

Soluzioni per il controllo del rumore



1. Silenziatore sotto verifica
e relativo tubo di misura.



Il rispetto dei requisiti di isolamento di facciata secondo il Dpcm 5-12-97 è spesso fortemente condizionato dalla presenza dei fori di aerazione necessari nei locali ove avvengano fenomeni di combustione. Per ovviare a questa problematica, negli ultimi anni sono stati sviluppati diversi sistemi di aerazione silenziati basati su una geometria non rettilinea e sulla presenza di materiale poroso che consenta la dissipazione del suono al loro interno. Tali sistemi in genere sono certificati in laboratorio, ma a causa della complessità delle misure sperimentali l'unico modo possibile per ottimizzare la geometria e le proprietà del materiale fibroso consiste nel ricorrere a metodologie di simulazione numerica del sistema in condizioni di test controllate.

Il caso in esame è relativo a un silenziatore formato da un corpo fonoassorbente a sezione ellittica, rivestito da un film plastico e da due curve di polipropilene rigido progettate per raccordare la parte centrale fonoassorbente con le griglie d'aerazione. Inizialmente l'elemento è stato testato sperimentalmente in un tubo ad onde piane e ne è stata così determinata la Transmission Loss che

caratterizza le prestazioni di isolamento di un dato elemento (figura 1).

Il modello agli elementi finiti del silenziatore è stato realizzato per mezzo del software commerciale Comsol Multiphysics (figura 2).

I parametri fisici da assegnare al modello Fem sono densità e velocità del suono. Ai volumi caratterizzati dalla presenza di aria sono stati assegnati i valori di densità ρ_0 e velocità del suono c_0 . Per la modellazione del materiale fonoassorbente è stata utilizzata la teoria del fluido equivalente: il materiale equivale a un fluido che può essere descritto completamente da una velocità del suono al suo interno e da una densità, entrambe complesse, e tali da giustificare le dissipazioni energetiche e differenze di fase tra pressione e velocità degli elementi che lo compongono.

La sorgente sonora è stata simulata per mezzo di una condizione di pressione imposta. Alla terminazione è stata assegnata una condizione di impedenza pari a $\rho_0 c_0$ in modo da simulare una terminazione capace di assorbire completamente il campo sonoro che su di essa incide. Le pareti del silenziatore sono state considerate infinitamente

La modellazione teorica della propagazione sonora all'interno di materiali porosi è stata costantemente migliorata grazie anche alla modellazione numerica in ambito multifisico che si è rivelata di fondamentale importanza per la previsione delle prestazioni. Tutte le potenzialità di Comsol Multiphysics

rigide escludendo pertanto sia fenomeni di trasmissione sonora attraverso di esse che quelli di radiazione acustica. Quest'approssimazione non costituisce una limitazione in quanto nelle condizioni reali tali elementi vengono montati all'interno di un muro di spessore elevato (o di una doppia parete).

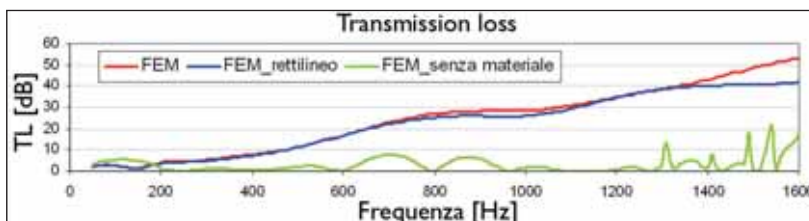
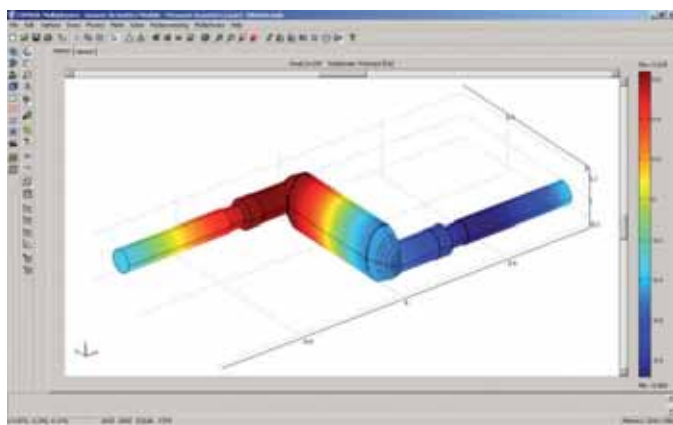
Le pressioni acustiche complesse sono state rilevate in quattro punti che rappresentano le posizioni microfoniche. Il confronto tra misure sperimentali e modello Fem è stato fatto nel range di frequenze compreso tra 50 e 1.600 Hz.

