



Automatizări și optimizări în industria alimentară

Curs 7

4. Elemente de analiză matematică a SRA

4.1. Indicatori de performanță ai sistemului de reglare automată

Comportarea statică și dinamică a unui sistem de reglare automată depinde în egală măsură de comportarea la transfer a dispozitivului de automatizare și a procesului automatizat.

Pentru ca un sistem de reglare automată să fie performant, el trebuie să prezinte două proprietăți importante:

- stabilitate;
- calitate.

4.1.1. Stabilitatea sistemelor de reglare automată

Stabilitatea - o proprietate internă, care constă în revenirea sistemului la starea inițială, apropiată de starea de referință, după ce acțiunea perturbatoare din exterior a încetat.

Stabilitatea unui sistem de reglare automată este caracterizată de evoluția în timp a mărimii de ieșire $e(t)$ (mișcare liberă).

Mișcarea liberă - evoluția în timp a unui sistem de reglare automată după ce acțiunea mărimii de perturbație a încetat.

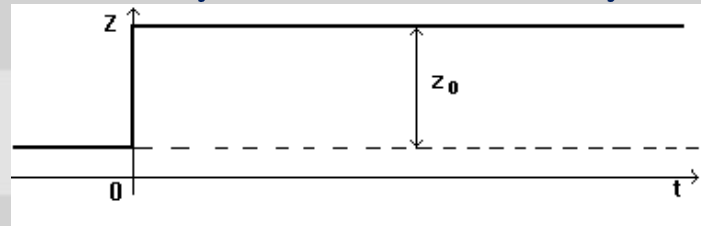
Reglare eficientă → mișcarea liberă are o durată limitată și readuce mărimea de ieșire la valoarea sau în apropierea valorii existente înainte de apariția perturbației.

4. Elemente de analiză matematică a SRA

Din punct de vedere al stabilității sistemelor de reglare automată, acestea se împart în următoarele categorii:

- sisteme de reglare automată stabile
- sisteme de reglare automată la limita de stabilitate
- sisteme de reglare automată instabile

Verificarea stării de stabilitate se face urmărind mișcarea liberă a mărimii de ieșire $e(t)$ la o variație în treaptă de valoare z_0 a mărimii de perturbație.

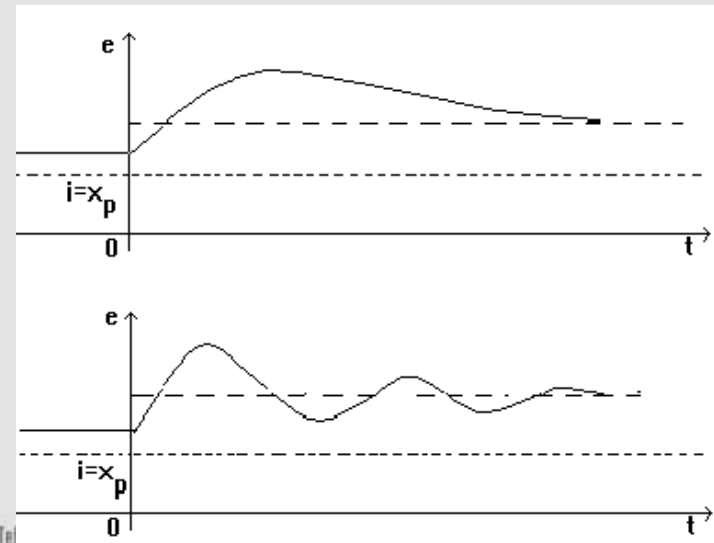


a) Sisteme de reglare automată stabile

La modificarea mărimii de perturbație, mărimea reglată prezintă o variație de tipul:

1. aperiodică - în care mărimea reglată se stabilizează la noua valoare fără a prezenta variații în jurul noii valori;

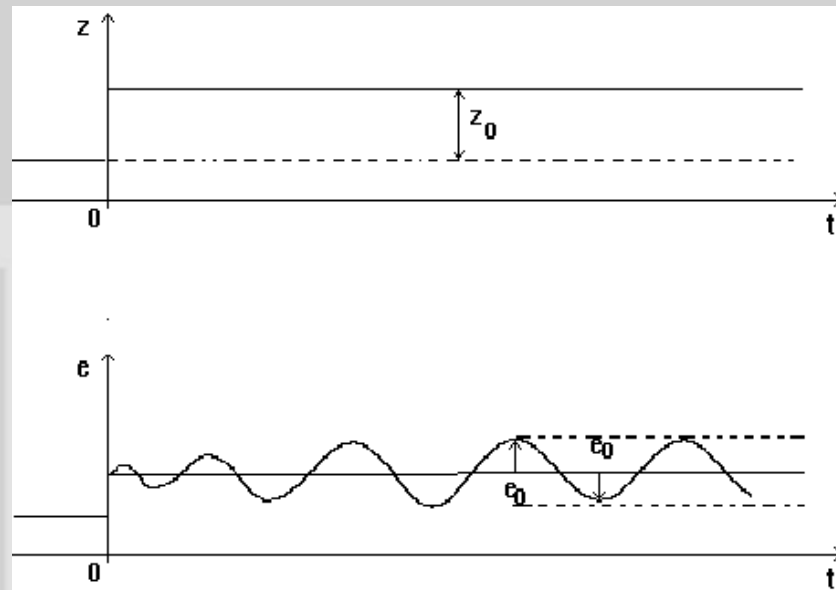
2. oscilant amortizată - în care variabila reglată prezintă variații în jurul noii valori, stabilizându-se în final la aceasta.



