

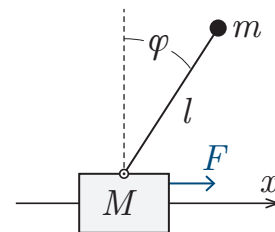
Projekat iz predmeta 13E052MEH Mehanika

Elektrotehnički fakultet u Beogradu
školska 2020/21 godina

Robot koji balansira štap (*Cart-Pole System*) predstavlja često korišćeni mehanički sistem, koji uz projektovanu kontrolu ima za zadatak da balansira štap u uspravnom položaju. Sistem se sastoji od bloka mase M (dimenzije bloka su zanemarljive) koji se nalazi na šini po kojoj može slobodno da se kreće u horizontalnom pravcu i lakog, krutog štapa dužine l na čijem vrhu se nalazi mala kuglica mase m . Štap je zglobovno povezan za blok tako da može slobodno da osciluje u vertikalnoj ravni. Pretpostaviti da kuglica može da padne ispod bloka bez sudara sa blokom, te da slobodno osciluje u vertikalnoj ravni ispod bloka. Sistem se nalazi u gravitacionom polju Zemlje. Opisani sistem prikazan je na slici.

Na blok mase M deluje spoljni aktuator silom F koja deluje u horizontalnom pravcu. Ovom silom se vrši kontrola, odnosno upravljanje sistemom pomoću ove sile može da obezbedi ravnotežu štapa u uspravnom položaju. Zbog jednostavnosti, u ovom projektnom zadatku biće razmotrene prostoperiodične forme sile F , za koje je teško uspostaviti ravnotežu klatna u uspravnom položaju.

Za potrebe simulacije u okviru ovog projekta, pretpostaviti da na kuglicu deluje viskozna sila trenja amortizera u zglobovima, koja ima formu $F_{\text{otp},m} = -c\dot{\varphi}$, gde je $\dot{\varphi}$ ugaona brzina kuglice u odnosu na zglobov, a c koeficijent viskoznog trenja. Takođe, pretpostaviti da na blok deluje otporna sila vazduha u formi $F_{\text{otp},M} = -bv_M$, gde je v_M linijska brzina bloka, a b koeficijent otpora sredine (vazduha) za blok. Konačno, pretpostaviti da sila ima prostoperiodičnu formu $F = F_0 \cos(2\pi f_{\text{ext}}t)$, gde F_0 predstavlja amplitudu sile, a f_{ext} frekvenciju koju uspostavlja aktuator.



slika uz zadatak

- Izvesti Lagranžijan \mathcal{L} opisanog sistema;
- Uzimajući u obzir ograničenje da kuglica rotira na rastojanju l od zglobova, izvesti jednačine kretanja sistema;
- Za slučaj $c = b = 0$ (oscilacije bez otporne sile), primenom *constraint stabilization* metode, rešiti jednačine kretanja i priložiti i diskutovati grafike:
 - Trajektorije kuglice i bloka;
 - Zavisnosti ugla odklona φ od vremena;
 - Zavisnosti ugaone brzine kuglice i ubrzanja bloka od vremena;
 - Zavisnosti sile ograničenja od vremena;
 - Zavisnosti jednačine ograničenja od vremena;

Uzeti: $m = 0.1$ kg, $M = 1$ kg, $l = 1$ m, $g = 9.81$ N/kg. Pretpostaviti proizvoljnu malu amplitudu sile F_0 (red veličine jedne desetine N) i malu frekvenciju f_{ext} .

- Za $c = 0.005$ Ns i $b = 0.001$ Ns/m, za izabranu malu amplitudu sile (red veličine jedne desetine N) varirati frekvenciju f_{ext} u opsegu od reda veličine μHz do reda veličine Hz. Ispitati kretanje kuglice u odnosu na blok, kao i kretanje bloka za različite frekvencije prinudne sile. U početnom trenutku kuglica se nalazila u stanju mirovanja u vertikalnom položaju. Diskutovati dobijene rezultate.

Izveštaj sa urađenim projektom treba da na naslovnoj strani sadrži naslov “PROJEKTNII ZADATAK IZ MEHANIKE, Elektrotehnički fakultet u Beogradu, školska 2020/21 godina”, kao i ime, prezime i broj indeksa studenta.

Projekat poslati na marko.krstic@etf.bg.ac.rs u formi .pdf fajla sa odgovarajućim izvođenjem jednačina kretanja, nacrtanim graficima i komentarima. Uz .pdf fajl poslati i odgovarajuće kodove odnosno fajl sa simulacijom.