

Poročilo iz 1. laboratorijskih vaj :

Predstavitev merilnih sistemov in elementov

KAZALO VSEBINE :

1	SENZORJI NA PRINCIPU SPREMEMBE OHMSKE UPORNOSTI.....	2
2	MERJENJE LASTNE FREKVENCE SISTEMA.....	3
2.1	POTEK PREIZKUSA	3
2.2	IZRAČUNI.....	4
3	LASTNOSTI IN UPORABA FILTROV	5
3.1	KARAKTERISTIKE FILTROV	5
4	MERJENJE HITROSTI NIHANJ.....	7
5	OBREMENILNI EFEKT	8
5.1	IZRAČUNI.....	9
5.2	MERITEV.....	10
6	OSNOVE DIGITALIZACIJE IN DIGITALNI OSCILOSKOP.....	11
6.1	REŠITVE NALOG	12
7	ZAKLJUČEK.....	13
8	LITERATURA	14
9	PRILOGE.....	14
9.1	DIAGRAM ODMIKA PRI EKSPERIMENTALNEM MERJENJU LASTNE FREKVENCE SISTEMA.....	14

KAZALO SLIK :

Slika 1 :	Blokovna shema enostavnega merilnega sistema	2
Slika 2 :	Karakteristika termoupora kot funkcija $R = R(T[°C])$	2
Slika 3 :	Blokovna shema za eksperimentalno merjenje lastne frekvence	3
Slika 4 :	Princip delovanja LVDT	3
Slika 5 :	Princip delovanja ojačevalnika	4
Slika 6 :	Blokovna shema sistema za prikazovanje delovanja filtrov.....	5
Slika 7 :	Karakteristika in zgradba nizkopasovnega filtra	5
Slika 8 :	Karakteristika in zgradba visokopasovnega filtra	5
Slika 9 :	Diagram delovanja ozkopasovnega filtra.....	6
Slika 10 :	Diagram delovanja filtra z zavrnitvijo pasu	6
Slika 11 :	Blokovna shema sistema za merjenje hitrosti nihanj.....	7
Slika 12 :	Hitrostno induktivni senzor.....	7
Slika 13 :	Sestava senzorja za merjenje pomikov.....	8
Slika 14 :	Blokovna shema sistema za demonstracijo obremenilnega efekta.....	8
Slika 15 :	Semioperacijska shema sistema za demonstracijo obremenilnega efekta.....	8
Slika 16 :	Shematski prikaz potenciometra	9
Slika 17 :	Obremenilni efekt v enotskem kvadratu.....	9
Slika 18 :	Blokovna shema vhodne stopnje digitalnega osciloskopa.....	11
Slika 19 :	Osciloskop.....	11
Slika 20 :	Naloga 1	12
Slika 21 :	Naloga 2	12
Slika 22 :	Naloga 3	13

1 SENZORJI NA PRINCIPU SPREMEMBE OHMSKE UPORNOSTI

Pri 1. demonstraciji smo spoznali senzorje, pri katerih se spreminja ohmska upornost glede na neke zunanje vplive (npr. temperature, sile, svetlobe,...).

Merilna veriga elementov, ki se jim spreminja upornost s pomočjo zunanjih vplivov, je prikazana v blokovni shemi na spodnji sliki :



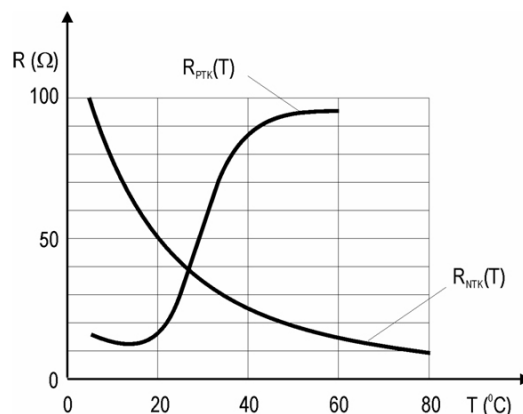
- FOTUOPOR (foto celica)
- FOTODIODA
- TERMOUPOR (termoresistor)
- MAGNETORESISTOR

Slika 1 : Blokovna shema enostavnega merilnega sistema

Spoznali smo naslednje senzorje :

- a. Fotoupor :**
Polprevodniški element, kateremu se električna upornost spreminja v odvisnosti od osvetlitve (ko senzor zazna svetlobo, se mu poveča oz. zmanjša ohmska upornost).
- b. Termoupor :**
Element, kateremu se ohmska upornost spreminja v odvisnosti od spremembe temperature (ko smo z vžigalnikom segreti zrak v neposredni bližini sensorja, smo na merilniku upornosti opazovali njegovo spremembo). Karakteristika takšnega elementa je prikazana na spodnji sliki.
- c. Merilni lističi :**
Delujejo na principu spremembe ohmske upornosti, ki jo vzbudimo z neko zunanjo silo, ponavadi deformacijo ali z napetostjo.
- d. Fotodioda :**
Je polprevodniški element, kateremu se z povečanim svetlobnim tokom spreminja ohmska upornost. Uporabljamo jo lahko za merjenje gostote toplotnega toka.

