

Oltre il rumore

UN INNOVATIVO BANCO PER TESTARE L'EFFICIENZA DEI SILENZIATORI E CHE È IN GRADO DI OGGETTIVARNE LE CARATTERISTICHE

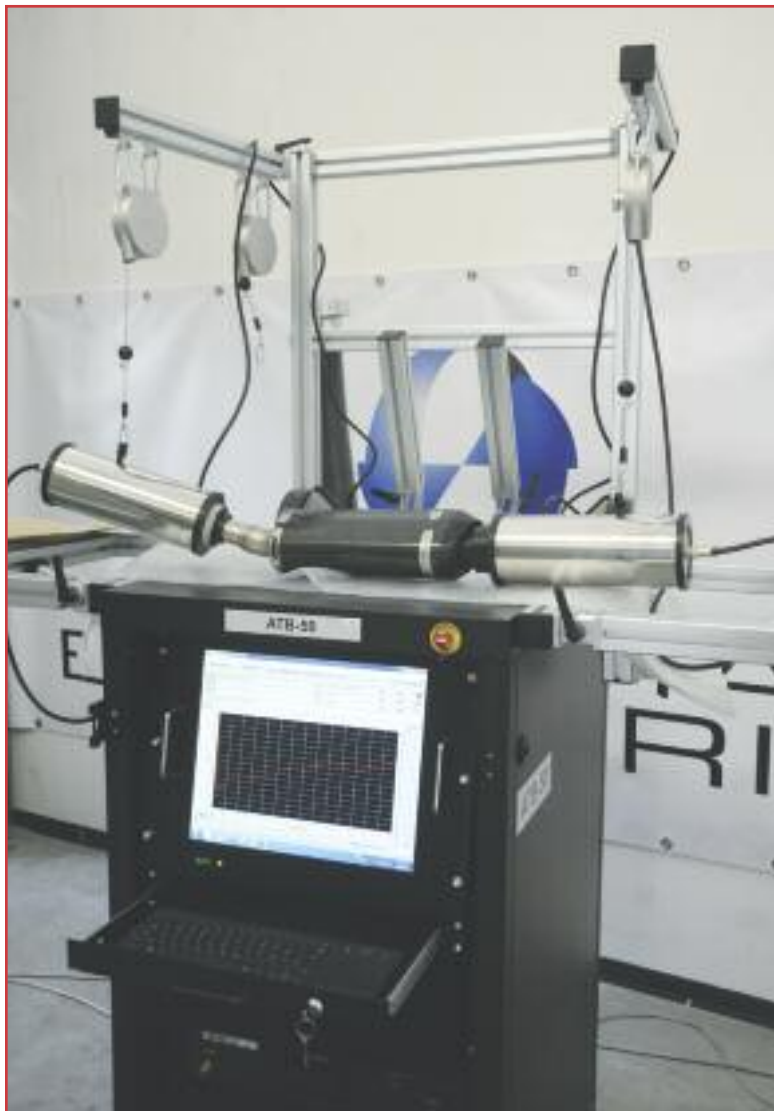
Il rumore dello scarico della nostra moto è senza dubbio uno degli ingredienti indispensabili per farci sentire totalmente coinvolti nella nostra passione. Al di là dei decibel che spesso ci vengono contestati su basi talvolta piuttosto labili dai tutori dell'ordine, il cosiddetto 'rumore' dello scarico è creato da una somma infinita di fattori che coinvolgono l'architettura del motore, il rapporto di compressione, il diagramma della distribuzione, la conformazione dei condotti e, in ultimo, forma e struttura dell'impianto di scarico. Oggi

è forse un po' più difficile, ma all'alba delle maxi moto nipponiche, il passaggio di una Honda CB750 piuttosto che di una Kawasaki 900 si riconosceva a occhi chiusi. E ancora oggi il 'sound' di un GSX-R resta inconfondibile. E lo stesso dicasi per la moto che più di ogni altra ha iconizzato il rumore dello scarico, ovvero la Harley-Davidson.

