

OPRUGE KAO POGONSKI ELEMENTI

LABORATORIJSKA VEŽBA

PROVERA DINAMIKE KRETANJA REALIZOVANOG UVRTNOM ZAVOJNOM OPRUGOM KAO POGONSKIM ELEMENTOM



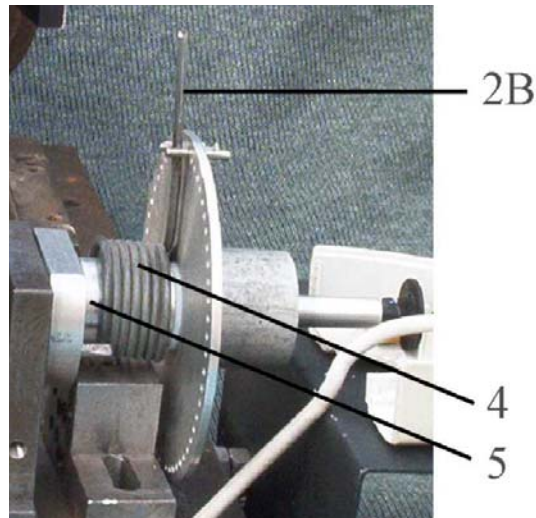
Cilj laboratorijske vežbe

Cilj laboratorijske vežbe je upoznavanje s:

- jednim primerom primene uvrtnje zavojne opruge kao pogonskog elementa i
- uređajima i metodama za merenje veoma brzih pomeranja mehaničkih elemenata kao i eksperimentalna provera postupka dimenzionisanja uvrtnje zavojne opruge kao pogonskog elementa, izloženog u navedenoj literaturi [1].

Uvodne napomene

Na sl.1. prikazan je disk mase $m = 50.1 \text{ g}$ koji treba zarotirati za $\varphi_k = 29^\circ$ u vremenskom intervalu $t_k = 9.5 \text{ ms}$ uvrtnom zavojnom oprugom (4) kao pogonskim elementom. Moment inercije obrtnog diska sa osu koja se poklapa sa osom opruge iznosi $J = 9118 \text{ gmm}^2$. Pomeranje treba realizovati oprugom sa radijalnim kracima (dužine $l_1 = 2\text{mm}$ i $l_2 = 23\text{mm}$), navučenom na trn prečnika $d_t = 19.5 \text{ mm}$ (5). Sa aspekta ponovljivosti karakteristike opruge najpovoljnije je odabrati uklještenje kao vrstu veze krakova opruge sa nepokretnim osloncem i pokretnim elementom (diskom).



sl.1. Obrtni disk sa uvrtnom zavojnom oprugom kao pogonskim elementom

Postupkom za dimenzionisanje uvrtnje zavojne opruge kao pogonskog elementa (model šupljeg cilindra izloženog uvijanju) [1], dobijena je kao rešenje, za $E = 206000 \text{ N/mm}^2$ i $\rho = 8.16 \cdot 10^{-6} \text{ kg/mm}^3$, opruga dimenzija:

- prečnik žice $d = 2 \text{ mm}$,
- srednji prečnik opruge $D_m = 22 \text{ mm}$,
- broj zavojaka opruge $n = 8$,
- početni otklon opruge $\varphi_p = 29.77^\circ$ i
- sopstvena kružna frekvencija opruge $\omega = 162.62 \text{ s}^{-1}$.

Modelom prostorno zakrivljenog štapa [1] bi se za oprugu istih dimenzija i iste parametre kretanja i opterećenja dobile nešto drugačije vrednosti:

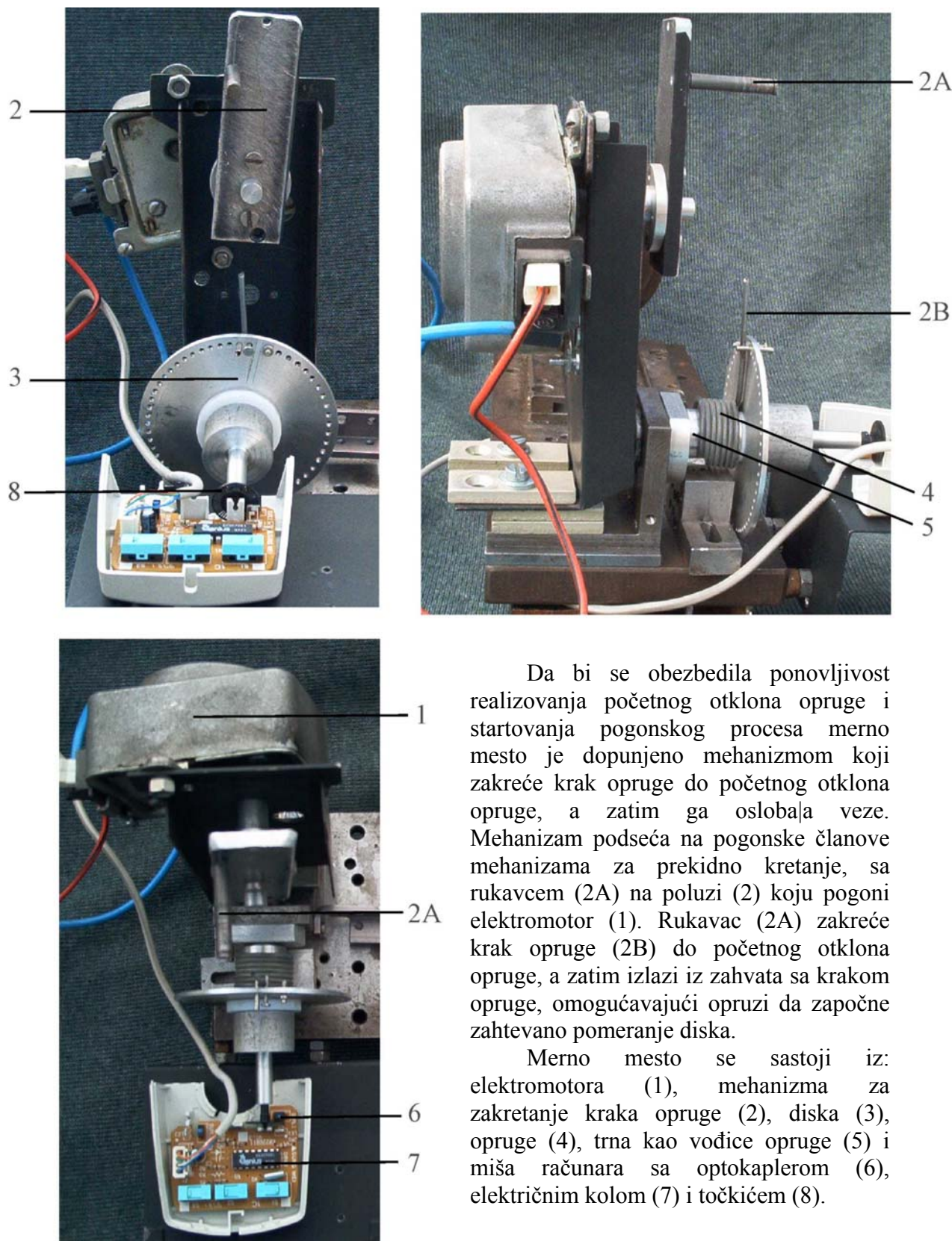
- početni otklon opruge $\varphi_p = 29.12^\circ$ i
- sopstvena kružna frekvencija opruge $\omega = 164.91 \text{ s}^{-1}$.

Eksperimentalna provera

Zadatak

Izmeriti vremenski interval u kome opruga prethodno navedenih dimenzija vraća pokretni disk u početni položaj.

Konfiguracija mernog mesta i postupak merenja



Da bi se obezbedila ponovljivost realizovanja početnog otklona opruge i startovanja pogonskog procesa merno mesto je dopunjeno mehanizmom koji zakreće krak opruge do početnog otklona opruge, a zatim ga oslobađa veze. Mehanizam podseća na pogonske članove mehanizama za prekidno kretanje, sa rukavcem (2A) na poluzi (2) koju pogoni elektromotor (1). Rukavac (2A) zakreće krak opruge (2B) do početnog otklona opruge, a zatim izlazi iz zahvata sa krakom opruge, omogućavajući opruzi da započne zahtevano pomeranje diska.

