

SISTEM AUTOMAT DE VERIFICARE SI SORTARE A PIESELOR BAZAT PE TRADUCTOARE CU TRIANGULATIE

Marinel Popescu

Institutul National de Cercetare-Dezvoltare si Incercari pentru Electrotehnica,
ICMET Craiova, Romania
marinel_popescu@yahoo.com

Abstract. *The problem of distance or position measurement using non-contact method and instrument it is current concern for engineers. Using this way is possible to verify dimensions and sorts the parts of plants after mechanical processing or chemically treatment. This paper presents the system for measurement and sorting based on LASER triangulation sensors.*

Cuvinte-cheie: *senzor, triangulație, măsurare, sortare, sistem automat.*

I. Introducere

Metoda măsurării continue non-contact a poziției și dimensiunilor obiectelor are la baza fenomenul de reflexie a undelor electromagnetice, a ultrasunetelor, a fasciculelor LASER pe suprafața mediilor solide sau lichide ale acestor obiecte. "Obiectul țintă" poate fi staționar ori se poate afla în mișcare de translație sau de rotație.

Metoda este folosită pentru determinarea poziției și distanței în plan orizontal sau vertical. În majoritatea cazurilor măsurarea se poate efectua în mod continuu, fără întreruperea procesului tehnologic, fără influențe semnificative ale temperaturii, presiunii, umidității, radiațiilor asupra valorii măsurandului. Drept urmare, metoda stă la baza realizării traductoarelor destinate să funcționeze în aceste condiții.

O parte din traductoare au la bază metoda măsurării timpului scurs între momentul emiterii unei incidente și momentul recepționării unei reflectate. Cunoșcând viteza de propagare a unei în mediul respectiv și timpul de propagare se poate determina lungimea drumului parcurs.

O alta gama de traductoare are la bază metoda măsurării deplasării unui spot luminos reflectat, în raport cu o poziție de referință. Deplasarea este datorată modificării "reliefului" suprafeței pe care cade fasciculul incident emis de sursa de lumina.

Traductoarele care folosesc semnalele luminoase LASER sunt tot mai larg răspândite în domeniul implementării sistemelor de măsurare non-contact. Pot fi enumerate câteva domenii de aplicare în care acestea sunt și pot fi integrate cu succes:

- conducerea și monitorizarea liniilor automate de fabricare din fabricile de hârtie, din lami-noarele de tabla și de țevi;
- poziționarea și de orientarea a roboților;
- funcționarea sistemelor de supraveghere a unor incinte și perimetre;
- funcționarea sistemele de sesizare a unor "evenimente" ce se desfășoară în medii și condiții deosebite;
- măsurarea grosimilor și deplasărilor;
- determinarea profilului corpurilor în mișcare;
- verificarea îmbinărilor și sesizarea defectelor;
- măsurarea nivelului, înălțimii, netezimii;
- măsurarea abaterilor radiale și laterale;
- măsurarea vibrațiilor, etc.;

Dintre traductoarele LASER cele mai interesante sunt cele care folosesc principiul triangulației pentru măsurarea distanțelor în interiorul domeniului de lucru. Traductorul LASER cu triangulație este

folosit pentru măsurarea "fără contact" a distanței traductor-"obiect țintă" sau pentru determinarea poziției obiectului în spațiu în raport cu o poziție de referință.

II. Senzori pentru traductoare LASER cu triangulație

Traductoarele LASER cu triangulație conțin o sursă de semnal optic ce emite un fascicul de lumină coerentă monocromatică spre obiectul aflat la distanță necunoscută. După reflexia pe suprafața obiectului țintă fasciculul LASER este orientat spre suprafața unui detector, sensibil la influența semnalului LASER, care funcționează ca receptor de semnal optic.

"Relieful" suprafeței obiectului țintă, aflat la distanța necunoscută, influențează coordonatele punctului în care fasciculul reflectat intersectează suprafața detectorului. Acesta poate să fie realizat ca senzor analogic, caz în care funcționează ca un fotogenerator de curent [3] (fig.1.a) sau poate să fie realizat ca o matrice de puncte fotosensibile în care capacități electrice se încarcă cu sarcina electrică sub influența luminii coerente monocromatice.

Senzorul analogic prezentat se numește senzor detector de poziție (PSD-Position Sensor Detector). Senzorul de tip matriceal este un senzor digital (Pixelized Array Detector) [4], [1] (fig.1.b).

