

ИЗМЕРВАНЕ НА ВИБРАЦИИ С ИНДУКТИВНИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ

Божидар Джуджев

Резюме: В статията са разгледани индуктивните преобразуватели и приложението им за измерване на вибрации. Експериментално са определени и изследвани функциите на преобразуване.

Ключови думи: вибрация, индуктивни преобразуватели, амплитуда, честота.

VIBRATION MEASUREMENT WITH INDUCTIVE TRANSDUCER

Bozhidar Dzhudzhev

Abstract: In the paper inductive transducers and their application for vibration measurement are discussed. The functions of conversion are experimentally defined and investigated.

Keywords: vibration, inductive transducer, amplitude, frequency.

1. Вибрация – основни понятия

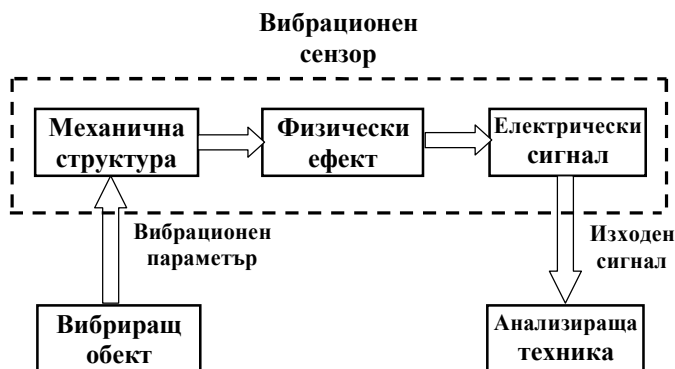
Вибрациите са едно от най-популярните явления, което съществува в нашето ежедневие навсякъде и по всяко време. Те се генерират в резултат на механични смущения от различни източници. Прието е с понятието вибрации да се означават нежеланите механични трептения на масивни твърди тела: корпусите на машини и съоръжения, транспортни средства, тръбоводи, сгради и др.

Използването на съвременните технологии е свързано с непрекъснато наблюдение и контрол на редица параметри на протичащия технологичен процес и съответно контрол на производственото оборудване. Едни от най-често проследяваните и измервани величини се явяват “малките” механични премествания, и по-точно стойностите на вибрациите. Необходимостта от контролирането на вибрациите е поради факта, че в повечето случаи те са нежелателно явление, наличието на което може да доведе до нанасянето на щети върху елементи и машинни възли и да влоши работата им, както и до прекомерното им износване и повреда. Също така вибрациите имат неблагоприятен ефекти и върху хората и могат да доведат до различни здравословни проблеми. От друга страна, вибрациите могат да бъдат създадени и принудително и да изпълняват определени функции. И в двата случая обаче е

необходимо осъществяването на непрекъснат контрол и комплексна оценка на оборудването.

Принципно вибрациите се характеризират с два от следните три параметъра: **амплитуда на трептене; амплитуда на ускорението и честота на трептене**. Получаването на информация за тези параметри и тяхното изменение в процеса на работа на промишленото оборудване е основна задача при оценката на качеството и надеждността на неговата работа. За установяване на вибрациите е важна сензорната технология за контрол на машините, мостовете и сградите, прогнозирането на природните бедствия и др. Разработването на сензорната технология за тестване на вибрациите датира от началото на миналия век. Използваните технически средства и методи за измерване на вибрациите се основават на различни физични принципи и обикновено имат определена област на използване. Устройството, което преобразува вибрациите в електрически сигнал се нарича вибрационен сензор [1], датчик или преобразувател.

Принципно уредите за измерване на вибрациите биват: **вибромери**, измерващи механичните трептения, **акселеромери** за измерване на ускоренията, или **вибрографи**, с помощта на които се записва част или целият изследван процес. Основно изискване към вибромерите и акселеромерите е те да не изкривяват измервания процес, т.е. да не увеличават масата и да не изменят собствената му честота. Друго изискване, предявявано към вибромерите и акселеромерите, е безинерционно следване на колебателния процес. Има много видове вибрационни сензори. На фиг.1 е показан основният им принцип на действие.



Фиг. 1 Схема на основния принцип на измерване с вибрационен сензор

Вибрационният сензор измерва параметрите на вибрациите на обекта чрез механичната си структура, която превръща вибрационните параметри в електрически сигнал, използвайки физически ефект, с който се постига преобразуването на неелектрическия сигнал в електрически сигнал. Вибрационните сензори се разделят на сензори за преместване (амплитуда), сензор за скорост и сензор за ускорение, съгласно измервания параметър на вибрациите. Тъй като параметрите на вибрациите могат да се преобразуват един

в друг по пътя на просто пресмятане; трите вида сензори могат да бъдат универсални. В момента, в съответствие с различните методи за откриване на вибрациите, са изобретени вибрационни сензори на различни видове физични ефекти.

