia da rumore è la patologia professionale più frequentemente denunciata. La tabella seguente (da ISO R/ 1999 e UNI 9432) indica gli effetti da esposizioni a dosi crescenti di rumore riferiti a settimana di 40 h lavorative.

livello di rumorosità	5 anni	10 anni	20 anni	30 anni
80 dBA	0	0	0	0
85 dBA	1%	3%	6%	8%
90 dBA	4%	10%	16%	18%
95 dBA	7%	17%	28%	31%
100 dBA	12%	29%	42%	44%

Il rumore non determina solo sensazione uditiva ma, già per livelli superiori a 70 dBA, tramite i centri di integrazione cerebrale, causa stress e determina una reazione neurovegetativa aspecifica, responsabile di effetti che predispongono a malattie che colpiscono vari organi ed apparati (apparato cardiovascolare, endocrino, sistema nervoso centrale ed altri), con numerose conseguenze tra le quali l'insorgenza della fatica mentale, la diminuzione dell'efficienza e del rendimento lavorativo, interferenze sul sonno e sul riposo e numerose altre.

Il riferimento normativo fondamentale in materia di prevenzione dai rischi da rumore è il **decreto legislativo 81/2008** (Titolo VII, artt. da 187 a 198) che prescrive i "requisiti minimi per la protezione dei lavoratori contro i rischi per la salute e la sicurezza derivanti dall'esposizione al rumore durante il lavoro".

In particolare il D.Lgs. 81/2008 fissa "**tre livelli di esposizione** (80, 85 e 87 decibel – dB(A) e i corrispondenti adempimenti ai quali sono tenuti i datori di lavoro qualora vengano superati i livelli stessi".

❖ Se il livello di esposizione è superiore agli **80 decibel**:

- messa a disposizione dei DPI dell'udito, da parte del datore di lavoro;
- obbligo di formazione e informazione dei lavoratori in merito ai rischi provenienti dall'esposizione al rumore, alle misure adottate, ai DPI dell'udito, all'uso corretto delle attrezzature, al significato del ruolo del controllo sanitario e della valutazione del rumore.

❖ Se il livello di esposizione è superiore agli **85 decibel**:

- obbligatorietà dell'utilizzo dei DPI dell'udito;
- obbligo di formazione e informazione dei lavoratori in merito ai rischi provenienti dall'esposizione al rumore, alle misure adottate, ai DPI dell'udito, al significato del ruolo del controllo sanitario e della valutazione del rumore;
- controllo sanitario (estensibile ai lavoratori esposti ad un rumore tra gli 80 e 85 dB(A) su richiesta del lavoratore e approvazione del medico).

❖ Se il livello di esposizione è superiore agli **87 decibel**:

- adozione immediata di misure atte a riportare l'esposizione al di sotto dei valori limite di esposizione (Dispositivi di Protezione e/o interventi su attrezzature, strutture o ambienti);
- individuazione delle cause dell'esposizione eccessiva;
- modifica delle misure di protezione e di prevenzione per evitare che la situazione si ripeta.

■ CLASSIFICAZIONE DEI RUMORI

I rumori possono essere distinti sia per la fonte di origine che dalla banda di frequenze che occupano.

Si individuano:

- Rumori a banda stretta: occupano una banda limitata di frequenze e in genere vengono filtrati.

Esempi: HVAC, emissioni elettromagnetiche, interferenze e vibrazioni.

- Rumori a banda larga: occupano l'intera banda delle frequenze.

Per esempio: rumore termico, rumore colorato (bianco, rosa, marrone, blu, viola, grigio), rumore distorsivo, rumore ambientale e digitale.

■ RUMORI HVAC

L'acronimo stesso, (Heating Ventilation Air Conditioning - Riscaldamento Ventilatori Aria Condizionata), ci indica le fonti di questo rumore.

Riscaldamenti, condizionatori, ventilatori introducono ronzii, ossia frequenze indesiderate, nelle registrazioni. Queste possono deteriorare il segnale audio sia perché captate dai microfoni in fase di registrazione, sia perché inducono una frequenza aggiuntiva nella corrente elettrica utilizzata come alimentazione delle apparecchiature audio. Tale ultimo caso si verifica poiché questi apparecchi non hanno un assorbimento di corrente costante come può averlo un televisore, ma hanno un assorbimento oscillatorio. E' proprio questa variazione costante ad introdurre le frequenze indesiderate. Anche apparecchi che si accendono e si spengono durante la registrazione o la riproduzione possono introdurre "click" anche molto vistosi.

