

Tartu Ülikool

Matemaatika-Infomaatikateaduskond

Arvutiteaduse instituut

Infotehnoloogia eriala

# Reaalsüsteemide praktikumi protokoll

---

Koostaja:

Meelis Nopri

Tartu 2010

## Sisukord

Süsteemi kirjeldus .....	3
Üldine kirjeldus.....	3
Juhttoime.....	3
Häiringud .....	4
Regulaator-kontroller.....	4
Andurid.....	4
Täitur .....	4
Kommunikatsioon .....	4
Praktiline töö .....	5
Praktikum 1 .....	5
Ülesanne 1.....	5
Ülesanne 2.....	5
Praktikum 2 .....	7
Ülesanne 1.....	7
Ülesanne 2.....	8
Ülesanne 3.....	9

# Süsteemi kirjeldus

## Üldine kirjeldus

Juhtimisobjekt – termostaat (küttekeha, temperatuuri andur).

Juhtimisobjekti väljund – temperatuur

Juhtseade – protsessoriga kontrollerr

Juhttoime – vool -> soojus

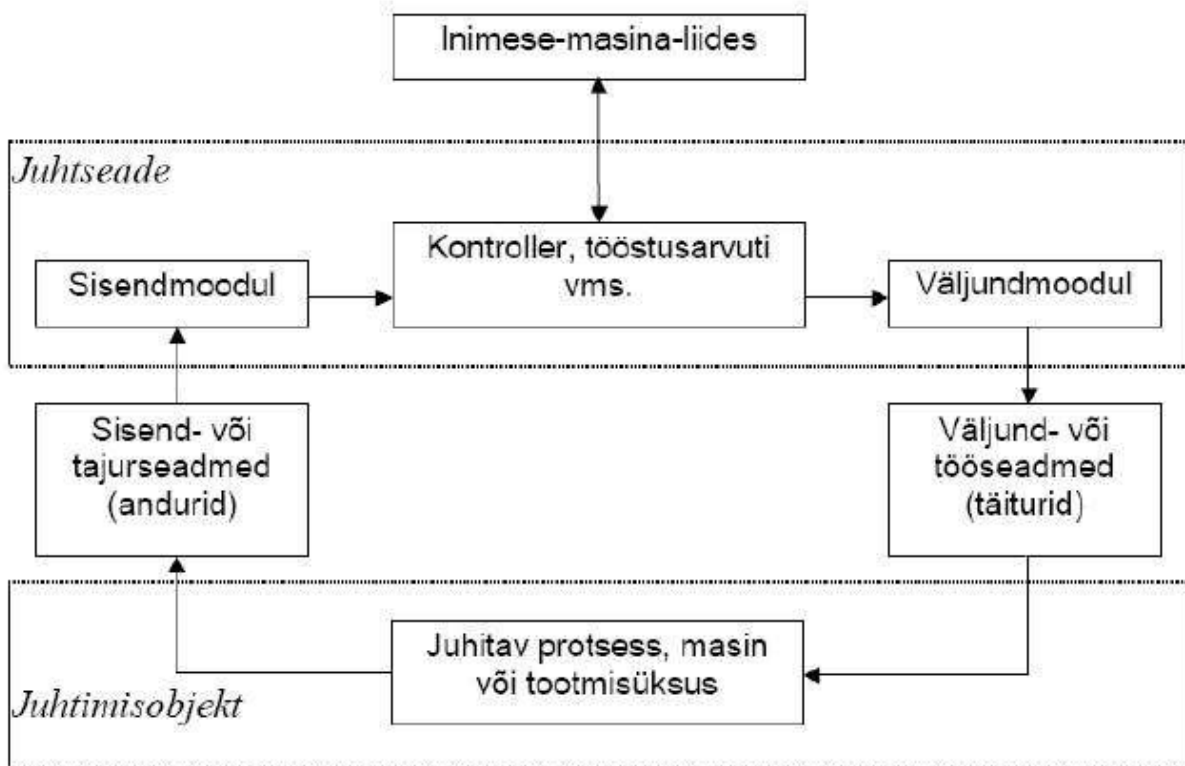
Juhtimise eesmärk – soovitud temperatuuri hoidmine

Seadesuurus – temperatuur

## Juhttoime

Kontroller muudab voolu I, sellega seoses muutub soojendamiseks kasutatav võimsus P. Termostaat saab aja t jooksul soojushulga Q, mille tulemusena temperatuur T tõuseb. Temperatuuri langetamiseks võetakse voolu mõju ära (st temperatuur langeb ise keskkonnatemperatuurini).

