

2 Overenie činnosti jednotlivých častí kolóny

2.1 Opis zariadenia:

V kolone sa nachádzajú dva odporové teplomery. Pri čom jeden je umiestnený v spodnej časti kolóny, tesne nad varákom a druhý v hornej časti kolóny. Oba teplomery sú typu PT100. Pri svojej práci som používala iba spodný teplomer z dôvodu rýchleho reagovania na teplotu pár prechádzajúcich kolónov.

Používaným mediom bola voda, zabierajúca celý objem varáka.

Súčasťou kolóny sú aj analógové moduly, nazývajúce sa ADAM. Zabezpečujú komunikáciu s operačným programom GENIE. Sú napojené na počítač cez výstupný modul. Po spustení operačného systému počítača je potrebné tieto moduly detekovať pomocou špeciálneho softwaru, ktorý je súčasťou systému GENIE. Po detekcii ADAMOV a priradení komunikačných adries zariadeniam je kolóna pripravená na meranie.

Riadenou veličinou je teplota v spodnej časti kolóny. Riadim ju na základe výkonu špirál vo varáku. ADAMY zabezpečujú prepojenie snímacích a riadiacich členov s počítačom.

Dané analógové moduly sú to kompaktné inteligentné jednotky, ktoré majú zabudované mikroprocesorom riadené integrované prevodníky. Vstupné moduly ADAM 4013 majú priamo upravené vstupy na snímanie teploty z odporových teplomerov. Počítač je spojený s akčnými členmi cez výstupný modul ADAM 4021, ktorý digitálny signál z počítača konvertuje na signál analógový.

Moduly ADAM pracujú v prostredí RS 485, ktoré spĺňa niektoré špecifické požiadavky, ako je napr. komunikácia na veľké vzdialenosti, ľahké vytváranie sietí, minimalizácia šumov a iné. Pokiaľ pracuje v tomto prostredí aj počítač, moduly sa priamo na neho napoja.

Všetky moduly sú napojené zdrojom 24V napätia.

2.2 Odporové teplomery:

Teplomery prostredníctvom analógových modulov komunikujú s počítačom.

Teplomer —————→ ADAM —————→ GENIE

V operačnom systéme GENIE sa teplomery nachádzajú pod adresami modulov ADAM.

Teplomer v spodnej časti kolóny sa nachádza pod adresou ADAM 4013 COM1 Address=6 Dec. Po zadaní tejto adresy v dialógovom okne budem snímať žiadanú teplotu v spodnej časti kolóny.

3 Všeobecný opis riadiaceho operačného systému GENIE

3.1 Opis operačného systému Genie

Operačný systém GENIE je softvér vytvorený pre IBM osobné počítače a kompatibilné pracujúce pod Windows. Genie umožňuje počítaču plniť funkcie, ako napr. simuláciu, grafické navrhovanie, získavanie dát z realného procesu a riadenie procesu.

GENIE pozostáva z dvoch modulov:

1, GENIE Strategy editor/Display editor

2, GENIE Runtime

3.1.1 GENIE Strategy editor

Je prostredie, v ktorom sa vyvíjajú riadiace stratégie. Jeho dôležitou súčasťou je panel nástrojov (toolbox) obr. 1, ktorý obsahuje bloky. Bloky sú základným prvkom konštrukcie procesu. Pomocou jednotlivých blokov, môžeme zostaviť danú riadiacu schému pre daný riadiaci proces.



Obr. 1 Panel nástrojov Stratgy editora

Popis súčastí panela nástrojov strategického editora :



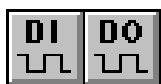
sa používa ako nástroj pre editáciu schémy



sa používa na spájanie jednotlivých blokov



ikona typu analógový vstup, resp analógový výstup



ikony typu digitálny vstup, resp. výstup



daná ikona sa používa na tvorbu vlastných programov



dané ikony sa používajú na čítanie resp. zápis údajov do súboru a to buď vo forme textu alebo ASCII



ikona charakterizujúca regulátor typu Zapnúť/ Vypnúť



ikona predstavuje regulátor typu ON/OFF



ikona charakterizujúca PID regulátor. V jej dialógovom okne je možné nastaviť parametre PID regulátora.



ikona pomocou ktorej sa dajú jednotlivé signály medzi sebou sčítať, odčítať, násobiť a deliť



sa používa na meranie teploty



ikona používaná na meranie času

Ostatné ikony z daného panelu nástrojov sa používajú pre znázorňovanie signálov v rastovom grafe a pod.

Zostavenie schémy:

Zostavenie danej schémy je jednoduché. Kliknutím na danú ikonu panelov nástrojov si túto ikonu vyberieme a prenesieme na pracovnú plochu strategického editora, kde ju kliknutím umiestnime. Dvojitým kliknutím na ikonu sa nám objaví dialógové okno, v ktorom zadefinujeme jednotlivé parametre. Bloky sa medzi sebou spájajú pomocou logických spojov – vizuálne čiary, ktorých šípky vyznačujú smer signálu. Jednou z najdôležitejších ikon v paneli nástrojov Strategy editora je ikona Display editor obr.2, ktorý vytvára prepojenie medzi Strategy a Display Editorom.



Obr.2 ikona Display editora

3.1.2 GENIE Display editor

Predstavuje ako keby testovacie zariadenie. Display editor obsahuje panel nástrojov podobne ako strategický editor. Výber a umiestnenie ikony na plochu Display editora je rovnaké ako v Strategickom editore. Dvojitým kliknutím na ikonu sa nám objaví dialógové okno v ktorom sa zadávajú rôzne parametre použitia. Pre profesionálnejší vzhľad Display editora je možné na pozadie umiestniť obrázok charakterizujúci daný proces.



Obr. 3 Panel nástrojov Display editora:

V danom paneli sa nachádzajú ikony typu ako napr. vloženie grafu závislosti akčnej veličiny od času, vloženie interaktívneho tlačidla pomocou ktorého je možné meniť výkon resp. teplotu. Dalej ikony ako vloženie textu do pracovného prostredia Display editora a LED indikátorov.

