

Cunningham , Kent Beck, *A diagram for object-oriented programs, Conference proceedings on Object-oriented programming systems, languages and applications*, p.361-367, September 29-October 02, 1986, Portland, Oregon, United States. 9. Y.V. Reddy, M.S. Fox, N. Husain, and M. McRoberts. *The knowledge-based simulation system. IEEE Software*, pages 26-37, March 1986. 10. Murata T. *Petri nets: Properties, analysis and applications. Proceedings 01 the IEEE*, 16(1):39–50, January 1990. 11. J.L. Peterson, *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1981. 12. C. Ramachandani. “*Analysis of asynchronous concurrent systems by timed Petri nets*,” *Technical Report MAC TR 120, MIT*, 1974, Cambridge. 13. F.D.J. Bowden, “*A brief survey and synthesis of the roles of time in Petri nets*,” *Math. Comput. Modeling*, Vol. 31, 2000, pp. 55–68.

УДК 004.9

М.Р. Мельник, П.Ю. Денисюк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра систем автоматизованого проектування

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПОБУДОВИ ГРАФІЧНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ У СИСТЕМІ ANSYS

© Мельник М.Р., Денисюк П.Ю., 2010

Розроблено алгоритм автоматизованої побудови графіків у системі ANSYS з використанням постпроцесорів POST1 та POST26.

Ключові слова – автоматизація, ANSYS, постпроцесор, POST1, POST26.

Presented algorithm automation of graphical dependencies in ANSYS environment using the postprocessor POST1 and POST26.

Keywords – automation, ANSYS, postprocessors, POST1, POST26.

Вступ

Однією з найвідоміших систем для автоматизованого проектування MEMC-пристроїв на компонентному рівні є ANSYS [1]. Процес аналізу задач проектування в ANSYS включає такі етапи [2–5]: 1) побудову моделі конструкції об'єкта проектування (ОП); 2) розв'язання задачі реакції ОП на різні фізичні дії; 3) постпроцесорну обробку вихідних результатів моделювання. Доступ до результатів отримують (залежно від типу отриманих даних) з використанням двох постпроцесорів POST1 і POST26. Система ANSYS дає змогу використовувати як графічний інтерфейс користувача, так і командний режим. Розроблення підсистеми автоматизованого збереження результатів і побудови графіків істотно спростить опрацювання та аналіз результатів структурного аналізу термоактюаторів, акселерометрів та інших MEMC-пристроїв, в яких присутні механічні елементи. Під час проведення структурного аналізу важливу інформацію мають максимальні напруження і переміщення конструкції аналізованого MEMC-пристрою, тому поставлена задача автоматизації процесу побудови графіків є актуальною.

Основна частина

У системі ANSYS для відображення вихідних даних про максимальні значення використовується постпроцесор POST1, натомість для побудови графіків використовують постпроцесор POST26. Постпроцесор POST26 дає змогу користувачу побудувати графічні залежності для вибраного скінченного елемента, максимальних напружень/деформацій за різних навантажень, температури, або для різних форм коливань. Для побудови графічних залежностей у системі ANSYS розроблений алгоритм [6], який зображено на рис. 1.

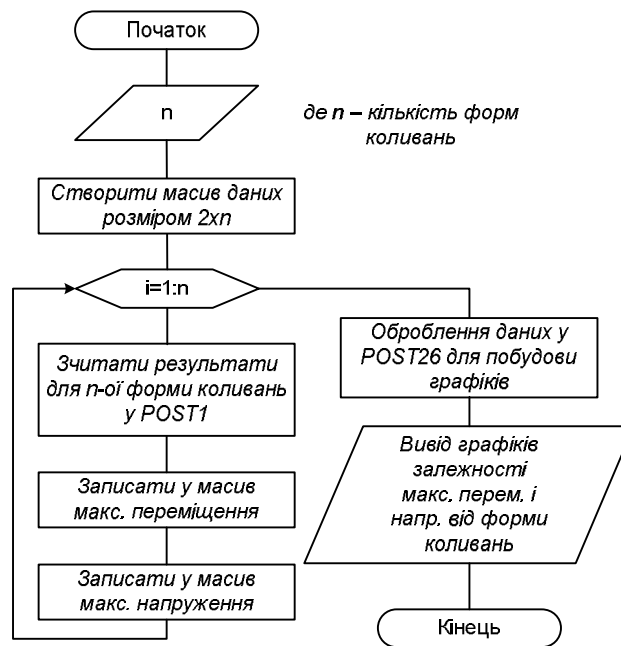


Рис. 1. Алгоритм побудови графіків максимальних напружень і переміщень у системі ANSYS

На рис. 2. показано фрагмент LOG-файла за програмною реалізацією в середовищі ANSYS вищенаведеного алгоритму. Використання циклу для автоматизованого збереження результатів розрахунку деформацій та напружень в пластині акселерометра у постпроцесорі POST1 дає змогу представити вхідні результати у графічній формі на твердий диск комп'ютера у вигляді масивів даних для подальшої їх обробки у постпроцесорі POST26.

