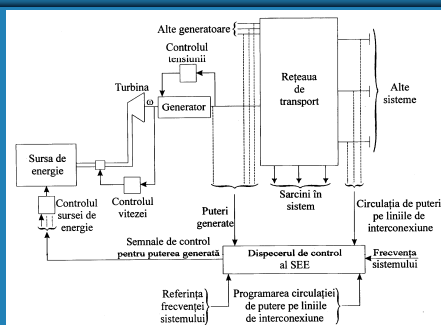


STABILITATEA SI CONTROLUL

SISTEMELOR ELECTROENERGETICE

Definitii, principii si clasificari

Schema unui sistem electroenergetic pentru analiza dinamică



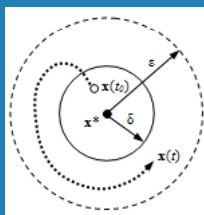
Stabilitatea unui sistem fizic

În general, dacă în urma unei perturbații sistemul revine în starea inițială de echilibru sau într-o stare apropiată acesteia, se spune că sistemul este *stabil*. Dimpotrivă, dacă starea sistemului se „deteriorează”, adică una sau mai multe mărimi de stare cresc sau scad nelimitat în timp, se spune că sistemul este *instabil*.

O definiție matematică simplă a stabilității (1/3)

Stabilitatea unui sistem descris de un set de variabile de stare $x(t)$ este acea situație în care, pentru orice cantitate pozitivă $\epsilon > 0$ și orice moment inițial t_0 , există o altă cantitate pozitivă $\delta > 0$ (care, în general, depinde de ϵ) astfel încât, pentru orice valoare inițială a variabilei $x(t_0)$, care se află în sfera de rază δ , starea sistemului evoluează astfel încât variabila x rămâne permanent în interiorul sferei de rază ϵ .

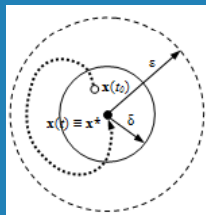
Sistem stabil



O definiție matematică simplă a stabilității (2/3)

Sistem asimptotic stabil

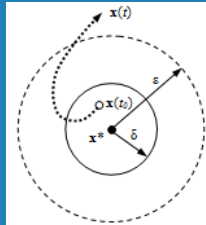
În cazul particular în care, după scoaterea sistemului din starea de echilibru – $x(t) \neq x^*$ – acesta evoluează astfel încât după un timp oarecare revine în starea de inițială, $x(t) \equiv x^*$, se spune că sistemul este asimptotic stabil.



O definitie matematica simpla a stabilitatii (3/3)

Sistem instabil

Dimpotrivă, dacă după perturbarea sistemului, variabila de stare $x(t)$ tinde să părăsească sfera de rază ϵ , sistemul este instabil.



Terminologie

Perturbatii

Perturbații mici – sunt acele perturbații care permit o liniarizare a sistemului de ecuații care modelează regimul de funcționare a sistemului în jurul punctului inițial de funcționare (e.g. mici variații ale puterilor consumate sau generate).

Perturbații mari (puternice sau severe) – sunt acele perturbații care nu permit o liniarizare a sistemului de ecuații care modelează regimul de funcționare a sistemului electroenergetic (e.g. scurtcircuite trifazate, deconectări de generatoare, consumatori sau părți ale rețelei de transport).

Terminologie

Tipuri de dinamici in SEE

Tip	Timp de desfasurare	Cauza
Dinamici ultrarapide	micro- sau milisecunde	procesele din rețelele electrice de transport, din statorul generatorului, etc.
Dinamici pe termen scurt	secunde	procesele tranzitorii electromecanice și electromagnetice din rotorul generatoarelor, motoarelor sincrone și asincrone etc.
Dinamici lente (dinamici pe termen mediu și lung)	minute, respectiv zeci de minute	procesele de restabilire a sarcinii datorate acțiunii trafo. cu reglaj sub sarcină, limitării curenților din statorul și rotorul generatoarelor sincrone, proceselor din turbină și cazan etc.