3.1.3 GENIE Runtime

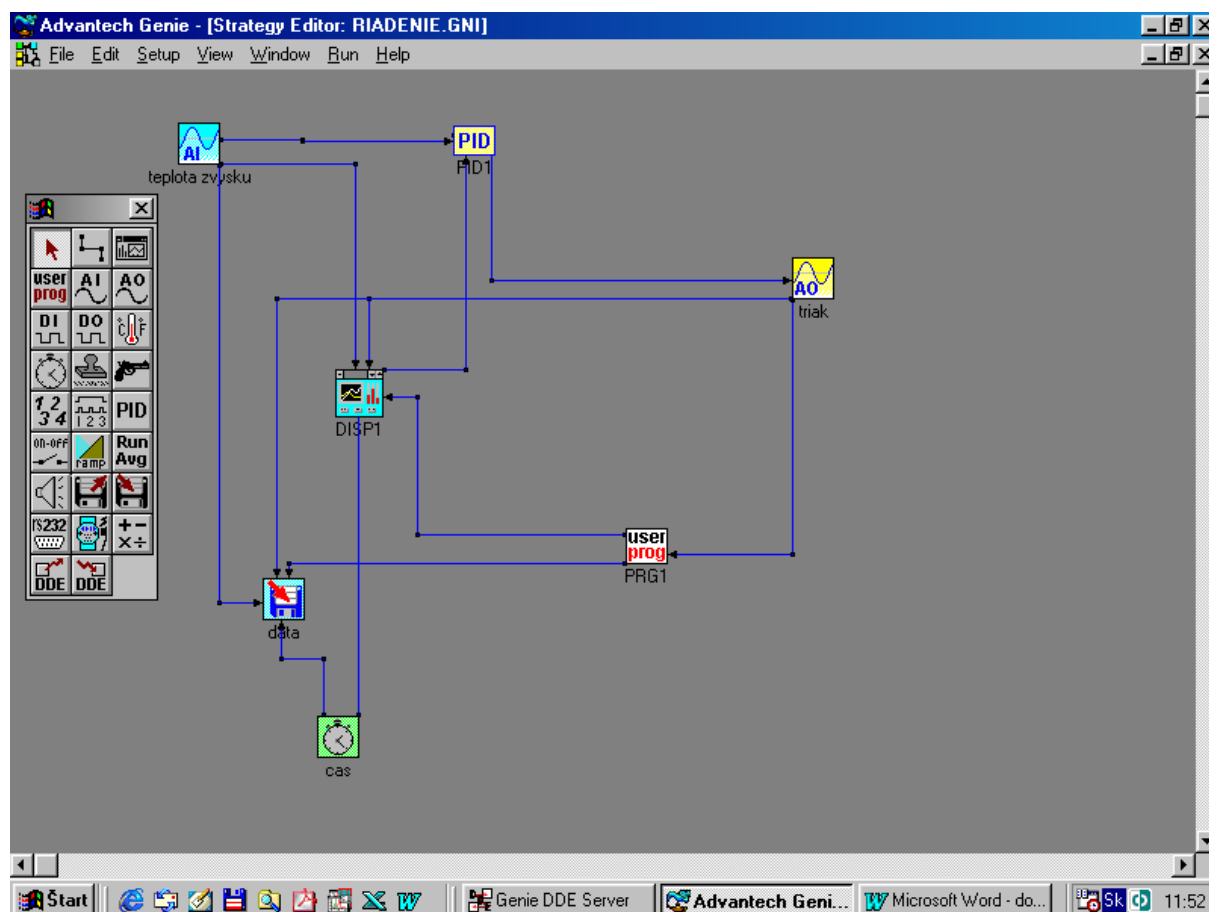
Pracuje v reálnom čase operačného systému WINDOWS. Umožňuje sledovanie a riadenie procesu, spracovávanie dát pomocou štandardných alebo užívateľom definovaných funkcií a archivovanie procesných veličín.

GENIE Runtime sa spúšťa automaticky pri spustení programu GENIE. Po vytvorení schémy a jej následnom uložení, pristupujem k jeho spusteniu kliknutím na tlačidlo Run v menu programu.

Tlačidlová lišta GENIE Runtime pozostáva z viacerých ponúk, ako sú: spustenie stratégie(Start), zastavenie(Stop), manipulácie s oknami a súbormi. Obsahuje i pomocníka online pre riešenie problémov.

3.2 Navrhnutá schéma riadenia teploty:

Cielom mojej práce bolo riadiť teplotu tesne nad varákom. Na riadenie danej teploty som zvolila PID regulátor. Celú schému som zostavila na princípe spätnoväzbového riadenia. Mnou navrhnutá schéma je na obr.4.



Obr.4 Navrhnutá schéma riadenia teploty

3.3 Opis navrhnutej schémy:

Ako prvú som použila ikonu analógový vstup, ktorú som nazvala teplota zvyšku. Po dvojitém kliknutí na danú ikonu sa mi objavilo dialógové okno obr.5, v ktorom som nastavila príslušnú adresu, na čítanie teploty tesne nad varákom. Daná adresa je ADAM 4013 COM11 Address=64

Analog Input Block

Tag: AI1 Description: teplota zvysku

Device: 2:ADAM 4013 COM1 Address=64 Dec.

Channel: 0

Input Range:

Exp. Channel:

Board ID:

OK Cancel Help Scaling

☐ Establish DDE Link Update Rate: 1

Obr.5 Dialógové okno ikony analógový vstup

Ako druhú som použila ikonu Display editor. Dvojklikom na danú ikonu sa mi zobrazil pracovný priestor Display editora. Z ponuky panelu nástrojov som preniesla do pracovného priestoru interaktívne tlačidlo pomocou ktorého som zadávala žiadanú hodnotu teploty.

Výstup z ikôn Display editora a analógového vstupu som priviedla do PID regulátora. Po dvojitom kliknutí na túto ikonu sa mi objavilo dialógové okno danej ikony obr.6.

PID Control Block

Tag: PID1 Description: PID1

Gain (P): 64. High Clamp: 20.

Reset (I): 0. Low Clamp: 4.

Rate (D): 0. Setpoint:

Feedback from block:
AI1 : teplota zvysku

Dynamic setpoint from block:
NCTL1 :

OK Cancel Help

Obr.6 Dialógové okno ikony PID regulátora

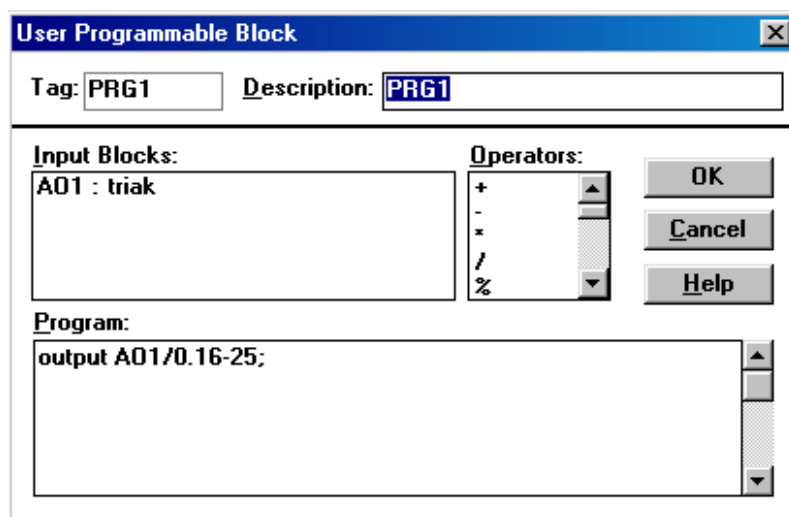
V dialógovom okne PID regulátora som zadefinovala limit použitia regulátora, vstup akčnej a žiadanej veličiny. Limit predstavuje horná a dolná hranica, horná predstavuje hodnotu 20 a dolná 4. Daný limit som musela prispôbiť obmedzeniu výkonu varáka, ktorý bol schopný dodať výkon od 4 do 20 mA. Akčnú veličinu predstavuje hodnota aktuálnej teploty predstavujúca spätnú väzbu feedback.

Výstup z PID regulátora smeroval do ikony analógového výstupu. V danom dialógovom okne ikony analógového výstupu som nastavila adresu príslušnú na čítanie hodnôt výkonu varáka. Jej výstup som nasmerovala do Display editora. Do pracovného priestoru Display editora som následne k interaktívnemu tlačidlu pridala ikonu grafu časového priebehu od aktívnej veličiny. Kde som v jeho dialógovom okne vyznačila za aktívnu veličinu výkon varáka. Týmto postupom som zostavila graf závislosti výkonu od času.

Dané už spomínané zapojené ikony sú princípálne zapojené na účel spätnoväzbového riadenia. Tvoria základ celej schémy.

Užívateľský program

V dialógovom okne užívateľského programu obr.7 som zadefinovala prepočet výkonu varáka z mA na percentá výkonu. Môj dôvod na zavedenie prepočtu je pre prehľadnejšie stvarenie výkonu varáka.



