

Janusz NARKIEWICZ

Instytut Techniki Lotniczej i Mechaniki Stosowanej
Politechnika Warszawska

UKŁADY "SMART STRUCTURES"

Streszczenie. Omówiono koncepcję i zastosowanie układów typu "smart structures" głównie w lotnictwie, ze szczególnym uwzględnieniem wiroplatów. Referat ma charakter przeglądowy.

SMART STRUCTURE SYSTEMS

Summary. Smart structure concept developement and application is reviewed, with emphasis on aeronatics and rotorcraft technology.

СИСТЕМЫ СМАРТ СТРАКЧЕР

Резюме. Была просмотрена концепция смарт стракчер и её приложение прежде всего в авиации с особым учетом бинтокрылов.

1. WSTĘP

Urządzenia techniczne dostosowujące aktywnie swoje działanie do zmieniających się warunków otoczenia nazywane są "smart structures"; obiekty tego typu nazywa się także "strukturami inteligentnymi".

W celu poprawnej pracy, układy typu "smart structures" powinny rozpoznawać zmiany zachodzące w otoczeniu i odpowiednio na nie reagować. Dlatego w układach tego typu występują elementy identyfikujące stan otoczenia (czujniki) oraz zmieniające stan układu (wzmacniacze, siłowniki).

2. REALIZACJE TECHNICZNE

Dotychczas zaproponowane [1] zastosowania koncepcji "smart structures" można podzielić na:

- 1) "inteligentne obiekty" (ang. smart structures),
- 2) "inteligentne materiały" (ang. smart materials),
- 3) "inteligentne konstrukcje" (ang. smart design).

Praktyczna realizacja "obiektów inteligentnych" polega na wprowadzeniu do układu elementów spełniających rolę: czujników oraz siłowników. Elementy te są połączone z jednym lub wieloma procesorami, służącymi do przetwarzania wyników pomiarów stanu układu, określenia właściwego algorytmu sterowania i wyznaczenia sygnałów sterowania urządzeniami wykonawczymi. W rozwiązaniach docelowych procesory te będą wbudowane w strukturę stanowiąc jej integralną część. W popularnych informacjach [2,3] "smart structures" porównywane są do organizmów żywych; procesor pełni rolę mózgu, elementy wykonawcze - mięśni, a czujniki - zakończeń nerwowych.

Działanie "materiałów inteligentnych" odbywa się na poziomie molekularnym. W tym przypadku nie można wskazać wydzielonego procesora sterującego pracą układu. Materiały inteligentne reagują na zmianę stanu otoczenia modyfikując swoje właściwości: barwę, przewodnictwo elektryczne lub cieplne, współczynnik odbicia światła, przepuszczalność płynów lub kształt elementu, który został z nich wykonany. Obrazowymi przykładami tej koncepcji są np. kwiaty, które otwierają i zamykają kielichy pod wpływem oświetlenia, a w technice materiały z pamięcią kształtu.

W "inteligentnych konstrukcjach" efekt reakcji na zmianę otoczenia uzyskiwany jest przez odpowiednią kompozycję i wzajemne oddziaływanie elementów układu. Na przykład kości, a także łodygi roślin zwiększają swoją wytrzymałość pod wpływem obciążenia, co jest efektem zwiększenia ciśnienia płynu w komórkach po ich odkształcaniu.

Koncepcja "smart structures" jest zagadnieniem nowym, o dużych potencjalnych możliwościach zastosowań, badanym i rozwijanym od niedawna intensywnie w wielu ośrodkach naukowych na świecie. W Polsce, o ile mi wiadomo, nikt nie zajmuje się jeszcze tymi zagadnieniami.

Zastosowania "smart structures" mogą ilustrować na przykład:

- lina sygnalizująca nadmierne obciążenie,
- kij golfowy zmieniający sztywność w trakcie uderzenia,
- kratownice dostosowujące swój kształt do obciążenia,

- układy monitorujące i przeciwdziałające nadmiernym obciążeniom lub uszkodzeniom budowli w czasie trzęsień ziemi lub powstaniu fal uderzeniowych,
- układy kontrolujące stań rurociągów i platform wiertniczych.

"Materiały inteligentne" mogą być wykorzystane do:

- przechowywania lekarstw i żywności (po upływie określonego czasu opakowanie zmienia swoje właściwości),
- wykonania protez i transplantów medycznych (materiał reaguje na bodźce ze strony organizmu).

3. ZASTOSOWANIA W LOTNICTWIE

W lotnictwie koncepcja "smart structures" została już zrealizowana np. w astronautyce do eliminacji drgań powstających po zetknięciu w przestrzeni dwu łączonych statków kosmicznych [5,6]. Rozważane są możliwości zmiany kształtu kadłuba samolotu w celu eliminacji hałasu w kabinie [7] lub przeciwdziałaniu niestatecznościom powłoki [8].

Idea "inteligentnych konstrukcji" realizowana jest w lotnictwie od dawna jako "aeroelastic tailoring", to znaczy takie kształtowanie elementów statków powletrznych, aby przeciwdziałały niestatecznościom aeroelastycznym.

Obecnie jednym z bardziej intensywnie rozwijanych zastosowań koncepcji "smart structures" są wiropląty. Prowadzone są prace zarówno teoretyczne [9], jak też i eksperymentalne [10].

