

# REGLAREA AUTOMATĂ A NIVELULUI

## 1. Scopul lucrării

Studiul sistemului de reglare automată (SRA) a nivelului într-un recipient deschis cu scurgere liberă.

Studiul calității reglării în cazul unui sistem automat cu algoritmul de reglare PID.

## 2. Considerații teoretice

În cadrul sistemului de reglare automată (SRA), rolul dispozitivului de conducere (DC) este de a măsura continuu valoarea mărimii de ieșire (mărimă reglată), de a compara valoarea acesteia cu valoarea mărimii de intrare (valoare prescrisă) și, la sesizarea unei abatere de a acționa concret după un anumit algoritmul de conducere asupra procesului reglat căutând să readucă valoarea mărimii de ieșire la valoarea celei de intrare (să anuleze abaterea).

Schema bloc a unui SRA este prezentată în figura 1:

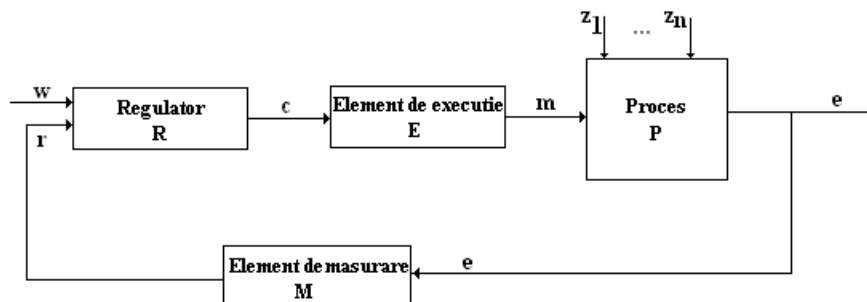


Figura 1. Schema bloc a unui SRA

Modul în care un sistem de reglare automată stabil revine la starea inițială după ce a încetat acțiunea mărimii de perturbație este redat printr-o serie de mărimi numerice numite indicatori de calitate ai sistemului. Acești indicatori redau calitatea reglării.

### Calitatea reglării unui sistem automat cu algoritmul de reglare PID

În vederea studierii calității reglării în cazul unui sistem automat cu algoritmul de reglare PID, se aplică o perturbație sub formă de semnal treaptă la intrarea elementului automatizat și se urmărește variația în timp a mărimii de ieșire  $e$  (parametrului reglat).