Obr.7 Dialógové okno ikony užívateľského programu

Ukladanie dát

Do pridanej ikony uložiť som priviedla výstupy z ikôn užívateľského programu, merania času a teploty. V dialógovom okne obr.8 som zadefinovala meno súboru, do ktorého sa dané údaje budú ukladať. Následne som nastavila typ, v akom sa budú zapisovať a metódu opätovného zápisu.

Pri nastavení typu zapisovaných údajov je možné zvoliť zapisovanie v dvojkovej, desiatkovej ale aj v kódach ASCII kóde. Pre svoj účel som použila ukladanie v ASCII kóde, pretože sa ľahko spracúvajú.

Log File Block

Tag: LOG1 Description: data

File Name: C:\GENIE\HLADIK~1\POKUS1.LOG Browse...

Storage Type: ASCII Update Method: Overwrite Delimiter: Space

Comments: (For ASCII file only)

Col No.	Input
1	ET1:cas
2	AI1:teplota zvysku
3	PRG1:PRG1
4	AO1:triak

(Double click to change column number.)

File Control from:

OK Cancel Help Options... Advanced...

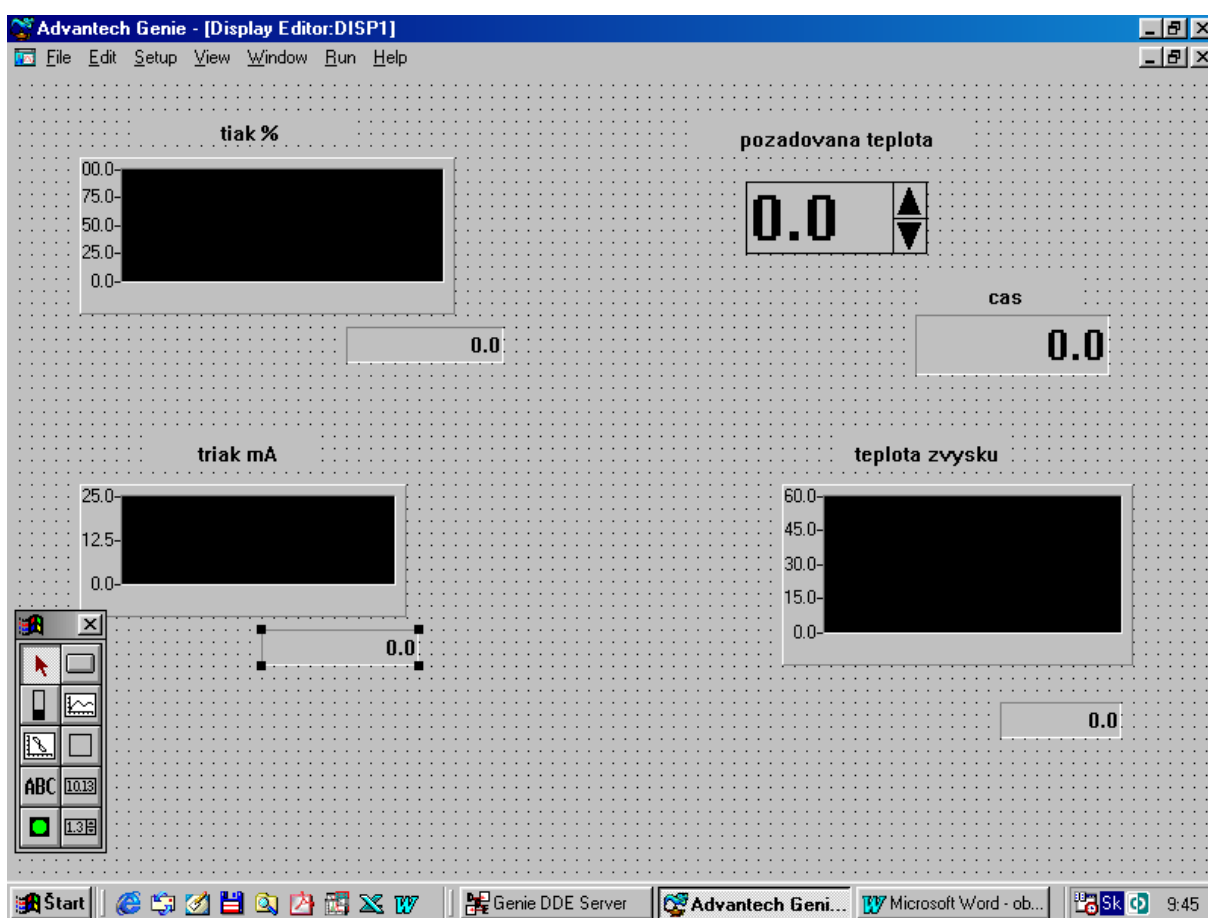
Obr.8 Dialógové okno ikony uložiť

3.4 Vizuálna stránka programu

V pracovnom prostredí Display editora som nadizajnovala daný projekt, resp. schému vytvorenú v strategickom editore. Súčasťou schémy je už spomínané interaktívne tlačidlo a graf závislosti teploty od času. Ďalej sú to ďalšie dva grafy, jeden predstavuje závislosť výkonu v mA od času a druhý časovú závislosť výkonu varáka v % ($P[\%] = f(t)$)

Zobrazenie mnou navrhutej schémy v Display editore je na obr.9.

Do display editora som pridala i ukazovatele číselnej hodnoty teploty, času, výkonu varáka v mA a výkonu v %.



Obr.9 Navrhnutá schéma v Display editore

Postup riadenia:

Mojim cieľom bolo riadiť teplotu tesne nad varákom pomocou PID regulátora. Celé riadenie som uskutočňovala regulátorom iba typu P, čiže regulátorom s proporcionálnou zložkou a zosilnením Zr. Reguláciu teploty som prevádzkala pri rôznych hodnotách zosilnenia Zr, získaných z výpočtov pre daný systém. Merala som v rozsahu teplôt 18 až 40 °C.

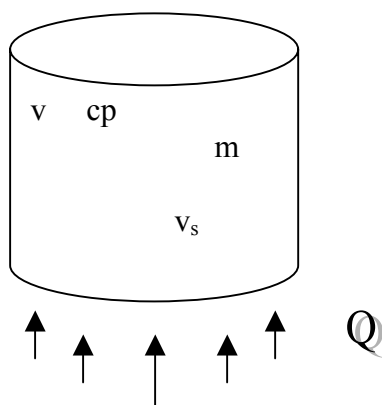
4 Výpočet

4.1 Popis a bilancia systému:

Uvažujem varák naplnený po celom svojom objeme vodou. Jeho vstupnou veličinou je počiatočná teplota, čiže teplota ešte pred ohrevom. Stavovú veličinu predstavuje teplota ohrievanej vody vo varáku. Konštantnými parametrami sú hmotnosť vody, tepelná kapacita a teplo dodávané do systému.

Poznámka:

Teplota snímaná je však tesne nad varákom a nie priamo z vody vo varáku. Preto pre bilanciu môjho systému budem brať ako snímanu teplotu priamo z kvapaliny.



v_s – počiatočná teplota [°C]

v – aktuálna teplota

m – hmotnosť vody [kg]

cp – tepelná kapacita [KJ/kgK]

Q – teplo dodávané do systému [KW]

4.2 Samotný výpočet:

Entalpická bilancia:

$$Q = m \cdot c_p \cdot (dv/dt)$$

Dynamický matematický model je lineárny, takže ho netreba linearizovať.
Pre tvorbu lineárneho odchytkového modelu zavediem odchytkové veličiny.

