

**KONCEPT PRENOSNOG UREĐAJA ZA
VIŠEKANALNO MERENJE VIBRACIJA**

**ESSENTIALS IN DEVELOPMENT OF
A PORTABLE DATA LOGGER (PDL)**

**Emil Veg
Mladen Regodić
Mašinski Fakultet
Univerzitet u Beogradu, Srbija**

**Luka Andrejević
RoTech d.o.o.
Beograd, Srbija**

**Goran Šiniković
Mašinski Fakultet
Univerzitet u Beogradu, Srbija**

REZIME

Konfiguracija prenosnog uređaja za višekanalno praćenje nivoa vibracija se zasniva na originalno razvijenoj akvizicionoj kartici povezanoj sa HMI (Human Machine Interface) ekranom osjetljivim na dodir. Ovakav koncept obezbeđuje prikupljanje signala sa četiri akcelerometra, kao i sa četiri dodatna senzora povezanih na analogne ulaze (4-20 mA ili 0-10 V). Analiza tržišta višekanalnih uređaja za monitoring vibracija ukazuje na nedostatak opreme ovih performansi, a po pristupačnoj ceni. U ovom radu su opisane razvojne aktivnosti usmerene ka stvaranju namenskog uređaja sa DSP (Digital Signal Processing) platformom i strukturnim i programskim modulima za izvođenje zahtevnih operacija u oblasti nadzora mašina.

Ključne reči: Višekanalno merenje, Analiza vibracija.

SUMMARY

A Portable Data Logger (PDL) is the target instrument to be designed. Its internal architecture is conceived upon an originally developed acquisition card connected to an advanced touch screen panel. This concept of multichannel analyzer incorporates a set of four accelerometer input lines, as well as four common analog inputs (4-20 mA or 0-10V). A vast selection of assorted signal analysis functions is available with this device. Market review on a multifunctional multichannel signal analyzer shows a lack of such equipment in the range of powerful jet affordable devices. This paper describes a pure engineering attempt to develop a novel vibro-diagnostic instrument, consisting of conventional modules but aimed for demanding technical applications. The PDL is designed to monitor a cluster of accelerometer signals, in order to determine: vibration severity (RMS value of vibration velocity), peak tones of the spectrum (FFT), time graph of signal trends, also to display and exchange data via conventional communication ports and protocols. Concept of a novice portable data logger is based upon idea of composing a dedicated acquisition card with sophisticated touch screen HMI.

Keywords: Data acquisition, multichannel signal analyzer.

1. UVOD

Uređaj MicroMon+ je predviđen za prikupljanje signala sa akcelerometara, u cilju određivanja nivoa vibracija (RMS vrednost, ili brzinu vibracija), dominantnih harmonika u spektralnoj slici (FFT), kao i prikaza signala u vremenskom domenu. Važna karakteristika uređaja je to što se sve operacije izvršavaju preko standardnih komunikacijskih portova i protokola.

Osnovna ideja je bila da se napravi uređaj koji će moći da se koristi i za prikupljanje podataka i za njihovu analizu. Glavni problem je bio usklađivanje istovremenog obavljanja različitih operacija. Neki od modova, kao što su balansiranje ili kreiranje waterfall dijagrama, zahtevaju učestanost uzorkovanja i do 20.000 uzoraka u sekundi. Za razliku od toga, paralelno praćenje osam analognih kanala zahteva pun resurs procesora i ograničava učestanost uzorkovanja na 200 uzoraka u sekundi. Tok operacija i celokupno programiranje uređaja je izvršeno u programskom jeziku C. Kada je proces testiranja rada uspešno izvršen na virtuelnom instrumentu, isprogramirana aplikacija je upload-ovana (smeštena, prebačena) u sam mikrokontroler. Standardni operativni sistem HMI ekrana osetljivog na dodir je Windows CE 5.0. Aplikacija za rad MicroMon+ je pisana u programskom jeziku "C#" [1]. Neki od nedostataka programskog jezika "C#" prevaziđeni su dodavanjem spoljnih (eksternih) procedura (subroutines). S druge strane, korišćenje "C#" programskog jezika omogućava upotrebu uobičajenih grafičkih rešenja (standardne grafičke biblioteke i originalni dizajn korisničkih kontrola), kao i visoku brzinu komunikacije između mikrokontrolera i HMI ekrana osetljivog na dodir.