Valem:  $I \rightarrow P = U \cdot I \rightarrow Q = P \cdot t$



Joonis 1. Juhtskeem

## Häiringud

Protsessi müra – temperatuur kõigub tulenevalt ebaühtlasest soojusvahetusest (keskkond pole stabiilne)

Mõõtemüra – ADC diskreetimise müra, anduri müra (toitejuhe on küttekehal ja anduril sama)

## Regulaator-kontroller

Mikroprotsessor – ATmega32

## Andurid

Temperatuuri andur – LM35D (10mV/oC kohta). Võimendatud 2.5 korda, mis tagab lahutusvõime 0.1 oC ADC muundamispiirkonnas 0 - 2.5V (dünaamiline ulatus), summaarne tundlikkus 25 mV/oC kohta.

Voolu andur – takisti väärtusega 1 oom, ühendatud filtreeritult ADC sisendisse. Vool 500mA tekitab pingelangu 0.5C, selle vastab  $\approx 200$  astet ADC väljundis (2.5 V vastab 1024 astet).

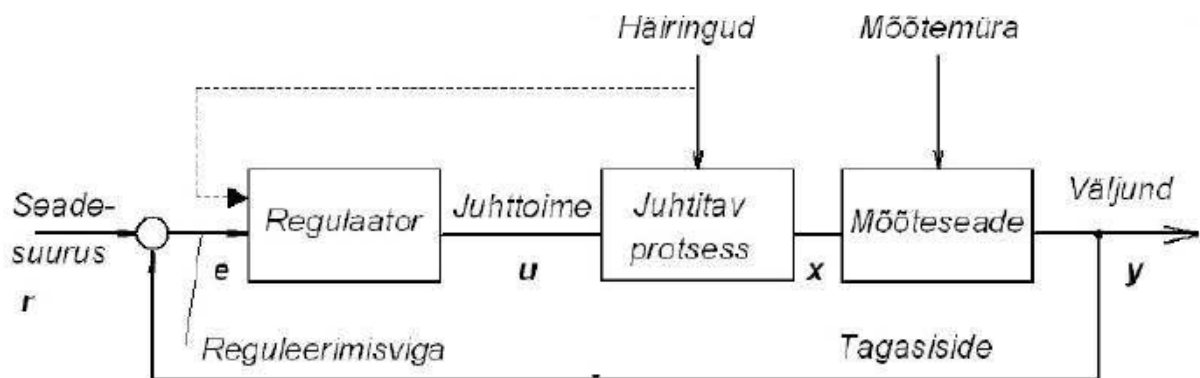
## Täitur

Küttekeha – transistor, vool muudetav 0 – 560 mA, võimsus vastavalt 0-8.4 W (toitepinge 15 V). 8-bitine DAC (vähim voolu muutus  $\approx 2$  mA) TLC5628 kasutusel koos voolugeneraatori/võimendiga.

## Kommunikatsioon

RS-232, pingemuundi (5 V -> 12 V) kontrolleri plaadil, ühenduse parameetrid: BaudRate – 115200, StopBits – 1, Parity – None, Handshaking – None.

Kasutusel RxD, TxD ja GND juhtmed.



Joonis 2. Suletud süsteemi plokk skeem

# Praktiline töö

## Praktikum 1

### Ülesanne 1

Programm HyperTerminal

Soojendusvoolu väärtus 200 mA. Reaalne väärtus oli mõõtmisel 197,3. Voolutugevuse mõõtmisel minuti jooksul iga 10s tagant olid temperatuuri väärtused.

