



SKILAVERKEFNI 1

REGLUN VATNSTANKS

Kristófer R. Þorláksson, Róbert B. Ólafson &
Stefán Ó. Valdimarsson

T-501-REGL Reglunarfræði
Kennari: Þorgeir Pálsson

October 12, 2015

1 Inngangur

Reglunarkerfi er að finna alls staðar í kringum okkur, allt frá flugvélum til hraðastýringa í bílum. Notagildi kerfanna er mismunandi og fer alfarið eftir aðstæðum. Þeim má beyta á ýmsa vegu, til dæmis í að halda kerfi stöðugu eða stjórna síbreytilegu ástandi kerfisins.

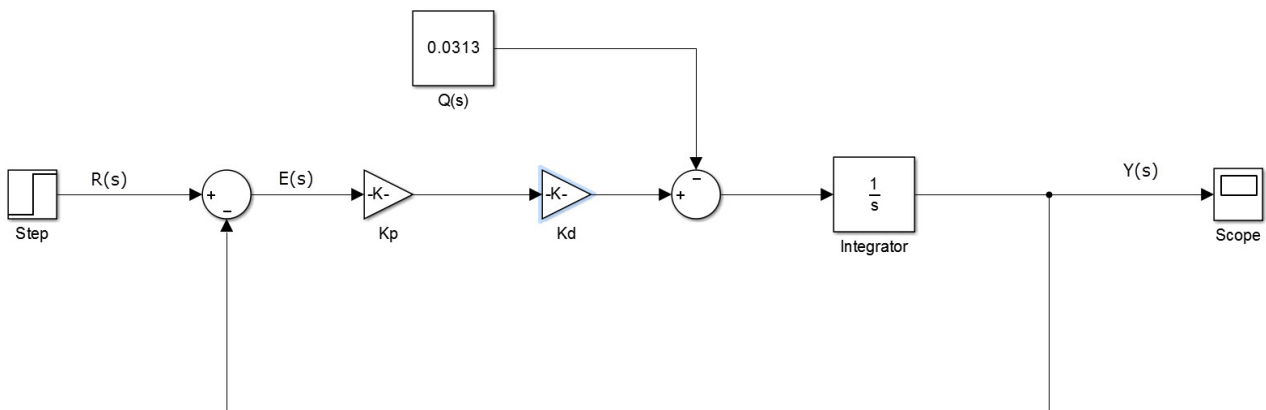
Markmið þessa verkefnis er að hanna PID reglunarkerfi til að halda vatnshæð í tanki stöðugri. Fyrri hluti verkefnisins felst í að finna viðeigandi stærðfræðilíkan fyrir kerfið á formi yfirfærslufalla. Með mælingum á svörun kerfisins má finna stuðla yfirfærslufallana. Síðan skal nota Simulink til bera saman þær svaranir sem fengnar voru með líkaninu við prófun á kerfinu.

Í seinni liðnum skal beita PI reglunarkerfi þannig að æstæða skekkja kerfisins verði núll, þegar innmerkinu er breytt úr föstu gildi í annað fast gildi. Einnig skal athuga hvort hægt sé að auka viðbragðstíma kerfisins með því að nota PID stýringu.

2 Framkvæmd

2.1 Fyrri hluti: P Stýring

2.1.1 Yfirfærsluföll



Mynd 1: Kassarit af kerfinu

Eftirfarandi yfirfærsluföll eru fengin með því að nota reglu Mason á kassarit sem sjá má á mynd 1.

