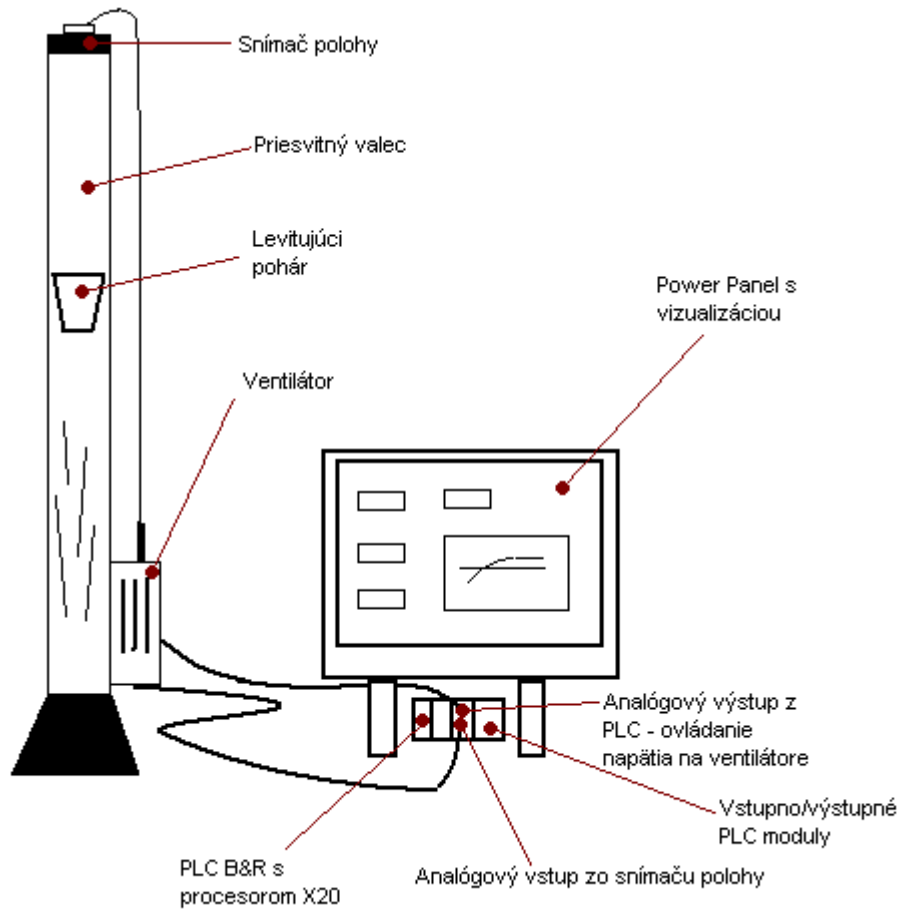
 VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ	Předmět BCRT	
	Jméno Tomáš Mahrík – 98161	
	Ročník 3.	Studijní skupina B3AMT
	odevzdáno dne 17.12.2008	
Kontroloval	Hodnocení	Dne
Název úlohy Projekt č.2 - Levitace		

Zadání:

Do operátorského panelu Power Panel implementujte regulátor. Regulátor bude umožňovat beznárazový přepínání do ručního režimu (a zpět) a mezi dalšími regulátory. Pomocí dotykové obrazovky a funkčních kláves bude možno přepínat mezi oběma režimy, zadávat žádanou hodnotu, parametry regulátoru a v ručním režimu přírůstky akčního zásahu. Na obrazovce bude možno sledovat průběh regulace. Pomocí nástroje v Automation studiu realizujte jednoduchou vizualizaci. Samozřejmostí je správně realizované omezení přebuzení integrační složky a správnou filtraci derivační složky.

Vaším cílem je pomocí Power Panelu řídit levitaci kelímku. Vyberte vhodný regulátor a zdůvodněte proč je vybrán. Na dotykovém panelu bude možné vybrat i jiné regulátory (po nastartování PLC bude aktivní vámi vhodný vybraný regulátor, další regulátor slouží pouze pro názornost). V ručním režimu budete moci kelímek ovládat na libovolnou výšku – požadovanou hodnotu (pokuste se omezit, aby se kelímek nikdy nedotkl snímače umístěného na vrchu trubky). V automatickém režimu se kelímek ustálí ve výšce $\frac{1}{3}$ trubky po 10s se přesune do výšky $\frac{1}{2}$ trubky po 10s do výšky $\frac{2}{3}$ trubky a po dalších 10s do výšky $\frac{1}{3}$ trubky dále se kelímek bude pohybovat cyklicky.

Popis úlohy



Obr 1.: Schematické zapojenie úlohy Levitácie.

Základné informácie:

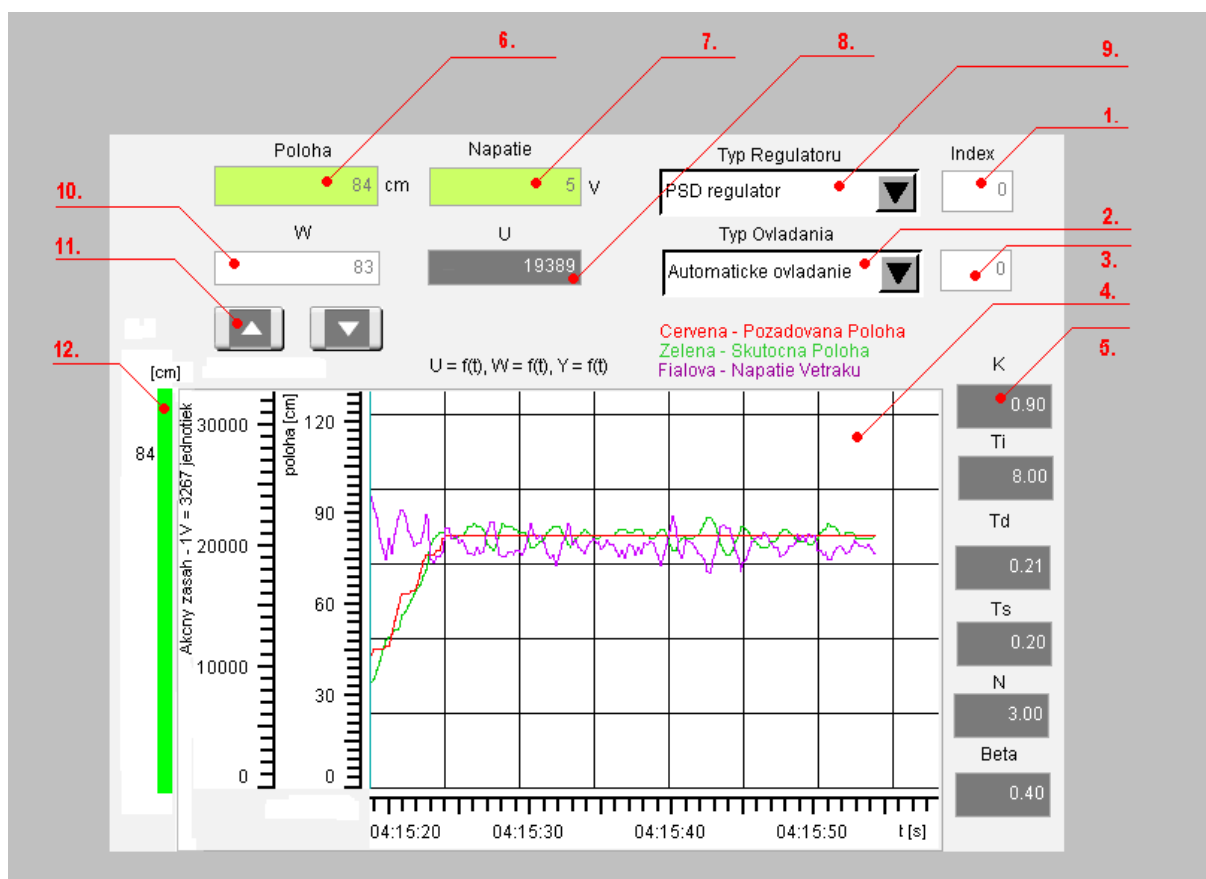
IP adresa PLC: **147.229.76.22**

Destination Adress: **10**

IP adres Power Panelu: **147.229.76.21**

CPU X20 CP 1485-1

Ovládací Panel pre aplikáciu Levitácia



Obr 2.: Vzhľad ovládacieho panelu pre aplikáciu Levitácia.

