Háskólinn í Reykjavík

Reglunarfræði T-501-REGL

Hraðareglun DC mótors

Nemendur:
Aníta Björk Hlynsdóttir
Einar Snorrason
Hannes Rúnar Herbertsson

Kennarar:
Þorgeir Pálsson
Björgvin Rúnar Þórhallsson

21. nóvember 2012

Inngangur

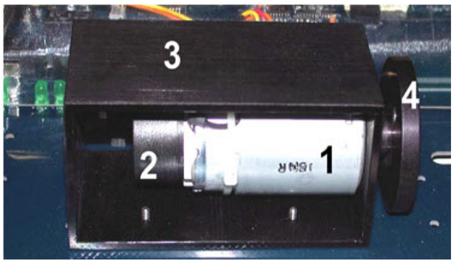
Í verkefni þessu er hannaður PI reglir fyrir DC servó mótor. Mótorinn á að geta haldið föstum snúningshraða á bilinu 50 til 100 rad/s fyrir utan að geta fylgt rampfalli sem vex og minnkar milli 0 til 100 rad/s. Yfirfærslufall fyrir mótorinn er svo fundið ásamt mælingum sem borin eru saman við fræðileg gildi.

Búnaður

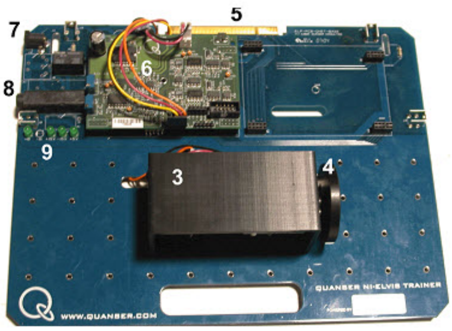
Búnaðurinn sem notaður er í verkefninu er annarsvegar DC mótor og hinsvegar stöðunemi sem skynjar stöðu mótors og hraða hans. Búnaði er svo stjórnað í gegnum veraldarvefinn með því að nota ELVIS búnað og labview forrit.

Tæknilegar upplýsingar

Í þessum hluta má sjá tæknilegar upplýsingar um búnaðinn sem notaður er i verkefninu.



Mynd 1: Lýsingar á hlutum í töflu 1.



Mynd 2: Lýsingar á hlutum í töflu 1.

Nr	Lýsing	Nr	Lýsing
1	DC mótor	8	Öryggi
2	Stöðunemi sem skynjar stöðu og hraða.	9	+B, +15V, -15V, +5V LED's
3	Mótor og armfesting		
4	Snúningstregða		
5	PCI tengi við NI ELVIS: til að tengja QNET módúl við DAC.		
6	Stýri og magnararás fyrir mótor		
7	24V spennugjafi		

Tafla 1: Hér má sjá tæknilýsingu fyrir myndir 1 og 2.

Tákn	Lýsing	Gildi	Eining
R_m	Mótorviðnám	3.30	Ω
K_t	Vægisstuðull mótors	0.0280	$\frac{Nm}{A}$
K_m	Span stuðull mótors	0.0280	$\frac{V}{rad/s}$
J_m	Snúningstregðuvægi mótors	9.64e-6	kgm^2
J_h	Snúningstregðuvægi tregðuhjóls	1.117e-6	kgm^2
V_{max}	Mesta spenna fyrir kraftmagnara	24	V
I_{max}	Mesti straumur fyrir kraftmagnara	5	A
G	Spennumögnun magnara	2.3	$\frac{V}{V}$

Tafla 2: Hér má sjá tæknilega eiginleika DC mótors og magnara.

Mælingar og útreikningar

Liður a

Til þess að reikna fræðilega yfirfærslufallið þarf að byrja á því að finna núningsvægi mótorsins (b). Út frá því er svo hægt að reikna τ og K yfirfærslufallsins.

