

# CONSTRUIREA DIAGRAMEI DE REGLAJ P-Q PENTRU GENERATOARELE SINCRONE ÎN CENTRALELE ELECTRICE

Șef lucrări dr. ing. Pavel ATĂNĂSOAE

Universitatea “Ștefan cel Mare” din Suceava,  
Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor

**REZUMAT.** Putere reactivă are un impact semnificativ asupra securității sistemului electroenergetic, deoarece este direct asociată cu stabilitatea tensiunii sistemului. În condițiile actuale de funcționare ale pieței de energie electrică, producția și consumul de putere reactivă a generatoarelor sincrone din centralele electrice prezintă o importanță deosebită. În lucrare se prezintă modalitatea de construire a diagramei de reglaj P-Q în cazul generatoarelor sincrone cu aplicație la turbogeneratorul TH-60-2.

**Cuvinte cheie:** generatoare sincrone, piața de energie, diagrama de reglaj PQ, stabilitatea sistemelor electroenergetice.

**ABSTRACT.** Reactive power has a significant effect on power system security as it is directly associated with power system voltage stability. In the present conditions of operation of the electricity market, the production and consumption of reactive power by the synchronous generators in power plants shows a special importance. The paper presents the construction mode of the P-Q capability diagram for synchronous generators with application to the TH-60-2 turbo generator.

**Keywords:** synchronous generators, energy market, P-Q capability diagram, power system stability.

## 1. INTRODUCERE

Una din caracteristicile unui sistem electroenergetic o constituie funcționarea interconectată a tuturor centralelor electrice. Ținând seama de dimensiunile teritoriului pe care se realizează un sistem electroenergetic, de amplasamentul centralelor electrice precum și de structura și configurația rețelelor electrice între centrale și consumatori, una din problemele importante puse de acest ansamblu complex de instalații o constituie stabilitatea funcționării. Aceasta constă în posibilitățile de care trebuie să dispună sistemul ca în cazul apariției unor perturbații să poată să asigure valori acceptabile ale parametrilor, tensiune și frecvență, în nodurile sale și să nu întrerupă alimentarea consumatorilor. Prin urmare, la punerea în funcțiune de noi grupuri energetice, este necesară prezentarea diagramei de reglaj P-Q către operatorul sistemului electroenergetic. Pe baza acestei diagrame se va realiza ulterior dispacherizarea grupului energetic și participarea la piața de energie electrică.

## 2. DIAGRAMA P-Q A GENERATOARELOR SINCRONE

Se consideră un generator sincron racordat la un sistem de putere infinită (figura 1). Sistemul de

putere infinită se caracterizează printr-o reactanță foarte mică în comparație cu reactanța unui singur generator. Schema echivalentă de calcul se prezintă în figura 2.

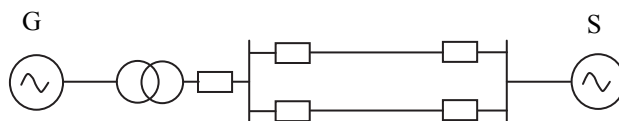


Fig. 1. Generator sincron racordat la sistem.

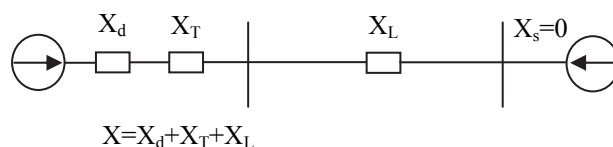


Fig. 2. Schema echivalentă de calcul.

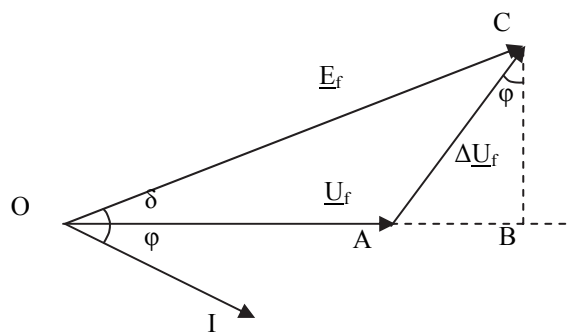


Fig. 3. Diagrama fazorială simplificată.



