

УДК 534.1

Модернизация метода обработки данных модальных испытаний PolyMAX для случаев несоответствия частоты отклика частоте нагружения

Крюкова Мария Олеговна^{1(*)}

kmo2001@mail.ru

Хамидуллин Руслан Камилевич^{1,2}

khamidullin@bmstu.ru

¹ МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Россия² АО «ВПК «НПО машиностроения», Реутов, Московская обл., Россия

Аннотация. Представлен авторский алгоритм обработки результатов модальных испытаний, представляющий собой модернизацию метода наименьших квадратов в комплексной частотной области. Особенностью алгоритма является учет проявления нелинейных свойств объекта испытаний. Реализация алгоритма выполнена в программном пакете Scilab с открытым исходным кодом. В результате обработки специально сгенерированных сигналов с известными параметрами при помощи авторского алгоритма отмечено повышение точности получаемых данных по сравнению с методом PolyMAX программного пакета LMS Test.Lab фирмы Siemens.

Ключевые слова: модальный анализ, коэффициенты демпфирования, собственные частоты, метод наименьших квадратов, стабилизационные диаграммы, вейвлет-преобразование

Введение. Проведение модальных испытаний необходимо для определения упруго-динамических характеристик (УДХ) и подтверждения требований технического задания (ТЗ) по части динамической прочности. Для корректного определения модальных параметров требуется качественная оценка полученных результатов.

Наиболее распространенным методом обработки результатов модальных испытаний является метод «PolyMAX» [1], отличающийся высокой вычислительной эффективностью. К недостаткам метода относятся высокая погрешность при оценке демпфирования для сильно задемпфированных сигналов с зашумленными данными [2], а также ограниченный доступ для отечественных предприятий, как к коммерческому продукту компании Siemens. Кроме того, PolyMAX не предназначен для обработки данных с несоответствием частоты нагружения и частоты отклика, что может быть следствием проявлений нелинейностей конструкций, таких как субгармонические колебания. Для решения данных проблем принято использование модернизированной версии.

Материалы и методы; результаты. В случае использования пошагового сканирующего синуса для выявления несоответствия частоты задания вибрации и частоты отклика осуществляется вейвлет-преобразование [3] с последующим перестроением АЧХ.

Второй этап заключается в разбиении частотной области на участки постоянства вблизи резонансных частот с дальнейшим построением сглаживающих функций с различными порядками полиномов.

На третьем этапе применяется поканальный анализ коэффициентов демпфирования, с целью «отбрасывания» каналов, искажающих результаты определения коэффициентов демпфирования.

Для демонстрации корректности модернизированного метода проведено сопоставление результатов обработки методом PolyMAX в пакете LMS Test.Lab и авторским методом. В качестве исходных данных взяты сгенерированные данные для одномодальных (SDOF) и мультимодальных (MDOF) систем с проявлением нелинейностей. При использовании модернизированной версии повысилась точность определения параметров демпфирования по сравнению со стандартным подходом.

Заключение. На основе метода PolyMAX в программном пакете Scilab с открытым исходным кодом был разработан алгоритм обработки результатов модальных испытаний, позволяющий учитывать несоответствие частоты отклика частоте задаваемого воздействия с помощью дополнительной обработки данных и построения вейвлет. Использование данных особенностей позволяет повысить точность определения значений относительного демпфирования.

Список источников

- [1] Peeters B., Van der Auweraer H., Guillaume P., Leuridan J. The PolyMAX frequency-domain method: a new standard for modal parameter estimation. *Shock and Vibration*, 2004, vol. 11, pp. 395–409.
- [2] El-Kafafy E., Guillaume P., Peeters B., Marra F., Coppotelli G. Advanced frequency-domain modal analysis for dealing with measurement noise and parameter uncertainty. *Proc. IMAC, USA, Jacksonville (FL)*, 2012.
https://doi.org/10.1007/978-1-4614-2425-3_17
- [3] Zeglaoui A., Ben Mabrouk A., Kravchenko O.V. Wavelet neural networks functional approximation and application. *International Journal of Wavelets, Multiresolution and Information Processing*, 2022. <https://doi.org/10.1142/S0219691321500600>