



ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ - ВАРНА
катедра „Електронергетика“

**№4. Ъглови характеристики на
мощностите на генераторите в
ЕЕС. Ъглови характеристики на
синхронна машина, работеща в
паралел с шини твърдо
напрежение през сложна и
проста връзка.**

проф. д.т.н. инж. мат. К. Герасимов

Определения

- Ъглови характеристики на мощностите (активна/реактивна) на генераторен клон се нарича израз, показващ функционалната връзка на мощностите от ъглите (абсолютни/взаимни) на всички е.д.н. на генераторите

$$P_k = P_k(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$$

$$Q_k = Q_k(\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_n)$$

2 / 21

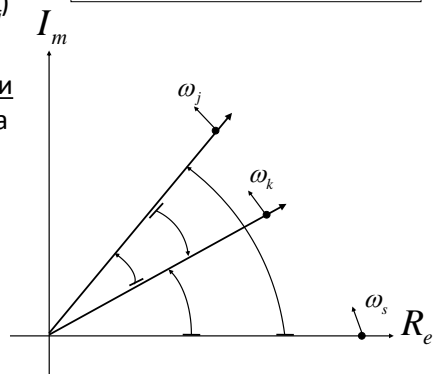


Определения

- Абсолютните ъгли се измерват спрямо синхронно въртяща се реперна ос (θ_k, θ_j)
- Взаимните (относителни) ъгли се изчисляват като разлика на абсолютните ъгли, т.е.:

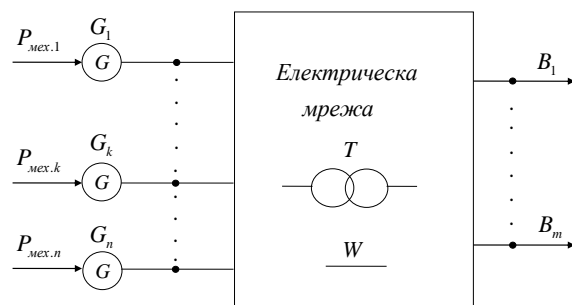
В установен режим

$$\omega_k = \omega_j = \omega_s$$



3 / 21

Условна принципна схема на n-машинна ЕЕС



4 / 21



Ток и мощност в генераторен клон, в о.е.

- Ток в k-тия клон:

$$\dot{I}_k =$$

- Мощност в k-тия клон:

$$\dot{S}_k =$$

7 / 21

Ъглови характеристики на мощностите, в о.е.

Като се отчете, че

$$\dot{E}_k = E_k^{|\theta_k|} ; \dot{E}_j^* = E_j^{|\theta_j|} ; P_k = R_e(\dot{S}_k) ; Q_k = I_m(\dot{S}_k),$$

а \dot{Y}_{kk}^* е в първи квадрант, и $-\dot{Y}_{kj}^*$ в първи или втори квадрант, то ъглови характеристики на реалната ЕЕС с R-L заместваща схема се получава:

$$P_k =$$

$$Q_k =$$

8 / 21



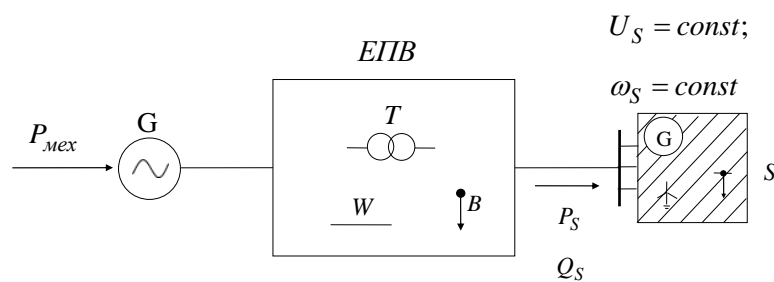
Форми на записване на ъгловите характеристики

$$P_k = P_{kk} + E_k \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n E_j \cdot y_{kj} \cdot \sin(\theta_k - \theta_j - \alpha_{kj})$$

$$Q_k = Q_{kk} - E_k \cdot \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq k}}^n E_j \cdot y_{kj} \cdot \cos(\theta_k - \theta_j - \alpha_{kj})$$