$p$  fiind numărul de perechi de poli, iar  $\Omega$  este viteza unghiulară) și unghiul intern  $\delta$  există relația:

$$\omega = \omega_0 + \frac{d\delta}{dt} \quad (11)$$

sau:

$$\Omega = \Omega_0 + \frac{1}{p} \cdot \frac{d\delta}{dt} \quad (12)$$

Prin derivare se obține:

$$\frac{d\Omega}{dt} = \frac{1}{p} \cdot \frac{d^2\delta}{dt^2} \quad (13)$$

Ecuția mișcării:

$$M_N - M_s = J \cdot \frac{d\Omega}{dt} \quad (14)$$

unde  $J$  este momentul de inerție al rotorului:

$$J = \frac{GD^2}{4g} = \frac{G}{4g} \cdot \frac{D_r^2}{2} \quad (15)$$

unde:  $G$  este masa rotorului [kg];  $D$  – diametrul de girație [m];  $D_r$  – diametrul rotorului generatorului [m].

Prin rezolvarea ecuației diferențiale (14) rezultă timpul necesar atingerii valorii  $\delta_{\max}$  și în care de-

fectul trebuie eliminat pentru păstrarea stabilității generatorului:

$$t = \sqrt{\frac{2 \cdot J \cdot (\delta_2 - \delta_1)}{p \cdot M_N}} \quad (16)$$

#### 4. APLICAȚIE PENTRU TURBOGENERATORUL TH-60-2

Caracteristici tehnice nominale și mărimi necesare construirii diagramei de reglaj  $P$ - $Q$  pentru turbogeneratorul TH-60-2 [6]:

- puterea activă nominală 60 MW;
- puterea aparentă nominală 75 MVA;
- factorul de putere nominal  $\cos\varphi=0.8$ ;
- curentul nominal 4124 A;
- tensiunea nominală 10.5 kV;
- frecvența nominală 50 Hz;
- turația nominală 3000 rot/min;
- reactanța sincronă  $x_d = x_q = 209.47 \%$ ;
- reactanța tranzitorie  $x'_d = x'_q = 27.13 \%$ ;
- reactanța supratranzitorie  $x''_d = x''_q = 18.37 \%$ ;
- masa rotorului generatorului  $G = 20300$  kg;
- diametrul rotorului generatorului  $D_r = 0.909$  m.

În figura 5 se prezintă diagrama de reglaj  $P$ - $Q$  rezultată pentru turbogeneratorul TH-60-2. Punctele importante din diagrama  $P$ - $Q$  (pe contur) se prezintă în tabelele 1 și 2.

