



ZB nr 14 – Materiały inteligentne dla lotnictwa

Prof. Jan Holnicki-Szulc,
Instytut Podstawowych
Problemów Techniki PAN



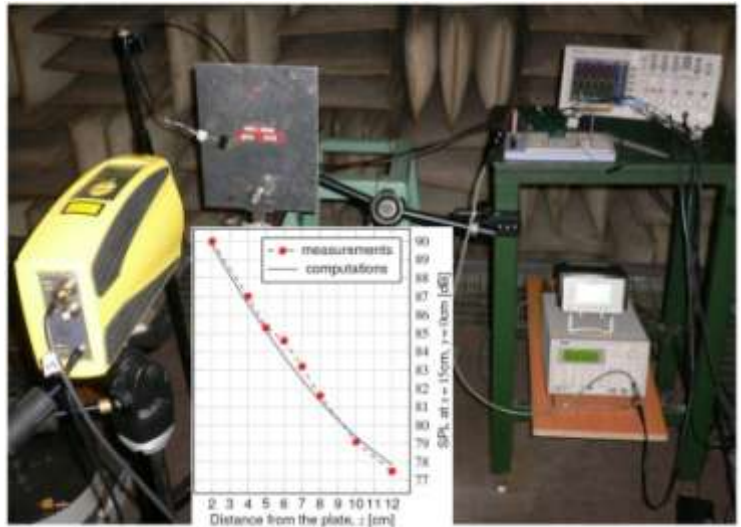
Partnerzy ZB 14

- Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN
- Politechnika Lubelska
- Instytut Maszyn Przepływowych PAN
- Politechnika Rzeszowska
- Instytut Lotnictwa
- Politechnika Warszawska

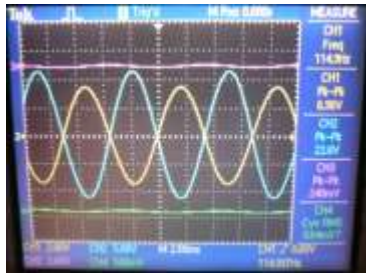
Badania i wnioski

System dla rozwijania technologii zaawansowanych kompozytów do izolacji wibroakustycznej.

Zakupiony sprzęt pomiarowy



Wyniki pomiarowe redukcji emisji hałasu panelu aluminiowego.



- sygnał wymuszający
- sygnał aktywny
- drgania
- hałas



Fazy i cel eksperymentu:

- **Symulacja hałasu** o niskiej częstotliwości wywołanego wibracjami panelu sprężystego
- **Aktywna redukcja** wibroakustyczna hałasu
- **Weryfikacja działania** systemu aktywnego oraz wyników modelowania

Sposób i cele modelowania:

- **Modelowanie w pełni „muti-fizyczne”** (drgania sprężyste, fale akustyczne, piezoelektryczność, interakcja/sprzężenia)
- **Wyznaczenie poziomu hałasu**
- **Dobór i lokalizacja piezo-aktywatorów**

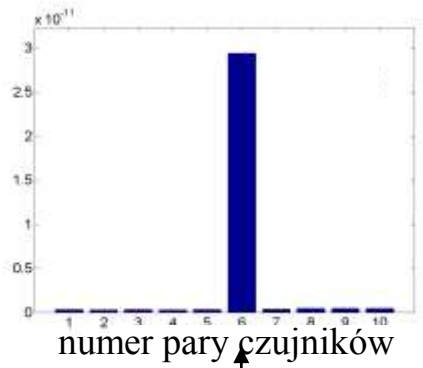
Zastosowanie technologii:

- **Redukcja transmisji hałasu** do wnętrza kabin samolotów i śmigłowców.
- **Izolacja akustyczna silników** turboodrzutowych.

Badania i wnioski

Monitorowanie struktur kompozytowych (poszycie skrzydła, łopata wirnika), wykrywanie delaminacji, monitorowanie stanu połączeń elementów.

