PuntoSicuro

ARTICOLO DI PUNTOSICURO

Anno 24 - numero 5242 di Lunedì 26 settembre 2022

Rischio vibrazioni e rumore: la modellazione di una macchina agricola

Un manuale operativo sulla progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo si sofferma sulla modellazione vibrazionale e acustica di una macchina agricola. La sotto strutturazione dinamica e la validazione sperimentale.

Roma, 26 Set ? Nel comparto agricoltura le macchine impegnate nelle lavorazioni agricole possono generare vibrazioni e produrre alti livelli di rumore. E la normativa in materia di salute e sicurezza impone di monitorare l'esposizione a **vibrazioni e rumore** a cui può essere sottoposto l'operatore.

Per favorire questa attività di monitoraggio abbiamo presentato nei nostri articoli la pubblicazione " Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo. Manuale operativo" prodotta dal Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale (DIMEILA) dell' Inail e correlata ad un progetto BRIC Inail connesso alla progettazione, costruzione, certificazione e bonifica di macchine, attrezzature e ambienti di lavoro a basso rischio di esposizione a rumore e vibrazioni per i lavoratori.

Il manuale operativo ha l'obiettivo di fornire a progettisti e costruttori di macchine e attrezzature agricole gli strumenti per "progettare e realizzare **macchine a minore emissione di rumore e vibrazioni**, sia per quanto riguarda macchine nuove che usate". E a tale scopo, "gli strumenti utilizzati sono la **modellazione sotto strutturale dinamica** e la **SEA** (Statistical Energy Analysis)" e il manuale propone numerosi esempi pratici e casi studio relativi ai "principali interventi tecnici per la **riduzione dell'esposizione a rumore e vibrazioni** al posto di guida, quali sedili antivibranti, cabine antivibranti, assali ammortizzati". Questi strumenti, uniti a quelli già presenti nel Portale Agenti Fisici (PAF), possono contribuire alla riduzione dei livelli di rischio dovuti all'esposizione professionale a rumore e vibrazioni, come previsto dal D.Lgs. 81/2008 (art. 28, comma 3ter).

Dopo aver affrontato vari temi connessi al rischio vibrazioni e al rischio rumore nell'uso delle macchine agricole, ci soffermiamo oggi sul tema della **modellazione acustica e vibratoria** delle macchine con particolare riferimento ai seguenti argomenti:

- La modellazione vibrazionale e acustica di una macchina agricola
- La sotto strutturazione e l'analisi dinamica della macchina agricola
- Modellazione, normativa e validazione sperimentale dei modelli

Pubblicità
<#? QUI-PUBBLICITA-MIM-[CSRS21_RSVCI] ?#>

La modellazione vibrazionale e acustica di una macchina agricola

Nei primi capitoli il manuale evidenzia come una macchina agricola, intesa, in questo caso, come una macchina operatrice collegata ad un trattore, "può assumere le più diverse configurazioni e produrre effetti molto diversi dal punto di vista dell'esposizione alle vibrazioni sull'operatore". Ad esempio "in base al tipo di macchina operatrice, all'attacco e al tipo di trattore, le vibrazioni trasmesse al sedile dell'operatore variano sensibilmente: ciò comporta che per prevedere e valutare il rischio a cui l'operatore è soggetto nell'effettuare le diverse operazioni lavorative, sarebbe necessario analizzare tutte le svariate configurazioni e combinazioni del sistema operatrice-attacco-trattore, che richiederebbero un ingente numero di analisi".

Se nelle fasi di progettazione del singolo trattore o della singola macchina operatrice "non è pensabile modellare ogni diversa macchina agricola realizzabile al fine di prevedere gli effetti delle vibrazioni sull'operatore", è invece più efficace "**partire da singoli modelli delle componenti della macchina agricola** (trattore, attacco e macchina operatrice) e dall'accoppiamento di essi ottenere il **comportamento dinamico** della macchina agricola completa". Questo permettere di analizzare diverse configurazioni della macchina (ad esempio diverse macchine operatrici accoppiate al medesimo trattore) "variando solo il modello di uno dei componenti". E questa possibilità è offerta dalla **sotto strutturazione dinamica**, come descritta nel paragrafo 7.1 del manuale ed in particolare dalla tecnica di accoppiamento dinamico (paragrafo 7.3).

Riguardo alla **modellazione**, è sufficiente che i modelli di ciascuna componente siano in grado di "rappresentare accuratamente il comportamento dinamico del singolo componente e della macchina nel suo complesso nella banda in frequenza e nelle posizioni di interesse per l'analisi vibrazionale. Ciò consente di adottare modelli anche molto semplificati senza perdita di accuratezza nell'analisi vibrazionale della macchina agricola".

