

ÉRINTKEZÉSMENTES REZGÉSMÉRÉS

CONTACTLESS VIBRATION MEASUREMENT

Lénárt József*

ABSTRACT

This article discusses about designing a novel equipment for vibration measurement and analysis. The goal of the project is to create a device that is small and smart, and can do the job without auxiliary equipment, like PC or notebook.

1. BEVEZETÉS

Ez a cikk egy egyedi rezgésmérésre és rezgésvizsgálatra alkalmas berendezés fejlesztéséről szól. A fejlesztés célja egy olyan eszköz elkészítése, ami kicsi, okos és alkalmazásához nem szükséges semmilyen kiegészítő berendezés, mint például számítógép, mérőerősítő, vagy mérésadatgyűjtő. Bemutatásra kerülnek az érintkezésmentes mérés módszerei, valamint a tervezett mérési módszer. A fejlesztés még korai stádiumban van, így mérési eredmények nem születtek, jelenleg a tervezés és az első kísérletek fázisánál tartunk. A rezgésmérés a gépészetben egy rendkívül fontos vizsgálati lehetőség, egy olyan tudomány, amelynek segítségével nem csak magának a rezgésnek a paraméterei mérhetők, hanem ezekből következtetni lehet a gépek állapotára, esetleges meghibásodásaira is. A rezgésmérés során kapott mérési eredmények analizálásával megállapíthatók pl. kiegyensúlyozatlansági hibák (amiket okozhatnak akár alkatrésztréres is), csapágyhibák (jellemzően csapágykopás), illetve egyéb, a működést befolyásoló zavarok. A rezgések mérésére többféle módszert fejlesztettek ki, minden mérési feladathoz megtalálható a leginkább megfelelő mérési elv. Ezek a mérési elvek jellemzően indirekt mérések, leggyakrabban a gyorsulás mérésén alapulnak. A gyorsulás viszonylag könnyen mérhető (piezo, MEMS, stb.), integrálással meghatározható a próba sebessége, kétszer integrálva pedig a pozíciója (elmozdulása). [1] Vannak azonban olyan feladatok, ahol ezek a hagyományos, gyorsulásmérésen alapuló mérési elvek nem alkalmazhatók. Ilyen feladat lehet például, ha a rezgés amplitúdója nagy, akár milliméteres nagyságrendű, a frekvencia pedig relatíve magas. Egy ipari feladat kapcsán szembesültünk egy ilyen esettel, amely során egy vibrációs műanyaghegesztő berendezés állapotfelmérő vizsgálata során meg kellett vizsgálni a rezgetőfej működését. A berendezést PLC vezérli,

kezelőfelületén beállítható többek között a rezgés amplitúdója, frekvenciája, időtartama, amely paraméterek döntően befolyásolják a hegesztés minőségét. Az előírt paraméterektől való eltérés jelentős minőségromlást okoz, az alkatrészek a minőségvizsgálaton megbuknak, így jelentős veszteséget okoz. Mivel az illető cég autóiipari beszállító, a hegesztés minőségére magas követelmények vannak előírva. A feladat megoldása során először a hagyományos módszerrel próbáltuk elvégezni a mérést egy piezoelektromos rezgésmérő fejjel, mágneses rögzítéssel. A folyamat elindulásakor a mérőfej szinte azonnal leesett a rezgetőfejről. Ezért merült fel egy érintkezésmentes mérési módszer kialakításának szükségessége.

2. ÉRINTKEZÉSMENTES MÉRÉS

A hagyományos rezgésmérési módszerekkel kapcsolatban két probléma merül fel ilyen speciális körülmények között: a tehetetlenségi erők miatt a mérőfej rögzítése nehéz, vagy lehetetlen, illetve egyes esetekben a mérőfej tömege – mivel együtt mozog a mérendő tárggyal – befolyásolhatja a mérést. Ezekben az esetekben más mérési módszert kell keresni a feladat elvégzéséhez. Az érintkezésmentes rezgésmérési módszerek általában elmozdulás mérésen alapulnak és valamilyen optikai szenzort alkalmaznak, általában háromszögletes lézeres távolságmérő szenzort, vagy lézert interferométert. A háromszögletes (triangularizációs) lézeres mérőeszköz egy félvezető lézert fényforrásból és egy fényérzékelő szenzorból áll. Ez a mérési mód megfelel céljainknak, azonban kiegészítő berendezéseket igényel (mérőerősítő, mérésadatgyűjtő, számítógép, vagy laptop a kiértékeléshez). A tökéletes megoldás egy kis doboz lenne, amelyhez nincs szükség sok kábelre és nincs szükség érzékeny eszközökre, amit betehetünk a gép munkaterébe, ahol mér, gyűjt és kiértékeli az adatokat.