В результаті виконання програми (рис. 2) отримуємо 12 файлів у форматі JPEG, де 6 з них відображають розподіл напружень у пластині акселерометра для 6 форм коливань, а інші 6 – деформацію пластини акселерометра. Крім того, програма створює два масиви з інформацією про максимальні напруження та переміщення пластини акселерометра для відповідних форм коливань.

Для того, щоб побудувати графіки у постпроцесорі POST26, потрібно:

1) створити масиви даних:

*DIM, MSEQV, ARRAY, NN – створює масив MSEQV з кількістю елементів NN. Навантаження або температура мають бути задані на проміжку від а до b з кроком h. Тоді NN буде дорівнювати цілій частці від (b-a)/h. В масив MSEQV будуть записані максимальні напруження для NN-го результату від NN-го прикладеного навантаження, температури або форми коливань.

*DIM, MUSUM, ARRAY, NN – створює масив максимальних деформацій MUSUM з кількістю елементів NN;

2) за допомогою команд *GET, MSEQV(NGR), PLNSOL, 0, max і *GET, MUSUM(NGR), PLNSOL, 0, max записуємо у масиви даних MSEQV і MUSUM максимальні напруження і переміщення, отримані з постпроцесора POST1 для NGR-ї форми коливань і записуємо у NGR-ту комірку попередньо створених масивів;

3) в середовищі ANSYS переходимо у постпроцесор POST26 за допомогою команди /POST26. В результаті відкриється вікно, як на рис. 3. У поле (1) цього вікна вводимо ім'я, яке буде відображатися на графіку (якщо користувач не введе назву, програма надасть ім'я автоматично у вигляді Calc_1, Calc_2 тощо). У полі (2) зі списку вибираємо потрібну нам змінну. У нашому випадку – це MUSUM. У результаті виконаних дій створиться запис (3) у полі (4). Так повторюємо для усіх масивів даних, для яких ми бажаємо побудувати графіки. У полі (2) зі списку доступні усі змінні, які задекларував користувач, натомість у полі (3) зі списку можемо вибрати змінні, які були створені програмою. Вибравши у полі (5) зі списку змінну NSET, яка відповідає номерам форм коливань, у полі (4) створиться відповідний запис.

```

kfk=6
*DIM,MSEQV,ARRAY,NN
*DIM,MUSUM,ARRAY,NN
!
/POST1
SET,FIRST
/EFACET,1
/SHOW,JPEG,,0
PLNSOL,S,EQV,tvg,1.0
*GET,MSEQV(1),PLNSOL,0,max
PLNSOL,U,SUM,tvg,1.0
*GET,MUSUM(1),PLNSOL,0,max
!
*DO,FFK,2,NN,1
SET,NEXT
PLNSOL,S,EQV,tvg,1.0
*GET,MSEQV(FFK),PLNSOL,0,max
PLNSOL,U,SUM,tvg,1.0
*GET,MUSUM(FFK),PLNSOL,0,max
*ENDDO
/SHOW,CLOSE

```

Рис. 2. Код програми збереження результатів аналізу акселерометра у графічні файли з використанням циклу

