3. seminarski zadatak

Dekompozicija procesa i modelsko prediktivno upravljanje

1. Zadatak

Na Slici 1 prikazan je sustav regulacije izlaznog protoka otopine i koncentracije soli u otopini. Potrebno je:

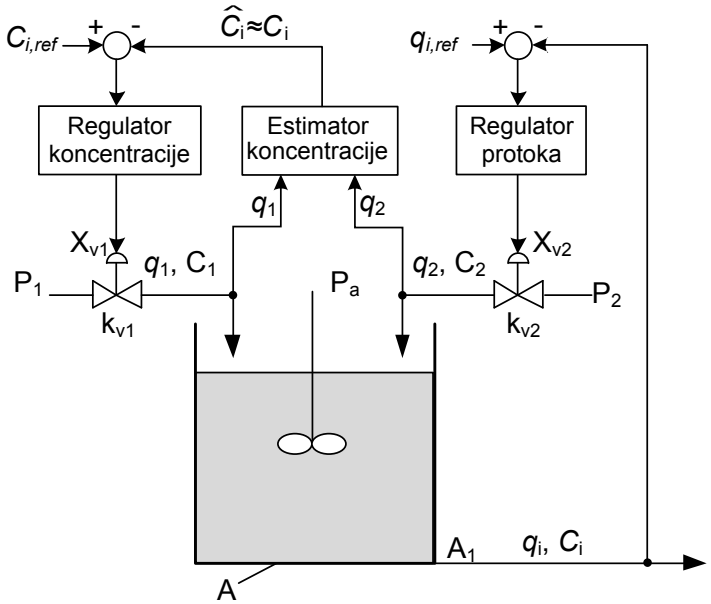
a) Postaviti nelinearni matematički model procesa (pretpostavite savršeno miješanje i $A_1 \ll A$).

b) Linearizirati matematički model pod a) u okolini radne točke q_{i0}, C_{i0}.

c) Projektirati glavne regulatore prema tehničkom optimumu.

d) Projekirati rasprežne regulatore P i V kanoničke strukture tako da se postigne vlastita autonomizacija. Nacrtajte blokovsku shemu sustava upravljanja s rasprežnim regulatorima P i V kanoničke strukture, uz nelinearni model procesa.

e) Simulacijski provjeriti ponašanje sustava upravljanja tako da se prvo skokovito promijeni referentni iznos izlaznog protoka za 3.3%, potom izlazne koncentracije za 2 kg/m^3 (prije svake promjene sustav mora biti u radnoj točki). Prikazati simulacijske odzive izlaznog protoka i izlazne koncentracije za slučajeve bez rasprezanja i s rasprezanjem.



Slika 1: Dekompozicija procesa

Zadano je:

$A = 13$ m^2 - površina spremnika,

$A_1 = 0.03$ m^2 - površina izlazne cijevi,

$C_1 = 5$ kg/m^3 - koncentracija soli u prvoj ulaznoj otopini,

$C_2 = 50$ kg/m^3 - koncentracija soli u drugoj ulaznoj otopini,

$C_{i0} = 25$ kg/m^3 - koncentracija soli u izlaznoj otopini,

$q_{i0} = 0.1611$ m^3/s - izlazni protok otopine,

$P_a = 1$ bar - atmosferski tlak,

$P_1 = 4$ bar - tlak u prvoj cijevi,

$P_2 = 9$ bar - tlak u drugoj cijevi,

$k_{v1} = 0.0034\ \frac{m^2}{s\sqrt{Pa}}$ - konstanta ventila,

$k_{v2} = 0.0044\ \frac{m^2}{s\sqrt{Pa}}$ - konstanta ventila,

$g = 9.81$ m/s^2 - ubrzanje sile teže.

Napomena: izraz za protok je $q_i = k_{vi} \cdot \sqrt{P_i - P_a}$.