Tvorba odchytkových veličín:

$$(v - v_s) = x(t) \quad (Q - Q_s) = u(t)$$

Rovnica opisujúca dynamiku ma potom tvar:

$$u(t) = m \cdot c_p \cdot (dx/dt) + \dots$$

Výstupnou veličinou je teplota vo varáku v , vzťah medzi odchytkovou výstupnou a odchytkovou stavovou veličinou predstavuje rovnica:

$$y(t) = x(t)$$

Následne môžeme napísať:

$$u(t) = m \cdot c_p \cdot (dy/dt)$$

Laplasova transformácia:

$$U(s) = m \cdot c_p \cdot Y(s)$$

Prenos:

$$G = Y(s)/U(s) = 1/(m \cdot c_p \cdot s) = 1/T \cdot s = 1/(64,44 \text{ s})$$

Výpočet T konstanty:

$$T = m \cdot c_p \quad T = 15,34 \cdot 4,187 = 64,44 \quad T \text{ [KJ / K]}$$

Rozmery varaka:

$$v(\text{výška}) = 0,25 \text{ m}$$

$$r = 0,14 \text{ m}$$

Objem varaka:

$$V = \pi \cdot r^2 \cdot v$$

$$V = \pi \cdot 0,14^2 \cdot 0,25$$

$$V = 0,1539 \text{ m}^3$$

Hmotnosť vody:

$$m = \rho \cdot V$$

$$m = 0,01539 \cdot 997$$

$$m = 15,34 \text{ kg}$$

$$C_p(\text{vody}) = 4,187 \text{ KJ/kg} \cdot \text{K}$$

$$\rho(\text{vody}) = 997 \text{ kg/m}^3$$

Navrh regulatora pri spätnoväzbovom riadení metódou umiestnenia polov:

$$G(s) = 1/(64,438s)$$

$$G_r(s) = Z_r$$

Prenos žiadanej veličiny (prenos riadenia) :

$$G = Y(s)/W(s) = (G(s) \cdot G(R)) / (1 + G(s) \cdot G(R))$$

$$G = ((Z_r / 64,44s)) / (1 + (Z_r / 64,44))$$

$$G = Z_r / (64,44s + Z_r)$$

Charakteristická rovnica:

$$64,44s + Z_r = 0$$

Uprava CHR pre výpočet:

$$\begin{aligned} 64,44s + Z_r &= 0 \quad /64,44 \\ s + Z_r / 64,44 &= 0 \end{aligned}$$

Charakteristická rovnica 1. stupňa má len 1 pól s_1 . Pomocou tohto pólu CHR URO môžeme napísať v tvare:

$$s - s_1 = 0$$

Porovnaním koeficientov na ľavej a pravej strane rovnice dostanem:

$$\begin{aligned} s + Z_r/64,44 &= s - s_1 \\ Z_r/64,44 &= -s_1 \\ Z_r &= -s_1 \cdot 64,44 \end{aligned}$$

Pól URO zvolím pomocou pólu riadeného procesu, $G_s = 1/64,44s$. Získam ho riešením rovnice.

Riešenie rovnice:

$$\begin{aligned} 64,44s &= 0 \\ s &= 0 \end{aligned}$$

Pólom riadeného procesu je 0. Na to, aby URO bol rýchlejší než riadený proces a stabilný som volila pól URO na reálnej osi vľavo od pólu riadeného procesu.

Voľba pólov URO:

1, Ako prvú som zvolila hodnotu $s_1 = -0,5$.

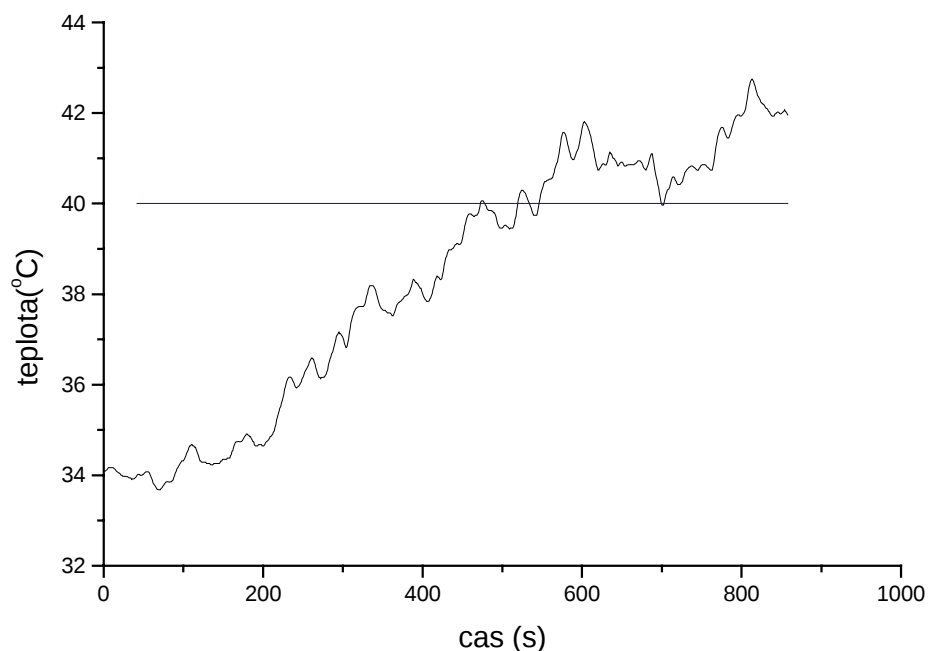
$$\begin{aligned}Z_r &= -s_1 \cdot 64,44 \\Z_r &= -(-0,5) \cdot 64,44 \\Z_r &= 32,2\end{aligned}$$

Rovnakým spôsobom som vyrátala ďalšie zosilnenia regulátora Z_r pre ďalšie zvolené hodnoty pólu.

$$2, s_1 = -1 \quad Z_r = 64,4$$

$$3, s_1 = -5 \quad Z_r = 322,2$$

5 Technická časť

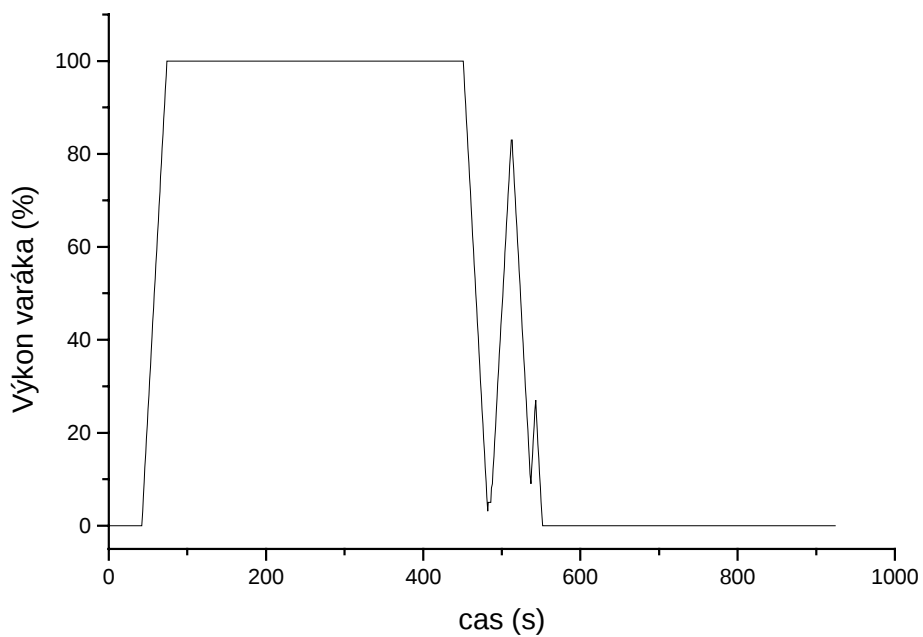


Obr.10 Časový priebeh teploty pri zosilnení $Z_r = 32,2$

Daný priebeh som namerala pri nastavení regulátora so zosilnením $Z_r = 32,2$. Počiatočná teplota bola 34 °C. Za žiadanú hodnotu teploty som zvolila teplotu 40 °C.

