

Vývoj inteligentního zařízení pro sledování stavu strojů

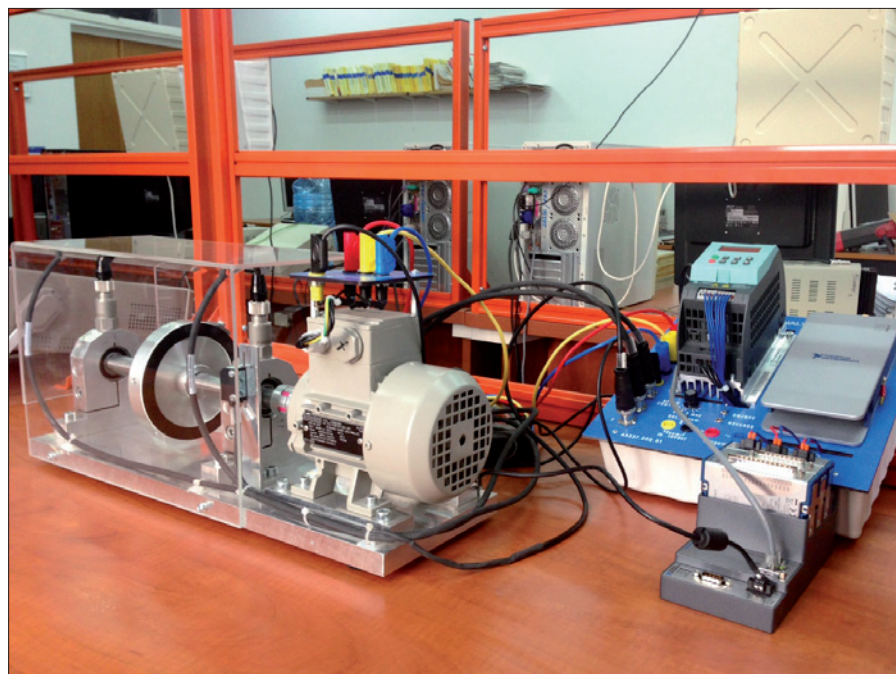
Článek popisuje vývoj flexibilního a škálovatelného laboratorního zařízení pro měření vibrací a sledování stavu mechanismů. Pro sběr dat a zpracování signálů z akcelerometru s využitím virtuálních přístrojů a řídicího systému reálného času použili autoři software a hardware NI.

O pracovišti

Laboratoř inteligentní měřicí techniky a snímačů (IMTT – *Intelligent Measurement Technologies and Transducers*) je součástí katedry automatického řízení a průmyslové informatiky na Polytechnické univerzitě v Bukurešti v Rumunsku. Pracovníci této laboratoře se věnují tématům, jako jsou principy senzorů a snímačů, systémy pro sběr dat, provozní přístrojová technika, virtuální přístrojová technika, inteligentní snímače a bezdrátové sítě snímačů. Od roku 2010 v IMTT funguje NI LabVIEW Academy.

Zadání

Tento článek popisuje vývoj nového laboratorního stanoviště – zařízení pro analýzu vibrací (Vibsys), které má být využito zejména ke studiu a pro výzkum vlastností snímačů zrychlení a technik pro sběr dat a zpracová-



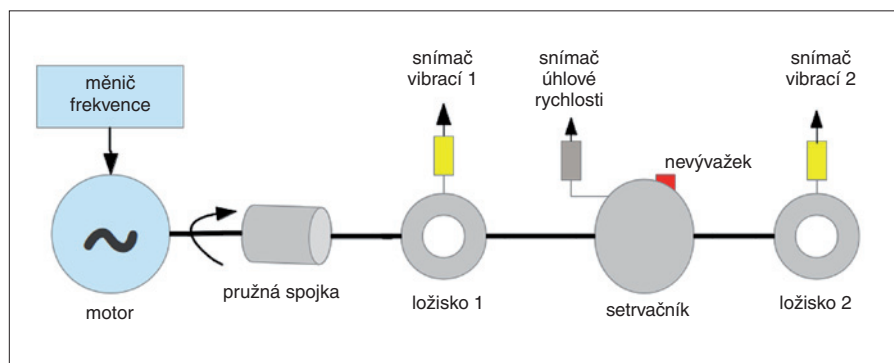
Obr. 2. Systém Vibsys v laboratoři

Zařízení Vibsys má zachytit vibrační charakteristiky ložisek při různých konfiguracích mechanické soustavy a s různými nainstalovanými součástmi a zpracovat je tak, aby

Pro vypracování návrhu subsystému pro sběr dat byl vybrán modul NI 9232 řady C, určený pro sběr dynamických signálů. Tento tříkanalový analogový vstupní modul s rozsahem ± 30 V umožňuje vzorkování rychlostí 102,4 kS/s, podporuje softwarově nastavitelné přizpůsobení signálu IEPE a má rozlišení 24 bitů. Snímače zrychlení jsou připojeny ke vstupům AI0 a AI1 tohoto modulu a diskretní signál snímače rychlosti je připojen k AI2. Prvotní konstrukce zařízení používaly modul NI 9232 ve spojení s jednoslotovým šasi NI cDAQ-9181 s připojením k Ethernetu.

