



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.

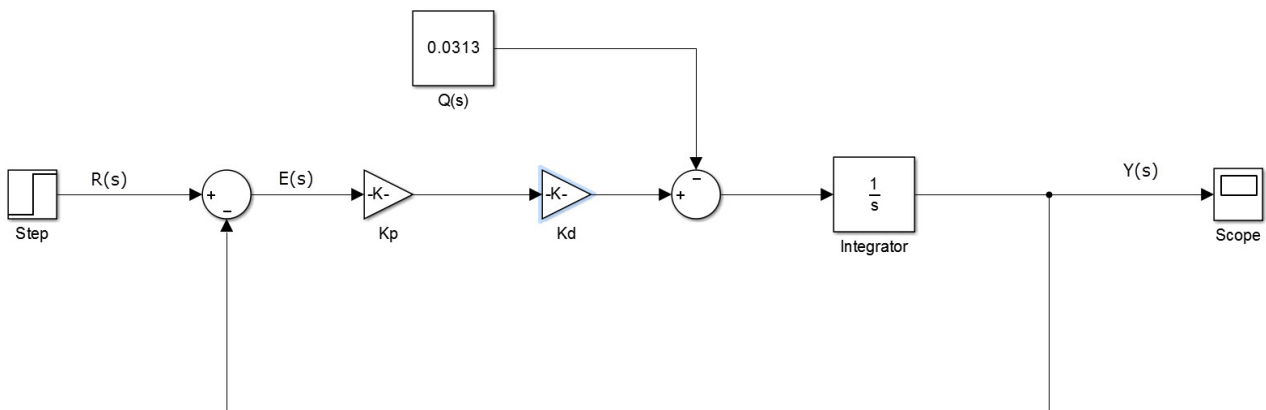
Markmið þessa verkefnis er að hanna PID reglunarkerfi til að halda vatnshæð í tanki stöðugri. Fyrri hluti verkefnisins felst í að finna viðeigandi stærðfræðilíkan fyrir kerfið á formi yfirfærslufalla. Með mælingum á svörun kerfisins má finna stuðla yfirfærslufallana. Síðan skal nota Simulink til bera 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:

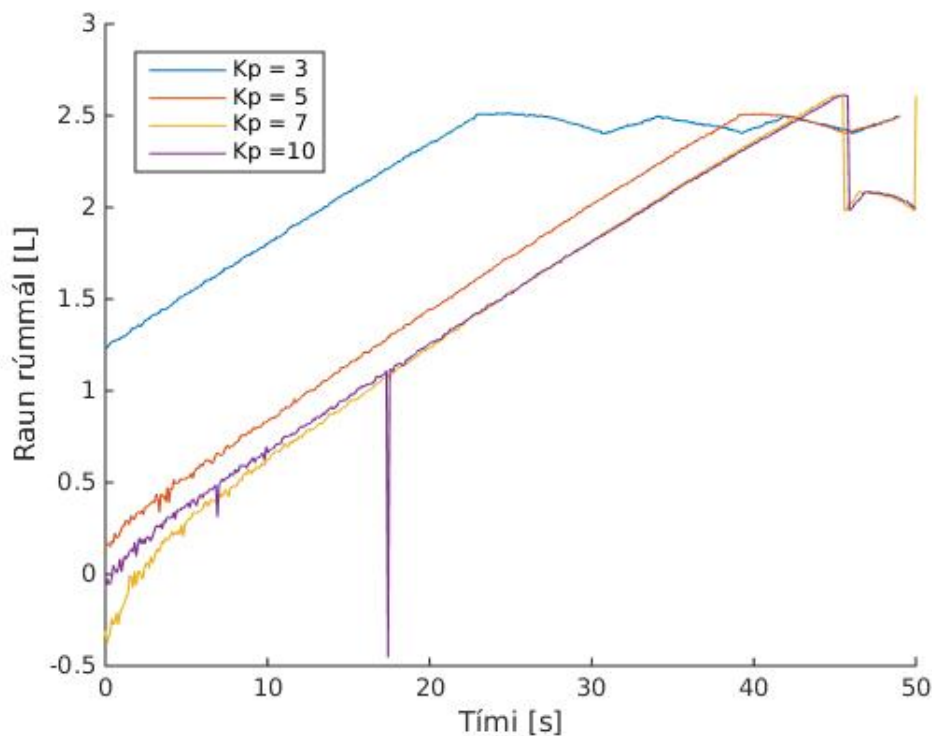
$$T_Q(s) = \frac{Q(s)}{Y(s)} = \frac{\frac{Q(s) \cdot 1}{s}}{s + K_D K_P} = \frac{Q(s)}{s^2 + s K_D K_P}$$