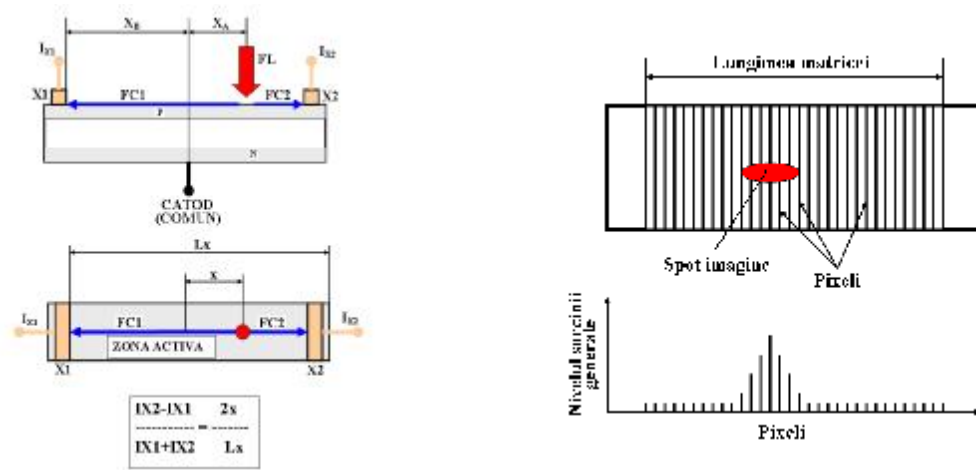


Fig.1. Senzori fotosensibili utilizați pentru construcția traductoarelor cu triangulație.

Semnalele generate de acești senzori sunt analizate de procesoare de semnale care determina distanța până la obiect în funcție de poziția spotului (fascicului) imagine pe zona activă sau pe matricea de puncte fotosensibile (pixeli).

Dacă o diodă LASER (DL) emite un fascicul de lumină către un punct B (fig.2.) aflat pe un obiect țintă (O) atunci fasciculul de lumină reflectat va fi focalizat de lentila (L) în punctul C aflat pe suprafața senzorului fotosensibil (SFS).

În figura se poate observa că triunghiurile ABC și A'B'C' sunt asemenea. Drept urmare se pot scrie rapoartele de asemănare:

$$\frac{\Delta x}{b + \Delta x} = \frac{f}{f + Z} \quad (1)$$

din care rezulta proporția derivată

$$\frac{\Delta x}{b} = \frac{f}{Z} \quad (2)$$

rezulta că distanța senzor-obiect se poate calcula din raportul

$$Z = b \frac{f}{\Delta x} \quad (3)$$

Mărimile b și f sunt parametri constanți ai sensorului, iar Δx este variabil și poate fi determinat de circuitele de procesare ale sensorului pentru calcularea valorii lui Z . La traductoarele cu semnale de ieșire analogice, pentru valori ale lui Z aflate în intervalul $(BD-WR/2, BD+WR/2)$, sensorul generează un semnal electric unificat tip curent (4-20) mA sau un semnal tip tensiune bipolară (-5V, +5V), (-10V, +10V). La traductoarele cu ieșiri digitale rezultatul măsurării distanței Z este transmis serial sub forma a doi octeți (un cuvânt) ce pot reprezenta valori de la $WR/2^{16}-1$ până la WR (Working Range). Distanța de baza (Base Distance -BD) este un parametru de catalog al traductorului.

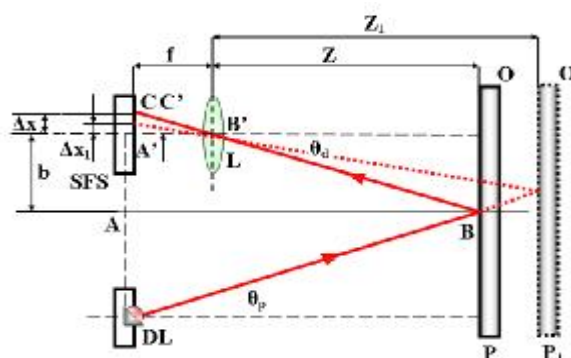


Fig.2. Elementele geometrice și funcționale ale traductoarelor cu triangulație

Traductoarele cu triangulație pot fi integrate în sisteme de achiziție cu funcții de măsurare, monitorizare, semnalizare și protecție complexe, organizate ca rețele de senzori plasați în puncte de măsurare distribuite într-o zonă vastă.

