

# **ДИСЦИПЛИНА «ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ»**

**НАПРАВЛЕНИЕ ООП 140400 «ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА»**

**СТЕПЕНЬ – БАКАЛАВР  
БАЗОВЫЙ УЧЕБНЫЙ ПЛАН ПРИЕМА 2010 г.  
КУРС – 2 СЕМЕСТР – 4  
КОЛИЧЕСТВО КРЕДИТОВ – 5**

**ВИДЫ УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ВРЕМЕННОЙ РЕСУРС:**

**Лекции – 27 час.  
Лабораторные занятия – 27 час.  
Практические занятия – 18 час.  
АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ – 72 час.  
САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА – 63 час.  
ИТОГО – 135 час.**

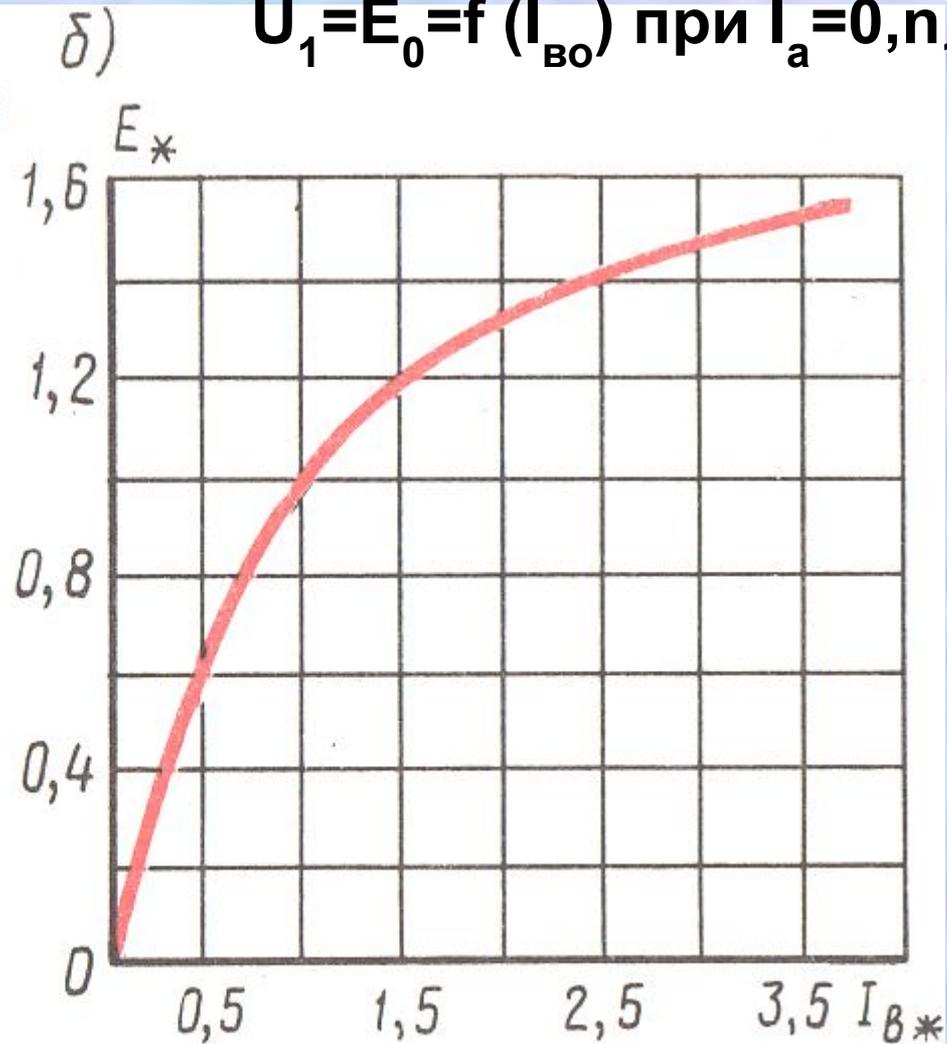
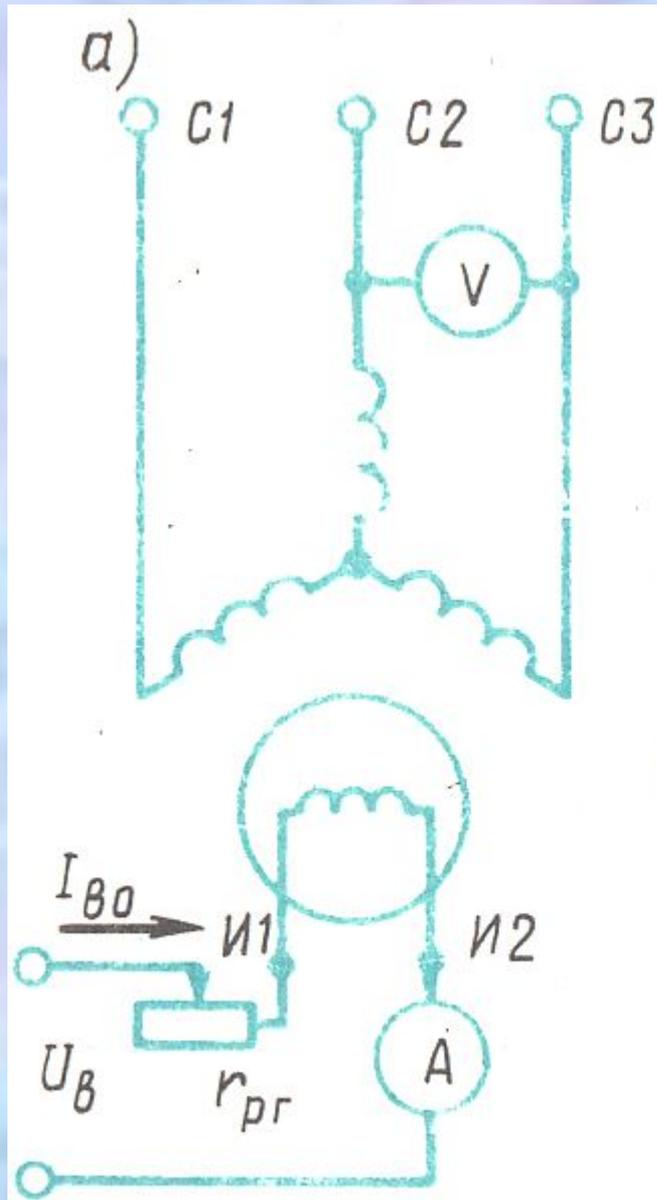
**Лектор: Усачёва Татьяна Владимировна,  
к.т.н., доцент кафедры ЭКМ ЭНИН НИ ТПУ**