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



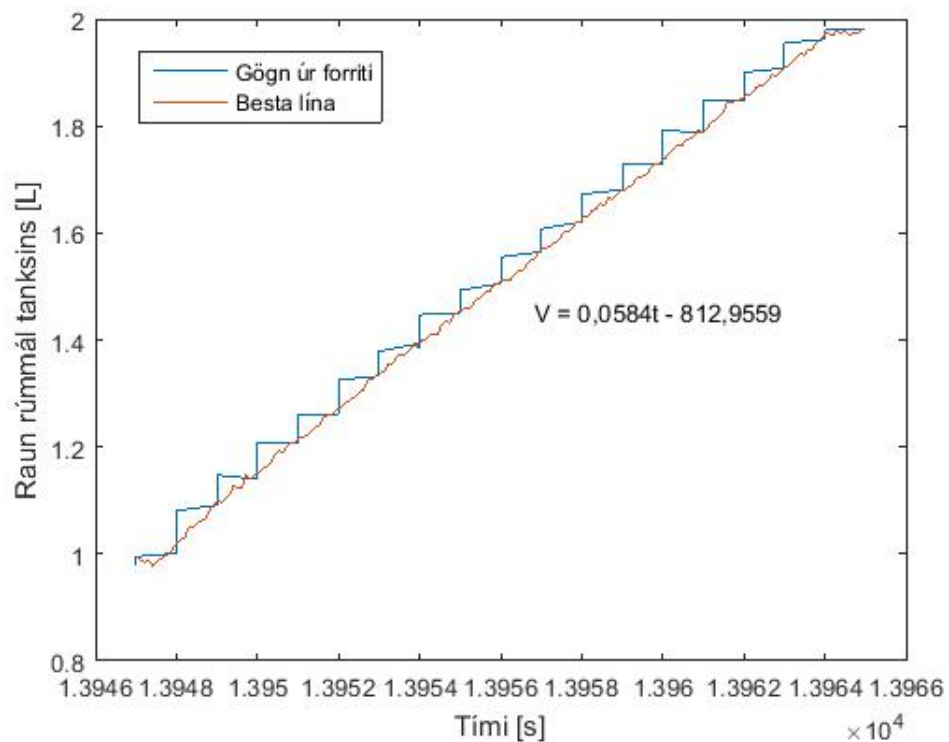
Mynd 2: Kerfið án bakverkunar

Kerfið var skoðað án bakverkunar, sbr. mynd 2, til að finna bakflæðið úr tankinum. Upphaflega var óskgildið $2L$ og lækkað í $1L$ á meðan stýrispennan var stillt á $5V$.