Yfirfærslufall lokuðu rásarinnar án truflunar:

$$T_L(s) = \frac{R(s)}{Y(s)} = \frac{\frac{1 \cdot K_D K_P}{s}}{1 + \frac{1 \cdot K_D K_P}{s}} = \frac{K_D K_P}{s + K_D K_P}$$

Yfirfærslufall rásarinnar út frá truflun:

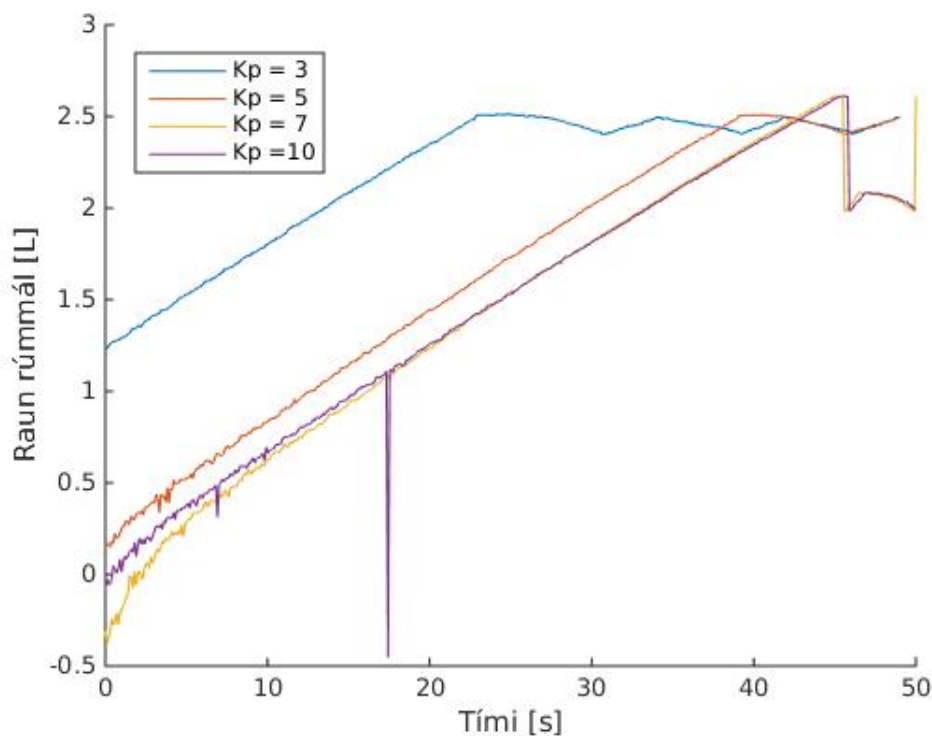
$$T_Q(s) = \frac{Q(s)}{Y(s)} = \frac{\frac{Q(s) \cdot 1}{s}}{s + K_D K_P} = \frac{Q(s)}{s^2 + s K_D K_P}$$

Heildaryfirfærslufall rásarinnar er því:

$$T(s) = T_L(s) - T_Q(s) = \frac{K_D K_P}{s + K_D K_P} - \frac{Q(s)}{s^2 + s K_D K_P} = \frac{s K_P K_D - Q(s)}{s^2 + s K_D K_P}$$

Innmerkið, $R(s)$, er óskgildi á vatnshæð tanksins, sem er stjórnað af okkur. Útmerkið $Y(s)$ er raungildi vatnshæðarinnar sem samanstendur af afkastagetu dælunnar og leka, sem við köllum $Q(s)$, sbr. mynd 1. Útmerkið $Y(s)$ er fundið með því að heilda nettó flæðið í tankinn, þ.e. flæðið inn í tankinn frá dælunni, en það verður að draga bakflæðið (lekann) frá því.

