

UN PROTOTIPO PER IL CONTROLLO ATTIVO DEL RUMORE DEI GRUPPI ELETTROGENI

Autori: M. Felli, F.Cotana,F.Rossi

Laboratorio di Acustica dell'Università degli Studi di Perugia, Via G.Diranti 1/4-A, 06125 Perugia.

1.Introduzione

I motori a combustione interna che alimentano i gruppi elettrogeni ed impianti di cogenerazione sono responsabili di elevate emissioni acustiche; il rumore viene immesso nell'ambiente per mezzo del condotto di scarico dei gas combusti.

La distribuzione in frequenza del rumore è sostanzialmente costante poichè anche il regime di funzionamento del motore è costante; inoltre circa l'80% della potenza è distribuita nell'intervallo di frequenze 30-500 Hz.

I tradizionali sistemi di attenuazione del rumore sono costituiti da marmitte installate lungo il condotto di scarico dei gas; la loro efficacia è particolarmente modesta alle basse frequenze (30-500 Hz).

Nella presente nota viene descritto un nuovo sistema per la riduzione del rumore emesso dai gruppi elettrogeni basato sulla tecnica del controllo attivo del rumore:

un segnale acustico di egual ampiezza ma di fase opposta a quello prodotto dal motore viene generato da due altoparlanti all'interno di una particolare cavità coassiale al condotto di espulsione dei gas.

Nella sezione di scarico avviene l'interferenza distruttiva fra il rumore del gruppo elettrogeno e quello generato dagli altoparlanti; il risultato è una notevole diminuzione del rumore immesso nell'ambiente.

Un dispositivo elettronico, di concezione originale, consente la generazione del segnale di alimentazione degli altoparlanti a partire dalle caratteristiche della forza elettromotrice prodotta dal gruppo elettrogeno.

Una campagna di misure ha consentito di verificare che l'impiego contemporaneo del sistema proposto e delle tradizionali marmitte determina una notevole attenuazione del rumore, superiore in media a 10 dBA.

Il prototipo è stato realizzato nel laboratorio di Acustica dell'Università di Perugia ed è stato installato sul gruppo elettrogeno della centrale telefonica Telecom "Tor di Quinto" a Roma.

2. Caratteristiche del gruppo elettrogeno

Il gruppo elettrogeno della centrale telefonica Telecom "Tor di Quinto" di Roma ha le seguenti caratteristiche:

- potenza elettrica nominale 250 KW;
- tensione nominale 380 V;

- numero di coppie polari 2;
- frequenza della forza elettromotrice 50 Hz;
- motore diesel 12 cilindri.
- regime di rotazione; 1500 gir/min.c

Il gruppo elettrogeno è situato all'interno della centrale, al piano terra; i gas di scarico del motore defluiscono attraverso un condotto a sezione circolare e sono espulsi a livello del tetto della centrale. In presenza della sola marmitta tradizionale lo spettro di potenza del rumore, misurato ad 1 metro di distanza dalla sezione finale del condotto di scarico, assume la distribuzione riportata in fig.1; e la potenza acustica emessa è pari a circa 12.5W.

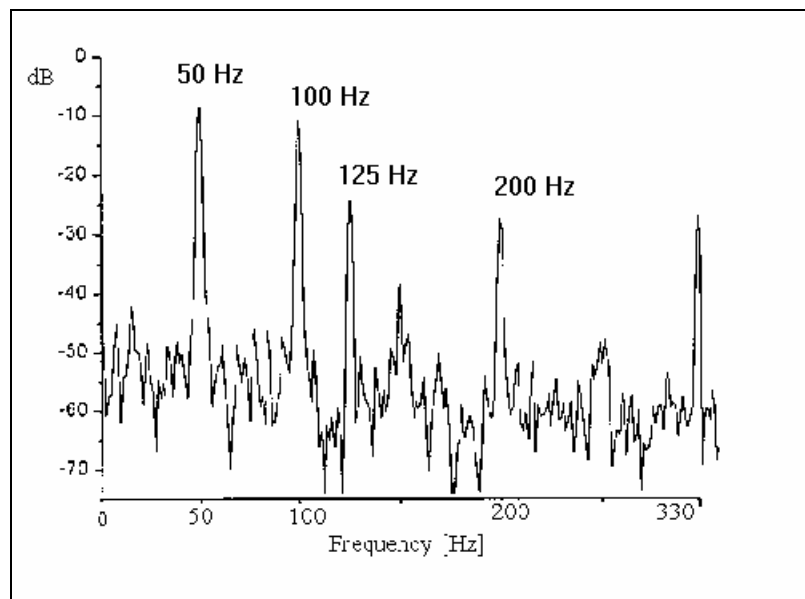


Fig.1: Spettro di potenza del rumore emesso dal gruppo elettrogeno misurato ad un metro di distanza dalla sezione terminale del condotto di scarico.