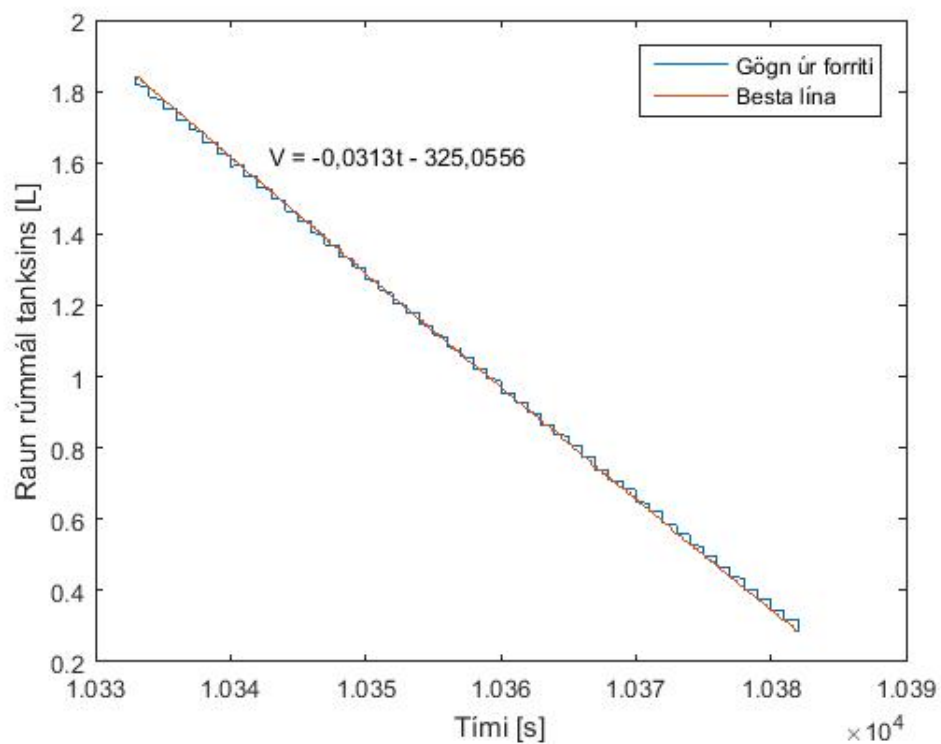
Við hermdum kerfið án bakverkunar og fengum þá rampmerki sem heldur áfram að vaxa út í hið óendanlega.

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

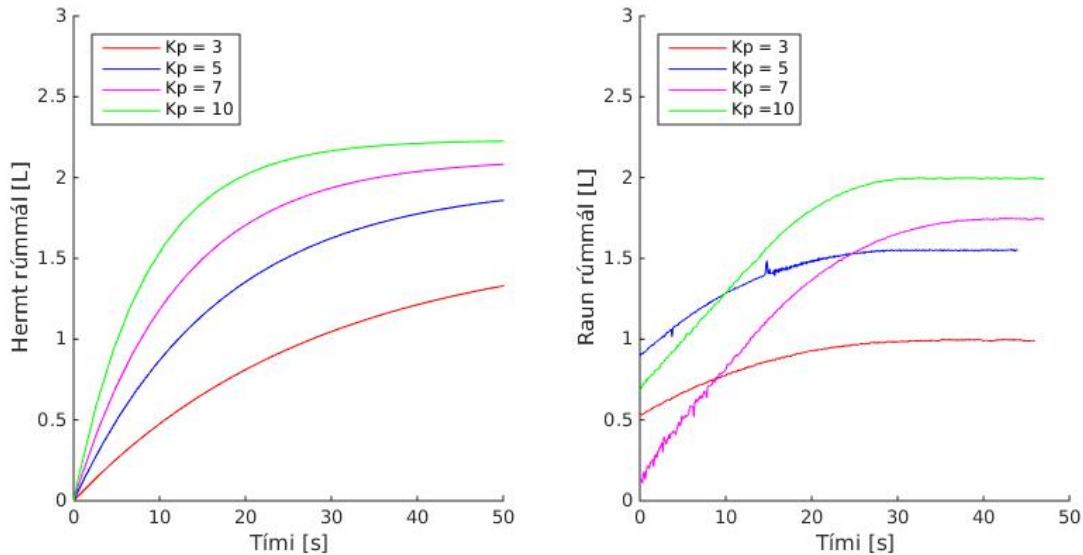
Gögnin voru meðhöndluð með Matlab, notuð voru innbyggðu föllin polyval og polyfit til að finna bestu línu gagnanna. Bakflæðisstuðull kerfisins fengum við að væri 0.0313 , sbr. mynd 4. Stuðullinn afkastagetu dælunnar fengum við að sé 0.0584 þegar stýrispenna er $5V$, sbr. mynd 3, sem gefur 0.0117 fyrir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



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

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. Við notuðum $Q(s) = 0.0313$ og $K_d = 0.0117$. Óskgildið var $2.5L$ og stýrispennan $5V$.

