

Vaja IV:**Vrednotenje procesov na primeru
merjenja hrapavosti površin**

Kazalo

1	Definicija naloge	3
2	Zahteve naloge	3
3	Preizkuševališče	3
4	Uvod.....	4
5	Meritve in podatki.....	6
6	Preračun in rezultati	7
6.1	Rezultati meritev.....	7
6.1.1	Zelo gladko obdelana površina	7
6.1.2	Gladko obdelana površina.....	8
6.1.3	Grobo obdelana površina.....	8
6.1.4	Zelo grobo obdelana površina.....	8
6.1.5	Preizkusni kvader	8
6.2	Zelo gladko obdelana površina.....	9
6.3	Gladko obdelana površina	11
6.4	Grobo obdelana površina.....	13
6.5	Zelo grobo obdelana površina	14
6.6	Preizkusni kvader	16
6.7	Primerjava kvalitet površin.....	18
6.8	Primerjava Ra med Talysurfom in Računalnikom in odstopanje	20
7	Zaključek.....	21
8	Literatura	22
9	Priloga I, Priloga II	22

1 Definicija naloge

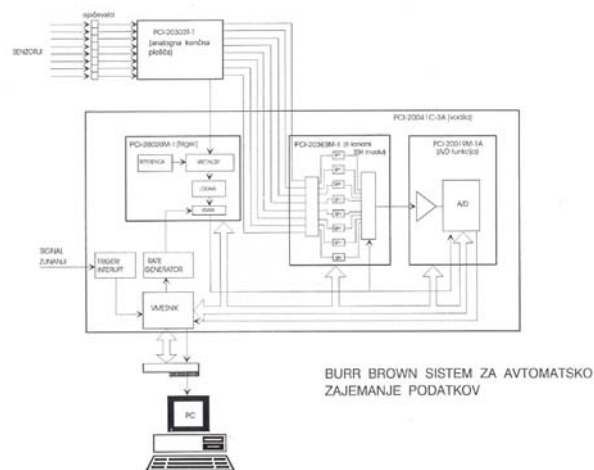
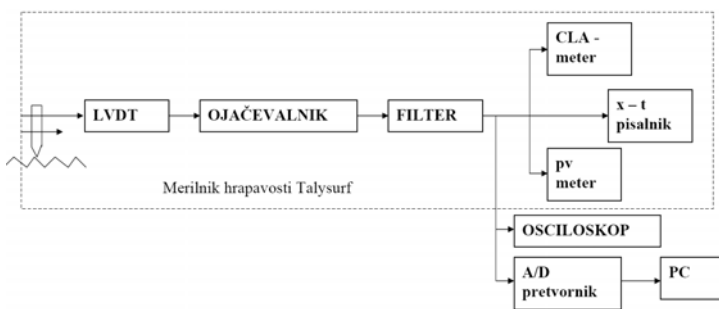
- Eksperimentalno vrednotenje procesov:
 - zbiranje, kontinuirna meritev – vzorčenje, shranjevanje
 - priprava – pretvorbe, kvalifikacija (stacionarnost, periodičnost, normalnost), analiza
- Merjenje hrapavosti površin in vrednotenje površin:
 - Z osnovnimi statističnimi metodami
 - Parametri, ki se uporabljajo za popis stacionarnih naključnih procesov

2 Zahteve naloge

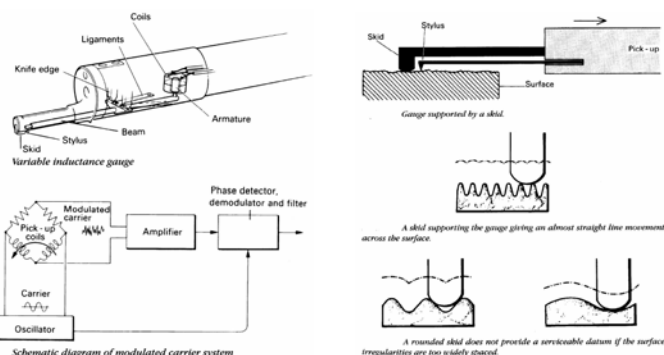
- Namestiti merjenec tako, da bo merjena površina paralelna z gibanjem tipalne igle
- Analizirati različne profile površine
- Oceniti dolžino vzorca
- Opisati merilni sistem z blokovno shemo in navesti sestavne dele
- Ovrednotiti hrapavost površine z osnovnimi statističnimi merami za popis naključnih procesov in zadostiti zahtevam iz Priloge I
- Obravnavati prvi absolutni centralni moment (CLA), standardno deviacijo, maksimalno odstopanje, gostoto verjetnosti, avtokorelacijsko funkcijo, Fourierjevo transformacijo in Spekter moči.