A parità di caratteristiche del motore, comunque, la geometria del sistema di scarico può fare emergere quelle tonalità molto personali sulle quali giocano i Co-

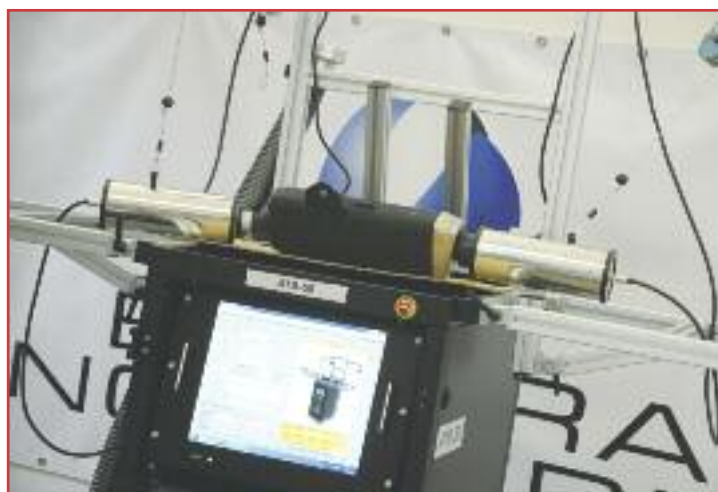
struttori di scarichi aftermarket e, da un po' di tempo a questa parte, anche le Case, che hanno capito che, pur dovendo rimanere nei limiti imposti dalla legge, avere una 'nota caratteristica' può aiutare a rendere più attrattivo il loro prodotto. Dobbiamo esprimere un doveroso ringraziamento a Paolo Termignoni, che è venuto alla BASTRA per seguire l'interessante test cui abbiamo sottoposto un prodotto della sua azienda e la ZARD che ci ha messo a disposizione il suo kit che include i tubi di scarico e il terminale.





Il banco BASTRA ATB-50 descritto nel testo. all'interno c'è un compressore che genera il flusso d'aria di portata variabile tra i 10 e gli 800 kg/h a una pressione di 250-10 mbar, utilizzato per le prove fluidodinamiche di misura della contropressione. Nella foto a sinistra è in prova il terminale della Termignoni.

Sotto, il silenziatore standard Kawasaki Ninja 300 in prova.



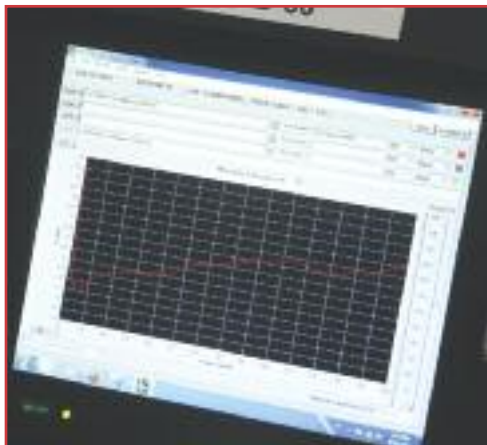
oltre a questi due scarichi aftermarket abbiamo effettuato le misure anche con il terminale originale della Kawasaki Ninja 300, moto sulla quale abbiamo anche provato entrambi i terminali su strada. La prova effettuata esula un po' dalle tipiche 'comparative' che di tanto in tanto compaiono sulle riviste: queste sono spesso contestate dai Costruttori poichè la prova sul banco a rulli, a meno di adottare misure particolari ed effettuare una fitta serie di test monitorando tutte le condizioni al contorno, non sono ripetitive al 100%. Se la 'musicalità' dello scarico è difficile da misurare e quindi oggettivare, e il rilievo di potenza e coppia non affidabile al 100% ci sono altre caratteristiche che invece possono essere lette, misurate e registrate con idonee apparecchiature in grado, alla fine, di emettere un verdetto inappellabile sull'efficienza di un sistema

di scarico e di un terminale. E questo è stato il target che i tecnici della BASTRA Engineering si sono posti creando il loro banco acustico ATB-30/50/100.