Pro počáteční nastavení byl použit nástroj Measurement & Automation Explorer spolu s ovladačem NI-DAQmx. Zařízení je řízeno řídicím systémem v šasi CompactRIO cRIO-9076, který má všechny funkce programovatelného automatu a zvyšuje univerzálnost zařízení, neboť dokáže pracovat jako zařízení pro sběr dat stejně jako plně autonomní systém pro sledování stavu zařízení s lokálním zpracováním dat a s komunikací s nadřazeným systémem. Aplikační program modulu NI 9232, který využívá FPGA, periodicky vzorkuje všechny tři vstupy zařízení. Vše je součástí jednoho projektu v LabVIEW.

Jako doplněk k hardwarovému systému byl navržen aplikační program v LabVIEW. Na obr. 3 je ukázán hlavní čelní panel virtu-



Obr. 1. Schéma systému Vibsys

ní signálů. Dlouhodobým cílem je vyvinout inteligentní zařízení pro sledování stavu mechanických konstrukcí.

Realizace

Blokové schéma zařízení je na obr. 1. Synchronní elektromotor Siemens 0,18 kW s $3\,000\text{ min}^{-1}$ pohání prostřednictvím pružné spojky hřídel se setrvačnickem. Rychlost pohonu je řízena měničem frekvence. Hřídel je uložena ve dvou kuličových ložiscích.

bylo možné odhalit problémy jednotlivých komponent. Pro to jsou nejdůležitějšími součástmi zařízení dva integrované elektronické piezoelektrické akcelerometry (IEPE) s výstupním signálem $10\text{ mV}/(\text{m}\cdot\text{s}^{-2})$ a s rozlišením $0,02\text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$. Tyto snímače pro svůj provoz vyžadují zdroj konstantního proudu, vestavěný či externí, a jejich výstupem je modulovaný napěťový signál. Úhlová rychlost setrvačnicku je měřena optickým snímačem. Na obr. 2 je systém Vibsys nainstalovaný v laboratoři.

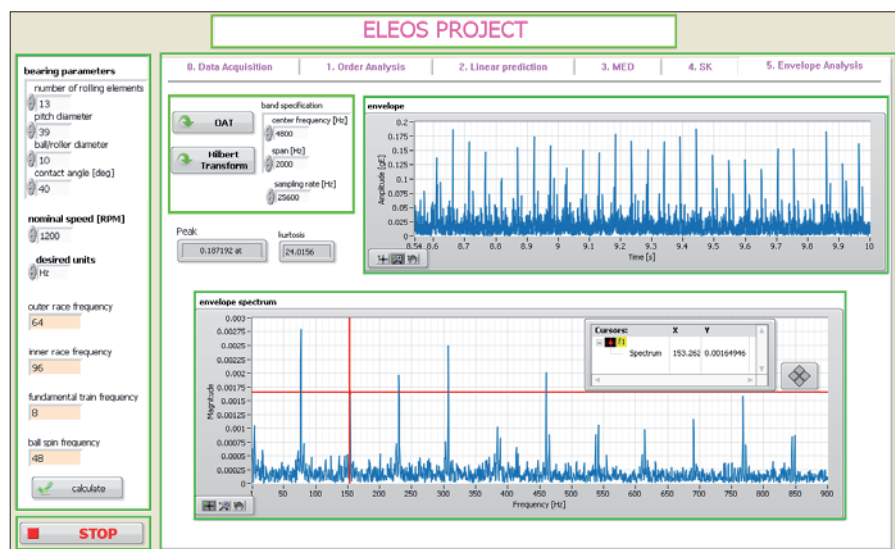
álního přístroje *Envelope Examination System (ELEOS)*. Uživatel aplikace může nejprve měřicí proceduru nakonfigurovat tak, že zadá charakteristiky ložisek, jako je počet valivých prvků, průměr otvoru ložiska, vnější průměr ložiska a kontaktní úhel. Úhlovou rychlost buď přednastaví statickým nastavením měniče frekvence, nebo ji může řídit pomocí analogového signálu na vstupu měniče. V závislosti na těchto parametrech se vypočítají charakteristické frekvence specifických defektů.