## ***ЛЕКЦИЯ №10 – СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ***

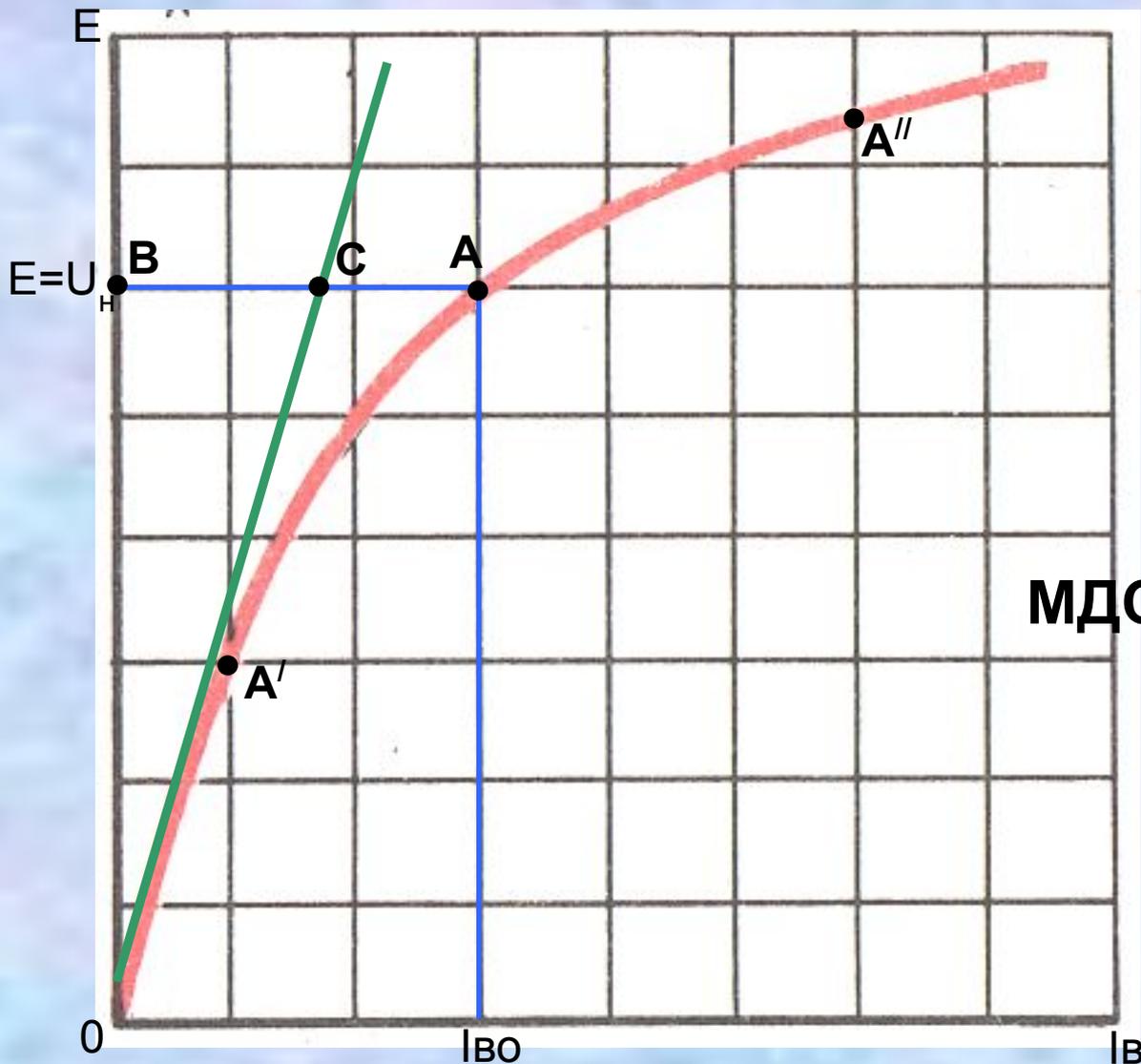
(Характеристики синхронных генераторов. Параллельная работа синхронного генератора с мощной сетью.)

# ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЛОСТОГО ХОДА СГ

$$U_1 = E_0 = f(I_{B0}) \text{ при } I_a = 0, n_1 = \text{const}$$



# ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЛОСТОГО ХОДА СГ



т.А - рабочая точка

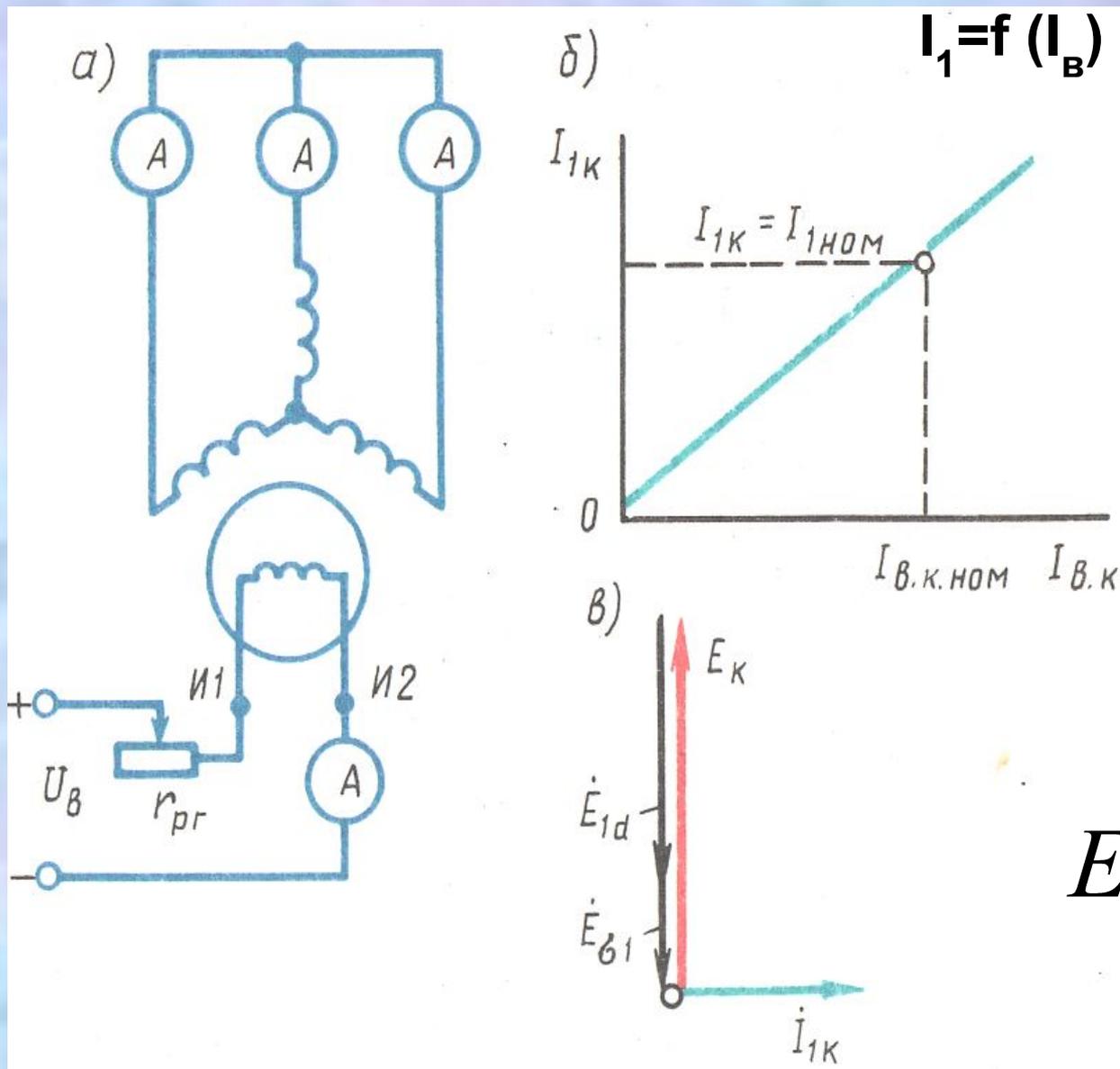
отрезок ВА –  
суммарная МДС

отрезок ВС –  
МДС воздушного зазора

$$k_{\mu} = \frac{BA}{BC}$$

$$k_{\mu} = 1,1 \div 1,2$$

# ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕХФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ СГ

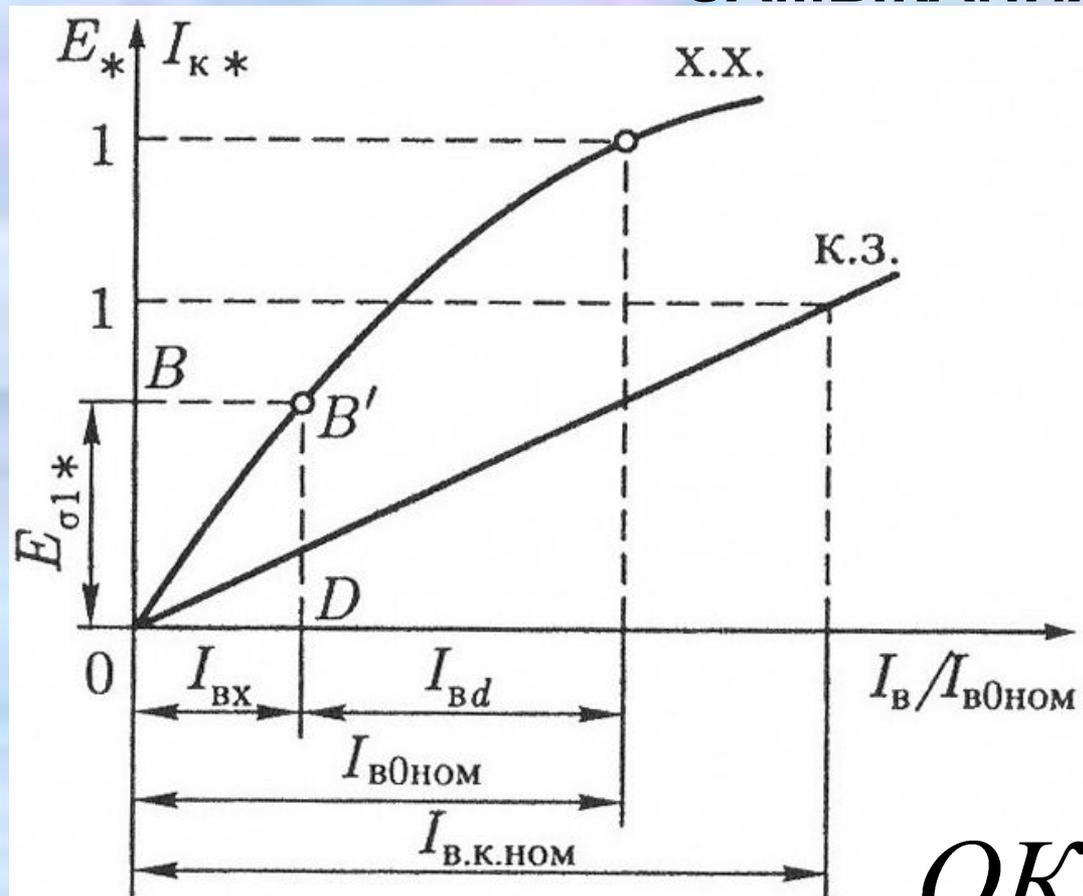


$$E_{1d} = -jI_d x_{ad}$$