A cosa serve e cosa misura

Oggi esistono dei programmi di simulazione che, impostando i parametri caratteristici del sistema di scarico sono in grado di prevedere le sue prestazioni; ma per calibrare i codici monodimensionali con cui operano i simulatori serve un riscontro pratico del comportamento acustico delle varie componenti. Per questo ci viene in aiuto la scienza che indica il Transmission Loss, ovvero lo smorzamento alle varie frequenze, come misura ideale per una caratterizzazione acustica. Normalmente queste calibrazioni vengono fatte in laboratorio, utilizzando amplificatori,

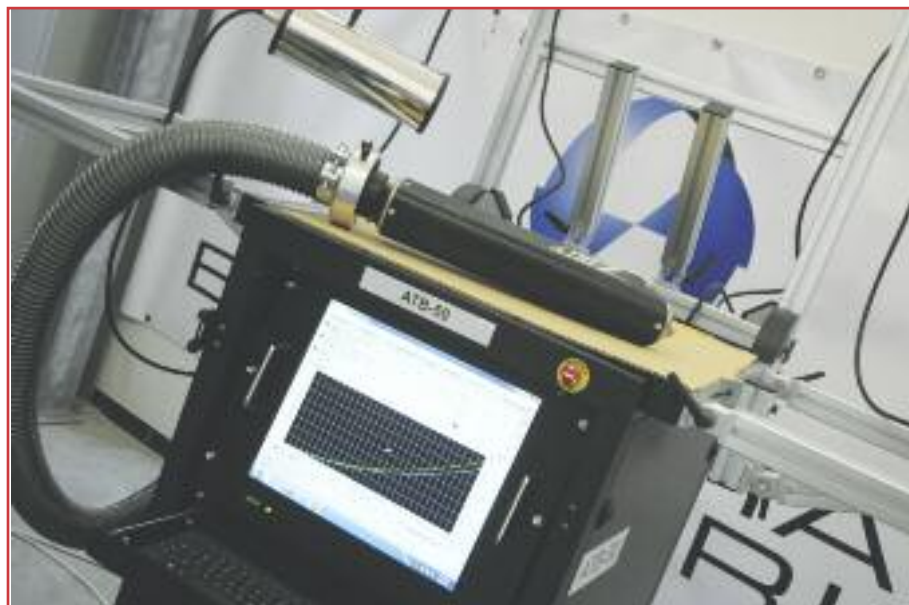
microfoni, analizzatori che ogni volta devono essere installati e collegati tra loro in modo piuttosto complesso e non definitivo. La lunga esperienza maturata in questo tipo di misurazioni ha fatto decidere ai tecnici della BASTRA di inglobare tutti questi componenti in un unico banco compatto, governato da un software efficiente e 'user friendly' in grado di effettuare in modo semplice e ripetitivo questo tipo di indagine. "Lo spunto per realizzare questo banco", ci ha spiegato Rainer Wirtz titolare di BASTRA, "ci è venuto da una discussione che abbiamo avuto con un Costruttore cinese che, dopo aver realizzato un silenziatore su nostro disegno, ci contestava che i risultati ottenuti non erano quelli previsti dalla specifica. Per capire cosa era successo abbiamo dovuto farci spedire il prototipo, aprirlo e misurarlo, per poi scoprire che c'erano delle inesat-



La curva di misura del silenziatore in prova. In funzione della frequenza abbiamo una scala in dB che, quantitativamente, tanto più è alta tanto più indica che l'oggetto a quella determinata frequenza abbatte il rumore. In questo caso è evidente che l'abbattimento a 1400 Hz è superiore a quello a 100 Hz; un comportamento tipico dei silenziatori ad assorbimento. Sotto i 50 Hz la curva non è attendibile poiché il range di frequenza che si riesce a descrivere dipende dalla distanza tra i microfoni che è in questo caso di 110 mm cioè dai 50 ai 1400 Hz ovvero la più interessante per il range di giri motore che ci interessa. Avvicinando i microfoni il range di frequenza si sposta verso l'alto. In questo caso la zona di maggior interesse inizia attorno ai 100 Hz (equivalenti al primo ordine di scoppio di un bicilindrico a 6000 giri/min dell'albero) e si protrae sino a 200-250 Hz. A destra si vede la scala della temperatura che può essere modificata a piacimento: il software introduce automaticamente un coefficiente correttivo della curva (foto 1).



