

# Aplicatii SCADA care contin sisteme de reglare automata

- **Obiective**

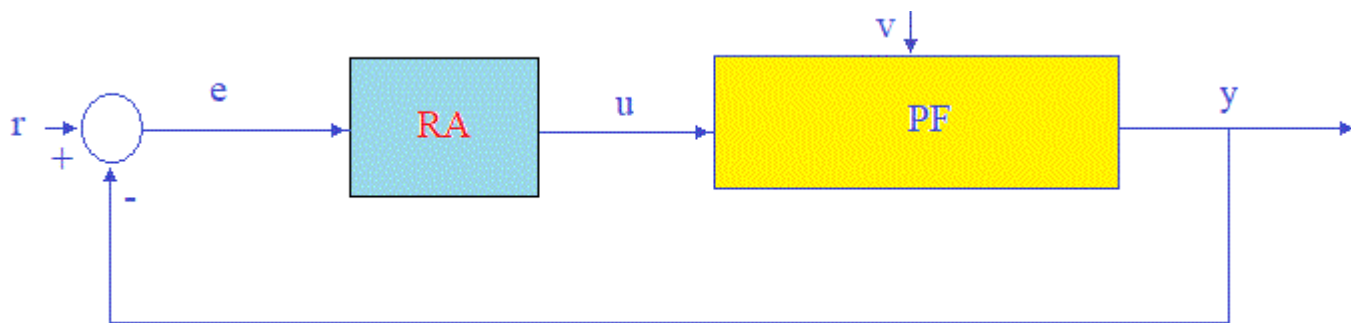
- Prezentarea unui sistem de reglare automata
- Prezentarea unui sistem SCADA care contine sisteme de reglare automata
- Prezentarea unui sistem SCADA pentru controlul debitului
- Prezentarea unui sistem SCADA pentru controlul temperaturii

- **Organizarea sarcinilor de lucru**

- Parcurgeti cele patru capitole ale cursului.
- In cadrul fiecarui capitol urmariti exemplele ilustrative si incercati sa le realizati in medul de dezvoltare "Citect".
- Fixati principalele idei ale cursului, prezentate în rezumat.
- Completati testul de autoevaluare.
- Timpul de lucru pentru parcurgerea testului de autoevaluare este de 15 minute.

## 1. Prezentarea unui sistem de reglare automata

SRA - Sistemele de Reglare Automata sunt sisteme cu bucla de reactie (loop control) care functioneaza pe baza analizei in permanenta a valorii de iesire (marimii reglate), preluata prin intermediul reactiei negative. Diferenta dintre valoarea de iesire si valoarea de referinta, numita "eroare", este folosita de SRA pentru eliminarea acesteia sau mentinerea ei in anumite intervale prestabilite.



Un SRA se compune din urmatoarele elemente:

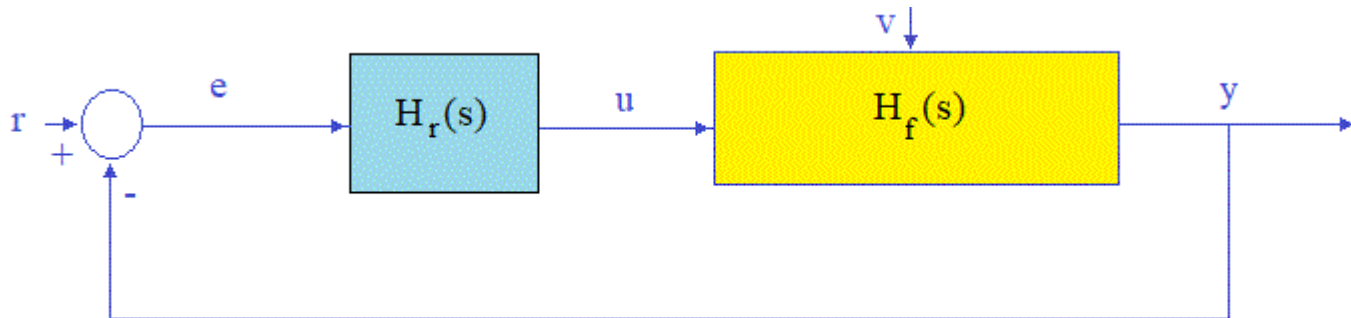
- RA - Regulator automat;
- PF - Partea fixata(Procesul condus);

Marimile definite:

- r - Referinta;
- e - Eroarea;

- $u$  - Comanda;
- $v$  - Perturbatia;
- $y$  - Variabila de proces(Marimea reglata, iesirea);

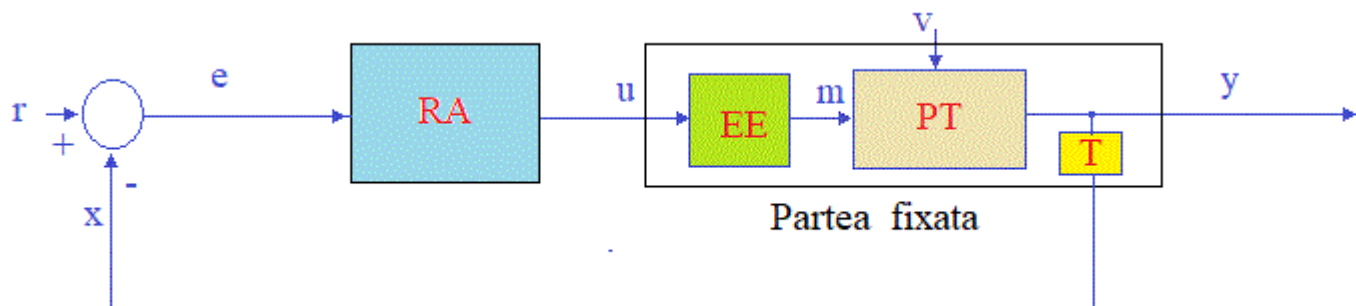
Daca definim  $H_r(s)$  functia de transfer a regulatorului si  $H_f(s)$  functia de transfer a partii fixate, Schema unui SRA devine:



Partea fixata(PF) contine procesul tehnologic(PT) asupra caruia actioneaza regulatorul automat(RA).

