

[Δυναμική αναγνώριση και ανίχνευση βλαβών σε δοκό από σύνθετα υλικά υπό μεταβαλλόμενες συνθήκες λειτουργίας βάσει προηγμένων στοχαστικών μεθόδων]

[Στεφανόπουλος Απόλλων]

Περίληψη

Η παρούσα εργασία αποσκοπεί στην δυναμική αναγνώριση και ανίχνευση βλαβών σε εργαστηριακή δοκό από σύνθετα υλικά μέσω της ανάλυσης στοχαστικών σημάτων ταλάντωσης και προηγμένων στατιστικών μεθόδων χρονοσειρών. Τα σήματα που χρησιμοποιούνται στην ανάλυση προέρχονται από πειράματα που πραγματοποιήθηκαν σε εργαστηριακό περιβάλλον. Συγκεκριμένα η ανίχνευση γίνεται για δύο τεχνητές βλάβες, οι οποίες προσομοιώνονται με την χρήση πρόσθετων μαζών. Επίσης, χρησιμοποιούνται ενισχυμένες με πλέγμα κολλητικές ταινίες, με τις οποίες προστίθενται επιπλέον αβεβαιότητες στην υγιή κατασκευή, προσομοιώνοντας πιθανές κατασκευαστικές αβεβαιότητες λόγω της χρήσης σύνθετων υλικών. Κατά την διάρκεια των πειραμάτων μεταβάλλεται η ροπή σύσφιξης στο ένα άκρο της δοκού, ενώ ταυτόχρονα με την χρήση ψυγείου μεταβάλλεται η θερμοκρασία. Συνεπώς, η δυναμική αναγνώριση και η ανίχνευση βλαβών πραγματοποιείται υπό την επίδραση αβεβαιοτήτων στα δυναμικά χαρακτηριστικά της υγιούς κατασκευής, οι οποίες προκαλούν σημαντική επικάλυψη, της επίδρασης στα δυναμικά χαρακτηριστικά, των εξεταζόμενων βλαβών. Η κατασκευή διεγείρεται με ένα ηλεκτρομαγνητικό διεγέρτη που ασκεί δύναμη λευκού θορύβου, ενώ ταυτόχρονα συνδέονται πάνω στην σύνθετη δοκό τρία επιταχυνσιόμετρα για την λήψη σημάτων απόκρισης. Η δυναμική αναγνώριση περιλαμβάνει την μη-παραμετρική, μέσω Welch, και την παραμετρική, μοντελοποίηση με την χρήση στοχαστικών μοντέλων 2SLS-ARMA, TF-ARX-OLS και TF-IV. Έπειτα η ανίχνευση βλάβης επιτυγχάνεται με την χρήση της μεθόδου των πολλαπλών μοντέλων, η οποία χρησιμοποιεί ως χαρακτηριστική ποσότητα τις παραμέτρους του εκάστοτε στοχαστικού μοντέλου που αναπαριστά τα υγιή δυναμικά χαρακτηριστικά. Τέλος αξιολογείται η απόδοση των μεθόδων για καθένα από τα στοχαστικά μοντέλα με την χρήση καμπυλών ROC (Receiver Operating Characteristic curves) με το μοντέλο TF-ARX-OLS να επιτυγχάνει την υψηλότερη απόδοση ήτοι 100% επιτυχής ανίχνευση σε ποσοστό ψευδοσυναγεγμών ίσο με 0%.

Λέξεις κλειδιά

[Δυναμική Αναγνώριση, Σήματα Ταλαντώσεων, Στατιστικές Μέθοδοι Χρονοσειρών, Εκτιμήσεις Συνάρτησης Transmittance, Ανίχνευση Βλαβών]

[Dynamic identification and damage detection in a beam of composite materials under varying operating conditions based on advanced stochastic methods]

[Apollonas Stephanopoulos]

Abstract

This study aims at the dynamic identification and detection of damages in a laboratory beam made of composite materials using the analysis of stochastic vibration signals and advanced statistical time series methods. The vibration signals employed in the analysis are obtained from experiments conducted in a laboratory environment. Specifically, detection is performed for two artificial damages simulated using additional masses. Additionally, grid-reinforced adhesive tapes are used to introduce additional uncertainties into the healthy structure, simulating possible manufacturing uncertainties due to the use of composite materials. During the experiments, the clamping torque at one end of the beam is altered, while simultaneously, the temperature varies as the experiments are conducted inside a freezer. Therefore, dynamic identification and damage detection are carried out under the effects of uncertainties in the dynamic characteristics of the healthy structure, causing significant overlaps with the effects caused by the investigated damages. The structure is excited by an electromagnetic exciter applying white noise force, while three accelerometers are attached to the composite beam to capture the response signals. Dynamic identification includes non-parametric modelling using Welch's method and parametric modeling using stochastic models such as 2SLS-ARMA, TF-ARX-OLS, and TF-IV. Subsequently, defect detection is achieved using the multiple models method, employing the parameters of the stochastic model representing the healthy dynamics as the characteristic quantity. Finally, the performance of the methods is assessed using Receiver Operating Characteristic (ROC) curves, achieving exceptional results with the parametric model TF-ARX-OLS receiving the optimal results that is 100% true detection rate against a false alarm rate of 0%.

Keywords

[System Identification, Vibration Signals, Statistical Time Series Methods, Transmittance Estimation, Damage Detection]