2.1.2 Bakflæði og dælustuðull



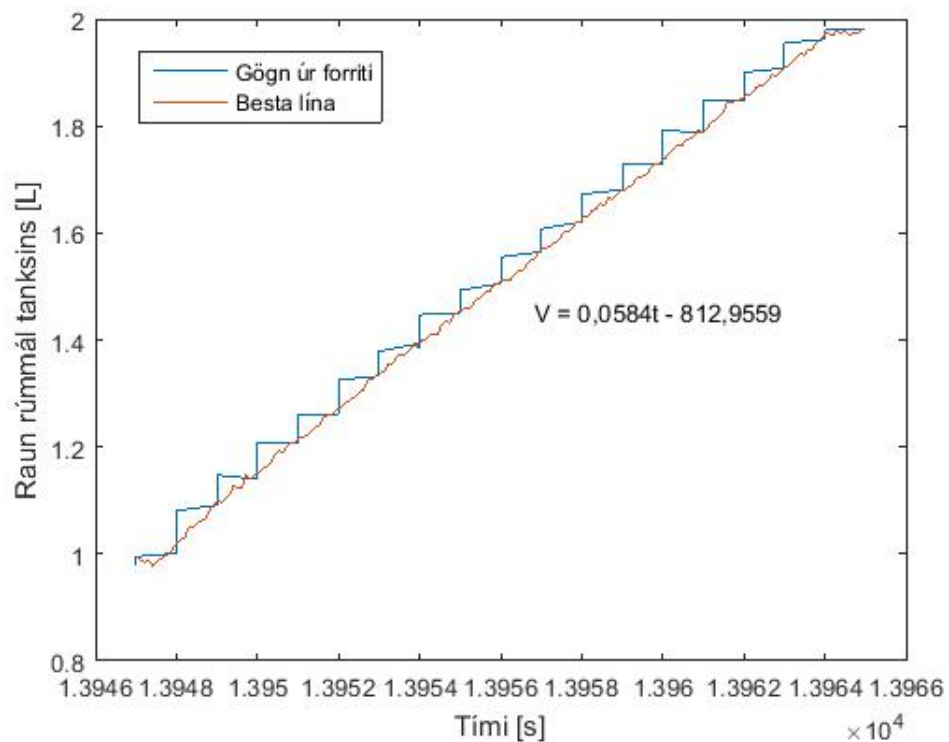
Mynd 2: Kerfið án bakverkunar

Til að finna bakflæðið úr tankinum var óskgildið $2L$ og meðan stýrispennan var stillt á $5V$. Slökkt var á sjálfstýringunni og látið renna úr efri tankinum, bakflæðisstuðull var fundinn út frá hallatölu útmerkisins, sbr mynd 4.

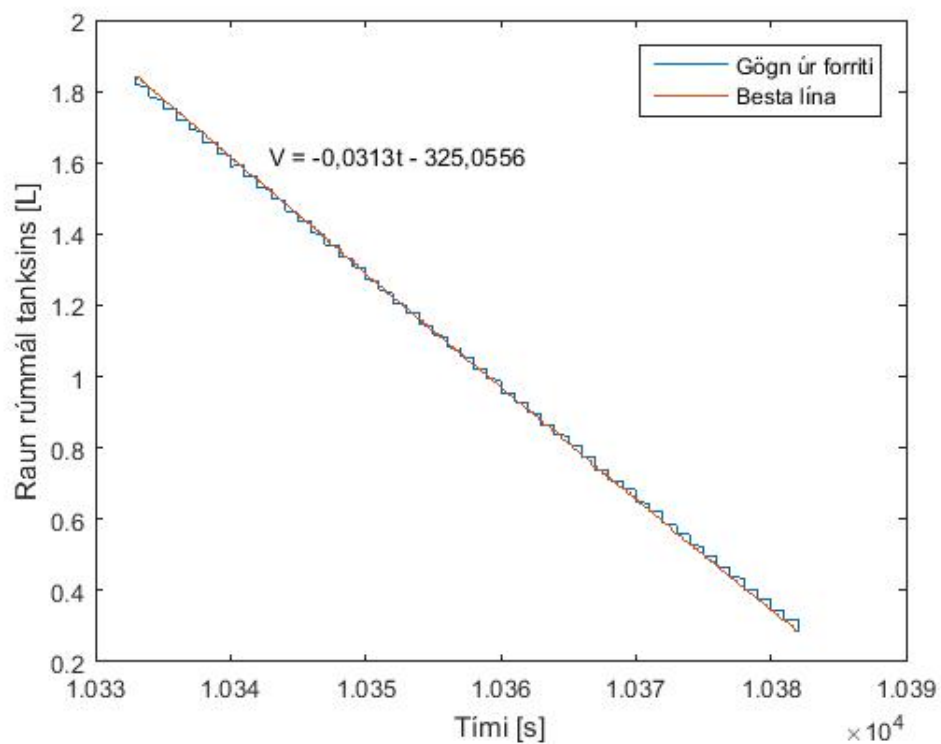
Til að finna dælufastann var óskgildi sett sem $1L$ og hækkað í $2L$, stýrispennan var stillt á $5V$. Dælafastinn fæst út frá hallatölu útmerkisins, sbr. mynd 3.