Spreminjanje ohmske upornosti zaradi temperature (karakteristika termoupora) je prikazana na spodnjem diagramu :



Legenda: $R_{PTK}(T)$ – karakteristika elementa s pozitivnim temp. koeficientim
 $R_{NTK}(T)$ – karakteristika elementa z negativnim temp. koeficientim

Slika 2 : Karakteristika termoupora kot funkcija $R = R(T[°C])$

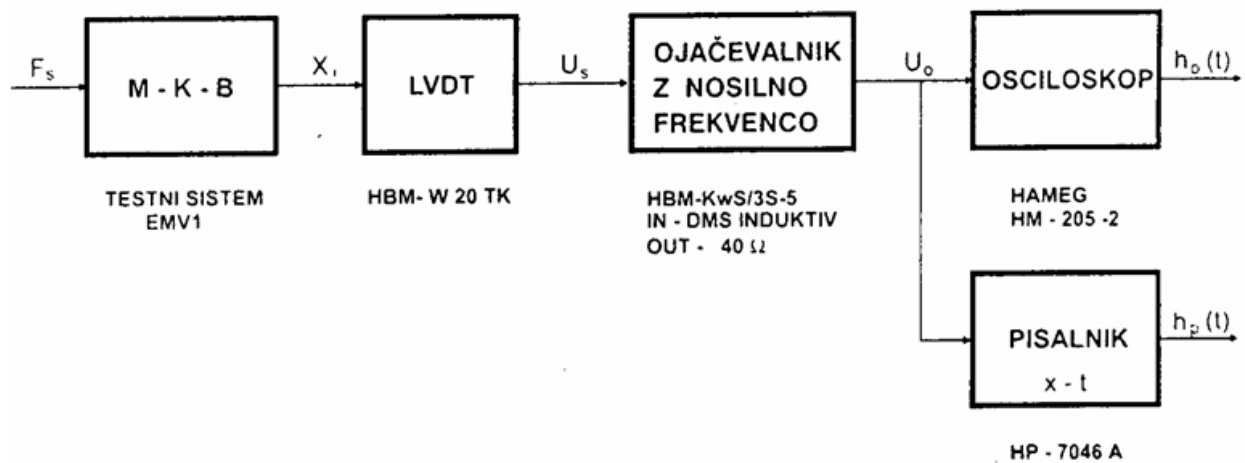
2 MERJENJE LASTNE FREKVENCE SISTEMA

2.1 Potek preizkusa

Naš teoretični sistem je sestavljen iz mase, vzmeti in dušilke. Na listnati žagi (vzmet), ki je bila vpeta v primež (dušilka) in le ta na togo podlago, je bila pripeta utež neke mase. V nekem trenutku smo naš sistem vzbudili z neko zunanjo silo in spremljali odziv na osciloskopu ter izris na risalniku.

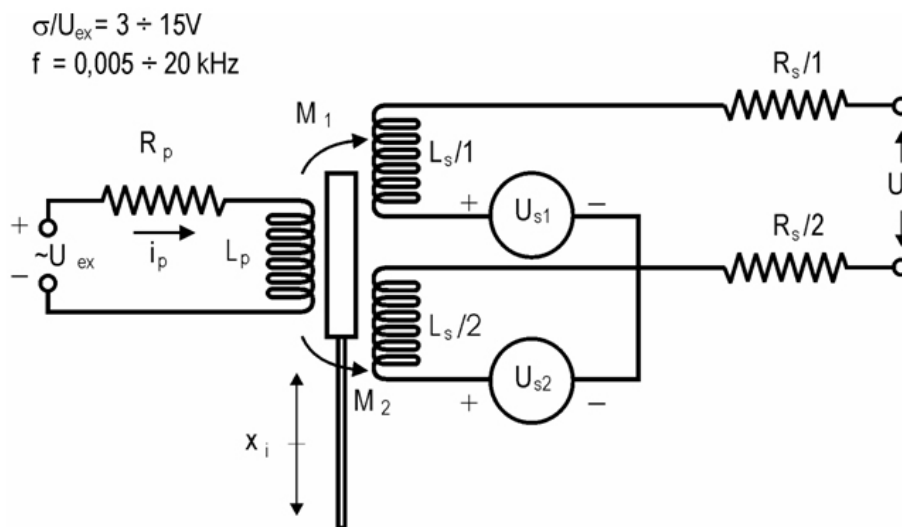
Za umerjanje sistema smo uporabili kladico debeline 5 mm, ki smo jo položili med vzmet in senzor. To lahko uporabimo na grafu, ki smo ga dobili iz risalnika, saj lahko tako iz razmerja izračunamo odmik.

