

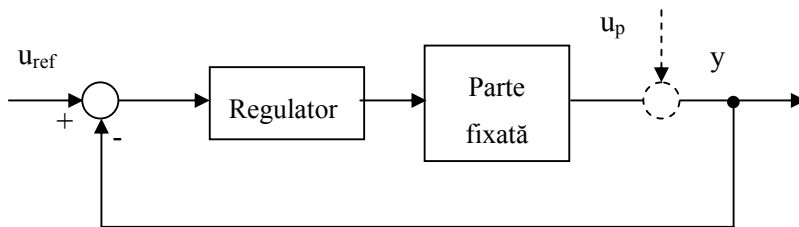
# LUCRAREA NR. 9: PROIECTAREA SRA UTILIZÂND CRITERIUL MODULULUI ȘI AL SIMETRIEI

## Obiectivele lucrării

- studiul metodelor acordare a reguletoarelor utilizand criteriul modulului si al simetriei in varianta Kessler;
- acordarea unor structuri de reglare utilizand criteriul modulului si al simetriei in varianta Kessler.

### 9.1 Varianta Kessler a criteriului modulului

Se consideră un SRA:



Funcția de transfer a părții fixate poate avea un caracter proporțional și deci este de forma :

$$W_F(s) = \frac{K_F}{\prod_{i=1}^n (T_i s + 1) \prod_{i=1}^r (T_{pi} s + 1)},$$

sau integral, caz în care este de forma

$$W_F(s) = \frac{K_F}{s \prod_{i=1}^n (T_i s + 1) \prod_{i=1}^r (T_{pi} s + 1)}$$

unde

$T_i$  = constante de timp principale

$T_{pi}$  = constante de timp parazite

Există un rezultat - teorema constantelor de timp mici - care spune că: factorul de la numărător

$$\prod_{i=1}^r (T_{pi} s + 1)$$

poate fi înlocuit prin factorul

$$(T_{\Sigma} s + 1),$$

în care

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^r T_{pi} .$$

### Procedura de calcul pentru regulator în varianta Kessler

Se adopta ipoteza că sistemul este excitat cu semnale exogene sub formă de treaptă. Presupunem, de asemenea, funcția de transfer a părții fixate de forma:

$$W_F(s) = \frac{K_F}{(T_1s + 1)(T_2s + 1) \cdots (T_{\Sigma}s + 1)} .$$

$W_F(s)$  poate avea și caracter integrator.

Se impune ca:

- a) eroarea staționară  $\epsilon_{st}=0$ ;  $W_{0ref}(0)=1$ ;  $W_{0p}(0)=0$ ;
- b) aproximarea de tip maximum plat să fie realizată într-un domeniu de frecvență cât mai larg, în așa fel încât să rezulte o durată a regimului tranzitoriu minimă.

Pentru a realiza această cerință este necesar să se compenseze constantele de timp principale ale procesului. Reamintim că:

$$W_c(s) = W_F(s) \cdot W_R(s);$$

$$W_0(s) = \frac{W_c(s)}{1 + W_c(s)}$$

Deci funcția de transfer a regulatorului trebuie să aibă la numărător factori de forma  $(T_1s + 1), (T_2s + 1), \dots$ , care compensează constantele de timp principale ale procesului.

În aceste condiții  $W_c$ , deci și  $W_0$ , vor depinde numai de  $T_{\Sigma}$  care se consideră o constantă de timp intrinsecă, practic necompensabilă.

Sistemul închis, ca și cel deschis, rezultă de ordinul 2, deoarece vor rămâne factorii  $1/s$ , adică integratorul ce realizează cerința a), și factorul

$$\frac{1}{T_{\Sigma}s + 1}$$

care rămâne după compensarea constantelor de timp principale.

În aceste condiții, pentru sistemul de ordinul 2, se impune criteriul modulului (criteriul de tip maxim plat a caracteristicii de amplificarea). Acest criteriu este îndeplinit dacă sistemul  $W_0(s)$  are polii pe bisectoarele cadranelor 2 și 3.

Pentru aceasta se adoptă:

$$W_c(s) = \frac{1}{2T_{\Sigma}s \cdot (T_{\Sigma}s + 1)}$$

Rezultă

$$W_{0ref} = \frac{1}{2T_{\Sigma}^2s^2 + 2T_{\Sigma}s + 1}$$

adică un element oscilant cu

$$\omega_n = \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{1}{T_\Sigma} \text{ și } \varsigma = \frac{\sqrt{2}}{2}$$

**Exemplu:** Se presupune partea fixată de forma:

$$W_F(s) = \frac{0.2}{(5s+1)(0.2s+1)(0.3s+1)}.$$

Rezultă:

$$T_\Sigma = 0.2 + 0.3 = 0.5;$$

$$W_F(s) \approx \frac{0.2}{(5s+1)(0.5s+1)}$$

Constatăm că nu avem elemente integratoare.