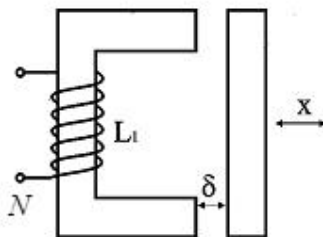
В практиката от преобразувателите за измерване на амплитудите на колебателните процеси, най-голямо приложение намират индуктивните вибромери. Характерно за тях е, че позволяват измерването на вибрации от вибриращите повърхности на механичните системи. Считат се за подходящи за измерване на големи вибрации. За измерване на малки вибрации не се препоръчват, тъй като имат малка чувствителност и сравнително голяма грешка, дължаща се на разсейването на магнитния поток в пространството, токовете на Фуко, магнитния хистерезис и други.

2. Индуктивни преобразуватели

В основата на измерванията на базата на индуктивните преобразуватели е промяната на индуктивността на бобина (намотка) при преместване на феромагнитната ѝ сърцевина. В зависимост от предназначението и точността съществуват различни измервателни преобразуватели, които се различават един от друг най-вече по конструкцията на бобините. За измерване се използват предимно сензори с две бобини. Така се гарантира по-добра линейност и се компенсира влиянието на околните фактори и най-вече на температурата.

Единичен индуктивен преобразувател

Индуктивните преобразуватели се основават на електромагнитната индукция, използваща самоиндуктивност или взаимна индуктивност, за да преобразуват вибрациите в електрически сигнал. [6]. Принципната структура на индуктивен преобразувател е показана на фиг.2, където 1 е неподвижно закрепеното (фиксирано) феромагнитно тяло, а 2 е подвижно закрепеното с пружини феромагнитно тяло. N е броят на намотките на проводника навит върху фиксираното тяло.



Фиг.2 Принципна структура на индуктивен преобразувател

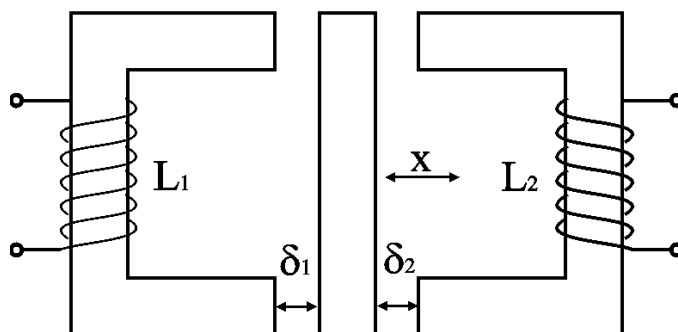
Според теорията за магнитната верига, при работа в ненаситен режим, индуктивността на бобината получена от навитият проводник е:

$$L = \frac{N^2 m_0 A_0}{2d} \quad (2),$$

където μ_0 , A_0 , d са съответно магнитната проницаемост, еквивалентна площ на напречното сечение и големината на въздушната междина. Когато вибрациите на даден обект променят големината на въздушната междина l_0 между фиксираното и подвижното тяло, индуктивността се променя. Измерването на тази промяна дава възможност да се определи стойността на измерваните вибрации.[6]

Диференциален индуктивен преобразувател

При тези преобразуватели при измерването индуктивността на едната бобина ще расте, а на другата ще намалява. Тогава изходният сигнал е пропорционален на разликата на относителните изменения и линейността се подобрява приблизително два пъти, като се повишава и чувствителността.



Фиг. 3 Принципна структура на диференциален индуктивен преобразувател

Основните предимства на индуктивният преобразувател са проста и надеждна структура, висока точност, стабилност и голяма мощност. Недостатъците са свързани с чувствителността, линейността и обхвата, които са взаимно зависими и ограничаващи се. Това е причината тези преобразуватели да не са подходящи за измерване на високо честотен динамичен сигнал.

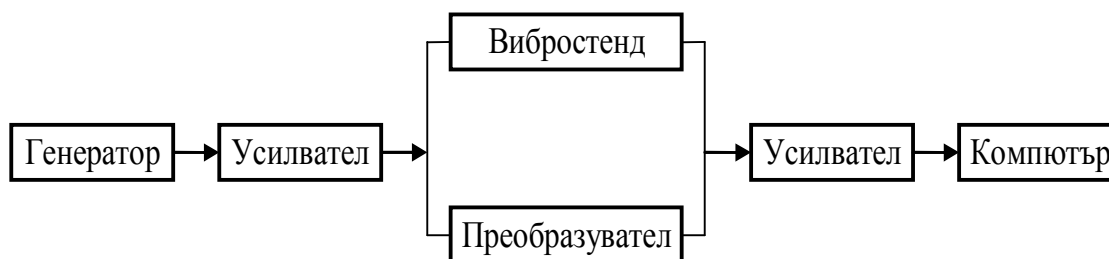
3.Описание на опитната постановка

Опитната постановката за измерване на вибрации и обработка на резултатите е показана на фигура 4. Тя включва следните блокове:

- Честотен генератор – Philips GM 2315. със следните параметри: честотен обхват от 20 Hz ÷ 20 kHz и амплитуда на сигналите от 0 ÷ 10 V;
- Цифров мултиметър – Fluke 83 Multimeter;
- Усилвател – Bruel & Kjaer power amplifier Type 2712;
- Вибростенд - Bruel & Kjaer permanent magnetic vibration exiter Type 4808. Максимално ускорение 71g;
- Датчик за измерване на виброускорение- Индуктивен – Acceleration transducer B12/500 със следните параметри: честотен обхват от 0 ÷ 500 Hz. Измервателен обхват $\pm 100g$.