Yfirfærslufall reiknað fyrir fræðileg gildi:

$$G(s) = \frac{K}{\tau s + 1}$$

Til þess að reikna út **b** þarf að mæla strauminn sem mótorinn dregur og hraða hans, þessi mældu gildi eru svo notuð í eftirfarandi formúlu. Þegar hraði mótors var 65rad/s mældist straumurinn 0,1A.

$$b = \frac{I * K_m}{\dot{\theta}} = \frac{0,1A * 0,028Nm/A}{65rad/s} = 4,3 * 10^{-5}Nm$$

$$\tau = \frac{R_a(J_m + J_h)}{R_a b + K_t K_m} = \frac{3,3\Omega * (9,64 * 10^{-6} + 1,117 * 10^{-6})kg * m^2}{3,3\Omega * 4,3 * 10^{-5}Nm + (0,028Nm/A)^2} = 0,038s$$

$$K = K_m(R_a b + K_t K_m) = 0,028(Nm/A)/(3,3\Omega * 4,3 * 10^{-5}Nm + (0,028Nm/A)^2) = 30,24$$

$$G(s) = \frac{30.24}{0.038s + 1}$$

Yfirfærslufall reiknað fyrir mæld gildi:

Til að reikna mögnunarfastann K voru notuð gögn úr mælingum, nánar tiltekið mögnunin K_p, væntigildi hraða og óskgildi hraða:

$$K = \frac{v_{raun}}{K_p * 2.3 * v_{osk}}$$

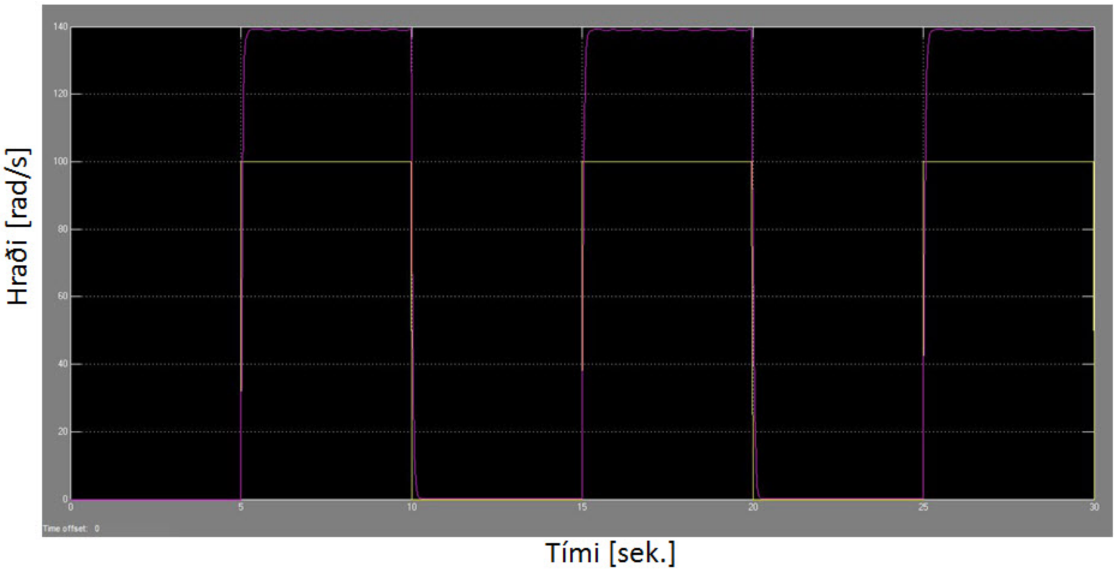
τ var fundið út frá mæligögnum sem sá tími sem það tók merkið að ná 63.2% og reyndist vera 0.3 s. Þetta gefur yfirfærslufallið:

$$G(s) = \frac{14.32}{0.3s + 1}$$

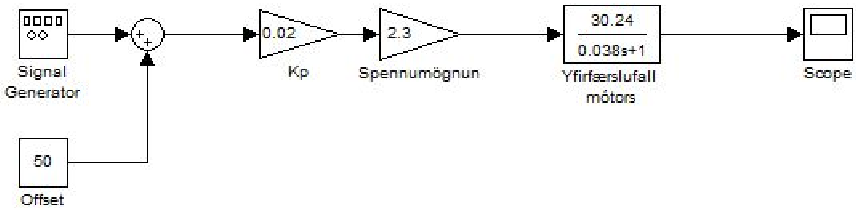
Tímaseinkun kerfisins:

Tímaseinkunin er fundin út frá mældum gögnum. Það er sá tími sem líður frá þvi að innmerki kemur inn í kerfið þar til að svörun fæst frá kerfinu. Sá tími var mældur sem 0.01 s.

