

# STABILITATEA SI CONTROLUL SISTEMELOR ELECTROENERGETICE

## Modelarea sistemelor de reglare automata

---

---

---

---

---

---

---

---

## Modelarea sistemelor de reglare automata

- Sistemul de excitație
  - Tipuri de sisteme de excitație (EXC)
  - Componente ale sistemelor de excitație
  - Modelarea sistemului de excitație
- Stabilizatorul de putere (PSS)
  - Principii funcționale
  - Tipuri constructive de PSS
- Regulatorul automat de viteză

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație – Tipuri de sisteme de excitație

---

---

---

---

---

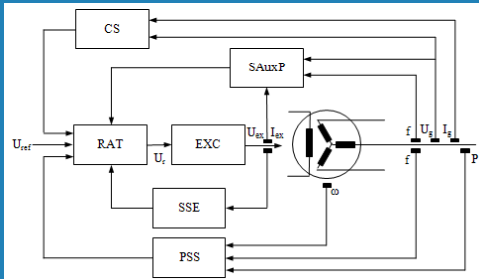
---

---

---

## Sistemul de excitație

### Structura sistemului de excitație



---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație

### 3 tipuri de sisteme de excitație:

- Excitatoare sau sisteme de excitație în **curent continuu** (sisteme rotative);
- Excitatoare sau sisteme de excitație în **curent alternativ** (sisteme rotative);
- Excitatoare sau sisteme de excitație **statice**

---

---

---

---

---

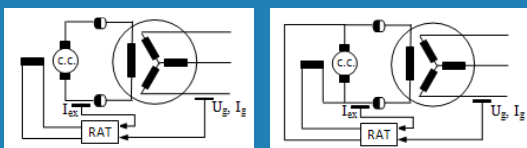
---

---

---

## Sistemul de excitație

### Sisteme de excitație în curent continuu



... cu excitație separata

... cu autoexcitație

---

---

---

---

---

---

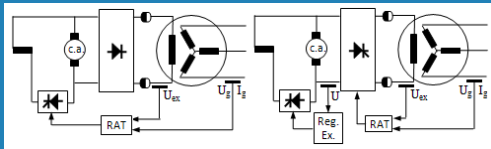
---

---

## Sistemul de excitație

### Sisteme de excitație în curent alternativ (1/2)

Sistem de excitație cu sistem de redresare fix:



... cu reglaj indirect

... cu reglaj direct

---

---

---

---

---

---

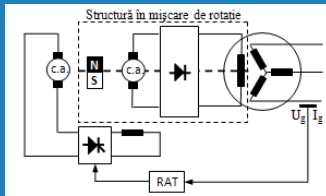
---

---

## Sistemul de excitație

### Sisteme de excitație în curent alternativ (2/2)

Sistem de excitație cu sistem de redresare rotativ:



---

---

---

---

---

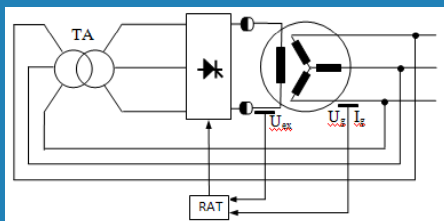
---

---

---

## Sistemul de excitație

### Sisteme de excitație statice



---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație – Componente ale sistemului de excitație

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație

Componente ale sistemului de excitație

- Stabilizatorul sistemului de excitație (SSE)
- Compensatorul de sarcină (CS)
- Stabilizatorul de putere (PSS)
- Sisteme auxiliare de protecție (SAuxP)

---

---

---

---

---

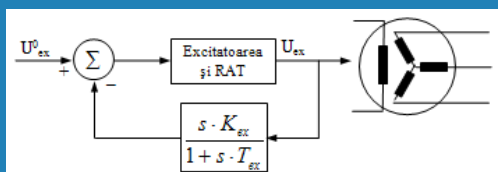
---

---

---

## Sistemul de excitație

Stabilizatorul sistemului de excitație (SSE)