Gögnin voru meðhöndluð með Matlab, notuð voru innbyggðu föllin polyval og polyfit til að finna bestu línu gagnanna. Bakflæðisstuðull kerfisins fengum við að væri 0.0313 , sbr. mynd 4. Stuðullinn afkastagetu dælunnar fengum við að sé 0.0584 þegar stýrispenna er $5V$, sbr. mynd 3, sem gefur 0.0117 fyrir hvert V sem stýrispennan er.

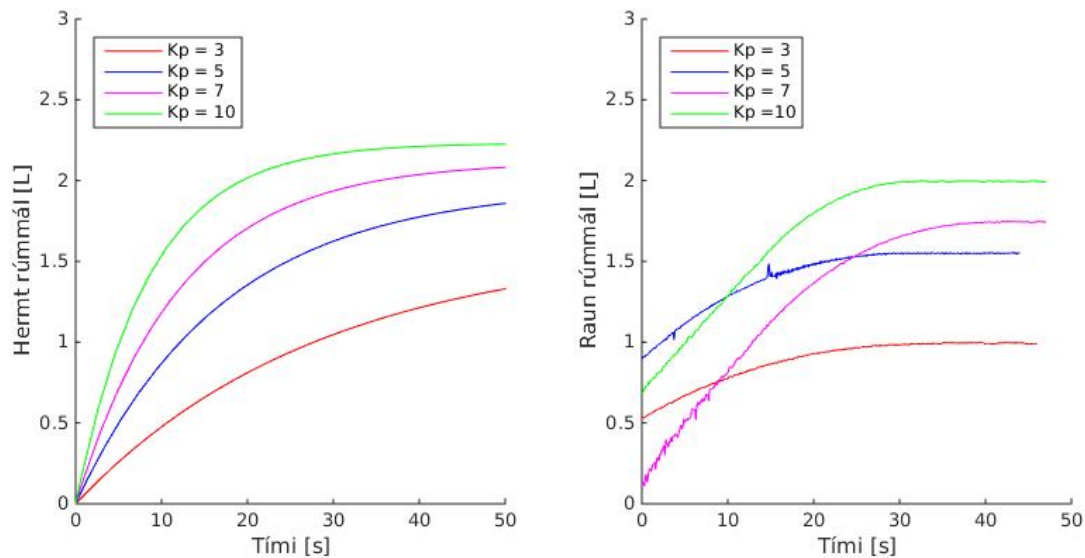
Við bjuggum til módel, sbr. mynd 1, sem hermir eftir hegðun kerfisins með mismundandi gildum á mögnunarstuðlinum K_p , sbr. mynd 5, með og án bakverkunar.



Mynd 3: Rúmmál vatns í efri tank sem fall af tíma, dælustuðull



Mynd 4: Rúmmál vatns í efri tank sem fall af tíma, bakflæðistuðull



Mynd 5: Samanburður á hermdum gildum og raungildum með bakverkun

Kerfið var skoðað án bakverkunar og fylgst með útmerki kerfisins, sbr. mynd 2. Við notuðum $Q(s) = 0.0313$ og $Kd = 0.0117$. Óskgildið var $2.5L$ og stýrispennan $5V$.

Við hermdum kerfið án bakverkunar og fengum þá rampmerki sem heldur áfram að vaxa út í hið óendanlega.