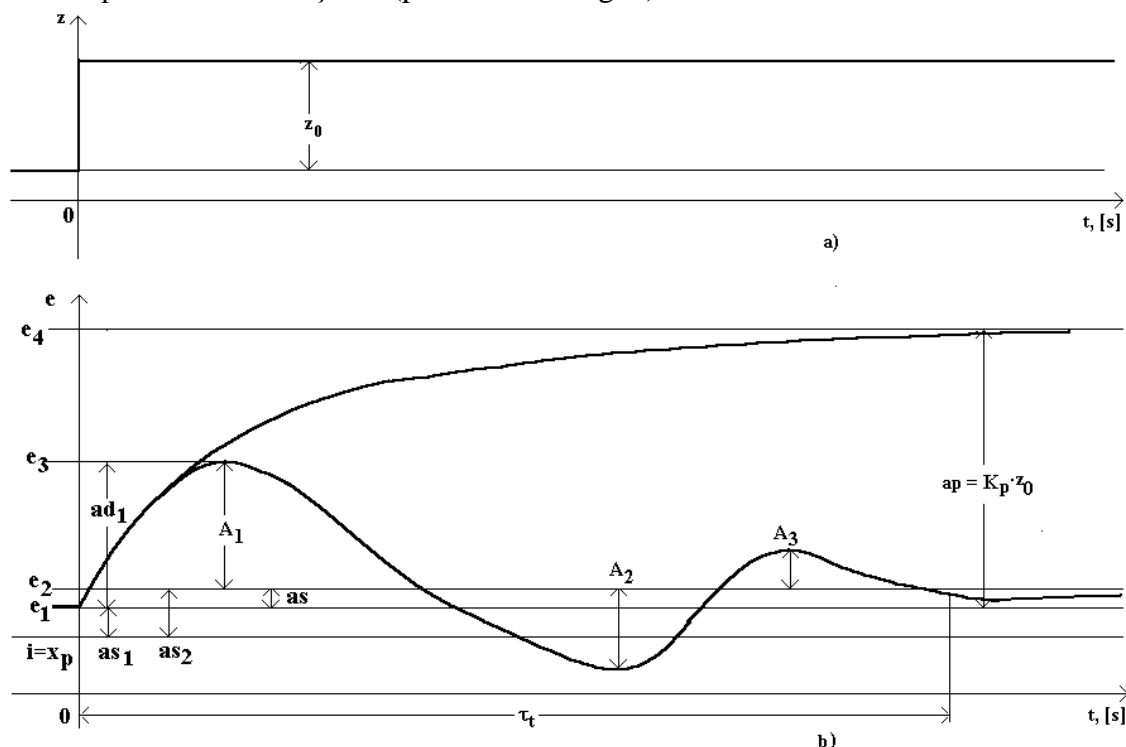


Figura 2. Răspunsul la semnal treaptă a unui element automatizat

Modificarea sub formă de semnal treaptă a mărimii de perturbație (figura 2a) produce în cazul acțiunii PID variații de forma celei din figura 2b, unde:

$z_0$  – perturbația în treaptă;

$e$  – mărimea de ieșire (parametru reglat);

$e_0 = i = x_p$  – valoarea prescrisă a mărimii de ieșire;

$e_1$  – valoarea inițială a mărimii de ieșire;

$e_2$  – valoarea finală a mărimii de ieșire;

$e_3$  – valoarea maximă pe care o atinge mărimea de ieșire datorită perturbației  $z_0$ , în prezența acțiunii de reglare;

$e_4$  – valoarea pe care ar fi atins-o mărimea de ieșire datorită perturbației  $z_0$ , în absența acțiunii de reglare;

$\tau_1$  – durata procesului de reglare (timpul în care abaterea față de noua valoare staționară scade sub  $0,02 \cdot A_1$ ).

$A_1, A_2, A_3$  – amplitudini ale oscilațiilor mărimii de ieșire;

$K_p$  – coeficientul de transfer al procesului.

Calitatea procesului de reglare este definită de următorii indicatori de calitate:

$as_1 = e_1 - e_0$  : abaterea staționară în condițiile primului regim staționar;

$as_2 = e_2 - e_0$  : abaterea staționară după atingerea noului regim staționar;

$as = e_2 - e_1$  : abaterea staționară a sistemului automat.

$ap = K_p \cdot z_0$  : abaterea potențială (variația parametrului reglat, are ar avea loc sub influența perturbației  $z_0$ , în absența reglării automate).

- abaterea dinamică:  $ad_1 = e_3 - e_1$  ;  $ad_2 = e_3 - e_2$ .

De asemenea, pentru aprecierea calității procesului de reglare în cazul algoritmului PID, se mai calculează următorii indicatori de calitate:

$$\text{Coeficientul static al reglării: } R_s = \frac{as}{ap} = \frac{e_2 - e_1}{e_4 - e_1} = \frac{e_2 - e_1}{K_p \cdot z_0}$$

$$\text{Coeficientul dinamic al reglării: } R_d = \frac{ad_1}{ap} = \frac{e_3 - e_1}{e_4 - e_1} = \frac{e_3 - e_1}{K_p \cdot z_0}$$

$$\text{Suprareglajul: } S = \frac{A_2}{A_1} \cdot 100 \%$$

$$\text{Gradul de amortizare: } \rho = 100 \cdot \left(1 - \frac{A_3}{A_1}\right), \%$$

Calitatea reglării este cu atât mai bună, cu cât indicatorii  $R_s, R_d, S$  și  $\tau_1$  au valori cât mai mici.