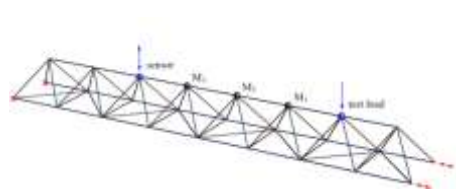
wskaznik uszkodzenia



wskaznik uszkodzenia

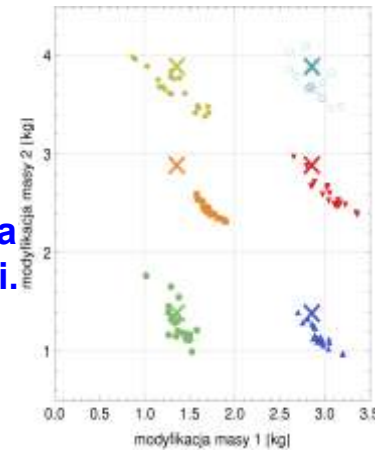


Wynik identyfikacji delaminacji o różnym rozmiarze **za pomocą siatki czujników piezoelektrycznych** w dwuwarstwowej konstrukcji wspornikowej.

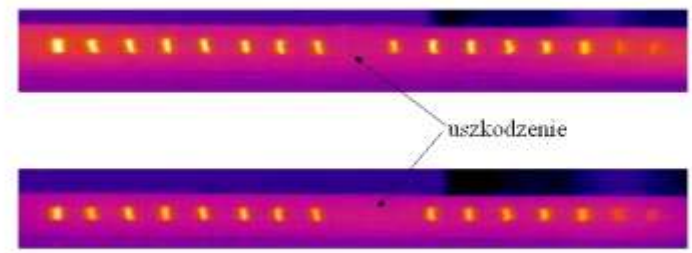


Metoda „bezmodelowa” wykrywania modyfikacji i uszkodzeń konstrukcji.

Aktualny etap badań obejmował opracowanie algorytmu wykrywania zmiany masy konstrukcji kratowej.



Wstępne eksperymentalne wyniki wykrywania delaminacji przy użyciu **techniki termowizyjnej**.

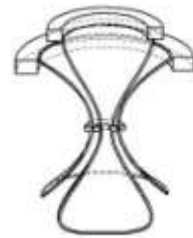


Badania i wnioski

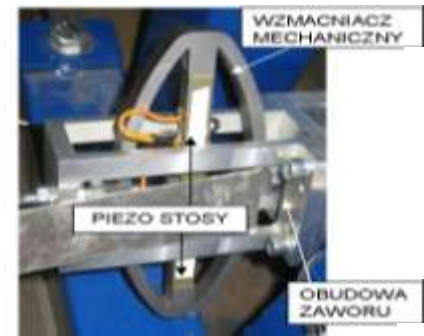
Opracowanie aktywatorów adaptacyjnych do amortyzatorów i poduszek awaryjnego lądowania.



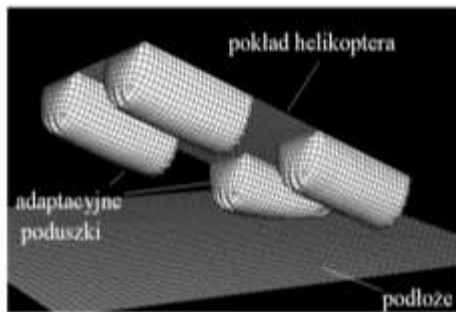
Zastosowanie zewnętrznej poduszki w helikopterze wojskowym (Rafael).



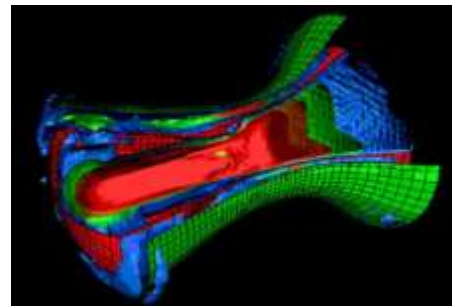
Schemat zaworu HPV.