Procesul tehnologic(PT) este comandat de catre regulatorul automat(RA) prin intermediul elementelor de executie(EE). Citirea marimii reglate( $y$  - variabila de proces) se face prin intermediul traductorilor(T) care ofera marimea  $x$  proportionla cu marimea  $y$  adica  $x=k*y$ .

Putem deci reprezenta un SRA sub forma:



Unde:

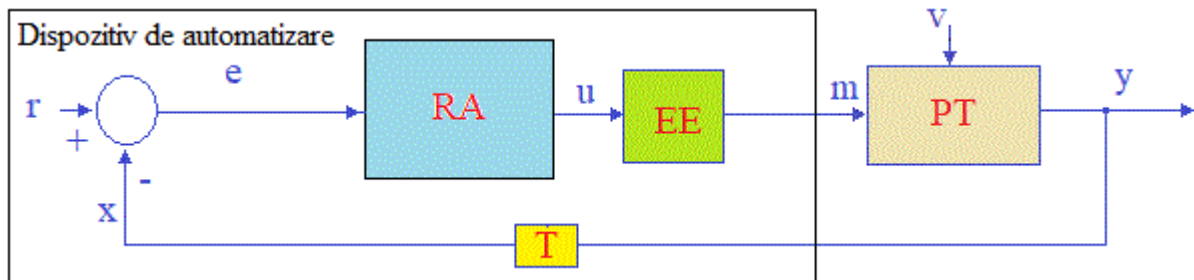
- RA - Regulator automat;
- PT - Procesul tehnologic;
- EE - Element de Executie;
- T - Traductor;

Marimile definite:

- $r$  - Referinta;
- $e$  - Eroarea;
- $u$  - Comanda;
- $m$  - Executia;
- $v$  - Perturbatia;

- $y$  - Variabila de proces (Marimea reglata, iesirea);
- $x$  - Reactia;

Mult mai fireasca ar fi reprezentarea in care procesul tehnologic (PT) ar fi reprezentat separat, la care se adauga in mod firesc dispozitivul de automatizare. Aceasta reprezentare ar corespunde dezvoltarii firesti a sistemelor tehnologice in care initial se realizeaza un proces tehnologic dupa care se automatizeaza.



## 2. Aplicatii SCADA care contin un sisteme de reglare automata

Un SRA de tip PID mentine valoarea iesirii  $y$  in jurul valorii de referinta  $r$  prin intermediul comenzii  $u$ . Comanda  $u$  este generata de SRA prin intermediul unei functii de transfer caracterizata de trei constante:  $k_p, k_i, k_d$  si  $T_i$ .

- $k_p$  este constanta - Proporzionala (cu valori intre 0-4)
- $k_i$  este constanta - Integrativa (cu valori intre 0-5)
- $k_d$  este constanta - Derivativa (cu valori intre 0.2-2)
- $T_e$  este timpul de esantionare (250 ms adica timpul de Refresh al HMI)

In imaginea de jos este reprezentata comanda  $u$  (cu rosu) si iesirea  $y$  (cu verde).

Sistem de Reglare Automata PID	
Your browser does not support the HTML5 canvas tag.	
$r$ :	$k_p$ :
$k_i$ :	$k_d$ :

Pentru implementarea regulatorului PID se va folosi metoda "Velocity". Conform acesti metode, comanda  $u$  din momentul  $k$  depinde de referinta  $r$ , de iesirea  $y$  si de  $e_v$  ( $e$ , din momentul  $k-1$ ). Intervalul de timp dintre momentul  $k$  si momentul  $k-1$  este  $T_e$  (Timpul de esantionare).

Comanda  $u$  se obtine prin insumarea elementului proportional, integrativ (inte) si derivativ (deriv) astfel:

```

e = r - y;
inte = inte + e * Te;
deriv = (e - e_v) / Te;
u = kp * e + ki * inte + kd * deriv;
e_v = e;

```

In care:

- y este iesirea din pasul curent
- r este valoarea referinta
- e este eroarea calculata (r-y) din pasul curent
- e\_v este valoarea calculata pentru e in pasul anterior
- u este valoarea calculata pentru comanda din pasul curent
- kp este constanta - Proportionala (cu valori intre 0-4)
- ki este constanta - Integrativa (cu valori intre 0-5)
- kd este constanta - Derivativa (cu valori intre 0.2-2)
- Te este timpul de esantionare (250 ms adica timpul de Refresh al HMI)

Variabila de proces adica iesirea y reprezentand totodata marimea reglata ar trebui sa provina din procesul tehnologic(PT) prin plasarea unui traductor. Folosind de exemplu functia de transfer a unui sistem de ordinul 5 si anume:  $H_f(s)=1/(5s+1)$ . Dupa discretizare obtinem relatia:

$$y = (u * Te + 5 * y_v) / (5 + Te);$$

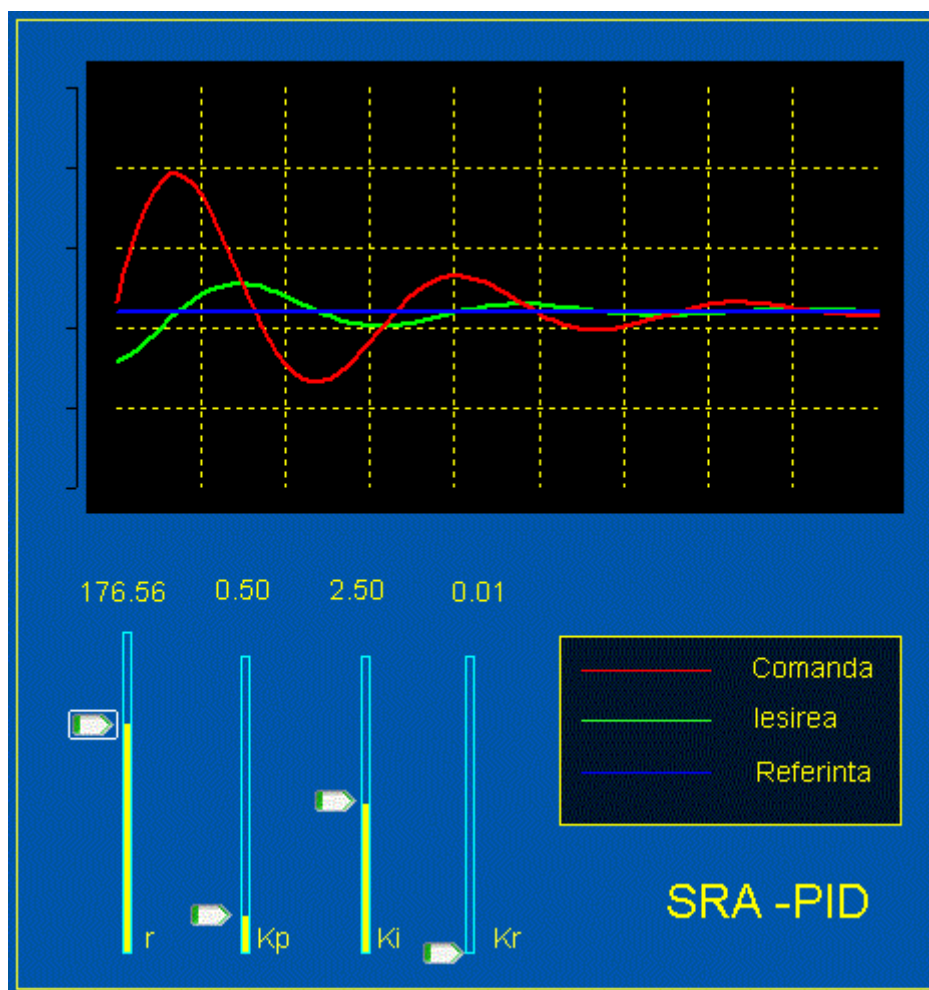
In care:

- y este valoarea calculata pentru iesire din pasul curent
- y\_v este valoarea calculata pentru y in pasul anterior
- u este valoarea calculata pentru comanda din pasul curent
- Te este timpul de esantionare (250 ms adica timpul de Refresh al HMI)

Dupa cum se observa ea depinde de de y\_v(y din pasul anterior), comanda u din pasul curent si de timpul de esantionare Te.

## Trending marimi SRA

Pe baza ecuatiilor descrise mai sus, folosind obiectul "Trend" vom realiza proiectul SCADA **Sist regl** pagina grafica **sra\_pid** unde vom afisa grafic evolutia in timp a marimilor u,y,r.



Pentru realizarea aplicatiei, avem nevoie deci de urmatoarele TAG-uri:

Tag-uri aferente					
Nume	Tip	Domeniu	Um	Array Size	Comentariu
init_sra	DIGITAL	-	-	-	Variabila pentru initializare
y	REAL	250	-	-	RA- y - Iesirea, Process variable
y_v	REAL	250	-	-	RA- y_v - Iesirea_v, Process variable_v
u	REAL	250	-	-	RA - u - Comanda Output
r	REAL	250	-	-	RA - r - Referinta, Set Point
e	REAL	250	-	-	RA - e - Eroarea Error
e_v	REAL	250	-	-	RA - e_v - Eroarea_v Error_v
v	REAL	250	-	-	RA - v - Perturbatia
kp	REAL	10	-	-	RA - kp - coeficient roportional
ki	REAL	5	-	-	RA - ki - coeficient integrativ
kd	REAL	2	-	-	RA - kd - coeficient derivativ
Te	REAL	5	-	-	RA - Te - Timp de esantionare
inte	REAL	5	-	-	RA - inte - Element integrativ

deriv	REAL	5	-	-	RA - deriv - Element derivativ
-------	------	---	---	---	--------------------------------