III. Calibrarea sistemelor de măsurare bazate pe traductoare cu triangulație.

În filele de catalog ale traductoarelor LASER cu triangulație, producătorii specifică doi parametri importanți pentru utilizator: distanța de baza și domeniul de măsurare. În procesul tehnologic de fabricare a sensorului producătorul poate fixa emițătorul LASER astfel încât acesta să emită fasciculul LASER pe o direcție perpendiculară pe direcția emițător-senzor sau pe o direcție ce poate face un unghi ascuțit cu aceasta.

Indiferent de valoarea unghiului sub care este emis fasciculul incident, importanța este distanța minimă la care trebuie să se afle obiectul testat (ținta) astfel încât fasciculul reflectat să fie proiectat în interiorul domeniului util al sensorului fotosensibil. Aceasta distanță se numește distanța de baza (BD-base distance) [5], [6].

Un alt parametru util este domeniul de lucru (WR-working range), prezentat tot ca o distanță măsurată în continuarea distanței de baza. Acesta este domeniul în care traductorul poate fi folosit cu garantarea respectării măsurării în limitele clasei de precizie și a plasării spotului luminos în interiorul suprafeței sensibile a sensorului.

Atunci când sunt măsurate distanțe cu valori ce variază în jurul unei valori medii traductorul poate să fie montat la distanța

$$D = DB + \frac{WR}{2} \quad (4)$$

astfel încât variația valorilor măsurate sa aibă loc in intervalul [BD-WR/2, BD+WR/2].

In acest mod traductorul poate fi folosit pentru verificarea profunzimii "formelor de relief" de pe suprafața corpurilor aflate în mișcare de rotație. Pentru achiziția datelor si reprezentarea lor in format grafic softul de aplicație utilizat considera ca valoare de referința prima valoare citita din șirul de valori achiziționate pe durata unei rotații complete.

Pentru "cartografierea" suprafeței in doua dimensiuni, citirea valorilor trebuie sa se realizeze atunci când corpul verificat are o mișcare de rotație uniforma. Daca se achiziționează un număr de N (de ex. 4096) valori pentru o rotație completa atunci, intre doua citiri succesive, corpul verificat se va roti cu un unghi

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{N} = \frac{2\pi}{4096} \cong 0,00154rad \quad (5)$$

sau un segment

$$\Delta P = \frac{P}{N} = \frac{P}{4096} = \frac{\pi D_0}{4096} \quad (6)$$

din perimetrul P al secțiunii transversale a corpului (Do este diametrul secțiunii transversale). Aceste condiții sunt importante atunci când prezintă interes atât poziția unei "forme de relief" in lungul perimetrului secțiunii transversale cat si profunzimea "forme de relief".

IV. Schema de principiu a sistemului de "cartografiere".

Faptul că permit efectuarea măsurării fără contact a distanțelor si pozițiilor cu o precizie ridicata a făcut ca traductoarele cu triangulație sa fie integrate in aplicații diverse, cele mai frecvent întâlnite fiind cele care au ca scop verificarea dimensiunilor corpurilor cilindrice obținute prin prelucrări de așchiere, prin tragere, prin laminare sau supuse unor procese electrochimice.

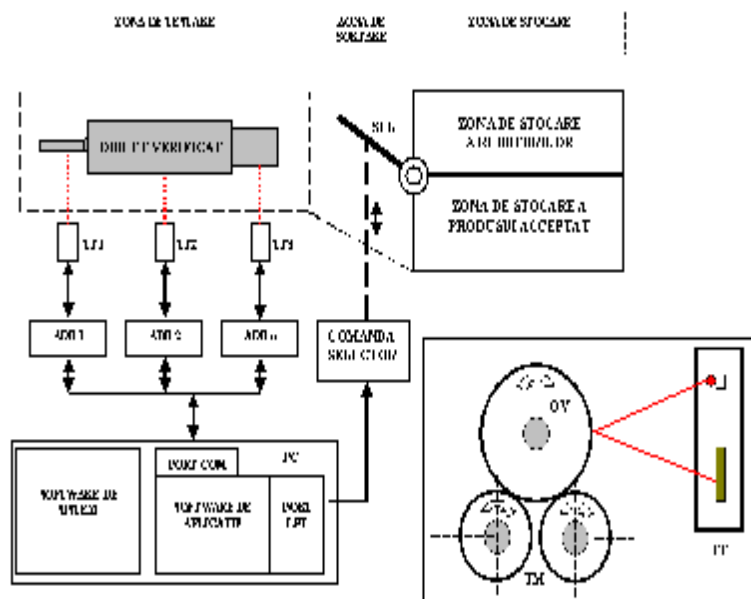
In funcție de complexitatea profilului si de importanta gradului de prelucrare a suprafețelor se pot stabili mai multe puncte de măsurare. In fig.3. se prezintă schema bloc a unei instalații pentru verificarea dimensiunilor unui profil cilindric cu trei trepte folosind o minirețea formata din trei traductoare cu triangulație (TT1...TT3).