2.1. Háromszögletes lézeres távolságmérő

A lézeres háromszögletes szenzorok a kibocsátott, majd a céltárgyról visszavert fény – általában lézersugár – segítségével mérnek távolságot. Az „adó” – általában félvezető lézerdióda – egy fénypöttyöt vetít a céltárgy felületére, a visszavert fény sugarat pedig egy fényérzékelő szenzorra – a

* tanársegéd, Miskolci Egyetem Robert Bosch Mechatronikai Tanszék

„vevőre” – fókuszálja megfelelő lencsékkel. Mivel a lézersugár kis szöveget zár be a célfelület normálisával, ha a távolság változik az eszköz és a céltárgy között, a fényfolt pozíciója is megváltozik a vevő szenzoron. Az eszközbe integrált jelfeldolgozó elektronika érzékeli a fényfolt pozícióját és – linearizáció és jelkondicionálás után – kimenőjelet állít elő, amely arányos a céltárgy távolságával. A legfontosabb eleme az eszköznek a fényérzékelő, amely kétféle lehet: PSD (Position Sensitive Device) vagy CCD (Charge Coupled Device). Ideális körülmények között a PSD szenzor megfelelően teljesít, bár megbízhatóságát és pontosságát nagyban befolyásolja a céltárgy felülete, színe, mintázata és a fényerősség. A CCD szenzorok újabb, fejlettebb eszközök, sok tekintetben felülmúlják a PSD szenzorokat, de a mozgásra és a felület változására való reagálásának sebességét korlátozza az alkalmazott mikrovezérlő, vagy mikroprocesszor

2.2. Lézer interferométer

A lézer interferométer egy nagy pontosságú berendezés nanométer nagyságrendű felbontással és több méteres mérési tartománnyal. Az eszköz működése az ún. Michelson interferométer elvén alapul: egy fénysugarat két egyenlő félre osztanak egy fénysugár-osztó féligáteresztő tükör segítségével. Az egyik sugarat egy fixen rögzített tükröre vetítik, majd onnan az érzékelőbe. Ez a referencia sugár. A másik sugarat egy másik tükröre vetítik, amely a céltárgyhoz van rögzítve. A második sugár extra távolságot tesz meg a referencia sugárhoz képest, így fáziskülönbség lesz a két sugár között. Amikor a két fénysugár találkozik a szenzoron, interferencia jön létre. Ez lehet konstruktív (a sugarak összeadódnak), vagy destruktív (kioltják egymást). A jelprocesszor számolja az interferenciákat és átszámolja elmozdulásra. Ebből adódóan az eszköz csak elmozdulás mérésére alkalmas, abszolút távolságmérésre nem. Rezgésmérésre elég az amplitúdót mérni, így ez megfelel céljainknak, azonban a lézer interferométer nagyon drága eszköz.

2.3. Vonalkamera (Line scan camera)

A vonalkamerák képrögzítő eszközök, amelyek olyan CCD, vagy CMOS szenzorokat tartalmaznak, amelyek egyetlen vonalból álló fényérzékeny elemet foglalnak magukban. Ebből adódóan a hagyományos kameráktól eltérően a kép egyetlen vonalból áll. Gyakorlatilag ugyanolyanok, mint a hagyományos képérzékelők, amelyek sok képpont-oszlopot – általában 1024-2048 – de egyetlen képpont-sort tartalmaznak. A vonalkamera egyetlen képsora megfelel a megfigyelt vonal minden egyes pontjában a fényerő értékének egydimenziós leképezésének. A szürkeárnyalat (vagy szín) minden hirtelen változása megfelel a célobjektum egy élén levő pontnak. Ezen változás érzékelésével precíz mérést végezhetünk, köszönhetően a szenzor