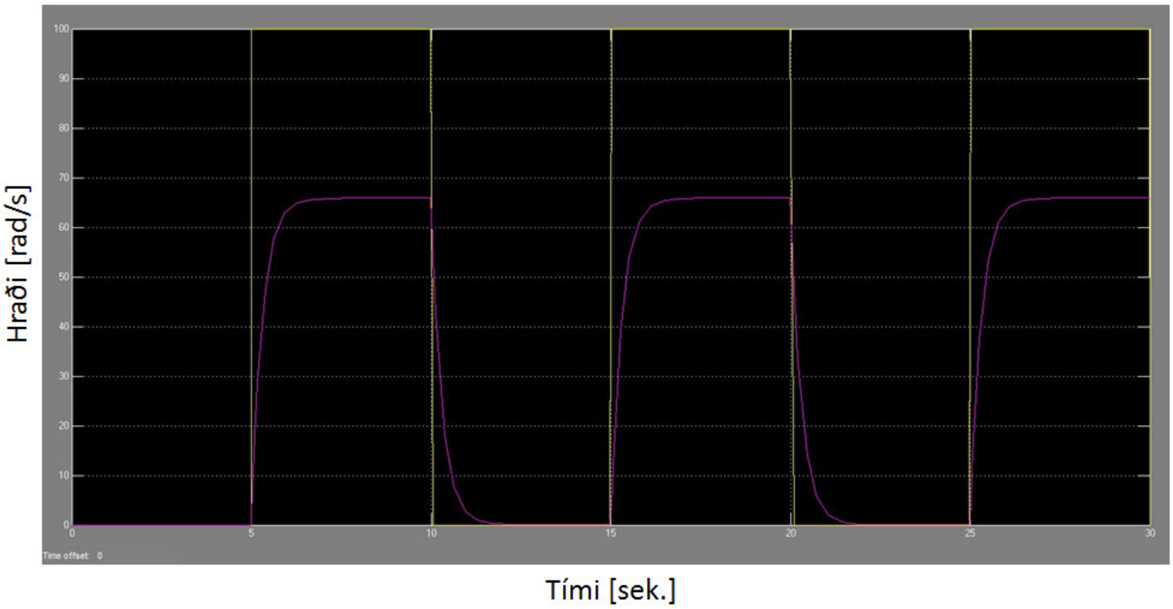
Hermun í Simulink



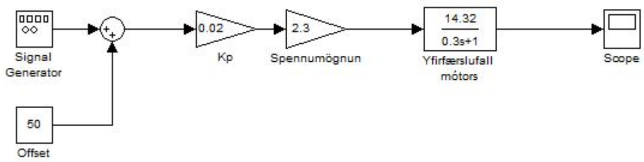
Mynd 3: Graf sem sýnir fræðilega svörun fyrir hraða mótors.



Mynd 4: Kerfismynd notuð til að herma kerfið fyrir fræðileg gildi, gerð í simulink.



Mynd 5: Graf sem sýnir svörun fyrir hraða mótors með mældum gildum.



Mynd 6: Kerfismynd notuð til að herma kerfið fyrir mæld gildi, gerð í simulink.

Munur á hermun kerfisins út frá fræðilegum gildum og mældum gildum er mjög mikill eins og sjá má á myndunum hér að ofan. Þessi munur útskýrist að einhverju leiti af því að í fræðilegu útreikningunum er notast við mæld gildi til að reikna út núningsvægið b. Einnig verða alltaf einhverjar truflanir í raunverulega kerfinu sem ekki er hægt að gera ráð fyrir í fræðilega líkaninu.

Liður b

Í þessum lið átti að skoða stöðugar skekkjur þegar innmerkið er þrepfall annars vegar og rampfall hins vegar. Rásin á að vera lokuð og skal skoða skekkjuna fyrir mismunandi gildi á K_p, þessi skekkja er svo borin saman við útreiknaða skekkju líkansins. Hér að neðan má sjá formúlur sem notaðar eru til að reikna stöðugu skekkjuna út frá líkaninu. Niðurstöður þeirrar skekkju má sjá í töflu 3 ásamt skekkjunni sem var reiknuð út frá mælingum.