2. Zadatak

Individualni zakret lopatica vjetroagregata koristi se za smanjenje utjecaja različitih brzina vjetra s obzirom na visinu vrha gornjeg položaja lopatice u odnosu na donji, što se odražava i na strukturna opterećenja cijelog vjetroagragata te mu smanjuje životni vijek uslijed zamora materijala. Zakret lopatica na primjeru vjetroagregata u ovom zadatku postiže se asinkronim motorom te se uz veliki moment inercije lopatice sustav zakreta može nadomjestiti prijenosnom funkcijom:

$$G_b(s) = \frac{\beta(s)}{U(s)} = \frac{6}{s(s+6)}, \tag{1}$$

pri čemu je β kut zakreta lopatice, a u upravljačka veličina koja odgovara referentnoj brzini vrtnje pogonskog asinkronog motora.

Svaka lopatica slijedi sinusnu referentnu veličinu kuta zakreta koja oscilira oko srednje, kolektivne vrijednosti $\beta_{0,ref}$. Referentne veličine kutova zakreta pojedinih lopatica proračunavaju se prema sljedećim zakonima:

$$\begin{aligned} \beta_{1,ref} &= \beta_{0,ref} + 1.5\sin(\omega t), \\ \beta_{2,ref} &= \beta_{0,ref} + 1.5\sin(\omega t + \frac{2\pi}{3}), \\ \beta_{3,ref} &= \beta_{0,ref} + 1.5\sin(\omega t + \frac{4\pi}{3}), \end{aligned} \tag{2}$$

gdje je ω mjerena brzina vrtnje rotora vjetroagregata.

Potrebno je primjeniti GPC algoritam prediktivnog upravljanja za slijeđenje referentne veličine kuta pojedinačnog zakreta lopatica. Algoritam je potrebno razviti na primjeru lopatice 1, odnosno pripadajuće referentne veličine $\beta_{1,ref}$ i kuta zakreta β_1. Uz vrijeme uzorkovanja $T = 0.2$ s, GPC algoritam upravljanja projektira se s predikcijskim horizontom $N = N_u = 10$ uz koeficijent $\lambda = 1$.

Kriterijska funkcija GPC-a je:

$$J = \sum_{j=N_1}^{N_2} \left[y\left(k+j|\,k\right) - w\left(k+j\right)\right]^2 + \lambda \sum_{j=1}^{N_u} \left[\Delta u\left(k+j-1|\,k\right)\right]^2,$$

pri čemu se uzima $w(k+j) = r(k+j) = \beta_{1,ref}(k+j)$.

Potrebno je:

a) Odrediti algoritam GPC-a izvedenog za diskretni oblik prijenosne funkcije procesa iz (1). Algoritam prikažite u obliku:

$$u\left(k\right) = f\left(w\left(k\right), w\left(k-1\right), ..., y\left(k\right), y\left(k-1\right), ..., u\left(k-1\right), u\left(k-2\right), ...\right).$$

b) Simulacijski provjeriti valjanost dobivenog algoritma upravljanja uz skokovitu promjenu s $\beta_{0,ref} = 5°$ i $\omega = 2.5$ rad/s na $\beta_{0,ref} = 10°$.

c) Prikazati odzive uz iste pobude kao pod b), uz sljedeće promjene parametara (ostali parametri ostaju nepromijenjeni):

   c1) za $N = 8$ i za $N = 12$,

   c2) za $\lambda = 0.5$ i za $\lambda = 2$.

d) Usporediti odzive dobivene s GPC-om s odzivima dobivenim uz upravljanje s PI regulatorom čiji su parametri određeni prema simetričnom optimumu.

e) Bez promjene u GPC algoritmu, simulirajte promjenu parametara u sustavu na način da je model umjesto prijenosnom funkcijom (1) sada opisan s:

$$G_b' = \frac{\beta(s)}{U(s)} = \frac{4.8}{s(s+4.8)}. \tag{3}$$

Za pobudu koristite iste uvjete kao i pod b), a odzive usporedite i sa slučajem PI regulatora.

`Napomena:` Uputno je sintezu algoritma upravljanja automatizirati pomoću funkcija u Matlabu.