Definitii ale stabilitatii

Definitia 1: Stabilitatea unui SEE se referă la sistemele ce funcționează în c.a. și indică situația în care toate generatoarele sincrone din sistem rămân în sincronism unul cu altul.

Definitia 2: Stabilitatea unui SEE se refera la capabilitatea acestuia de a rămâne într-o stare de echilibru după apariția unei mici perturbații și de a reveni într-o stare de echilibru acceptabilă după apariția unei perturbații mari.

Definitia 3: Stabilitatea unui SEE este capacitatea acestuia ca, în urma unei perturbații pe care o suportă pornind de la o stare inițială de funcționare, să revină într-o stare de echilibru, în care majoritatea mărimilor de stare să fie limitate ca valoare, astfel încât aproape întregul sistem să rămână în stare de funcționare.

Definitii ale stabilitatii

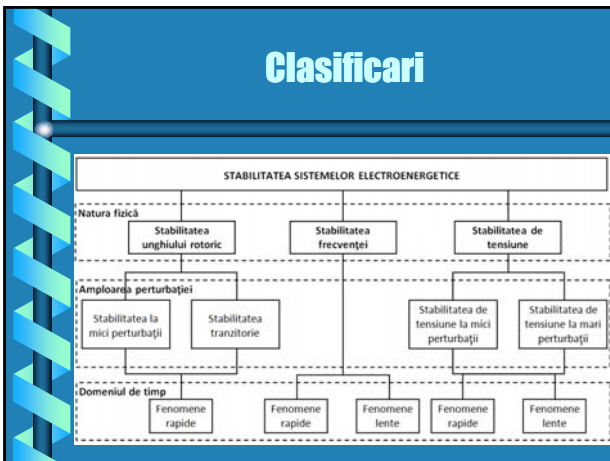
Aspecte practice legate de stabilitatea SEE

- Un generator sau un grup de generatoare din sistem pot ieși din sincronism fără a determina instabilitatea sistemului în ansamblu.
- Un consumator sau un grup de consumatori pot ieși din funcțiune fără a determina instabilitatea sistemului în ansamblu.
- Sistemul își păstrează stabilitatea chiar dacă protecțiile de insularizare determină *ruperea* sa în mai multe componente.
- Sistemul trebuie să se adapteze schimbărilor din condițiile de funcționare, fie că este vorba de mici perturbații sau de perturbații mai severe.
- Stabilitatea unui sistem nu este absolută. Pentru o stare dată, un SEE rămâne stabil pentru anumite perturbații, chiar foarte severe, dar poate deveni instabil pentru alte perturbații.

Clasificari

Trei criterii pentru clasificarea problemelor de stabilitate a SEE

- Natura fizică a fenomenului de instabilitate;
- Amplitudinea perturbației care a provocat instabilitate;
- Domeniul de timp ce caracterizează fenomenul de instabilitate.



Clasificari

Clasificare în funcție de domeniul de timp și elementele din sistem care le condiționează:

Domeniul de timp	Condiționată de generator	Condiționată de sarcină
Termen scurt	Stabilitatea unghiului rotoric	Stabilitatea tensiunii pe termen scurt
	Tranzitorie La mici perturbății	
Termen lung	Stabilitatea frecvenței	Stabilitatea tensiunii pe termen lung

Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

Stabilitatea unghiului rotoric reprezintă capacitatea fiecărui generator sincron dintr-un SEE interconectat de a-și păstra sincronismul cu celelalte generatoare sincrone din sistem, în urma producerii unei perturbății. **Mentținerea sincronismului** cu celelalte generatoare sincrone se referă la **mentținerea unghiului relativ** între rotoarele a două generatoare sincrone oarecare la o valoare apropiată de cea dinaintea perturbății. Creșterea unghiului rotoric relativ între un generator sincron și restul mașinilor sincrone din sistem, în formă oscilatorie sau non-oscilatorie, conduce la ieșirea din sincronism a aceluia generator sincron în raport cu restul sistemului.

Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

Stabilitatea unghiului rotoric se referă cu prioritate la studiul **oscilațiilor electromecanice** ale rotoarelor generatoarelor sincronice determinate de **balanța între cuplul mecanic activ** produs de turbină și **cuplul electromagnetic rezistent** al generatorului. În regim permanent această balanță este asigurată continuu, astfel încât turația generatorului sincron este constantă. La apariția unei perturbații, echilibrul celor două cupluri dispare, având loc **accelerarea** sau **frânarea** rotorului generatorului sincron, în funcție de sensul dezechilibrului.

Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

În funcție de amploarea perturbației care provoacă problema de stabilitate, stabilitatea unghiului rotoric se împarte în două clase:

- **stabilitatea la mici perturbații**
- **stabilitatea tranzitorie.**

Stabilitate dinamică: fie se referă la stabilitatea la mici perturbații în prezența regulatorului automat de tensiune (în literatura americană), fie se referă la stabilitatea tranzitorie (în literatura europeană). Nu se recomandă folosirea acestui termen.

Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

Stabilitatea la mici perturbații

Stabilitatea la mici perturbații, denumită uneori și **stabilitate statică**, reprezintă capacitatea sistemului sau a unui generator sincron de a-și menține stabilitatea în urma unei perturbații de mică amploare. În acest context, o perturbație este considerată mică dacă nu determină abateri semnificative ale variabilelor de stare în raport cu starea de echilibru dinaintea perturbației.

Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

Stabilitatea la mici perturbatii

Variația cuplului electromagnetic al unui generator sincron ca urmare a apariției unei perturbații are două componente:

- *cuplul sincronizant*, determinat de variația unghiului rotoric și
- *cuplul de amortizare*, determinat de variația turației rotorului.

$$\Delta C_e = \Delta C_s + \Delta C_a = k_s \Delta \delta + k_D \Delta \omega$$

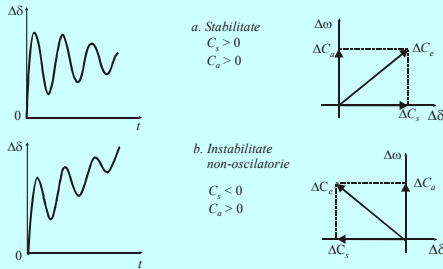
$k_s \Delta \delta$ componenta în fază cu variația unghiului rotoric, denumită și cuplu sincronizant; este coeficientul de sincronizare

$k_D \Delta \omega$ componenta în fază cu variația vitezei de rotație, denumită și cuplu de amortizare; este coeficientul de amortizare

Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

Categorii de răspuns la mici perturbații (fără RAT)

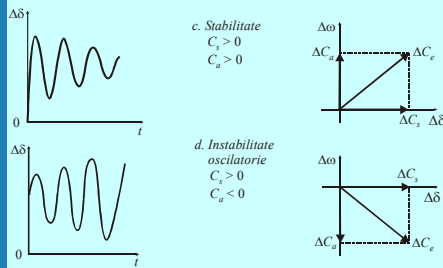
Cu tensiunea de excitație constantă



Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

Categorii de răspuns la mici perturbații (cu RAT)

Cu controlul excitației generatorului



Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

Stabilitatea la mici perturbatii

Probleme locale sau globale.

Probleme locale: adresează o parte mică a sistemului și se referă, de regulă, la oscilațiile unghiului rotoric ale unei singure centrale în raport cu restul sistemului (**moduri de oscilații locale**).

Probleme globale: se referă la interacțiuni între grupuri mari de generatoare, iar efectele lor se resimt la nivelul întregului sistem. Pentru acest tip de probleme, generatoarele aparținând unui anumit grup oscilează coerent, dar diferit în raport cu oscilațiile generatoarelor din alte grupuri ale sistemului (**moduri de oscilații între zonele unui SEE**).

Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

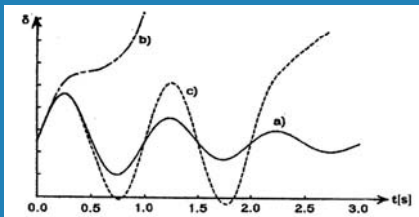
Stabilitatea tranzitorie

Stabilitatea tranzitorie: capacitatea sistemului sau a unui generator sincron de a-și menține stabilitatea în urma unei perturbații de mare amplitudă, (scurtcircuit pe o linie de transport, deconectarea unui grup generator sau a unui consumator important). În urma unei asemenea perturbații, comportarea sistemului constă în variații importante ale mărimilor de stare (unghiuri rotorice ale GS, tensiuni în noduri, puteri active produse sau consumate etc), iar menținerea stabilității conduce, de regulă, la un punct de funcționare clar delimitat de cel precedent perturbației mari.