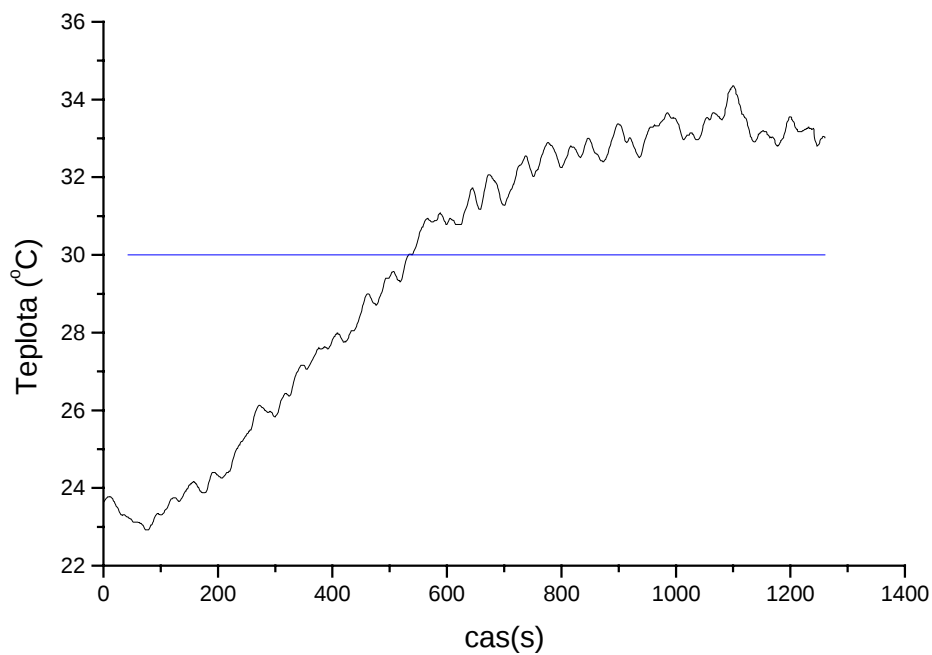
Po zadaní žiadanej hodnoty začal varák kúriť. Pri jej dosiahnutí vypol a zase naopak, pri jej poklese pod žiadanú hodnotu začal kúriť. Celý proces, čiže činnosť varáka reguloval regulátor. Proces regulácie výkonu varáka na dosiahnutie žiadanej teploty je stvárnený na obr.11.

Po ustálení mi konečná teplota kmitala okolo hodnoty 42 °C. Získala som tým teplotu vyššiu o 2 °C ako požadovanú. Kmity teplôt neboli veľmi časté.

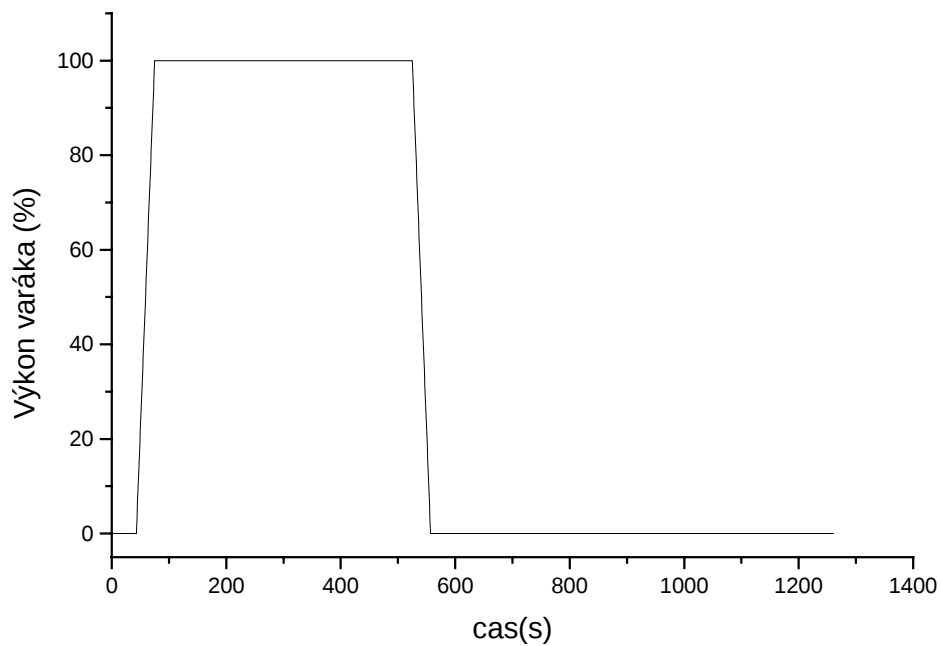


Obr.11 Výkon varáka (%)

Pri nastavení zosilnenia regulátora na hodnotu $Z_r = 64,4$ som získala priebeh znázornený na obr.12. Počiatočná teplota bola nad $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ a žiadaná $30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Ustálená teplota kmitala okolo hodnoty $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. Získala som tým teplotu o $3\text{ }^{\circ}\text{C}$ väčšiu ako požadovanú. Výkon varáka pre daný systém je znázornený na obr.13.

