

Confronto tra tecniche lock-in e self-referenced nell'analisi della fase del segnale termoelastico in prove di fatica

Wednesday 2 September 2026 17:15 (15 minutes)

L'analisi a campo intero del segnale di temperatura mediante termocamere ad infrarossi si è rivelata un approccio molto potente e versatile per il monitoraggio del comportamento termomeccanico di provini sollecitati sia staticamente che a fatica. Una delle principali applicazioni di interesse riguarda le prove di fatica condotte secondo l'approccio stepwise, ove la valutazione di metriche ricavate dal monitoraggio termografico permette di individuare rapidamente i livelli di tensione associati ad un incremento di dissipazione di energia meccanica in calore. Ciò è tipicamente correlato all'incipiente sviluppo di forme di danno irreversibile, sia localizzato che diffuso, che in prospettiva determineranno la rottura a fatica del materiale.

In tale scenario, l'analisi del contenuto armonico del segnale di temperatura, campionato durante l'applicazione ciclica sinusoidale del carico, fornisce l'accesso ad ulteriori informazioni sulla risposta meccanica del provino, depurate dall'influenza di componenti a bassa ed alta frequenza che possono essere legate a fattori ambientali.

In particolare, la prima e la seconda armonica sono le componenti di temperatura estratte rispettivamente alla frequenza w e $2w$, essendo w la frequenza del carico ciclico applicato. Tali armoniche sono in primis correlate all'effetto termoelastico, ma possono essere influenzate dal progressivo insorgere di fenomeni dissipativi, che appunto alterano la risposta termoelastica. Quindi esse hanno il potenziale di fungere da indicatori di un'evoluzione del comportamento termomeccanico del materiale.

Il presente lavoro propone un approfondimento dell'analisi del contenuto armonico con un focus specifico sulla fase della prima e seconda armonica. Innanzi tutto, si propone una panoramica delle tecniche con cui questa può essere misurata. Si metteranno a confronto da un lato le tecniche lock-in, ove la fase è estratta rispetto ad un segnale fisico di riferimento che è campionato in sincrono con la temperatura, e dall'altro le tecniche cosiddette self-referenced, ove il riferimento di fase cambia in base al tipo di filtraggio (ad esempio di tipo DFT) e/o al modello analitico usato per il fitting dei dati. Nel caso di self-referenced analysis, il lavoro valuterà l'abilità di ricostruire un surrogato del segnale di carico sfruttando zone di contorno del provino (edge effects), e metterà a confronto questa soluzione con il segnale di carico acquisito sul canale di ingresso lock-in della termocamera.

Un altro aspetto dell'analisi proposta riguarderà l'analisi del contenuto in frequenza del segnale di riferimento associato al carico, per valutare l'impatto di eventuali seconde armoniche di carico sulla risposta della seconda armonica di temperatura, andando a confrontare la fase teorica associata alla seconda armonica termoelastica e dissipativa.

Infine, sfruttando l'accesso ai metadata dei file termografici tramite i file FLIR-SDK per Matlab, il lavoro propone una procedura di lock-in correlation implementata direttamente in Matlab, con accesso diretto al segnale di carico acquisito fisicamente dall'ingresso lock-in della termocamera. I risultati di tale analisi sono confrontati con quelli forniti dai software FLIR ALTAIR LI e FLIR THESA.

Primary author: PITARRESI, Giuseppe (Università degli Studi di Palermo)

Co-author: COLOMBO, Chiara (Politecnico di Milano)

Presenter: PITARRESI, Giuseppe (Università degli Studi di Palermo)

Session Classification: Metodi Energetici

Track Classification: Metodi Energetici