## Szabályozástechnika a rendszerfelügyeletben. Szabályozási alapfogalmak: a visszacsatolt szabályozási kör részei, funkciók, blokkdiagram. SASO tulajdonságok definíciója, jelentésük.

Visszacsatolt rendszerek:



A rendszer kimenetét részben vagy egészben a bemenetre csatoljuk

A rendszer viselkedését befolyásoljuk

Adaptivitást várunk

Visszacsatolt szabályozás mint megközelítés



Visszacsatolt szabályozási kör:



Alapjel – Reference input

•Cél, elvárt kimenet

Hibajel – Control Error

•Az alapjelből ki kell vonni a (mért) kimenetet

Beavatkozó/rendelkező jel – Control/Action Input

•A rendszert befolyásoló paraméterek, pl. a szálak száma, CPU, memória param.

Zavarás – Disturbance Input

•A beavatkozó jelet befolyásolja – pl. érkezési ráta

Zaj – Noise input

•A szabályozott jellemzőt befolyásolja

Szabályozó - Controller

•Megváltoztatja a végrehajtó jelet, hogy elérje az alapjelet – a szabályozót a felügyelt rendszer modellje alapján kell tervezni

Felügyelt rendszer – Managed system

•Dinamikus rendszer, folyamat (process, plant) — gyakran differenciálegyenletek írják le

Szabályozott jellemző - Measured output

•A rendszer egy mérhető jellemzője —pl. válaszidő

Transzduktor – Transducer

•A szabályozott jellemzőt transzformálja, hogy összemérhető legyen az alapjellel

A szabályozás céljai – SASO tulajdonságok



Stabilitás Stability

Alapjelkövetés Accuracy – ess

Beállási idő Settling time – ks

Túllövés Overshoot - Mp



Az átviteli függvények értelme

Adott bemenetre prediktálható a kimenet

Kiszámítható, hogy stabilis-e a rendszer

o Nem stabil rendszerek nem kívánatosak

Az erősítés kiszámítható (steady state gain)

o Működési tartományok, állapotok elérhetőségét lehet kiszámítani

Egyszerűsíteni, alacsonyabb fokúvá lehet tenni a rendszert

o Alacsonyabb fokú rendszerekkel könnyebb dolgozni

Szimulálható a rendszer viselkedése

Az átviteli függvények komponálhatók

o Bonyolult rendszereket is vizsgálhatók

Egy rendszer gerjesztés-válasz (GV) stabilis, ha bármely korlátos {u(k)} bemenetre az {y(k)} kimenet korlátos. (Bounded Input – Bounded Output, BIBO stable)

Blokkdiagram alapok:

Sok komponensből álló rendszerek modellezése

Különbözik a flow chartoktól

o Flow charts: work flow -> rendszer (funkcionális) analízise

o Blokkdiagram: jelfolyamok -> szabályozás analízise

A SASO tulajdonságokat vizsgáljuk



Felügyeleti szabályozás



## Szabályozástechnika a rendszerfelügyeletben. Szabályozások tervezése: a munkafolyamat lépései, az egyes lépések jelentése, példák. P-I-D szabályozó tagjainak jelentése.

SISO: Single Input Single Output

MIMO: Multiple Input Multiple Output



Szabályozás tervezése



Példa: Apache session folyamok

Szabályozási cél: CPU és memória használat szabályozása



Két SISO szabályozó: C1 KA-t szabályozza, hogy elérje a CPU\*-t

C2 MC-t szabályozza, hogy elérje a MEM\*-t



Egy MIMO szabályozó: C szabályozza KA-t és MC-t, hogy elérje a CPU\*-t és a MEM\*-t



Átviteli függvények kapcsolata



SISO Rendszeridentifikáció

Empirikus modellalkotás

1. A hangoló paramétereket változtassuk és folyamatosan gyűjtsünk adatokat

2. Lineáris regresszióval (legkisebb négyzetes hiba) elsőrendű modellt kaphatunk

Bemenő jelek kiválasztása

A bemenő jeleknek megfelelő variabilitásúnak kell lennie, hogy a modell dinamikát azonosítani lehessen

A bemenő jeleknek sűrű és egyenletes fedést kell adnia a bemeneti térre A diszkretizált szinusz alacsony és magas frekvenciákat is lefed a bemeneti térben

A SISO modellek értékelése mérések alapján



Egyszerű szabályozók

Adott

•Folyamat t.f. G(z)

•Transzduktor t.f. H(z)

•Szabályozót.f. K(z)

(T.f. = transzfer/átviteli függvény)

Kiszámítandó

•Pólusok, erősítés

•Stabilitás, alapjelkövetés, beállási idő



PID szabályozó

a hibajellel (P: proportional),

a hibajel integráljával (I: integral), valamint

a hibajel változási sebességével, deriváltjával (D: derivative)

arányos tagokból adódik össze



P - Arányos tag - Erősítés

• A rendszer egy P szabályozóval stabilizálható

• A szabályozás lassú

• Az előírt fázistöbblet, illetve statikus hiba nem mindig biztosítható

• A P-szabályozás velejárója a pontatlanság!