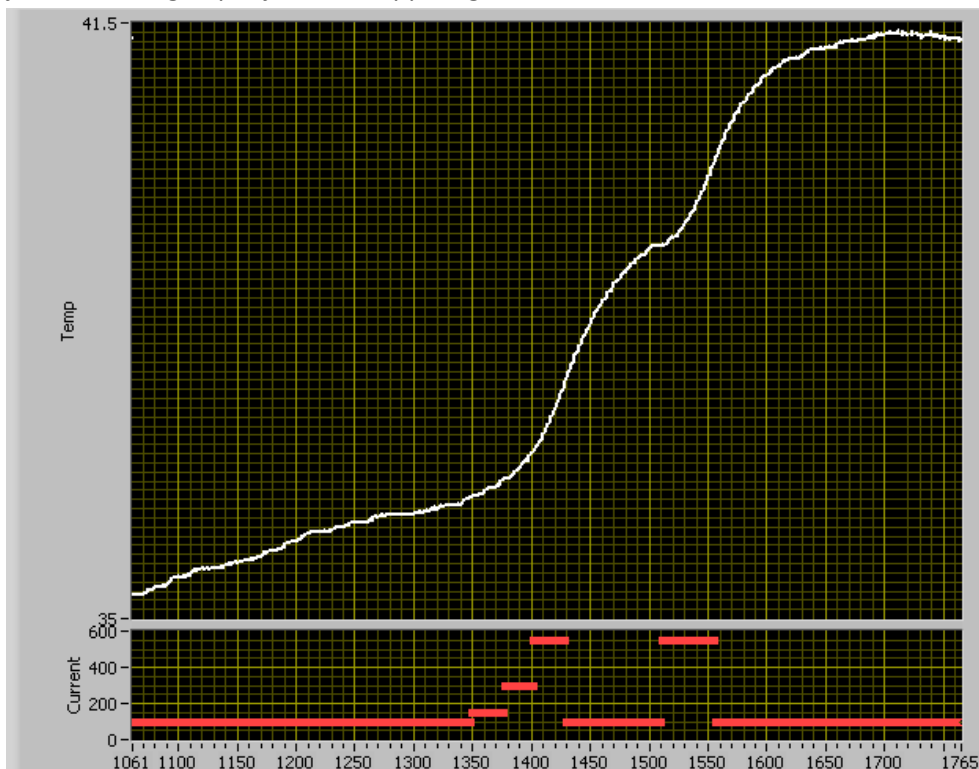
1. 27.45
2. 28.50
3. 29.43
4. 30.01
5. 30.62
6. 31.21

### Ülesanne 2

Programm: ts\_teststage.vi

Seaded: channel 0, current 100mA, MeasPeriod 500ms

Termostaat alustas soojenemist algtemperatuurilt 28,6. Tasakaaluolek saabus umbes 41.4 kraadi juures. Häiringud põhjustasid hüppeid graafikus.