Aplicând criteriul modulului, vom avea:

$$W_c(s) = W_F(s)W_R(s) = \frac{1}{2T_\Sigma s \cdot (T_\Sigma s + 1)}$$

$$W_R(s) = \frac{1}{2 \cdot 0.5s(0.5s+1)} \cdot \frac{(5s+1)(0.5s+1)}{0.2} = 25 \left( 1 + \frac{1}{5s} \right).$$

Rezultă un regulator PI cu

$$T_i = 5 \text{ și } K_p = 25.$$

## 9.2 Varianta Kessler a criteriului simetriei

Se aplică când sistemul este excitat la variații exogene sub formă de rampă. Partea fixată are forma

$$W_F(s) = \frac{K_F}{s^\alpha (T_1s+1)(T_2s+1)\dots(T_\Sigma s+1)}$$

cu  $\alpha = 0$  sau  $1$

Se dorește ca SRA-ul să respecte restricțiile:

a)  $\epsilon_{st} = 0$  (în regulator există un factor  $\frac{1}{s^2}$  )

b) timpul tranzitoriu minim - prin compensarea constantelor de timp principale.

Dacă am proceda ca mai sus pentru a satisface a) și b), am obține:

$$W_c(s) = \frac{1}{s^2 (T_\Sigma s + 1)}$$

Defazajul sistemului ar fi:

$$\varphi(\omega) = -180^\circ - \arctg T_\Sigma \omega,$$

adică ar rezulta un SRA instabil.

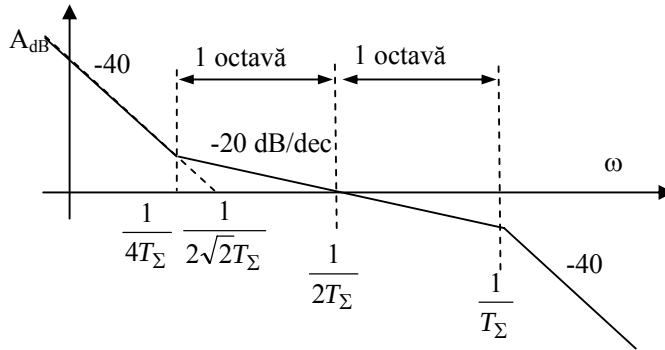
Pentru a se obține un SRA stabil, trebuie să considerăm un sistem cu 3 poli și un zero. De aceea se impune, prin criteriul simetriei, funcția de transfer în buclă deschisă de forma:

$$W_c(s) = \frac{4T_\Sigma s + 1}{8T_\Sigma^2 s^2 (T_\Sigma s + 1)}$$

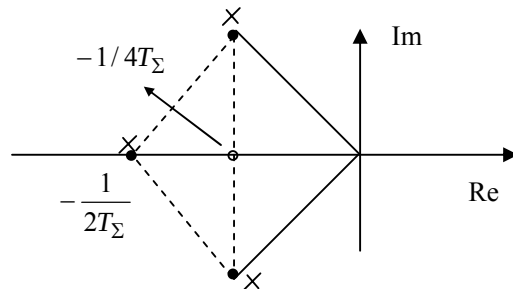
Prin calcul rezultă ca funcția de transfer în buclă închisă are forma:

$$W_0(s) = \frac{4T_\Sigma s + 1}{(4T_\Sigma^2 s^2 + 2T_\Sigma s + 1)(2T_\Sigma s + 1)}$$

Caracteristica amplitudine - pulsație are forma simetrică, care dă și numele criteriului, din figura de mai jos:



Rezultă o margine de fază de aproximativ  $37^\circ$ . Cei trei poli și zeroul SRA-ului sunt plasați ca în figura de mai jos.



**Exemplu:** Se presupune partea fixată de forma:

$$W_F(s) = \frac{0.5}{s(s+1)(0.1s+1)}$$

și o referință de tip rampă. Se cere legea de comandă care asigură performanțele de mai sus.

$$W_R(s) = \frac{1}{W_F(s)} \cdot W_c(s)$$

$$W_R(s) = \frac{s(s+1)(0.1s+1)}{0.5} \cdot \frac{(4 \cdot 0.1s+1)}{8 \cdot 0.1^2 s^2 (0.1s+1)} = \frac{(s+1)(0.4s+1)}{0.04s}$$

În concluzie, regulatorul trebuie să fie de tip PID:

$$W_R(s) = K_p (T' s + 1)(T'' s + 1) / T_i s$$

$$K_p = 35 ; T_i = T' + T'' = 1.4 ; T_d = \frac{T' T''}{T' + T''} = \frac{2}{7}$$

### **Cerinte**

Se vor parcurge notiunile teoretice, precum si cele doua exemple prezentate in cadrul lucrarii de laborator.

Se vor realiza schemele Simulink de simulare corespunzatoare celor doua exemple. Se va realiza simularea celor doua exemple punandu-se in evidenta caracteristicile celor doua metode de acordare. Pentru aceasta se vor simula cele doua sisteme de reglare automate la intrari de tip treapta si rampa.

Pe baza rezultatelor de simulare obtinute se vor trage concluzii privind situatiile de utilizare a celor doua metode de acordare.