Długofalowym celem prac w dziedzinie wiroplątów jest zbudowanie jednego układu sterowania łopatomi wirnika zapewniającego możliwość sterowania lotem śmigłowca (sterowania nominalnego, obecnie realizowanego głównie za pomocą tarczy sterującej) i sterowania dodatkowego wprowadzanego obecnie, by poprawić działanie wirnika (realizowanego jako sterowanie wyższymi harmonicznymi: Higher Harmonic Control lub Individual Blade Control).

Oczekiwane jest uzyskanie poprawy osiągow, eliminacji drgań, uniknięcie niestateczności, zmniejszenie hałasu.

W wiroplątach [11,12] bada się możliwości wykorzystania sterowanych procesorem, wbudowanych w łopaty wirnika elementów aktywnych spełniających rolę czujników i wzbudników pożądaných odkształceń. Wyniki tych prac będą mogły być zastosowane także do innych wirujących układów aeroelastycznych, jak: śmigła, śruby okrętowe, wirniki turbin wiatrowych, silników, sprzężarek, wentylatorów.

4. KIERUNKI BADAŃ

W pracach nad technologią "smart structures" można wskazać na takie zagadnienia badawcze, jak:

- opracowanie nowych materiałów, zapewniających odpowiednie działanie układu i kompatybilność chemiczną z materiałami struktury,
- budowa czujników i siłowników,
- dobór sposobu wbudowania/umieszczenia elementów w strukturze,
- analiza i modelowanie oddziaływania struktury i czujnika oraz struktury i siłownika,
- określenie wpływu elementów aktywnych na integralność struktury i jej działanie,
- opracowanie metod sterowania.

Dąży się do użycia tych samych materiałów lub podzespołów do budowy czujników i siłowników wykorzystywanych w jednym układzie. Dotychczas wykorzystywano materiały o własnościach:

- piezoelektrycznych,
- elektrostrykcyjnych,
- magnetostrykcyjnych,

a także

- metale z pamięcią kształtu,
- ciekłe kryształy,
- włókna elektrooptyczne (światłowodów).

Prowadzone prace mają charakter interdyscyplinarny, dlatego można spodziewać się wielu ciekawych wyników.

PODSUMOWANIE

Przedstawiono nową tematykę badawczą związaną z budową układów "inteligentnych", aktywnie dostosowujących swoje działanie do warunków otoczenia. Problematyka ta jest obecnie intensywnie rozwijana w wielu ośrodkach naukowych na świecie.

LITERATURA

- [1] Proceedings of the 1st European Conference on Smart Structures and Materials, Glasgow 1992.
- [2] McLain L.: Smart Structures Top of the Class. Financial Times, Thursday, April 25, 1991.
- [3] Gardiner P., Bailey S.: Smart Materials. Design, June 1992.
- [4] Gardiner P., Culshaw B., McDonach A., Michie C., Pethrick R.: Smart Structures Research Institute - Activities, Plans & Progress. 2nd Joint Japan - USA Conference on Adaptive Structures, Nagoya, Nov. 1991.
- [5] Gerhold C.H., Rocha R.: Active Control of Flexural Vibrations in Beams. Journal of Aerospace Engineering, 1990.
- [6] Lester H.C., Silcox R.J.: Active Control of Interior Noise in a Large Scale Cylinder Using Piezoelectric Actuators. Journal of Aerospace Engineering, 1990.
- [7] Scott R.C., Weisshaar T.A.: Controlling Panel Flutter Using Adaptive Materials. AIAA Pap. 91-1067-CP, 32nd AIAA/ASME/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Material Conference, Baltimore MD, April 8-10, 1991, Part 3, pp. 2218-2229.
- [8] Ormiston R.A.: Can Today's Smart Structures Make Helicopter Better? Fourth Workshop on Dynamics and Aeroelastic Stability Modeling of Rotorcraft Systems, The University of Maryland, November 19-22, 1991.
- [9] Nitzche F., Breitbach E.: The Smart Structures Technology in the Vibration Control of Helicopter Blades in Forward Flight. 1st European Conference on Smart Structures and Materials, Glasgow 1992.
- [10] Chan W.P., Samak D.K., Chopra I.: Development of Scaled Rotor Using Smart Structures Technology. Fourth Workshop on Dynamics and Aeroelastic Stability Modeling of Rotorcraft Systems, The University of Maryland, November 19-22, 1991.
- [11] Spangler R.L. Jr: Piezoelectric Actuators for Helicopter Rotor Control. AIAA Pap. 90-1076-CP, 31st AIAA/ASME/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Material Conference, Long Beach, CA, April 2-4, 1990, Part 3, pp. 1589-1599.

Recenzent: Doc. dr hab. Andrzej Buchacz

Wpłynęło do Redakcji dnia 05.10.1992

Abstract

Technical systems which adjust their shape to the actual conditions in the appropriate ("intelligent") way are called smart structures [1]. Such structures should be able to sense and react, it means to recognize the actual working conditions and change their behavior properly [2,3].

The technical application of the concept can concern: smart structures, smart materials and smart design [4].

The idea of smart structures can be realized by embedded governed by microprocessor [5] elements (for instance of piezoelectric type) which can act as sensor/actuator system detecting structure deformations and bringing about the appropriate structure shape.

The idea of smart structures can be applied in many fields [1]. In aeronautics it is considered for use in spacecraft vibration suppression [6] and for reducing noise inside aircraft fuselages [7], for example.

Much research effort is done in rotary wing field [8-11].

Before the promise of smart structures can be realized, there are still several fundamental and technical problems, that must be solved: sensor and actuator construction, optimal placement of active elements, embedding technologies, control law development and signal processing.