9 / 21

Генератор, работещ в паралел с шини „твърдо“ напрежение чрез сложна електропреносна връзка (ЕПВ)

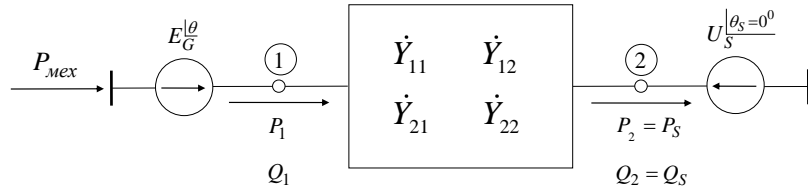


ЕПВ се нарича сложна, ако в нея са налице товари (В)

10 / 21



Генератор, работещ в паралел с шини
„твърдо“ напрежение чрез сложна
електропреносна връзка (ЕПВ)

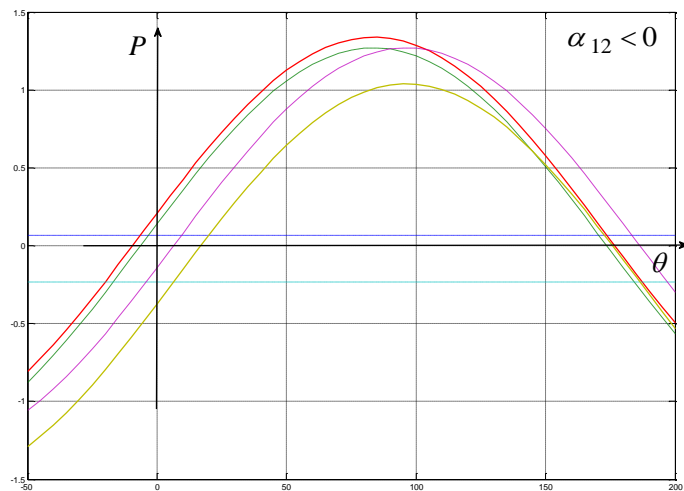


$$P_1 = E_G^2 \cdot y_{11} \cdot \sin \alpha_{11} + E_G \cdot U_S \cdot y_{12} \cdot \sin(\theta - \theta_S - \alpha_{12}) \quad P_2 = P_S = -[U_S^2 \cdot y_{22} \cdot \sin \alpha_{22} + U_S \cdot E_G \cdot \sin(\theta_S - \theta - \alpha_{21})]$$

$$Q_1 = E_G^2 \cdot y_{11} \cdot \cos \alpha_{11} - E_G \cdot U_S \cdot y_{12} \cdot \cos(\theta - \theta_S - \alpha_{12}) \quad Q_2 = -[U_S^2 \cdot y_{22} \cdot \cos \alpha_{22} - U_S \cdot E_G \cdot \cos(\theta_S - \theta - \alpha_{21})]$$

11 / 21

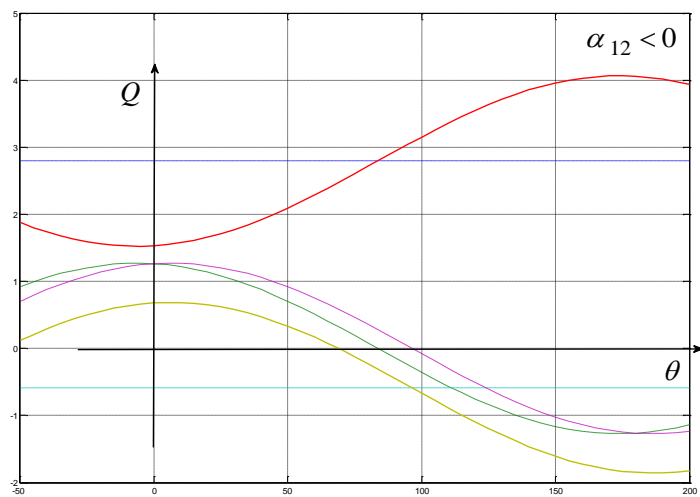
Графична интерпретация на
ъглови характеристики