3. Descrizione del prototipo "marmitta elettronica"

Il prototipo, dal punto di vista meccanico, è costituito da una cassa in lamiera, all'interno della quale è ricavato l'alloggiamento per due altoparlanti, come indicato in fig.2; in fig.3 sono riportate le fotografie del condotto di scarico con la marmitta elettronica ed il gruppo elettrogeno con la marmitta passiva.

La forma della marmitta è tale che la parte terminale del condotto di scarico è completamente contenuto nel suo interno (vedi Fig.2); la sezione di uscita dei gas è coassiale alla sezione finale della cavità (vedi Fig.4). Il segnale di antirumore prodotto dagli altoparlanti si propaga attraverso la corona circolare limitata internamente dal condotto di scarico dei gas ed esternamente dalla sezione finale della marmitta. Le pareti esterne sono trattate con materiale antivibrante, in modo da limitare le emissioni acustiche verso l'ambiente esterno. La potenza massima di ogni altoparlante è 200W (r.m.s). La curva di risposta degli altoparlanti mostra un andamento costante nell'intervallo di frequenze compreso fra 40 e 600Hz.

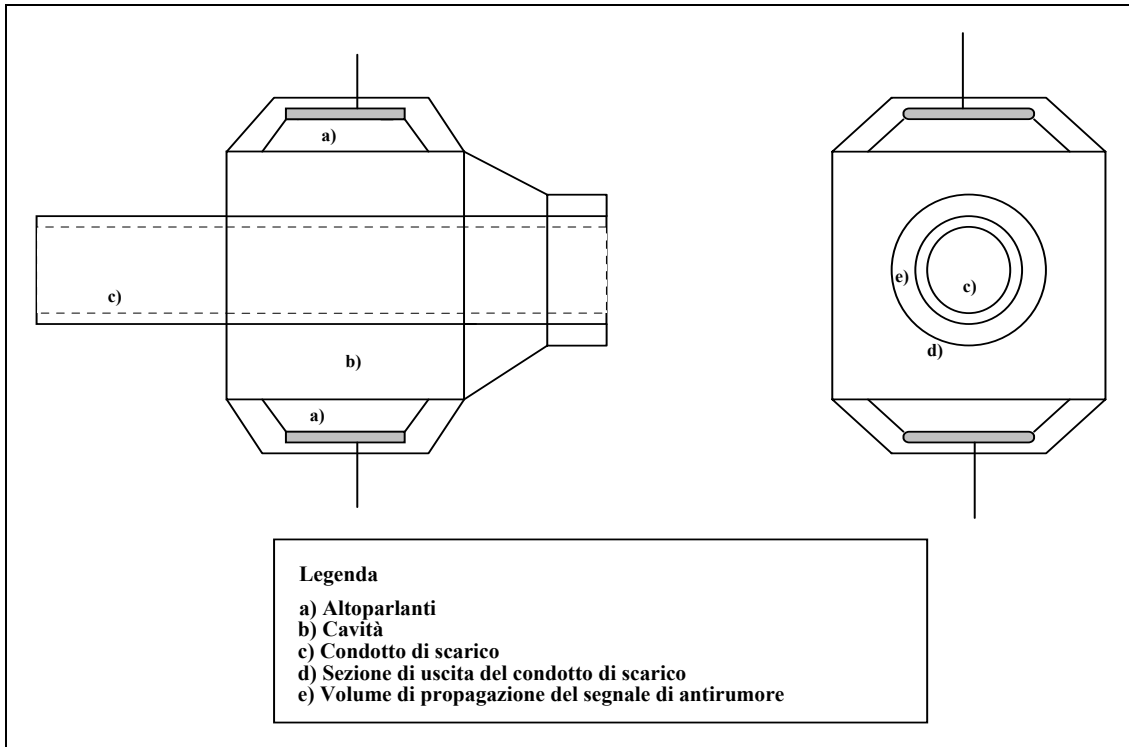


Fig.2: Disegno della marmitta.

Fig.3: Foto della marmitta elettronica e del gruppo elettrogeno con la marmitta passiva.