Popis ovládacieho panelu:

1. Zobrazenie indexu zvoleného regulátoru
2. Výber typu programu pre obsluhu aplikácie Levitácia, na výber sú k dispozícii nasledujúce typy obsluhy aplikácie:
 - a) **Automatické ovládanie** – pri tomto režime je levitujúci pohár vo valci, ovládaný automaticky, užívateľ nemá možnosť meniť konštanty zvoleného regulátoru, tie sú implicitne nastavené. Taktiež nemôže určiť veľkosť akčného zásahu. K dispozícii má iba možnosť meniť hodnotu požadovanej veličiny (polohy).
 - b) **Demo** – po zvolení nasledujúceho režimu nemá užívateľ možnosť nijako ovplyvniť priebeh regulácie, môže iba zvoliť typ použitého regulátoru, ďalej sa program vykonáva bez zásahu užívateľa. Levitujúci pohár sa vo valci cyklicky posúva. Ak časovač napočíta čas 10s, tak sa pohár presunie do 1/3 valca, po dosiahnutí 20s sa pohár presunie do výšky 2/3, po 30s sa presunie do výšky 3/3 a tento cyklus sa neustále cyklicky opakuje pokiaľ nie je zvolený iný typ režimu.
 - c) **Manuálne ovládanie** – po zvolení nasledujúceho režimu, má užívateľ prakticky možnosť ovládať kompletne priebeh regulácie. Môže ľubovoľne meniť konštanty regulátorov, veľkosť akčného zásahu, požadovanú veličinu a typ regulátoru.
3. Zobrazenie indexu zvoleného programu pre obsluhu aplikácie Levitácia.
4. Grafické zobrazenie niektorých dôležitých veličín:
 - a) **Červená krivka** – je požadovaná veličina (poloha) zobrazená v závislosti na čase, $W = f(t)$.

- b) **Zelená krivka** – je skutočná poloha zobrazená v závislosti na čase $Y = f(t)$.
- c) **Fialová krivka** – je akčný zásah (napätie vetráku) zobrazený v závislosti na čase, $U = f(t)$.
5. Zobrazenie hodnôt jednotlivých konštánt zvoleného regulátora, pri zvolení manuálneho režimu je možné kliknutím na požadovanú konštantu zmeniť jej hodnotu.
 6. Zobrazenie skutočnej polohy (v cm) levitujúceho poháru vo valci.
 7. Zobrazenie hodnoty napájacieho napätia vetráku (vo V).
 8. Zobrazenie hodnoty akčného zásahu v rozmedzí hodnôt od -32767 do 32767, kde 1V prislúcha 3276 jednotiek, pri zvolení manuálneho režimu je možné klikom na hodnotu akčného zásahu meniť jeho hodnotu.
 9. Výber typu regulátora použitého pre reguláciu levitujúceho poháru.
 10. Zobrazenie hodnoty požadovanej veličiny (polohy).
 11. Tlačítka určené na zvyšovanie a znižovanie hodnoty požadovanej veličiny (polohy) po kroku 1 cm.
 12. Vizuálne zobrazenie, skutočnej polohy levitujúceho pohára vo valci (v cm).

Popis zdrojového kódu aplikácie Levitácia

Popis inicializačných konštánt:

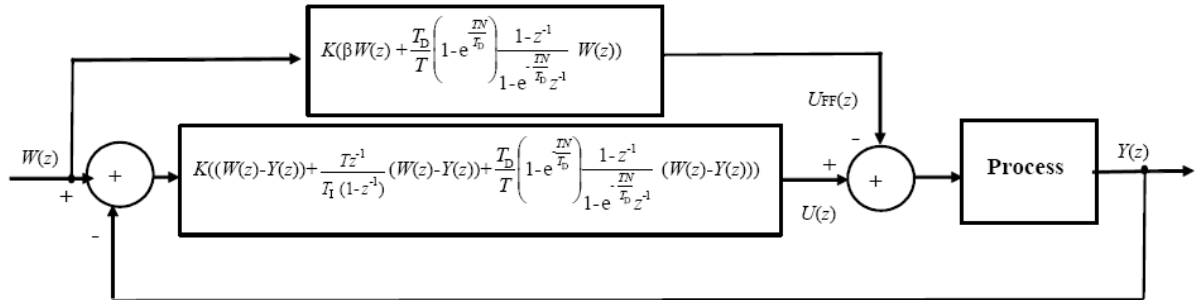
```

AO_01 = 17000;          //počiatočné napájacie napätie vetráku, približne 5,2 V
AI_01 = 0;             //analogový vstup zo snímača polohy
W = 80;               //požadovaná poloha (v cm)
E = 0;               //regulačná odchylka
K = 0.9;             //zosilnenie
Td = 0.21;          //derivačná časová konštanta
Ti = 8;             //integračná časová konštanta
Ts = 0.2;          //vzorkovacia frekvencia
sum = 0;           //sumačná zložka
ds = 0;           //derivačná zložka
U = 0;           //akčný zásah
Uff = 0;         //hodnota odčítavaná od akčného zásahu pri reg. Feed-Forward
Uout = 0;        //akčný zásah regulátoru Feed - Forward
Pom = 0;         //pomocná premenná využívaná pri beznárazovom prepínaní
Check = 0;       //rozmedie, tiež využívané pri beznárazovom prepínaní
N = 3;          //filtračná konštanta
max = 30000;    //maximálny akčný zásah
min = -30000;   //minimálny akčný zásah
Beta = 0.4;     //konštanta pre Feed-Forward regulátor
Timer = 0;      //časovač
Reg_Index = 0;  //index určujúci typ použitého regulátora
Program_Index = 0; //index určujúci typ zvoleného režimu
Pom_2 = 0;     //pomocná premenná využívaná pri nulovaní časovača

```

Zdrojový kód regulátoru Feed-Forward:

- rovnice popisujúce Feed- Forward regulátor zapísané v štrukturovanom texte.
- nami navrhnutý regulátor má nasledujúce konštanty:
- $K = 0.9$, $T_i = 8$ s, $T_d = 0.21$ s, $Beta = 0.4$, $T_s = 0.2$ s, $N = 3$.