Merilna veriga je predstavljena v blokovni shemi na sliki spodaj :



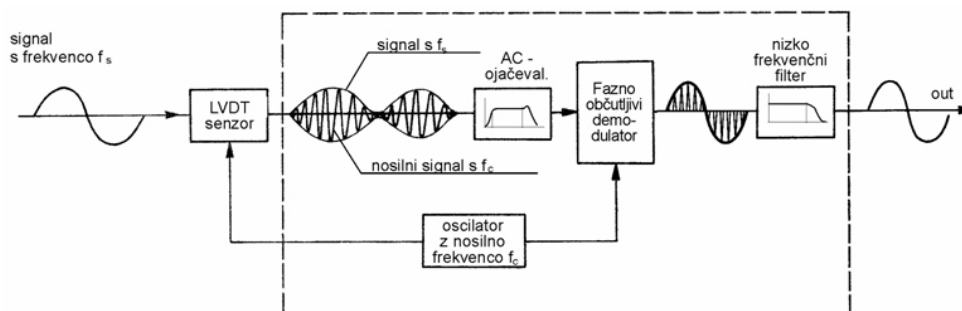
Slika 3 : Blokovna shema za eksperimentalno merjenje lastne frekvence

Princip delovanja linearnega variabilnega diferencialnega transformatorja je prikazan na sliki :



Slika 4 : Princip delovanja LVDT

Princip delovanja ojačevalnika je prikazana na sliki spodaj :



Tipična nosilna frekvenca $f_c = 2, 5, 10, 50 \text{ kHz}$

Slika 5 : Princip delovanja ojačevalnika

Frekvenčni pasovi elementov merilnega sistema so znani in prikazani v tabeli :

Risalnik	3 ... 5 Hz
LVDT	0,05 ... 20 kHz
Ojačevalnik	1,25 ... 5 kHz

Zgolj kot zanimivost lahko omenimo, da je slišna frekvenca človeka nekje med 4 in 19 kHz.

2.2 Izračuni

Iz diagrama v prilogi sem izračunal lastno frekvenco sistema po naslednji enačbi :

$$f_n = \frac{1}{T} = \frac{1}{0,5} = 2 \text{ Hz}, \text{ pri čemer sem iz grafa odčital vrednost } T = 0,9 \text{ cm} \cdot \frac{0,5 \text{ cm}}{0,9 \text{ cm}} = 0,5 \text{ cm}$$

Koeficient dušenja sem prav tako določil iz diagrama po enačbi :

$$\zeta = \frac{\ln\left(\frac{x_p}{x_{p+1}}\right)}{2 \cdot \pi} = 0,0567, \text{ če upoštevam } x_p = 11,67 \text{ mm} \text{ in } x_{p+1} = 16,67 \text{ mm}.$$

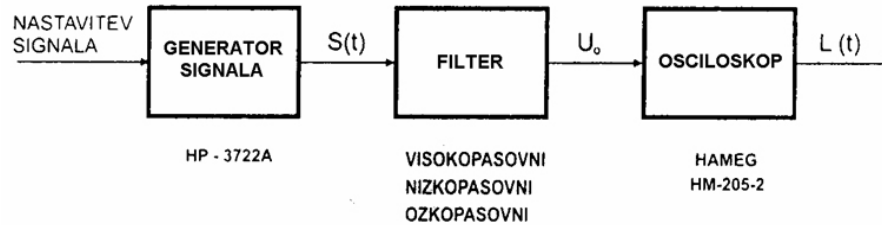
Izračun faktorja ojačanja sistema :

$$K_{MS} = \frac{l_o}{x_i} = \frac{9}{5} = 1,8 \approx 2$$

Izračunane vrednosti bi lahko bile bolj natančne, če bi za meritev uporabili bolj natančne merilnike in prikazovalnike. Prav tako bi morali sistem večkrat vzbuditi (opraviti enak preizkus večkrat) in opazovati rezultate. Prav tako je potrebno paziti na umerjenost merilnih elementov.

3 LASTNOSTI IN UPORABA FILTROV

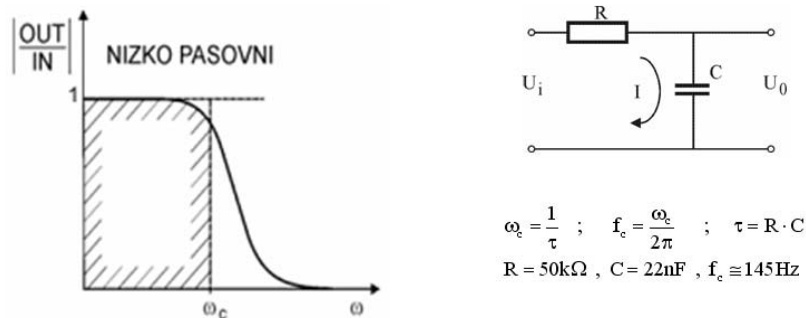
Pri tej vaji smo spoznali nekatere filtre, njihovo delovanje in uporabo. Preizkus smo izvedli tako, da smo na izvor napetosti priključili upor (porabnik). Nato smo napetost spustili skozi različne filtre in opazovali odziv na osciloskopu. Diagram poteka prikazuje slika :