Slika 1. Micro Mon+

MicroMon+ se sastoji od mikrokontrolera (AT Mega 128), četiri ulaza za akcelerometre, tri analogna ulaza, dva ulaza za merne trake, četiri digitalna izlaza za kontrolu releja, A/D konvertor, ekran osetljiv na dodir kao korisnički interfejs i akumulator koji omogućava napajanje nezavisno od distributivne mreže. Firma RoTech je, posebno za potrebe uređaja MicroMon+, projektovala i napravila karticu za kondicioniranje signala koji dolazi sa akcelerometara. Za akcelerometre (SKF CMS 2100) je neophodno obezbediti dovoljno pojačanje korisnog signala, kao i dovoljno prigušenje i eliminaciju štetnog šuma. Osetljivost akcelerometara je 100mV/g, a radni opseg $\pm 50g$. Komunikacija na relaciji mikrokontroler – korisnički interfejs se obavlja putem serijskog 485 Modbus protokola. Svi pomenuti elementi su upakovani u kofer otporan na udarce, buku, visoku temperaturu, vlagu, prašinu i strujne udare, renomiranog proizvođača PELI (Slika 1). [2]

2. RADNI REŽIMI UREĐAJA

Merenje se može izvoditi u *On-line* i *Off-line* modu (Slika 2). *On-line* mod predstavlja kontinualno snimanje podataka, i najčešće se koristi za merenja deformacija pomoću mernih traka. Uređaj može registrovati jako mala pomeranja, reda veličine do nekoliko mikrometara. U toku izvođenja tako preciznih merenja učestanost uzorkovanja je ograničena na 200 uzoraka u sekundi. Za relevantna merenja deformacija potrebna je učestanost uzorkovanja od oko 100 uzoraka u sekundi. S obzirom na to, MicroMon+ obezbeđuje i više nego dovoljnu učestanost uzorkovanja u ovom režimu rada. Displej se osvežava tri puta u sekundi, a podaci se upisuju u memoriju istom brzinom kojom se i uzorkuju (200 puta u sekundi). Prikupljeni podaci se mogu kasnije prikazati zbirno, u vidu grafika, na korisničkom interfejsu, ili se eksportovati (prebaciti) na personalni računar u vidu CSV (Comma Separated Value) fajla. Grafik se na personalnom računaru lako dobija u programu Microsoft Office Excel.



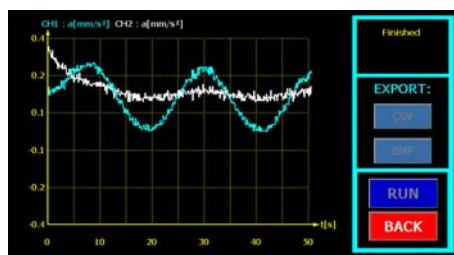
Slika 2. Odabir režima rada na ekranu osetljivom na dodir

U *Off-line* modu prioritet je visoka učestanost uzorkovanja. Pomoću 20.000 prikupljenih uzoraka u sekundi uređaj izvodi FFT analizu signala sa akcelometara, izvršava balansiranje, ili nudi orbite rotacije vratila i waterfall dijagram pri zaletanju ili zaustavljanju mašine (startup/coastdown)(Slika 3).



Slika 3. *Off-line* mod rada

Tako visoka učestanost uzorkovanja se najčešće koristi za snimanje signala sa akcelometara. Mogu se snimati signali sa sva četiri kanala simultano. Snimljeni podaci se mogu prikazati ili na ekranu uređaja (Slika 4), ili eksportovati na personalni računar u vidu BMP ili CSV fajla.



Slika 4. Prikaz snimljenih podataka pri brzom uzorkovanju

Režim balansiranja je predstavljen kao grafički prikaz inicijalnog vektora debalansa i konačnog korekcijskog vektora. Postupak balansiranja se sastoji od nekoliko uzastopnih koraka, kojima se od izmerenog inicijalnog debalansa rotora dolazi do jednoznačne pozicije i vrednosti korekcionne mase. Sve procene stanja rotora se izvode u skladu sa odgovarajućim ISO standardima.

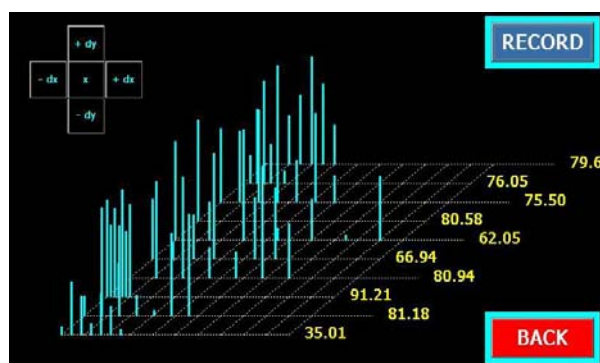
Startup/coastdown merenja su neophodna za ispitivanje kvaliteta rada mašine u toku prelaznih režima. Uređaj beleži vrednosti očitane sa akcelerometra dok mašina, čiji se kvalitet rada ispituje, ubrzava od nule do radnog broja obrtaja. Vrednosti vibracija se potom prebacuju iz vremenskog u frekventni domen (Fast Fourier Transformation - FFT). Postoje tri načina na koje se može odrediti u kojim intervalima će MicroMon+ beležiti vrednosti brzine vibracija u toku zaletanja mašine.