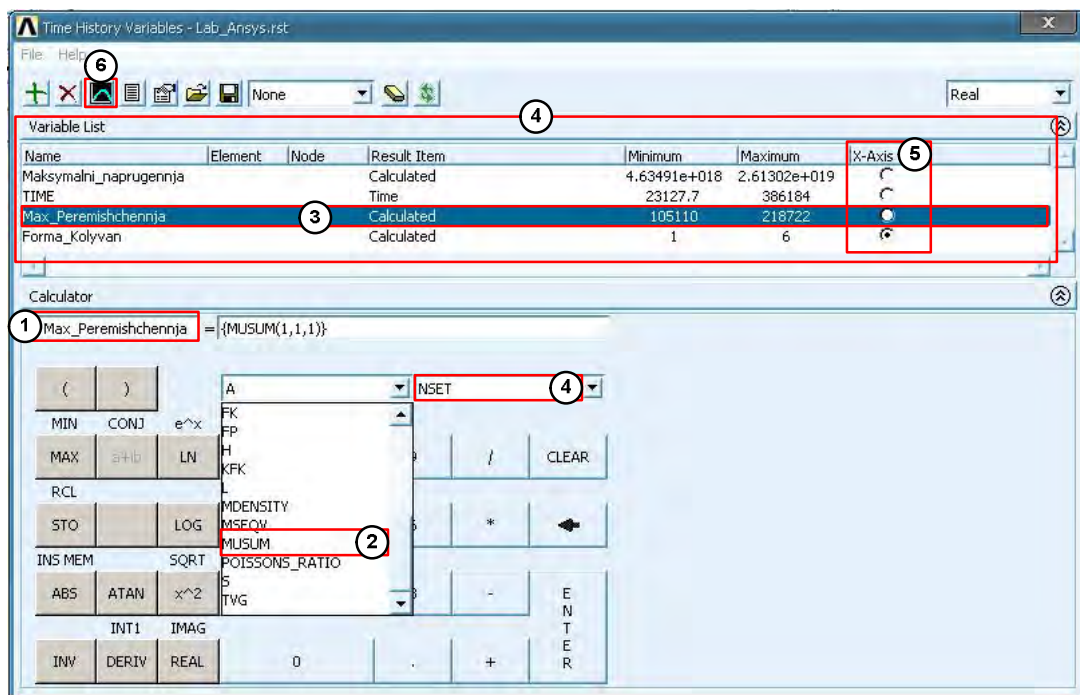



Рис. 3. Вікно налаштування і організації даних для побудови графіків

Коли користувач обере масиви даних, для яких потрібно побудувати графіки, у полі (5) вибирають осі абсцис та ординат. Для візуалізації графічної залежності потрібно натиснути на піктограму  (Graph Data). Результатом вищеписаних дій буде графік залежності максимальних переміщень пластини акселерометра від форми коливань (рис. 4).

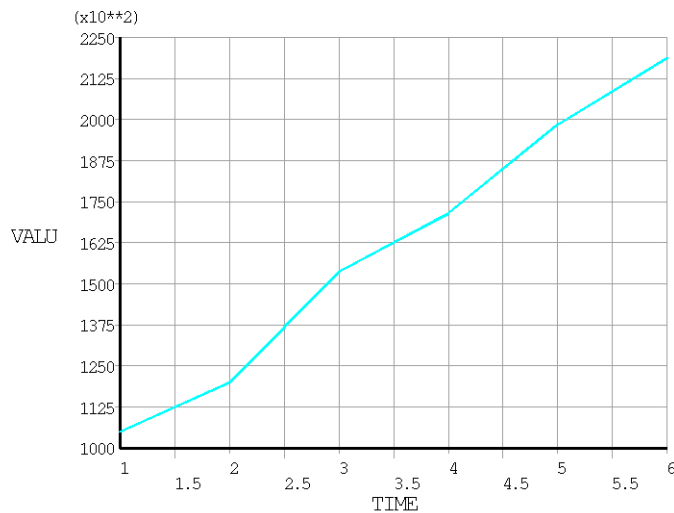


Рис. 4. Графік залежності максимальних переміщень пластини акселерометра від форми коливань, побудований засобами системи ANSYS

У розглянутому прикладі ємнісний акселерометр мав розміри пластини $2,6\text{E}-6 \times 2,6\text{E}-6$ (м). На рис. 4 показано залежність максимальних переміщень пластини акселерометра від форми коливань.

Висновок

Розроблений алгоритм побудови графічних залежностей максимальних напружень і деформацій від прикладених навантажень, температури або форм коливань дає змогу автоматизувати аналіз МЕМС-пристроїв і зменшити затрати часу на обробку результатів моделювання.

1. Теслюк В.М. *Моделі та інформаційні технології синтезу мікроелектромеханічних систем: монографія.* – Львів: Видавництво ПП "Вежа і Ко", 2008 – 192 с. 2. Каплун А.Б., Морозов Е.М., Олферьева М.А. *ANSYS в руках інженера: практич. керівництво.* – К.: Изд. Едиториал УРСС, 2003. – 272 с. 3. Басов К.А. *ANSYS в примерах и задачах.* – М.: Изд. Компьютер-Пресс, 2002. – 224 с. 4. Конюхов А.В. *Основы анализа конструкций в ANSYS: учеб. пособ.* – Казань: Изд-во КГУ, 2001. – 102 с. 5. Інтернет-сторінка www.ansys.com. 6. Melnyk M., Denysyuk P., Vitovsky O., Holovatsky R. *Automation of Graphical Dependencies Presentation in ANSYS // Proc. of the V-th International Conference of Young Scientists (MEMSTECH'2009).* – Lviv – Polyana, 2009. – P.233–234.