$$K_c = \lim_{s \to 0} \frac{2.3 K_p K}{0.3s + 1}$$

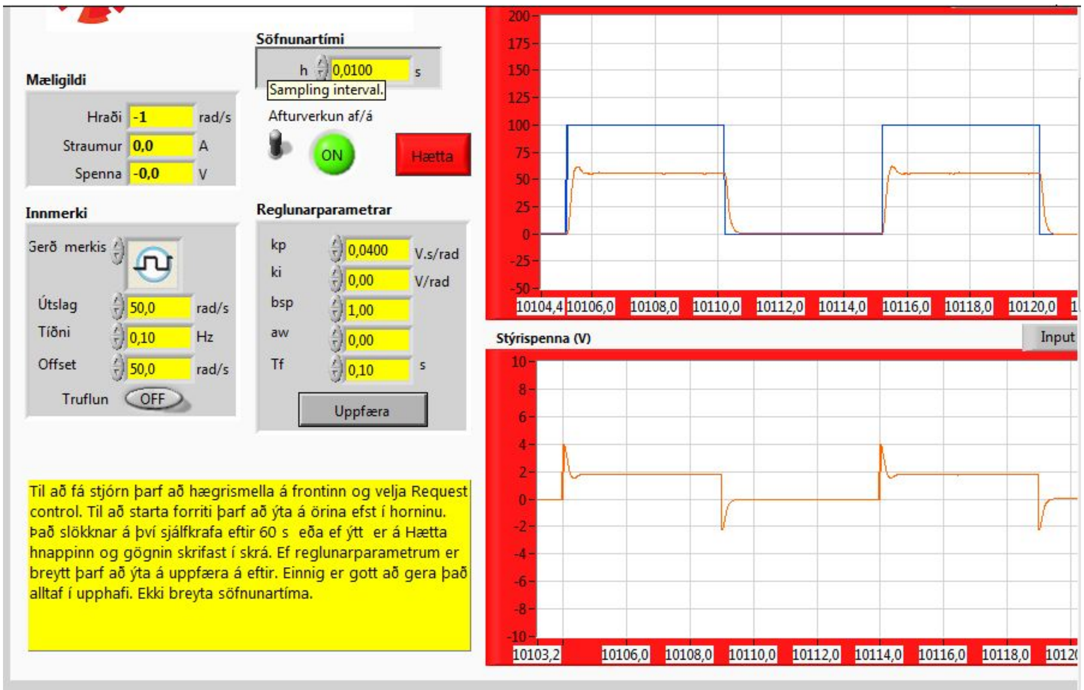
$$e_{ss} = \frac{100}{1 + K_c}$$

Mæld skekkja er svo reiknuð með eftirfarandi jöfnu.

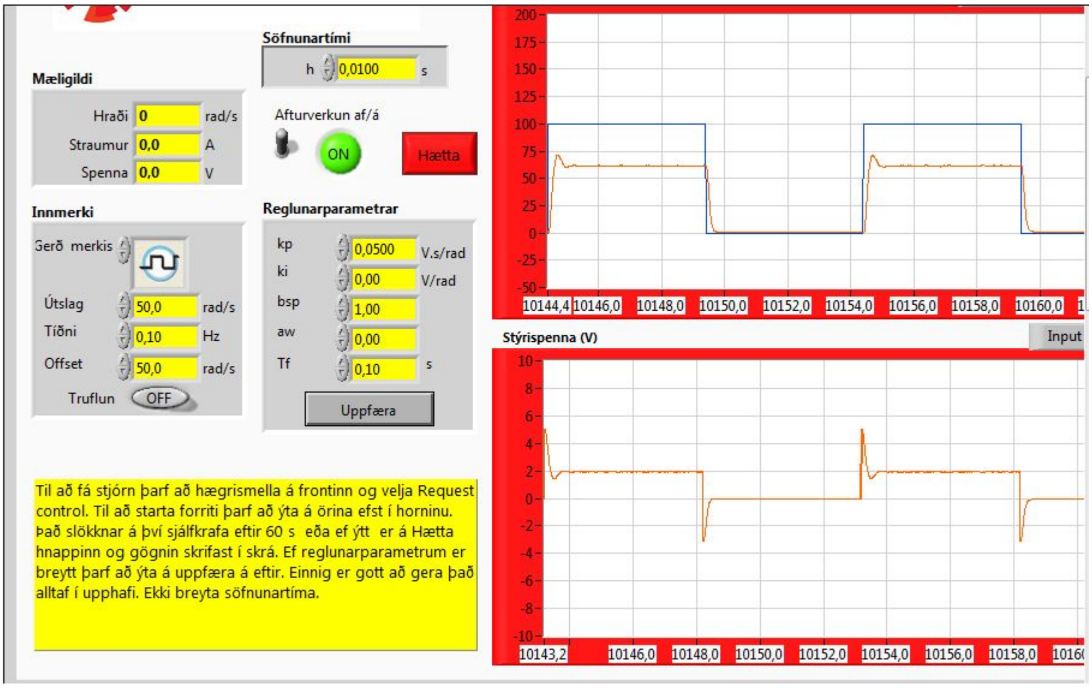
$$e_{ss} = V_a(s) - \theta(s)$$

K	K_p	K_c	e_{ss}	Mæld e_{ss}
14,32	0.04	1.317	43.15	44.4
14,32	0.05	1.647	37.78	38.4
14,32	0.06	1.980	33.16	33.4