magas felbontásának, ami általában nagyobb a hagyományos (terület) szenzorok felbontásánál. Másik kiemelkedő tulajdonsága a vonalkamerának a nagy sebesség. A hagyományos kétdimenziós képszenzorok általában csak néhány száz képet tudnak készíteni másodpercenként, különösen nagy felbontás esetén, míg a vonalszenzorok több ezer „kép” készítésére képesek ezen idő alatt. A nagy érzékelési sebesség alkalmassá teszi ezeket az eszközöket rezgésmérésre, ha a frekvencia 1 kHz alatt van és az amplitúdó elég nagy – a szenzor felbontásának megfelelően – a tizedmilliméteres tartománytól néhány milliméterig. A vonalkamerás méréshez szükség van kiegészítő eszközökre, egy megfelelő teljesítményű számítógépre, megfelelő szoftverekre és a kamera típusától függően esetleg illesztőkártyára (frame grabber) is. Hátránya, hogy ipari környezetben nem túl praktikus egy számítógépet és kábeleket elhelyezni egy termelő gép munkaterében. [2]

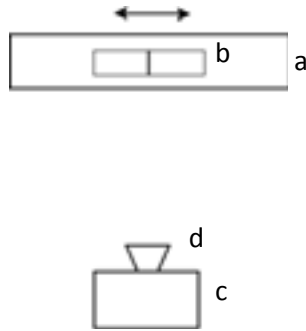
2.4. Speciális eszközök

A vonalkamerás mérési módszer továbbfejlesztéseként egy egyedi mérőeszköz fejlesztésébe kezdtem, amely képes elmozdulás- és rezgésmérésre néhány milliméteres amplitúdó esetén, 0.01 mm felbontással és kb. 5 kHz maximális frekvencia mellett. Az eszköz alapja egy Xilinx Spartan 3E FPGA, egy CCD jelprocesszor és egy Toshiba 2048 képpontos vonal-CCD szenzor. A rezgésmérés eredményei egy LCD kijelzőn kerülnek megjelenítésre és a későbbi feldolgozás és tárolás céljára microSD memóriakártyára menthetők. Az FPGA (Field Programmable Gate Array) egy speciális integrált áramkör, amely egy adott feladatnak megfelelően szabadon programozható. A programozás (konfiguráció) speciális, ún. hardver leíró nyelven (HDL, Hardware Description Language) történik. Az FPGA programozható logikai komponenseket tartalmaz, melyek programozható (átkonfigurálható) kapcsolat hierarchiával köthetők össze. Minden ún. logikai blokk komplex kombinatorikai függvények elvégzésére képes, vagy egyszerű logikai kapuként működik. A legtöbb FPGA-ban a logikai blokkok között megtalálhatók memória egységek, flip-flopok, illetve komplett memória blokkok.

3. A TERVEZETT ESZKÖZ

A tervezett eszköz alapvető feladata egy jelzés érzékelése a rezgő felületen. Az elrendezés az 1. ábrán látható. A célfelületen elhelyezett jelzés képe – egy vékony vonal – egy megfelelő optikán keresztül a vonalszenzorra kerül. A szenzor analóg kimenőjelét egy 16 bites adattá konvertálja a CCD jelprocesszor, amely ebben az esetben gyakorlatilag analóg-digitális