2.2 Seinni hluti: PI/PID Stýring

2.2.1 Val á mögnun og heildunartíma

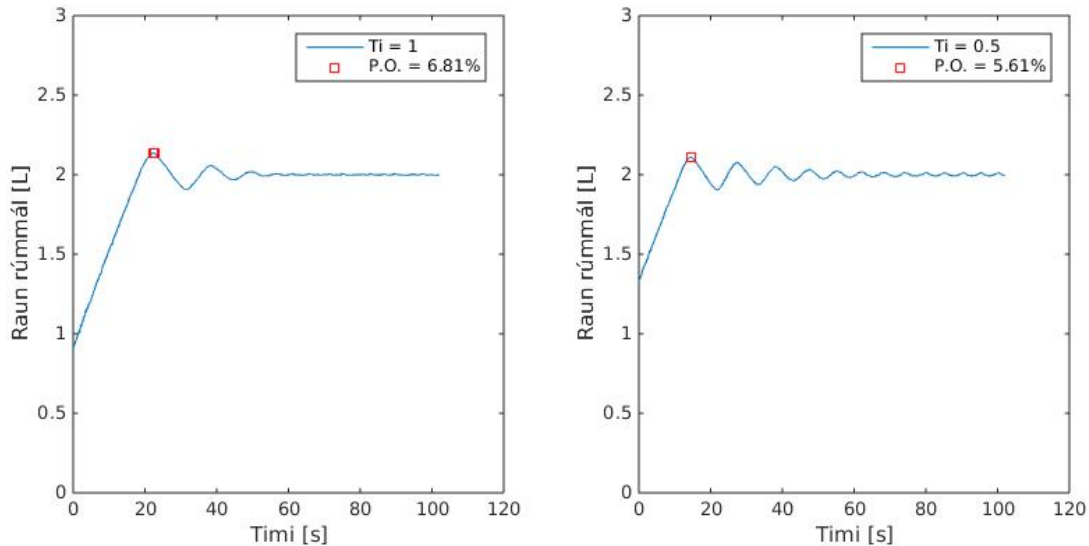
Til að finna hæfilegt gildi á K_P og T_D prófuðum við okkur áfram þangað til við fengum gildi sem okkur leist vel á. Við prófanir með mismunandi heildunartíma tókum við eftir því að yfirs kotið jókst ef T_i var sett of hátt, auk þess fór æstæða skekkjan e_{ss} að aukast umfram það sem við vildum fá og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

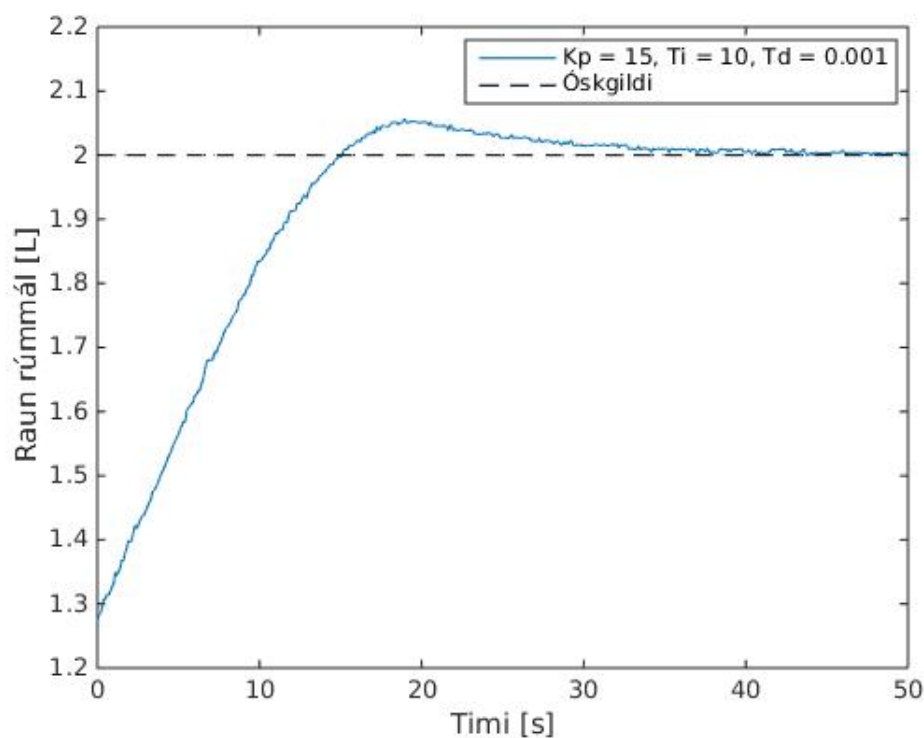
2.2.2 PID stýring

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