Pro detekci defektů byla použita vlastní verze procedury popsané v [1]. Jednotlivé kroky zpracování signálu jsou v aplikačním programu přehledně zobrazeny: řádová analýza, lineární predikce, dekonvoluce s minimální entropií, určení spektrální strmosti a analýza obálky signálu. Aplikace dokáže ukládat data do souborů typu TDMS (NI *Technical Data Management Streaming*), načítat dříve uložená data a simulovat signály v době, kdy není připojeno žádné zařízení. Při implementaci zpracování signálů autoři aplikace využili funkce ze sady NI Sound

a CMB. Ložiska NSK byla považována za kvalitní a ložiska CMB za nekvalitní. Finální výsledky byly vyhodnoceny ve formě obálky signálu. Ze spektra této obálky je možné vyčíst, že u použitých ložisek je hlavní frekvence $f_c = 9\,500$ Hz s rozsahem $2\,000$ Hz a základní frekvence je $76,8$ Hz s harmonickými $153,6$ Hz, $230,4$ Hz a $306,9$ Hz. Byly určeny čtyři základní frekvence a přiřazeny k místům v ložisku, kde by se mohly projevit defekty. Ta závisejí na geometrii ložiska, počtu kuliček, průměru klece a kuliček a na úhlové rychlosti hřídele. Na základě charakteristické frekvence je možné poukázat na defekt na vnějším okraji ložiska a sledováním špiček ve spektru obálky lze vyhodnotit závažnost defektu.

Závěr

Tato případová studie popsala návrh laboratorního zařízení pro sledování stavu strojů Vibsys. Díky spojení LabVIEW s hardwarem NI pro sběr dat prostřednictvím vhodných balíčků ovladačů vzniklo škálovatelné



Obr. 3. Rozhraní měřicího aplikačního programu ELEOS

and Vibration Toolkit, jako je VI Analog Tacho Processing, a vlastní skripty pro Matlab (MathWorks), které se spouštějí prostřednictvím vyhrazených bloků MathScript Nodes v blokovém diagramu. Tyto skripty po svém spuštění prostřednictvím softwaru Matlab volají specifikované funkce.

Software by implementován s využitím stavového automatu s frontou se dvěma paralelními smyčkami. Použita byla fronta s čekáním, takže při konfliktu se neztratí žádný stav a procesor funguje efektivně. Pro zvýšení škálovatelnosti se stavy ukládají v typové definici výtčového datového typu.

V mechanické soustavě pracoviště Vibsys jsou instalována radiální kuličková ložiska typu 6004 s následujícími rozměry: $D = 400$ mm, $d = 200$ mm a $w = 120$ mm. Výsledky jsou získány pro ložiska NSK

a flexibilní zařízení. V budoucnu autoři plánují systém rozšířit o další snímače, sestavit znalostní bázi identifikovaných defektů a implementovat jednotlivé kroky při zpracování signálu na platformě CompactRIO tak, aby zpracování probíhalo plně v reálném čase.

Literatura:

- [1] RANDALL, R. B.: *Vibration-Based Condition Monitoring: Industrial, Aerospace, and Automotive Applications*. Wiley, 2011, ISBN 978-0-470-74785-8.

doc. Grigore Stamatescu, George Sterpu, Valentin Sgărciu, Department of Automatic Control and Industrial Informatics, University Politehnica of Bucharest (grigore.stamatescu@upb.ro)

NOVÁ
VERZE LabVIEW
JE DOSTUPNÁ.

Jedna platforma, nekonečné možnosti



NI LabVIEW je srdcem našeho přístupu ke grafickému programování, který v sobě ukrývá možnosti otevřené platformy a spolu s rekonfigurovatelným hardwarem přispívá k rychlosti vývoje měřicích a řídicích systémů.

>> Zvyšte produktivitu svého vývoje návštěvou ni.com/labview-platform

NATIONAL INSTRUMENTS™

CZ: 800 267 267
SK: 0800 182 362

National Instruments (Czech Republic), s.r.o. • Sokolovská 136D • 186 00 Praha 8 Česká republika • Tel: +420 224 235 774 • Fax: +420 224 235 749
Web: <http://czech.ni.com> • E-mail: ni.czech@ni.com • Zapsáno v oddíle C, vložka 69618 u Městského soudu v Praze • IČO: 25780697

© 2014 National Instruments Corporation. Všechna práva vyhrazena.
National Instruments, NI a ni.com jsou ochranné známky společnosti National Instruments. 18437