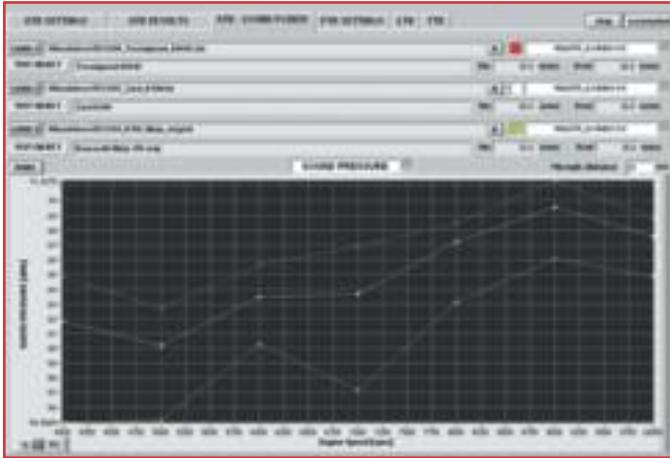
Prima di effettuare la prova della contropressione occorre fare fluire l'impianto e attendere la stabilizzazione del flusso per poter calibrare l'apparecchiatura. Ovviamente la procedura è gestita dal software. In questo caso è stata impostata una portata di 300 kg/h. L'acquisizione del deltapi avviene per 10s con misure ogni 500 ms.



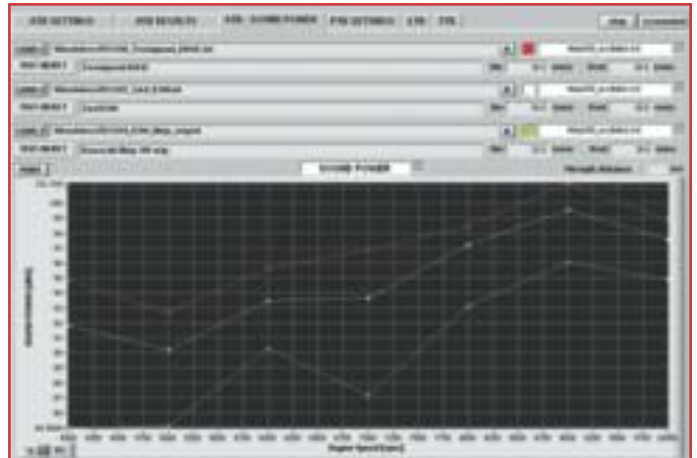
La curva che indica l'andamento della pressione acustica a una determinata distanza del microfono di un fonometro virtuale (in questo caso 9 m) in funzione dei giri motore. I valori in dBA sono utili per valutazioni comparative tra silenziatori diversi, ma non sono direttamente confrontabili coi valori misurati in by-pass in campo aperto poiché il software non considera il contributo di rumore generato dal pneumatico, dall'aspirazione e da rumore meccanico. In questo caso si vede che il silenziatore è più efficiente a 5000 giri che a 4000 giri (foto 2).

tezze nella costruzione che lo rendevano dissimile da quello che era stato progettato. Un approccio poco pratico, specie quando la comunicazione non è semplice a causa della distanza e della lingua, che ci ha suggerito di pensare a un'apparecchiatura che potesse effettuare delle misure oggettive in loco che potessero poi essere confrontate con quelle simulate o eventualmente effettuate presso di noi con un'apparecchiatura identica". Una buona intuizione, tanto che ad oggi ci sono un ventina di questi banchi operativi in ogni parte del mondo.

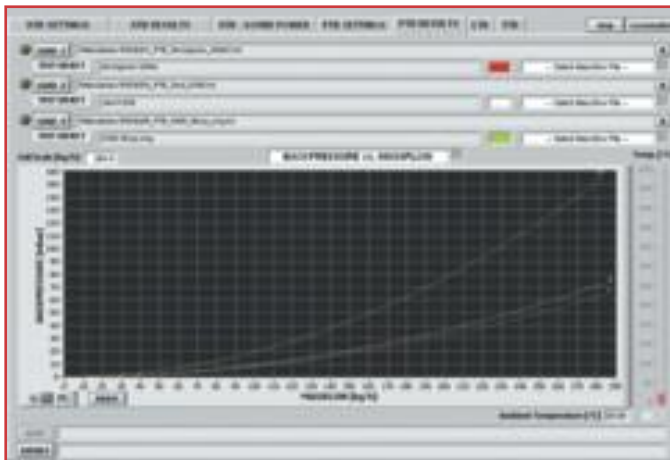
Il banco ATB misura la funzione di trasferimento, ovvero il Transmission Loss (TL), la Back Pressure (BP) ovvero la contro pressione generata dal passaggio del fluido nell'elemento insonorizzato e può anche verificare se ci sono dei trafileamenti (LT come Leakage Test) ovvero microperdite di gas verso l'esterno. Ovviamente l'apparecchiatura è in grado di misurare questi parametri anche per l'impianto di aspirazione che, col flusso invertito, dal punto di vista acustico funziona similmente allo scarico. La validità dell'apparecchiatura è dimostrata da test effettuati su condotti di geometria



