

## MERNI UREĐAJ ZA MERENJE 3D GEOMETRIJE PROPELERA

Velimir Čongradac, Stevan Odri, Igor Živković  
Fakultet Tehničkih Nauka, Novi Sad

**Sadržaj** – Rad sadrži kratak prikaz realizacije mernog uređaja za merenje 3D geometrije propelera. Prikazana je tehnologija merenja, arhitektura uređaja, programska realizacija generisanja 3D modela na osnovu merenja geometrije propelera i pravci daljeg razvoja sa aspekta generisanja 3D modela proizvoljnog objekta.

### 1. UVOD

Maksimalni potisak propelera broda ostvaruje se kod savršene geometrije propelera. U skladu sa tim javila se potreba za mernom mašinom, odnosno pre svega mernim uređajem koji bi obezbedio snimanje geometrije propelera u tri dimenzije. Primena navedene merne mašine postoji kako kod izrade novih, tako i kod korekcije geometrije eksploatisanih propelera pri remontu brodova.

Na osnovu izmerenih podataka po tri ose i odgovarajućeg programa moguće je verodostojno sagledati geometriju merenog propelera. Specifičnost navedenog projekta je u ostvarivanju velike tačnosti merenja od 5 mikrona i mogućnosti za permanentnim prosleđivanjem merenih podataka, kako bi se oni zatim u posebnom programu na personalnom računaru upotrebili u cilju dobijanja 3D modela propelera.

### 2. ARHITEKTURA SISTEMA ZA MERENJE 3D GEOMETRIJE PROPELERA

Sistem za merenje čine tri osnovne celine:

- Mehanički deo sistema;
- Električni uređaj za merenje sa odgovarajućim enkoderima (merni uređaj);
- Program na personalnom računaru.

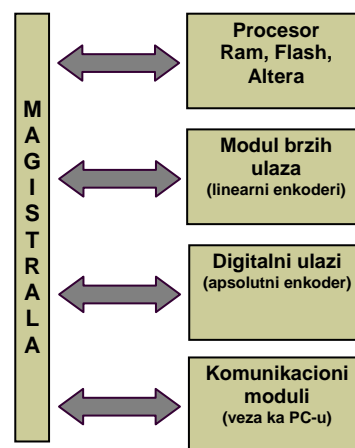
#### 2.1. MEHANIČKI DEO SISTEMA ZA MERENJE 3D GEOMETRIJE PROPELERA

Pri konstrukciji mehaničkog dela sistema za merenje bilo je potrebno pre svega odrediti broj i vrstu kretanja pri postupku merenja sa kojim bi se mogla opisati geometrija propelera u prostoru. Detaljnom analizom ovog problema došlo se do zaključka da je za adekvatno merenje geometrije propelera neophodno obezbediti tri stepena kretanja, dva linearna i jedno rotaciono.

#### 2.2. ELEKTRIČNI UREĐAJ ZA MERENJE SA ODGOVARAJUĆIM ENKODERIMA

Specifičnost sistema za merenje je upravo u mernom uređaju koji je morao da omogući i obezbedi tačnost od 5 mikrona i permanentno prosleđivanje merenih podataka na serijski port

personalnog računara. Analizom mernih uređaja trenutno raspoloživih na tržištu, došlo se do zaključka da ne postoji uređaj koji bi ispunio navedene uslove a po ceni se uklopio u budžet određen za ovaj projekat. Sa obzirom na navedeno, na Katedri za automatiku i upravljanje sistemima u Novom Sadu, prišlo se konstrukciji i izradi specifičnog uređaja za merenje geometrije propelera, kao i izradi odgovarajućeg programa za generisanje 3D modela na osnovu merenih podataka.



Slika 1. Arhitektura mernog uređaja

Na slici 1 prikazana je arhitektura mernog uređaja. Merni uređaj u stvari predstavlja standardan programabilni logički automat (PLC) sa posebnim modulima neophodnim pri postupku merenja visoke tačnosti. Za očitavanje stanja na enkoderima postojale su dve mogućnosti: kontroleri pozicije LM628 i brzi ulazi. Zbog ekonomičnijeg rešenja očitavanje pozicije sa enkodera je izvršeno uz pomoć brzih ulaza. Karakteristika brzih ulaza na postojećem uređaju je ekstremno velika frekvencija očitavanja brzog ulaza od 1Mhz, za razliku od standardne brzine osvežavanja brzog ulaza od 10KHz. Zahvaljujući tako velikoj brzini očitavanja ulaza moguće je realizovati preciznost merenja i do 1 mikrona. Pored brzih ulaza koji imaju funkciju registrovanja impulsa sa dva linearna enkodera, za detektovanje položaja propelera u odnosu na osu rotacije upotrebljen je jedan apsolutni rotacioni enkoder. Očitavanje položaja rotacionog enkodera vrši se Grejovim kodom preko dvanaest digitalnih ulaza.