Slika 6 : Blokovna shema sistema za prikazovanje delovanja filtrov

3.1 Karakteristike filtrov

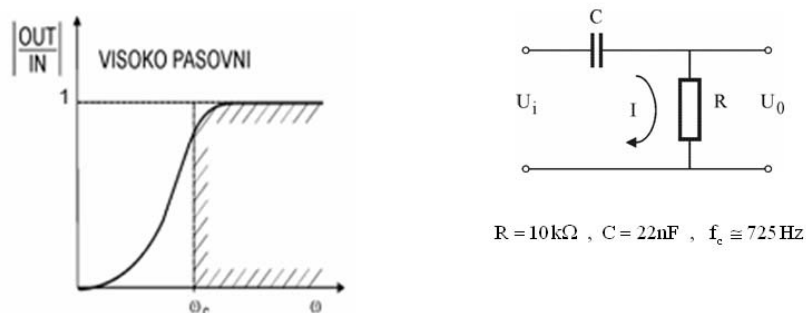
Ko smo napetost usmerili preko **nizkopasovnega** filtra, smo na osciloskopu opazovali signal, ki je bil očiščen (»prefiltriran«) visokih sunkov napetosti. Karakteristiko in zgradbo takšnega filtra prikazuje slika :



Slika 7 : Karakteristika in zgradba nizkopasovnega filtra

Pri nizkopasovnem filtru je kondenzator priključen na ozemljitev, zato filter prepušča le nizke napetosti.

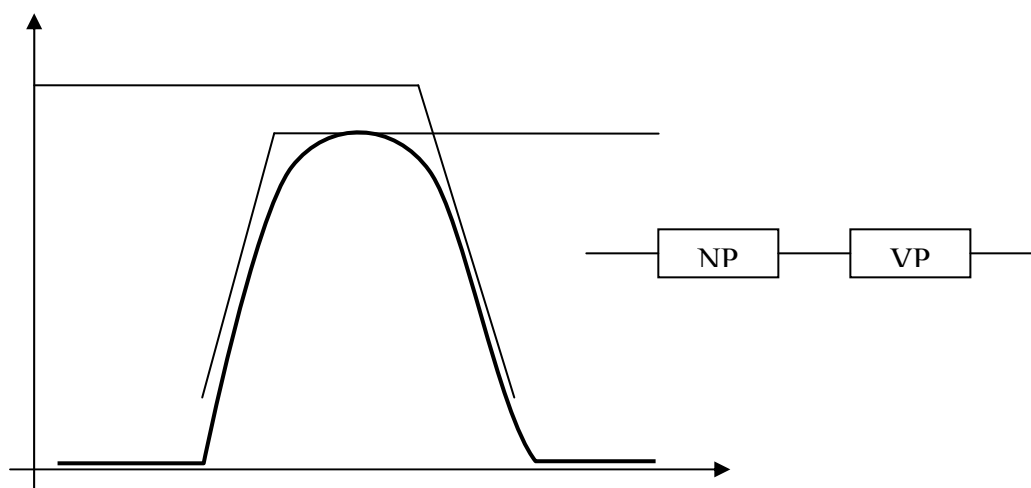
Nato smo signal usmerili preko **visokopasovnega** filtra in na osciloskopu opazovali signal, ki je bil očiščen nizkih napetosti. Pri tej izvedbi je porabnik priključen za kondenzatorjem, zato taka izvedba prepušča le visoke napetosti. Zgradbo si lahko ogledamo na sliki :



Slika 8 : Karakteristika in zgradba visokopasovnega filtra

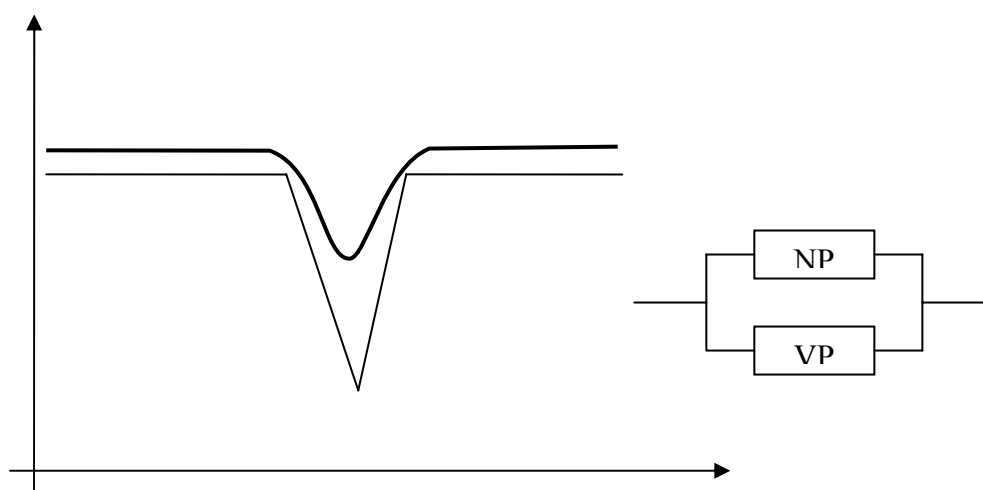
Ko smo praktično spoznali osnovne izvedbe filtrov, smo si ogledali še sestavljene oblike filtrov.