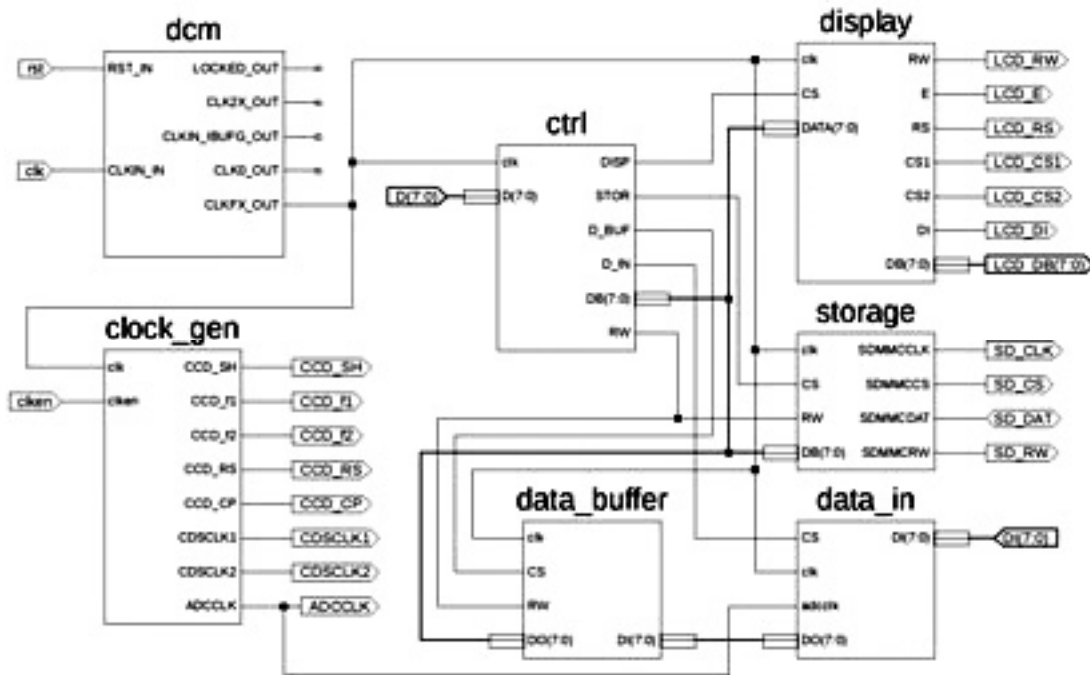
átalakítóként (ADC) üzemel. Ezt a digitális jelet dolgozza fel az FPGA-ba programozott egyik modul. Megkeresi a jelzést a képen és meghatározza annak pozícióját. Mivel az optika paramétere ismertek, a képpont pozíciók átszámíthatók pontos pozíciókká.



1. ábra. A tervezett mérési elrendezés (a: céltárgy, b: jelzés, c: mérőeszköz, d: optika)

Megfelelő számú kép elemzése alapján a rezgés paramétere megállapíthatók, ezek az eredmények megjeleníthetők és tárolhatók. Mivel az eszköz nem

tárol minden képpont-adatot, csak képenként – azaz adott időközönként – egyetlen pozícióadatot, a kapott adatmennyiség könnyen tárolható és továbbítható, nem igényel nagy sávszélességet. A munka első lépése a CCD szenzorhoz szükséges órajelek és szinkronjelek előállítás. A következő lépés az adat kiolvasása a CCD jelprocesszorból, amely a szenzor analóg jelét digitalizálja nagy sebességgel. Ez után a lépés után előáll a képpontokat reprezentáló tömb. Eddig a lépésig az eszköz nagyjából egy hétköznapi vonalkamerának felel meg. A vonalkamerák a képszenzorról leolvasott adatokat egy átmeneti tárolóban tárolják, majd továbbítják valamilyen illesztőfelületen a számítógéphez, mely az adatokat feldolgozza. Az összes képpont adatának továbbítása rendkívül nagy adatátviteli sebességet és nagy adattároló kapacitást követel meg. A tervezett eszköz legfontosabb tulajdonsága, hogy okos, vagyis a szenzorról kapott adatokat feldolgozza, elemzi és a mérés eredményét adja vissza kijelzőjén, vagy a memóriakártyán. A tervezett eszköz blokkdiagramja a 2. ábrán látható.



2. ábra. Az eszköz tervezett blokkdiagramja

Az eszköz néhány modulját az alábbiakban ismertetem. Az egyik legfontosabb modul a „clock_gen” nevű órajelek-generátor egység. Ez állítja elő a CCD képszenzor számára szükséges órajeleket, valamint a jelprocesszor működéséhez és szinkronizálásához szükséges szinkronjeleket. A második fontos egység a „ctrl” nevezetű, amely összefogja, összehangolja a többi

modul működését és elosztja a feladatokat. Az adatok mintavételezéséért a „data_in” egység a felelős, ez veszi az adatokat a jelprocesszortól, ellenőrzi azokat, illetve szükség esetén átmeneti tárolóba helyezi azokat. Az átmeneti tárolót a „buffer” nevű modul szolgáltatja, mely nagy sebességű, ún. Block RAM-ból kialakított memória egység. Az adatok kijelzését a „display”