---

---

---

---

---

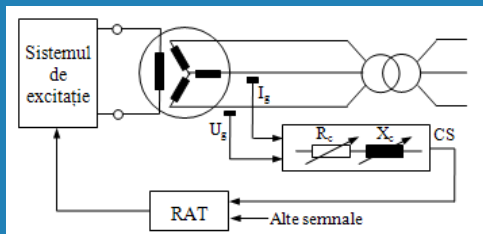
---

---

---

## Sistemul de excitație

### Compensatorul de sarcină (CS) – 1/2




---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație

### Compensatorul de sarcină (CS) – 2/2

Tensiunea în punctul reprezentativ

$$U_{rep} = | \underline{U}_g + (R_c + j \cdot X_c) \cdot \underline{I}_g |$$

Cazul 1:  $R_c$  și  $X_c > 0$   
 $\Rightarrow U_{rep} > U_g$

punct fictiv din interiorul GS.

În scopul repartizării corespunzătoare a puterii reactive între generatoarele legate la sistem printr-un transformator comun.

Cazul 2:  $R_c$  și  $X_c < 0$ .  
 $\Rightarrow U_{rep} < U_g$

punct fictiv din sistem.

Pentru compensarea căderilor de tensiune pe transformatoarele bloc atunci când mai multe GS sunt conectate la același sistem de bare prin transformatoare bloc individuale.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație

### Stabilizatorul de putere (PSS)

Stabilizatorul de putere este un bloc funcțional inclus uneori în sistemul de excitație care urmărește îmbunătățirea comportării dinamice a generatorului sincron, prin amortizarea oscilațiilor dintre generator și sistem. În acest scop, pe lângă semnalul asociat tensiunii la bornele generatorului, se folosesc semnale adiționale, cum ar fi semnale de putere, viteză sau frecvență.

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație

### Sisteme auxiliare de protecție (SAuxP)

- Protecția la subexcitație
- Protecția la supraexcitație
- Protecția V/Hz
- Protecția pentru scurtcircuitarea înfășurării de excitație

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație – Modelarea sistemului de excitație

---

---

---

---

---

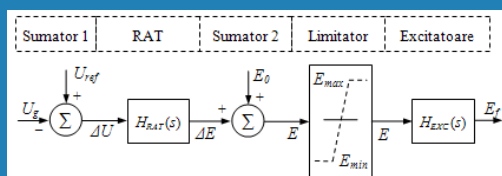
---

---

---

## Sistemul de excitație

### Schema bloc de principiu:



$$H_{RAT}(s) = \frac{K_R}{1 + s \cdot T_R}$$

$$H_{EXC}(s) = \frac{K_E}{1 + s \cdot T_E}$$

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație

Ecuatiile de funcționare ale sistemului de excitație:

$$\frac{d\Delta E}{dt} = -\frac{1}{T_R} \cdot \Delta E + \frac{K_R}{T_R} \cdot \Delta U$$

$$\frac{dE_f}{dt} = -\frac{1}{T_E} \cdot E_f + \frac{K_E}{T_E} \cdot (E_0 + \Delta E)$$

Convenție:  $s \leftrightarrow d/dt$ .

---

---

---

---

---

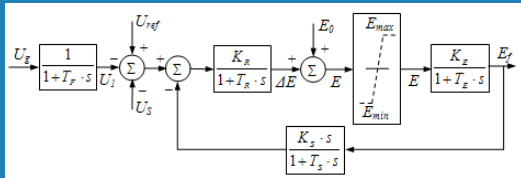
---

---

---

## Sistemul de excitație

Schema bloc de principiu cu stabilizator al sistemului de excitație:




---

---

---

---

---

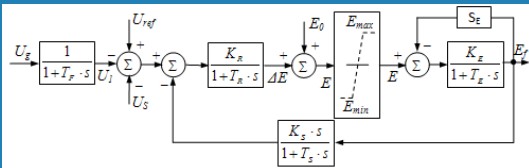
---

---

---

## Sistemul de excitație

Schema bloc de principiu cu stabilizator al sistemului de excitație și considerarea saturației pe caracteristica  $E_f = f(E)$ :