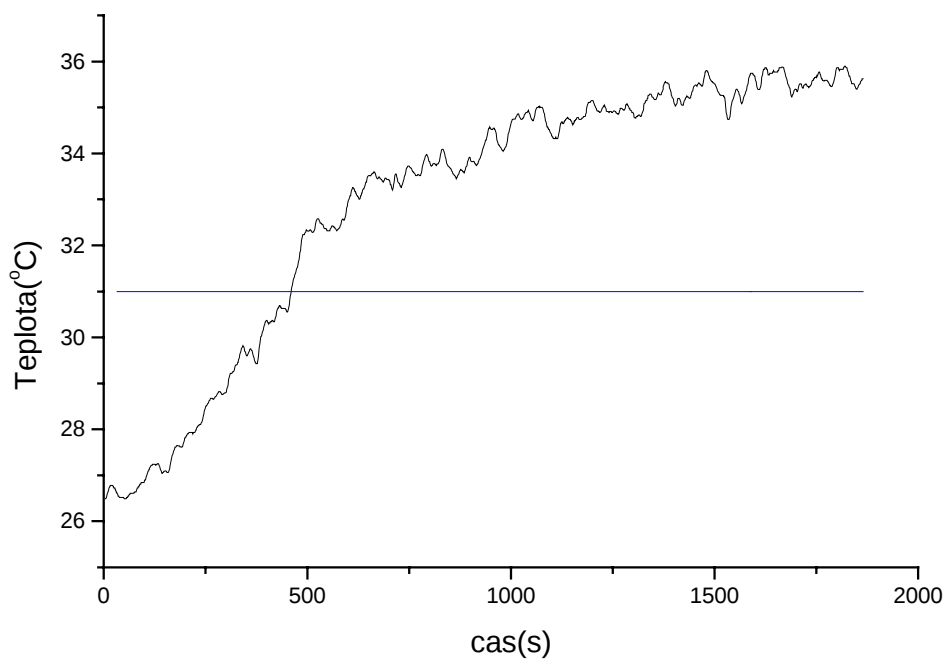


Obr.12 Časový priebeh teploty pri zosilnení $Z_r = 64,4$

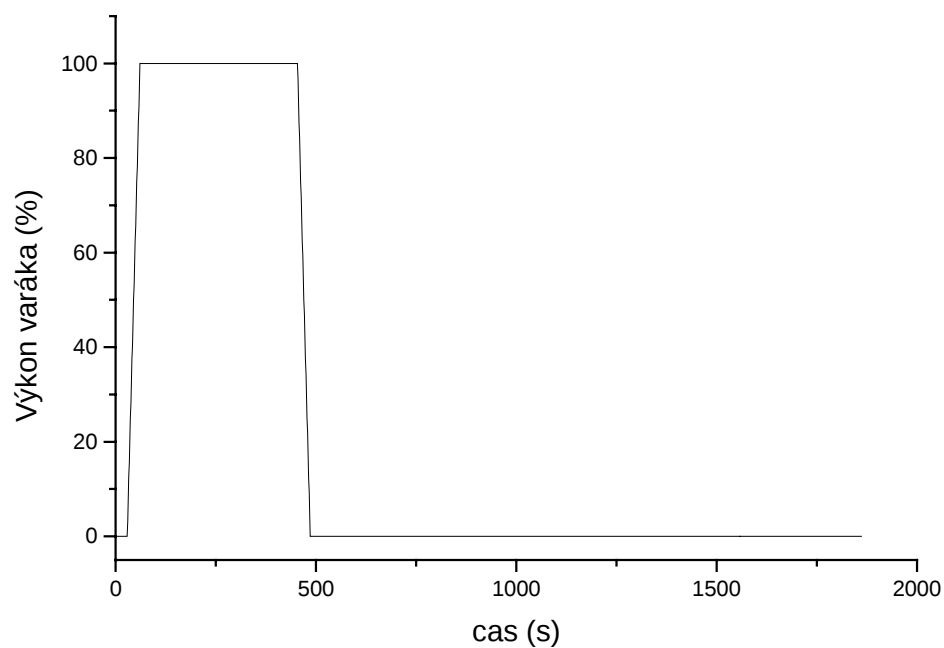


Obr.13 Výkon varáka pri Zr = 64,4

Priebeh teploty pre zosilnenie Zr = 332,2 je na obr.14 a výkon varáka na obr.15. Počiatočná teplota bola 26,5 °C a zvolená žiadaná 31 °C . Ustálená teplota kmitala okolo hodnoty 35,3 °C, v rozmedzí teplôt 1 °C. Kmity teplôt boli častejšie ako v predchádzajúcich priebehoch teplôt.



Obr.14 Časový priebeh teploty pri zosilnení Zr = 322,2



Obr.15 Výkon varáka pri $Z_r = 322,2$

Na základe jednotlivých priebehov pre rôzne zosilnenie som zistila, že pri silnejšom zosilnení boli kmity ustálenej teploty častejšie ako pri regulácii s nižším zosilnením. A taktiež hodnota ustálenej teploty bola bližšie ku žiadanej hodnote. Ako vidieť i z jednotlivých priebehov. Pri zosilnení $Z_r = 32,2$ bola regulačná odchylka teploty okolo 2°C , pre $Z_r = 64,4$ bola okolo 3°C a nakoniec pre $Z_r = 322,2$ okolo $4,3^\circ\text{C}$.

6 Záver

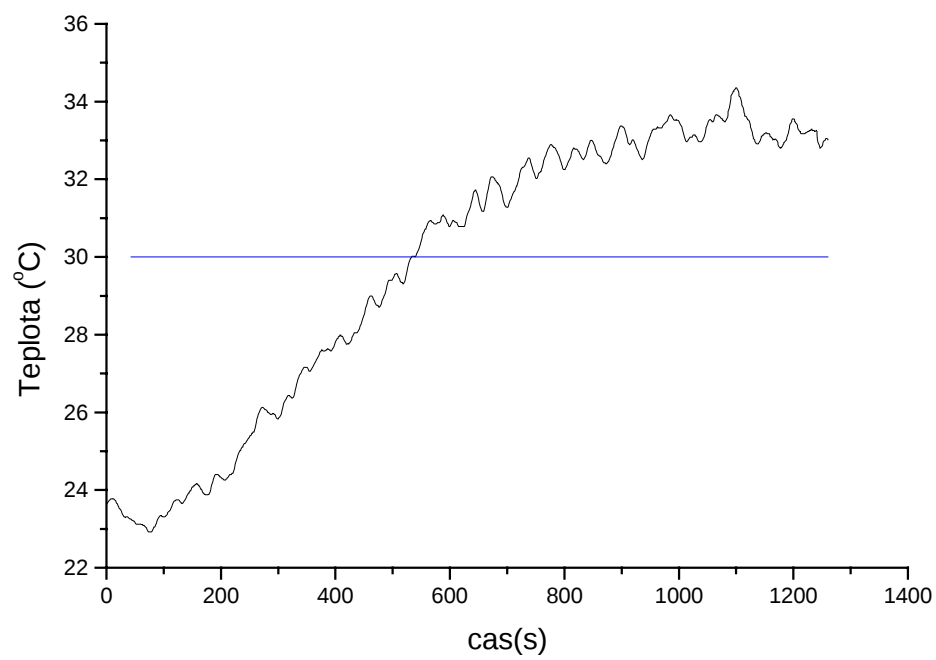
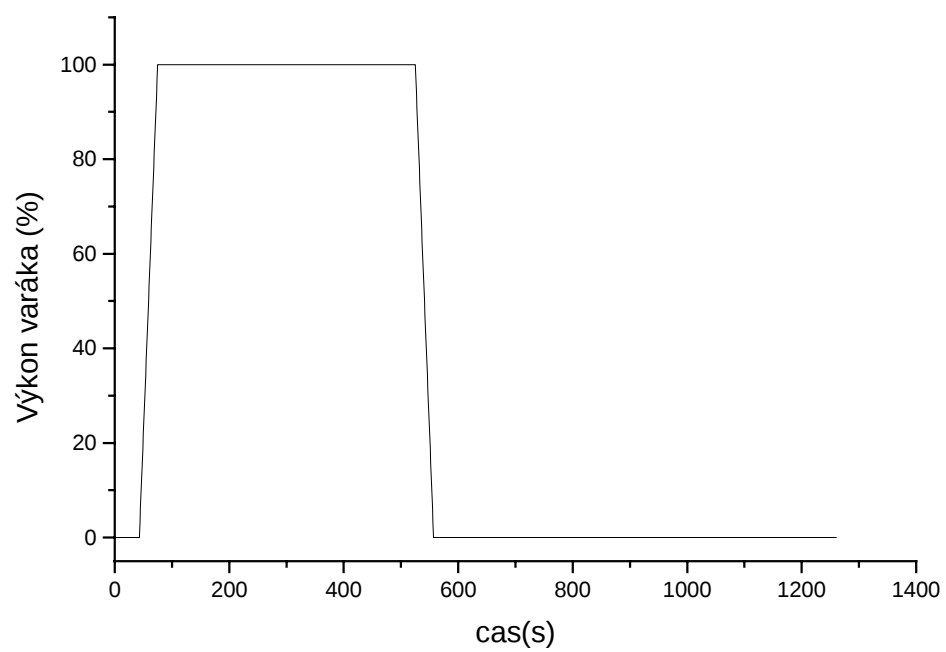
Cielom môjho projektu bolo navrhnuť schému na riadenie teploty s použitím PID regulátora a pomocou neho riadiť teplotu. Teplotu som regulovala regulátorom typu P. Merala som priebeh teplôt pri rôznych zosilneniach P regulátora. Z jednotlivých prechodových charakteristík a ich vzájomným porovnávaním som určovala vhodnosť použitia regulátora daného typu.

