

Zadatak 3

Nakon dobijenog *linearizovanog modela* insulinske pumpe, u prethodnom delu projekta, potrebno je da definišemo upravljanje pumpe, tj. treba da odredimo **tip regulatora** pri upravljanju.

Linearizovan model:

$$\begin{aligned} dx_1/dt &= -(0.014 + x(20)) \cdot x_1 - x(10)x_2 \\ dx_2/dt &= 6 \cdot 10^{-6} \cdot u - 0.01 \cdot x_2 \\ y(t) &= x_1, \end{aligned}$$

Kada vrednosti $(x(10), x(20), u_0)$ zamenimo vrednostima mirne radne tačke sistema $(7.5, 0.009, 15)$, dobijamo model:

$$\begin{aligned} dx_1/dt &= -0.023 \cdot x_1 - 7.5 \cdot x_2 \\ dx_2/dt &= 6 \cdot 10^{-6} \cdot u - 0.01 \cdot x_2 \\ y(t) &= x_1 \end{aligned}$$

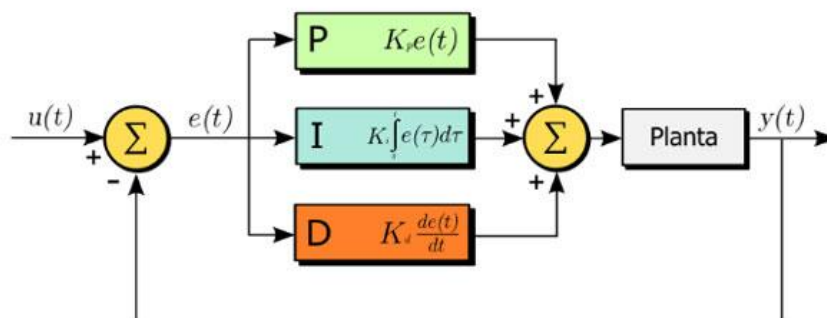
Da bismo izračunali funkciju prenosa ovog sistema, iskoristićemo formulu

$$G(s) = C(s) \cdot (SI - A)^{-1} \cdot B + D = \frac{-4.5 \cdot 10^{-5}}{(s + 0.023) \cdot (s + 0.01)}$$

Možemo primetiti da naš sistem *nema astatizma*, *oba pola su negativna*, pa je sistem stabilan i imamo *negativno pojačanje*.

Za ovaj sistem ćemo izabrati **PID regulator**, koji ima tri podesiva parametara, jer nam se u regulatoru mora naći jedan astatizam, koji će povećati red sistema na 3.

Funkcija prenosa PID regulatora je: $Gr(s) = \frac{kd \cdot s^2 + kp \cdot s + ki}{s}$



Kada zatvorimo petlju upravljanja, dobićemo karakteristični polinom upravljanja :

$$f(s) = s^3 + s^2(0.033 - 4.5 \cdot 10^{-5} \cdot kd) + s(0.00023 - 4.5 \cdot 10^{-5} \cdot kp) - 4.5 \cdot 10^{-5}$$

Pošto je pojačanje u funkciji sistema negativno, posmatramo Kp, Ki i Kd koji su negativni.

Kakve polove sistema želimo?

Posmatramo brzinu odziva, tj. koliko brzo koncentracija glukoze ide ka referenci, svi polovi moraju biti u levoj poluravni. Polovi u otvorenoj petlji -0.023 i -0.01. Dominantan pol je -0.01, pa je dominantna vremenska konstanta 100 sekundi, što nije tako brz sistem. Ako u zatvorenoj sprezi stavimo polove da budu dalje od imaginarne ose, takav sistem će biti brz, ali pumpa fizički ne može da ubrizga tako brzo, takodje organizam ne može odmah da reaguje i dobićemo jako velike Kp i Kd, što dovodi do slanja velikog broja insulina. Pa ćemo mi birati polove koji su bliski polovima u otvorenoj petlji. Ovakav sistem ne može da reaguje brzo u situacijama koje su hitne, pa se obično tada ručno vrši korekcija od strane osobe.

Biraćemo realne polove, bez imaginarnih delova koji dovode do oscilacija. Velike oscilacije nisu dobre u ovom sistemu, ali male koje ne dovode izlazak iz bezbedne zone nivoa glukoze su moguće. U tom slučaju možemo imati imaginarne delove polova, što dovodi do bržeg sistema.

Ako npr uzmemo za $p_1 = -0.03$, $p_2 = -0.02$ i $p_3 = -0.015 \Rightarrow K_d = -711$ $K_p = -24.9$ i $K_i = -0.2$