■ EMISSIONI ELETTROMAGNETICHE

Sono quelle generate da cellulari, televisioni, asciugacapelli e altri elettrodomestici. Tali emissioni vengono anche generate dai cavi di corrente: maggiore è l'ampereaggio (la quantità di corrente) che scorre nel cavo, maggiore sarà l'emissione elettromagnetica nelle sue vicinanze, perché in prossimità di ogni conduttore in cui scorre una corrente è presente un campo magnetico proporzionale alla corrente stessa. (Viceversa in un conduttore che viene immerso in un campo magnetico, viene indotta una corrente il cui valore dipende dall'intensità del campo magnetico). Il fenomeno dell'induzione diviene più pronunciato se il conduttore che lo genera viene arrotolato in forma di spirale perché si viene a creare un induttore.

Dunque per evitare i rumori da emissione elettromagnetica, bisogna mettere in atto degli accorgimenti:

- Distendere i cavi in linea retta, poiché creare matasse equivale a creare degli induttori.
- Creare una gabbia di Faraday per annullare il campo elettrico, mediante una maglia metallica attorno al cavo.
- Per eliminare il campo magnetico, si usa un trucco: si inseriscono due cavi intrecciati a spirale, i due cavi trasportano lo stesso segnale, ma con fasi invertite. Quando si arriva al mixer, uno dei due cavi viene di nuovo invertito di fase. I due segnali sono in fase e si sommano, mentre i due rumori sono in controfase e si annullano a vicenda.

■ INTERFERENZE

Esistono diverse cause di interferenza, tra cui:

- Mutua influenza di cavi vicini tra loro a causa dei campi magnetici generati dalle correnti che scorrono nei canali.
- Due conduttori possono subire interferenze di tipo capacitivo quando diventano simili alle piastre di un condensatore, accumulando una carica al loro interno.

Un effetto noto si ha nel caso di cavi microfonici in cui la resistenza del microfono si accoppia con la capacità indotta, creando un circuito RC che funge da filtro passa-basso privando il segnale audio delle alte frequenze.

■ VIBRAZIONI

Questo tipo di problemi si verificano soprattutto in situazioni live in cui le persone camminano continuamente sul palco che spesso è di legno e che trasmette in maniera incredibile le vibrazioni alle aste dei microfoni. Questo fa sì che il disturbo passi attraverso i microfoni, finendo al mixer.

■ RUMORI A BANDA LARGA

RUMORE TERMICO

Questo rumore è generato dal calore insito in qualsiasi componente elettronico durante il funzionamento. Il calore fa sì che all'interno del componente si verifichino delle collisioni di elettroni in tutte le direzioni e a tutte le velocità, generando delle correnti a tutte le frequenze audio. Le intensità di queste correnti, sono mediamente costanti in quanto la direzione delle collisioni è assolutamente casuale. Il rumore termico aumenta con la temperatura in quanto aumenta con essa l'energia cinetica associata alle particelle.

RUMORI COLORATI

I rumori colorati sono particolari tipi di rumore termico.

➤ RUMORE BIANCO

Caratterizzato da valori di ampiezza del tutto casuali rispetto al tempo, e costanti rispetto alle frequenze (solo idealmente). I valori seguono una legge di probabilità uniforme.

In sostanza si tratta di un rumore termico, solo che in questo caso si intende un rumore generato artificialmente allo scopo di poter effettuare dei test. Infatti, per vedere il comportamento di un componente audio (per esempio del canale di un mixer) si invia in ingresso un rumore bianco e si esamina il segnale di uscita. L'obiettivo affinché il test abbia esito positivo, sarà quello di ottenere un segnale in uscita mediamente costante a tutte le frequenze. In questo caso diremo che il componente è affidabile a tutte le frequenze. Solitamente il rumore bianco viene usato per i test sui componenti elettronici.

Il rumore bianco produce un suono piuttosto "brillante" e per questo, essendo l'orecchio umano più suscettibile alle alte frequenze, non risulta molto rilassante. E' efficace per mascherare altri suoni e in particolari circostanze è indicato per provocare allucinazioni uditive.

➤ RUMORE ROSA

Lo spettro presenta una relazione inversamente proporzionale tra frequenza e ampiezza. In particolare l'intensità si dimezza quando raddoppia la frequenza. Questo corrisponde ad un decremento di 3 dB per ottava. Generato da fenomeni naturali, a livello acustico ricorda il suono della pioggia, le cascate d'acqua, le onde dell'oceano. Viene usato come modello per l'equalizzazione della musica, cioè per amplificare maggiormente frequenze più basse e meno le alte.