Ozkopasovni filter :



Slika 9 : Diagram delovanja ozkopasovnega filtra

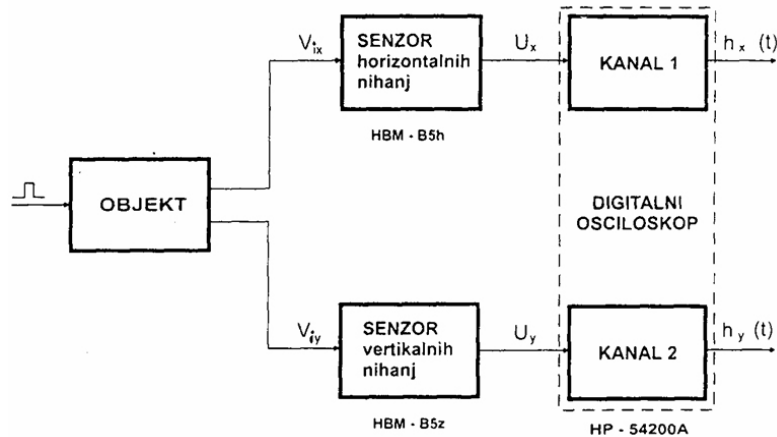
Filter z zavrnitvijo pasu :



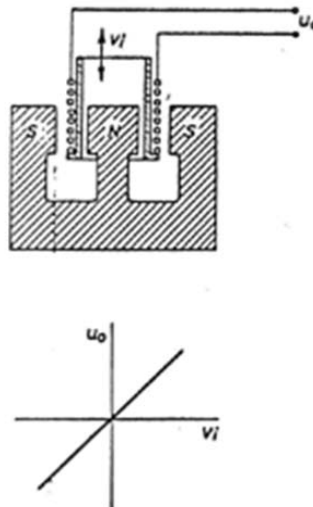
Slika 10 : Diagram delovanja filtra z zavrnitvijo pasu

4 MERJENJE HITROSTI NIHANJ

Pri tej vaji smo spoznali merilce hitrosti nihanj, s katerimi smo potem spremljali odziv različnih merilcev nihanj na različne vzbujevalne sunke s pomočjo osciloskopa. Naš objekt je bila miza, na kateri sta bila položena dva senzorja za merjenje pomikov, in sicer eden za merjenje v vertikalni in drugi za merjenje v horizontalni smeri. Shema za prikaz postopka merjenja hitrosti nihanj je prikazana na sliki :



Slika 11 : Blokovna shema sistema za merjenje hitrosti nihanj



Slika 12 : Hitrostno induktivni senzor

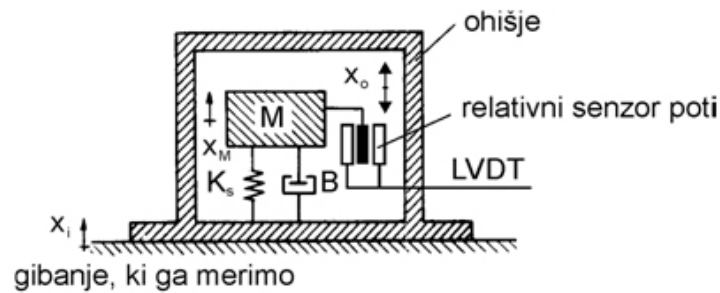
Povezava med pomikom, hitrostjo in pospeškom je prikazana z enačbama

$$v(t) = \frac{dx(t)}{dt} \quad \text{in} \quad a(t) = \frac{dv(t)}{dt}.$$

Poskusili smo tudi ujeti resonančno frekvenco tako, da smo senzor prijeli v roke in nihali z različnimi frekvencami čim bolj enakomerno ter spremljali odziv na osciloskopu. Čeprav nam tako seveda ni uspelo točno ujeti resonančno frekvenco senzorja, smo se resonanci kar dobro približali.

Takšni senzorji se običajno uporabljajo za merjenje potresnih sunkov, le da so tam mase mnogo večje in inštrumenti mnogo bolj natančni.

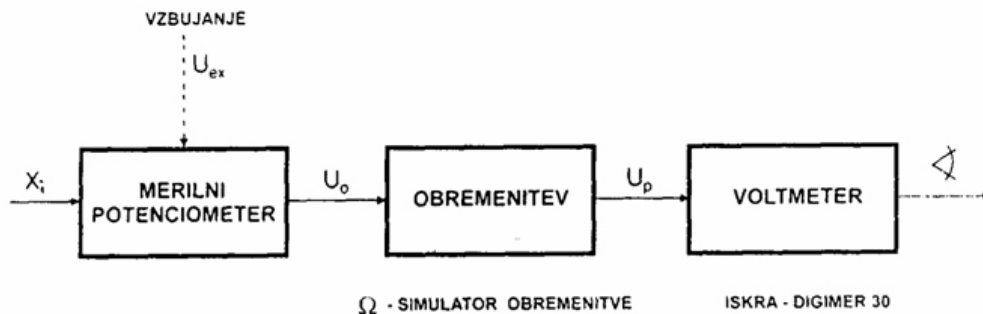
Sestava senzorja za merjenje pomikov prikazuje naslednja slika :



