

Опитна уредба за изследване на трептения

Светлин Стоянов, Стоян Стоянов

A test rig for investigation of vibrations: A test rig for vibration measurements is developed. It gives the opportunity to determine the vibrational acceleration, velocity and displacement. Also a spectral analysis is provided to identify the frequencies of harmonics in polyharmonic vibrations. The test rig is involved in the education process.

Key words: Test rig, vibrations, spectral analysis, vibrodiagnostics, machinery dynamics, LabView, Matlab, Simulinc

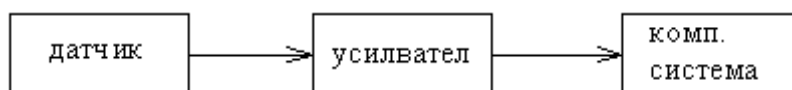
1. ВЪВЕДЕНИЕ

Теоретичното и експериментално изследване на трептенията, както и вибродиагностиката са основна област от динамиката на машините. При това, вибродиагностиката се базира на спектрален анализ на трептенията. Всеки хармоник от дадено полихармонично трептене съответства на някакъв процес и може да бъде сигнал за неговото възникване (например появата на хлабина, счупване или износване при зъбна двоица) и изменение с течението времето (напр. нарастване на износването). Както е известно, в резултат на променливата коравина в зоната на зъбното зацепване, профилната грешка и отклонението на основната стъпка се възбуждат трептения с честота равна на произведението от броя на зъбите и ъгловата скорост и кратни на нея.

Едно от основните приложения на създадената опитна уредба е в учебния процес на техническите специалности на висшите учебни заведения. За да бъдат компетентни и успешни, инженерите трябва да притежават знания и умения за работа със съвременни софтуерни системи [3]. В областта на динамиката на машините, като пример за такива системи могат да бъдат посочени Matlab (и неговите модули Simulink\Simscape и Simulink\SimMechanics), Maple (MapleSim), LabView, MSC.ADAMS, ITI SimulationX. Това определя и работните среди, използвани при разработване на софтуерното осигуряване на опитна уредба.

2. ОПИСАНИЕ НА ОПИТНАТА УРЕДБА

Обобщена структура на създадената опитна уредба е представена на фиг. 1.



Фиг. 1. Блок-схема на опитната уредба

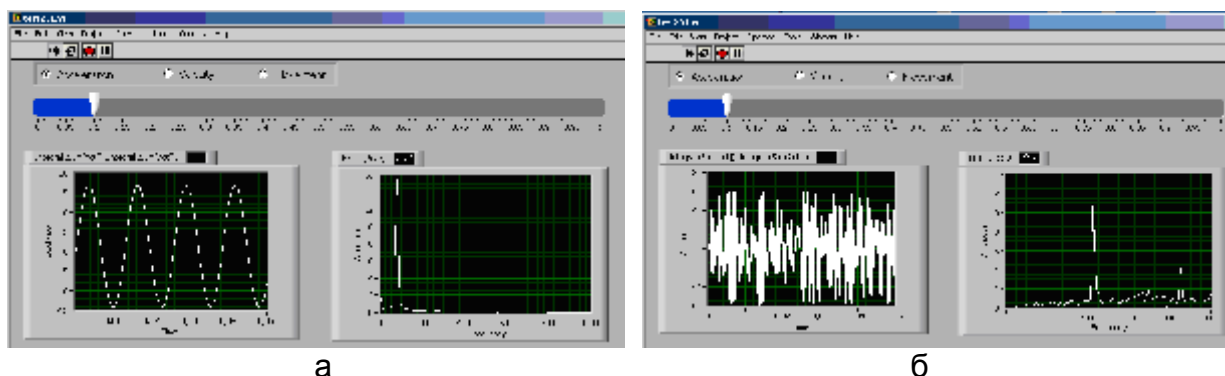
Като първичен преобразувател (датчик) е използван инерционен преобразувател (пиезоакселерометър). Той се състои от подвижна маса и пиезоелемент. При ускорително движение, масата въздейства на пиезоелемента с инерционната си сила. Измерванията трябва да се реализират в линейната част от амплитудно-честотната характеристика на пиезоакселерометъра, която в областта на високите честоти се ограничава от собствената честота на преобразувателя. Приема се горната граница на измерванията да е около 1/3 от резонансната честота[1].