Di solito il rumore rosa è prodotto con un filtraggio passabasso del rumore bianco, ed è considerato ancora più rilassante del rumore bianco perché risulta meno stridente e più armonioso. È impiegato nei grandi uffici o nelle sale d'attesa per favorire la concentrazione e il rilassamento.

➤ RUMORE MARRONE

Il rumore marrone che ha un andamento simile al rumore rosa salvo per il fatto che si ha una caduta di 6 dB per ogni raddoppio di frequenza. E' un genere di rumore che sta a metà tra il rumore bianco e quello rosa, contiene una grande quantità di basse frequenze ed è il suono tipico, ad esempio, di un tuono.

È chiamato anche **rumore rosso** o **rumore browniano**, dal botanico britannico Robert Brown scopritore del moto browniano. L'energia di questo rumore risiede nelle **basse frequenze**, molto abbondanti rispetto al rumore bianco e a quello rosa. Il suono appare simile a quello del tuono.

Il nome deriva dal fatto che l'onda aumenta e diminuisce in maniera del tutto casuale. Se, in caso di acufene, non si ottengono buoni risultati con il rumore bianco e rosa si può tentare di utilizzare questo per coprire i rumori fastidiosi.

➤ RUMORE BLU

Lo spettro presenta una relazione direttamente proporzionale tra frequenza e ampiezza. In particolare si ha un incremento di 3 dB per ottava. E' quindi speculare al rumore rosa. Un rumore casuale con questo spettro è adatto al Dithering, un processo di riduzione della distorsione introdotta dalla riquantizzazione.

La sua ampiezza non è costante e presenta una prevalenza di frequenze alte, per questo motivo è molto più stridulo e artificiale. Non viene impiegato come terapia rilassante perché disturba l'udito.

➤ RUMORE VIOLA

Come nel rumore blu lo spettro presenta un crescita in intensità all'aumentare della frequenza. Si ha un incremento di 6 dB per ottava, più grande rispetto al rumore blu. È considerato il più fastidioso e il sibilo che produce è molto stridente.

Speculare al rumore marrone, il rumore viola è un segnale adatto al trattamento degli acufeni (disturbi uditivi). Il suono prodotto ricorda quello di un getto di vapore.

➤ RUMORE GRIGIO

Caratterizzato da valori di ampiezza del tutto casuali come tutti gli altri rumori. Lo spettro segue le curve isofoniche. Viene utilizzato per equalizzare i segnali audio in modo tale che tutte le frequenze vengano percepite allo stesso volume da parte di un ascoltatore umano.

Il rumore grigio è sottoposto a una curva di filtro pari alla sensibilità psicoacustica in un preciso intervallo di frequenze. In questo modo si ha la percezione che il suono sia **uguale a tutte le frequenze**.

Altri tipi di rumore a banda larga sono:

- **Il rumore ambientale:** è causato dai fenomeni atmosferici come la pioggia o il vento.
- **Il rumore distortivo:** è causato dal comportamento anomalo del canale di trasmissione, come eventuali distorsioni o effetti di fade-in e fade-out.
- **Il rumore digitale:** causato da errati parametri di quantizzazione oppure dalla perdita di pacchetti dovuti a congestione di rete.

➤ RIDUZIONE DEL RUMORE

Quanto visto finora ci porta alla conclusione che il rumore è presente pressoché in ogni circostanza nella quale ci troviamo ad operare e, in genere, per alcune tipologie di esso è possibile intervenire in modo opportuno affinché si possa limitare, se non addirittura eliminare, il rumore.

➤ RIDUZIONE DEL RUMORE A BANDA STRETTA

Per i rumori di tipo HVAC, o quelli dovuti a vibrazioni, non si può fare molto se non agire sulla banda di frequenze coinvolte e attenuarle. Tuttavia si tratta di una soluzione poco pulita e da adottare in casi estremi in quanto, oltre al rumore, viene attenuato anche il segnale audio che stiamo trattando nella banda selezionata. Riguardo ai ronzii dovuti a discontinuità del sistema di alimentazione, il rimedio migliore consiste nel prevedere due quadri di alimentazione indipendenti, uno per gli elementi HVAC e uno per i macchinari.