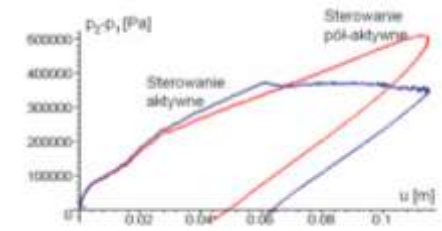
Model zaworu aktywowanego piezoelektrycznie.



Symulacja numeryczna awaryjnego lądowania.



Symulacja numeryczna zamknięcia zaworu HPV.



Wyniki pomiarowe sterowania przepływem gazu.



Wizyty studyjne w PDL

- Wizyta przedstawicieli firmy Aero-Kros S.A. z Krosna w IPPT PAN.
- Wizyta przedstawicieli IPPT PAN w firmie Aero-Kros.
 - Cele: wymiana doświadczeń z inżynierami i projektantami firmy w celu znalezienia wspólnych tematów badawczych.
- Przedstawiciele firmy są zainteresowani wprowadzeniem systemu wykrywania delaminacji kompozytów do swoich samolotów ultralekkich.



Publikacje

- Artykuły w czasopismach z listy filadelfijskiej (4):
 - M.Kokot, J.Holnicki-Szulc, „Defect identification in Electrical Circuit via the Virtual Distortion Method. Part 1: Steady-state Case”, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, vol.20, no.12, pp. 1465-1473, 2009,
 - Jilin Hou, Łukasz Jankowski, Jinping Ou, A substructure isolation method for local structural health monitoring, Journal of Structural Control and Health Monitoring, in review,
 - Jilin Hou, Łukasz Jankowski, Jinping Ou, Isolation and local health monitoring of frame substructures using fixed and free virtual supports, Computers and Structures, in review,
 - Tomasz G. Zieliński, Michał Rak, Acoustic Absorption of Foams Coated with MR Fluid under the Influence of Magnetic Field, Journal of Intelligent Material Systems and Structures, accepted for publication.
- Artykuły konferencyjne (8):
 - J.Holnicki-Szulc, C.Graczykowski, G.Mikułowski, P.Pawłowski, Adaptive Impact Absorption, the concept, innovative solutions, applications, Proceedings of International Conference on Smart Materials and Structures, Porto, 2009,
 - Tomasz G. Zieliński, Multiphysics Modeling and Demonstration Experiment of the Active Reduction of Structure-Borne Noise, The 2nd EU-China Workshop on Multiphysics Modeling, Simulation, Validation and Optimization, 30th March to 2nd April 2009, Harbin, China.



Publikacje c.d.

- Artykuły konferencyjne:
 - Tomasz G. Zieliński, Multiphysics Modeling of the Concept of Active Porous Composites with Enhanced Acoustic Absorption, The 3rd EU-China Workshop on Multiphysics Modeling, Simulation, Validation and Optimization, 21st to 23rd September 2009, Brussels, Belgium,
 - Grzegorz Suwała, Łukasz Jankowski, Model-free identification of added mass, *8th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization*, June 1-5, 2009, Lisbon, Portugal,
 - Małgorzata Mróz, Łukasz Jankowski, Jan Holnicki-Szulc, A VDM-based method for fast reanalysis and identification of structural damping, *8th World Congress on Structural and Multidisciplinary Optimization*, June 1-5, 2009, Lisbon, Portugal,
 - "On-line identification of delamination - simulation and experiment", A. Orłowska, P. Kołakowski, IV ECCOMAS THEMATIC CONFERENCE SMART'09, 13-15 JULY , PORTO, PORTUGAL, 2009,
 - G.Mikułowski, P.Pawłowski, C.Graczykowski, R.Wiszowaty , J.Holnicki-Szulc, On a pneumatic adaptive landing gear system for a small aerial vehicle, Conference on Smart Materials and Structures, Porto, 2009,
 - J.Holnicki-Szulc, C.Graczykowski, G.Mikułowski, P.Pawłowski, Adaptive Impact Absorption, the concept, innovative solutions, applications, Proceedings of International Conference on Smart Materials and Structures, Porto, 2009.



