

Projektni zadatak br. 1

Predmet: Digitalni upravljački algoritmi u biomedicini

Tema: Regulacija otkucaja srca uz pomoć pejsmejкера

Pejsmejker (slika 1) je medicinski uređaj koji se koristi za stimulaciju rada srčanog mišića u slučaju kada srce ne može samostalno da pravilno reguliše srčani ritam. U opštem slučaju, pejsmejker se sastoji iz dve funkcionalne jedinice:

1. **senzorskog kola** koje ima ulogu da meri otkucaje srca pacijenta i
2. **izlaznog kola** koje šalje električni signal ka srcu. Ovaj električni signal se koristi za regulaciju otkucaja srca pacijenta.



Slika 1: Izgled pejsmejкера.

Zahvaljujući senzorskom kolu, pejsmejker može da oseti ukoliko otkucaji srca pacijenta postanu previše spori (u medicini, takav poremećaj se naziva bradikardijom). Nakon što pejsmejker detektuje smanjen broj otkucaja srca, šalje električne signale srčanom mišiću koji primoravaju srce da kontrahuje brzinom koja je adekvatna da održi srčani ritam pacijenta normalnim. Srčani ritam se smatra normalnim ukoliko on iznosi 70 otkucaja u minuti.

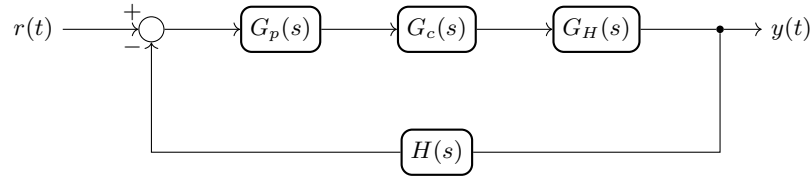
Kardiovaskularni sistem se može predstaviti zatvorenim negativnim povratnom spregom u kome se nalaze filter i regulator. Pojednostavljen model regulacije otkucaja srca prikazan je na slici 2, gde je $G_p(s)$ - funkcija prenosa pejsmejкера, $G_c(s)$ - funkcija prenosa regulatora, $G_H(s)$ - funkcija prenosa srca, $r(t)$ - željena vrednost otkucaja srca, $y(t)$ - ostvarena vrednost otkucaja srca i $H(s)$ - funkcija prenosa senzora.

Funkciju prenosa pejsmejкера ćemo definisati

$$G_p = \frac{8}{s + 8},$$

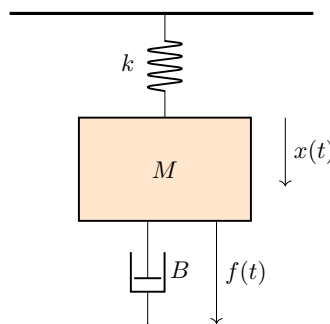
a funkciju prenosa senzora

$$H(s) = 1.$$



Slika 2: Uopšteni strukturni blok dijagram sistema automatskog upravljanja

Srčani mišić se može modelovati kao mehanički sistem prikazan na slici 3.



Slika 3: Mehanički prikaz srčanog mišića.

M predstavlja masu srčanog mišića, B je koeficijent viskoznog trenja ćelija miokarda. Miokard je naziv za mišićno tkivo srca i usko je povezan sa endokardom (unutrašnjim slojem srca) i epikardom (vanjskim slojem srca). $x(t)$ predstavlja pomeranje srčanog zida koje nastaje usled sile $f(t)$ koja nastaje zbog efekata električne i elektrohemijske aktivnosti na kardiovaskularni sistem, a k je konstanta proporcionalnosti.

Zadaci 1

1. Izvesti diferencijalnu jednačinu za mehanički model srčanog mišića.
2. Pronaći funkciju prenosa srčanog mišića ukoliko su vrednosti konstanti sledeće: $M = 264g$, $B = 5280$ i $k = 2640$.
3. Predložiti strukturu regulatora (P, PI, PD, PID) tako da sistem u zatvorenoj povratnoj sprezi bude stabilan i da greška u ustaljenom stanju bude nula. Za koje vrednosti parametara regulatora će sistem biti stabilan? Proveriti dobijene rezultate u simulaciji.
4. Podesiti parametre regulatora koristeći eksperiment u zatvorenoj povratnoj sprezi (Zigler-Nicholsov metod). Implementaciju sa predloženim parametrima uraditi u Simulink-u.
5. Podesiti parametre regulatora koristeći relejni metod. Implementaciju sa predloženim parametrima uraditi u Simulink-u.

6. Predloženi regulator diskretizovati korišćenjem Ojlerovog diferenciranja unapred i unazad. Uporediti dobijene rezultate. Implementaciju uraditi u Simulink-u koristeći MATLAB (Embedded) Function. Za koje vrednosti parametara regulatora će sistem biti stabilan?

Zadaci 2

1. Dat je složenoperiodični signal $y(t) = \cos(\omega_1 t) + \sin(\omega_2 t) = \cos(30t) + \sin(1500t)$. Nacrtati spektar originalnog signala u Matlab-u. Smatrati da komponenta signala $y(t)$ na učestanosti ω_1 predstavlja korisni deo signala, dok komponenta na učestanosti ω_2 predstavlja šum.
2. Projektovati filter koji u potpunosti propušta korisnu komponentnu signala, dok komponentu šuma potiskuje. Nacrtati Bodeov dijagram projektovanog filtra. Simulirati odziv projektovanog sistema na signal $y(t)$.
3. Pokazati kako izbor periode odabiranja utiče na spektar odbirkovanog filtriranog signala (nacrtati spektar signala $|Y_f^*(j\omega)|$ u Matlab-u slučaju kada je zadovoljena Nikvistova teorema odabiranja i u slučaju kada nije; samostalno izabrati periode odabiranja u oba slučaja).
4. Diskretizovati projektovani filter primenom Ojlerovog diferenciranja unazad i step-invarijantne transformacije. Dobijene diskretne funkcije prenosa implementirati u Matlab Function bloku. Porediti odziv diskretnih sistema sa odzivom kontinualnog sistema (filtra) na ulazni step signal.
5. Dat je sistem opisan funkcijom prenosa

$$G(s) = \frac{1}{s + 10}.$$

Datim sistemom se upravlja pomoću P i PI regulatorom. Ispitati uticaj parametara regulatora na karakteristike sistema u zatvorenoj sprezi (stabilnost, karakter odziva, dominantnu vremensku konstantu). Zaključke potvrditi simulacijama.

6. Dat je sistem opisan funkcijom prenosa $G_1(s) = G(s)e^{-4s}$ pri čemu je $G(s)$ funkcija prenosa sistema iz zadatka 5. Za dati sistem $G_1(s)$ projektovati dead-beat i Dahlinov regulator. Analizirati performanse sistema u zavisnosti od parametara regulatora. Zaključke potvrditi simulacijama.

Napomena: Zadatke rešavati uz oslonac na programski paket **MATLAB**. Rešenja predmetnog projekta se predaju u vidu dokumentacije koja treba da sadrži izveden račun, kao i MATLAB kod.