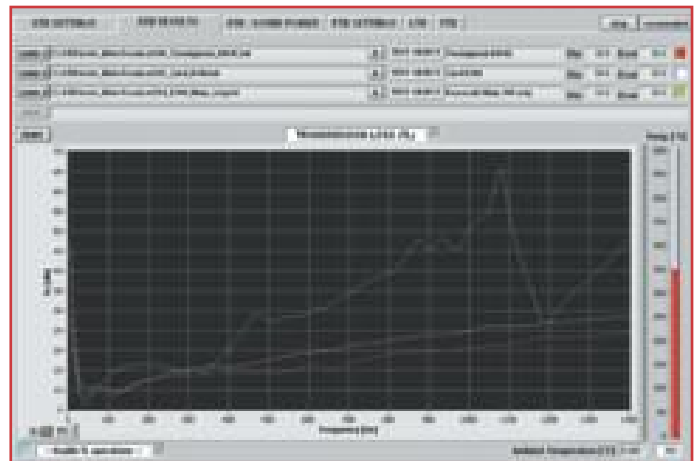
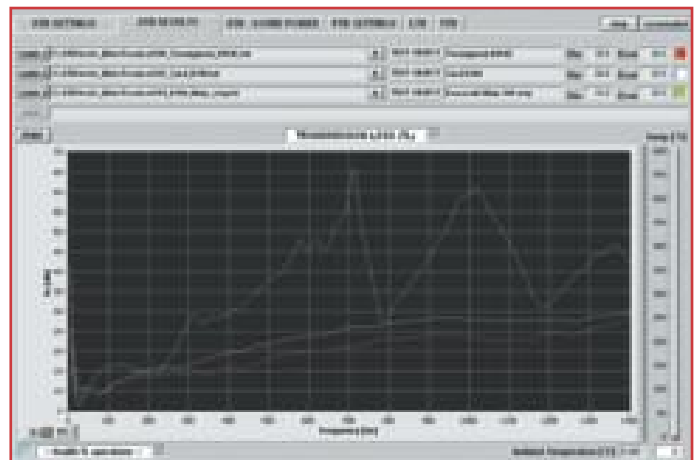
La correlazione fra le varie curve Sound Pressure: curva rossa scarico Terminigni, curva bianca scarico ZARD e curva verde scarico di serie (foto 3).



Il confronto tra le Potenze Acustiche (foto 4)



Il confronto tra le curve della contropressione in funzione della portata. In questo caso il silenziatore di serie 'strozza' di più il motore, come è giusto che sia visto il maggior potere fonoassorbente (foto 5).



Il confronto delle curve TL a due diverse temperature, quella ambiente ea 350°C.

nota per i quali la teoria è in grado di prevedere con esattezza il comportamento dal punto di vista acustico: in questo caso i dati sperimentali ricavati riproducono esattamente quelli teorici. Il flusso d'aria che serve per le misure è generato da un compressore contenuto nell'apparecchiatura di portata e pressioni variabili. Il software prevede anche la correzione delle prove con la temperatura: pur soffiando nel sistema aria a temperatura ambiente, si può così verificare il funzionamento reale, ovvero fino a una temperatura di 600°C nel silenziatore. Esiste anche la possibilità di installare un altro modulo per flussare i corpi farfallati nella zona del minimo con alto delta di pressione e bassa portata: una di queste apparecchiature è stata allestita per un'azienda che la utilizza per un controllo in accettazione dei corpi farfallati consegnati da un fornitore esterno pre tarati secondo specifica. In sostanza il banco ATB può essere utilizzato per tre scopi: il controllo qualità in accettazione, ovvero prelievo di un campione dalla fornitura e controllo dei parametri acustici senza effettuare misure geometriche o

verifiche dimensionali, lo sviluppo pratico del componente oppure la validazione e la calibrazione del modello matematico di simulazione. Ovviamente il primo utilizzo interessa il settore produttivo delle aziende mentre gli altri sono più dedicati alla R&D e sono quelli che BASTRA utilizza, mettendo a disposizione del cliente che non vuole investire in un'apparecchiatura personale, attrezzature e know-how per fare R&D conto terzi.