12 / 21

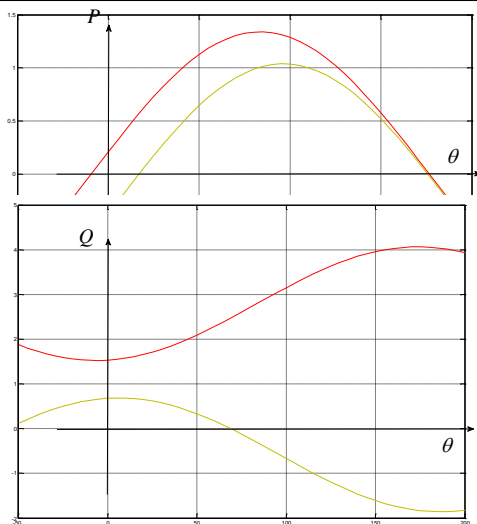


Графична интерпретация на ъглови характеристики



13 / 21

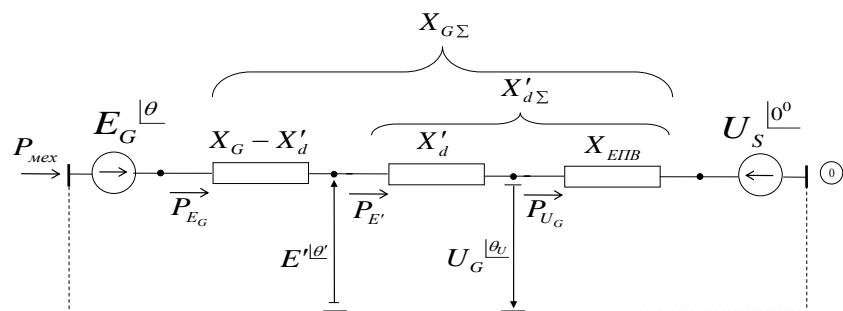
Графична интерпретация на ъглови характеристики