Полученият от инерционния преобразувател сигнал се усилва и предава към компютърна система. Разработеното софтуерно осигуряване интегрира този сигнал за определяне на скоростта и преместването. Посредством високочестотен филтър (*high-pass filter*) е решен проблемът с т. н. “*large scale trends*” [4].

Чрез дискретната трансформация на Фурие (*DFT, FFT algorithm*) сигнала се прехвърля от времевата в честотната област. При това полихармоничния сигнал се

разделя (декомпозира) на съставлящите го хармоници. Софтуерното осигуряване на опитната уредба е реализирано в работните среди на LabView и на Matlab (посредством скрипт, както и посредством Simulink модел).

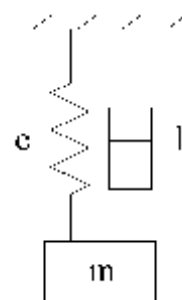
Резултатите от измерване на еталонни хармонични трептения са представени на фиг 2а. При измерване на трептенията на бормашина на празен ход, имаме полихармонично трептене, съставяно от няколко хармоника с различни честоти (фиг 2б).



Фиг. 2. Екрани от софтуера, разработен посредством LabView

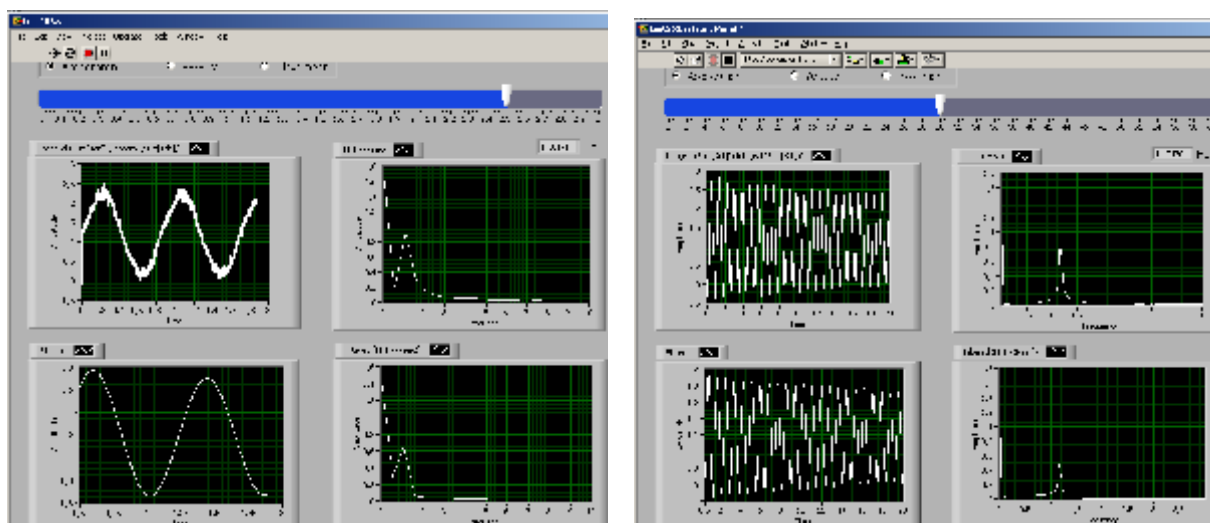
3. ПРИМЕРНО ПРИЛОЖЕНИЕ НА ОПИТНАТА УРЕДБА

Като едно примерно приложение на опитната уредба, ще определим параметрите на фундаменталния модел на механиката – система от маса, идеален еластичен и идеален дисипативен елемент (фиг. 3). Обектът на моделиране е масата m , установена посредством реален еластичен елемент с коефициента на еластичност c . Ще идентифицираме коефициента на дисипация k . Той отчита загубите на енергия в реалния еластичен елемент и от вискозното триене при движението във въздушната среда.