3 Preizkuševališče

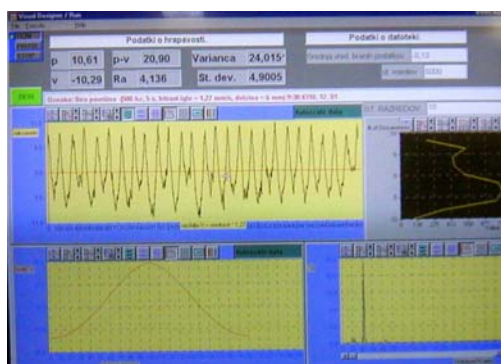
Namen naše vaje je bil meriti hrapavost površin. V ta namen smo se spoznali z merilnim sistemom, ki je v grobem sestavljen iz merilnika hrapavosti, linearnega variabilnega diferencialnega transformatorja (LVDT), ojačevalnika, filtra, CLA metra, x-t risalnika, pv metra, osciloskopa, AD pretvornika in računalnika. Podatke oziroma meritve smo zajemali na računalniku s pomočjo programskega paketa Visual Designer, obdelavo podatkov pa sem opravil v Microsoft Excelu. Blokovna shema našega merilnega sistema je prikazana na spodnjih dveh slikah:



Merilni sistem oziroma merilnik hrapavosti sestavlja več delov, med katerimi sta najbolj pomembna tipalo za merjenje površine in "ščit" za tipalo. Oba sestavna dela ponazarjajo naslednje slike:



Podatke oziroma meritve smo zajemali in obdelovali s pomočjo programa Visual Designer, ki nam je že na samem mestu meritve prikazal rezultate merjenja:



Levo: Program Visual Designer
Desno: Merilni sistem



4 Uvod

Vaja je dokaj obsežna zato smo si za lažje razumevanje poteka sprva ogledali nekaj teoretičnih osnov. Pomembno je, da smo se najprej spoznali z diagrami za prikaz signala, gostoto porazdelitve verjetnosti, spekter moči in avtokorelacijsko funkcijo.

Hrapavost površine lahko opišemo z različnimi parametri, ki so:

- Srednja aritmetična vrednost R_a nagubanosti efektivnega profila na referenčni dolžini l
- Standardna deviacija R_q
- Srednja višina neravnin R_z
- Simetrija profila (glede na linijo srednje vrednosti) R_{sk}
- Kurtosis – Sploščenost profila R_{ku}
- Naleganje profila t_p
- Hibridni parameter λ_q

Avtokorelacijska funkcija je definirana kot $R_{xx}(\tau) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \bar{x}(t_i) \cdot \bar{x}(t_i + \tau)$ in predstavlja hitrost procesa oziroma periodo (ponovljivost) izbrane funkcije: Poleg zgoraj zapisane odvisnosti lahko zapišemo še naslednje enačbe:

$$R_{xx}(\tau) = \frac{1}{T} \int_0^{\tau} x(t) \cdot (t - \tau) \cdot dt \quad \text{Za kontinuiran signal}$$

$$R_{xx}(\tau = 0) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \bar{x}(t_i)^2 = \sigma^2 \quad \text{Za diskretni signal}$$

$$R_{xx}(\tau = 1) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \bar{x}(t_i) \cdot \bar{x}(t_i + 1)$$

$$R_{xx}(\tau = 2) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \bar{x}(t_i)^2 \cdot \bar{x}(t_i + 2)$$

kjer so naslednji parametri:

σ^2 ...varianca ali začetna vrednost korelacijske funkcije

N...število vzorcev

T...časovni odmik osnovne funkcije

$$\bar{x}(t_i) = x(t_i) - \mu$$

Izračun avtokorelacijske funkcije si najlažje predstavljamo z naslednjim primerom:

N=11		τ					
N_i	X_i ...odstopek	0	1	2	3	4	5
0	-1	1	0	-2	1	-3	2
1	0	0	0	0	0	0	0
2	2	4	-2	6	-4	0	2
3	-1	1	-3	2	0	-1	2
4	3	9	-6	0	3	-6	3
5	-2	4	0	-2	4	-2	2
6	0	0	0	0	0	0	0
7	1	1	-2	1	-1	0	0
8	-2	4	-2	2	0	0	0
9	1	1	-1	0	0	0	0
10	-1	1	0	0	0	0	0
	Σ	26	-16	7	3	-12	11
	R _{xx}	26/11	-16/10	7/9	3/8	-12/7	11/6

Avtokorelacijsko funkcijo izračunamo na osnovi zgornje enačbe in sicer tako, da množimo vrednosti X_i , jih seštejemo in delimo z N_i , pri čemer moramo paziti na časovni odmik τ .

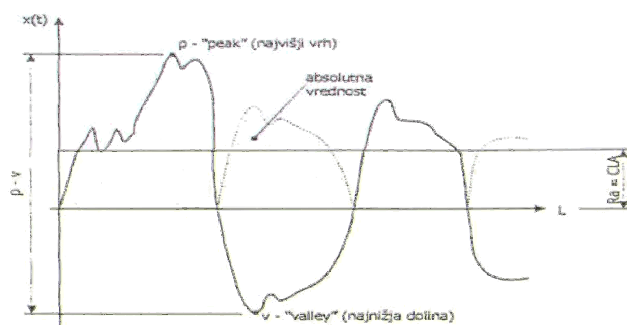
5 Meritve in podatki

Merili smo hrapavost petih različnih površin. Najprej smo izmerili hrapavost na strojnem elementu z štirimi različnimi kvalitetami površine in sicer zelo gladka, gladka, groba in zelo groba. Peto meritev smo opravili na preizkusnem kvadratu, za katerega smo ocenili, da ima zelo fino oziroma gladko površino.

Meritve smo zajeli s pomočjo računalniškega programa Visual Designer na napravi za merjenje hrapavosti Talysurf. Poleg dobljenih meritev je potrebno zaradi čim manjših napak pri digitalizaciji določiti še naslednje parametre merilnega procesa:

- Frekvenca vzorčenja : $\nu=2000\text{Hz}$
- Čas vzorčenja: $T_{\nu z}=4\text{s}$
- Hitrost potovanja merilne igle : $\nu=1,27\text{mm/s}$
- Maksimalna perioda, ki jo želimo zaznati : $t_{\max}=120\text{ms}$
- Minimalna perioda, ki jo želimo zaznati : $t_{\min}=20\text{ms}$
- Območje digitalizacije : $A=5\text{V}$
- Dolžina merjenja hrapavosti površine : $l=5,08\text{mm}$

Splošno	Talysurf	Računalnik
R_a	R_a	CLA
R_p	P	Peak
R_v	V	Valley
R_t	P-V	P-V
R_z	Standardna deviacija	/



Računalnik zajema meritve s frekvenco vzorčenja 2000 Hz, kar z drugimi besedami pomeni, da je perioda vzorčenja (čas med dvema zaporednima meritvama) enaka $t = \frac{1}{2000} \text{Hz} = 0,0005\text{s}$. Celoten čas vzorčenja za eno kvaliteto površine traja 4 s. V tem času "merilna igla" prepotuje približno 5mm. Za posamezno meritev smo glede na zgoraj zapisane podatke dobili 8000 meritev. V celoti smo opravili pet meritev kar pomeni da imamo za nadaljnjo obdelavo na voljo 40.000 meritev.