### 3. Descrierea instalației experimentale

Instalația experimentală constă dintr-un stand de reglare automată a nivelului de apă într-un rezervor deschis cu scurgere liberă (figura 3). Elementele componente sunt:

- Vas cu preaplin (Vas)
- Recipientul cu scurgere liberă (Rezervor)
- Traductor de nivel (Traductor)
- Regulator de nivel (LC)
- Element de execuție (E)
- Rotamtru (RV)
- Robinete manuale (V1, V2, V3)
- Calculator

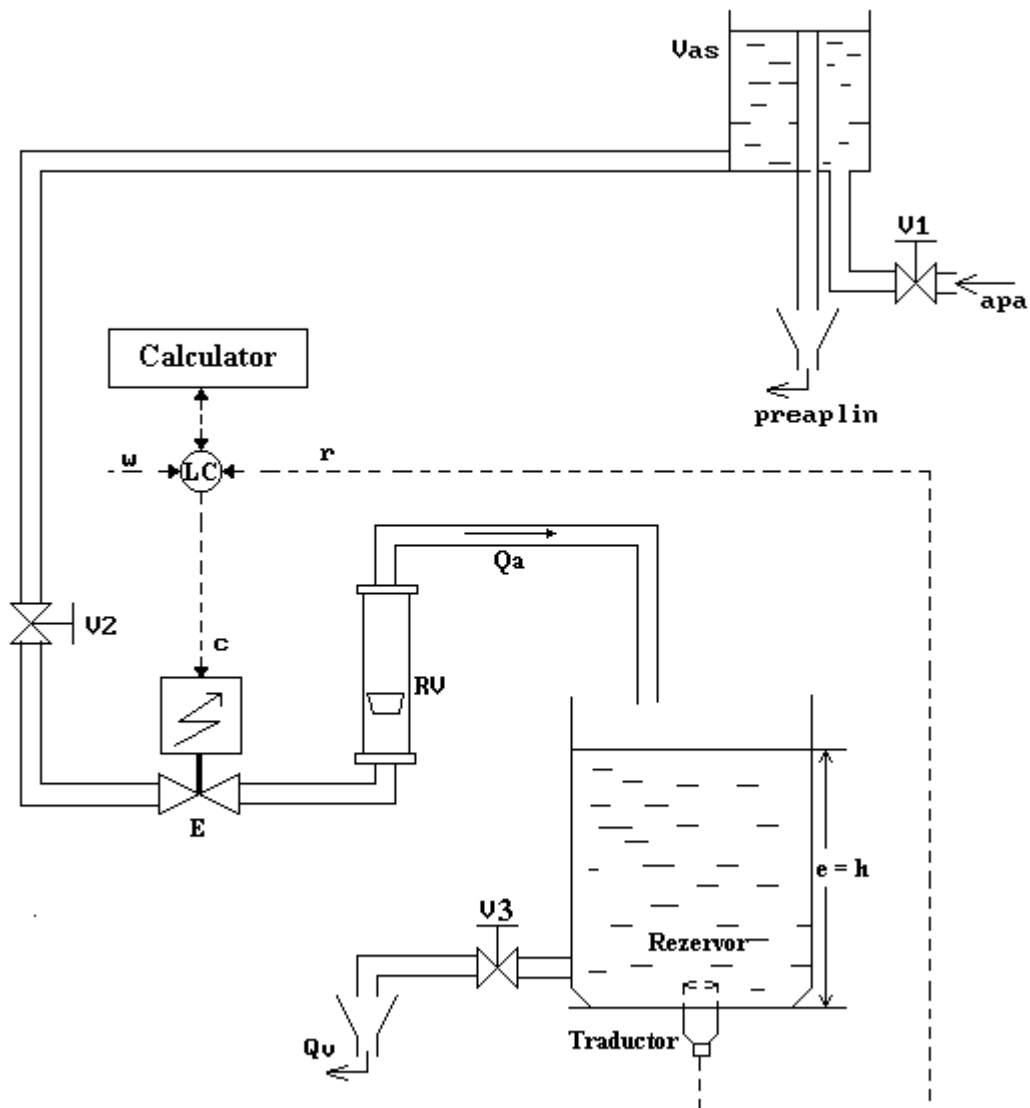


Figura 3. Instalația experimentală

Rezervorul cu scurgere liberă (Rezervor) constituie procesul reglat (P), acestuia fiindu-i atașat un dispozitiv de conducere alcătuit din traductor de nivel, regulator de nivel și element de execuție. Parametrul reglat (mărimea de ieșire  $e$ ) este nivelul de lichid din rezervor.

Traductorul de nivel (model PMC131, produs de Endress+Hauser), montat la baza rezervorului măsoară nivelul de lichid din rezervor ( $e=h$ ) și generează un semnal electric de curent unificat (4 – 20 mA) proporțional cu valoarea nivelului. Acest semnal se numește mărime de reacție ( $r$ ) și este transmis către regulator. Regulatorul (model E5CK, produs de Omron) compară mărimea de reacție cu mărimea de referință ( $i=w$ ) furnizată de către operator și, în urma prelucrării acestui rezultat, generează mărimea de comandă ( $c$ ) sub forma unui semnal electric (1 – 10 V) ce va comanda elementul de execuție (E) (valvă solenoid proporțională tip 2835, produsă de Burkert). Valva solenoid va acționa asupra procesului reglat prin intermediul mărimii de execuție - debitul de alimentare cu apă a rezervorului ( $Q_a$ ).