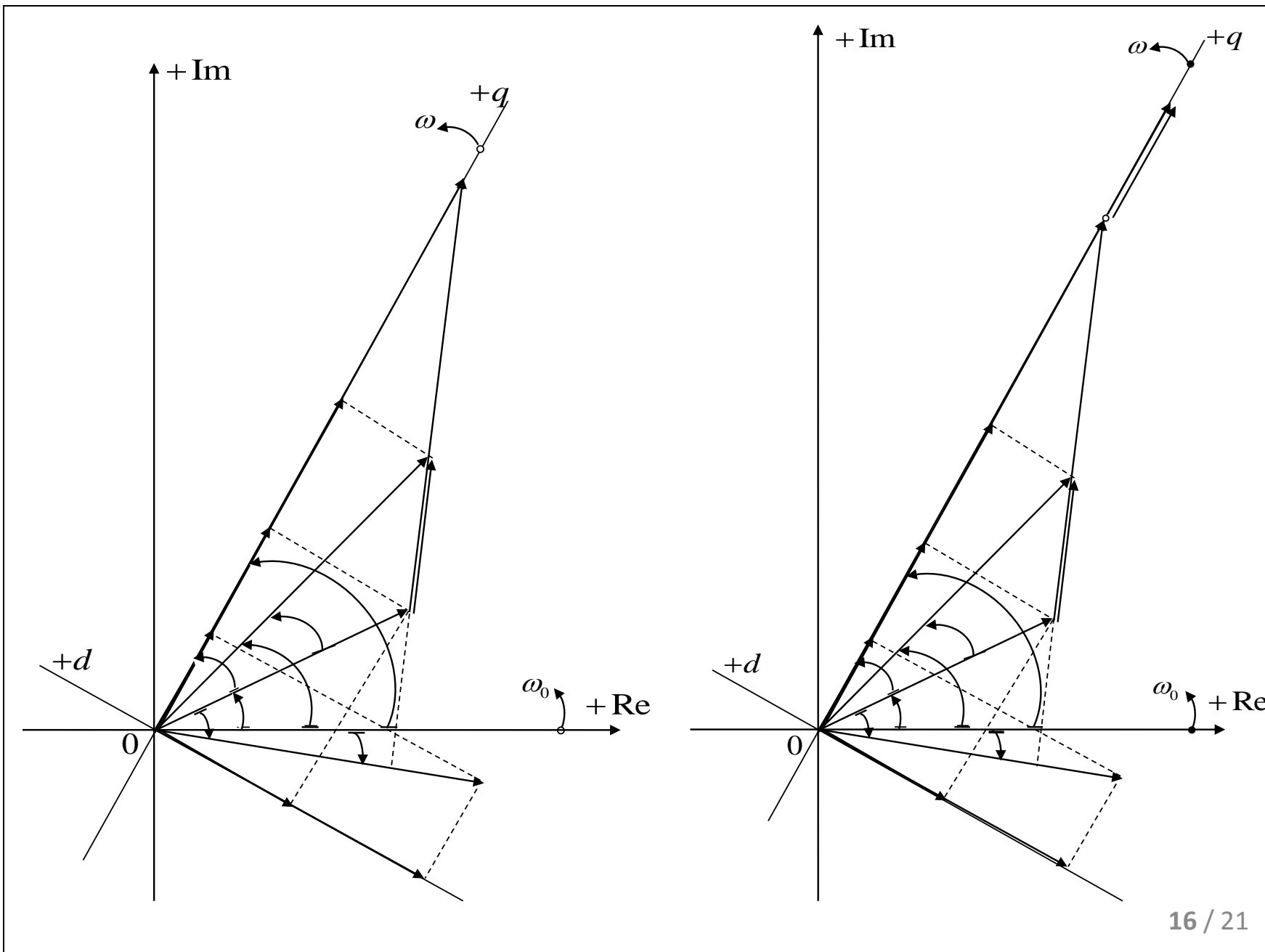
14 / 21



Генератор, работещ в паралел с шини
„твърдо“ напрежение чрез проста ЕПВ само
с индуктивно съпротивление



15 / 21



16 / 21



Съотношения от векторните диаграми

$$\dot{E}_G = \dot{U}_G + jX_G \dot{I}_G = E_G^{||}$$

$$\dot{E}' = \dot{U}_G + jX'_d \dot{I}_G = E'^{||}$$

$$\dot{E}_G = \sqrt{\quad} = U_{Gq} + I_d X_G$$

$$E' = \sqrt{\quad}$$

$$E'_q = E_G - I_d (X_G - X'_d)$$

$$U_{Gq} = U_G \cdot \cos \theta_G = E_G - I_d X_G = E'_q - I_d (X_G - X'_d)$$

$$U_{Gd} = U_G \cdot \sin \theta_G = I_q \cdot X_G$$

$$I_d = I_G \sin(\theta_G - \varphi) = \frac{E_G - U_{Gq}}{X_G} = \frac{E'_q - U_{Gq}}{X'_d}$$

$$I_q = I_G \cos(\theta_G - \varphi) = \frac{U_{Gd}}{X_G}$$

$$\theta_G = \arctg \quad ; \quad \theta' = \arctg$$

където:

$\dot{E}_G = \dot{E}_q$ и $X_G = X_d$ – за неявнополюсна синхронна машина (турбогенератор);

$\dot{E}_G = \dot{E}_Q$ и $X_G = X_q$ – за явнополюсна синхронна машина (хидрогенератор);

\dot{E}_q – е.д.н. на празен ход;

\dot{E}_Q – фиктивно изчислително е.д.н.;

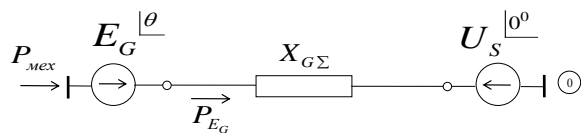
\dot{E}'_q – преходно е.д.н.

$$E_q = E_Q + I_d (X_d - X_q) =$$

$$= E_Q \frac{X_d - X'_d}{X_q - X'_d} - E'_q \frac{X_d - X_q}{X_q - X'_d}$$

17 / 21

Ъглови характеристики с постоянно възбуждане ($I_f = \text{const}$)