Administrarea funcționării rețelei de traductoare este realizata de software-ul de aplicație instalat pe hard-discul unui PC. Prin intermediul portului serial PC activează și dezactivează succesiv traductoarele pentru configurare, pentru transmitere de comenzi sau pentru cerere de date.

In funcție de producător protocoalele de comunicare pot avea diverse forme sau succesiuni ale operațiilor. In general, in etapa de configurare se poate stabili adresa de rețea a traductorului (ADR 1...ADR3), viteza de comunicare, perioada de eșantionare, tipul de măsurare, etc. Ca master, PC poate sa solicite de la un traductor activat o singura valoare (rezultat al masurarii) sau poate solicita un șir de valori. La final, traductorul interogat este dezactivat urmând sa fie activat si interogat următorul traductor prevăzut de algoritmul de control transpus in software-ul aplicației.

Șirul de N_i date, obținut ca răspuns la cererea adresata de master, este memorat si este supus operațiilor de sortare pentru determinarea valorilor maxima si minima. Acestea pot fi folosite pentru verificarea toleranțelor ϵ_{iimp} acceptate de producător pentru dimensiunile finale ale tronsonului cilindric analizat. Daca este depășita toleranta admisa pentru unul din tronsoanele cilindrice analizate atunci software-ul aplicației comanda acționarea selectorului electromecanic (SEL) pentru a conduce obiectul testat spre containerul rebuturilor.

In cazul in care condițiile de acceptare sunt îndeplinite pentru toate tronsoanele analizate



atunci selectorul este poziționat pentru a dirija obiectul testat spre containerul de stocare a produselor acceptate. Activarea semnalelor de control ale blocului de comanda al selectorului se realizeaza prin intermediul liniilor de comanda ale portului paralel.

Fig.3. Schema de principiu a sistemului de cartografiere

Achiziția șirului de date de la fiecare traductor are loc pe durata mișcării de rotație pe care obiectul verificat o efectuează în jurul axei longitudinale, sub acțiunea tamburilor motori. Lungimea șirului de date colectate de la un traductor pe durata unei rotații complete se stabilește ținând seama de cele prezentate în paragrafele anterioare. Datele achiziționate sunt salvate în fișiere pe hard-disk pentru accesări și analize ulterioare.

Structura hardware prezentată simplificat în figura anterioară este coordonată de un software de aplicație al cărui algoritm urmărește organigrama reprezentată mai jos.

Comunicarea între PC și rețeaua de traductoare se realizează prin intermediul unui port serial. Traductoarele sunt inspectate și interogate succesiv pentru:

- identificare sau confirmare a identității (verificarea adresei de rețea);
- configurare sau stabilire a parametrilor de măsurare și comunicare (tipul de măsurare, viteza de eșantionare, rata de transfer a datelor);
- transmiterea de comenzi de activare și dezactivare a traductoarelor;
- transmiterea de comenzi de măsurare sau de cereri de date;
- transferul valorilor măsurandului obținute ca rezultat al măsurării.

Cele trei traductoare utilizate pentru verificarea dimensiunilor pe cele trei tronsoane ale piesei cilindrice sunt configurate succesiv, după inițializarea și setarea parametrilor de comunicație ai portului serial.

După activarea comenzii “MASURARE” traductoarele sunt activate pentru preluarea setului de valori obținute în urma măsurărilor efectuate pe circumferința tronsonului asociat. La sfârșitul măsurării traductorul este dezactivat, iar datele achiziționate sunt stocate în memorie pentru ca apoi să fie utilizate pentru verificarea condițiilor de sortare. În funcție de rezultatele verificărilor este poziționată clapeta selectorului astfel încât piesa să fie dirijată spre containerul corespunzător.