Prace doktorskie

- Otwarte przewody doktorskie:
 - mgr inż. M. Kokot, „Damage identification in electrical network for Structural Health Monitoring”, promotor: J. Holnicki-Szulc
 - mgr inż. C. Graczykowski, „Inflatable structures for adaptive impact absorption”, promotor: J. Holnicki-Szulc
 - mgr inż. M. Mróz, „Metoda Dystorsji Wirtualnych w modelowaniu tłumienia ustrojów sprężystych i ich projektowaniu”, promotor: J. Holnicki-Szulc
 - mgr inż. A. Mróz, „Adaptacyjna absorpcja obciążeń uderowych w turbinach wiatrowych”, promotor: J. Grzędziński.
- Przewody doktorskie w przygotowaniu:
 - mgr inż. G. Suwała, „Model-free methods for Structural Health Monitoring”, opiekun naukowy: dr inż. Łukasz Jankowski.
- Przewody doktorskie ukończone:
 - dr inż. G. Mikułowski, „Adaptive impact absorbers based on magnetorheological fluids”, promotor: J. Holnicki-Szulc.

Stan realizacji zakupów

- Zakończono przetarg na zakup aparatury pomiarowej.
 - System holografii akustycznej SONAH i Beamforming'u firmy Bruel&Kjaer.
 - System pomiaru własności akustycznych materiałów z rurą impedancyjną.
- Zakończono przetarg na zakup materiałów.
 - Stosy warstwowe piezoelektryczne.
 - Czujniki piezoelektryczne.
 - Płytki piezoelektryczne.





Perspektywy na rok 2010.

- Modelowanie numeryczne HPV.
- Zaprojektowanie prototypu zaworu HPV oraz stanowiska do badań eksperymentalnych.
- Testowanie systemów SHM na inteligentnych panelach kompozytowych.
- Identyfikacja uszkodzeń metodami „bezmodelowymi”
- Weryfikacja modelu konstrukcji warstwowej z delaminacją wyposażonej w czujniki piezoelektryczne.
- Badania akustyczne materiałów porowatych i weryfikacja zaimplementowanych modeli propagacji fal akustycznych w ośrodkach porowatych.



ZB14

Politechnika Lubelska

Badania i wnioski

Wytwarzanie i badanie materiałów kompozytowych z osadzonymi elementami aktywnymi - etap I

Opracowano koncepcję stanowiska badawczego do wytwarzania kompozytów wraz z infrastrukturą. Przeprowadzono procedurę przetargową zakupu autoklawu oraz przygotowano do wykonania instalacje przyłączeniowe oraz budowę i wyposażenie pomieszczenia *clean room*.



Fot. Autoklaw z wyposażeniem

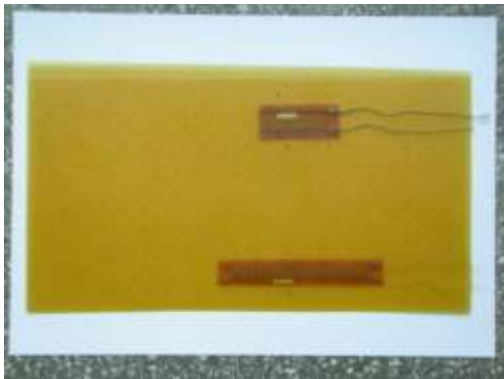
Specyfikacja techniczna: średnica robocza: 800 mm, długość robocza: 1500 mm, ciśnienie robocze: 0-12 bar, temperatura robocza max. 300°C, pełna automatyczna kontrola i sterowanie autoklawu.

Realizacja: zakończona procedura przetargowa, podpisanie umowy 18.11.2009, termin realizacji: do 6 miesięcy.