Obr 3.: Štruktúra regulačnej slučky regulátoru Feed-Forward.

```

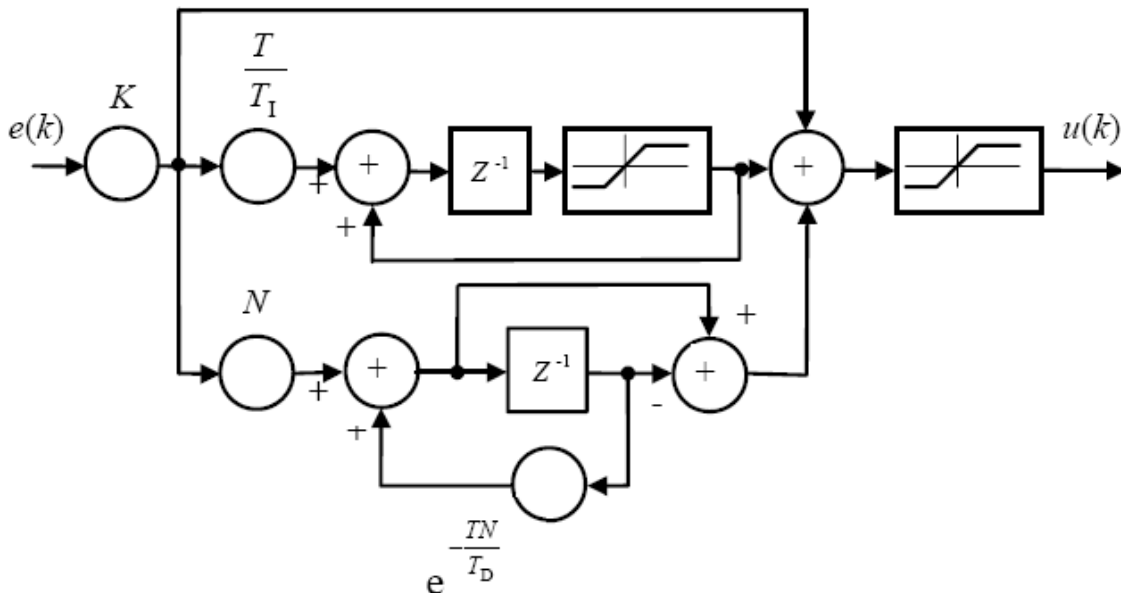
Uout := K*E + sum + ((1-EXP((-Ts*N)/Td)) * (Td/Ts) * K*E + (ds*EXP((-Ts*N)/Td)) - ds);
sum := (Ts/Ti)*E*K + sum;
ds := (Td/Ts) * K*E * (1-EXP((-Ts*N)/Td)) + ds*EXP((-Ts*N)/Td);

Uff := K*Beta*W + (((Td/Ts) * K * (1-EXP((-Ts*N)/Td)) + ds1*EXP((-Ts*N)/Td) * W) - ds1);
ds1 := K * (Td/Ts) * (1-EXP((-Ts*N)/Td)) + ds1*EXP((-Ts*N)/Td) * N;

U := Uout - Uff;
    
```

Zdrojový kód regulátoru PSD s filtráciou derivačnej zložky:

- rovnice popisujúce PSD regulátor s filtráciou derivačnej zložky zapísané v štrukturovanom texte.
- nami navrhnutý regulátor má nasledujúce konštanty:
- $K = 0.9$, $T_i = 8$ s, $T_d = 0.21$ s, $T_s = 0.2$ s, $N = 3$.



Obr 4.: Štruktúra reglátoru PSD s filtráciou derivačnej zložky.

```

U := (K*E + sum + N*(K*E + ((ds*EXP((-Ts*N)/Td)) - ds)));
ds := K*E + (ds*EXP((-Ts*N)/Td));
sum := ((Ts/Ti)*K*E) + sum;
    
```

- obmedzenie prebudenia integračnej zložky zapísané v štrukturovanom texte.

K prebudeniu integračnej zložky dochádza v prípade, že napätie na integrátore dosiahne veľkosť väčšiu ako je akčný člen spracovať. A preto sme v našej aplikácii vyžili pre obmedzenie prebudenia integračnej zložky nasledujúci kód:

```
(*Anti-Windup*)
IF((int)sum > max) (*ak napätie na integrátore presiahne max akčný zásah*)
    sum := max; (*priradí sa integrátoru napätie o hodnote max*)
IF((int)sum < min) (*ak napätie na integrátore presiahne min akčný zásah*)
    sum := min; (*priradí sa integrátoru napätie o hodnote min*)
IF(U > max) (*ak akčný zásah presiahne hodnotu napätia max*)
    U := max; (*akčný zásah bude mať hodnotu max*)
IF(U < min) (*ak akčný zásah presiahne hodnotu napätia min*)
    U := min; (*akčný zásah bude mať hodnotu min*)
```

- beznárazové prepínanie

Problém beznárazového prepínania spočíva v tom, aby operátor mohol bezpečne prepínať napríklad medzi automatickým a manuálnym režimom, bez nežiaduceho narušenia regulačného dejú. To znamená k povoleniu prepnutia režimu môže dôjsť iba v prípade, že je regulovaná veličina uregulovaná na požadovanú hodnotu, čiže regulačná odchylka je nulová. V skutočnosti to nie je až také jednoduché záležitosť pretože v niektorých prípadoch sa nám nemusí podariť uregulovať sústavu tak, aby regulačná odchylka bola nulová. V našom prípade je regulovaná sústava pohár levitujúci vo valci. Využívame dva typy regulátorov - PSD s filtráciou derivačnej zložky a regulátor Feed-Forward. Konštanty týchto regulátorov boli zvolené tzv. inžinierskou metódou, kde sme spočiatku ich hodnoty náhodne volili a potom sme ich na základe teoretických znalostí dolad'ovali. V našom prípade sa v podstate nikdy regulačná odchylka nerovná nule, iba sa k nej blíži, a tak sme problém beznárazového prepínania vyriešili nasledujúcim spôsobom. Zvolili sme si, že za nulovú odchylku budeme považovať ak bude regulačná odchylka rovná ± 5 cm(k testovaniu využívame premennú *Check*) a pre prípad, že by sa systém znova rozkmital sme zvolili ešte druhú podmienku, že regulovaná odchylka sa musí v takto definovanom rozmedzí nachádzať po dobu 5 sekúnd. A budú splnené nasledujúce dve podmienky, tak sa sprístupnia pre operátora v ovládacom paneli tlačítka pre výber typu regulátoru a typu režimu.

```
(*Beznarazove Prepinanie*)
Check := ABS(W - Poloha); (*zistenie hodnoty regulacnej odchylky*)
IF(Check <= 5 )THEN
    Pom:= Pom + 1; (*pocitadlo casu*)
ELSE
    Pom:=0; (*vynulovanie casovaca*)
END_IF;
```

- demo program

Program slúži na demonštráciu regulácie levitujúceho poháru vo valci. Úlohou je aby, sa po každých 10 sekundách pohár presunul o jednu tretinu výšky valcu. Ako časovač používame premennú *Timer*, keďže využívame cyklus, ktorý sa vykonáva opakovane každých 100 ms tak testujeme Timer pre hodnoty 100, 200 a 300, čo zodpovedá času 10, 20 a 30 sekúnd. Demo je popísané nasledujúcim kódom:

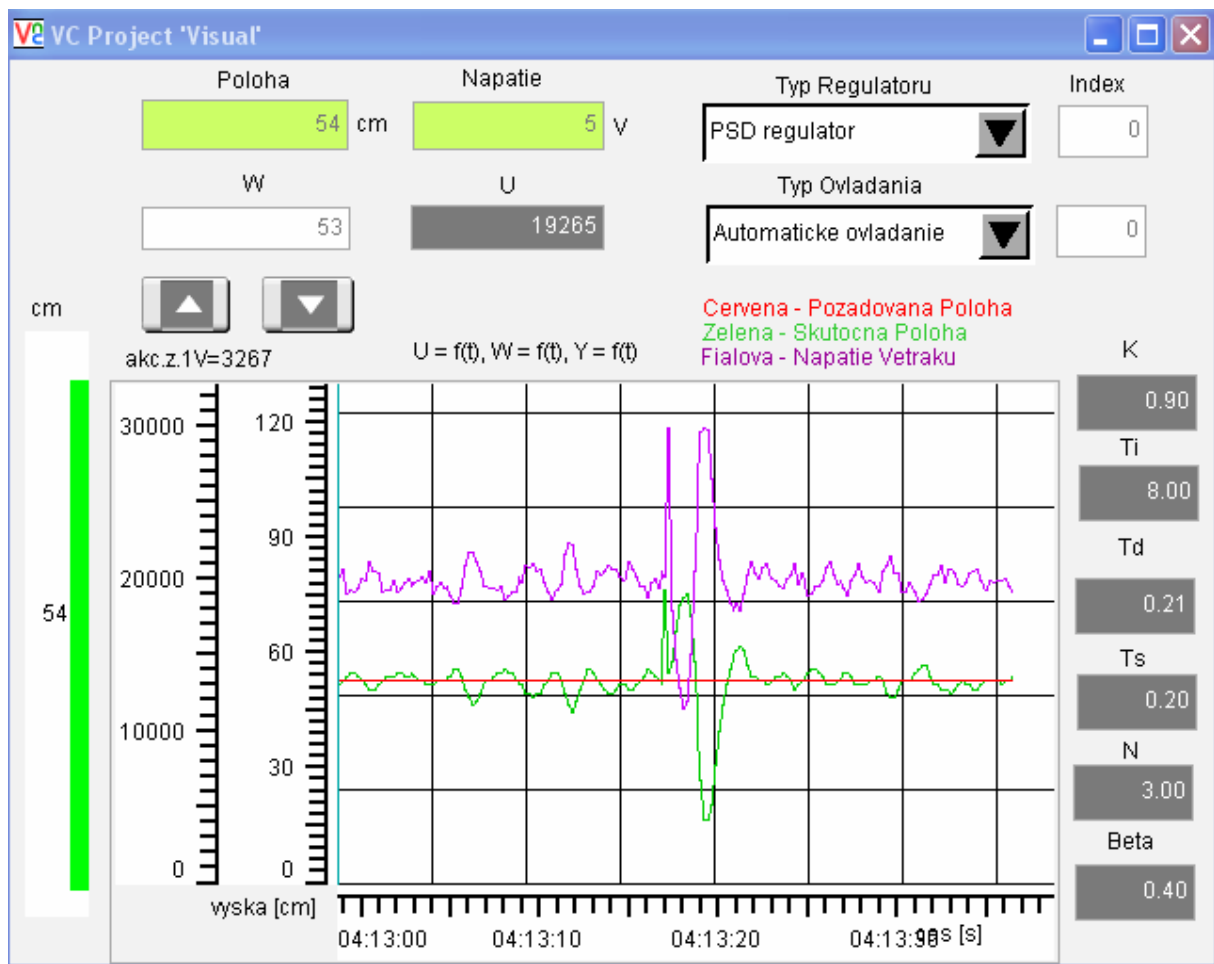
```

if((Timer == 100)) //po 10 sekundách
    W = 30; //požadovaná poloha sa nastaví na hodnotu 30 cm
if((Timer == 200)) //po 20 sekundách
    W = 70; //požadovaná poloha sa nastaví na hodnotu 70 cm
if((Timer == 300)) //po 30 sekundách
{
    W = 100; //požadovaná poloha sa nastaví na hodnotu 100 cm
    Timer = 0; //vynuluje sa časovač
}

```

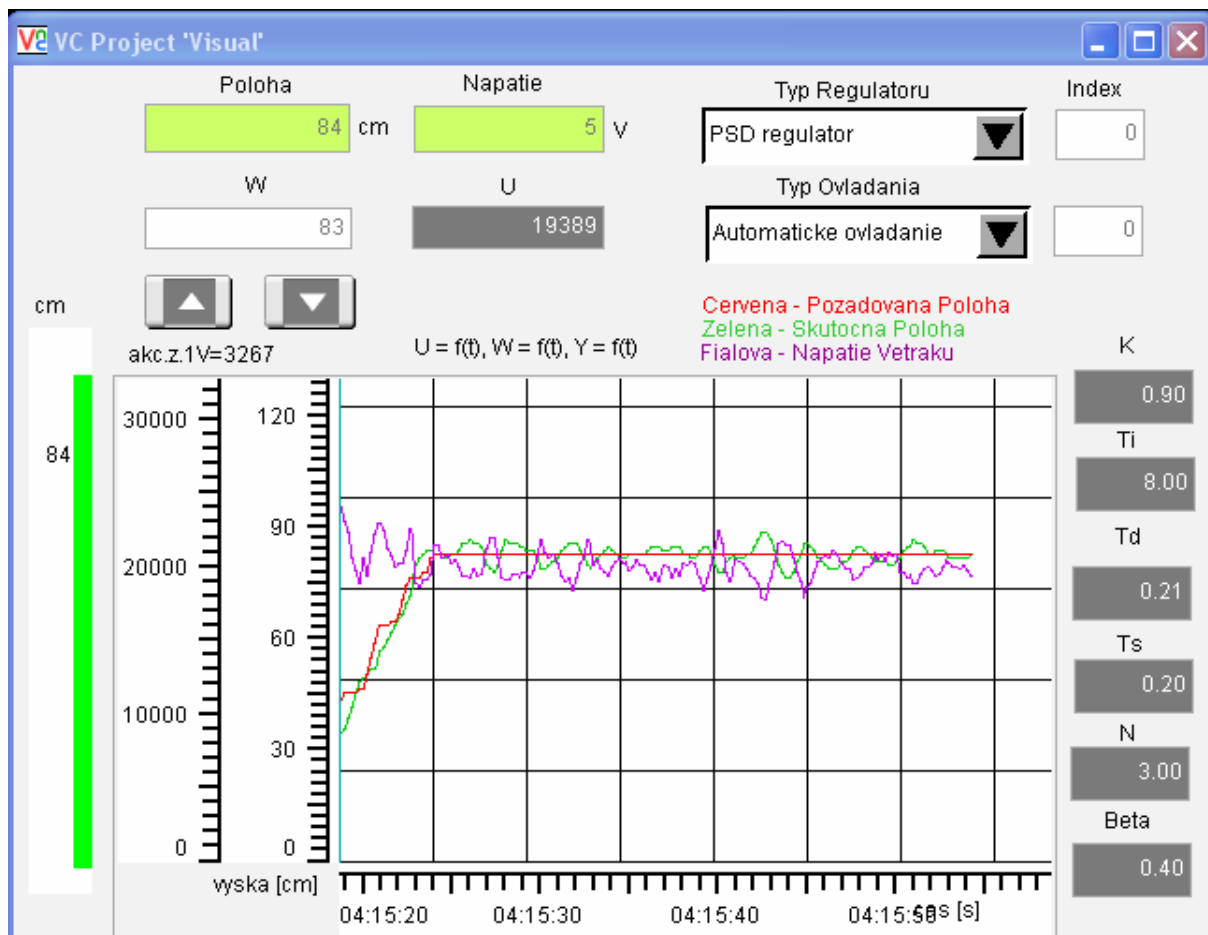
Průběh regulace – grafy

Na následujících grafech je jasně patrný průměr regulace. Nastavené konstanty PSD a Feed- Forward regulátoru jsou zobrazeny na pravé straně.