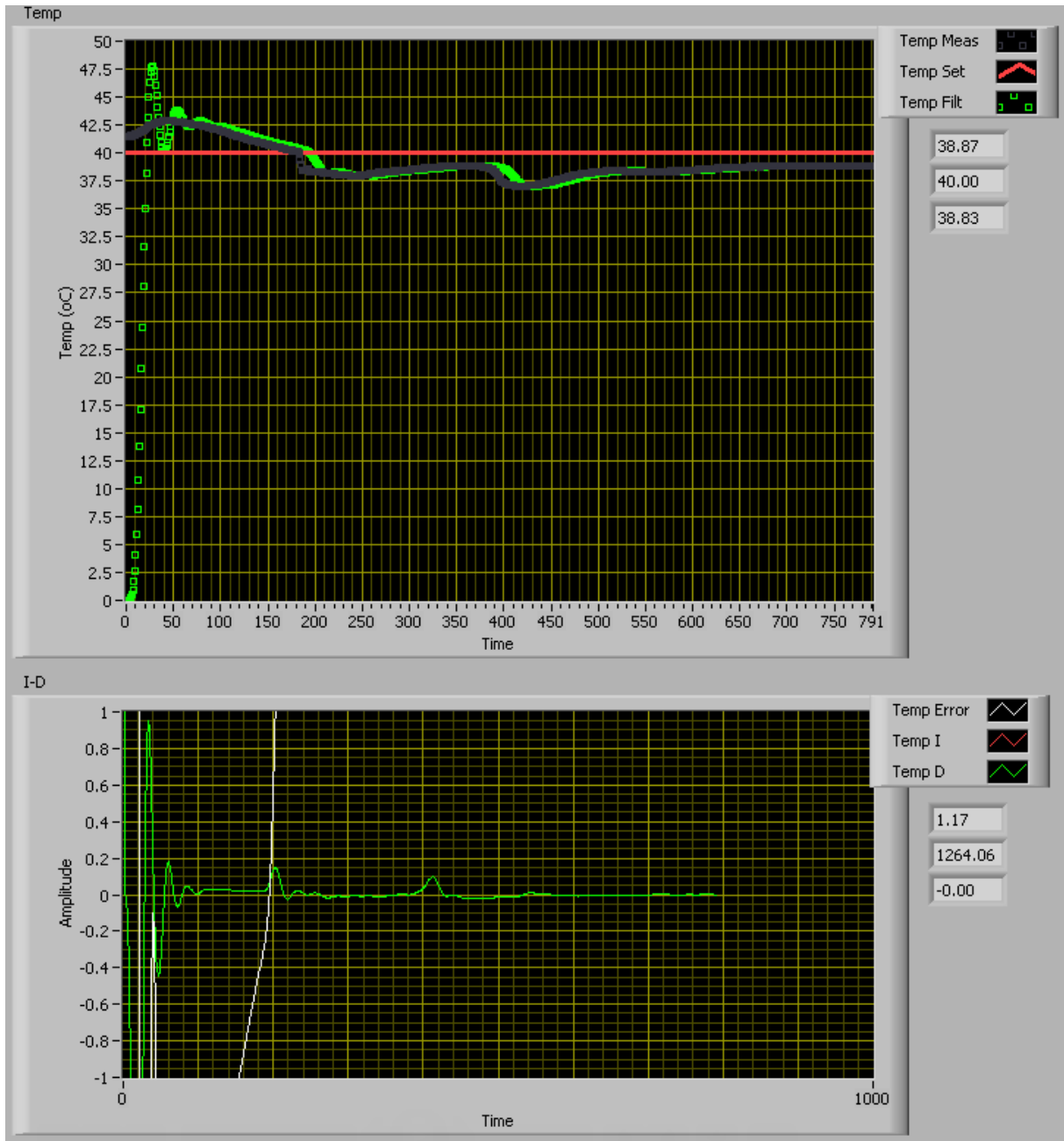


Joonis 3. Reageering häiritusele, tasakaaluasend.

Programm: ts\_pid-controller.vi

Seaded: channel = 0, setpoint = 40C, PGain = 1 W/C, IGain = 0, DGain = 0 W/C, MeasPeriod = 1000ms

Püsitalitusviga tuli 1.17 C. PGain 10 W/C juures süsteemi mingisse rahuolekusse ei jõudnud.