Badania i wnioski

W ramach realizacji zadania ZB14 oraz ZB9 wykonano:

- płyty i próbki kompozytowe szklano-epoksydowe (wytwarzanie w warunkach przemysłowych zgodnie z procedurami stosowanymi w lotnictwie) o określonych konfiguracjach: $[0/(\pm 45)]_s$, $[+45/0/-45]_s$, $[(\pm 45)_2]_s$, $[(\pm 45)/0_2]_s$, $[(\pm 45)_2/0_2]_s$,
- kompozyty szklano-epoksydowe z wbudowanymi elementami aktywnymi MFC- Macro Fiber Composite (licensed by NASA),
- kompozyty szklano-epoksydowe z wkładkami teflonowymi symulującymi delaminacje: układ $[(\pm 45)_2/0$

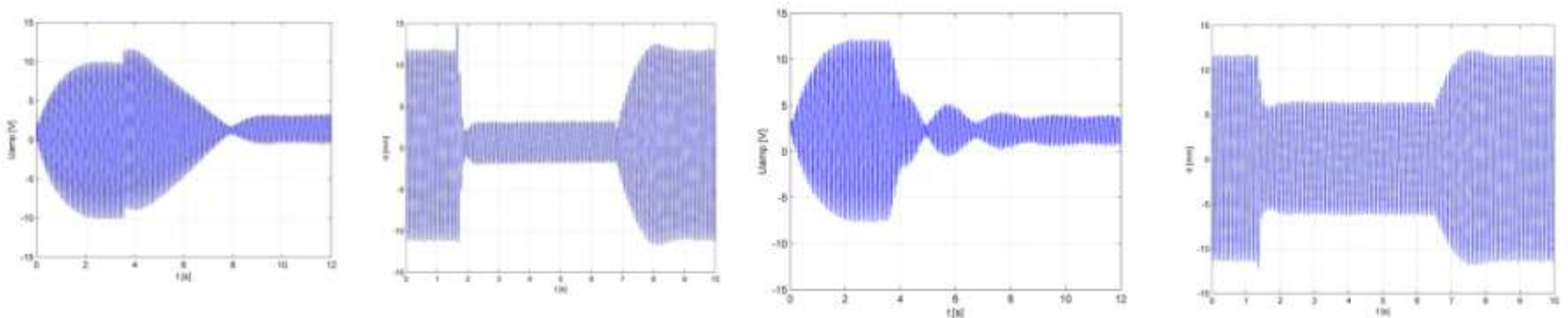
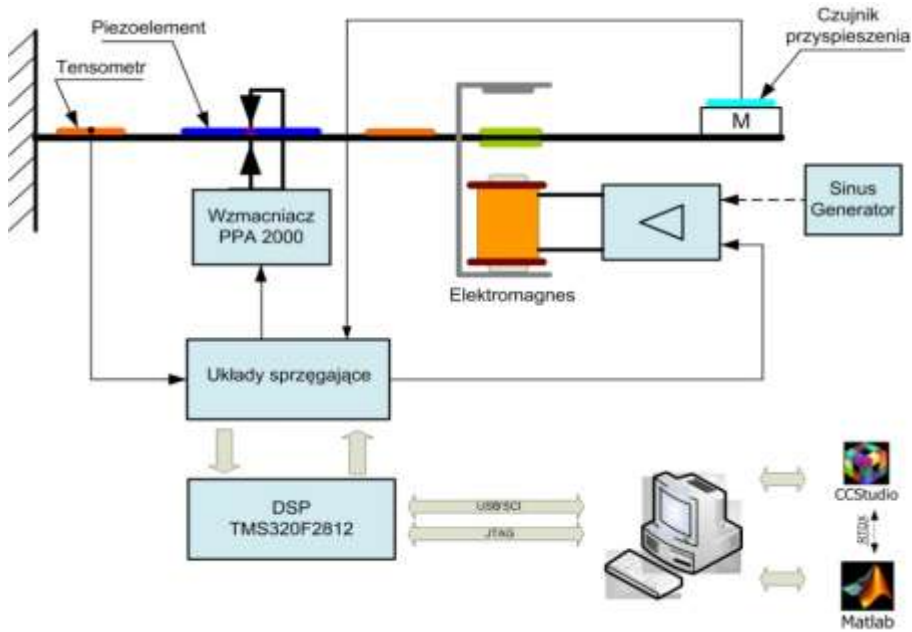


Fot. Płytki kompozytowe szklano-epoksydowe z wbudowanymi elementami PZT

Badania i wnioski

Redukcja drgań z zastosowaniem elementów aktywnych

Rys. Schemat stanowiska oraz kontrolera zastosowanego do badań drgań elementów kompozytowych z elementami PZT.