---

---

---

---

---

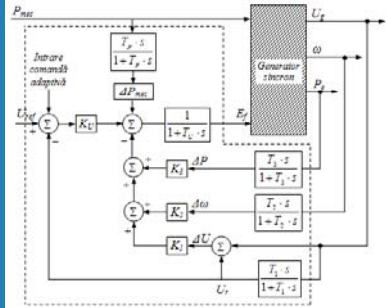
---

---

---

## Sistemul de excitație

Schema unui RAT cu patru canale adiționale



---

---

---

---

---

---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS) – Principii funcționale

### Stabilizatorul de putere (PSS)

De ce este necesar ?

Pe măsura dezvoltării sistemelor electroenergetice, s-a constatat că utilizarea unor RAT cu performanțe sporite poate avea un efect nedorit de înrăutățire a condițiilor de stabilitate în sistem, prin introducerea unei amortizari negative, care poate determina instabilitatea la mici perturbații. Astfel, perturbațiile care se produc în sistem pot conduce la apariția unor oscilații de frecvență scăzută și cu amplitudini reduse, care pot persista perioade lungi, ducând uneori la pierderea stabilității sistemului.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



## Stabilizatorul de putere (PSS)

### Scop

Stabilizatoarele de putere se folosesc pentru îmbunătățirea stabilității sistemului pe baza furnizării unui cuplu de amortizare suplimentar, prin acțiunea asupra sistemului de reglare automată a excitației generatorului sincron. Amortizarea suplimentară a oscilațiilor electromecanice ale generatoarelor sincrone din sistem se obține prin crearea unui cuplu electric rezistent aplicat la arborele fiecărui generator sincron, în fază cu variația vitezei și care se opune acestei variații.

---

---

---

---

---

---

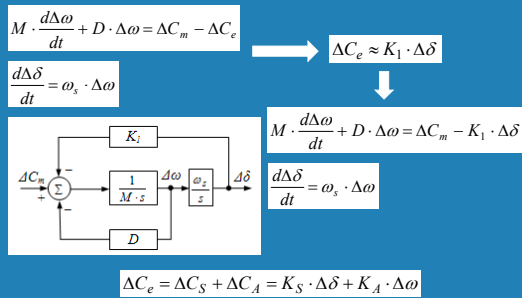
---

---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS)




---

---

---

---

---

---

---

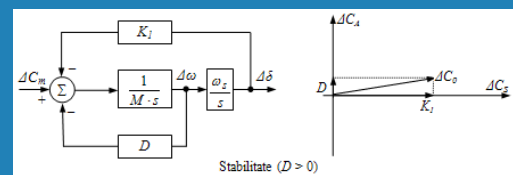
---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS)

### Cazul funcționării cu t.e.m. constanta (fara RAT)




---

---

---

---

---

---

---

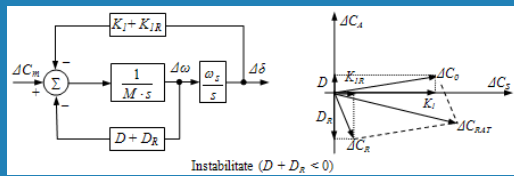
---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS)

Cazul utilizării unui RAT cu acțiune rapidă



---

---

---

---

---

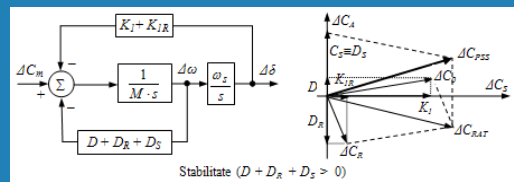
---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS)

Cazul utilizării unui PSS



---

---

---

---

---

---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS) – Tipuri constructive

---

---

---

---

---

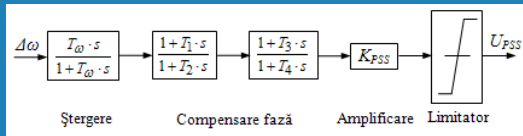
---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS)