Фиг. 3. Изчислителна схема

За конкретната система $c = 47.8 \text{ N/m}$ и $m = 0.880 \text{ kg}$. Даваме начално преместване на масата, което води до появата на свободни трептения в съпротивителна среда. Посредством опитната уредба установяваме наличието на затихващо трептене с декремент $\eta = 1.0983$ за $h = 20$ периода. (фиг. 4).



Фиг. 4. Екрани от софтуерното осигуряване – сигналът може да бъде филтриран

В динамиката на машините, за коефициента на затихване са възприети две различни дефиниции:

$$D = \frac{k}{2\sqrt{mc}}, \quad (1)$$

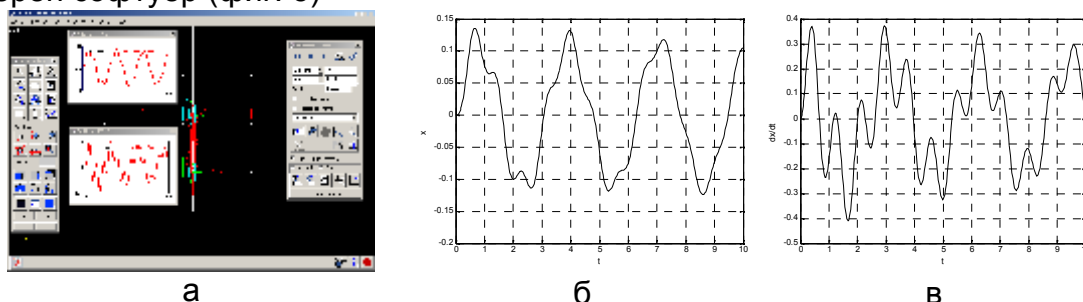
$$n = \frac{k}{2m}. \quad (2)$$

Зависимостта между коефициента D и декремента на затихването са дава от уравнението [2]

$$\eta = \exp\left(\frac{2\pi h D}{\sqrt{1-D^2}}\right). \quad (3)$$

Съгласно (3) определяме коефициента на затихване $D = 0.0007459$. От (1) намираме коефициента на дисипация $k = 0.0097$ Ns/m.

След определяне на параметрите, системата може да бъде моделирана и симулирана в интегрираните работни среди на широк набор от съвременен инженерен софтуер (фиг. 5)



Фиг. 5. Стимуляционно изследване на принудените трептения на идентифицираната система: а - в работната среда на MSC.ADAMS; б и в – резултати получени посредством Matlab

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Създадена е опитна уредба за изследване на трептения. Тя може да намери приложение както в учебния процес във висшите училища, така и в научната изследователска дейност и в инженерната проектантска дейност.

Изследванията са подкрепени по договор № BG051PO001-3.3.04/28, „Подкрепа за развитие на научните кадри в областта на инженерните научни изследвания и иновациите”. Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на Оперативна програма „Развитие на човешките ресурси” 2007-2013, съфинансирана от Европейския социален фонд на Европейския съюз“.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Г. Полихронов, Ив. Кралов, Бл. Василев, Г. Тодорова, Т. Тенев. Метрология и измервателна техника. Ръководство за лабораторни упражнения. Технически университет, София, 2009.

[2] Dresig H., F. Holzweißig. Dynamics of Machinery. Springer, 2010.

[3] Stoyanov S., Computer aided dynamics of machinery, International virtual journal for science, technics and innovation for the industry “Machines, technologies, materials”, Year V, Issue 4/2011, ISSN 1313-0226

[4] Signal processing - extracts acceleration, velocity, and displacement. National Instruments tutorial, 2010, <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/4989>