2.2 Seinni hluti: PI/PID Stýring

2.2.1 Val á mögnun og heildunartíma

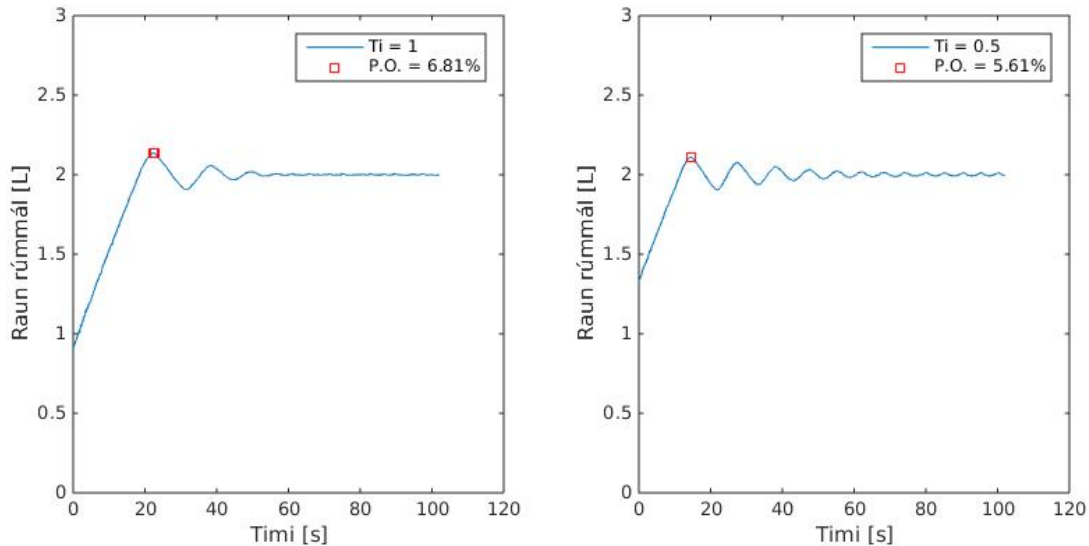
Til að finna hæfilegt gildi á K_P og T_D prófuðum við okkur áfram þangað til við fengum gildi sem okkur leist vel á. Við prófanir með mismunandi heildunartíma tókum við eftir því að yfirs kotið jókst ef T_i var sett of hátt, auk þess fór æstæða skekkjan e_{ss} að aukast umfram það sem við vildum fá og varð óstöðug ef $T_i < 1$.

Eftir að hafa skoðað nokkur gildi fannst okkur eðlilegast að hafa gildið á T_i eins lágt og við kæmumst upp með, án þess að settíminn væri of mikill eða æstæða skekkjan óstöðug. Því prófuðum við okkur áfram með gildi kringum $T_i = 1$.

Yfirs kotið fyrir $T_i = 0.5$ fengum við að væri $P.O. = 5.61\%$, sbr. mynd 6, en þar sem æstæða skekkjan var orðin of mikil ákváðum við frekar að láta reyna á hærri gildi.

Eins og áður var nefnt hækkar yfirs kotið eftir því sem T_i er hækkað, því ákváðum við nýta okkur þau gildi sem við fengum fyrir $T_i = 1$. Það gaf mjög litla æstæða skekkju og ásættanlegt yfirs kot, en yfirs kotið varð að vísu $P.O. = 6.81\%$, sbr. mynd 6, sem er vissulega ekki minna en 5% en æstæða skekkjan endaði í ± 0.01 .

Við prófuðum einnig að setja T_i sem 0.9, 0.8 og 0.7 til að hafa yfirs kotið sem minnst, en í öllum tilvikum fannst okkur æstæða skekkjan of mikil, því ákváðum við, eins og áður var tekið fram, að nota $T_i = 1$.