Schema de principiu a unui PSS clasic cu intrare de viteza




---

---

---

---

---

---

---

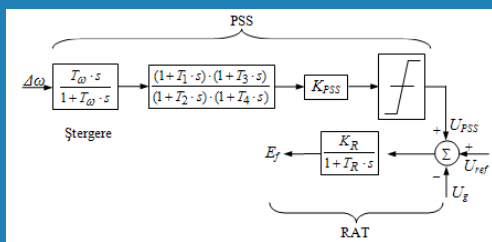
---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS)

Conectarea PSS la sistemul RAT




---

---

---

---

---

---

---

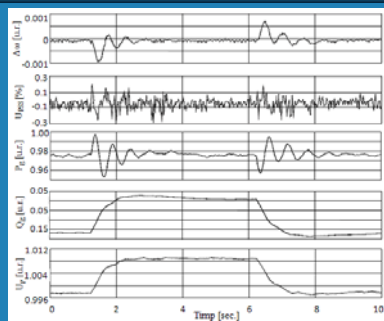
---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS)

Răspunsul unui PSS cu intrare de viteză




---

---

---

---

---

---

---

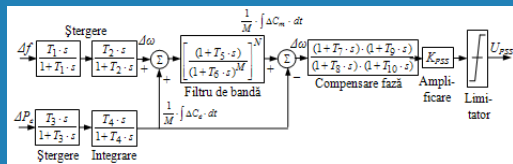
---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS)

Schema de principiu a unui PSS cu intrari duale (frecventa, putere)




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Stabilizatorul de putere (PSS)

Corelarea tipurilor de PSS cu modurile de oscilație.

Tip oscilații	Caracteristici	PSS recomandat
Moduri locale de oscilații	Unul sau mai multe generatoare oscilează în raport cu sistemul.	PSS cu o singură intrare ( $\Delta P_e$ , $\Delta \omega$ sau $\Delta f$ ). Cel mai eficient este PSS cu intrare $\Delta P_e$ .
Moduri interzonale de oscilație	Oscilații între două sau mai multe zone ale sistemului.	PSS cu o singură intrare ( $\Delta P_e$ , $\Delta \omega$ sau $\Delta f$ ). Cele mai eficiente sunt PSS cu intrare $\Delta \omega$ sau $\Delta f$ .
Moduri complexe de oscilație	Oscilații complexe, de exemplu moduri locale și moduri interzonale.	PSS cu intrări duale. Cele mai eficiente sunt PSS cu intrări $\Delta P_e + \Delta \omega$ sau $\Delta P_e + \Delta f$ .

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sistemul de excitație – Regulatorul automat de viteză

---

---

---

---

---

---

---

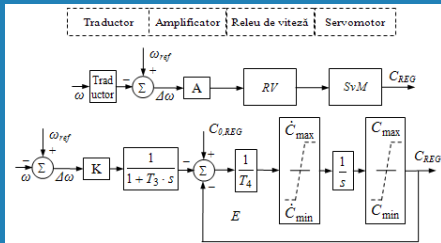
---

---

---

## Regulatorul automat de viteza (RAV)

Regulator mecano-hidraulic pentru turbine cu abur.




---

---

---

---

---

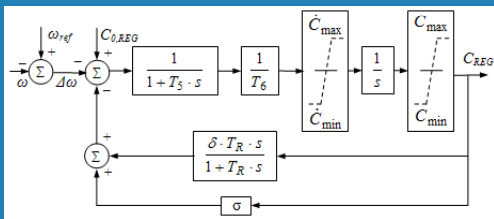
---

---

---

## Regulatorul automat de viteza (RAV)

Regulator mecano-hidraulic pentru turbine hidraulice.




---

---

---

---

---

---

---

---

... urmeaza ...

**STABILITATEA LA MICI  
PERTURBATII**

---

---

---

---

---

---

---

---