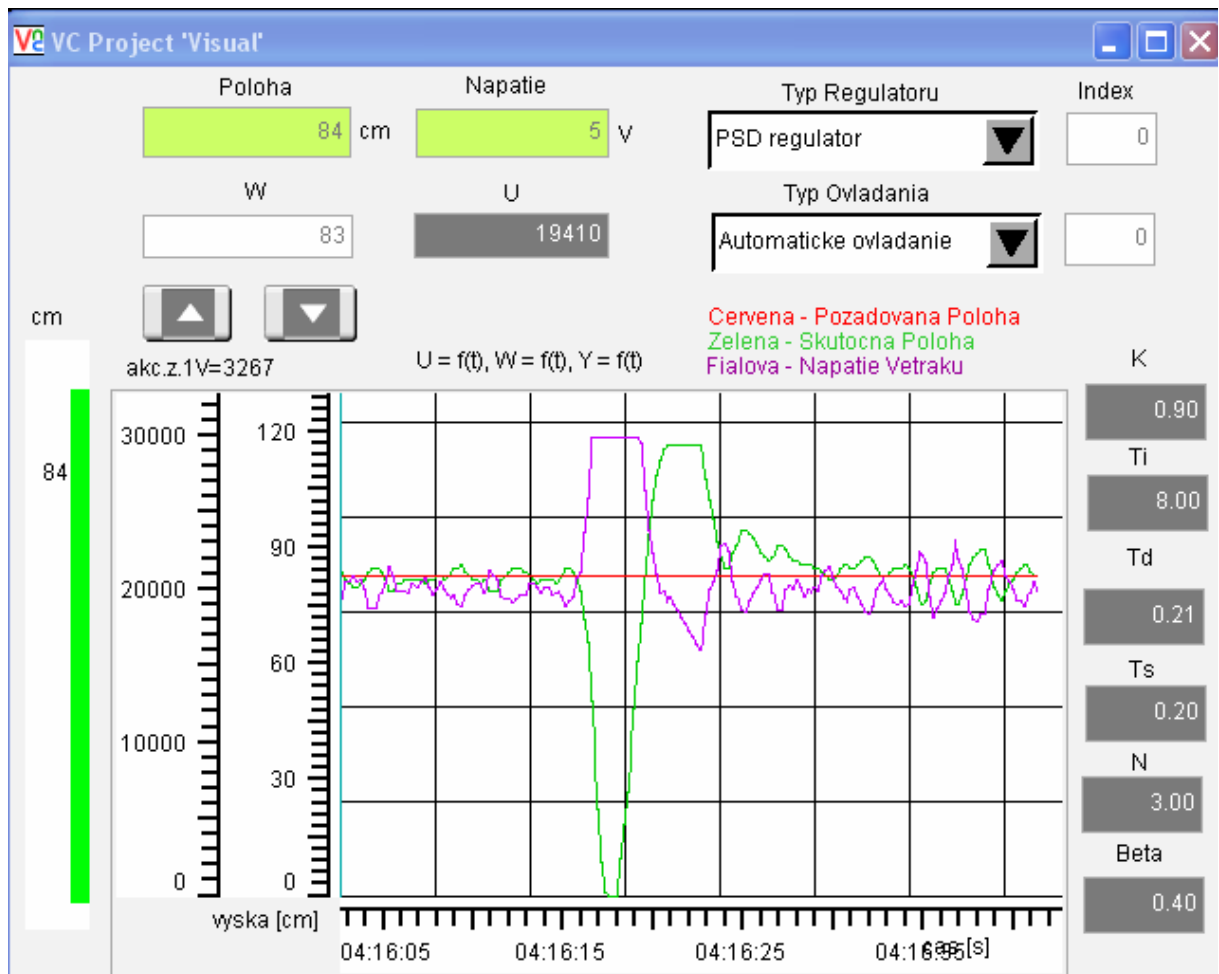
Obr. č.:5 – PSD regulátor – reakce na poruchu

Menší porucha je velmi rychle eliminována. Regulátor se nám nepovedlo doviesť k dokonalosti, takže dochází k neustálému kmitání kolem žadanej hodnoty (cca+3cm), toto je čiastečne spôsobeno i nepřesností snímače.



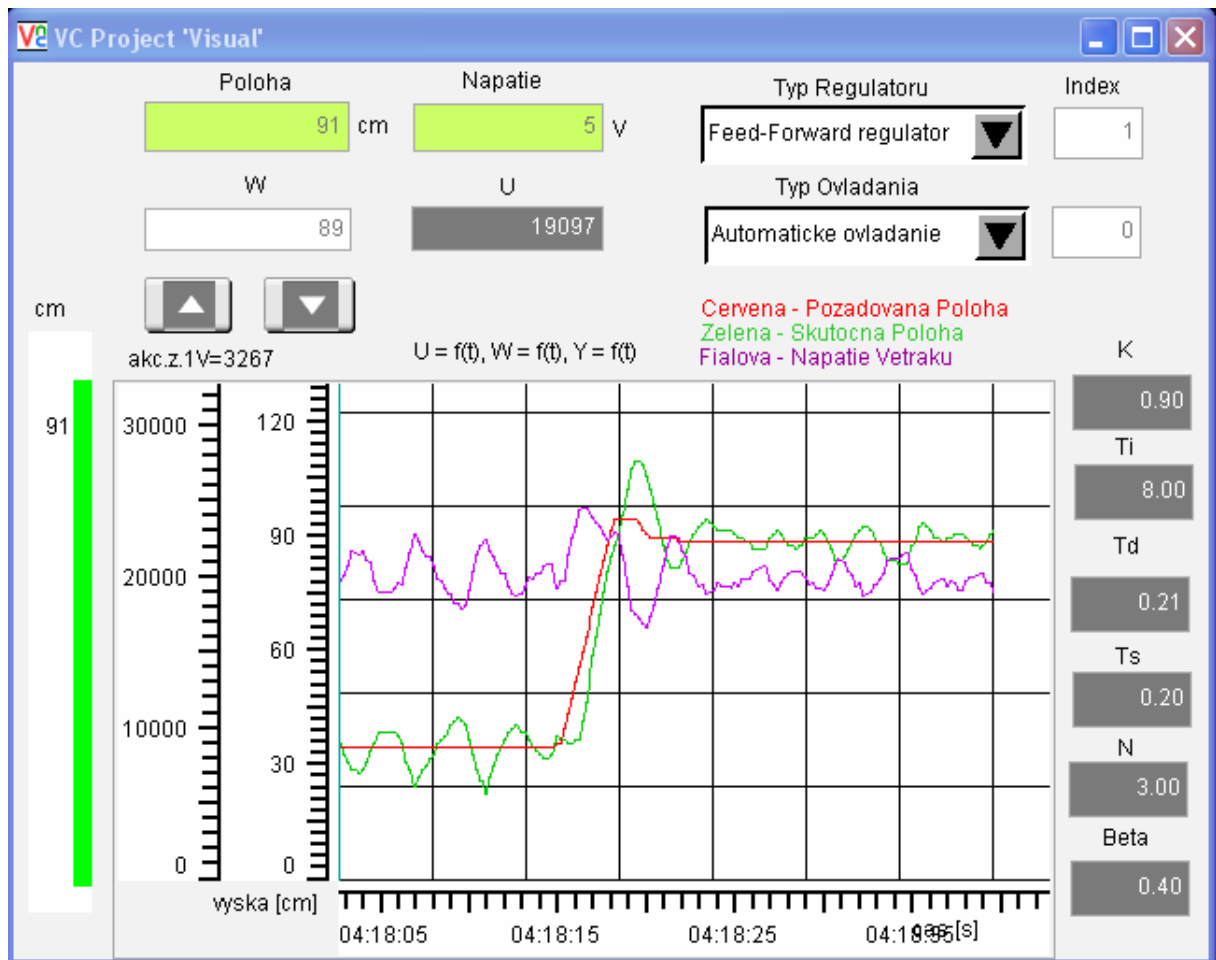
Obr. č.:6 – PSD regulátor – zvýšení žádané hodnoty

Žádaná poloha byla zvýšena z 35 cm na 84 cm, regulační děj je v tomto případě téměř ideální nedošlo k žádnému výraznému překmitu.



