$$\begin{cases} F = i_B w; \quad \Phi = \Phi_0 + \Lambda(F); \\ i_н R_0 = i_B r_B + w \dfrac{d\Phi}{dt}; \\ c_e \omega \Phi = i_г r_я + L_я \dfrac{d i_г}{dt} \\ J \dfrac{d\omega}{dt} = M_B - c_м \Phi i_г \end{cases}$$

• система диффуров в форме Коши

$$\begin{cases} \dfrac{d\Phi}{dt} = \dfrac{i_н R_0 - i_B r_B}{w} = \dfrac{i_н R_0 - \frac{F}{w} r_B}{w} = \\ = \dfrac{i_н R_0 - \frac{\Lambda^{-1}(\Phi)}{w} r_B}{w}; \quad (F = \Lambda^{-1}(\Phi)) \\ \dfrac{d i_г}{dt} = \dfrac{c_e \omega \Phi - r_я i_г - i_н R_0}{w} \\ \dfrac{d\omega}{dt} = \dfrac{M_B - c_м \Phi i_г}{J} \end{cases}$$

• исключим переменные, не явл. перем. сост.

$$\begin{cases} i_н R_0 - \dfrac{P(\Phi)}{w} r_B = 0 \\ c_e \omega \Phi - i_г \cdot r_я - i_н R_0 = 0 \\ M_B - c_м \Phi i_г = 0 \end{cases}$$

• нормирование всех переменных входа и выхода

$$\bar\Phi = \frac{\Phi}{\Phi_н} \Rightarrow \Phi = \bar\Phi \cdot \Phi_н$$

$$\bar i_г = \frac{i_г}{i_{г_н}} \Rightarrow i_г = \bar i_г \cdot i_{г_н}$$

$$\bar{\omega} = \frac{\omega}{\omega_н} \Rightarrow \omega = \bar{\omega}\cdot\omega_н$$

$$\bar{M}_В = \frac{M_В}{M_{В_н}} \Rightarrow M_В = \bar{M}_В \cdot M_{В_н}$$

$$\bar{R}_0 = \frac{R_0}{R_{0_н}} \Rightarrow R_0 = \bar{R}_0 \cdot R_{0_н}$$

$$\begin{cases} i_н \bar{R}_0 \cdot R_{0_н} - \dfrac{p(\bar{\Phi})}{w} v_В = 0 \\ c_e \bar{\omega}\,\omega_н \bar{\Phi}\,\Phi_н - \bar{i}_г \cdot i_{г_н} \cdot r_я - i_н \bar{R}_0 \cdot R_{0_н} = 0 \\ \bar{M}_В \cdot M_{В_н} - c_м \bar{\Phi}\,\Phi_н\, \bar{i}_г \cdot i_{г_н} = 0 \end{cases}$$

перем. состояние: $x = [x_1\ x_2\ x_3]^T = [\bar{\Phi}\ \bar{i}_г\ \bar{\omega}]^T$

вход. переменные: $u = [u_1\ u_2]^T = [\bar{M}_В\ \bar{R}_0]^T$

$$\begin{cases} i_н \cdot u_2 \cdot R_{0_н} - \dfrac{p(\bar{\Phi})}{w} v_В = 0 \\ c_e \omega_н \Phi_н x_3 x_1 - i_{г_н} r_я x_2 - i_н R_{0_н} u_2 = 0 \\ M_{В_н} \cdot u_1 - c_м \Phi_н i_{г_н} x_1 x_2 = 0 \end{cases}$$

$$F = \begin{cases} i_н R_{0_н} u_2 - p(\bar{\Phi})/w \cdot v_В \\ c_e \omega_н \Phi_н x_3 x_1 - i_{г_н} r_я x_2 - i_н R_{0_н} u_2 \\ M_{В_н} u_1 - c_м \Phi_н i_{г_н} x_1 x_2 = 0 \end{cases}$$

$$G = \begin{bmatrix} \partial f_1/\partial x_1 & \partial f_1/\partial x_2 & \partial f_1/\partial x_3 \\ \partial f_2/\partial x_1 & \partial f_2/\partial x_2 & \partial f_2/\partial x_3 \\ \partial f_3/\partial x_1 & \partial f_3/\partial x_2 & \partial f_3/\partial x_3 \end{bmatrix} =$$

$$\begin{bmatrix} -\left(\dfrac{P(X)}{W}\right)' & 0 & 0 \\ c_e \omega_н \Phi_н x_3 & i_{г_н} r_я & c_e \omega_н \Phi_н x_1 \\ -c_м \Phi_н i_{г_н} x_2 & -c_м \Phi_н i_{г_н} x_1 & 0 \end{bmatrix}$$