Joonis 4. Püsitalitusviga PGain 1W/C korral

## Praktikum 2

### Ülesanne 1

Ruumi temperatuur = 25.69 C.

Programm: ts\_teststage.vi

Seaded: current = 100 mA, MeasPeriod = 1000 ms.

Mõõteaeg kestis ~1000 s.

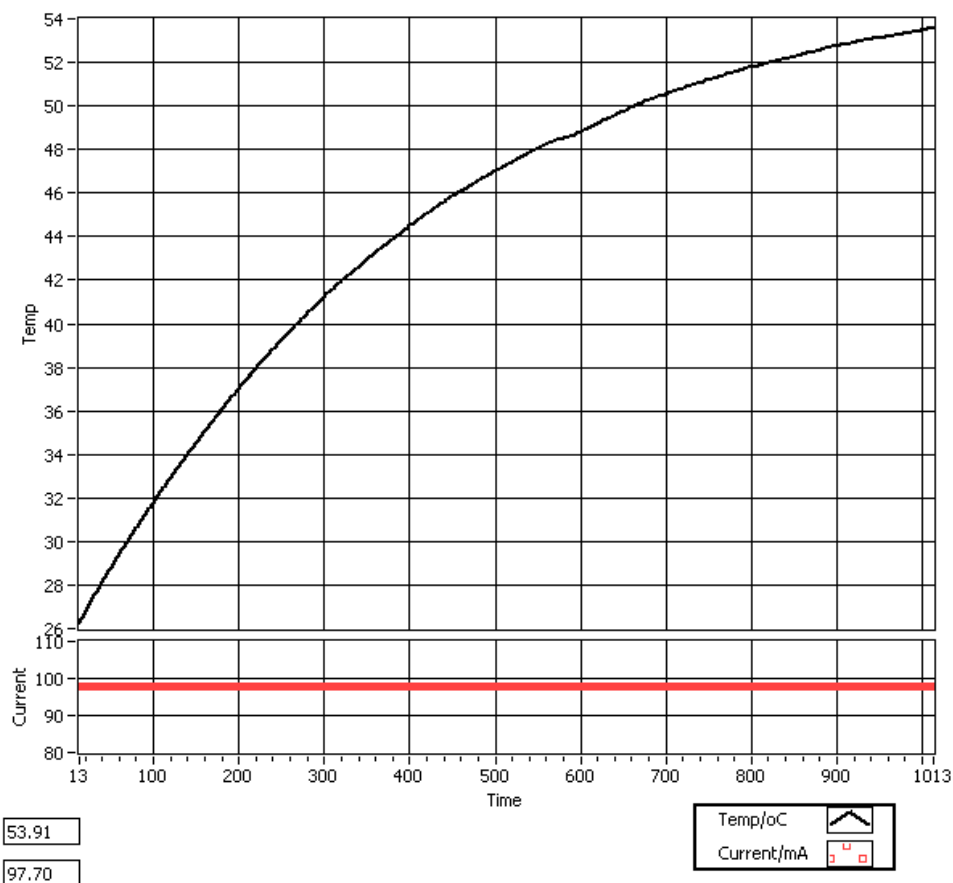
Tulemused:

Hilistumine ( $T_u$ ) = 5 s

Siirdeprotsessi kestus ( $T_g$ ) = 1000s

Tasakaaluolekule vastav temperatuuride vahe:  $53.91 - 25.69 = 28.22$ .

Juhitavus ( $T_u/T_g$ ) = 0.005



Joonis 5. Siire

## Ülesanne 2

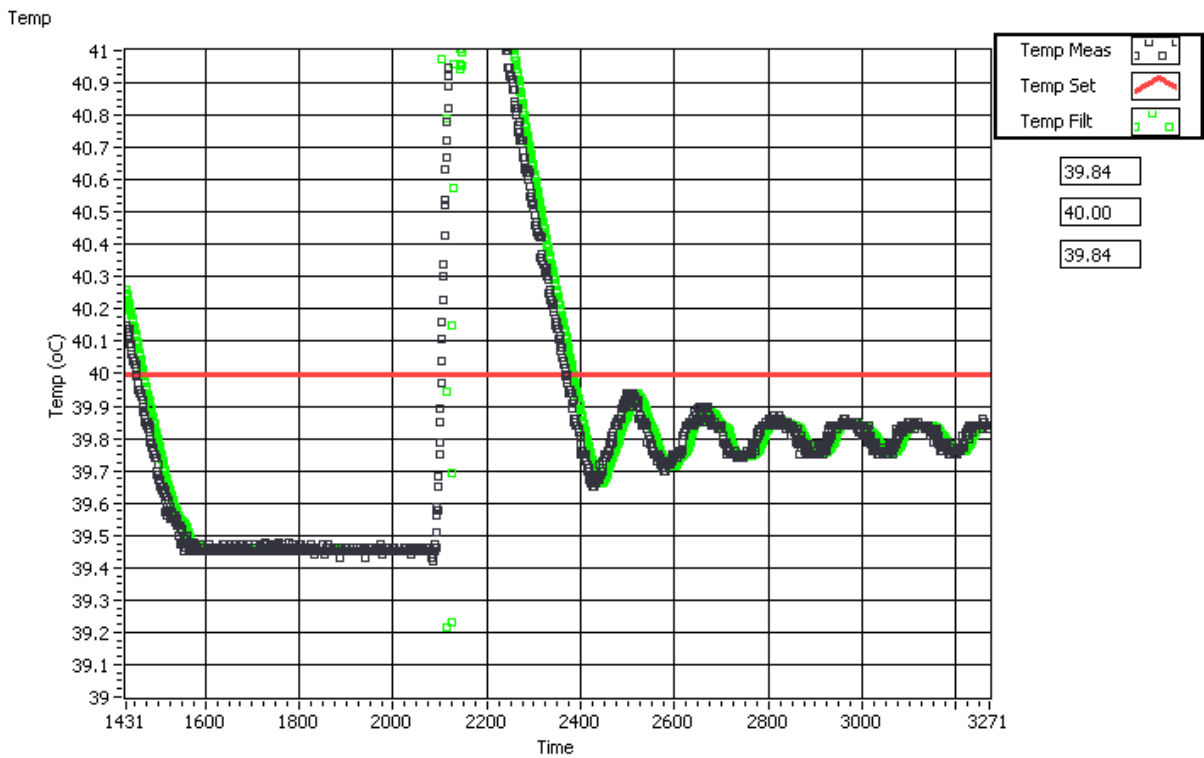
Programm: pid-controller.vi

Seaded: PGain = 1 W/C, SetPoint = 40 C, MeasPeriod = 250ms.

Tulemused:

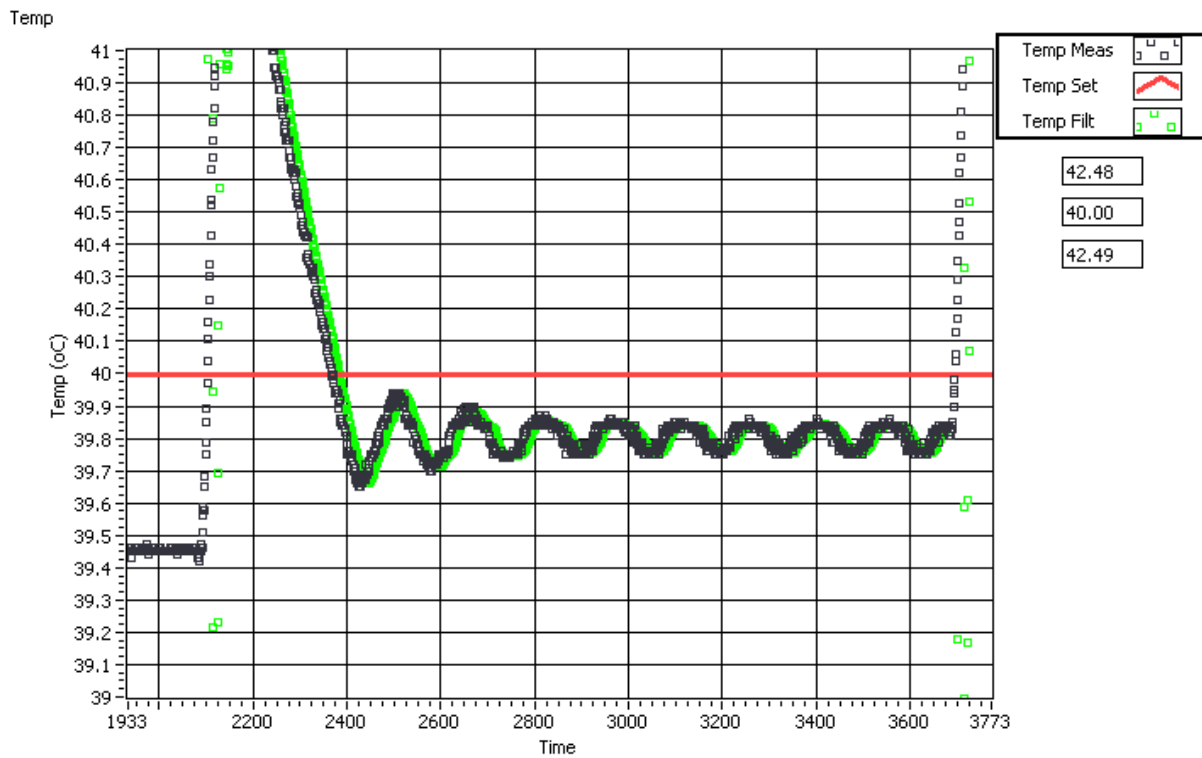
Püsitajitusviga (W/C)	Väärtus (C)
1	0.55
3	0.22
10	0.25

Kõikidel juhtudel ei saanud tasakaaluasend.