Rys. Wyniki eliminacji drgań z zastosowaniem wybranych algorytmów sterowania:
(a) nasyceniowy (saturation control), (b) PPF (Positive Position Feedback),
(c) proporcjonalny, (d) sterowanie nieliniowe x^3



Wizyty studyjne w PDL

- Wizyty robocze w PZL Świdnik SA
- Długoterminowe staże przemysłowe pracowników Politechniki Lubelskiej w Wydziale Kompozytów w PZL Świdnik SA

Cele wizyt:

- zdefiniowanie głównych problemów związanych z produkcją struktur kompozytowych
- poznanie technologii i procedur wytwarzania kompozytów stosowanych w przemyśle lotniczym
- wybór materiałów i elementów konstrukcyjnych do dalszych badań teoretycznych i doświadczalnych
- określenie zakresu prac na rok 2010

Zaproponowane rozwiązania postawionych problemów:

- Analiza dynamiki kompozytu z osadzonymi elementami PZT za pomocą MES
- Wprowadzenie inteligentnych systemów tłumienia drgań do konstrukcji łopaty wirnika nośnego



Publikacje

1. W. Jarzyna, M. Augustyniak, J. Warmiński, M. Bocheński: Characteristics and Implementation of Piezoelectric Structures in Active Composite Systems. 6th International Conference "New Electrical and Electronic Technologies and Their Industrial Implementation" NEET 2009, Zakopane, Poland, June 23-26, 2009.
2. P. Filipek, M. Augustyniak, M. Bocheński: Control of Active Piezoelectric Beam System Applying DSP- based Controller. 6th International Conference "New Electrical and Electronic Technologies and Their Industrial Implementation" NEET 2009, Zakopane, Poland, June 23-26, 2009.
3. W. Jarzyna, M. Augustyniak, M. Charlak: Application of Piezoelectric Active Systems in Control and Diagnosis of Wind Power Station. Proceedings of the Union of Scientists. Rouse. Fourth Conference on Energy Efficiency and Agricultural Engineering. ISSN 1311-9974. 2009, pages:511-518.
4. W. Jarzyna, M. Augustyniak, M. Bochenski, Aktywne struktury piezoelektryczne w układach regulacji. IX Seminarium PTETiS - Wybrane Zagadnienia Elektrotechniki I Elektroniki, Poznań 2009.
5. W. Jarzyna, M. Augustyniak, J. Warmiński, M. Bocheński: Modelowanie i tłumienie drgań piezoelektrycznych kompozytowych układów wykonawczych (Modeling and Vibration Suppressing of Piezoelectric Composite Actuator Systems) IX Conference - Control in Power Electronics and Electrical Drives (Konferencja Naukowa Sterowanie w Energoelektronice i Napędzie Elektrycznym) "SENE 2009", 18-20 November 2009, Łódź.