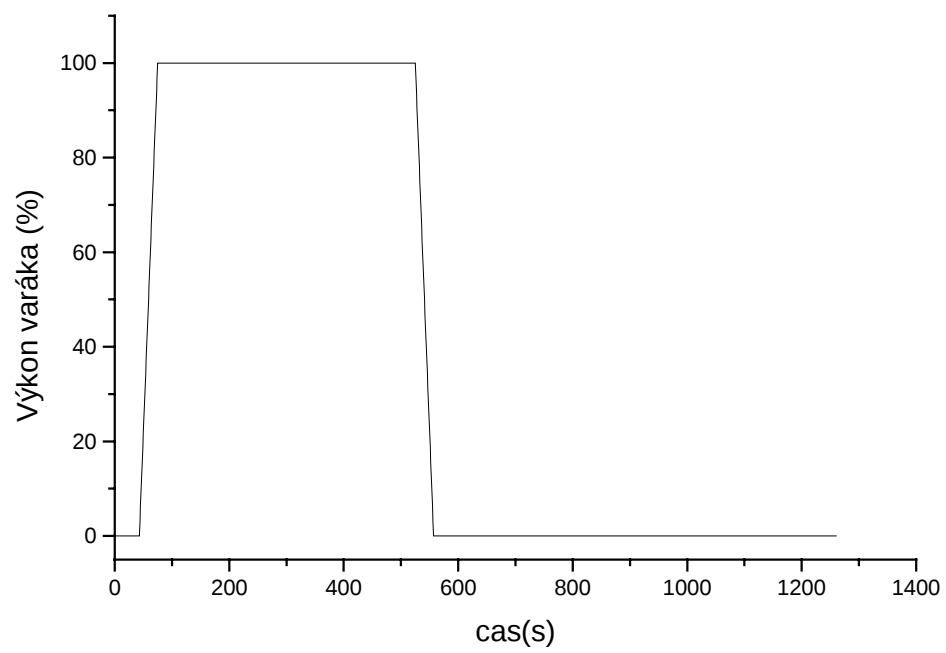
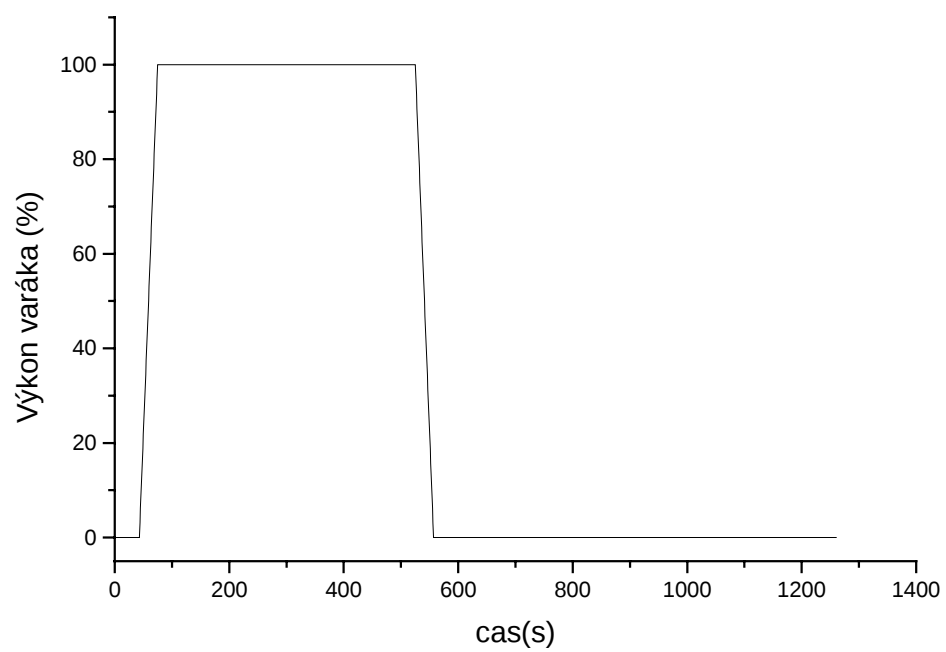
Na problém, na ktorý som narazila pri meraniach časových priebehov bol problém miešania. Nádobu varáka mala veľký objem, ktorý bolo ťažké vyhriať na požadovanú teplotu. Kmitanie teploty pri jej náraste bolo spôsobené nedostatočným premiešavaním média vo varáku, čo bolo dôsledkom lokálneho prehrievania média varáku. So zvyšovaním teploty sa kmitanie zmenšovalo.

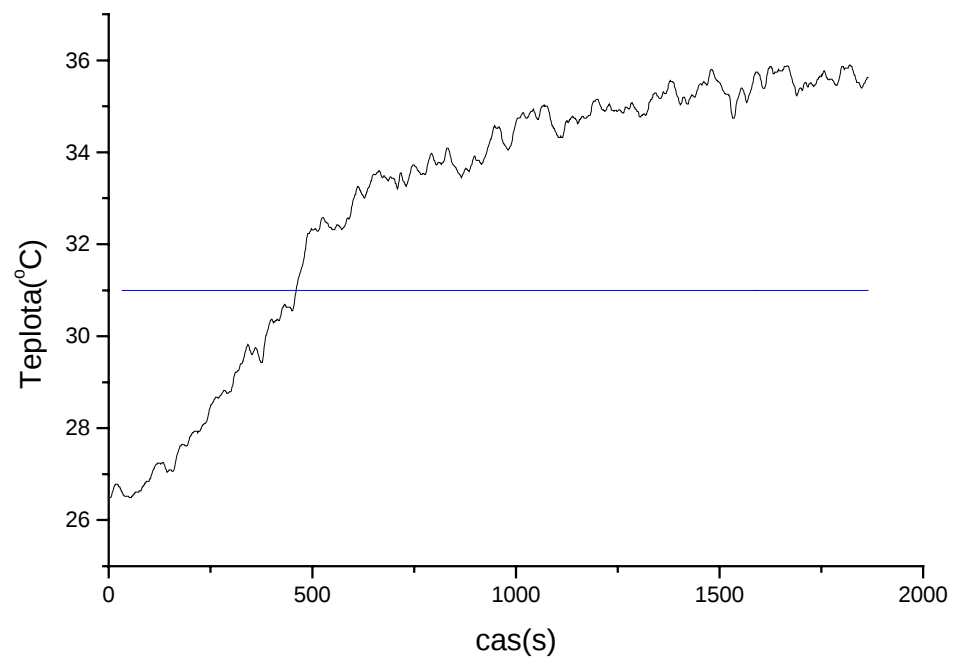
Na priebeh kmitov malo vplyv i neprítomnosť chladenia. Teplota sa nemenila spojitou, ale stále kmitala. Na kmity takiež vplývalo umiestnenie teplomera tesne nad varákom a nie priamo v kvapaline.

Porovnaním jednotlivých charakteristík som prišla k záveru, že je lepšie použiť regulátor typu P s nižšou hodnotou zosilnenia. Odôvodňujem to tým, že pri vyšších hodnotách zosilneniach som získala vyššie regulačné odchylky. Tým vlastne i oveľa vyššie hodnoty teploty ako sú požadované.