Slika 13 : Sestava senzorja za merjenje pomikov

5 OBREMENILNI EFEKT

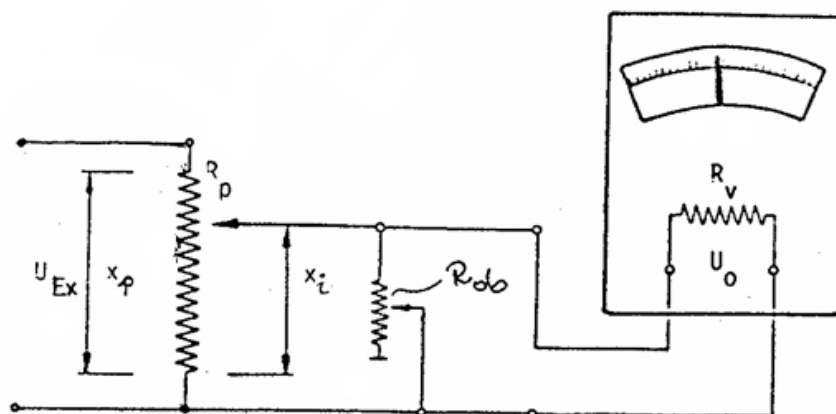
Pri tej vaji smo se seznanili z obremenilnim učinkom naprav. Prikaz merilne verige nam z blokovnimi shemami prikazuje spodnja slika :



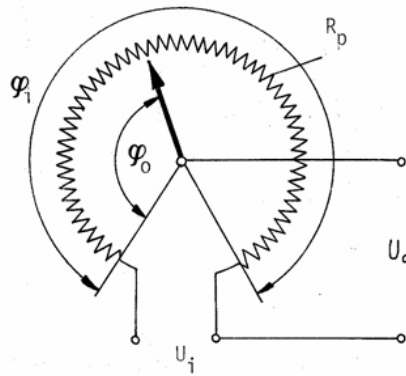
Slika 14 : Blokovna shema sistema za demonstracijo obremenilnega efekta

Potenciometri se lahko uporabljajo za merjenje poti oz. dolžine pri translacijskih gibanjih ali pa za merjenje kotov pri rotacijskih gibanjih. Na izolacijsko telo je navita upornostna žica, filter iz ogljika ali prevodne umetne mase dolžine oz. kota z neko upornostjo R_p . Izhodna napetost U_o je proporcionalna dolžini poti oz. kota. Napajalna napetost U_i je lahko istosmerna ali izmenična, njena velikost pa je odvisna od izvedbe potenciometra.

Shematsko zgradbo našega merilnega sistema prikazujeta spodnji sliki :

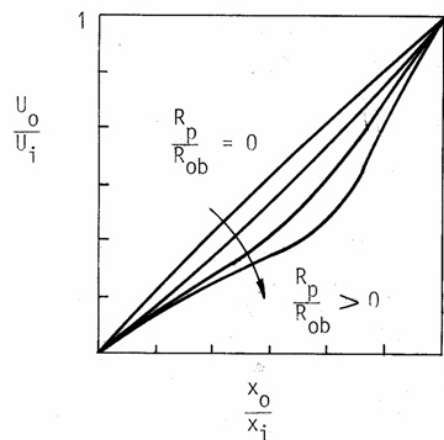


Slika 15 : Semioperacijska shema sistema za demonstracijo obremenilnega efekta



Slika 16 : Shematski prikaz potenciometra

Funkcijski prikaz nam kot karakteristiko obremenilnega efekta v enotskem kvadratu prikazuje naslednja slika :



Slika 17 : Obremenilni efekt v enotskem kvadratu

5.1 Izračuni

Zanima nas napaka, ki se pojavi pri različnih primerih.

Za izračun vseh napak upoštevamo : $\frac{x_i}{x_p} = 0,5$

1. primer:

$$R_{ob} = 10^3 \cdot R_p \Rightarrow \frac{R_p}{R_{ob}} = 10^{-3}$$

$$e = \frac{x_i}{x_p} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{R_p}{R_{ob}} \cdot \left(1 - \frac{x_i}{x_p} \right) \cdot \frac{x_i}{x_p}} \right) = 0,0001$$

2. primer:

$$R_{ob} = 10^2 \cdot R_p \Rightarrow \frac{R_p}{R_{ob}} = 10^{-2}$$

$$e = \frac{x_i}{x_p} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{R_p}{R_{ob}} \cdot \left(1 - \frac{x_i}{x_p} \right) \cdot \frac{x_i}{x_p}} \right) = 0,001$$

3. primer:

$$R_{ob} = 10 \cdot R_p \Rightarrow \frac{R_p}{R_{ob}} = 10^{-1}$$

$$e = \frac{x_i}{x_p} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{R_p}{R_{ob}} \cdot \left(1 - \frac{x_i}{x_p} \right) \cdot \frac{x_i}{x_p}} \right) = 0,01$$