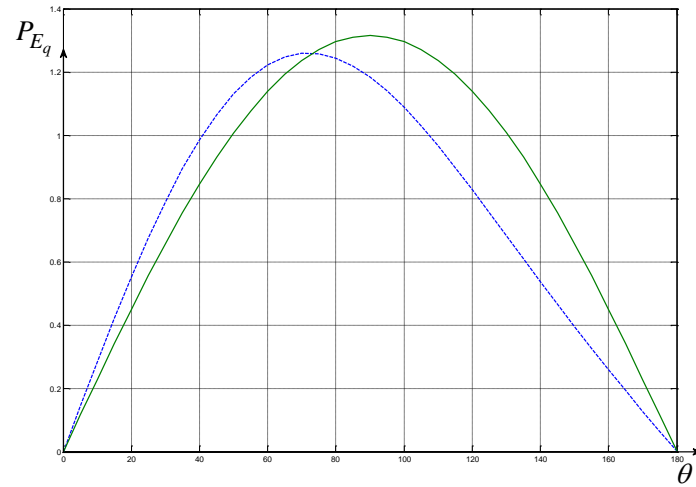
$$\left\{ \begin{array}{l} E_G = E_{q,0} \equiv I_f = \text{const} \\ X_{G\Sigma} = X_d + X_{EПВ} = X_{d\Sigma} \\ P_{EG} = P_{Eq} = \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E_G = E_{Q,0} = \text{var} \\ X_{G\Sigma} = X_q + X_{EПВ} = X_{d\Sigma} \\ P_{E_q} = \\ P_{E_q} = \end{array} \right.$$

18 / 21

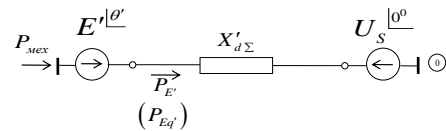


Статични ъгли характеристики на Р



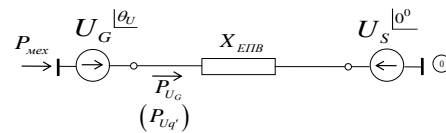
19 / 21

Ъгли характеристики на G с APB



$$P_{E'} = \frac{E' \cdot U_s}{X'_{d\Sigma}} \cdot \sin \theta'$$

$$P_{Eq'} = \frac{E'_q \cdot U_s}{X'_{d\Sigma}} \cdot \sin \theta - \frac{U_s^2}{2} \cdot \frac{X_q - X'_d}{X_{q\Sigma} \cdot X'_{d\Sigma}} \cdot \sin 2\theta$$



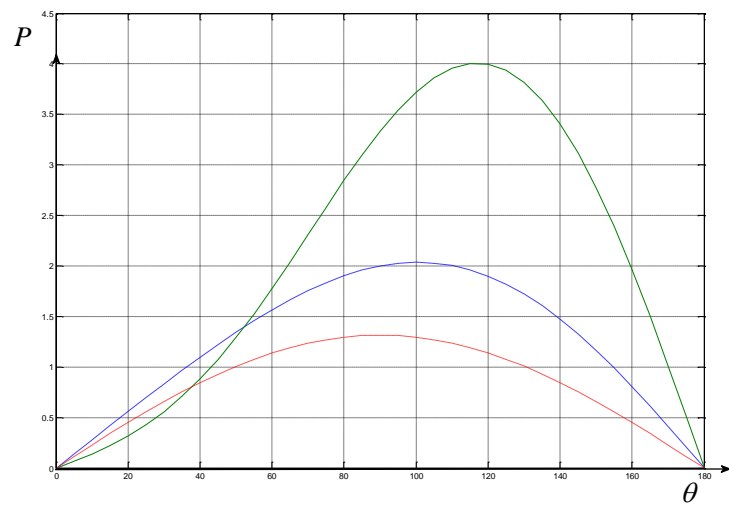
$$P_{U_G} = \frac{U_G \cdot U_s}{X_{EPB}} \cdot \sin \theta_U$$

$$P_{Uq} = \frac{U_q \cdot U_s}{X_{EPB}} \cdot \sin \theta - \frac{U_s^2}{2} \cdot \frac{X_q}{X_{q\Sigma} \cdot X_{EPB}} \cdot \sin 2\theta$$

20 / 21



Динамични и статична характеристика на неявнополюсен G



21 / 21