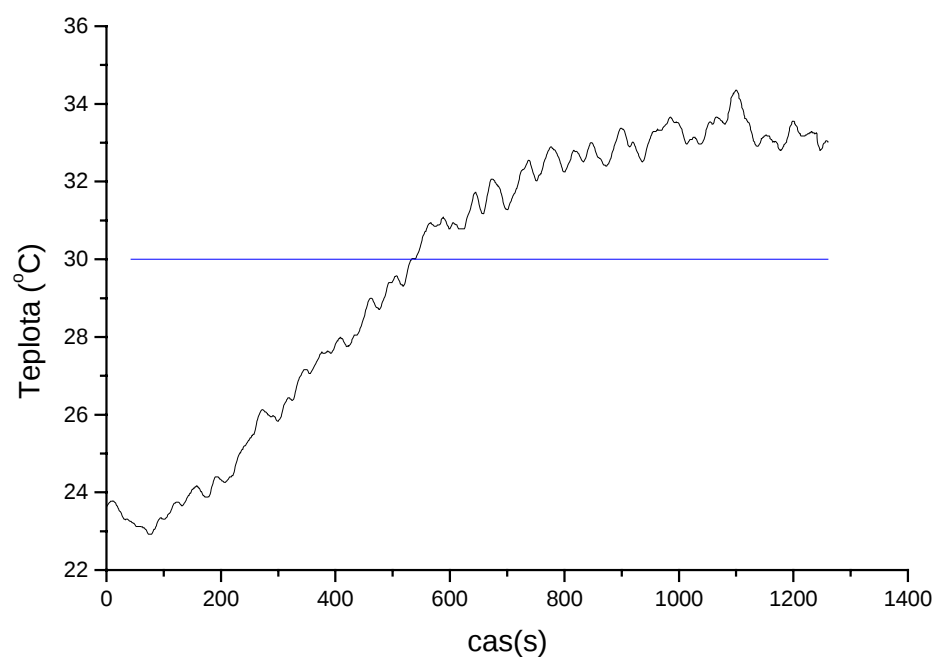
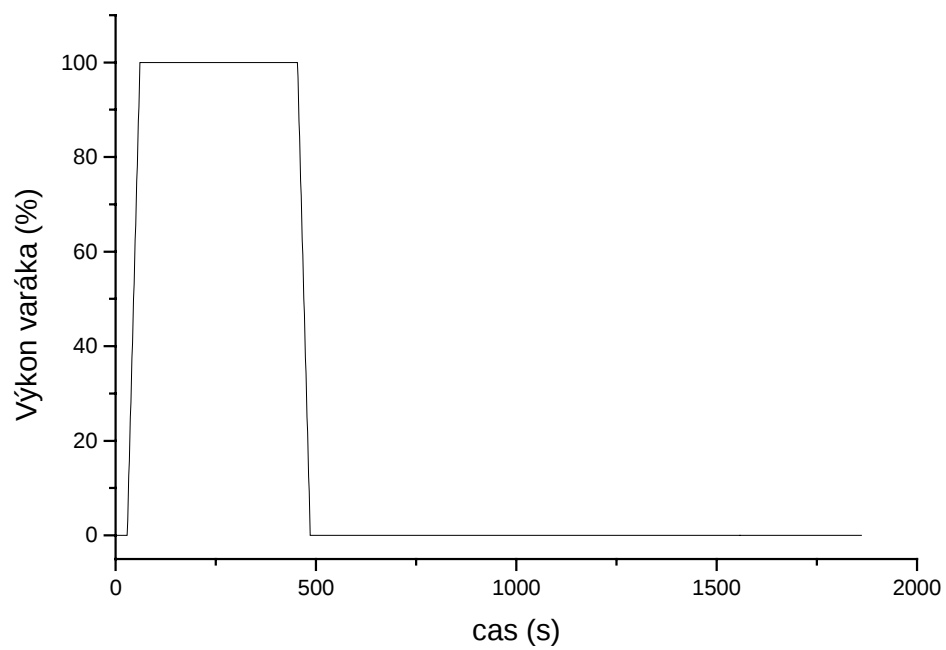
Kolónu nemá zabudované chladenie. V prípade regulovaného chladenia by prichádzalo pri prekročení žiadanej hodnoty k spusteniu a následnému chladeniu média vo varáku. Tým, že daný systém nemá zabudované chladenie teplota i po vypnutí varáka stúpa, do ustálenia. Ustálené teploty sú však najmenej o 2 stupne väčšie ako požadované teploty. Týmto odôvodňujem moje rozhodnutie, že daný typ regulátora nie je vhodný pre daný systém.



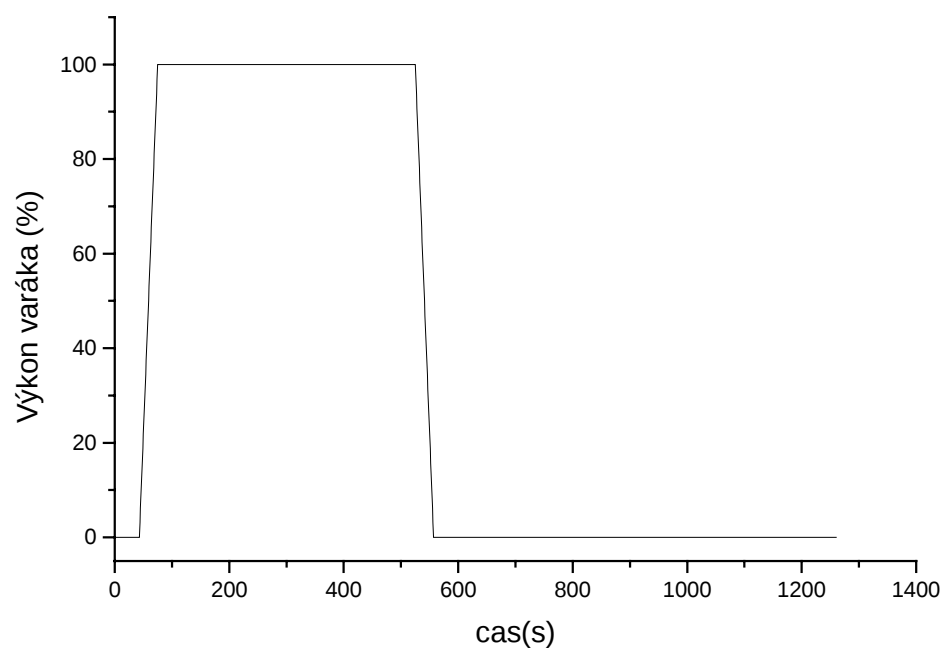




Obr. S1=-5



Obr. S1=-1



Timer Block

Tag: ET1

Description: cas

Timer Type

☐ Time Of Day

☒ Elapsed time

Resolution

☒ Second

☐ Tick (0.1 Sec)

Cycle

☒ None

☐ Yearly

☐ Monthly

☐ Weekly

☐ Daily

☐ Hourly

☐ Minutely

OK

Cancel

Help

Reset from:



Type: **Y-Time Graph** Background Color: **Black**

Input from: (multiple choice, double-click to select)

AI1 : teplota zvyšku
AO1 : triak
*PRG1 : PRG1
ET1 : cas

Trace Color: **White**

Style

☐ X numbers ☒ Y numbers
☐  ☒ Y ticks
☒ frame

Range of x axis

From **+0**
to **+40**

Range of y axis

From **+0.0**
to **+100.0**

Update Rate

1

OK **Cancel** **Help**