6 Preračun in rezultati

Meritev je kar precej zato sem preračun opravil v Excelu. Primer je prikazan v Prilogi II. Iz dobljenih vrednosti sem sprva odstranil prvih in zadnjih 500 meritev, s čemer sem se izognil začetnim in končnim netočnostim. Za preračun sem vzel 2^{12} meritev (4096) in sicer nekje v sredini tabele. S tem nisem storil nobene napake, saj se vrednosti meritev periodično ponavljajo in je vseeno kje jih vzamemo. 4096 meritev sem vzel tudi iz razloga, ker program Excel omogoča Fourierjevo transformacijo z največ toliko števili. Definicija in namen vaje je narisati štiri grafe glede na dobljene meritve in izračunati naslednje vrednosti za osi:

- Graf signala pomika v odvisnosti od časa
- Graf spektra moči
- Graf avtokorelacijske funkcije
- Histogram
- Da sem lahko narisal vse zahtevane grafe sem moral preračunati najprej spekter moči S_{xx} . Za izračun sem uporabil funkcijo $S_{xx} = \text{POWER}(\text{IMABS}(F(X_i)); 2) / N$, kjer $F(X_i)$ predstavlja Fourierjevo transformacijo za meritve X_i , N pa celotno število meritev (4096).
- Frekvenčno os sem izračunal po enačbi $F_0 = \frac{N_i}{N \cdot dt}$, kjer dt predstavlja razmik med posameznimi meritvami, N_i zaporedno meritev in N celotno število meritev.
- Za izračun avtokorelacijske funkcije sem uporabil funkcijo $R_{xx} = \text{IMREAL}(\text{INVF}(S_{xx}))$, kjer $\text{INVF}(S_{xx})$ predstavlja inverzno Fourierjevo transformacijo za spekter moči S_{xx} .
- Za minimum in maksimum sem uporabil funkciji MINA in MAXA. Razpon med minimumom in maksimumom sem razbil v dvanajst razredov. Vsem razredom sem določil meje in število podatkov v intervalu (funkcija FREQUENCY). Glede na zapisano sem izrisal Histogram.

6.1 Rezultati meritev

6.1.1 Zelo gladko obdelana površina

Talysurf				Računalnik					
CLA	P	V	P-V	R_a	Peak	Valley	P-V	Var	St. dev
0,538045	0,47637	-2,97732	3,45369	0,567	1,99	-2,3	4,29	0,4964	0,7046

6.1.2 Gladko obdelana površina

Talysurf				Računalnik					
CLA	P	V	P-V	R _a	Peak	Valley	P-V	Var	St. dev
0,978787	1,78639	-3,93007	5,71646	0,969	2,84	-3,23	6,07	1,3921	1,1799

6.1.3 Grobo obdelana površina

Talysurf				Računalnik					
CLA	P	V	P-V	R _a	Peak	Valley	P-V	Var	St. dev
2,236571	4,64463	-6,55011	11,19474	2,122	5,61	-5,59	11,19	6,4794	2,5455

6.1.4 Zelo grobo obdelana površina

Talysurf				Računalnik					
CLA	P	V	P-V	R _a	Peak	Valley	P-V	Var	St. dev
3,090668	6,31193	-7,26467	13,5766	2,983	7,83	-6,22	14,05	12,1057	3,4793

6.1.5 Preizkusni kvader

Talysurf				Računalnik					
CLA	P	V	P-V	R _a	Peak	Valley	P-V	Var	St. dev
0,156684	-0,35728	-2,62005	2,97733	0,161	1,09	-1,65	2,74	0,0635	2,520

Pri vseh zgoraj navedenih tabelah rezultatov lahko vidimo, da se rezultati med računalnikom in Talysurfom dokaj dobro ujemajo. Do razlik prihaja zaradi napak sistema. Zakaj imamo prisotne napake bom opisal v zaključnem delu poročila. Vrednosti ki jih primerjamo v tabelah so:

- CLA – R_a, kjer izračunamo R_a po naslednji enačbi

$$R_a = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |X_i - \bar{x}|$$

- P-Peak
- V-Valley
- P-V – P-V

6.2 Zelo gladko obdelana površina

6.3 Gladko obdelana površina

6.4 Grobo obdelana površina

6.5 Zelo grobo obdelana površina

6.6 Preizkusni kvader

6.7 Primerjava kvalitet površin

6.8 Primerjava Ra med Talysurfom in Računalnikom in odstopanje

7 Zaključek

Namen vaje je spoznati se z merjenjem hrapavosti površin in vrednotenjem površin z osnovnimi statističnimi merami, ki služijo za popis stacionarnih naključnih procesov. Zelo poučno se mi je zdelo, da smo na vaji praktično izmerili različne površine in nato sami glede na dobljene meritve opravili statistični preračun in narisali grafe oziroma histograme.

Za vse opravljene meritve sem zgoraj izrisal grafe, najbolj pa so razvidni rezultati iz skupnih grafov oziroma primerjav. Prvi graf prikazuje odvisnost signala X_i od časa t oziroma diagram signala površine (med Peak in Valley). Takoj lahko opazimo razlike med površinami. Najbolj gladko oziroma fino površino ima preizkusni kvader sledijo pa površine po vrsti (od zelo gladke do zelo grobe). Glede na to ugotovitev lahko zapišem, da je naš preračun v skladu s pričakovanji. Bolj ko je

površina hrapava ali groba, večje bodo amplitude odmikov na grafu. Zaključujem, da ima groba površina dosti večje odstopanje kot fina. Drugi graf prikazuje Spekter moči oziroma prisotnost različnih frekvenc. Najvišji spekter moči lahko opazimo pri grobo obdelani površini in sicer pri dokaj nizkih frekvencah (okoli 5 Hz). Najnižji spekter moči ima preizkusni kvader, kar je tudi logično glede na diagram signala površine. Spekter finih oziroma gladkih površin ni tako izrazit v primerjavi z grobo površino si se pojavlja malenkost višje po frekvenčni osi. Na tretjem grafu je prikazano razmerje med avtokorelacijsko funkcijo in časom. Vseh pet grafov ima med seboj podobno obliko, saj se razlikujejo le za vrednosti po y osi oziroma Rxx vrednosti. Prav tako lahko opazimo, da so grafi simetrični. Največjo avtokorelacijsko funkcijo ima zelo groba površina, najnižjo pa preizkusni kvader. Zopet lahko ugotovimo, da so grafi ostalih površin razporejeni po kvaliteti obdelave med kvadrom in zelo grobo površino (ustrezajo naslednjem zaporedju: kvader, zelo gladka, gladka, groba, zelo groba površina).

Pri vrednotenju rezultatov omenimo še prisotnost napak, katere lahko vidimo pri primerjavi računalniških vrednosti in merilne naprave hrapavosti Talysurf. Napaka se lahko pojavi zaradi več razlogov, v glavnem pa ocenjujem da je prisotna zaradi starosti merilnega sistema - naprave. V tem primeru bi lahko napako nekoliko zmanjšali, če bi za isto kvaliteto površine meritev ponovili večkrat in povprečili rezultate. Druga možnost za prisotnost napak je lahko tudi zaokroževanje in neustrezen prenos podatkov. Preračun ene kvalitete površine sem opravil na 4096 meritvah. Te meritve nisem vzel na začetku ali koncu tabele, vendar nekje v sredini. S tem sem se izognil "neustreznim" vrednostim na začetku in koncu.

Na zgornjem grafu (Primerjava Ra) sem prikazal še primerjavo Ra med izračunano vrednostjo in izmerjeno vrednostjo. Ugotavljam, da se vrednosti med seboj ne razlikujejo veliko. Največji razmik opazim pri zelo grobi in grobi površini, najmanj pa vrednosti odstopajo pri gladki površini in preizkusnem kvadru, kar ponazarja tudi graf odstopkov.

8 Literatura

- [1] Laboratorij za tehnično kibernetiko, obdelovalne sisteme in računalniško tehnologijo & Laboratorij za proizvodnjo kibernetiko in eksperimentalne metode, Predloga za vaje 2005/2006, Ljubljana, Fakulteta za Strojništvo.

9 Priloga I, Priloga II