4. primer:

$$R_{ob} = 1 \cdot R_p \Rightarrow \frac{R_p}{R_{ob}} = 1$$

$$e = \frac{x_i}{x_p} \cdot \left(1 - \frac{1}{1 + \frac{R_p}{R_{ob}} \cdot \left(1 - \frac{x_i}{x_p} \right) \cdot \frac{x_i}{x_p}} \right) = 0,1$$

5.2 Meritev

Kako lahko napako zmanjšamo, smo pokazali tudi praktično in sicer za različne »skale« :

1:2 – napaka je cca 21%

$U_0 = 4,01 \text{ V}$... izmerjena napetost brez bremena

$U_p = 3,18 \text{ V}$... izmerjena napetost, ko priključimo breme

1:20 – napaka je cca 5%

$U_0 = 0,405 \text{ V}$... izmerjena napetost brez bremena

$U_p = 0,386 \text{ V}$... izmerjena napetost, ko priključimo breme

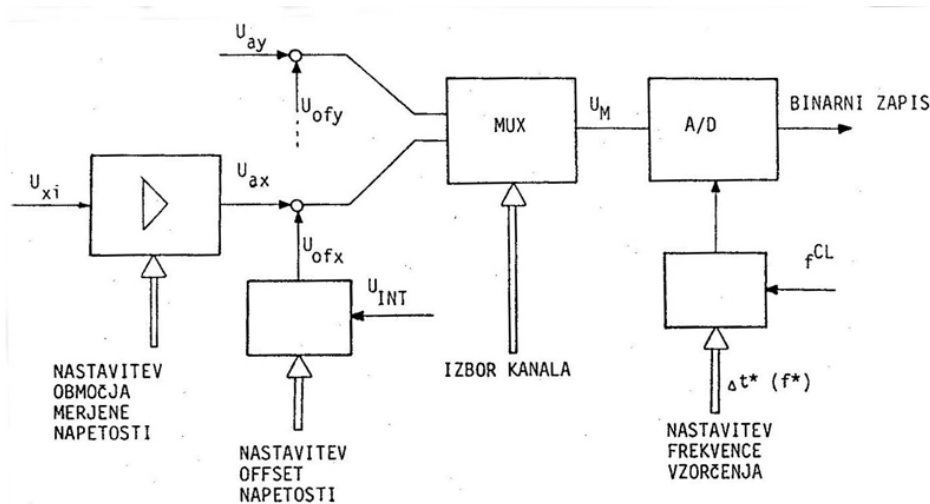
1:200 – napaka je cca 3%

$U_0 = 0,040 \text{ V}$... izmerjena napetost brez bremena

$U_p = 0,039 \text{ V}$... izmerjena napetost, ko priključimo breme

6 OSNOVE DIGITALIZACIJE IN DIGITALNI OSCILOSKOP

Pri tej vaji smo podrobneje spoznali digitalni osciloskop, njegovo delovanje ter upravljanje z njim. Slika prikazuje blokovno shemo vhodne stopnje digitalnega osciloskopa :



Slika 18 : Blokovna shema vhodne stopnje digitalnega osciloskopa

Osciloskop je grafično prikazan na naslednji sliki :



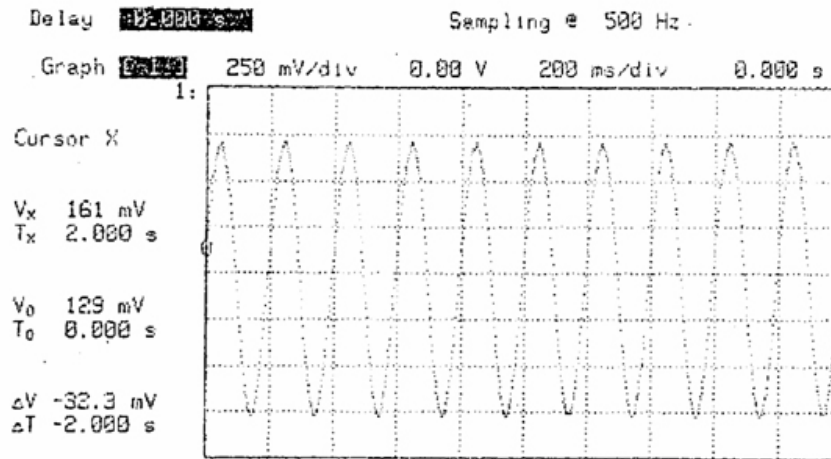
digitalni osciloskop HP 54 2000 A

Slika 19 : Osciloskop

6.1 Rešitve nalog

Naloga 1:

Frekvenca f^* in frekvenca vhodnega signala f_1 sta usklajeni. Iz diagrama zaslona osciloskopa določi frekvenco vhodnega signala in amplitudo.