Pentru a afisa graficele, de pe HMI s-a plasat pe ecran functia ini\_sra(); Plot\_pid():

```

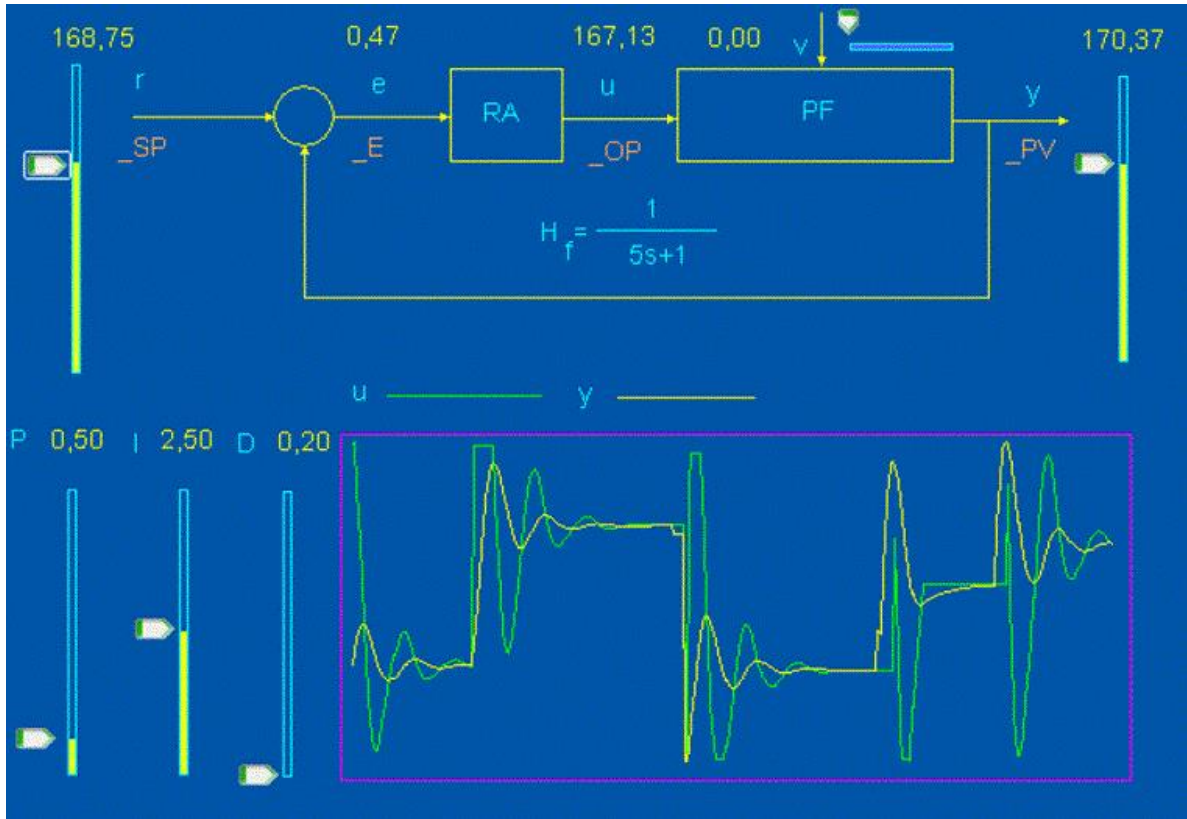
FUNCTION ini_sra()
    IF init_sra=0 THEN
        kp=0.5;
        ki=2.5;
        kd=0.01;
        r=125;
        y=50;
        Te=0.250;
        init_sra=1;
    END
END

REAL Buf3[100];
REAL Buf4[100];
REAL Buf5[100];
INT hPlot;
FUNCTION Plot_pid(INT hAn,INT iGridCol= Yellow,INT iFrameCol= Black,INT iFillCol=Black)
    INT i=1;
    e=0;
    e_v=0;
    y=0;
    y_v=0;
    inte=0;
    deriv=0;
    u=0;
    FOR i=0 TO 99 DO
        e=r-y;
        inte = inte + e * Te;
        deriv = (e - e_v) / Te;
        u = kp * e + ki * inte + kd * deriv;
        y = (u * Te + 5 * y_v) / (5 + Te);
        e_v = e;
        y_v = y;
        Buf3[i] = y;
        Buf4[i] = u;
        Buf5[i] = r;
    END
    INT FrameWidth=10;
    hPlot=PlotOpen(hAn,"Display",65);
    PlotGrid(hPlot,100,0,0,400,220,5,iGridCol,9,iGridCol,FrameWidth,iFrameCol,iFillCol,0);
    PlotScaleMarker(hPlot,-10,210, 6, 1, Black, 1);
    PlotLine(hPlot, 0, Light_Green, 2, 0, Light_Red , 1, 100, Buf3[0], -400,900,1);
    PlotLine(hPlot, 0, Light_Red, 2, 0, Light_Red , 1, 100, Buf4[0], -400,900,1);
    PlotLine(hPlot, 0, Light_Blue, 2, 0, Light_Red , 1, 100, Buf5[0], -400,900,1);
    PlotClose(hPlot);
END

```

## Aplicatie SCADA care contine un sistem de reglare automata PID

Pagina grafica **loop\_ctrl\_00** din cadrul proiectului SCADA **Sist regl** contine un SRA (sistem de reglare automata) de tip PID (proportional-integrativ-derivativ) discret.



Avem nevoie de asemenea de doua variabile de tip Trand TAG pentru a afisa evolutia in timp a comenzii si a iesirii(valorii reglate).



**Trend Tags [ Sist\_regl\_pi ]**

Trend Tag Name:

Cluster Name:

Expression:

Trigger:

Sample Period:  Type:

Comment:

Record : 3

---

**Trend Tags [ Sist\_regl\_pi ]**

Trend Tag Name:

Cluster Name:

Expression:

Trigger:

Sample Period:  Type:

Comment:

Record : 4

Pentru realizarea aplicatiei, trebuie sa mai adaugam urmatoarele TAG-uri:

Tag-uri aferente					
Nume	Tip	Domeniu	Um	Array Size	Comentariu
init_00	DIGITAL	-	-	-	Variabila pentru initializare
mod_f	DIGITAL	-	-	-	RA Mod de functionare(Automat/Manual)

Pentru a actualiza elementele grafice de pe HMI s-a plasat pe ecran functia ini\_00();  
reglare\_00():

```

FUNCTION ini_00()
  IF init_00=0 THEN
    kp=0.5;
    ki=2.5;
    kd=0.2;
    r=100;
    y=50;