- Захранване на пиезоелектрическият датчик – Kistler power supply/coupler Type 5134;
- Усилвател – Hottinger Baldwin messtechnik Type spider 8;
- Компютърна конфигурация;
- Софтуер Catman Professional 5.0.

От честотния генератор се задават честотата и амплитудата на сигнала. С помощта на мултиметър се контролират зададените стойности на сигнала от генератора. Сигналите от генератора се усилват от усилвател и се подават на вибростенда. Той от своя страна произвежда вибрации, които се измерват от преобразувателя. Преобразувателят изработва сигнал в единици земно ускорение g . Усиленият сигнал се подава към компютъра. Резултатите се визуализират с помощта на програмата Catman Professional. Програмата дава възможност за измерване на честотите и амплитудите.



Фиг.4. Схема на опитната постановка

5. Резултати от измерванията

1. Тестване на преобразувателя, относно честотата. Амплитудата на сигнала, идващ от индуктивния преобразувател се поддържа постоянна със стойности 5g и 10g с помощта на усилвателя – Bruel & Kjaer power amplifier Type 2712. Резултатите са представени в таблица 1. Наблюдават се много малки разлики (от 0 до 1,2 %) в зададените от генератора и измерените в преобразувателя честоти. Т.е. индуктивният преобразувател измерва честота много точно. Получава се разлика при някои единични измервания, между отчета на преобразувателя и зададената честота от генератора, като най-голямата разлика е 1,4Hz. Тази разлика се дължи на закръгленията, направени при самото отчитане на данните от преобразувателят.

Честота на генератора, Hz	Честота от индуктивният преобразувател, Hz
20	20
30	30,303
40	40
50	50
60	60,606
70	71,428
80	80
90	90,909
100	100

Табл.1

2. Изследване на зависимостта на амплитудата на вибрационния сигнал от честотата- $A=f(f)$. Измерванията са направени при честоти от 20 до 500 Hz със стъпка 10 Hz (Табл.2). Измерването е проведено при един и същ коефициент на усилване на усилвателя.

Промяната на амплитудата спрямо честотата е показана на фигура 5. От нея се вижда, че имаме резонанс при 100Hz. От резултатите в таблица 2 се вижда че преобразувателя може да измери много малки промени. Измерването е направено до 500Hz, заради ниския честотен обхват на индуктивния преобразувател, т.с. датчика има малък честотен обхват.

Индуктивният преобразувател измерва еднакво добре сигнали с големи и малки амплитуди.



Фиг.5

Честота на генератора, Hz	Амплитуда от преобразувателя, g	Честота на генератора, Hz	Амплитуда от преобразувателя, g
20	2,6		
30	4	270	3,0
40	5,3	280	2,7
50	6,4	290	2,45
60	7,4	300	2,4
70	8,0	310	2,0
80	8,5	320	1,75
90	8,5	330	1,55
100	8,5	340	1,45
110	8,4	350	1,3
120	8,0	360	1,2
130	7,65	370	1,05
140	7,3	380	1,0
150	6,9	390	0,875
160	6,4	400	0,8
170	6,0	410	0,72
180	5,8	420	0,62
190	5,7	430	0,5
200	5,5	440	0,5
210	5,0	450	0,45
220	4,65	460	0,45
230	4,25	470	0,32
240	4,0	480	0,31
250	3,5	490	0,27
260	3,25	500	0,27

Табл.2

6.Заклучение

Статията е посветена на индуктивните преобразуватели и приложението им за измерване на вибрации. Експериментално са определени точността на отчитане на честотата на сигнала от преобразувателя и е изследвана зависимостта на амплитудата на вибрационния сигнал от честотата- $A=f(f)$. Тези преобразуватели могат успешно да се използват за регистриране на вибрации с честота до 500 Hz и амплитуда 10 g, като дава много добри показания и при много малки амплитуди.

Благодарност

Направените проучвания и реализираните измервания са направени благодарение на финансовата помощ по договор в подкрепа на докторанти № 122ПД0074-08 "Изследване и оптимизиране на процесите при измерване на вибрации"на НИС, ТУ- София, Р. България.

Литература:

- [1]. <http://www.newagepublishers.com/samplechapter/001413.pdf> “
- [2]. <http://www.acousticassociates.co.uk/environmental-vibration.htm>
- [3]. Department of Environment and Conservation, “Assessing Vibration: a technical guideline”, 2006
- [4]. Torex sensors, “Vibration”
- [5]. Brüel & Kjær Vibro “Basic Vibration – Measurement & Assessment”
- [6]. Himanshu Chaurasiya, “Recent Trends of Measurement and Development of Vibration Sensors”

Автори: Божидар Джуджев, инж. докторант, катедра Електроизмервателна техника, ФА, email: bojidar.djudjev@abv.bg ,