$$E_{\sigma 1} = -jI_1 x_1$$

$$E_K = E_{1d} + E_{\sigma 1}$$

# ХАРАКТЕРИСТИКА ТРЕХФАЗНОГО КОРОТКОГО ЗАМЫКАНИЯ СГ



$$E_* = E_0 / U_{1\text{ном}}; \quad I_{к*} = I_k / I_{к.\text{ном}}$$

отрезок  $OB - E_{\sigma 1*} = -jI_1 x_1 / U_{1\text{ном}}$

$I_{вх}$  – ток возбуждения, необходимый для компенсации падения напряжения

$I_{вd}$  – ток возбуждения, компенсирующий продольно-размагничивающую реакцию якоря

$$OKЗ = I_{в0\text{ном}} / I_{в.к.\text{ном}}$$

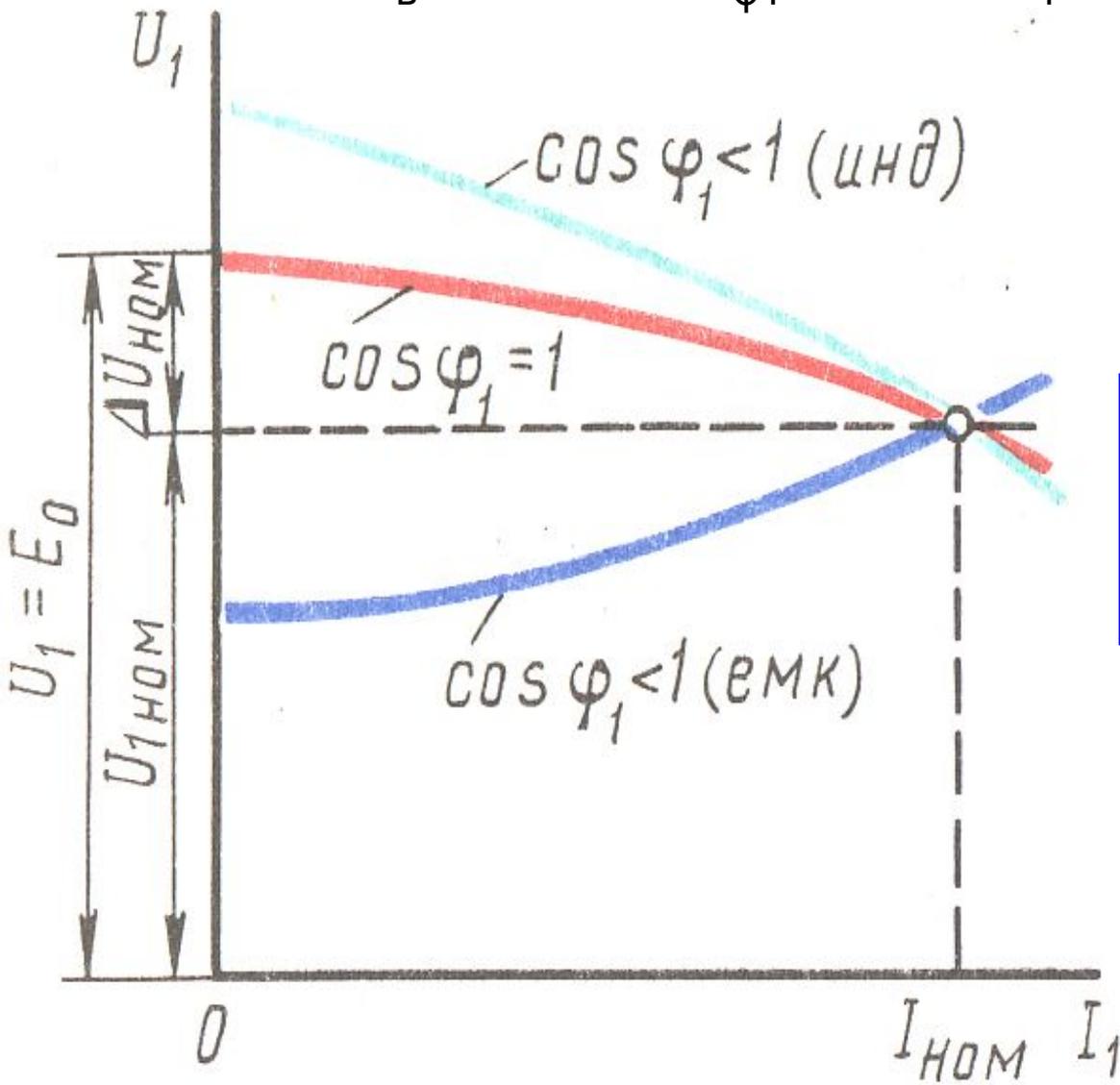
$I_{в0\text{ном}}$  – ток возбуждения, соответствующий номинальному напряжению при ХХ

