

Szabályozótervezés

Szervo motor és inga szabályozása

Juhász Judit, Tök-Dietrich Norbert

I. A FELADAT BEMUTATÁSA

A feladat a függőleges tengely kiegyensúlyozása. A visszacsatolható változók a vízszintes és a függőleges tengelyek helyzete. (θ és α). Az állapotváltozók pedig: ($\theta, \alpha, \dot{\theta}, \dot{\alpha}$)



1. ábra. A szervo motor és a két tengely

II. LINEARIZÁCIÓ

A rendszernek két egyensúlyi pontja van, az egyik $\alpha=0$ -ban, amikor a függőleges rúd lefelé lóg, ez a pont stabil, a másik pedig $\alpha=\pi$ -ben, amikor a rúd felfelé áll. Ez az egyensúlyi pont instabil.

Ezért két lineáris rendszerünk lesz, az egyik 0 körül, a másik π körül fog működni. Azonban a lineáris rendszerek origója lesz az egyensúlyi pont, ezért amikor a felső egyensúlyi pontra linearizált rendszert használjuk a nemlineáris rendszerrel együtt, figyelni kell, hogy más koordináta-rendszerben vannak.

A linearizációhoz használt matlab script a "Linearization.m" fájl. Először kifejeztük a második deriváltakat,

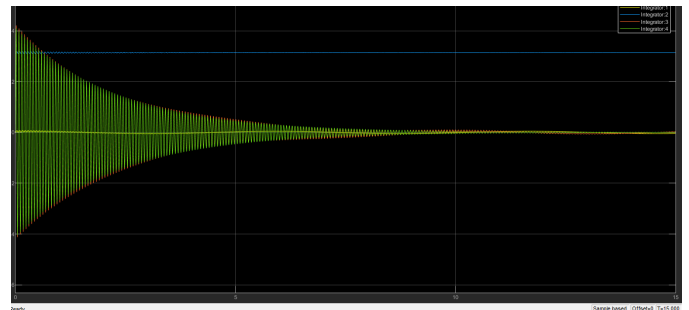
majd kiszámoltuk a Jacobi mátrixot, és végül behelyettesítettük az egyensúlyi pontokat.

III. A LINEÁRIS RENDSZEREK ANALÍZISE

Az alsó rendszer analízise a "StateSpaceAnalysis.m" fájlban található. A rendszer stabil, ez abból látszik, hogy sajátértékei negatívak. Valamint jointly observable & controllable, az observability és a controllability mátrix oszloprangja 4, megegyezik az A mátrix méretével. A fenti rendszer nem stabil, sajátértékei: [0 -20.8385 13.8450 -4.0042]

IV. POLE PLACEMENT

Az innentől elkövetkező bekezdések számításai a servoUpper.m fájlban találhatóak meg. A pole placement során először a -1 -2 -3 -4 pólusokat választottuk, de ehhez nagyon kicsi lett a gain, és a rendszer oszcillált. Végül a -11 -12 -13 -14 pólusokkal a rendszer egészen szépen, bár picit lassan konvergált.



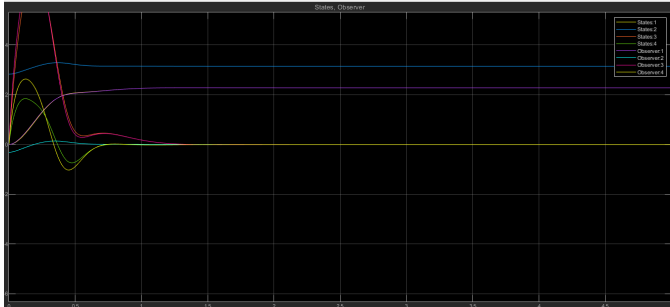
2. ábra. A rendszer amikor túl kicsi a gain (0,3 radiánnal kitérítve a felső egyensúlyi pontból)



3. ábra. A rendszer megfelelő gain-el (0,3 radiánnal kitérítve a felső egyensúlyi pontból)

V. STATE OBSERVER TERVEZÉSE

A state observert először a lineáris modellen próbáltuk ki, aztán a nemlineárisra is rátettük, egészen illeszkedő eredményeket kaptunk. A nem lineáris modellen a sima loop placement mellett a theta valamiért nem nullához konvergált, ez lehet hogy azért van, mert a separation principle nem teljesül.



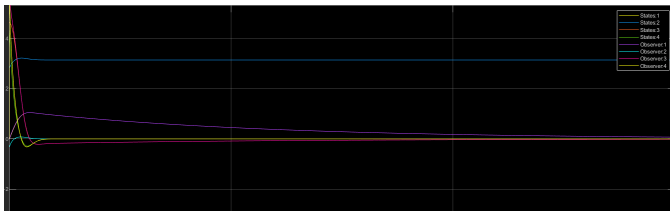
4. ábra. Pole placement és state observer által generált output kis kitérítés hatására

VI. LQR CONTROLL

Az alábbi mátrixokat használtuk:

$$Q = \begin{pmatrix} 0.75 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 20 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 22 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 15 \end{pmatrix}$$

$R=20$;



5. ábra. LQR controller és state observer által generált output $\pi/6$ radián kitérítés hatására

VII. SZIMULÁCIÓK

Több szimulációt is leadtunk, ezek simulabban készültek. A "servoLower.slx" Az alsó rendszer linearizációja visszacsatolás nélkül. A "servoUppleSim.slx" a felső rendszer linearizációja state obszerverrel, és LQR controllerrel. A "servoNonLinearSim.slx" és a "servoNonLinearSimObserved.slx" a nemlineáris rendszer szimulációi obszerverrel és anélkül.