Fig.4: Foto della sezione terminale della marmitta.

Gli altoparlanti sono alimentati da un segnale elettrico generato da una unità di controllo ed inviato ad un amplificatore bicanale di potenza massima pari a 190W (r.m.s) per canale.

Il regime di funzionamento costante del gruppo elettrogeno produce uno spettro acustico (vedi Fig.1) costante nel tempo; tale circostanza ha consentito di implementare un controllo attivo di tipo modale: il circuito di controllo genera segnali sinusoidali con frequenza pari alle componenti principali dello spettro di Fig.1; inoltre i rapporti fra le ampiezze dei segnali generati sono uguali ai rapporti fra le componenti principali del rumore.

In Fig.5 si riporta lo schema a blocchi dell'unità di controllo.

Tutte le parti del prototipo, sia meccaniche che elettroniche, sono di concezione originale e sono state assemblate interamente presso il Laboratorio di Acustica dell'Università di Perugia.

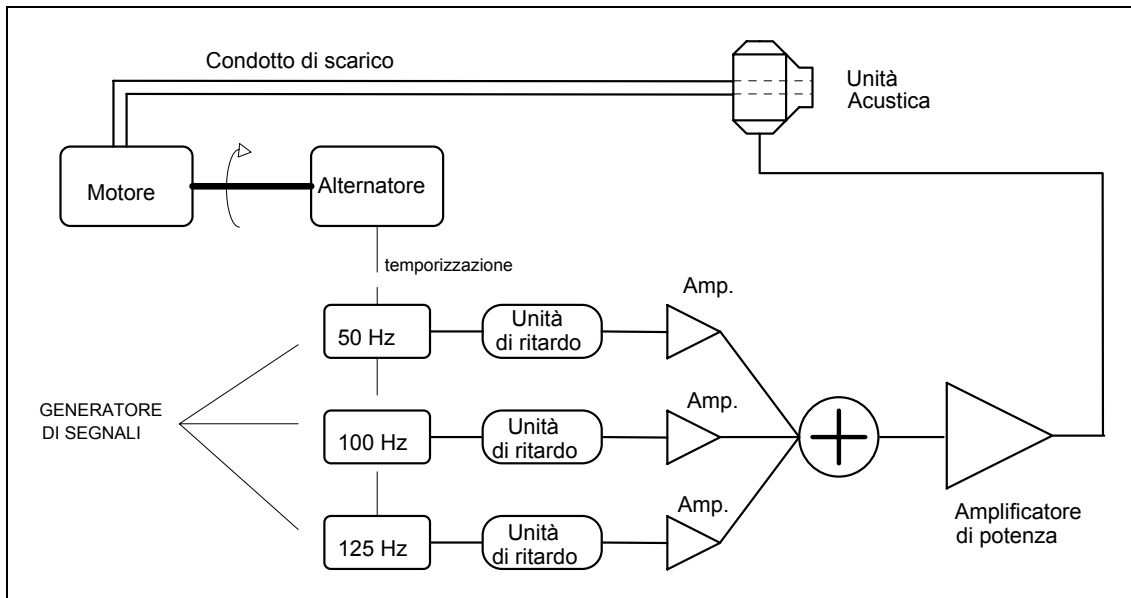


Fig.5: Schema a blocchi dell'Unità di Controllo.

4. Funzionamento del prototipo

L'Unità di Controllo genera un segnale con spettro simile a quello del rumore emesso dal gruppo elettrogeno in prossimità della sezione terminale del condotto dei gas di scarico; le caratteristiche di tale spettro (vedi Fig.1) sono relative al regime di rotazione del motore di 1500 gir/min.

Le componenti principali dello spettro di Fig.1 sono:

- 1) 50 Hz;
- 2) 100 Hz;
- 3) 125 Hz;

Le componenti 1) e 2) sono armoniche prodotte dallo scoppio dei gas nella camera di combustione del motore; la differenza di fase fra il segnale della forza elettromotrice generata dall'alternatore e le componenti 1) e 2) è costante.

La componente 3) è causata da un fenomeno di risonanza del condotto di evacuazione dei gas combusti, anch'esse con differenza di fase costante rispetto al segnale di forza motrice.

Il tempo di ritardo per le tre componenti è tale da produrre differenze di fase uguali a quelle del rumore in corrispondenza della sezione finale del condotto di scarico.