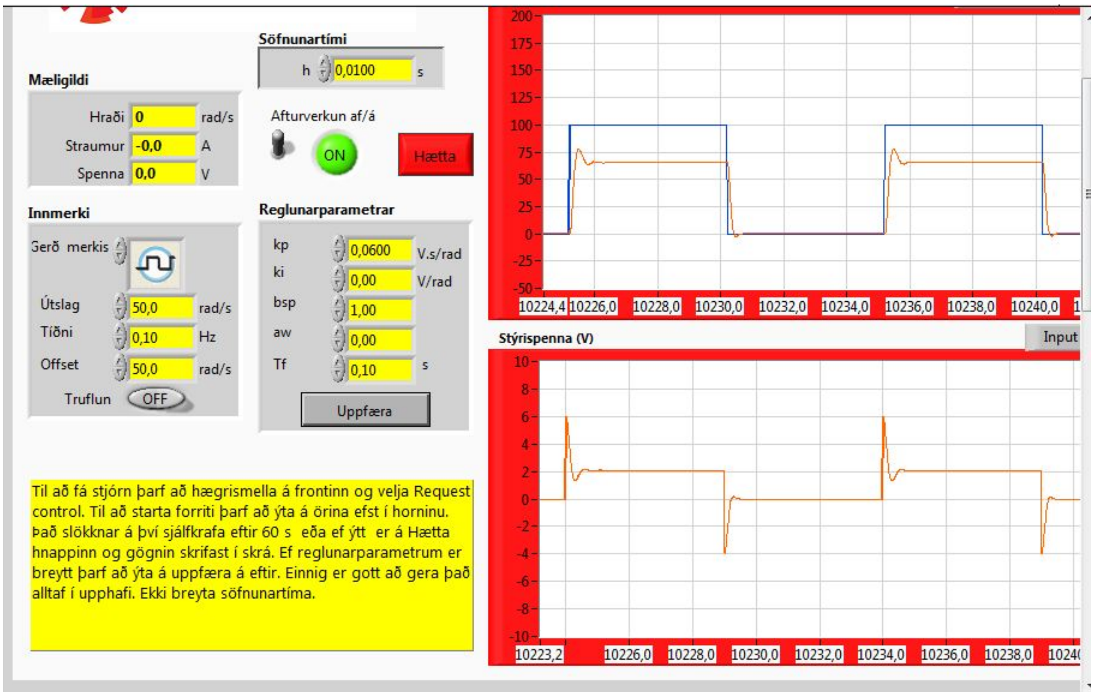
Tafla 3: Hér má sjá gildi sem notuð eru til að reikna fastann og stöðugu villuna og lausnir.



Mynd 7: Svörun kerfisins með innmerki sem þrepfall og $K_p = 0,04$.