```



```

        Te=0.250;
        mod_f=1;
        init_00=1;
    END
END
FUNCTION reglare_00()
    IF mod_f=1 THEN
        IF v>0 THEN
            y=r-v;
        IF y

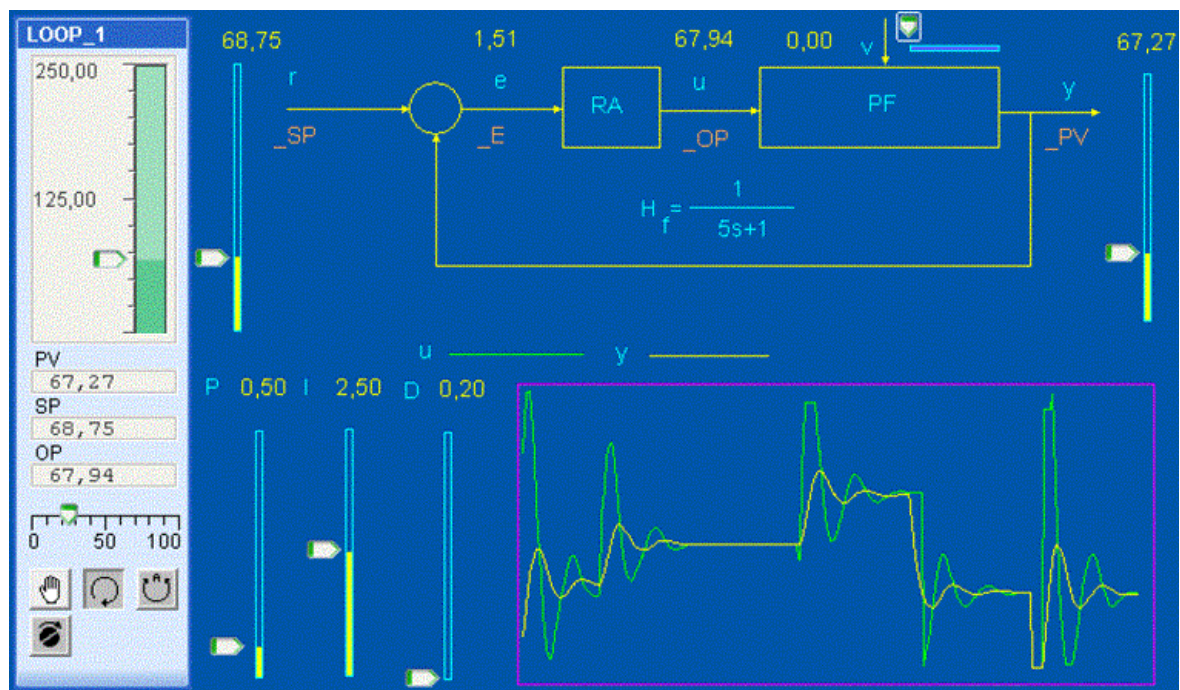
```

Pentru a introduce un element perturbativ in sistem, s-a introdus un slider cu care se poate seta valoarea v.

In functia reglare\_00() se forteaza iesirea y la valoarea y-v daca v>0;

## Utilizare Genie Faceplate intr-un sistem de reglare automata PID

Putem adauga aplicatiei un Genie Faceplate realizand astfel pagina grafica **loop\_ctrl\_01**.



Genie Faceplate necesita o serie de TAG-uri cu nume predefinite pentru a putea fi folosit cum ar fi: LOOP\_1\_OPM, LOOP\_1\_PV, LOOP\_1\_OP, LOOP\_1\_SP.

Nu vom folosi deci variabilele consacrate unui SRA (mod\_f,r,u,y), vom defini:

- LOOP\_1\_OPM pentru mod\_f
- LOOP\_1\_PV pentru y
- LOOP\_1\_OP pentru u
- LOOP\_1\_PS pentru r

Pentru realizarea aplicatiei, adaugam urmatoarele TAG-uri:

Tag-uri aferente					
Nume	Tip	Domeniu	Um	Array Size	Comentariu
init_01	DIGITAL	-	-	-	Variabila pentru initializare
LOOP_1_OPM	DIGITAL	-	-	-	RA Output mode
LOOP_1_PV	REAL	250	-	-	RA- y - Process variable
LOOP_1_OP	REAL	250	-	-	RA - u - comanda Output
LOOP_1_SP	REAL	250	-	-	RA - r - Set Point

Avem nevoie de asemenea de doua variabile de tip Trand TAG pentru a afisa evolutia in timp a comenzii si a iesirii(valorii reglate).

The image shows two screenshots of the 'Trend Tags [ Sist\_regl ]' dialog box. The top screenshot shows the configuration for a trend tag named 'comanda' with expression 'LOOP\_1\_OP' and comment 'Trend-ul comenzii'. The bottom screenshot shows the configuration for a trend tag named 'iesire' with expression 'LOOP\_1\_PV' and comment 'Trend-ul marimii reglate'. Both screenshots show the 'Add' button highlighted.

Pentru a actualiza elementele grafice de pe HMI s-a plasat pe ecran functia ini\_01();  
reglare\_01():

```
FUNCTION ini_01()
```

```

IF init_01=0 THEN
    kp=0.5;
    ki=2.5;
    kd=0.2;
    LOOP_1_SP=75;
    LOOP_1_PV=50;
    Te=0.250;
    LOOP_1_OPM=1
    init_01=1;
END
END
FUNCTION reglare_01()
    IF LOOP_1_OPM=1 THEN
        IF v>0 THEN
            LOOP_1_PV=r-v;
            IF LOOP_1_PV

```

## Sistem de reglare automata PI

Urmatoarea pagina grafica **loop\_ctrl\_03** face parte din proiectul SCADA **Sist\_regl** contine un sistem de reglare automata SRA generic de tip PI (proportional-integrativ) discret.

