

L'impiego dei vibrometri Laser nella conservazione del patrimonio architettonico

L'Italia è un paese che, come pochi altri, può vantare un patrimonio architettonico di rara bellezza, oltretutto fonte di ricchezza grazie alla moltitudine di turisti che lo vengono ad apprezzare da ogni parte del mondo. Nel nostro paese non c'è borgo o frazione che non nasconda qualche manufatto memoria di tempi antichi o di passate gesta. Un patrimonio come questo deve necessariamente essere preservato dal passare del tempo, e dalla conseguente aggressione continua di ogni sorta di agenti chimici, fisici, e biologici. Tra le indagini mirate alla valutazione dello stato di conservazione di un manufatto esiste anche l'analisi delle vibrazioni, fatta sia per valutare come queste possano influire sul manufatto stesso contribuendo al suo degrado, sia per avere informazioni relative alle variazioni delle caratteristiche dinamiche dello stesso che, opportunamente elaborate, consentono di identificare problemi di tipo strutturale. Le vibrazioni, come sappiamo, si misurano con appositi trasduttori applicati sulla struttura, che rilevano in che modo questa vibra a causa delle sollecitazioni meccaniche che le pervengono. Purtroppo l'applicazione di un trasduttore di vibrazioni su un antico manufatto è qualche cosa di non sempre così semplice ed economico; infatti spesso i punti di interesse per l'analisi delle vibrazioni sono posti in posizioni difficilmente accessibili (ad esempio lungo la parete di una torre o all'intradosso di una trave posta sul soffitto di una chiesa), e su superfici che male si prestano al fissaggio di qualche cosa (si pensi ad esempio alla friabile muratura di bellissime basiliche in arenaria, o addirittura a superfici affrescate dove è impensabile attaccare qualsiasi cosa). Oltre alle difficoltà esposte non bisogna poi trascurare gli elevati costi legati ad operazioni di questo tipo, che prevedono l'impiego di complessi ponteggi per raggiungere i punti di misura.

Una rivoluzionaria alternativa ai metodi di rilievo dinamico classici è data dai vibrometri laser, i quali sono in grado di rilevare le vibrazioni a distanza senza necessità di contatto, grazie ad un fascio laser che viene puntato contro la superficie della quale si desidera conoscere la vibrazione. Grazie ai vibrometri laser è quindi possibile conoscere ad esempio la vibrazione presente alla sommità di un muro alto trenta metri, semplicemente mettendo il trasduttore su un treppiede posto nel piano della strada, e puntando il laser verso la sommità della parete; altrettanto semplicemente è ovviamente possibile cambiare il puntamento per selezionare tutti i punti di lettura che necessitano all'indagine vibratoria.

Il principio di funzionamento di questi vibrometri laser è, almeno dal punto di vista del fenomeno fisico che sfruttano, tutto sommato abbastanza semplice: infatti il fascio laser che viene riflesso dalla superficie verso la quale è stato indirizzato porta con sé, grazie all'effetto doppler, l'informazione della vibrazione del punto esaminato. Le metodologie di analisi che possono poi essere impiegate a valle del vibrometro laser sono molteplici, e spaziano dalla semplice analisi in frequenza del fenomeno vibratorio, fino alla analisi modale o alla taratura di un modello matematico agli elementi finiti.



La Basilica di S. Michele a Pavia - XII secolo

Un vibrometro laser doppler è, in linea di principio, un interferometro che miscela il fascio laser riflesso dall'oggetto in esame, con un fascio laser di riferimento.

Se il fascio laser viene riflesso da un oggetto che vibra, la sua frequenza ottica è affetta dallo shift doppler indotto dalla velocità di vibrazione dell'oggetto in esame. La frequenza f_d è data dall'equazione:

$$f_d = 2 v \cos \alpha / \lambda \quad (1)$$

dove v è la velocità di vibrazione dell'oggetto su cui si riflette il fascio laser, λ è la lunghezza d'onda ottica, ed α è l'angolo formato dalla direzione del raggio riflesso con la direzione della vibrazione.

Assumendo che la posizione del target sia data da:

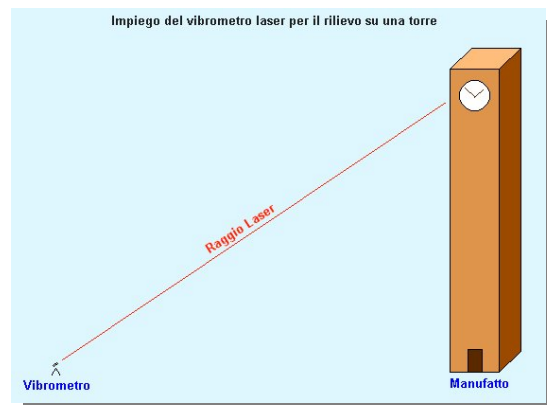
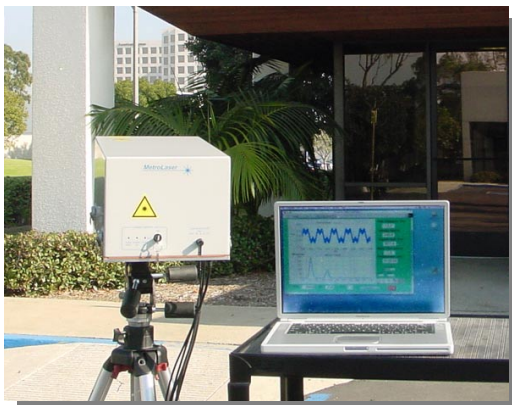
$$X = X_m \cos(\omega_a t) \quad (2)$$

dove X_m è lo spostamento massimo ed ω_a è la frequenza rotazionale di vibrazione, la velocità di vibrazione v risulta essere

$$v = -X_m \omega_a \sin(\omega_a t) \quad (3)$$

Sostituendo quindi la (3) nella (1), la frequenza f_d è data da:

$$f_d = -2 X_m \omega_a \sin(\omega_a t) \cos \alpha / \lambda \quad (4)$$



Il Vibrometro Laser LR-LDV



- **Non necessita di regolazioni**
- **Misura fino a 50 metri**
- **Alta sensibilità**
- **Realizzazione robusta per misure in campo**
- **Range di misura velocità: da 1 $\mu\text{m/s}$ a 5 mm/s**
- **Gamma in frequenza: da 0 a 25 kHz**
- **Distanza di lavoro: da 5 m a 50+ m**
- **Lunghezza d'onda: 532 nm**
- **Uscita: velocità e FM**
- **Dimensioni e peso: 48.2x25.4x21.6 cm - 12 kg**