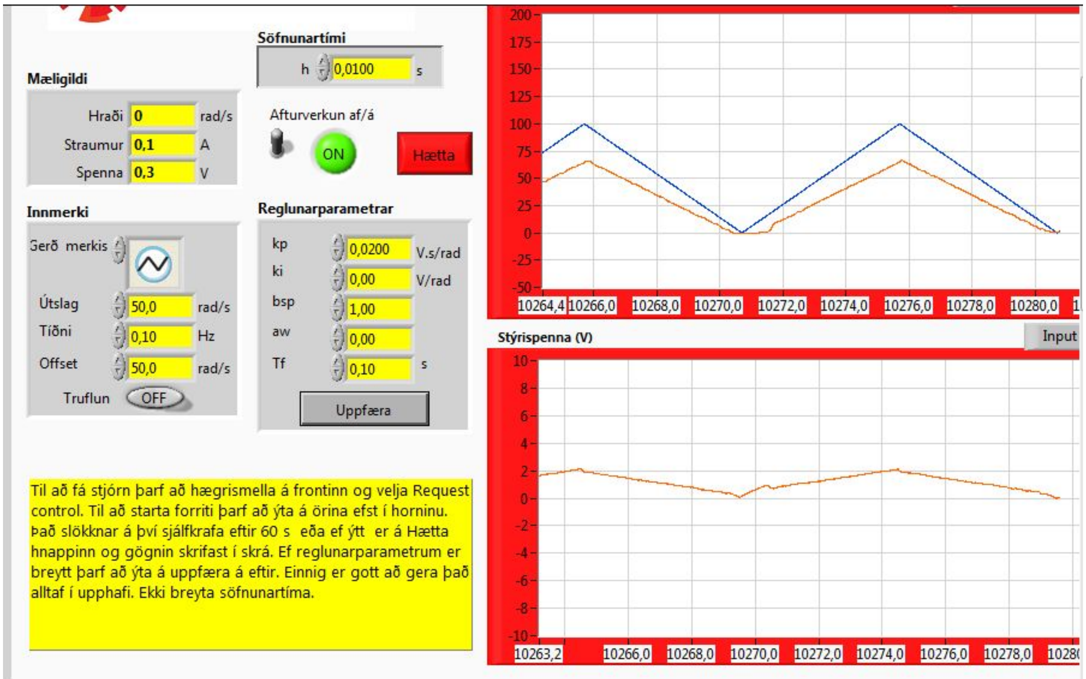


Mynd 8: Svörun kerfisins með innmerki sem þrepfall og $K_p = 0,05$.



Mynd 9: Svörun kerfisins með innmerki sem þrepfall og $K_p = 0,06$.

Þegar innmerki er rampfall þá verður stöðuga skekkja mælda líkansins óendanleg samkvæmt töflu 5.5 á bls 347 í kennslubók. Svörun kerfisins við rampfallinu má sjá á myndum 10 og 11. Þar má sjá að skekkjan er alltaf að aukast þar til óskgildið nær toppgildi sínu og minnkar svo eftir því sem óskgildið minnkar.



Mynd 10: Svörun kerfisins með innmerki sem rampfall og $K_p = 0,02$.

Mynd 11: Svörun kerfisins með innmerki sem rampfall og $K_p = 0,08$.

Liður c

Í þessum lið átti að finna viðeigandi gildi fyrir PI regli fyrir kerfið þannig að það hafi annars vegar dempunarhlutfallið 1 og hinsvegar dempunarhlutfallið 0.707. Einnig skal settíminn vera sem minnstur.
Valið var álitlegt gildi K_p og út frá því var reiknað gildið fyrir K_i miðað við að dempunarhlutfall $\zeta = 1$. Til að byrja með var valið $K_p = 0.06$ svo útfrá formúlu var K_i reiknað og kerfið keyrt fyrir þau gildi. Þá kom í ljós að það verður yfirskot og var þá ákveðið að lækka gildi fyrir K_p, nýtt gildi fyrir K_i reiknað og kerfið keyrt aftur. Þetta ferli var endurtekið til að ná krítískri dempun sem búast má við þegar $\zeta = 1$ eins og sjá má á mynd 12. Á mynd 12 er $K_p = 0.02$, $K_i = 0.07$ og settíminn reiknast þá sem $\mathrm{T}_s = 1.447$ s
Sama aðferð var notuð fyrir $\zeta = 0.707$ til að ná fram yfirskoti á kerfið eins og sjá má á mynd 13. Á mynd 13 er $K_p = 0.005$, $K_i = 0.068$ og settíminn reiknast þá sem $\mathrm{T}_s = 2.06$ s.

Kennijafna:

$$s^2 + 2\omega_n\zeta s + \omega_n^2$$

$$s^2 + \frac{2.3K * K_p + 1}{\tau}s + \frac{2.3K * K_i}{\tau}$$

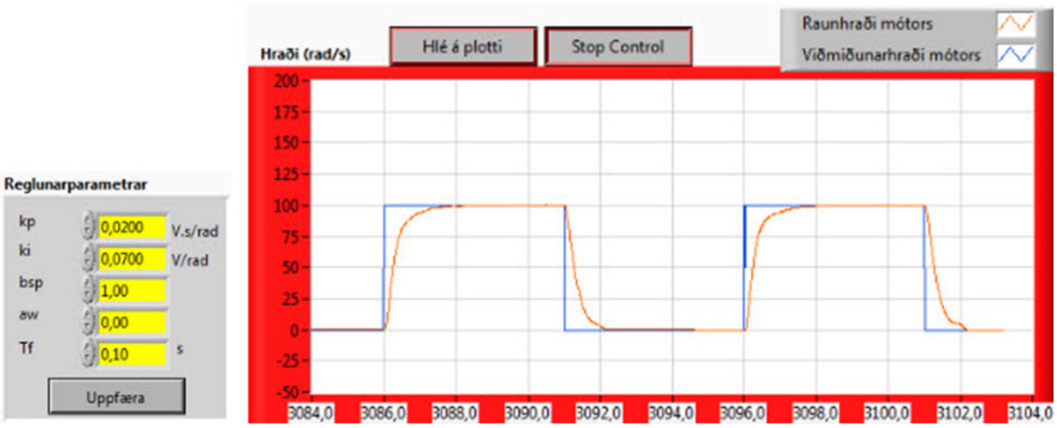
Formúla notuð til að einangra fyrir $\mathbf{K}_i$:

$$\zeta = \frac{K_p * K * 2,3 + 1}{2 * \sqrt{\frac{K_p * K_i * 2,3}{\tau}} * \tau}$$

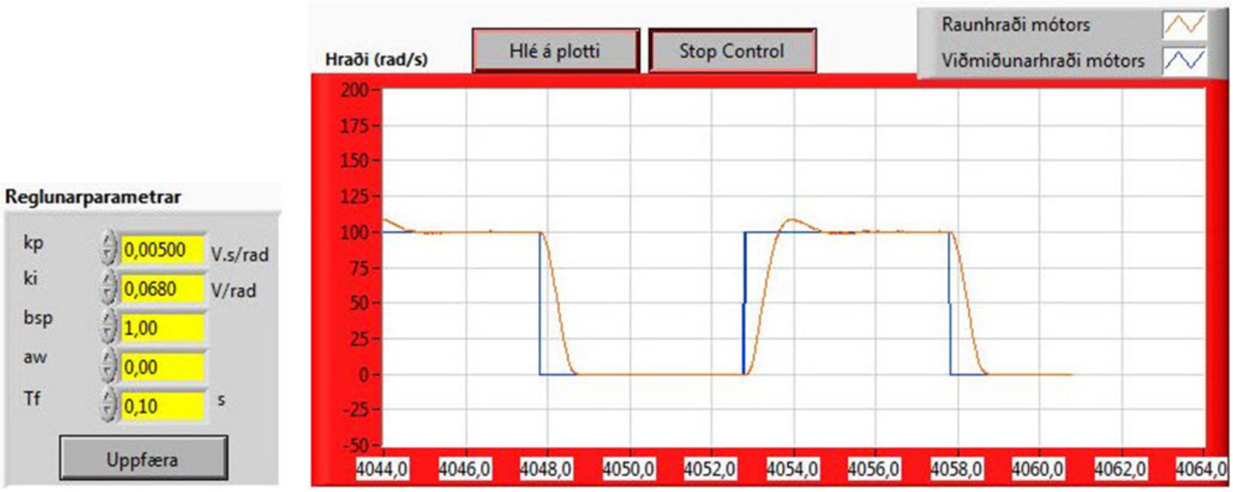
Formúla fyrir settímann:

$$T_s = \frac{4}{\zeta * \omega_n}$$

Settíminn fyrir $\zeta = 1$ reiknaðist sem $T_s = 1.447$ s og settíminn fyrir $\zeta = 0.707$ reiknaðist sem $T_s = 2.06$ s. Þetta er ekki minnsti settíminn sem hægt er að finna en þessi gildi fyrir K_i og K_p gefa mjög fína nálgun miðað við dempunarhlutfallið.