Atât schema bloc cât și organigrama nu conțin elementele necesare transmiterii și execuției comenzilor de avans al benzii transportoare și de acționare a tamburilor motori.

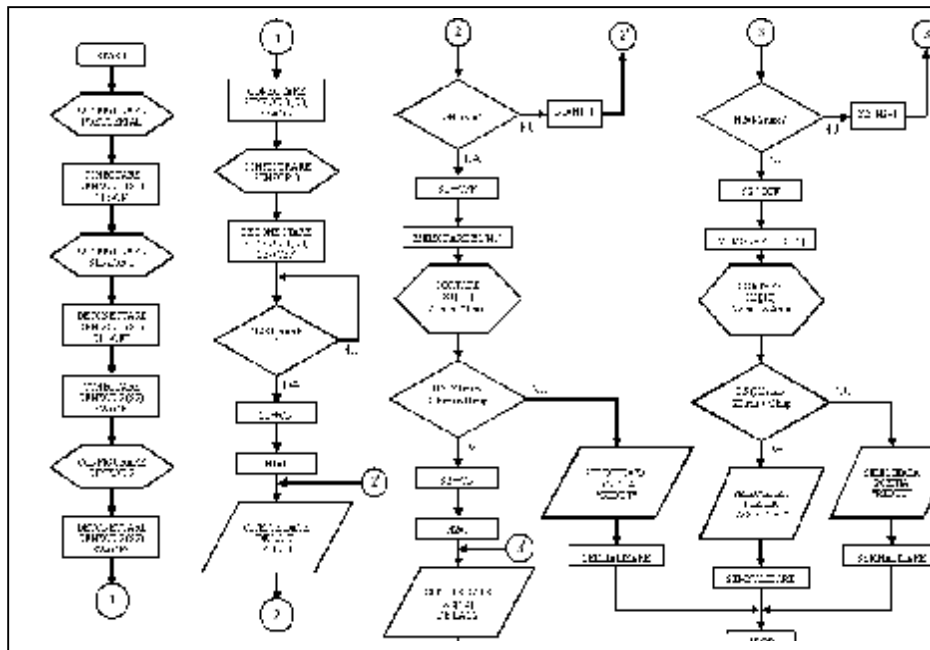


Fig.4. Organigrama simplificata a algoritmului de sortare a pieselor.

IV. Rezultate experimentale. Concluzii.

Sistemul de cartografiere a fost realizat ca model experimental destinat utilizării într-un laborator pentru determinarea excentricității țevilor cilindrice. În faza premergătoare punerii în funcțiune la beneficiar, sistemul a fost utilizat pentru verificări în laborator unde au fost explorate suprafețele unor corpuri aflate în mișcare de rotație și au fost obținute “amprente” ale reliefului “palpat” de spotul luminos în lungul perimetrelor.

Ca “obiect țintă” s-a utilizat o mandrină a unei mașini electrice de găurit, prevăzută cu variator de turație, și arborele unui motor electric cu și fără pană de îmbinare. Interfața operatorului cu procesul este un panou de comandă realizat cu ajutorul IDE DELPHI și conține un control tip *chart* pentru redarea formei reliefului, controale tip *label*, *scrollbar* și *button* pentru afișarea, prescrierea valorilor numerice, respectiv activarea comenzilor. Fiecare punct al caracteristicii a fost obținut ca diferența între valoarea cotei curente și valoarea primei cote măsurate după activarea butonului de comandă “MASURARE”.