Slika 20 : Naloga 1

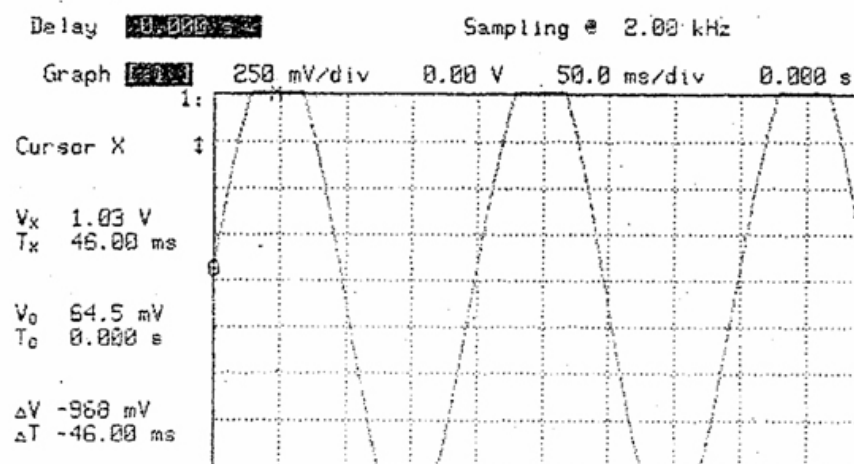
Odgovori:

Frekvenca vhodnega signala je 5Hz .

Amplituda je 740mV .

Naloga 2:

Amplituda vhodnega signala je prevelika. Kaj je potrebno spremeniti? Določi frekvenco vhodnega signala f_1 . Kaj je potrebno uskladiti, da zadostimo osnovnim kriterijem pri digitalizaciji?



Slika 21 : Naloga 2

Odgovori:

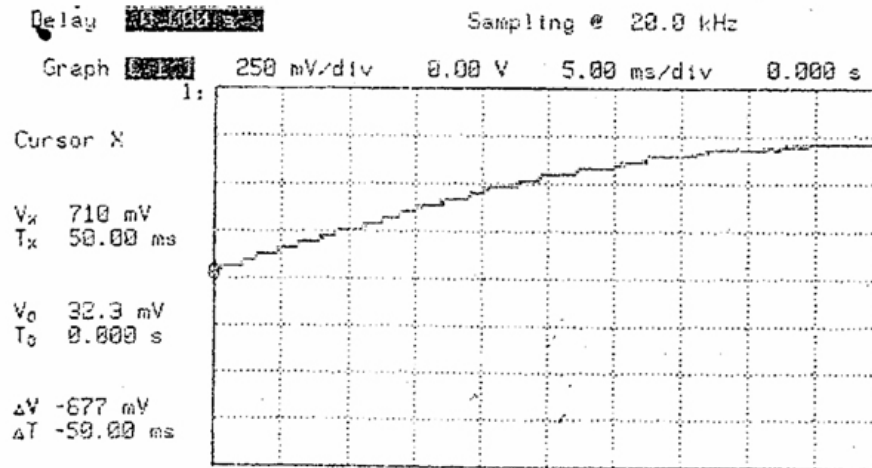
Prikaz amplitude ni ustrezen, zato povečamo vidno območje osciloskopa (y skalo spremenimo na cca 500mV).

Frekvenca vhodnega signala $f_1 = 5\text{Hz}$.

Za statično vrednotenje analognih signalov jih je najprej potrebno digitalizirati s pomočjo analognih pretvornikov (ocenimo najdaljšo periodo zapisa signala, ocenimo najkrajšo periodo signala, potrebno je paziti na dopustno napako pri digitalizaciji).

Naloga 3:

Dolžina vzorca ni usklajena s frekvenco vhodnega signala f_i . Kaj moramo storiti ?



Slika 22 : Naloga 3

Odgovor:
Povečati moramo območje napetosti (»zoom out«).

7 ZAKLJUČEK

Pri tej vaji smo spoznali veliko novih merilnih elementov in načine delovanja le teh. Prav tako smo za različne merilne sisteme spoznali njihov velikostni in pa tudi cenovni razred. Določali smo tudi karakteristiko vzbujenega sistema z dušilko in vzmetjo, katerih delovanje nam je poznano že iz predmeta Dinamika. Seveda je veliko bolj zanimivo, ter tudi razumljivo preučevati nek sistem, ki ga lahko vidimo in občutimo v praksi, napram nekemu teoretičnemu sistemu na tabli.

Pomembno je osnove merilnih sistemov in elementov dobro osvojiti, saj se bomo le tako pri naslednjih vajah uspešno rokovali z napravami, kot so osciloskop, razni merilni elementi, ojačevalci in podobno. Ne smemo pa pozabiti, da imajo vsi omenjeni sistemi tudi neko merilno napako, zaradi katere eksperimentalno dobljene vrednosti niso popolnoma natančne.

8 LITERATURA

Pri sestavljanju poročila sem uporabil naslednjo literaturo :

1. Predloge za izdelavo poročila
2. Teoretične osnove

9 PRILOGE

9.1 Diagram odmika pri eksperimentalnem merjenju lastne frekvence sistema