Mynd 6: Tekur langan tíma fyrir æstæða skekkju $e_{ss} \rightarrow 0$ þegar $T_i < 1$

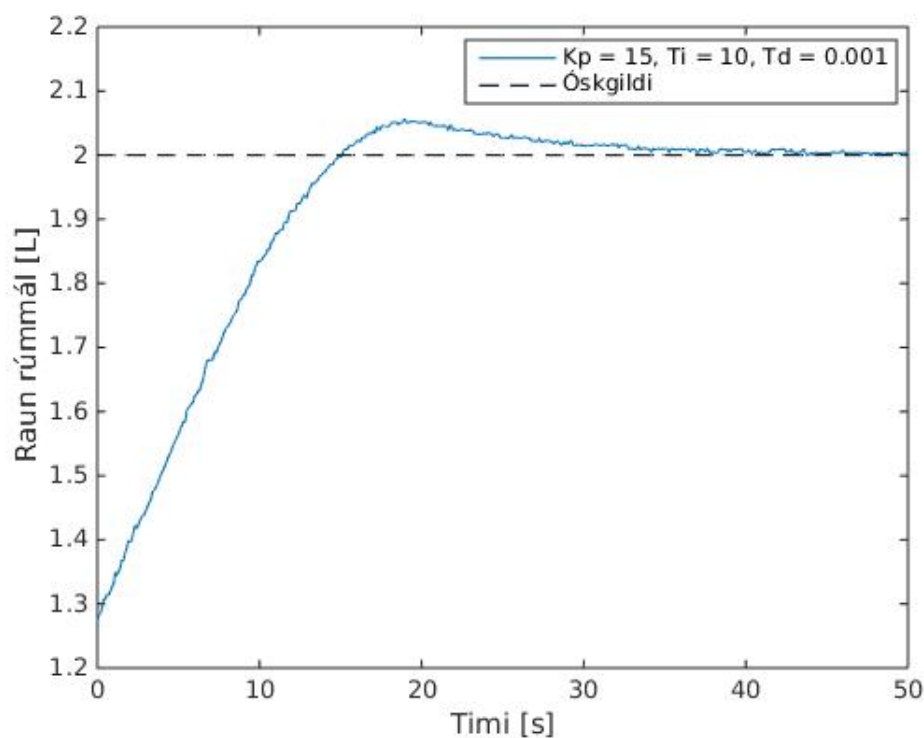
2.2.2 PID stýring

Til að finna hæfilegan diffurtíma prófuðum við okkur enn og aftur áfram með því að breyta stuðlunum og sjá hvaða áhrif þeir hafa á kerfið. Fræðilega séð ætti yfirskot og settími að minnka þegar diffurtíminn er aukinn, skv. töflu 7.6 í námsbók, Modern Control Systems (Richard C. Dorf og Robert H. Bishop). Hins vegar verður kerfið virkilega óstöðugt ef diffurtíminn er aukinn um of, og mikið suð kemur í innmerkið.

Eftir ítrekaðar tilraunir ákváðum við að best væri að hafa diffurtímann mjög lítinn þannig að hann hefði sem minnst áhrif á innmerkið og kerfið í heild sinni.

Ekki er hægt að segja að viðbragðshraðinn aukist mikið við að hækka diffurtímann. Settími og ristími er mjög svipaður, u.þ.b. 20 *sek* hvor, hvort sem notaður er diffurtími eða ekki, sbr. myndir 6 og 7. Kerfið virðist hins vegar mun stöðugra þegar einhver diffurtími er kominn í kerfið og mun minna um sveiflur kringum óskgildið.

Eftir töluverðar tilraunir með mismunandi stuðla ákváðum við að okkur þætti kerfið koma best út með stuðlana $K_P = 15$, $T_i = 10$ og $T_d = 0.001$ og sjá má hvernig það kom út á mynd 7.



Mynd 7: PID stýring: $K_P = 15$, $T_i = 10$ og $T_d = 0.001$

A Viðauki

Myndayfirlit

1	Kassarit af kerfinu	2
2	Kerfið án bakverkunar	3
3	Rúmmál vatns í efri tank sem fall af tíma, dælustuðull	4
4	Rúmmál vatns í efri tank sem fall af tíma, bakflæðistuðull	4
5	Samanburður á hermdu gildum og raungildum með bakverkun	5
6	Tekur langan tíma fyrir æstæða skekkju $e_{ss} \rightarrow 0$ þegar $T_i < 1$	6
7	PID stýring: $K_P = 15$, $T_i = 10$ og $T_d = 0.001$	7