➤ RIDUZIONE DELLE INTERFERENZE

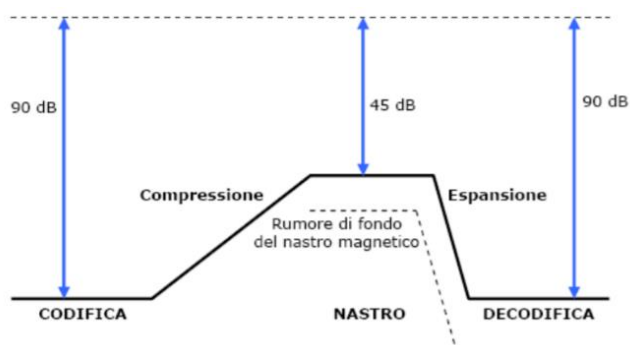
Questi disturbi colpiscono principalmente i cavi microfonici in quanto in essi transitano segnali di intensità molto bassa. Per schermare i cavi rispetto a questi disturbi si impiegano due diversi accorgimenti. Per arrestare il campo elettrico si costruisce una gabbia di Faraday, cioè un rivestimento metallico attorno al cavo, che ha la proprietà di eliminare il campo elettrico al proprio interno. Per arrestare il campo magnetico all'interno del cavo microfonico vengono previsti due conduttori che trasportano il segnale, avvolti a spirale. Sul primo conduttore scorre il segnale audio, sul secondo scorre lo stesso segnale invertito di fase. I due conduttori vengono avvolti a spirale perché in questo modo il campo magnetico investe mediamente entrambi i conduttori allo stesso modo. Quando i due segnali arrivano al mixer, il secondo segnale viene nuovamente invertito di fase e i due segnali così ottenuti vengono sommati.

Questo porta ad un raddoppio dell'ampiezza del segnale originario e una cancellazione del rumore che a questo punto si trova invertito di fase sui due conduttori.

➤ RIDUZIONE DEL RUMORE A BANDA LARGA

In questo caso il rumore coinvolge tutto lo spettro di frequenze udibili, quindi è necessario un intervento sull'intero segnale audio. L'esempio più classico è quello del fruscio intrinsecamente presente quando viene utilizzato un supporto magnetico per la registrazione analogica. Il procedimento di riduzione di questo rumore prevede un intervento suddiviso in tre fasi successive: compressione, espansione e equalizzazione.

Nella figura accanto viene descritto il procedimento di riduzione del rumore. Nel nostro esempio il segnale da registrare ha una dinamica di 90 dB, il rumore si trova al di sopra del valore minimo della dinamica cioè coprirebbe i suoni più bassi del segnale originario. Operiamo allora una compressione 2:1 sull'intero segnale audio e la amplifichiamo prima di registrarlo. In questo modo, a causa della compressione abbiamo potuto

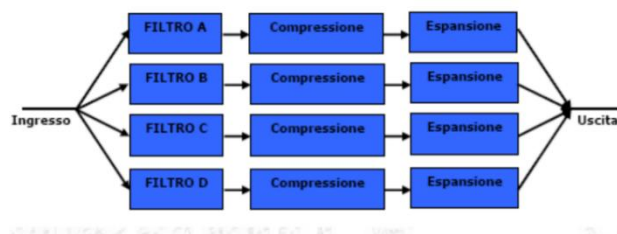


amplificare il segnale senza mandare il nastro in saturazione e allo stesso tempo l'intera dinamica del nostro segnale si trova ora al di sopra del rumore. Quando recuperiamo il segnale dal nastro (decodifica) operiamo un'espansione 1:2 ripristinando il segnale originario. La novità è che ora il rumore si trova al di sotto del valore minimo della dinamica. Dunque il suono più basso del nostro segnale è in grado di coprire il rumore e noi abbiamo raggiunto il risultato desiderato.

I sistemi NR (NOISE REDUCTION) vengono definiti *statici* quando nessun parametro relativo alla compressione varia. Al contrario vengono definiti *dinamici* quando l'algoritmo di riduzione si adatta continuamente al segnale di ingresso. Una seconda classificazione identifica col termine *single-ended* (solo da una parte) i sistemi di NR che vengono applicati solo in un punto della catena audio (noise gate, muting, filtri). Vengono indicati invece col termine *double-ended* (da tutte e due le parti) quei sistemi che prevedono un doppio intervento che consiste generalmente nelle due fasi di codifica-decodifica (Dolby A, B, C, ecc).

❖ DOLBY A

Ideato nel 1966, prevede la divisione dello spettro del segnale di ingresso in 4 bande adiacenti secondo lo schema della figura seguente:



Filtro A: Filtro Passa Basso. Frequenza di taglio: 80Hz

Filtro B: Filtro Passa Banda. Banda: 80Hz - 3KHz

Filtro C: Filtro Passa Alto. Frequenza di taglio: 3KHz

Filtro D: Filtro Passa Alto. Frequenza di taglio: 9KHz

Ogni blocco realizza l'operazione di compressione/espansione su una banda di frequenze diversa.