L'accordo è soddisfacente in tutto il range di misura. In particolare le maggiori differenze si osservano nelle curve di Transmission Loss da 800 a 1.100 Hz, con valori comunque inferiori a 4 dB. Le ragioni di tali scostamenti possono essere imputate alle trasmissioni attraverso le pareti laterali che si hanno nelle misure sperimentali.

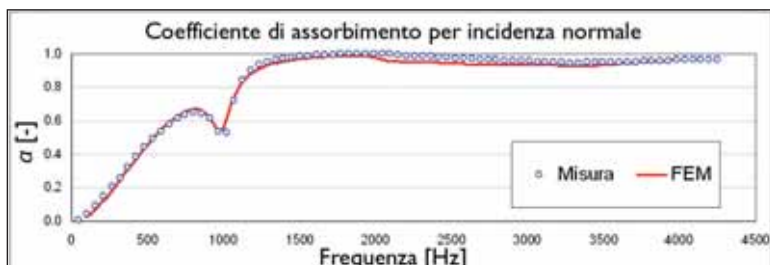
Validato il modello Fem è allora possibile effettuare delle indagini numeriche al fine di studiare, ad esempio, l'effetto del materiale fonoassorbente e delle curve a 90°. In particolare sono stati realizzati due modelli agli elementi finiti nelle seguenti configurazioni: sistema senza gomiti a 90° e sistema senza materiale fonoassorbente (figura 3).

Dagli andamenti della Transmission Loss si può osservare che gli elementi curvi hanno un effetto significativo per frequenze superiori a 1.300 Hz; inoltre dal confronto tra il sistema completo e quel-

2. Silenziatore modellato con Comsol Multiphysics.



4. Simulazione di un materiale poroelastico all'interno di un tubo ad onde piane: confronto tra misure sperimentali e modello Fem.



3. Confronti tra risultati ottenuti

per i modelli FEM del silenziatore nella configurazione reale, del silenziatore rettilineo e del silenziatore senza materiale fonoassorbente.

lo senza materiale fonoassorbente si può osservare come il comportamento dissipativo sia fondamentale per le prestazioni acustiche dell'elemento in esame.

La modellazione numerica

La teoria più generale per la propagazione del suono nei mezzi poroelastici è stata proposta da Biot nel 1956. Tale modello permette di aggiungere alla legge di propagazione del suono nel materiale poroso, considerato rigido, l'effetto delle onde elastiche che si verificano nella sua struttura a partire dalle proprietà elastiche del materiale stesso. Il modello di Biot richiede l'utilizzo di codici di simulazione numerica multifisica essendo presenti i termini dell'equazione della fase solida (i.e. del tensore degli sforzi lineari funzione del modulo di Young, coefficiente di Poisson e smorzamento interno) che rappresentano il comportamento dinamico del materiale nel vuoto e i termini della fase fluida (i.e. funzio-

zioni complesse di densità e modulo di comprimibilità dipendenti da cinque parametri fisici: resistività al flusso d'aria, porosità, tortuosità e lunghezze caratteristiche viscosa e termica), che descrivono il comportamento dinamico del fluido quando la struttura è considerata rigida. Infine sono pre-

senti in entrambe le equazioni opportune funzioni di accoppiamento tra le due fasi, solida e fluida. In particolare è stato simulato un materiale poroelastico omogeneo e isotropo all'interno di un tubo ad onde piane a sezione cilindrica per la determinazione delle proprietà acustiche superficiali. Il provino è eccitato acusticamente su una superficie mentre le altre sono state considerate perfettamente vincolate. Dal rapporto tra pressione acustica e velocità delle particelle sulla superficie eccitata acusticamente è possibile determinare l'impedenza superficiale e quindi il coefficiente di assorbimento acustico per incidenza normale, parametro che fornisce un'indicazione relativa alla frazione di energia non riflessa dal materiale quando posto su fondo rigido.

Il modello di Biot è stato implementato utilizzando due set di equazioni alle derivate parziali inserite direttamente in Comsol Multiphysics, strumento che ci ha fornito la massima flessibilità nello studio di tali sistemi. Inizialmente sono state effettuate misure sperimentali delle cinque proprietà fisiche citate precedentemente (figura 4).

Analizzando i confronti tra i valori sperimentali e simulati del coefficiente di assorbimento per il materiale in esame, si può osservare che l'accordo è soddisfacente in tutto il range di misura e il modello è capace di prevedere i fenomeni di risonanza (intorno a 1.000 Hz), che avvengono nel materiale poroelastico quando vincolato lateralmente all'interno del tubo di misura.

P. Bonfiglio, F. Pompili, *MateriAcustica Srl* (www.materiacustica.it).

readerservice.it n. 58