I tre segnali sono poi amplificati indipendentemente l'uno dall'altro, così da avere ampiezze uguali a quelle di Fig.1. In Fig.6 si riporta lo spettro di potenza del segnale prodotto dall'unità di controllo.

Infine i tre segnali sono sommati ed inviati ad un amplificatore di potenza che alimenta gli altoparlanti all'interno della marmitta; poichè il rumore del gruppo elettrogeno è stazionario, si è stabilito un guadagno di amplificazione fisso.

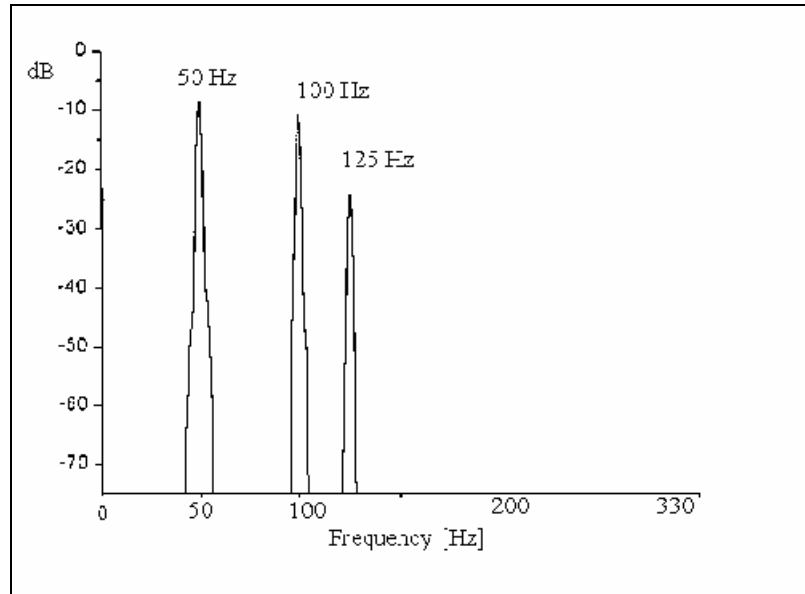


Fig.6: Spettro di potenza del segnale prodotto dall'unità di controllo.

5. Verifiche sperimentali

Il prototipo è stato installato presso il gruppo elettrogeno della centrale telefonica Telcom "Tor di Quinto", Roma come mostrato in Fig.7 nella quale sono riportate le foto del condotto di scarico con e senza marmitta elettronica.

Una indagine fonometrica ha consentito di valutare l'attenuazione introdotta dal sistema di controllo attivo.

Fig.7: Foto del condotto di scarico del gruppo elettrogeno prima e dopo l'installazione del sistema di controllo

In Fig.8 si riportano i punti di misura ed i valori del livello equivalente di rumore ponderato A nei seguenti casi:

- sistema di controllo attivo assente;
- sistema di controllo attivo presente.

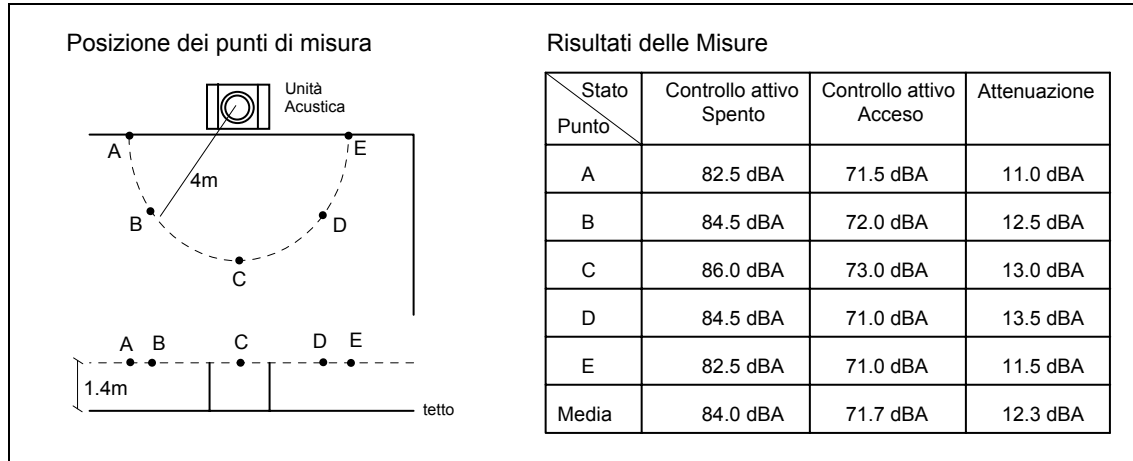


Fig.8: Disposizione dei punti di misura e relativi valori del livello di pressione acustica.