Publikacje

6. M. Bochenski, J. Warminski, W. Jarzyna, P. Filipek, M. Augustyniak, Active Suppression of nonlinear composite beam vibrations by various control algorithms application. 10th CONFERENCE on DYNAMICAL SYSTEMS THEORY AND APPLICATIONS 7-10 December, 2009. Łódź, Poland.
7. J. Warminski, Nonlinear Vibration Modes of Parametrically and Self-Excited Systems, Recent Advances of Nonlinear Mechanics, RANM 2009 Kuala Lumpur, 24-27 August 2009.
8. J. Warminski, NONLINEAR NORMAL MODES OF COUPLED SELF-EXCITED OSCILLATORS UNDER PARAMETRIC RESONANCE CONDITION, in Nonlinear Normal Modes, Dimension Reduction and Localization in Vibrating Systems, Euromech Colloquium 503, Frascati (Rome), September 27– October 2, 2009.
9. B.Surowska, J. Warmiński, H.Dębski, J.Latałski, Selected Aspects of Design and Use of Smart Composite Structures, 4th International Conference „Supply on the wings“, Aerospace - Innovation through international cooperation in conjunction with the International Aerospace Supply Fair, AIRTEC 2009, NOVEMBER 03 - 05, 2009, Frankfurt, Germany.
10. A. Teter, Zastosowanie różnych kryteriów do oceny krytycznego obciążenia dynamicznego dla interakcyjnego wyboczenia słupów wzmocnionych żebrami pośrednimi, XII Sympozjum Stateczności Konstrukcji, Zakopane, 7-11. IX. 2009, s.419-426.
11. A. Teter, T. Kubiak, Ocena krytycznych obciążeń dynamicznych dla cienkościennych słupów z żebrami pośrednimi z wykorzystaniem metody elementów skończonych. XII Sympozjum Stateczności Konstrukcji, Zakopane, 7-11. IX. 2009, s.427-434.



Prace doktorskie

Otwarte przewody doktorskie

1. mgr inż. Marcin Bocheński, „*Drgania nieliniowe oraz sterowanie autoparametrycznego układu belkowego*”, data otwarcia przewodu 29.10.2008, promotor dr hab. inż. J. Warmiński, prof. PL
2. mgr inż. Michał Augustyniak „Identyfikacja elektromaszynowych parametrów układu napędowego”, promotor: dr hab. inż. Wojciech Jarzyna

Przewody doktorskie w przygotowaniu

1. mgr inż. Tomasz Szczuka, „Układy zasilaczy systemów piezoelektrycznych, opiekun naukowy: dr hab. inż. Wojciech Jarzyna
2. mgr inż. Łukasz Szyba, „Modelowanie i badanie właściwości układów kompozytowych z aktuatorami piezoelektrycznymi”, opiekun naukowy: dr hab. inż. Wojciech Jarzyna



Prace magisterskie

1. Marcin Zawadzki, „Kompensacja odkształceń mechanicznych przy pomocy przetworników piezoelektrycznych”, obrona grudzień 2009, promotor: dr inż. Piotr Filipek
2. Łukasz Sadłowski, „Elektroniczny układ zasilania aktywnych elementów piezoaktywnych”, obrona w 2010, promotor: dr inż. Piotr Filipek
3. Kamil Wośko, „Sterowanie piezoelektrycznymi elementami aktywnymi systemów mechatronicznych”, obrona w 2010, promotor: dr hab. inż. W.Jarzyna, prof. PL

Stan realizacji zakupów

Zakończono procedurę przetargową dot. Zakupu autoklawu laboratoryjnego w zadaniu ZB9, (aparatura niezbędna do ZB14). Umowa podpisana 18.11.2009, termin realizacji: do 6 miesięcy (lipiec 2010).

Uruchomiono przetarg na aparaturę i wyposażenie laboratoryjne:

1. System uruchomieniowy projektowania, prototypowania i testowania układów sterowania aktywnych struktur kompozytowych
2. Zestaw wzmacniaczy i układów energoelektronicznych do elementów piezoaktywnych wraz z elementami
3. System do optycznego pomiaru odkształceń dynamicznych
4. Stanowisko do badań drgań własnych i wymuszonych oraz odpowiedzi wywołanych impaktem elementów i struktur kompozytowych

Rozstrzygnięcie przetargu 18.12.2009.

Planowany termin realizacji I kwartał 2010.

Perspektywy na rok 2010

- Uruchomienie stanowiska autoklawowego wspólnie z ZB9
- Przygotowanie stanowisk badawczych po rozstrzygniętych przetargach.
- Badania laboratoryjne właściwości materiałów kompozytowych z wbudowanymi elementami aktywnymi w tym zagadnienia delaminacji i pękania
- Sterowanie i dynamiczna eliminacja drgań struktur kompozytowych typu belka i płyta
- Prace nad modelem aktywnego trymera łopaty wirnika nośnego śmigłowca.