Contribuţii la controlul formei structurilor aeronautice prin actuatori piezoelectrici / Contributions to Aerostructures Morphing with Piezoelectric Actuators

Autor: Albert Arnau Cubillo

Supervizori: Dr. Ion Fuiorea, Dr. Lluis Gil Espert

Universitatea Politehnica din Bucureşti – Facultatea de Inginerie Aerospaţiala

Universitat Politècnica de Catalunya – UPC BarcelonaTech

Teza Doctorat Abstract

De la primele modele dezvoltate la sfârşitul secolului al XIX-lea, utilizările materialelor piezoelectrice au crescut progresiv. Capacitatea acestor materiale de a cupla câmpuri electrice şi magnetice le face să fie candidaţi perfecţi pentru studiul structurilor care îşi pot modifica geometria (morphing). Folosirea lor în domeniul aeronautic a fost văzută dintotdeauna din două perspective diferite: ca senzori sau ca actuatoare. Ambele funcţii prezintă beneficii şi îmbunătăţiri potenţiale cu aplicaţii promiţătoare. În timp ce investigaţiile din ultimii ani s-au concentrat în principal pe analiza şi integrarea materialelor piezoelectrice în structuri mecanice ca mijloace de implementare a ceea ce este cunoscut sub numele de sisteme structurale de monitorizare a sănătăţii (health monitoring), utilizarea acestor tipuri de materiale ca actuatoare în controlul geometriei structurilor trezeşte şi interesul comunităţii ştiinţifice. În starea sa actuală de dezvoltare, tehnologia pentru ”morphing” a structurilor folosind actuatoare piezoelectrice nu este încă suficient de avansată pentru a integra astfel de sisteme în produse comerciale. În orice caz, acest sector este în continuă dezvoltare iar evoluţia materialelor şi soluţiile de integrare aduc tehnologia mai aproape de utilizare în industrie.

Această teză urmăreşte studierea fezabilităţii utilizării structurilor aeronautice de tip ”morphing” cu actuatoare piezoelectrice în concepte curente de aeronave. Această analiză este efectuată la niveluri teoretice şi experimentale, analizând performanţele statice şi dinamice ale actuatoarelor şi ale tehnologiilor de amplificare a mişcării disponibile în prezent. Contributions to Aerostructures Morphing with Piezoelectric Actuators

Cercetarea prezentată în această teză este direcţionată în două aplicaţii diferite de utilizare a actuatoarelor: ca actuatoare statice, producând deformarea suprafeţei aerodinamice, sau ca actuatoare dinamice, care controlează o suprafaţă clasică de control aerodinamic. În fiecare dintre aplicaţii a fost utilizat un tip diferit de arhitectură pentru actuatorul piezoelectric: a fost selectat un actuator piezoelectric de tip ”patch” pentru aplicaţii cu ”morphing” static, şi un sistem piezoelectric de acţionare bazat pe actuatoare de tip ”stack” pentru controlul dinamic al suprafeţei de control convenţionale.

Experimentele statice efectuate au avut ca scop demonstrarea capacitaţii ale actuatoarelor piezoelectrice de a produce deformări în structură (”morphing”). Această analiză a fost efectuată studiind deviaţiile produse la bordul de fugă a unui profil aerodinamic. Analiza rezultatelor experimentale obţinute a avut efecte promiţătoare pe măsură ce configuraţiile de acţionare au reuşit să funcţioneze aşa cum au fost proiectate. Experimentele statice au arătat o deformare substanţială a bordului de fugă a profilului aripii dovedind că această configuraţie este suficient de avansată pentru experimentări ulterioare, cum ar fi testarea în tunelul de vânt. Deformările produse nu au fost, totuşi, suficient de semnificative pentru aplicarea directă a soluţiei adoptată în configuraţii la scară mai mare. Probleme legate de scalarea soluţiilor tehnologice rămâne una dintre provocările majore ale tehnologiei în aplicaţii de ”morphing”.

Rezultatele dinamice au arătat performanţe bune ale actuatoarelor într-un demonstrator anti-flutter în teste efectuate în tunelul de vânt. Experimentele arăta că sistemul a rămas stabil la viteze semnificativ mai mari decât viteza de flutter; acest lucru permite experimentarea ulterioară a structurilor care prezintă viteze mai mari de flutter.

Odată cu dezvoltarea următoarei generaţii de materiale piezoelectrice, cu coeficienţi piezoelectrici de două ori mai mari în comparaţie cu materiale ceramice bazate pe PZT, aplicarea conceptului de structură cu caracteristici de modificare geometriei este foarte promiţătoare în demonstratori la scara mai mare decât cele studiate în teză, atât în aplicaţii statice, cât şi în aplicaţii dinamice.

Următoarea generație de materiale piezoelectrice se prezintă ca un prim pas către o soluție pentru scalarea tehnologiei în aplicarea pe demonstratori la scară de aeronavă.