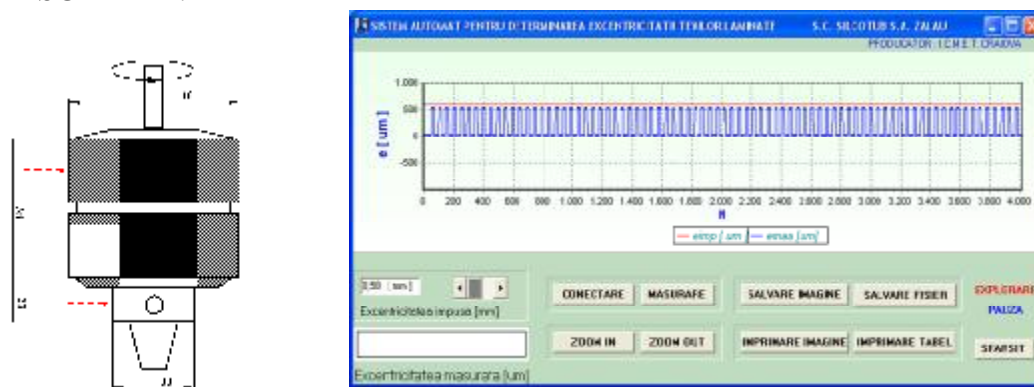


Fig.5. Înregistrarea obținută la “cartografierea” părții superioare a mandrinei.

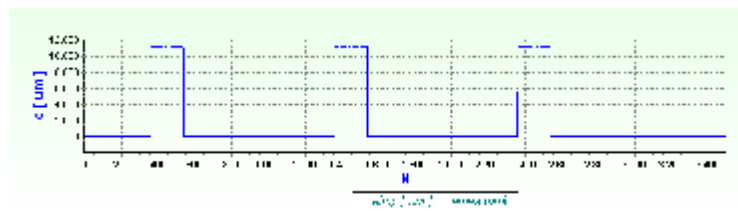


Fig.6. Înregistrare obținută la “cartografierea” suprafeței părții inferioare a mandrinei

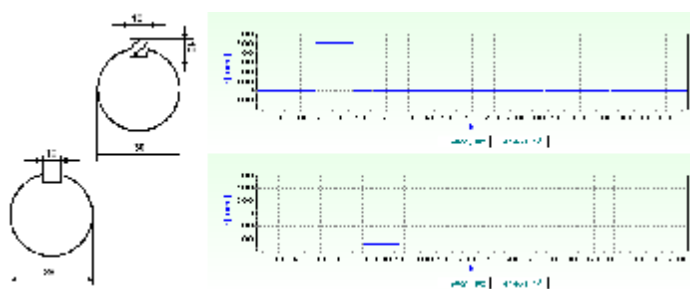


Fig.7. Înregistrare obținută la “cartografierea” suprafeței arborelui cu și fără pana

Înregistrările experimentale prezentate în figurile 5,6 și 7 au fost obținute cu ajutorul unui sistem de măsurare care folosește traductoare LASER tip RF605. Sistemul constituie un instrument util pentru explorarea suprafețelor corpurilor aflate în mișcare de rotație sau de translație, determinarea cotelor reliefului și eventual dispunerea acestora în lungul perimetrului suprafeței analizate.

Precizia măsurărilor în acest ultim caz depinde de valoarea programată pentru frecvența de transmitere a datelor prin interfața serială și de viteza de deplasare a suprafeței inspectate. Preferat pentru faptul că modul de măsurare non-contact nu conduce la uzura fizică a traductorului (durata de viață este sensibil prelungită), sistemul necesită întreținere și verificare periodică a filtrului optic în medii cu praf și pulberi fine, necesită utilizarea unui sistem de fixare care să elimine influența vibrațiilor parazite din zona de măsurare. Domeniul său de utilizare este limitat la cazul suprafețelor cu bune proprietăți reflectorizante și care nu prezintă zone de umbră sau zone de obstrucție pentru fasciculul incident sau pentru cel reflectat.

V. Referințe

1. Walt Pastorius, Triangulation Sensors. An OverView. (TriangulationSensors.pdf)
2. Tjio Hok Hoo, Mohd Riza Arshad, A Simple Surface Mapping Technique using Laser TriangulationMethod,(A_Simple_Surface_Mapping_Technique_Using_(PPK_Elektrik_dan_Elektronik).pdf)
3. William P. Kennedy - CyberOptics Corp. The Basics of Triangulation Sensors
4. RIFTEK, Laser Triangulation Sensor, RF605 Series (rf605_riftek_eng.pdf)
5. MICRO-EPSILON, Non-Contact Optical Displacement Measuring System. Instruction Manual optoNCDT 1605. (manual-optoncdt-1605-en.pdf.pdf)
6. R.G. Dorsch, G. Hausler, J. M. Herrmann, Laser triangulation: fundamental uncertainty. (Laser_triangulation_Fundamental_uncertainty_of_measurement_.pdf)