4. Elemente de analiză matematică a SRA

b) Sisteme de reglare automată la limita de stabilitate

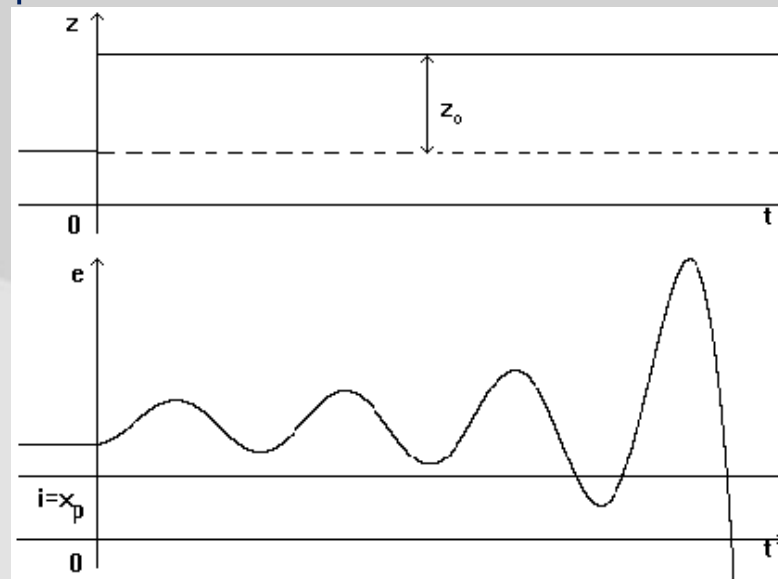
- la modificarea mărimii de perturbație, mărimea reglată prezintă o creștere oscilantă cu amplitudine crescândă până la o stabilizare a amplitudinii la o valoare constantă.



4. Elemente de analiză matematică a SRA

c) Sisteme de reglare automată instabile

- la modificarea mărimii de perturbație, mărimea reglată începe să oscileze cu amplitudine crescândă fără a se ajunge la o stabilizare a amplitudinii la o valoare constantă.



Sistemele de reglare automată instabile și la limita de stabilitate sunt foarte periculoase în exploatare deoarece oscilațiile în valoare ale mărimii de ieșire se propagă la sistemele de reglare automată adiacente.

În momentul în care o instalație intră în regim de instabilitate dacă parametrii reglați sau mărimea de ieșire sunt temperatura sau presiunea, variațiile acestora pot ajunge peste limitele de rezistență ale utilajului - se poate ajunge la distrugerea instalației fie prin explozie (presiune), fie prin topire sau fisurare (temperatură).

4. Elemente de analiză matematică a SRA

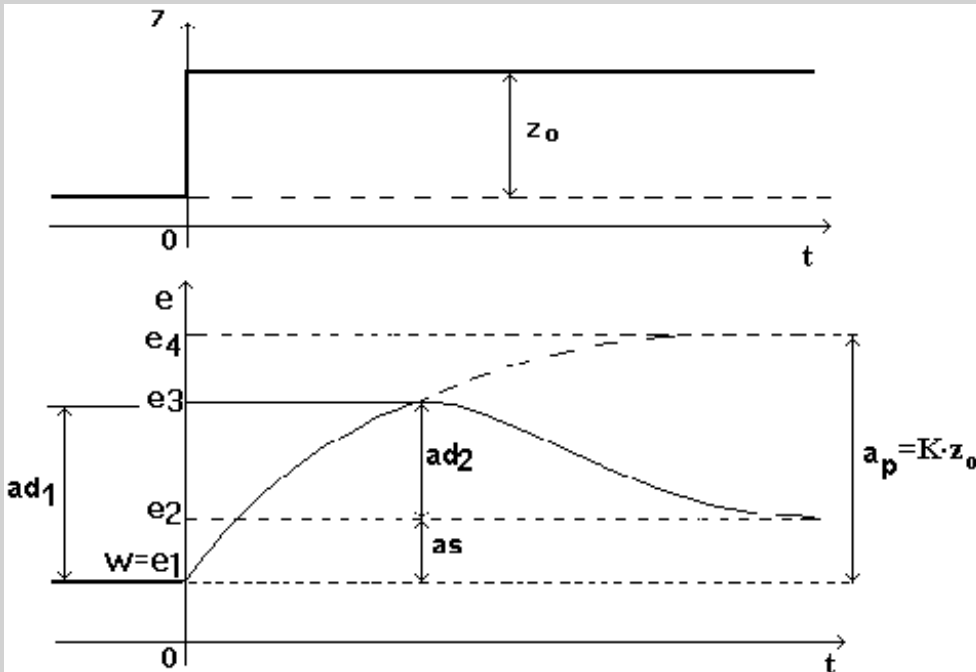
4.1.2. Calitatea reglării

Calitatea reglării – o proprietate care reflectă modul în care un sistem de reglare automată stabil revine la starea inițială după ce a încetat acțiunea mărimii de perturbație.