Uređaj je baziran na Intel 386EX procesoru, poseduje 512Kb radne i Flash memorije. Za definisanje logike uređaja upotrebljena je programabilna logika proizvođača Max Altera. Za komunikaciju sa personalnim računarom merni uređaj poseduje dva serijska porta. Jedan port obezbeđuje programiranje, a drugi prosleđivanje merenih

podataka u realnom vremenu. Pored navedenih digitalnih ulaza za očitavanje pozicije apsolutnog enkodera, uređaj poseduje još dva ulaza, jedan za zadavanje početka merenja, odnosno startovanja prosleđivanja izmerenih vrednosti, a drugi za nuliranje vrednosti brojača linearnih enkodera.

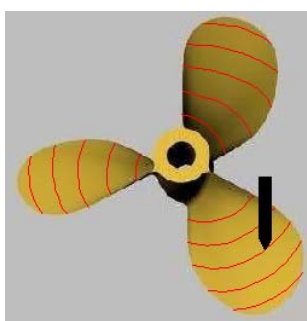
Programiranje uređaja je izvršeno u CodeSys programskom okruženju u programskom jeziku ST po standardu IEC 61131-3. Program vrši očitavanje vrednosti brojača sa brzih ulaza i njihovu vrednost prosleđuje na serijski port. Apsolutni položaj po osi rotacije se dobija očitavanjem stanja na dvanaest digitalnih ulaza. Dobijena dvanaestobitna vrednost je u Grejovom kodu, tako da je za dobijanje prave vrednosti potrebno izvršiti pretvaranje vrednosti iz Grejovog koda u dekadni sistem.

### 2.3. PROGRAM NA PERSONALNOM RAČUNARU ZA OBRADU I GENERISANJE 3D MODELA PROPELERA

Program je realizovan u Delphi programskom okruženju primenom posebnih komponenti za generisanje 3D modela na osnovu zadatih tačaka u prostoru. Osnovna primena programa je analiza anomalija u geometriji propelera koji se meri. Program se može naći u tri osnovna režima rada:

- Prijem podataka sa merne mašine preko RS232 porta
- Procesiranje podataka i generisanje 3D modela propelera na osnovu prikupljenih podataka.
- Analiza i poređenje generisanog 3D modela sa 3D modelom propelera idealne geometrije.

U režimu prijema program prima podatke sa merne mašine preko serijskog porta. Za dobijanje podataka na osnovu kojih bi se mogao generisati što verodostojniji 3D model, neophodno je pri postupku merenja ispoštovati proceduru merenja koja je tačno definisana. Procedura merenja podrazumeva obavezno definisanje mernom palicom početka i kraja svakog od krilca propelera i to pri prelasku svakog segmenta merenja kao što je prikazano na slici 2.



Slika 2. Procedura merenja geometrije propelera

Na osnovu prikupljenih podataka a primenom posebnog matematičkog aparata karakterističnog za crtanje 3D modela propelera, generiše se 3D model merenog propelera.

Poređenjem geometrije izmerenog modela sa 3D modelom idealnog propelera, identičnih tehničkih karakteristika, uviđaju se devijacije. Na osnovu tih informacija moguće je odrediti proceduru korekcije

geometrije merenog propelera, naknadnim nanošenjem ili skidanjem materijela na tačno definisanim mestima na propeleru.

### 3. DALJI PRAVCI RAZVOJA

Dalji razvoj bi se odnosio pre svega na prilagođavanje merne mašine geometriji različitih predmeta.

Sa aspekta hardvera može se reći da ograničenja praktično ne postoje, s obzirom da je moguće istovremeno vršiti merenje i do pet osa kretanja.

Program na strani personalnog računara takođe ne zahteva veće korekcije.

Glavne izmene bi u zavisnosti od geometrije predmeta koji se meri doživela mehanička konstrukcija merne mašine.

### 4. LITERATURA

- [1] "16 / 32 – Bit Embedded Processors", Intel Corporation, Santa Clara, USA, 1991
- [2] "LM628 Precision Motion Controller", National Semiconductor Corporation, Santa Clara, USA, 1995
- [3] George, T., Chin, C., Tomizuka, M. : "Coordinated Position Control of Multi-Axis Mechanical Systems" Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control, Sep. 1998, Vol.120
- [4] Lo, C.C. : "Three-Axis Countering Control Based on A Trajectory Coordinate Basis", JSME International Journal, Series C, Vol 41, No. 2
- [5] Lo, C.C. : "Feedback Interpolators for CNC Machine Tools", ASME Journal of Manufacturing Science and Engineering, Vol 119, No. 4
- [6] Odri, S., Čongradac, V., Ristić, A., Pavlica, V. : "CNC upravljač po četiri ose numerički upravljanoj erozimata", XLIV Konferencija ETRAN 2000, Soko Banja, 2000
- [7] Balic, J. : "Contribution To Integrated Manufacturing", DAAM International Vienna, DAAM Publishing Series-Manufacturing Technology, 1999
- [8] Weck, M. : "Handbook of MACHINE TOOLS Volume 4 Metrological Analysis And Performance Tests", A Wiley Heyden Publication, JOHN WILEY & SONS, London, 1989

**Abstract** – This work represents a brief representation review of the measuring device for propeller 3D measurement. It includes the measuring procedure, the measuring device architecture, the program on PC for 3D model generate and the directions for the future development.

### MEASURING DEVICE FOR THE DETERMINATION OF PROPELLER 3D GEOMETRY

Velimir Čongradac, Stevan Odri, Igor Živković