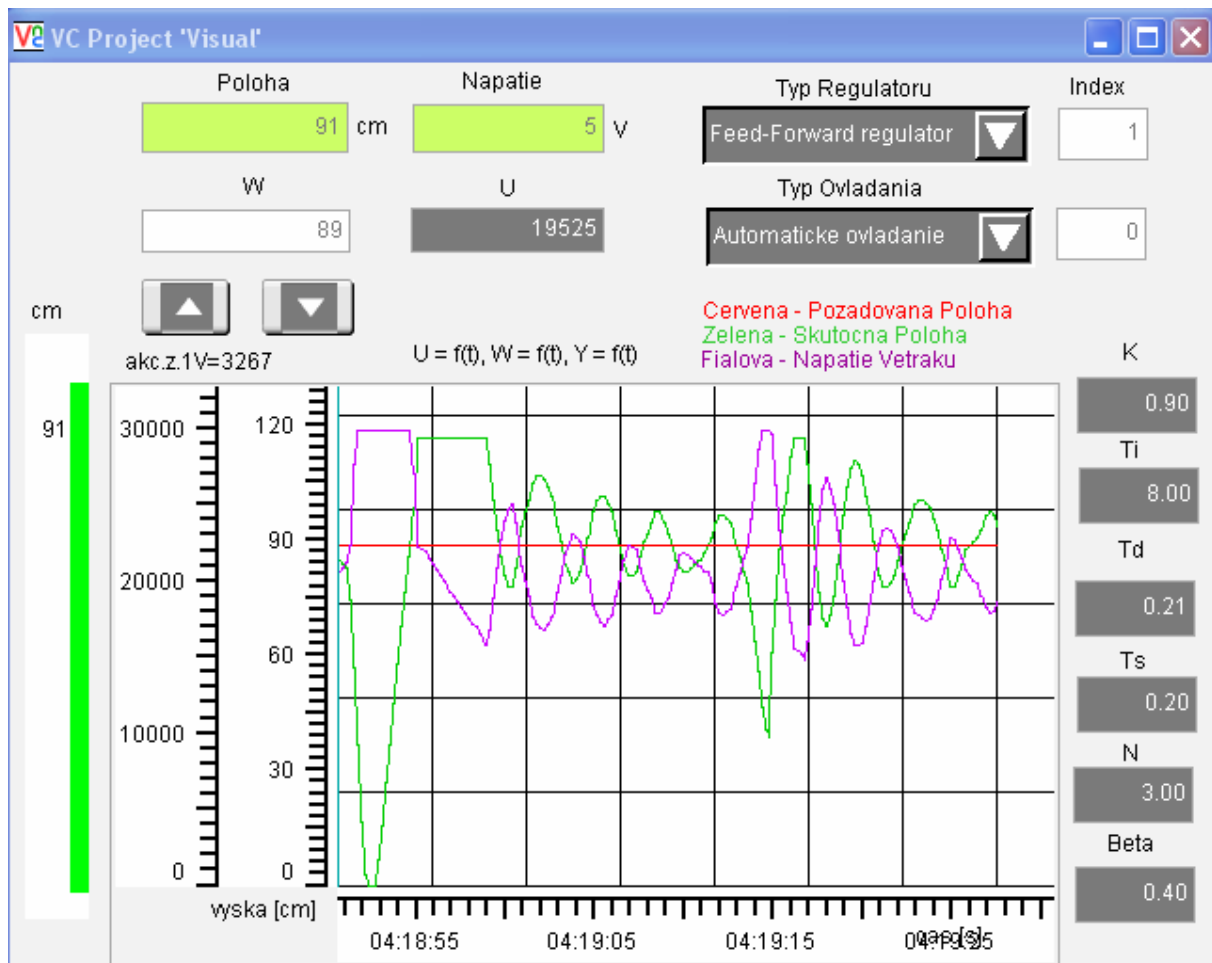
Obr. 7.: PSD regulátor reakce na velkou poruchu

V tomto případě byla porucha nad "síly" ventilátoru (Rukou jsme uzavřeli přístup vzduchu do k ventilátoru), když ani maximální akční zásah nedokázal kelímek dostat do žádané polohy, toto se povedlo až po odeznění poruchy (oddělení ruky z ventilátoru)



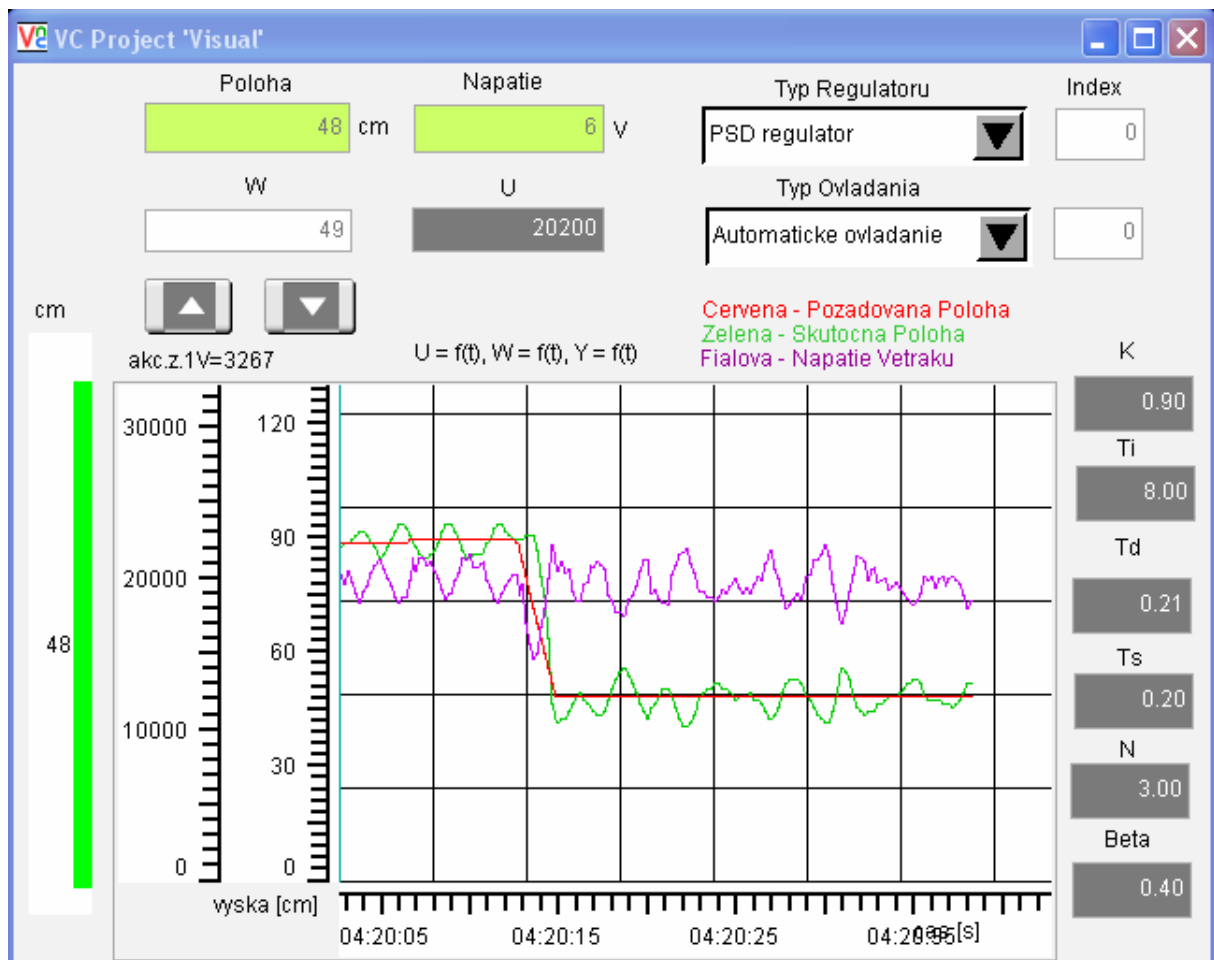
Obr. 8: Feed – Forward regulátor – zmena žadanej hodnoty

Feed – Forward regulátor má proti PSD regulátoru mírný překmit. Konstanty v tomto případě jsou nastaveny stejně jako u PSD regulátoru, přibyla zde pouze konstanta Beta.