Ogni stadio interviene durante la fase di compressione/decompressione nel modo seguente:

1. Codifica: Ogni segnale con ampiezza superiore a -20dB non viene manipolato. Quando la dinamica del segnale è compresa tra -30dB e -20dB viene attuata una compressione 2:1. Quando la dinamica è inferiore a -30dB, il segnale viene amplificato di 10dB.
2. Decodifica: Si eseguono le operazioni di codifica all'inverso. Quindi, ogni segnale superiore ai -20dB non viene processato. Quando la dinamica del segnale è compresa tra -30dB e -20dB viene attuata una espansione 1:2. Quando la dinamica è inferiore a -30dB, il segnale viene attenuato di 10dB.

Questo sistema riduce il rumore fino a 10dB nella zona attorno ai 5KHz e fino a 15dB nella zona attorno ai 15 KHz. Mediamente consente una riduzione del rumore di 10dB su tutto lo spettro.

❖ DOLBY B

Alla fine degli anni '60 (intorno al 1969), si rese necessaria l'adozione di sistemi di Noise Reduction su apparecchi domestici basati su nastri magnetici a velocità di scorrimento molto bassa e dunque soggetti a fruscii particolarmente alti. Essendo il Dolby A un sistema troppo costoso e dunque accessibile solo in ambiti professionali, ne venne implementata una versione semplificata che venne chiamata Dolby B.

In questo caso sono presenti due filtri: un passa basso a frequenza di taglio fissa (1,5 KHz) e un passa banda con frequenze di taglio variabili in base al segnale di ingresso. Il contenuto di alte frequenze del segnale di ingresso, comanda lo scorrimento del filtro: più sono presenti alte frequenze, più il filtro si sposta verso le alte frequenze. Questo perché se il segnale originario presenta un elevato contenuto di alte frequenze, queste maschereranno il fruscio del nastro e dunque non sarà necessario attuare l'operazione di NR, viceversa un segnale povero di alte frequenze sarà molto più soggetto al fruscio e dunque si rende necessario un intervento di NR.

❖ DOLBY C

Venne progettato intorno al 1980 al fine di migliorare il sistema Dolby B. Infatti è simile a questo, con la differenza che utilizza due filtri a frequenza variabile, a cui vengono aggiunti due compressori 2:1. Questo sistema consente una riduzione del rumore fino a 20dB, anche se può conferire un suono innaturale al segnale decodificato a causa della massiccia manipolazione operata in fase di codifica.

■ IL FONOMETRO

La misura dei livelli di rumore si effettua con l'impiego del fonometro il quale è un misuratore di livello sonoro che, tramite un microfono ed una serie di circuiti amplificatori elettronici, trasforma il segnale acustico in segnale elettrico ed esprime il livello di rumore direttamente in decibel.

La gamma di misura di un fonometro di precisione è compresa di solito fra 24 dB e 140 dB per un intervallo di frequenza compreso tra 16 e 16000 Hz. Il fonometro deve presentare delle caratteristiche che corrispondano alle norme internazionali Classe 1, IEC 651 e IEC 804 (come citate dal D.Lgs 277/91), per cui vengono distinti in quattro classi in base alle prestazioni, e cioè:

- classe 0 (strumenti da laboratorio, di riferimento);
- classe 1 (fonometro di precisione, per la determinazione dei livelli di esposizione personale);
- classe 2 (fonometro di uso generale, per misure sul campo o dosimetriche);
- classe 3 (fonometro per misurazioni preliminari o puramente indicative).

Il fonometro consente la possibilità di misurare nel tempo il rumore istantaneo e quello medio ponderato, Leq. Per indagini negli ambienti di lavoro, si possono utilizzare dei dosimetri di rumore che (applicati sul lavoratore) rendono possibile la registrazione del fenomeno per tutto un turno lavorativo. Tale sistema è particolarmente indicato nel caso in cui l'operatore compia una mansione che comporti frequenti spostamenti nell'ambito lavorativo e quindi sia soggetto ad una variabilità spazio-temporale dell'energia ricevuta dall'apparato uditivo; tale apparecchio infatti riesce a campionare tutta l'energia sonora cui è esposto e di conseguenza dare l'esatta esposizione durante un turno di lavoro. Se si vogliono raggiungere quindi entrambi gli obiettivi di prevenzione e di valutazione del rischio da esposizione al rumore in ambiente lavorativo, è indispensabile l'uso integrato del dosimetro e del fonometro.