$I_{в.к.\text{ном}}$  – ток возбуждения, соответствующий номинальному току статора при опыте КЗ

# ВНЕШНЯЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СГ

$$U_1 = f(I_1)$$

$$I_B = \text{const}; \cos \varphi_1 = \text{const}; n_1 = n_{\text{НОМ}} = \text{const.}$$



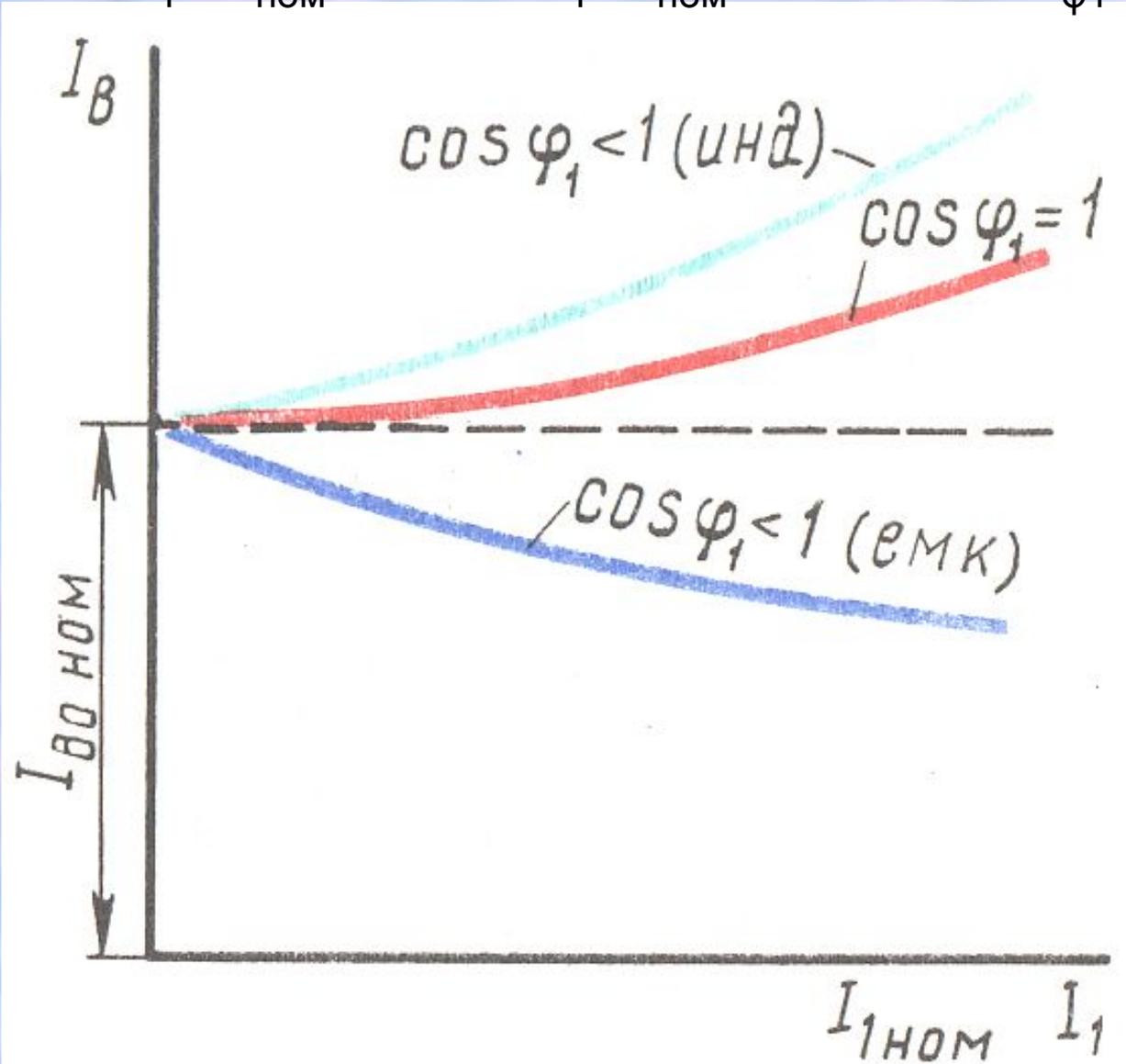
Номинальное изменение  
напряжения (%):