Se foloseste metoda “Velocity PI” sau “incrementala” pentru un sistem avand functia de transfer  $H_f(s)=1/(5s+1)$

Dupa discretizare, se obtine relatia pentru comanda u:

$$u = u_v + e \cdot (kp + (ki \cdot (Te/2))) + e_v \cdot ((ki \cdot (Te / 2)) - kp);$$

In care:

- u este valoarea calculata pentru comanda din pasul curent
- u\_v este valoarea calculata pentru u in pasul anterior
- e este eroarea calculata (r-y) din pasul curent
- e\_v este valoarea calculata pentru e in pasul anterior
- kp este constanta - Proportionala (cu valori intre 0-4)
- ki este constanta - Integrativa (cu valori intre 0-5)
- Te este timpul de esantionare (250 ms adica timpul de Refresh al HMI)

Variabila de proces adica iesirea y reprezentand totodata marimea reglata ar trebui sa provina din procesul tehnologic(PT) prin plasarea unui traductor. Aplicatia fiind o simulare, vom simula y cu relatia:

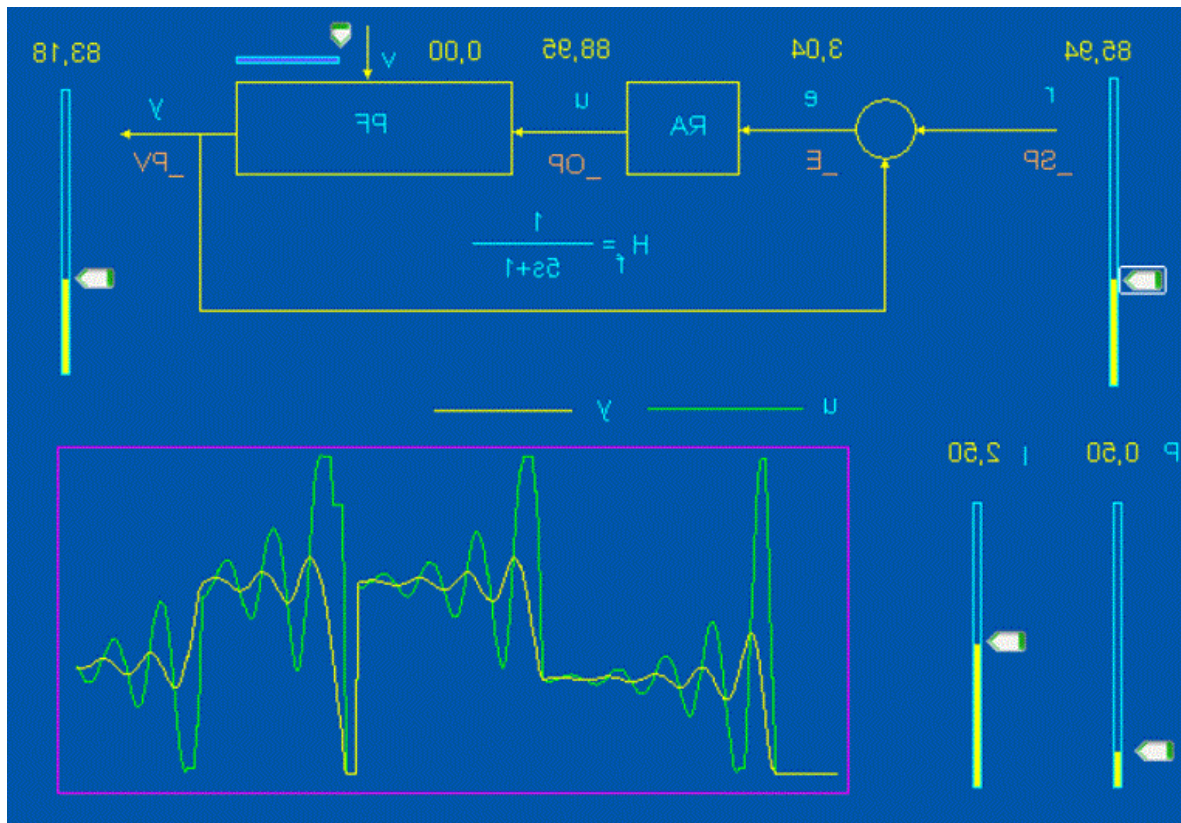
$$y = (u \cdot Te + 5 \cdot y_v) / (5 + Te);$$

In care:

- u este valoarea calculata pentru comanda din pasul curent
- y este valoarea calculata pentru iesire din pasul curent
- y\_v este valoarea calculata pentru y in pasul anterior
- Te este timpul de esantionare (250 ms adica timpul de Refresh al HMI)



Dupa cum se observa ea depinde de de  $y_v$  (y din pasul anterior), comanda u din pasul curent si de timpul de esantionare  $T_e$



Pentru realizarea aplicatiei, avem nevoie deci de urmatoarele TAG-uri:

Tag-uri aferente					
Nume	Tip	Domeniu	Um	Array Size	Comentariu
init_03	DIGITAL	-	-	-	Variabila pentru initializare
mod_f	DIGITAL	-	-	-	RA Mod de functionare(Automat/Manual)
y	REAL	250	-	-	RA- y - Iesirea, Process variable
y_v	REAL	250	-	-	RA- y_v - Iesirea_v, Process variable_v
u	REAL	250	-	-	RA - u - Comanda Output
r	REAL	250	-	-	RA - r - Referinta, Set Point
e	REAL	250	-	-	RA - e - Eroarea Error
e_v	REAL	250	-	-	RA - e_v - Eroarea_v Error_v
v	REAL	250	-	-	RA - v - Perturbatia
kp	REAL	10	-	-	RA - kp - coeficient roportional
ki	REAL	5	-	-	RA - ki - coeficient integrativ
Te	REAL	5	-	-	RA - Te - Timp de esantionare
inte	REAL	5	-	-	RA - inte - Element integrativ

Avem nevoie de asemenea de doua variabile de tip Trand TAG pentru a afisa evolutia in timp a comenzii si a iesirii(valorii reglate).

The image shows two screenshots of a software interface for configuring trend tags. Both windows are titled "Trend Tags [ Sist\_regl\_pi ]".

The top window shows the configuration for a tag named "u". The fields are: Trend Tag Name: u, Cluster Name: sch\_el\_cluster, Expression: u, Trigger: (empty), Sample Period: 0.250, Type: TRN\_PERIODIC, and Comment: Trend-ul comenzii u. The "Add" button is highlighted. The record count is 3.