Si ricorda poi che esistono anche **macchine agricole semoventi** "che possono essere trattate a tutti gli effetti come una singola macchina motrice", analogamente a quanto viene fatto per i trattori, "ovviamente adottando una modellazione che sia in grado di rappresentarne efficacemente il comportamento dinamico".

La sotto strutturazione e l'analisi dinamica della macchina agricola

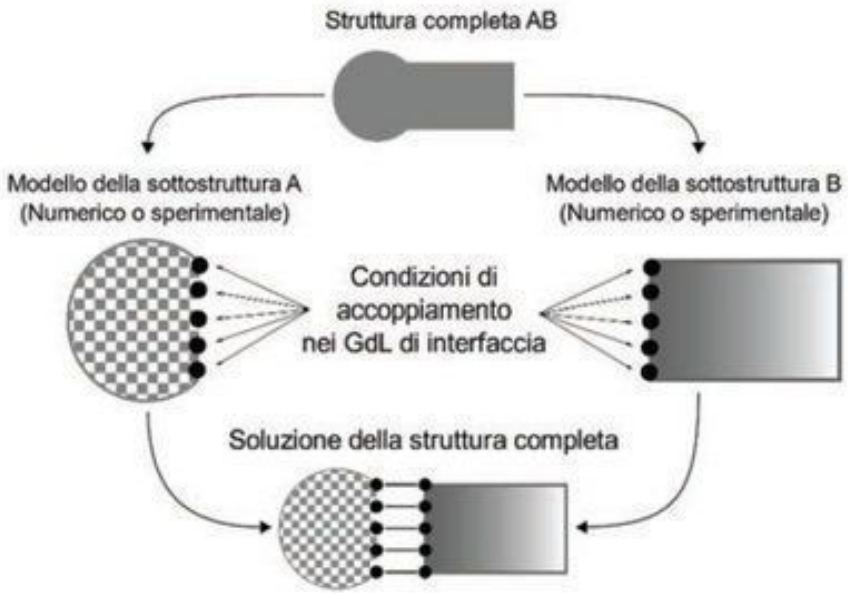
Si ricorda che nel campo della dinamica strutturale, "le metodologie di **sotto strutturazione dinamica** hanno giocato un ruolo di fondamentale importanza, perché consentono di studiare il comportamento dinamico di una struttura complessa a partire dal comportamento dinamico delle sottostrutture che la compongono".

Questi i **vantaggi**:

- "La possibilità di studiare il comportamento dinamico di strutture che sarebbero troppo grandi o complesse da analizzare con un unico modello. In particolare, nella fase di sviluppo permette di analizzare gli effetti sul sistema completo di modifiche locali variando solo il modello della sottostruttura interessata.
- L'analisi dei singoli sottosistemi permette un riconoscimento più immediato dei comportamenti dinamici locali di interesse per la dinamica del sistema completo. La sotto strutturazione dinamica permette quindi di condurre in modo molto efficiente delle ottimizzazioni locali. Al contempo, è possibile trascurare nell'analisi i comportamenti dinamici che non hanno un effetto significativo sulla dinamica del sistema assemblato. Ciò consente una descrizione semplificata del comportamento dinamico del sottosistema e, conseguentemente, una riduzione dei tempi di analisi.
- La possibilità di assemblare sottostrutture il cui comportamento dinamico sia descritto mediante modelli discretizzati o analitici di derivazione teorica, e sottostrutture descritte mediante modelli derivati da misure sperimentali.
- La possibilità di combinare sottostrutture modellate da diversi gruppi di progetto anche in tempi e sedi differenti".

Riprendiamo dal documento una immagine che illustra schematicamente "l'**approccio della sotto strutturazione**: a partire dai modelli numerici, analitici o sperimentali delle sottostrutture componenti, si stabiliscono le condizioni di accoppiamento nei GdL" (gradi di libertà, approssimativamente il numero di movimenti possibili di un sistema strutturale) "di interfaccia tra le sottostrutture e si ottiene il comportamento dinamico della struttura accoppiata".