## Elementele componente ale dispozitivului de conducere

### a) Elementul de măsură



Figura 4. Traductor model PMC131, produs de Endress+Hauser

### b) Regulatorul



Figura 5. Regulator model E5CK, produs de Omron

Regulatele din gama E5CK permit definirea unor parametrii specifici funcționării lor, supraveghează și conduc procesul de reglare, respectiv permit acordarea manuală sau autoacordarea. Algoritmii lor de reglare poate fi adaptat de la o comportare de tip P, la una de tip PI, PD sau PID.

Semnalul de intrare poate fi configurat în funcție de echipamentele avute la dispoziție, fiind disponibile 22 de tipuri de semnale (temperatură, curent, tensiune, rezistență, etc.). Semnalul de ieșire este o tensiune electrică în domeniul 0 – 10 V.

Aceste tipuri de regulate pot fi programate fie direct din butoanele amplasate frontal, fie prin intermediul portului de comunicare RS232C de la un calculator.

### c) Elementul de execuție

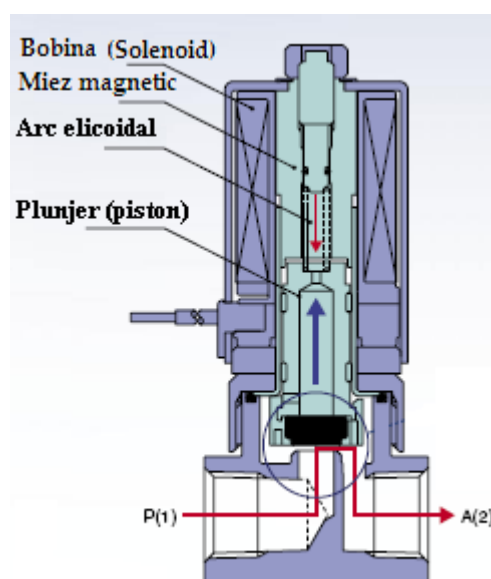


Figura 6. Valvă solenoid proporțională tip 2835, produsă de Burkert

Principiul de funcționare a unui astfel de element de execuție este următorul: plunjerul (piston), care în poziția de repaus stă pe scaunul ventilului, este atras de miezul magnetic datorită forței electromagnetice indusă de curentul de alimentare al bobinei și deschide secțiunea de curgere a lichidului.