The bottom window shows the configuration for a tag named "y". The fields are: Trend Tag Name: y, Cluster Name: sch\_el\_cluster, Expression: y, Trigger: (empty), Sample Period: 0.250, Type: TRN\_PERIODIC, and Comment: Trend-ul marimii reglate y. The "Add" button is highlighted. The record count is 4.

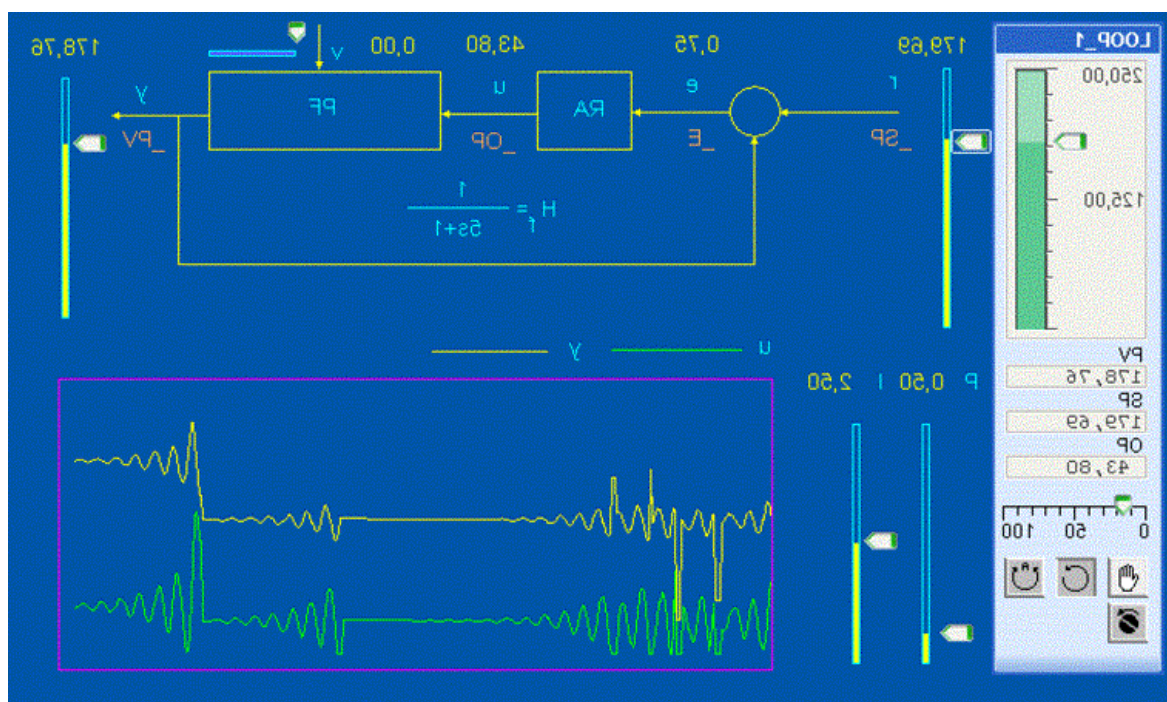
Pentru a afisa graficele, de pe HMI s-a plasat pe ecran functia ini\_03(); regl\_03():

```
FUNCTION ini_03()  
  IF init_03=0 THEN  
    kp=0.5;  
    ki=2.5;  
    r=125;  
    y=50;  
    Te=0.250;  
    mod_f=1;  
    init_03=1;  
  END  
END  
FUNCTION reglare_03()  
  IF mod_f=1 THEN  
    IF v>0 THEN
```

```
y=r-v;
IF y
```

## Utilizare Genie Faceplate intr-un sistem de reglare automata PI

Urmatoarea pagina grafica **loop\_ctrl\_02** face parte din proiectul SCADA **Sist\_regl** contine un sistem de reglare automata SRA generic de tip PI (proportional-integrativ) discret.



Pentru realizarea aplicatiei, avem nevoie deci de urmatoarele TAG-uri:

Tag-uri aferente					
Nume	Tip	Domeniu	Um	Array Size	Comentariu
init_02	DIGITAL	-	-	-	Variabila pentru initializare
LOOP_1_OPM	DIGITAL	-	-	-	RA Output mode
LOOP_1_PV	REAL	250	-	-	RA- y - Ierirea, Process variable
y_v	REAL	250	-	-	RA- y_v - Process variable_v
LOOP_1_OP	REAL	250	-	-	RA - u - Comanda, Output
u_v	REAL	250	-	-	RA - u_v - Comanda_v, Output_v
LOOP_1_SP	REAL	250	-	-	RA - r - Refereinta, Set Point
e	REAL	250	-	-	RA - e -Eroarea, Error
e_v	REAL	250	-	-	RA - e_v - Error_v
v	REAL	250	-	-	RA - v - Perturbatia
kp	REAL	10	-	-	RA - kp - Coeficient Proportional
ki	REAL	5	-	-	RA - ki - Coeficient Integrativ



Te	REAL	5	-	-	RA - Te - Timp de esantionare
----	------	---	---	---	-------------------------------

Avem nevoie de asemenea de doua variabile de tip Trand TAG pentru a afisa evolutia in timp a comenzii si a iesirii(valorii reglate).

The image shows two screenshots of the 'Trend Tags [ Sist\_regl ]' dialog box. The top screenshot shows the configuration for 'comanda' with Expression 'LOOP\_1\_OP' and Comment 'Trend-ul comenzii'. The bottom screenshot shows the configuration for 'iesire' with Expression 'LOOP\_1\_PV' and Comment 'Trend-ul marimii reglate'. Both have Sample Period '0.250' and Type 'TRN\_PERIODIC'.