Joonis 6. PGain 1 ja 3





Joonis 7. PGain 10

### Ülesanne 3

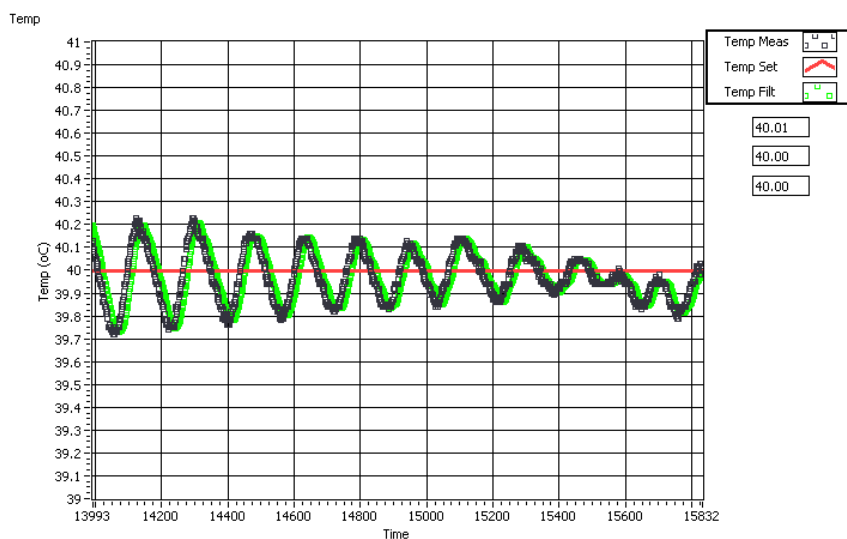
Programm: pid-controller.vi

Seaded: SetPoint = 40 C, MeasPeriod = 250 ms, DGain = 0 W/C.

Ülesandeks leida proportsionaalse ja integraalse osa kombinatsioon, mis hoiaks temperatuuri paigas 0.1 C täpsusega.

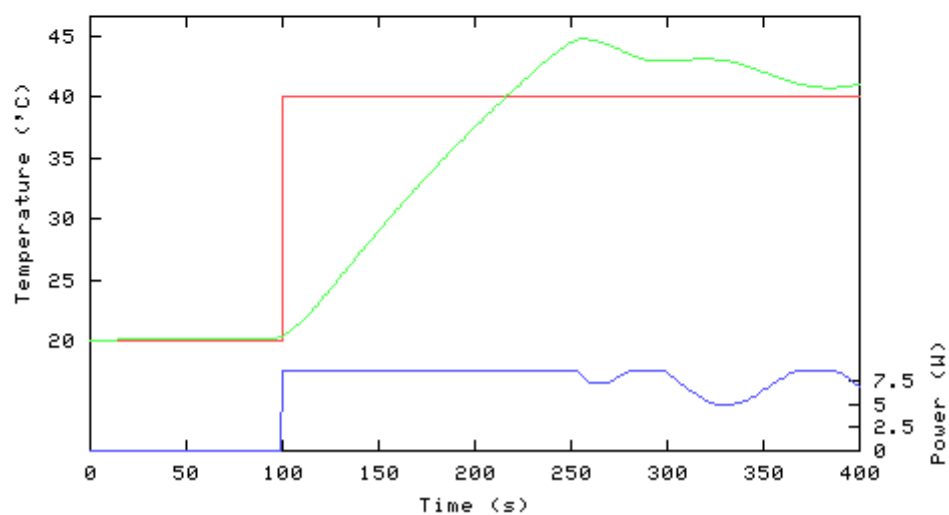
Kõige stabiilsemaks jäi süsteem seadetega:PGain = 5 W/C, IGain = 0.02 W/C

Joonis 8. Stabiilse oleku saavutamine



Simulatsiooni tulemused:

Model Parameters	Simulation Parameters	Controller Parameters
$T_e = 20$ °C	PID	$H = 1$ °C
$R_o = 7$ °C/W	Run for 400 s	$P = 4$ W/°C
$C_o = 38.8$ J/°C	$T_s = 20$ °C until 100 s	$I = 0.007$ /s
$C_h = 1$ J/°C	$T_s = 40$ °C after 100 s	$D = 2$ s
$R_{ho} = 10$ °C/W		$M = 8.7$ W
Sensor lag = 2 s	Noise = 5 °C/sqrt(Hz)	<input type="checkbox"/> Limit I?



#### Joonis 9. Simulaator

Järeldus: Võiks ju arvata, et süsteemi kindlal temperatuuril hoidmine on lihtne, kuid nagu ajast on näha, siis võttis täpsuse saavutamise aega peaaegu 16000 sekundit.