Al termine della prova si discutono i risultati ottenuti.

LE DEFINIZIONI TECNICHE

La pressione acustica o Sound Pressure (SPL in breve) definisce l'ampiezza di una onda sonora in un punto ed è espressa come $SPL [dB] = 20 \cdot \log_{10}(p_1/p_0)$, dove $p_1 [Pa]$ è la pressione acustica rilevata e $p_0 = 20 \mu Pa$ è la pressione acustica di riferimento a 0 dB. La pressione acustica è funzione della potenza acustica della sorgente, della distanza dalla sorgente e della densità del mezzo in cui l'onda si propaga.

La **potenza acustica o Sound Power (SWL in breve)** quantifica l'energia acustica emessa per unità di tempo da una sorgente, ed è espressa su scala logaritmica come $SWL [dB] = 10 \cdot \log_{10}(P_1/P_0)$, dove $P_1 [W]$ è la potenza acustica rilevata e $P_0 = 10^{-12} W$ è il valore fissato convenzionalmente come corrispondente a 0 dB. A differenza della pressione acustica non dipende dalla distanza.

La **Transmission Loss (TL in breve)** di un silenziatore è definita come il rapporto tra la potenza acustica incidente (W_1) e la potenza acustica trasmessa (W_2), espressa in scala logaritmica: $TL [dB] = 10 \cdot \log_{10}(W_1/W_2)$.

È funzione della frequenza, della geometria del silenziatore e del materiale fonoassorbente eventualmente presente all'interno del silenziatore e non dipende dalla sorgente di eccitazione.

Il **Insertion Loss (IL in breve)** è definito come la differenza tra i livelli di pressione sonora misurati in un punto dello spazio prima e dopo l'inserimento del silenziatore: $IL [dB] = 20 \cdot \log_{10}(p_{senza}/p_{con})$.

La prova

Condizione iniziale da rispettare è quella di effettuare il collegamento accurato del terminale (o del sistema completo), utilizzando degli adattatori che facciano tenuta sui diametri esterni in ingresso e uscita, e si adattino ai rispettivi diametri interni. I terminali in prova, destinati a equipaggiare la Kawasaki Ninja 300, ci sono stati gentilmente messi a disposizione da Termignoni

e ZARD: si tratta in entrambi i casi di silenziatori del tipo 'ad assorbimento' ovvero costituiti, tipicamente, da un tubo forato passante rivestito all'esterno da materiale fonoassorbente contenuto poi dall'involucro esterno che funge anche da parte estetica. Per lo ZARD l'involucro è in alluminio, mentre per il Termignoni si è utilizzata la fibra di carbonio. I silenziatori ad assorbimento sono più efficaci da una certa frequenza in su e

La Kawasaki Ninja 300 col terminale di Termignoni.



Il diametro di ingresso è da 35 mm e monta sul collettore 2 in 1 originale.



Il terminale ZARD in alluminio è più voluminoso del Termignoni e infatti ottiene risultati migliori in termini di smorzamento.

sono meno efficienti alle basse frequenze. L'originale, invece, è un silenziatore di tipo cosiddetto 'reattivo', basato cioè sul principio dell'assorbimento acustico per risonanza o riflessione, utilizzando delle camere interne conformate in modo da generare delle onde risonanti o riflesse che possano assorbire parte dell'energia sonora che si propaga per effetto delle onde di pressione uscenti dalle valvole di scarico. Nel caso del compo-

nente Kawasaki, presumiamo contenga anche del fonoassorbente che ne rende il funzionamento in piccola parte 'ibrido'. Di certo, a parte l'utilizzo di materiali meno pregiati, il peso del componente originale è più che doppio rispetto al più pesante dei due aftermarket.