Pentru a actualiza elementele grafice de pe HMI s-a plasat pe ecran functia ini\_02; reglare\_02:

```

FUNCTION ini_02()
  IF init_02=0 THEN
    kp=0.5;
    ki=2.5;
    LOOP_1_SP=175;
    LOOP_1_PV=50;
    Te=0.250;
    LOOP_1_OPM=1
    init_02=1;
  END
END

```

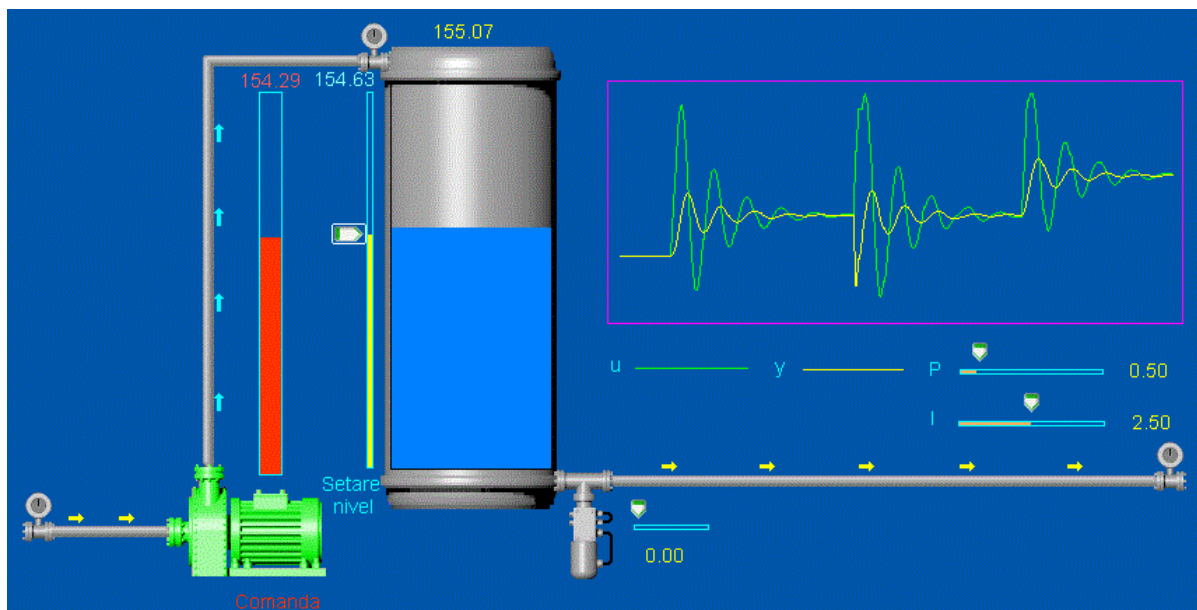
```

FUNCTION reglare_02()
    IF LOOP_1_OPM=1 THEN
        IF v>0 THEN
            LOOP_1_PV=r-v;
            IF LOOP_1_PV

```

## Sistem SCADA pentru controlul nivelului unui lichid intr-un rezervor

Vom realiza o noua pagina grafica numita "sra\_niv" in cadrul proiectului **Sist regl.**



Pentru realizarea aplicatiei, avem nevoie deci de urmatoarele TAG-uri:

Tag-uri aferente					
Nume	Tip	Domeniu	Um	Array Size	Comentariu
init_04	DIGITAL	-	-	-	Variabila pentru initializare
mod_f	DIGITAL	-	-	-	RA Mod de functionare(Automat/Manual)
y	REAL	250	-	-	RA- y - Iesirea, Process variable
y_v	REAL	250	-	-	RA- y_v - Iesirea_v, Process variable_v
u	REAL	250	-	-	RA - u - Comanda Output
r	REAL	250	-	-	RA - r - Referinta, Set Point
e	REAL	250	-	-	RA - e - Eroarea Error
e_v	REAL	250	-	-	RA - e_v - Eroarea_v Error_v
v	REAL	250	-	-	RA - v - Perturbatia
kp	REAL	10	-	-	RA - kp - coeficient roportional
ki	REAL	5	-	-	RA - ki - coeficient integrativ
Te	REAL	5	-	-	RA - Te - Timp de esantionare
inte	REAL	5	-	-	RA - inte - Element integrativ



depl_d	INT	10	-	-	Deplasare sageti alimentare
depl_c	INT	10	-	-	Deplasare sageti consum
pmp	DIGITAL	-	-	-	Comanda pompa

Avem nevoie de asemenea de doua variabile de tip Trand TAG pentru a afisa evolutia in timp a comenzii si a iesirii(valorii reglate).

The image shows two screenshots of the 'Trend Tags [ Sist\_regl\_pi ]' dialog box. The top screenshot shows the configuration for tag 'u' with expression 'u' and comment 'Trend-ul comenzii u'. The bottom screenshot shows the configuration for tag 'y' with expression 'y' and comment 'Trend-ul marimii reglate y'. Both have a sample period of 0.250 and type TRN\_PERIODIC.

```

FUNCTION ini_04()
  IF init_04=0 THEN
    kp=1.25;
    ki=2.5;
    r=75;
    Te=0.250;
    mod_f=1;
    init_04=1;
  END
END

```

```
FUNCTION reglare_04()  
    IF mod_f=1 THEN  
        IF v>0 THEN  
            y=r-v;  
            IF y0 THEN  
                pmp=1;  
            ELSE  
                pmp=0;  
            END  
            IF pmp=1 THEN  
                depl_d=depl_d+1  
            END  
            IF depl_d>10 THEN  
                depl_d=0  
            END  
            depl_c=depl_c+1  
            IF depl_c>10 THEN  
                depl_c=0  
            END  
        END  
    END  
END
```