

MODELOVÁNÍ PIEZOELEKTRICKÉHO MATERIÁLU PRO MONITOROVÁNÍ STAVU KONSTRUKCÍ

Zuzana LAŠOVÁ¹

1 ÚVOD

Chytré materiály a chytré konstrukce („smart structures“) představují rychle se rozvíjející technologii spojující obory mechanického inženýrství, nauky o materiálech, elektroniky, zpracování signálů a řízení. Nachází také stále širší uplatnění v průmyslu - od elektromechanických mikrosystémů až po projekty ve stavebním průmyslu.

Cílem práce bylo vytvořit funkční numerický model piezoelektrických prvků, které jsou klíčovou součástí systému monitorování stavu konstrukcí. Model byl vytvořen pomocí speciální třídy konečných prvků, popsaných například v Benjeddou (1991), k jejichž vývoji dochází díky rozšiřujícímu se využití chytrých materiálů v technické praxi.

Obsahem příspěvku je shrnutí současného stavu vývoje a využití chytrých materiálů, dále vytvoření numerického modelu a nakonec jeho aplikace na vybrané konstrukce a experimentální ověření provedených výpočtů.

2 CHYTRÉ KONSTRUKCE

Smyslem chytré konstrukce je schopnost reagovat na změny podobně jako živé organismy. Pomocí senzorů je snímán stav konstrukce, získaná data se předávají kontrolnímu členu, který podle potřeby pomocí aktuátorů ovlivňuje stav konstrukce.

Jako senzory a aktuátory se využívají chytré materiály, což jsou látky se schopností přeměny jednoho druhu energie na jiný. Například piezoelektrické materiály přeměňují mechanickou deformaci na elektrické napětí a naopak. Tento jev byl objeven roku 1880 bratry Curie u přírodních krystalů. V praxi se dnes využívají uměle připravené materiály s výraznějšími piezoelektrickými vlastnostmi (viz Phillips Components (1991)).

Tento princip je využíván zejména v monitorování stavu konstrukcí (detekce trhlin, delaminace kompozitního materiálu, náraz cizího tělesa apod.) a v aktivním tlumení vibrací, čemuž se podrobněji věnuje Bandyopadhyay et al. (2007).

Pro tyto účely se používají piezoelektrické převodníky typu „patch“ nebo „stack“. Patch obsahuje tenkou vrstvu piezoelektrické keramiky, jejíž plochy jsou připojeny k elektrodám, zatavenou v obalu z polymerové folie. Patch lze umístit zvnějšku na konstrukci nebo jej zabudovat do kompozitní konstrukce již při výrobě. Vzhledem ke schopnosti přímého i opačného piezoelektrického jevu slouží patche jako senzory nebo aktuátory.

3 NUMERICKÝ MODEL PIEZOELEKTRICKÉHO PRVKU

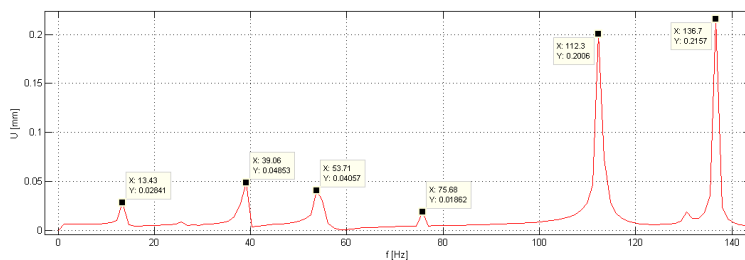
Ve MKP software ANSYS (viz ANSYS, Inc. (2010)) jsou pro modelování chytrých materiálů k dispozici konečné prvky skupiny „Coupled Field“ různých typů (shell, solid). V následujících aplikacích byl použit konečný prvek Solid 5 (typu šestistěn), který kromě posuvů (UX, UY, UZ) má stupeň volnosti i pro elektrický potenciál (VOLT).

¹Bc. Zuzana Lašová, studentka navazujícího studijního programu Aplikované vědy a informatika, obor Mechanika, specializace Průmyslový design, e-mail: zlasova@students.zcu.cz

Patch lze modelovat jako těleso složené z piezoelektrické části, elektrod a elastické folie, což je ale vzhledem k malé tloušťce poměrně nepraktické (kvůli velkému počtu konečných prvků, které by měly navíc nevyhovující poměr hran). Proto byla navržena homogenní struktura s efektivními materiálovými parametry.

4 VYUŽITÍ V MONITOROVÁNÍ STAVU KONSTRUKCÍ

Homogenní patch byl posléze využit na modelové konstrukci. Aktivní monitorování spočívá ve vybuzení volných kmitů skokovým buzením. Vstupem je jednotkový pulz elektrického napětí do aktuátoru, který poté začne snímat deformace. Pomocí rychlé Fourierovy transformace získáme frekvenční spektrum na obrázku 1. Při porušení konstrukce dojde k posuvu vlastních frekvencí oproti „zdravé konstrukci“, což se projeví ve výstupu ze signálu senzoru.



Obr. 1: Frekvenční spektrum neporušené konstrukce

Jak je uvedeno ve Varadan et al. (2006), cílem vývoje této metody je nejen určení přítomnosti poruchy, ale také určení polohy a závažnosti porušení. Toho lze dosáhnout aplikací více piezoelektrických prvků ve vybraných místech konstrukce a příslušných výhodnocovacích algoritmů.

5 ZÁVĚR

Pomocí konečných prvků s elektromechanickou vazbou byl navržen model piezoelektrického převodníku, který byl využit jako chytrý materiál v úlohách aktivního monitorování stavu konstrukcí. Chytré materiály jsou již uváděny do praxe v mnoha oblastech průmyslového vývoje, především pak v oblastech se zvýšenými nároky na bezpečnost. Efektivní návrhy chytrých konstrukcí je třeba podpořit numerickými výpočty v moderních MKP systémech.

Poděkování: Tento příspěvek byl podpořen projektem SGS-2010-046.

LITERATURA

- ANSYS Academic Research, Release 13.0, 2010. *Help System, Coupled Field Analysis Guide*, ANSYS, Inc.
- Bandyopadhyay, B., Manjunath, T.C., Umopathy, M., 2007. Modeling of Smart Structures, *Modeling, Control and Implementation of Smart Structures*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Benjeddou A., 2000 *Advances in piezoelectric finite element modeling of adaptive structural elements: a survey* Computers and Structures, 76, pp. 347-363.
- Varadan, V.K., Vinoy, K.J., Gopalakrishnan, S., 2006. *Smart Material System and MEMS, Design and Development Methodologies*. John Wiley & Sons.
- Waanders, J.W., 1991 *Piezoelectric Ceramics, Properties and Application*. Phillips Components, Eindhoven.