- are un caracter complex care se apreciază după comportarea statică și dinamică a sistemului de reglare automată și se exprimă prin **indicatori de calitate**.

Se vor defini indicatorii de calitate pentru un sistem aperiodic la care variația mărimii de ieșire este declanșată de variația în treaptă a unei mărimi de perturbație z_0 . Mărimea de ieșire e va începe să se modifice de la o valoare $e_1=w$ tinzând asimptotic către o nouă valoare staționară e_2 .

4. Elemente de analiză matematică a SRA



Semnificația notațiilor :

- e_1 - prima valoare staționară a mărimii de ieșire
- e_2 - a doua valoare staționară a mărimii de ieșire
- e_3 - valoarea maximă a mărimii de ieșire
- e_4 - valoarea mărimii de ieșire care s-ar obține în absența acțiunii de reglare
- a_s - abaterea staționară
- a_p - abaterea potențială
- a_{d1} - abaterea dinamică față de e_1
- a_{d2} - abaterea dinamică față de e_2

4. Elemente de analiză matematică a SRA

1. Coeficientul static al reglării R_s -raportul dintre abaterea staționară a_s și abaterea potențială a_p .

$$R_s = \frac{a_e}{a_p} = \frac{e_2 - e_1}{e_4 - e_1} = \frac{e_2 - e_1}{K_p \cdot z_0}$$

unde: $a_s = e_2 - e_1$: abaterea staționară = variația totală a variabilei de ieșire după încheierea procesului de reglare

$a_p = e_4 - e_1 = K_p \cdot z_0$: abaterea potențială = variația totală a variabilei de ieșire care ar fi produsă în absența unei acțiuni de reglare

K_p = coeficientul de transfer al procesului automatizat

Cu cât coeficientul static al reglării are o valoare mai mică, cu atât calitatea comportării statice a circuitului de reglare este mai ridicată. La circuitele de reglare la care dispozitivul de automatizare dezvoltă o acțiune de reglare I, PI, PID, R_s are o valoare mică (teoretic ar trebui să fie nulă). În condițiile unor acțiuni de reglare fără componentă integrală, coeficientul R_s este diferit de zero prin însăși natura acțiunilor de reglare P și D.

4. Elemente de analiză matematică a SRA

2. **Coeficientul dinamic al reglării R_d** - raportul dintre abaterea dinamică maximă față de prima valoare staționară a_{d1} și abaterea potențială a_p .

$$R_d = \frac{a_{d1}}{a_p} = \frac{e_3 - e_1}{e_4 - e_1} = \frac{e_3 - e_1}{K_p \cdot z_0}$$

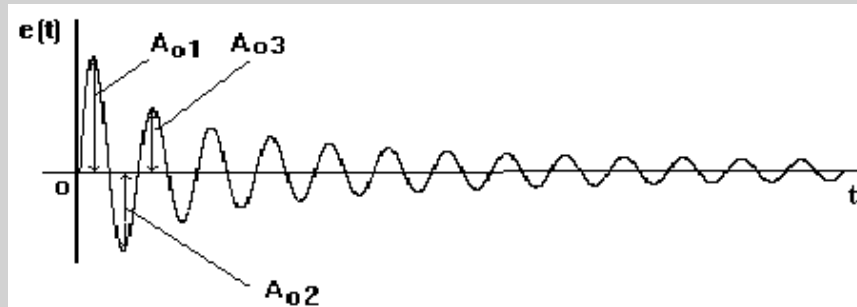
unde: $a_{d1} = e_3 - e_1$: variația maximă a mărimii de ieșire în timpul procesului de reglare - abaterea dinamică față de prima valoare staționară

R_d este de dorit a fi cât mai mic.

3. **Durata regimului tranzitor - t_t** - teoretic este infinit lungă datorită caracterului asimptotic al variației variabilei reglate. Practic există convenția de a considera regimul tranzitor încheiat dacă diferența dintre valoarea efectivă a variabilei de ieșire și valoarea staționară care se va atinge a scăzut sub o anumită limită procentuală (2% - 5%) din variația maximă.

4. Elemente de analiză matematică a SRA

4. Gradul de amortizare - este caracteristic unei variații oscilante a variabilei reglate :



$$\rho = 100 \left(1 - \frac{A_{03}}{A_{01}} \right) \%$$

5. Suprareglajul - este caracteristic unei variații oscilante a variabilei reglate:

$$S = 100 \cdot \frac{A_{02}}{A_{01}} \%$$