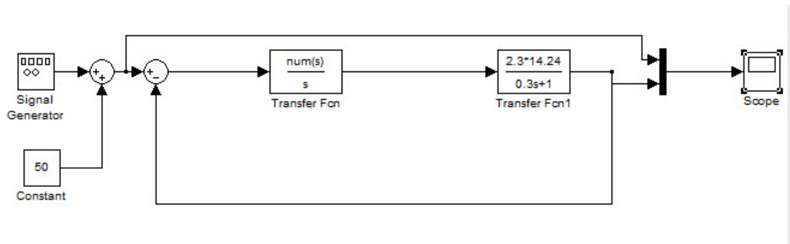


Mynd 12: Svörun kerfisins með $\zeta = 1$

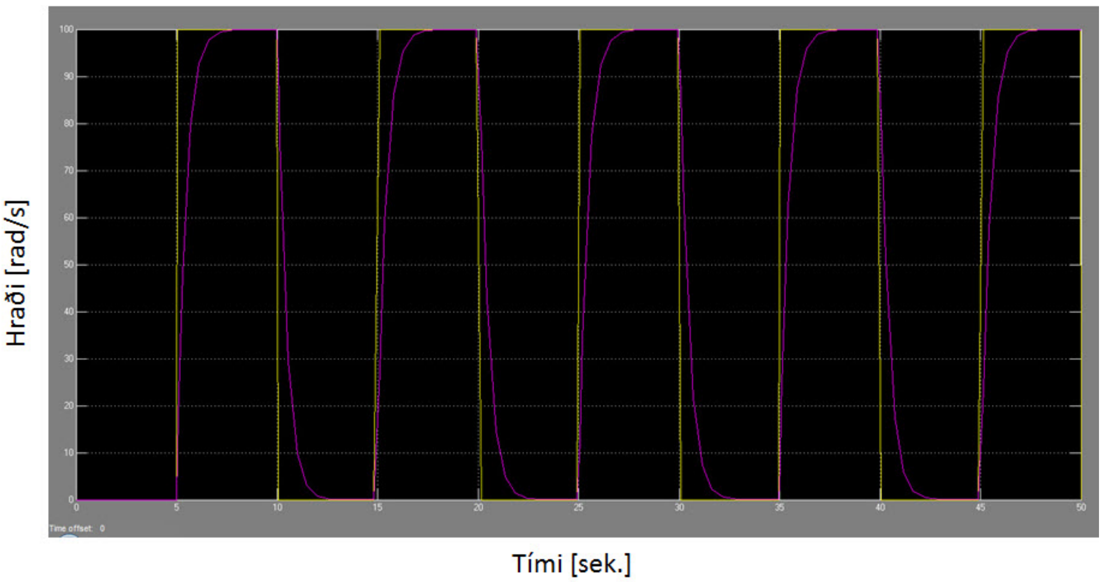


Mynd 13: Svörun kerfisins með $\zeta = 0{,}707$

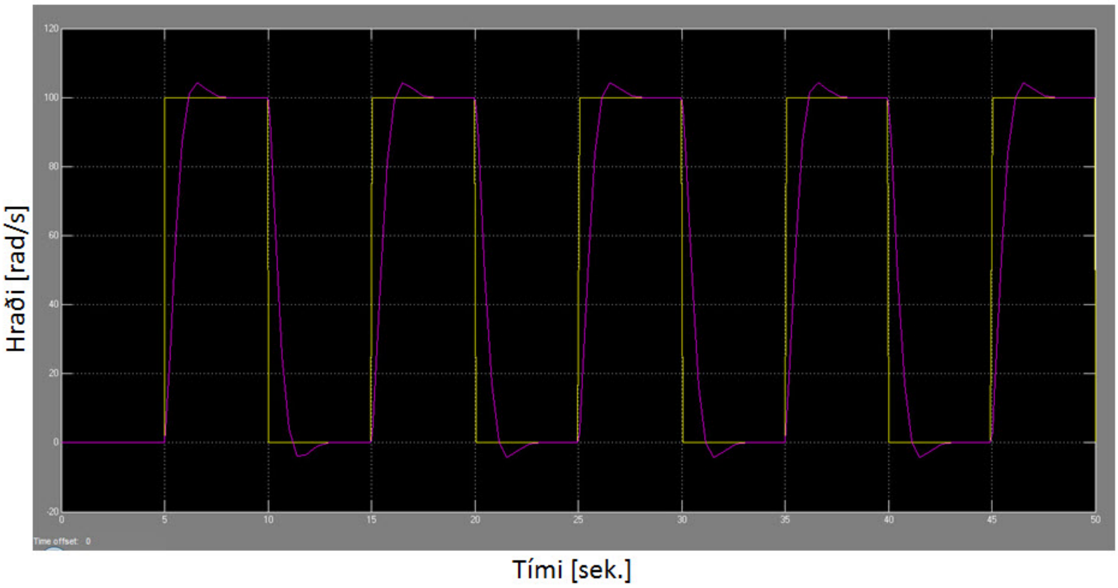
Hermun



Mynd 14: Kerfismynd úr Simulink



Mynd 15: Hermun kerfisins með $\zeta = 0{,}707$



Mynd 16: Hermun kerfisins með $\zeta = 0{,}707$

Þegar svörun kerfisins er borin saman við hermun á kerfinu í Simulink má sjá að niðurstöður eru mjög svipaðar eins og sjá má á myndum 12, 13, 15 og 16. Kerfið sem hermt er í simulink má sjá á mynd 14.