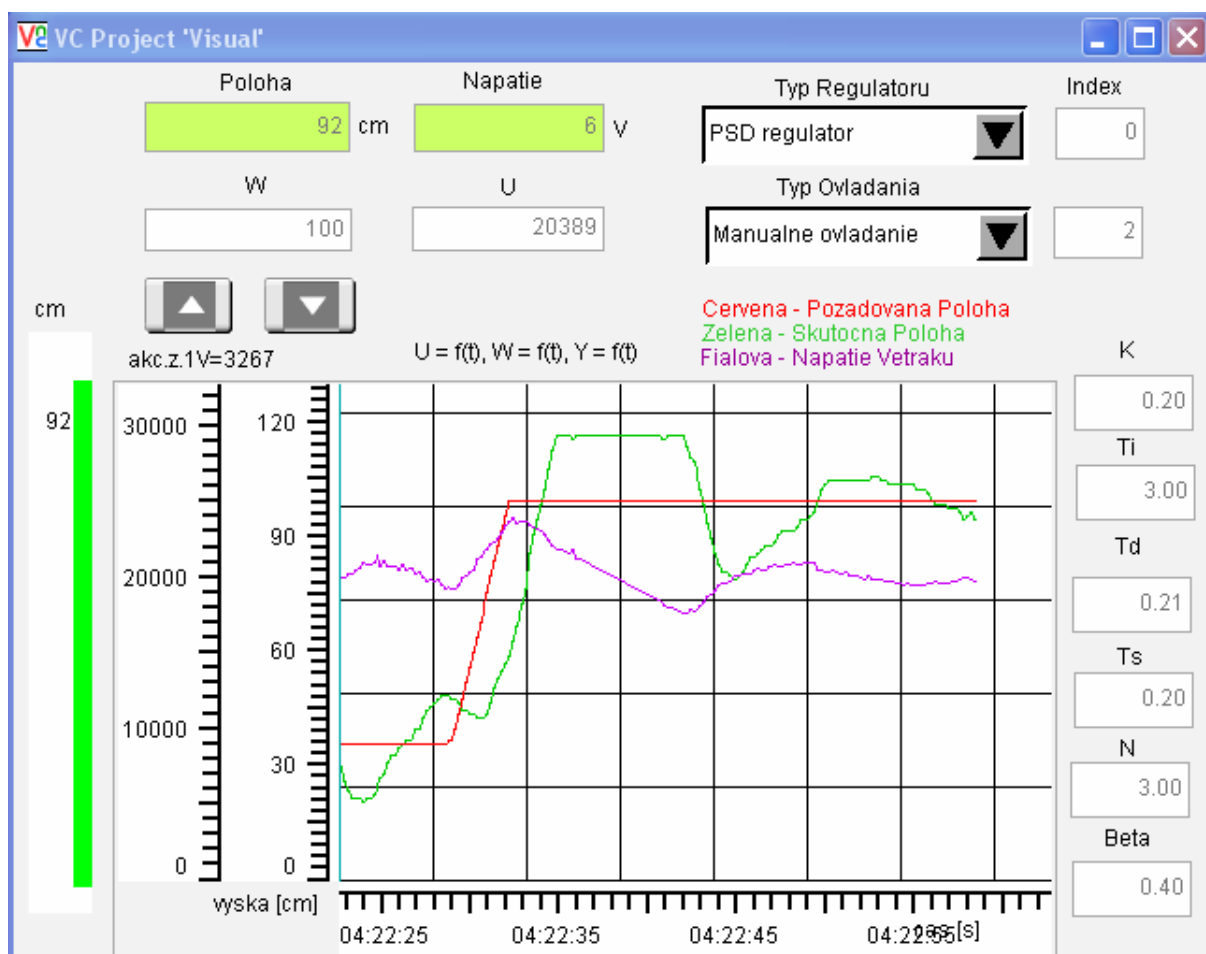


Obr. 9: Feed – Forvard regulátor – reakce na poruchu

Feed – Forvard regulátor je oproti PSD regulátoru výrazně horší při reakci na poruchu, regulační děj je hodně kmitavý a k ustálení dojde až po delším čase (řádově desítky sekund)