I livelli equivalenti sono stati ottenuti impostando il tempo di integrazione pari ad 1 minuto e sono rappresentativi dell'intero spettro del rumore.

I valori riportati nella tabella di Fig.8 subiscono modeste variazioni al variare del punto di misura:

tale circostanza costituisce una conferma dell'ipotesi che la sorgente emette in modo omnidirezionale. I valori dell'attenuazione sono in tutti i punti superiori a 10dBA; la media è circa 12dBA.

L'attenuazione introdotta dal sistema di controllo è stata ottenuta agendo solamente sulle 3 componenti principali (50 hz, 100 hz, 125 hz); per tali frequenze il coefficiente di attenuazione dell'aria mostra valori piccoli rispetto a quelli relativi a frequenze più elevate; si ritiene pertanto che, per distanze maggiori a quella di misura (4m), i valori dell'attenuazione sull'intero spettro del rumore possano essere superiori a quelli riportati in Fig.8.

6. Conclusioni

Presso il Laboratorio di Acustica dell'Università di Perugia è stato realizzato un prototipo di marmitta elettronica per l'attenuazione del rumore emesso dai gruppi elettrogeni. Il funzionamento del sistema è basato sulla tecnica del controllo attivo del rumore.

I comuni sistemi di attenuazione del rumore hanno migliore efficacia solo alle medie e alte frequenze, mentre le principali cause del disturbo sono imputabili alle componenti a bassa frequenza.

Il sistema proposto produce attenuazioni notevoli proprio alle basse frequenze; l'impiego contemporaneo dei sistemi tradizionali e del prototipo consente dunque di ottenere efficaci attenuazioni su tutto lo spettro del rumore.

Le particolari caratteristiche del rumore generato dai gruppi elettrogeni hanno consentito di realizzare un sistema molto semplice che sfrutta la stessa energia elettrica prodotta dal gruppo come segnale di riferimento per il controllo.

Dalle misure fonometriche risulta che, alla distanza di 4 m, l'attenuazione introdotta dal prototipo è in media pari a 12 dBA. Il risultato è incoraggiante ed è comunque suscettibile di miglioramento, con l'estensione del controllo ad altre componenti tonali.

7. Bibliografia

- [1] Mario Rossi: *"Acoustic and electroacoustic"*, Artec House, 1988.
- [2] P.A. Nelson, S.J. Elliot: *"Active noise control: Tutorial review"*, International simposium on active control of noise and vibration, Tokyo aprile 9-11 1991.
- [3] A.I. Vialisnev, N.A. Dubroskiy: *"Energy trasform at active noise and vibration control"*, International simposium on active control of noise and vibration, Tokyo aprile 9-11 1991.
- [4] Tichy J.: *"Current and future issues of active noise control"*, International simposium on active control noise and vibration, Tokyo aprile 9-11 1991.
- [5] David C. Swanson: *"A stability robustnes comparison of adaptive feedfoward and feedback algorithms"*, Pennsylvania state university.
- [6] S. Anwar, P.J. Hollis: *"An adaptative control system for active attenuation of wind tunnel noise"*.
- [7] F. Cotana, F. Rossi, L. Santarpia: *"Riduzione dell'impatto ambientale nei trasporti: costruzione di un dispositivo per il controllo attivo allo scarico"*. Atti del 49° Congresso Nazionale ATI, Perugia 26-30 settembre 1994 vol. 4.
- [8] Takuji Mori, Niichi Nishiwiki, Yoshihisa Takemori: *"Application of AAC silencer to reduce automobile exhaustnoise"*, Proceedings inter noise '91 Sidney Australia 2-4 dicembre 1991.
- [9] I.U. Borkers, K. Renger, J. Pillard, G. Billoud: *"Selected flight test data and control system"*, Results of the CEC brite/euram asanca study. Proceedings inter-noise '93 Leuven Belgium 1993.
- [10] Salviera, C. D'Arrigo, C. Cannavaro: *"Studio sperimentale del controllo attivo del rumore"*, AIA 19° congresso nazionale 10-12 aprile 1991 Napoli.
- [11] A. Cocchi, M. Assirelli: *"Controllo attivo del rumore: alcune realizzazioni"*, Convegno nazionale rumore e vibrazioni Bologna 1991.