modul végzi, ez kezeli az LCD kijelzőt és néhány – a kezeléshez szükséges – nyomógombot. A mérés során gyűjtött és feldolgozott adatok, azaz a mérés eredménye memóriakártyára menthető, ennek kezelését végzi a „storage” modul. Az eszköz fizikailag két nyomtatott áramkörtől áll, az egyik tartalmazza az FPGA-t és a hozzá szükséges órajel- és tápáramköröket, a másik pedig a vonal-CCD szenzort, a jelprocesszort és néhány jelszint-illesztő áramkört. Az alkalmazott Toshiba TCD1209 vonal-CCD képszensor egy nagysebességű, 2048 képpontot tartalmazó, nagy érzékenységgel rendelkező áramkör, képpont elemei $14 \times 14 \mu\text{m}$ méretűek [3]. A jelprocesszor egy Analog Devices AD9826 integrált áramkör, amely képes szürkeárnyalatos, vagy színes CCD képérzékelők analóg jelének fogadására és digitalizálására [4].

4. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A leírt munka a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 projekt támogatásával az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében készült el. A megvalósítást az Európai Unió és az Európai Szociális Alap támogatta.

5. IRODALOMJEGYZÉK

- [1] A. Kovács, “Roncsolásmentes vizsgálatok, azok megbízhatósága és következményei, rezgésmérések és rezgésvizsgálatok” Miskolci Egyetem, Hungary, 1999.
- [2] “Basler Runner user's manual for GigE Vision cameras”, Basler Vision Technologies, Inc, 2011.
- [3] Toshiba TCD1209D CCD Linear Image Sensor datasheet, Toshiba Corporation, Japan, 2001.
- [4] AD9826 Imaging Signal Processor datasheet, Analog Devices, Inc, Norwood, MA, USA, 2001.

KÖNYVISMERTETÉS

A kolozsvári székhelyű Erdélyi Múzeum-Egyesület 2009-ben ünnepelte alapításának 150. évfordulóját és tevékenységi körén belül, a Műszaki Tudományos Füzetek sorozatban rendszeresen ad ki színvonalas könyveket. Az elmúlt évben jelent meg Kolozsvárott **Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő: Hegesztéstechnológia I. (Eljárások és gépesítés, ISBN 978-606-8178-06-6), Bagyinszki Gyula, Bitay Enikő: Hegesztéstechnika II. (Berendezések és mérések, ISBN 978-606-8178-06-6),** valamint **Máté Márton: Műszaki mechanika – Kinematika (ISBN 978-606-8178-10-3)** című könyve. A Hegesztéstechnológia első kötete ismerteti a hegesztési és vele rokon technológiákat (forrasztás, felületbevonás). Ezt követi a hegesztés gépesítési lehetőségeinek bemutatása, melynek keretén belül foglalkozik a hegesztő robotokkal, a hegesztőkészülékekkel és a hegesztés automatizálásával. A második kötet az elektromosságtani ismeretek után részletesen bemutatja a hegesztés elektromos berendezéseit, majd ezt követően tárgyalja a hegesztéshez kapcsolódó mérés-, irányítás- és biztonságtechnikai tématerületeket. Mindkét kötetet gazdag ábraanyag illusztrálja és bőséges irodalmi hivatkozás egészíti ki. A kiadványokat eredményesen használhatják felsőfokú intézmények hallgatói, valamint gyakorlati szakemberek.

A műszaki mechanika kinematika fejezetével foglalkozó könyv három fejezetre tagolódik. Az első rész az anyagi pont kinematikájával, a második a merev testek kinematikájával és a harmadik a relatív mozgással foglalkozik. Az ismeretek elsajátítását szemléletes ábraanyag segíti. A könyv hasznos segítséget nyújt egyetemi hallgatóknak a tananyag elsajátításában, illetve a tématerület iránt érdeklődők számára.

A sorozat eddig megjelent kötetei: Jodál Endre: *Számítástechnika az ezredforduló küszöbén*, Pálfalvi Attila: *Porkohászat*, Bagyinszki Gyula-Bitay Enikő: *Bevezetés az anyagtudományok informatikájába*, Bitay Enikő: *Lézeres felületkezelés és modellezés*, Bagyinszki Gyula-Bitay Enikő: *Felületkezelés*, Forgó Zoltán: *Bevezetés a mechatronikába*, Tolvaly-Roska Ferenc: *A számítógépes tervezés alapjai. AutoLisp és Autodesk Inventor alapismeretek*.

Dr. Timár Imre