L'interfaccia utente del software è estremamente semplice da utilizzare, come abbiamo potuto verificare nel corso della prova



In questo caso il diametro di ingresso è pari a 50 mm e dunque richiede un nuovo collettore. Quello fornito col kit è di ottima fattura, in tre pezzi ben accoppiati da loro e che donano al motore un aspetto decisamente più.. da grande. Per l'unione si utilizzano molle facili da agganciare col semplice attrezzo in dotazione col kit insieme a tutto il necessario per la sostituzione.

pratica condotta dall'ingegner Cristian Fantuzzi di BASTRA. La pagina iniziale prevede l'impostazione dei parametri, ovvero i diametri di ingresso e uscita e l'identificazione dell'oggetto in prova. Il silenziatore è poi collegato ai due host acustici tramite dei raccordi a tenuta. All'avvio della prova acustica il sistema eccita con un rumore 'bianco' il silenziatore, ovvero con tutte le frequenze dello



spettro in cui esso deve operare, fino a 3 kHz. L'eccitazione avviene prima in un senso e poi nell'altro. Ciascuno dei due host contiene due microfoni, posizionati a una distanza fissa tra loro, che consentono di distinguere l'onda incidente e quella riflessa per poi calcolare la potenza acustica netta che entra nell'oggetto e quella netta che ne esce. Il risultato è la 'curva caratteristica' del silenziatore in prova (**foto 1**, pagina Transmission Loss), il cui utilizzo è interessante come confronto con un altro silenziatore oppure per verificare la validità delle modifiche introdotte in fase di sviluppo.

Il passo successivo, visualizzato nella pagina Sound Power (**foto 2**), consiste nel legare la caratteristica del silenziatore alle

eccitazioni che vengono dal motore: il suono reale è legato a quanto (e come) eccita il motore e come attenua il silenziatore. In questo caso si prendono le eccitazioni di un modello privo di silenziatore (il software permette di utilizzare delle eccitazioni preventivamente calcolate o misurate riferite a un motore con caratteristiche uguali o simili a quello reale su cui è montato il silenziatore).

La terza misura effettuata è quello della contropressione (**foto 3**). In questo caso la temperatura del fluido è molto importante poiché a caldo il volume è molto superiore e bisogna quindi introdurre un coefficiente correttivo. Questa misura indica la resistenza che incontra il flusso d'aria uscente dal motore nell'attraversare

il silenziatore ed è da correlare con le altre per capire quanto l'effetto di abbattimento può influenzare in negativo le prestazioni del motore, magari molto silenziato ma altrettanto 'strozzato'...

Conclusioni

I silenziatori Zard e Termignoni evidenziano una TL leggermente crescente all'aumentare della frequenza e senza oscillazioni importanti, tipica di silenziatori a tubo perforato con materiale fonoassorbente, cioè essenzialmente dissipativi. Su tutto il campo di frequenze indagato lo ZARD ha una attenuazione leggermente maggiore rispetto al Termignoni, probabilmente per effetto della maggiore lunghezza del tubo perforato, il volume maggiore e delle caratteristiche fisiche del materiale fonoassorbente. Come prevedibile il silenziatore di serie genera una attenuazione molto maggiore rispetto agli aftermarket. Si tratta di un silenziatore di tipo reattivo, ovvero che crea attenuazione principalmente grazie alle riflessioni delle onde sonore per effetto delle variazioni geometriche, e questo comporta una TL con forti oscillazioni in frequenza.

La maggiore attenuazione dello scarico di serie comporta una potenza acustica stimata nettamente inferiore (**foto 4**). A 6000 giri la potenza acustica dello standard (curva verde) ha un picco dovuto al fatto che a quel regime il 3° ordine di scoppio del bicilindrico cade a 300 Hz, laddove la TL evidenzia una 'valle' di bassa attenuazione.

Dal punto di vista della contropressione (**foto 5**) il ranking naturalmente si inverte, e gli scarichi 'racing' performano molto meglio dello standard, in particolare il Termignoni, più corto che però paga un po' in attenuazione.

In generale il processo di ottimizzazione di un sistema di scarico va fatta cercando di ottenere la maggior attenuazione nel range di frequenza dove gli ordini di eccitazione sono importanti senza aumentare troppo la contropressione, e il banco ATB-PTB contiene tutti i moduli funzionali per portare a buon fine a questo processo.