Kao prvo, vrednosti se mogu memorisati u jednakim vremenskim intervalima, zadatim od strane korisnika.

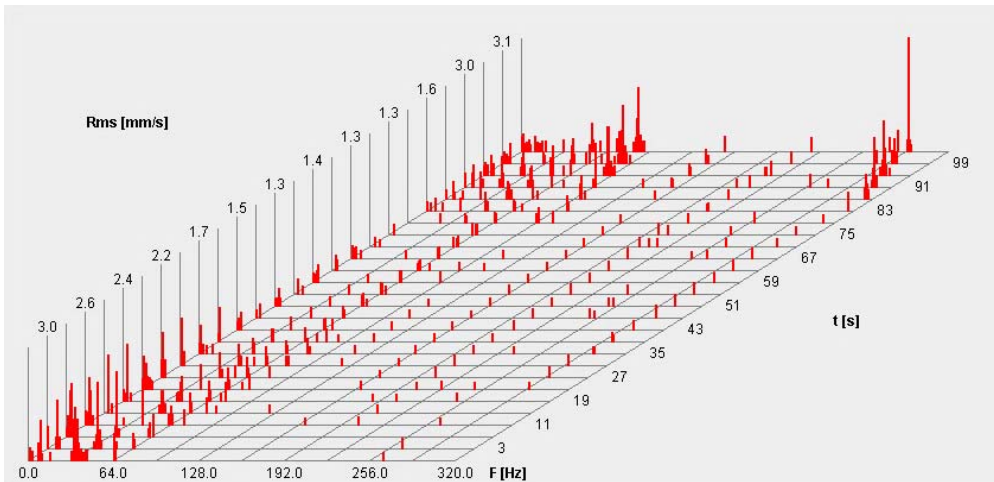
MicroMon+ ima mogućnost merenja broja obrtaja vratila pomoću fotoćelije, ili induktivnog davača (za uslove u kojima se ne može obezbediti vizuelni kontakt između fotoćelije i indeksne markice na vratilu). S obzirom na to, upisivanje izmerenih vrednosti brzine vibracija u memoriju može se vezati za određene vrednosti broja obrtaja, kroz koje će vratilo proći u toku svog zaletanja.

Treća mogućnost je da se na korisničkom interfejsu, po želji korisnika, pritiskom na dugme signal sa akcelerometara upisuje u memoriju. Jedan waterfall dijagram je prikazan na slici 5. Plave crte predstavljaju nivo vibracija određene učestanosti, dok žuti brojevi sa desne strane pokazuju na kom broju obrtaja vratila je vršeno uzorkovanje. [3]

Na slici 6 je prikazan izgled grafika koji je eksportovan na personalni računar. Merenje je rađeno u Beogradskim elektranama. Uzorkovanje je vršeno na svakih osam sekundi, počevši od treće sekunde zaletanja.



Slika 5. Waterfall dijagram



Slika 6. Izgled waterfall dijagrama eksportovanog na personalni računar

3. ZAKLJUČAK

Izostanak lap topa, ili personalnog računara u mernom lancu uređaja MicroMon+, oslobađa ga velikog broja otežavajućih faktora u radu. Njegov robusni dizajn ga kvalifikuje za rad u svim poznatim radnim uslovima u industriji.

Originalno projektovana kartica za kondicioniranje signala (RoTech), prihvata analogne i digitalne signale, radi brzu inspekciju i pretvara ih u korisne informacije za dalji rad uređaja. HMI te informacije, poslate pomoću Modbus protokola, prilagođava za rad u režimu koji je korisnik odabrao.

Mogućnost jednostavnog reprogramiranja uređaja, u cilju potpunog zadovoljenja potreba korisnika je možda i najveća prednost uređaja MicroMon+ u odnosu na sličnu opremu koja se nudi na tržištu.

Iskustvo stečeno u projektovanju i proizvodnji ovakvog uređaja, biće neprocenjivo u budućim težnjama da se proširi broj parametara koji se mere. Na taj način će moći da se dobije kompletnija slika o stanju i kvalitetu rada ispitivanih mašina.

4. LITERATURA

- [1] Drayton P., Albahari B., Neward T.: "C# Language Pocket Reference", O'Reilly, Sebastopol, 2002.
- [2] Veg A., Miladinović Lj., Šiniković G., Čolić K., Veg E.: Software module for multichannel data log, Technical Innovation 197/2, Research Council, Faculty of Mechanical Engineering University of Belgrade, 2010, (in Serbian).
- [3] Thomas C., Charles L., Ronald R., Clifford S.: "Introduction to Algorithms", MIT Press and McGraw-Hill, USA, 1990.
- [4] Veg A., Miladinović Lj., Šiniković G., Čolić K., Veg E.: Hydro power plant diagnostic device, Technical Innovation 198/2, Research Council, Faculty of Mechanical Engineering University of Belgrade, 2010, (in Serbian).