$$\Delta U_{\text{НОМ}} = \frac{E_0 - U_{1\text{НОМ}}}{U_{1\text{НОМ}}}$$

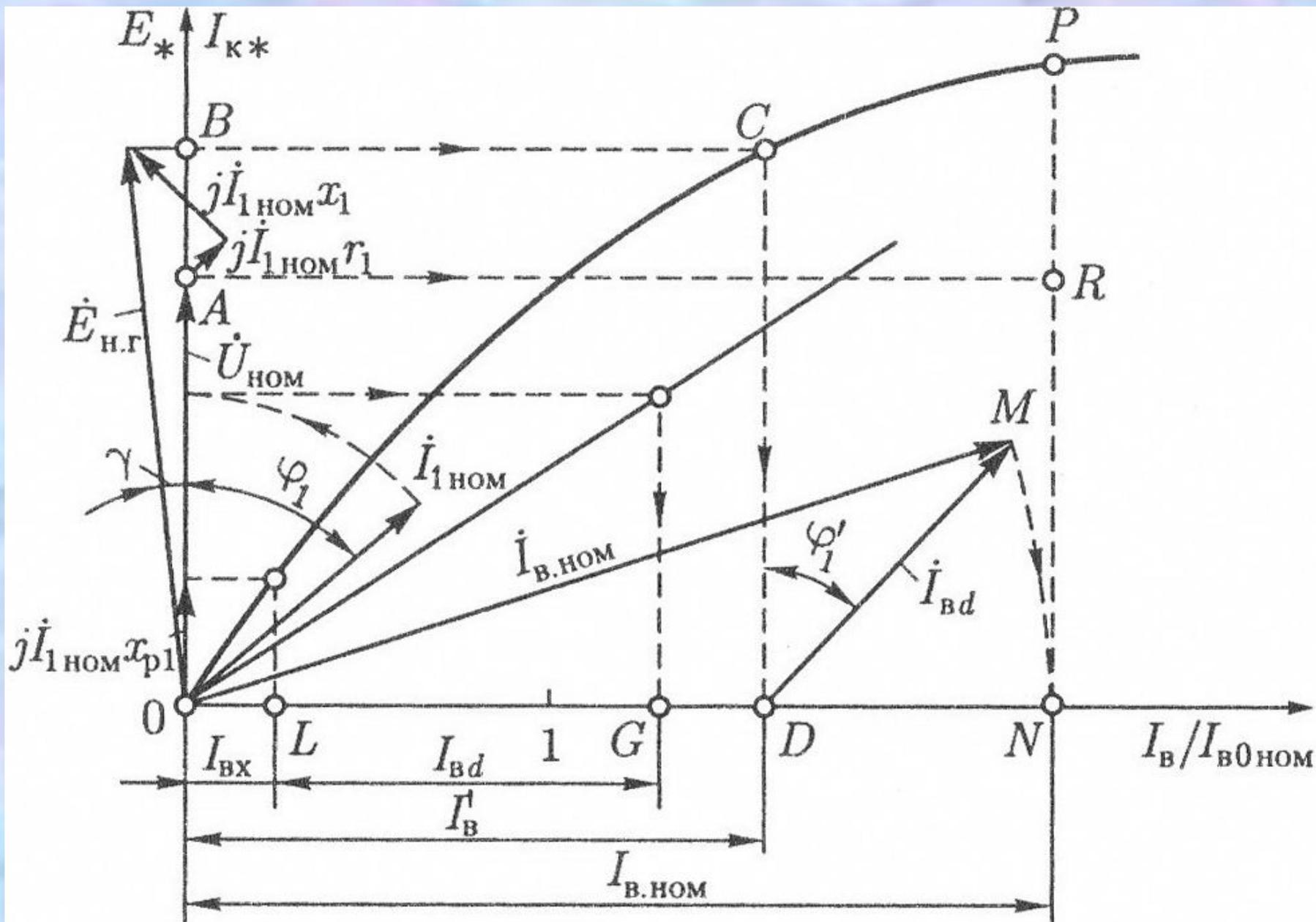
# РЕГУЛИРОВОЧНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СГ

$$I_B = f(I_1)$$

$$U_1 = U_{\text{НОМ}} = \text{const}; n_1 = n_{\text{НОМ}} = \text{const} \text{ и } \cos \varphi_1 = \text{const}$$