•Nagy KP értékeket szeretnénk használni

A mért hibával arányos mértékben hajt végre változtatást

A hibát egy konstans Kp érékkel kell megszorozni (erősítés)

Integráló tag

• Célja: az állandósult hiba 0 legyen

I-szabályozás karakterisztikus egyenlete:



P-szabályozás karakterisztikus egyenlete:



I-szabályozás magasabb rendű rendszert eredményez!

Az integráló tag biztosítja a pontosságot a lépésválaszra!

A szabályozó kimenet arányos a hiba mértékéhez és időtartamához

Az akkumulált arányos eltérést számolja ki az idő szerint

A szabályozó hamarabb éri el az elvárt értéket, de túllövést eredményezhet

Differenciáló tag

• Mindig P és I tagokkal együtt használandó!

• (Közelítő PD szabályozó realizálható)

• A változás trendjének előrejelzése

• A rendszer gyorsítására használható

A hibajel meredekségét használja ki (a hiba változásának sebessége)



PID (proportional-integral-derivative) szabályozás:

Korrigálja a hibát a változók mért és kívánt értékei között

Kiszámítja a szükséges korrekciót és ennek megfelelően beavatkozik a folyamatba

Visszacsatolt szabályozás

Arányos - Proportional: reakció az aktuális hibára

Integráló - Integral: reakció a legutóbbi hibák alapján

Differenciáló - Derivative: reakció a hiba megváltozásának mértékére

A három módszer súlyozott összegét használjuk

A korrekciót (corrective action) egy beavatkozó hajtja végre

## Energiafelhasználás felügyelete: esettanulmány. A probléma ismertetése, mire alkalmazható szabályozás, milyen eredményeket várhatunk?

Az energiafelhasználás egy fontos tervezési kényszer:

o Energiaköltség

o Hődisszipáció

Két legfontosabb lehetőség a skálázásra:

o Működési frekvencia (négyzetes hatás)

o Tápfeszültség (köbös hatás)

QoS követelmények és energiafelhasználás mérlegelése

o A terhelés mekkora részét dolgozzuk fel helyben



High Performance Computing energiafelhasználása

Az energiafelhasználás kritikus kérdés

o Energia = hő; a hődisszipáció költséges

o Rendelkezésre álló elektromos ellátás korlátolt

o Jelentős költség a működés során

Következmény

o A teljesítményt korlátozza a rendelkezésre álló energia

o Kevesebb csomópont/eszköz tud egyszerre működni

Lehetőség: szűk keresztmetszetek

o Szűk keresztmetszetek korlátozzák a teljes rendszer teljesítményét

o Csökkentsük néhány, nem szűk keresztmetszet energiafelhasználást, és így nem csökken a rendszer teljesítménye

A CPU skálázás megoldás?

1.Frekvencia és feszültség skálázása

A villamos teljesítmény csökkenés kisebb mértékű, mint a számítási teljesítmény csökkenése

2.Alkalmazás áteresztőképessége

Az áteresztőképesség csökkenés kisebb mértékű, mint a számítási teljesítmény csökkenése

Feltételezések:

o A CPU jelentős energiafogyasztó

o A CPU szabályozható

o Az áteresztőképesség növekedése nem végig lineáris

Villamos csúcsteljesítmény korlát, P, adódhat:

o Egy rack energiafelhasználása

o Terem/villamos közmű

o Hődisszipáció

korlátozásaiból.

Statikus megoldás, a szerverek száma

o N = P/Pmax

o Ahol Pmax maximum energiafelhasználása egységenként

Problémák

o Csúcs villamos teljesítmény > átlagos villamos teljesítmény (Pmax > Paverage)

o N \* (Pmax - Paverage) kihasználatlan általában

o Alulteljesít – a számítási teljesítmény N-nel arányos

o Az energiafelhasználás nem prediktálható

Cél

o Használjuk több energiát, de maradjunk egy biztonsági határ alatt

o Csökkentsük az egyes csomópontok energiafelhasználását (és CPU csúcsteljesítményét)

o Növeljük a teljes rendszer számítási teljesítményét

Előnyök

Kevesebb kihasználatlan energia; Hatékonyabb energiafelhasználás; Nagyobb számítási teljesítmény ugyanolyan energiakorlátok között

Legyen P (performance) a számítási teljesítmény

Nagyobb számítási teljesítmény másképpen: MP \* > NP

P \*/ P > N/M vagy P \*/ P > Plimit/Pmax