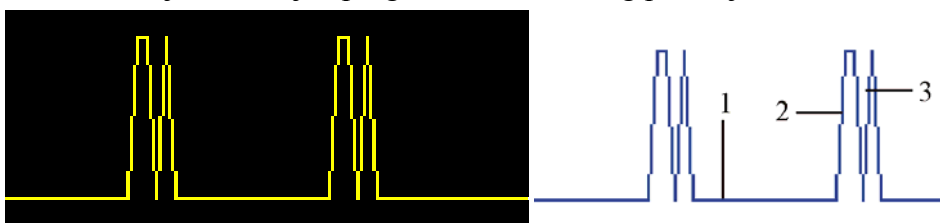
Merno mesto se sastoji iz: elektromotora (1), mehanizma za zakretanje kraka opruge (2), diska (3), opruge (4), trna kao vodice opruge (5) i miša računara sa optokaplerom (6), električnim kolom (7) i točkićem (8).

sl.2. Konfiguracija mernog mesta

Odredjivanje vremenskog intervala zasniva se na registrovanju trenutka kada uvrtna zavojna opruga započinje pomeranje diska, i trenutka kada obrtni disk dospe u završni položaj. Ovi trenuci bi mogli da se registruju uz pomoć optičkih davača (optokaplera), davača Hol(Hall)-generatora ili davača koji rade na principu uspostavljanja električnog kontakta u početnom i završnom položaju diska. Zbog pouzdanosti rada i suviše kratkog vremenskog intervala koji treba izmeriti, izabrano je rešenje sa registrovanjem krajnjih položaja obrtnog diska uz pomoć optokaplera.

Disk (3) je kruto vezan sa točkićem miša računara (8). Miš sadrži optokapler (6) koji zajedno sa električnim kolom (7) ima zadatak da generiše električni impuls. Generisani električni impulsi se vode u PC računar preko kabla miša. Razvijen je originalni program koji omogućava registrovanje pomeranja točkića miša, a time i pokretnog diska, na monitoru računara. Pri promeni smera obrtanja točkića miša, a time i diska, dolazi do promene amplitude generisanog napona, tako da se na monitoru mogu jasno razgraničiti (sl.3):

- 1) period zakretanja kraka opruge do početnog otklona opruge,
- 2) period u kome opruga realizuje zahtevano pomeranje diska, kao i
- 3) period smirivanja oscilacija opruge oko ravnotežnog položaja.



sl.3. Registrovanje pomeranja točkića miša na monitoru računara

Merenjem je ustanovljeno da uvrtna zavojna opruga prethodno navedenih dimenzija realizuje zahtevano ugaono pomeranje diska za $t_k = 12.5$ ms.

Analiza rezultata merenja

Izmerena vrednost vremenskog intervala u kome opruga realizuje zahtevano ugaono pomeranje obrtnog diska odstupa od teorijski dobijene vrednosti. Do ove "greške" vremenskog intervala dolazi pre svega zbog zanemarivanja sile trenja u ležištu pokretnog diska u diferencijalnoj jednačini kretanja koja predstavlja polaznu osnovu za dimenzionisanje opruge, ali i zbog odstupanja dimenzija realne opruge (u granicama tolerancije mera) kao i odstupanja karakteristika materijala opruge u odnosu na usvojene vrednosti. Do odstupanja dolazi i zbog zanemarivanja pojave trenja između opruge i trna, trenja koje se javlja između zavojaka opruge i histerezisnog trenja u samoj opruzi.

Sa porastom odnosa realizovanog ugaonog pomeranja i početnog otklona opruge φ_k / φ_p povećava se i odstupanje između teorijskih i eksperimentalnim putem dobijenih vrednosti vremenskog intervala potrebnog da se realizuje zahtevano pomeranje. Sa smanjenjem mase opruge (prečnika žice, srednjeg prečnika opruge, broja zavojaka) smanjuje se i trenje, pa su manja i odstupanja između teorijskih i eksperimentalno dobijenih rezultata.

Pitanja za odbranu laboratorijske vežbe

1. Dimenzionisanje uvrtno zavojne opruge; model prostorno zakrivljenog štapa izloženog savijanju
2. Dimenzionisanje uvrtno zavojne opruge; model elastičnog šupljeg cilindra izloženog uvijanju

Literatura

1. Pavlović, N., Opruge kao pogonski elementi (monografija), Mašinski fakultet Niš, 1996.