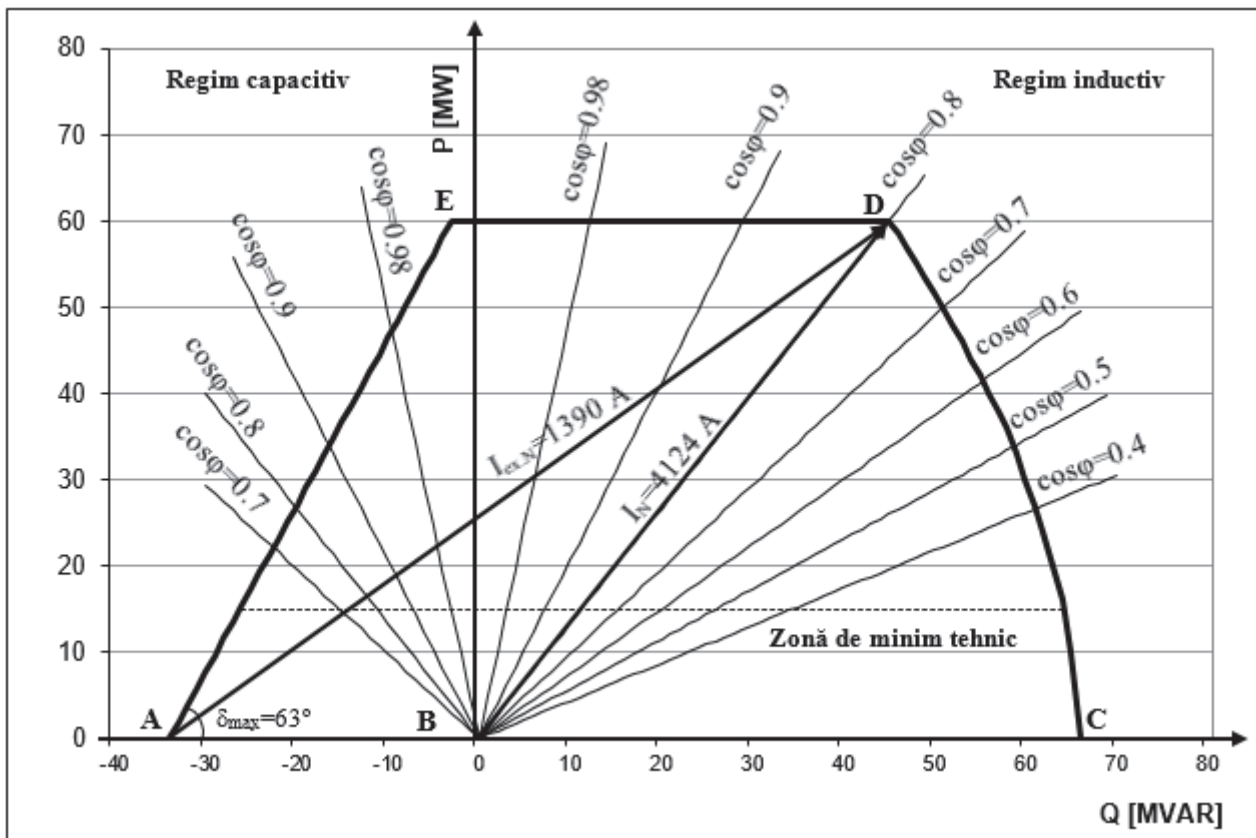


Fig. 5. Construirea diagramei de reglaj  $P$ - $Q$  pentru turbogeneratorul TH-60-2

Tabelul 1 **Mulțumiri**

Digrama de reglaj P-Q (contur regim inductiv)

<b>P [MW]</b>	0	10	20	30	40	50	60
<b>Q [MVAR]</b>	65.4	64.6	63	60.5	56.7	51.5	45

Tabelul 2

Digrama de reglaj P-Q (contur regim capacitiv)

<b>P [MW]</b>	60	50	40	30	20	10	0
<b>Q [MVAR]</b>	-3	-8.4	-13.5	-18.6	-24.2	-28.8	-34

Autorul recunoaște sprijinul financiar al Centrului integrat de cercetare, dezvoltare și inovare pentru Materiale Avansate, Nanotehnologii și Sisteme Distribuite de fabricație și control, Contract Nr. 671/09.04.2015, Programul Operațional Sectorial „Creșterea Competitivității Economice”, proiect cofinanțat prin Fondul European de Dezvoltare Regională (FEDR).

## 5. CONCLUZII

Regimul de funcționare al unui generator sincron, implică modificarea frecvență a puterilor active și reactive debitate de acesta. Din acest motiv este esențial să se cunoască modul în care se poate realiza modificarea încărcării active și reactive a generatorului.

Diagrama de reglaj este foarte utilă personalului de exploatare pentru dispacherizarea grupurilor energetice, participarea la piața de energie electrică și calificarea pentru asigurarea serviciilor tehnologice de sistem.

Construirea și verificarea diagramei de reglaj P-Q la prima punere în funcțiune poate constitui o referință pentru urmărirea comportării în timp a grupului energetic.

## BIBLIOGRAPHY

- [1] Vrazic M., Viskovic A., Hanic Z., *User P-Q diagram as a part of a synchronous generator monitoring system.* Elektronika ir Elektrotehnika, vol.20, no.4, p.33-38, 2014.
- [2] Niazy I., Mortazavi H., Ebadi J., Sabzevari S., Niazy A., *Participation in reactive power market considering generator aging.* International Review of Electrical Engineering, 2010, 5(5), p.2378-2384.
- [3] Cheng Xu, Huff F.C., Francino P., *Optimal load dispatch based on generator reactive capability curve.* IEEE Power Engineering Society General Meeting, 2006, p.1-6.
- [4] Zlatanovici D., Budulan P., Zlatanovici R., *Determination of the actual PQ diagram of the hydro-generators being in service, in order to establish their maximum operating domains and their capacity to provide system services.* CIGRE 2004, Raport A1 203, p.1-8.
- [5] Crișan O., *Sisteme electroenergetic.* Editura Didactică și Pedagogică, București, 1979.
- [6] \*\*\* *Protocol de încercare turbogenerator 60 MW tip TH-60-2.* Întreprinderea de Mașini Grele București (IMGB) – stand probe alternatoare, București, 1985.

## Despre autor

Șef lucrări dr. ing. **Pavel ATĂNĂSOAE**  
 Universitatea „Ștefan cel Mare”, Suceava  
 email:atanasoae@eed.usv.ro

Absolvent al Facultății de Inginerie Electrică, specializarea Energetică Industrială, Universitatea “Ștefan cel Mare” Suceava, 1992. Doctor inginer din anul 2001, Universitatea Tehnică “Gheorghe Asachi” Iași, domeniul Inginerie Energetică. În prezent cadru didactic la Universitatea “Ștefan cel Mare” Suceava, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor. Domenii de competență: producerea energiei electrice și termice, partea electrică a centralelor și stațiilor, cogenerare, piața de energie, energetica clădirilor.