Clasificari – Stabilitatea unghiului rotoric

Stabilitatea tranzitorie

Categorii de raspuns la mari perturbatii:



(a)stabilitate; (b) instabilitate la prima oscilatie; (c) instabilitate oscilatorie.

Clasificari – Stabilitatea de frecventa

Stabilitatea de frecventa - definitie

Stabilitatea frecvenței se referă la capacitatea sistemului de a menține o valoare acceptabilă a frecvenței după o perturbație majoră în sistem, care determină un dezechilibru semnificativ între generare și consum. Asemenea dezechilibre determină variații mari ale frecvenței, ale circulațiilor de puteri și ale tensiunilor din noduri. Durata acestor fenomene variază în limite largi, de la câteva secunde, la câteva minute.

Clasificari – Stabilitatea de frecventa

Stabilitatea de frecventa - clasificari

Stabilitatea frecvenței se împarte în două categorii:

- stabilitatea pe termen mediu și
- stabilitatea pe termen lung.

Stabilitatea pe termen mediu descrie fenomene rapide sau lente (e.g. scaderea rapidă a frecvenței într-o insula sau oscilații lente între generatoarele sincrone).

Stabilitatea pe termen lung se referă la fenomene lente ce descriu reacția centralelor pentru refacerea echilibrului între generare și consum

Clasificari – Stabilitatea de tensiune

Stabilitatea de tensiune- definitie

Stabilitatea frecvenței se referă la capacitatea sistemului de a menține un nivel acceptabil al tensiunilor din toate nodurile sistemului, după producerea unei perturbații care determină scăderea / creșterea accentuată a tensiunilor din noduri.

Cauze : conectarea sau pierderea bruscă a unei sarcini importante ca valoare într-o zonă a sistemului sau modificarea topologiei sistemului electroenergetic prin deconectarea unor linii sau transformatoare, însoțită de alte deconectări în cascadă → **colaps de tensiune**.

Clasificari – Stabilitatea de tensiune

Stabilitatea de tensiune- clasificari

În funcție de amploarea perturbației care ridică problema stabilității de tensiune, se disting următoarele două clase:

- *stabilitatea de tensiune la mici perturbații și*
- *stabilitatea de tensiune la mari perturbații.*

-**Stabilitatea de tensiune la mici perturbații** - capacitatea sistemului de a menține tensiunile din noduri la valori apropiate de cele din regimul permanent, în urma unei perturbații de mică amploare (e.g. variații limitate ale sarcinilor din noduri.).

Stabilitatea de tensiune la mari perturbații – *idem* pentru mari perturbații (e.g. scurtcircuite în rețea, pierderea unor grupuri generatoare sau deconectare în cascadă).

Clasificari – Stabilitatea de tensiune

Stabilitatea de tensiune- clasificari

Din punctul de vedere al domeniului timp, ca și în cazul stabilității de frecvență, se definesc două categorii:

- *stabilitatea de tensiune pe termen scurt și*
- *stabilitatea de tensiune pe termen lung.*

-**Stabilitatea de tensiune pe termen scurt** - acoperă intervale de timp de ordinul a câtorva secunde și se referă la fenomene legate de reacția sarcinilor cu dinamică rapidă, cum ar fi motoarele asincrone sau sarcinile prevăzute cu regulatoare electronice.

Stabilitatea de tensiune pe termen lung – se referă la echipamentele cu reacție lentă (e.g. transformatoare cu reglaj sub sarcină, sarcini cu reglaj termostatat). Domeniul de timp poate ajunge până la ordinul minutelor sau chiar zecilor de minute.

... urmeaza ...

MODELAREA GENERATORULUI SINCRON