Figura 35 **Sotto strutturazione**



(Università degli Studi di Roma La Sapienza - DIMA in collaborazione con Università degli Studi dell'Aquila - DIIIE)

Dunque si propone, nel documento, di effettuare l'**analisi dinamica della macchina agricola** "mediante il metodo della sotto strutturazione per i seguenti vantaggi:

- permette di analizzare la dinamica del sistema completo (la macchina agricola) mediante la caratterizzazione dei singoli componenti (trattore, attacco e macchina operatrice);
- semplifica l'analisi del sistema completo quando viene modificato solo uno dei sottosistemi (come nel caso di diverse macchine operatrici connesse al trattore o della stessa macchina operatrice connessa a diversi trattori);
- consente di focalizzare l'attenzione solo sui punti di interesse del problema in esame (ad esempio nel caso di trasmissione delle vibrazioni dalla macchina operatrice al trattore, i punti di connessione tra trattore e macchina operatrice)".

Modellazione, normativa e validazione sperimentale dei modelli

Il documento ricorda che per la **modellazione della macchina agricola** mediante la tecnica della sotto strutturazione dinamica è dunque necessario "individuare le sottostrutture componenti e scegliere i modelli più opportuni per descriverne il comportamento dinamico in funzione dell'analisi da svolgere". E l'individuazione delle sottostrutture del sistema

trattore-attacco-operatrice "è effettuata in base alle **normative vigenti in ambito trattoristico**, che definiscono univocamente le interfacce tra i componenti del sistema:

- la **norma ISO 730** definisce i sistemi di attacco a tre punti posteriori indicando le dimensioni principali per le varie categorie dimensionali;
- la **norma ISO 8759-4** definisce analogamente i sistemi di attacco a tre punti anteriori;
- la **norma ISO 2332** definisce l'interfaccia di collegamento della macchina operatrice all'attacco a tre punti;
- la **norma ISO 6489** definisce le connessioni meccaniche per le macchine trainate".

Per quanto riguarda poi la modellazione dei trattori agricoli si indica che "l'operatore della macchina agricola nella postazione di guida, a seguito dei moti di beccheggio, rollio e pompaggio del trattore, è soggetto a vibrazioni in generale in tutte le direzioni spaziali di traslazione e rotazione. Tuttavia, alcune di esse possono essere trascurate rispetto alle vibrazioni di entità più significativa, quali quelle che agiscono ad esempio in direzione verticale sulla postazione di guida. A tale fine, la dinamica del trattore può essere semplificata utilizzando un modello bidimensionale nel piano longitudinale (modello monotraccia o a bicicletta), in grado di descrivere il moto di avanzamento del trattore e i movimenti di pompaggio e beccheggio. Qualora si ritenga necessario includere anche gli effetti del rollio sarebbe necessario adottare un modello tridimensionale".

Il documento, che si sofferma anche sull'accoppiamento delle sottostrutture e sui modelli SEA per l'analisi acustica alle medie alte frequenze, sottolinea che per poter valutare attraverso i modelli il comportamento del sistema assemblato della macchina agricola, o di una sua parte, "è necessario che questo riproduca il comportamento dinamico reale". E dunque il modello "deve essere **validato attraverso dati sperimentali**. Ad esempio, il modello di un trattori agricoli può essere validato confrontando la risposta temporale del modello numerico con la risposta misurata del trattore reale, entrambi forzati dalla eccitazione generata dall'attraversamento di un tracciato standardizzato".

Concludiamo rimandando alla lettura integrale del documento, con particolare attenzione ai paragrafi inerenti la modellazione, ricordando che il manuale propone vari esempi e indicazioni relativi a:

- modellazione di un trattore a 2 GdL
- modellazione di una macchina operatrice semi-portata
- modellazione degli attacchi a tre punti anteriori e posteriori
- modellazione della macchina trainata e gancio di traino
- modello SEA della cabina di un trattore

RTM

Scarica il documento da cui è tratto l'articolo:

Inail, Dipartimento di medicina, epidemiologia, igiene del lavoro e ambientale, " Progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo. Manuale operativo", a cura di Annalisa Fregolent (Università degli Studi di Roma La Sapienza - Dipartimento di ingegneria meccanica e aerospaziale), Pietro Nataletti (Inail ? Dimeila), Walter D'Ambrogio e Jacopo Brunetti

(Università degli Studi dell'Aquila - Dipartimento di ingegneria industriale e dell'informazione e di economia), manuale predisposto nell'ambito del progetto Bric Inail ID26 del Piano delle attività di ricerca Inail 2016 - 2018, Collana Salute e Sicurezza, edizione 2021 (formato PDF, 4.09 MB).

Vai all'area riservata agli abbonati dedicata a " Informazioni su progettazione acustica e vibratoria di macchine e attrezzature per uso agricolo".

 Licenza Creative Commons

---

www.puntosicuro.it