Debitul de lichid este astfel controlat de deplasarea plunjerului, această deplasare depinzând de echilibrul de forțe: forța electromagnetică de atracție și forța arcului elicoidal, montat între miez și plunjer.

Forța de atracție electromagnetică este proporțională cu valoarea intensității curentului de alimentare, astfel că prin aplicarea de curenți de alimentare prestabiliți se poate controla debitul de lucru al valvei.

În situația în care bobina nu este alimentată cu curent electric, plunjerul este deplasat de către arcul elicoidal pe scaunul ventilului și închide curgerea lichidului.

Mărimea de intrare este mărimea de comandă (c) ce vine de la regulator, iar mărimea de ieșire este debitul de lichid ce alimentează rezervorul.

#### 4. Modul de lucru

Pentru efectuarea determinărilor experimentale se parcurg etapele:

1. Se deschide robinetul V1 și se așteaptă umplerea vasului cu preaplin.
2. Se asigură alimentarea cu apă a standului de reglare a nivelului prin deschiderea robinetului V2.
3. Se conectează, regulatorul și electrovalva.
4. Se deschide și configurează softul Sys-config versiunea 2.1. Se fixează o anumită valoare a mărimii de referință (ex.  $w = 6$  cm).
5. Se așteaptă instalarea regimului staționar și se notează valorile în tabelul 1:

Tabelul 1. Determinări experimentale staționare

Stare Staționară	Mărime de referință $w$ [cm]	Nivel $h$ [cm]	Mărime de reacție $r$ [mA]	Grad deschidere electrovalvă, [%]	Mărime de comandă $c$ [V]	Debit $Q_a$ [l/h]
1						
....						

6. Se aplică un semnal treaptă mărimii de referință (variație bruscă la o valoare  $w = 15$  cm) și se urmărește variația nivelului în timp.

7. Se notează noile valori staționare pentru mărimile din tabelul 1.

Mărimea de reacție variază în domeniul 4 – 20 mA. Pentru  $r = 4$  mA, nivelul în recipient este 0 cm. Pentru  $r = 20$  mA, nivelul în recipient este 190 cm. Prin corespondență se calculează valoarea mărimii de reacție exprimată în mA cu formula:

$$r[\text{mA}] = 16 \cdot h[\text{cm}] / 190 + 4$$

Mărimea de comandă este o tensiune electrică în domeniul 0 – 10 V. Pentru  $c = 0$  V, gradul de deschidere al electrovalvei este 0%. Pentru  $c = 10$  V, gradul de deschidere al electrovalvei este 100%. Prin corespondență se calculează valoarea mărimii de comandă exprimată în V cu formula:

$$c[\text{V}] = 10 \cdot \text{deschidere\_electrovalva}[\%] / 100$$

#### 5. Prelucrarea datelor și interpretarea rezultatelor

1. Cu datele din tabelul 1 se calculează coeficienții de transfer ai elementelor dispozitivului de conducere:

- coeficientul de transfer al traductorului de presiune (element de măsură):

$$K_M = \frac{\Delta r}{\Delta h} \quad (1)$$

- coeficientul de transfer al regulatorului:

$$K_R = \frac{\Delta c}{\Delta r} \quad (2)$$

- coeficientul de transfer al elementului de execuție:

$$K_E = \frac{\Delta q}{\Delta c} \quad (3)$$

2. Folosind softul Sys-config se transferă datele în Excel și se reprezintă grafic variația în timp a nivelului din rezervor.

3. Pe baza graficului se calculează indicatorii de calitate descriși în secțiunea considerații teoretice. Valorile indicatorilor  $\rho$ ,  $S$  și  $\tau_t$  se trec în tabelul 2:

Tabelul 2. Indicatori de calitate

Algoritm de reglare	Indicatori de calitate		
	$\rho$	$S$	$\tau_t$
PID			