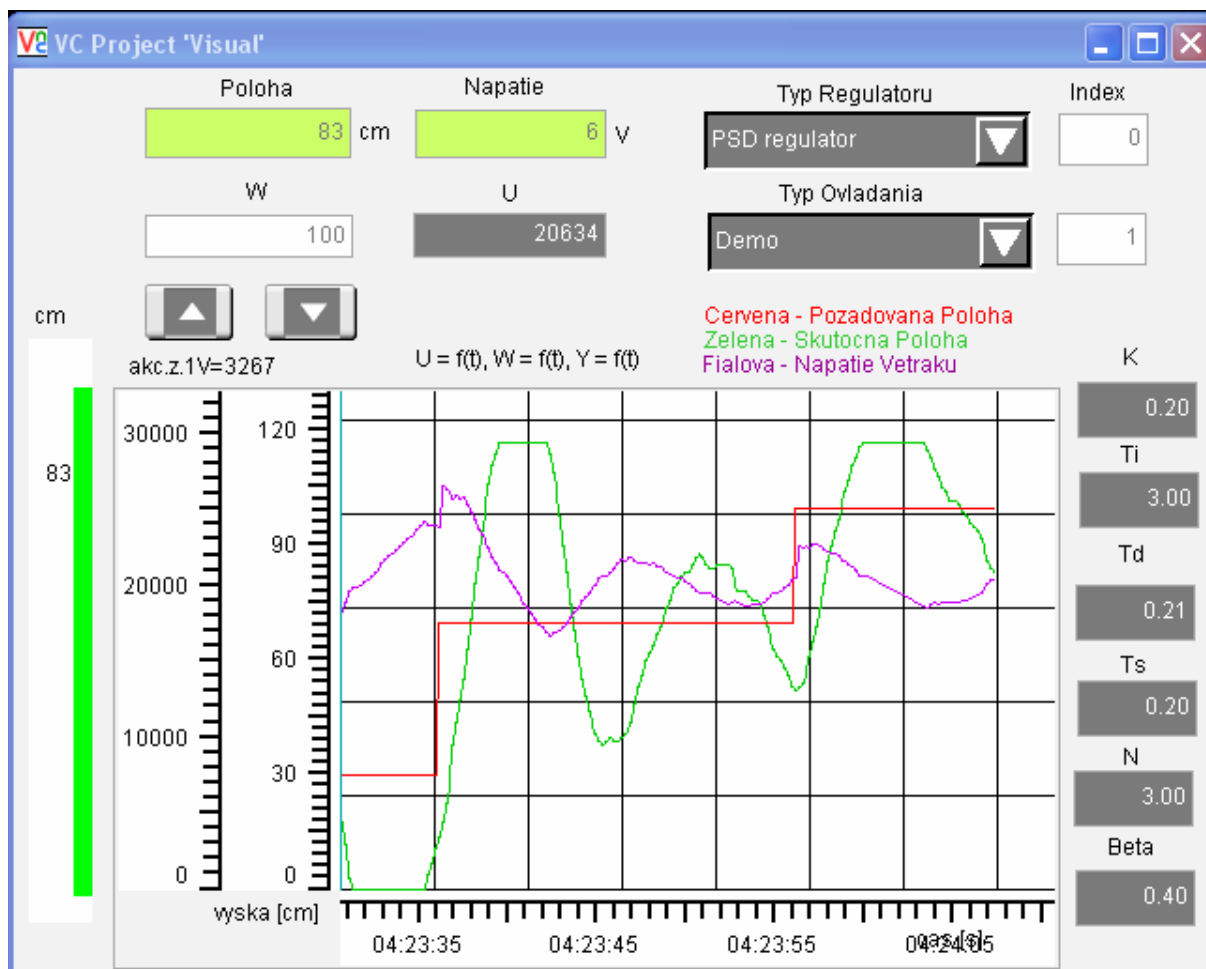


Obr. 10: PSD regulátor – zmena žadanej hodnoty (snížení)
Regulace je velmi rychlá, ber výrazného překmitu.



Obr. 11: PSD regulátor – zmena žadanej hodnoty (zvýšeni)

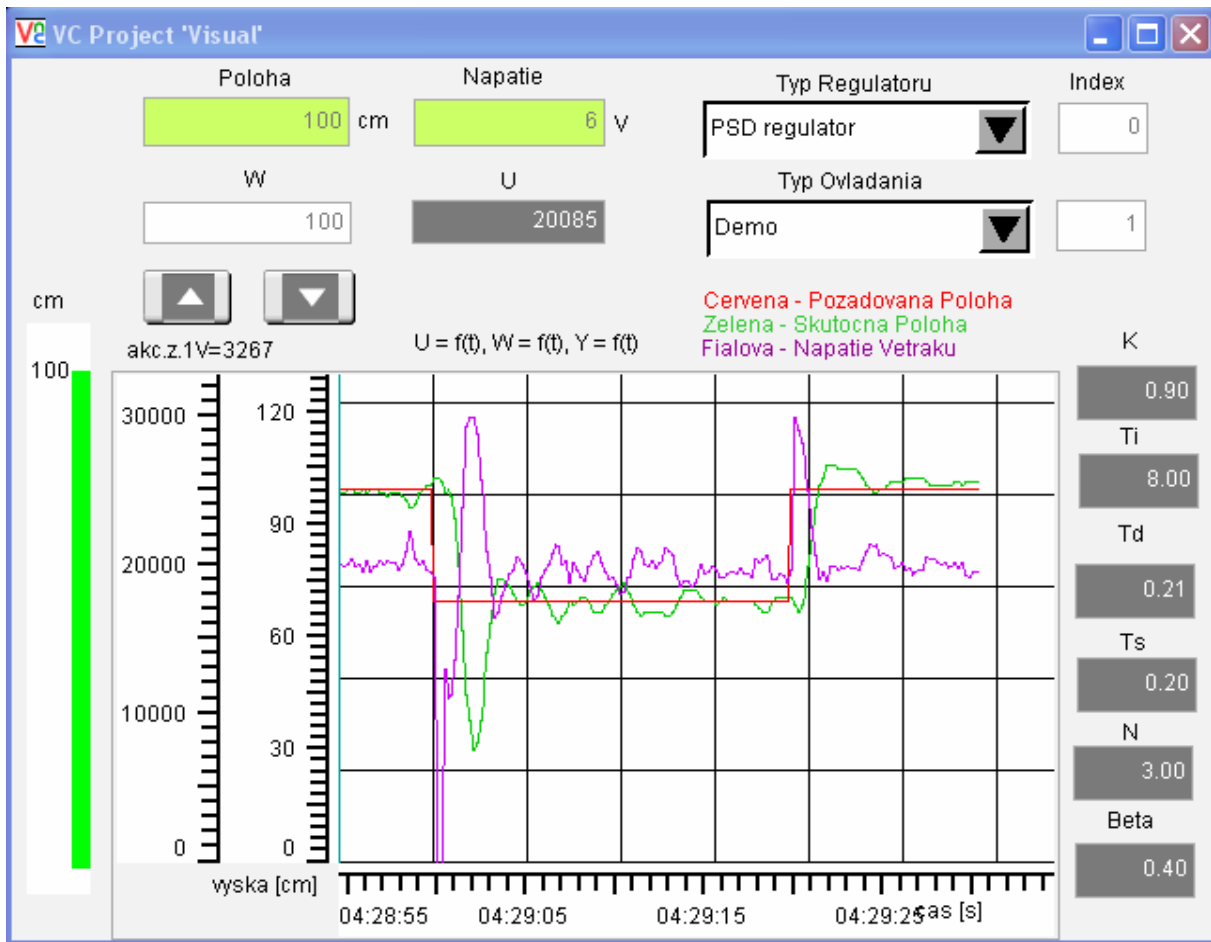
V tomto prípade jsme zmenili konstanty regulátoru, což způsobilo výrazné zhoršení kvality regulace. Došlo k výraznému překmitu a též k velmi pomalému ustalování kolem žadanej hodnoty.



Obr 12.: PSD regulátor – automatický mód

Zde je vidět automatická sekvence, kdy se žádaná hodnota mění každých 20 sekund.

V tomto případě je použit opět regulátor jehož konstanty nejsou ideální. Dochází k výraznému překmitu a během 20 sekund se nedá hovořit o nějakém ustálení kolem žádané hodnoty.



Obr. 13: PSD regulátor v automatické módu

Zde se mění žádaná hodnota opět po 20 sekundách, regulátor již má „ideální“ konstanty. Je patrný výrazný rozdíl oproti předešlému obrázku, když se výrazně zlepšila kvalita regulace.

Při snížení žádané hodnoty dochází k výraznějšímu poklesu pod žádanou hodnotu, to je způsobeno především tím, že v našem programu nezohledňujeme příliš vliv gravitace na kelímek.

Záver:

Pre sústavu tvorenú levitujúcim pohárom vo valci s ventilátorom sme navrhli dva rôzne regulátory (PSD s filtráciou derivačnej zložky a Feed - Forward). Konštanty regulátorov sme zistili tzv. inžinierskou metódou, čo znamená, že sme spočiatku náhodne zvolili ich hodnoty a následne ich na základe teoretických znalostí doladili. Podľa grafov je jasne vidieť, že podstatne lepší, rýchlejší a regulačný dej takmer bez prekmitu sme dosiahli pomocou PSD regulátoru s filtráciou derivačnej zložky (ustálenie približne za 8-10 sekúnd). Pre regulátor Feed-Forward sme použili tie isté konštanty, akurát hodnotu parametru beta sme zvolili na hodnotu 0.4. Tento regulátor bol oproti regulátoru PSD dosť kmitavý a potreboval na ustálenie podstatne dlhší čas. Dôvodom boli hlavne, nie príliš vhodne zvolené konštanty tohto regulátoru, ale boli zvolené takto zámerne, aby sa lepšie demonštrovali rozdiely medzi navrhnutými regulátormi. Následne sme k tejto aplikácii vytvorili ovládací panel s vizualizáciou, kde môže operátor sledovať závislosti akčného zásahu, požadovanej polohy a skutočnej polohy na čase. Taktiež si môže voliť typ regulačného režimu (beznárazové prepínanie) a typ regulátoru. V manuálnom režime môže dokonca meniť konštanty zvoleného regulátora a hodnotu akčného zásahu.