# ДИАГРАММА ПОТЪЕ

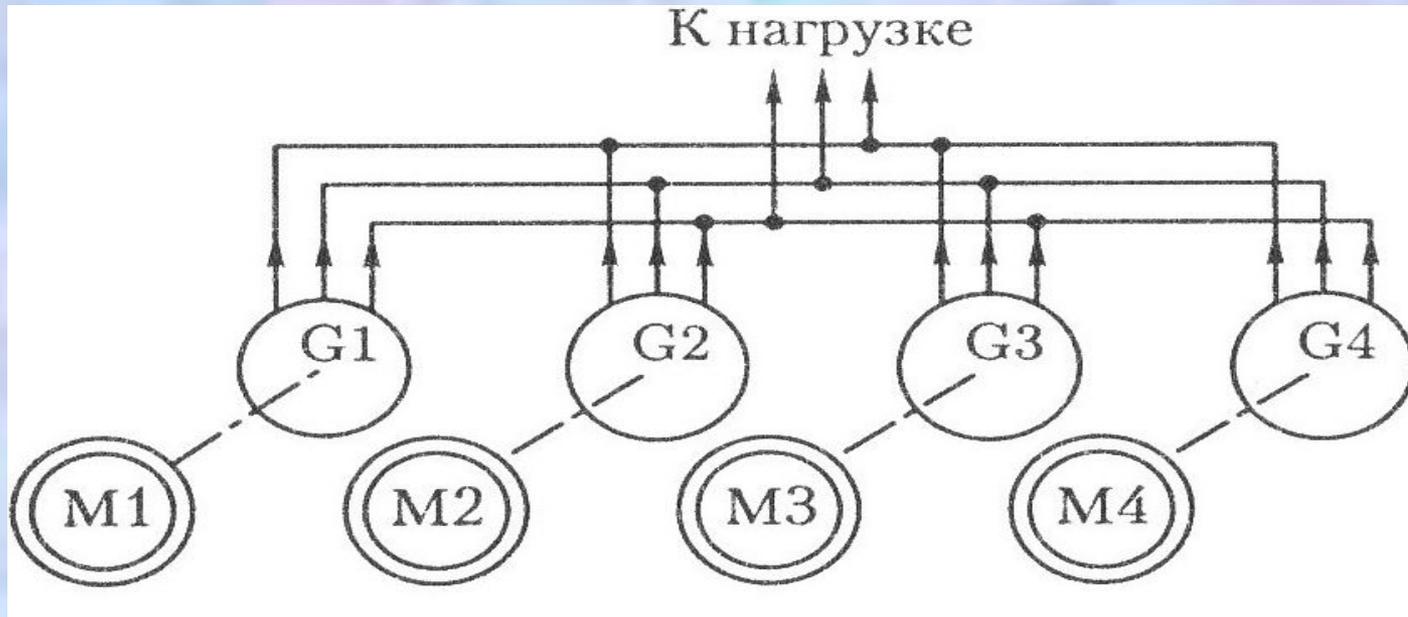


# ДИАГРАММА ПОТЪЕ

## ПОРЯДОК ПОСТРОЕНИЯ

1. Строится хар-ка ХХ и КЗ в одних осях координат;
2. По оси ординат откладывают вектор номинального напряжения  $OA=U_{1ном}$ , а под углом  $\varphi$  к нему вектор тока якоря  $I_{1ном}$ ;
3. Суммируются вектор  $U_{1ном}$  и векторы падения напряжения: на индуктивном сопротивлении рассеяния фазы обмотки якоря  $I_{1ном} X_1$  и на активном сопротивлении  $I_{1ном} r_1$  и находится ЭДС нагруженного генератора -  $E_{нг}$ .
4. Переносим точку В на хар-ку ХХ (в точку С), проведем ординату CD. Полученный отрезок OD определяет ток возбуждения  $I'_B$ , необходимый для создания ЭДС нагруженного генератора  $E_{нг}$ .
5. Для учета  $E_{1d}$  определим ток в обмотке возбуждения  $I_{bd}=DM$ .
6. Отрезок OM – ток возбуждения необходимый для обеспечения заданного режима работы СГ.

# ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА СГ



## Преимущества:

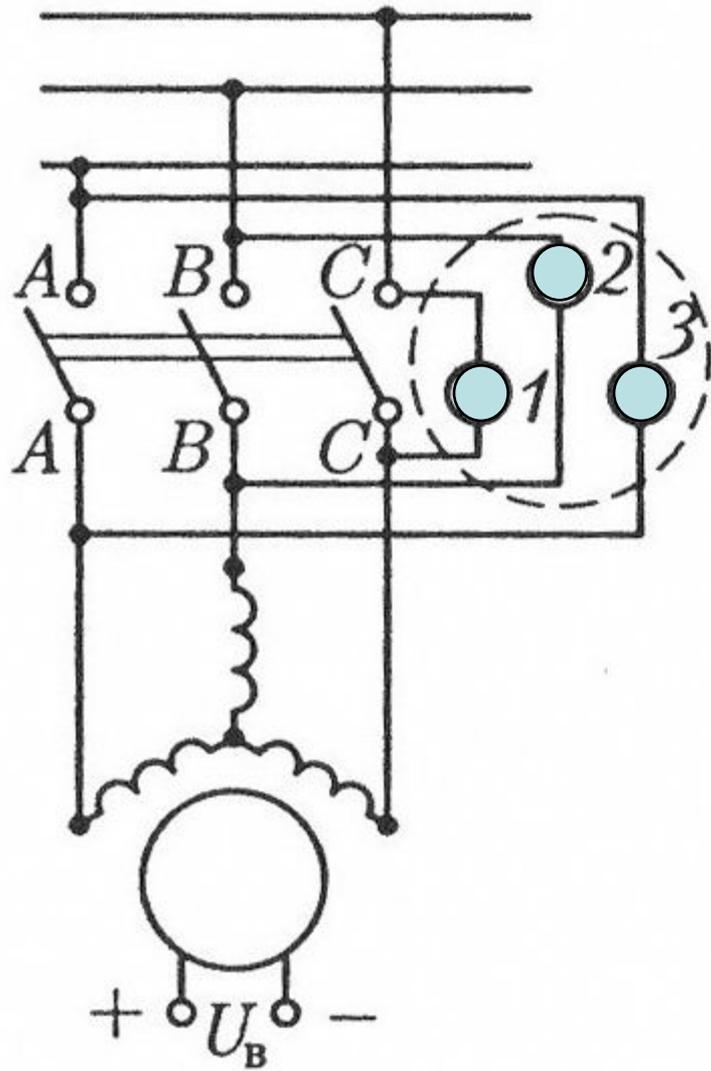
- А) обеспечение бесперебойного энергоснабжения в случае аварии на какой-либо энергетической установке или отключении ее для ремонта;
- Б) при работе электростанции с переменным графиком нагрузки – появляется возможность отключить часть энергоустановок, с тем, чтобы оставшиеся установки работали с нагрузкой, близкой к номинальной с более высоким КПД.

## ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА СГ

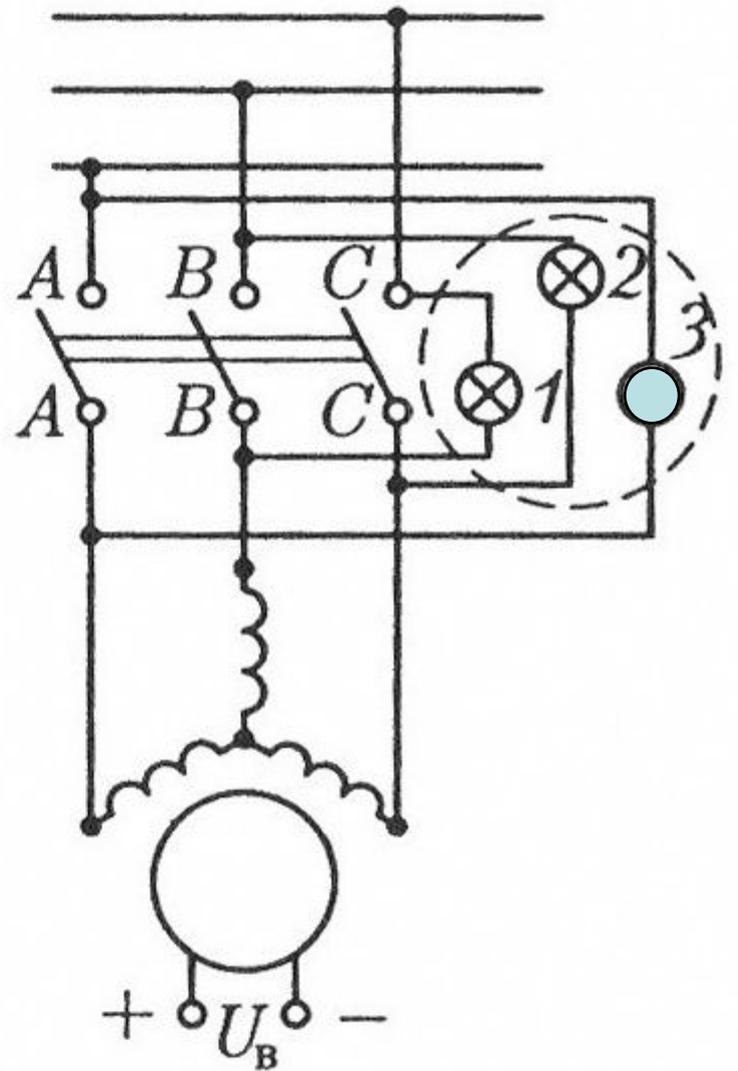
**При включении СГ в сеть на параллельную работу необходимо соблюдать условия:**

1. ЭДС генератора  $E_0$  в момент подключения его к сети должна быть равна напряжению сети ( $E_0 = U_1$ )
2. Частота ЭДС генератора  $f_r$  должна быть равна частоте переменного тока сети  $f_c$
3. Порядок следования фаз на выводах генератора должна быть таким же, что и на зажимах сети

# ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РАБОТА СГ СПОСОБ ТОЧНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ



*a*



*б*

# УГЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СГ

Угловой характеристикой активной мощности СМ называется зависимость  $P=f(\theta)$  при  $E=\text{const}$  и  $U=\text{const}$ .

$$r_a = 0 \quad \varphi = \psi - \theta$$

$$P = mUI \cos \varphi = m UI \cos(\psi - \theta) = mUI(\cos \psi \cos \theta + \sin \psi \sin \theta) =$$

$$= mU(I_q \cos \theta + I_d \sin \theta)$$

$$I_d = \frac{E - U \cos \theta}{x_d}$$

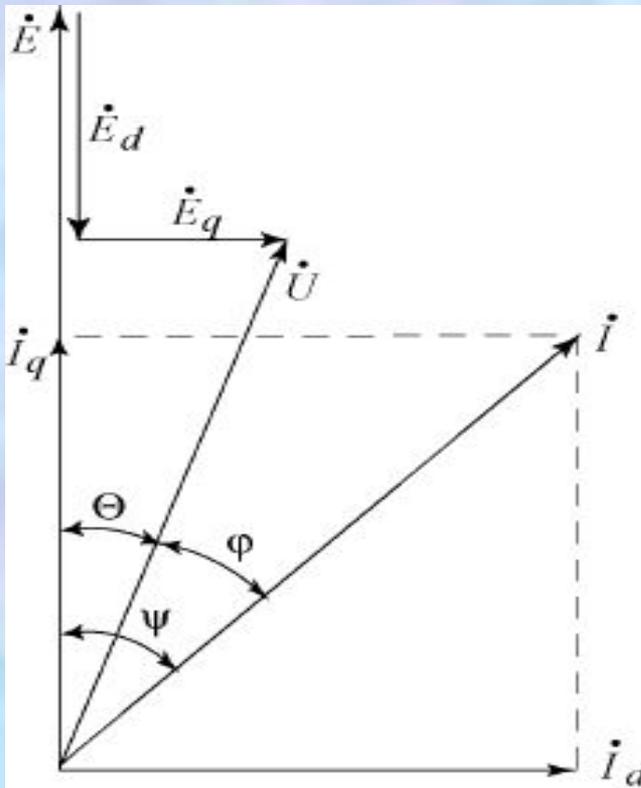
$$I_q = \frac{U \sin \theta}{x_q}$$

**неявнополюсный СГ :**

$$P_H = (m_1 U_1 E_1 \sin \theta) / x_c$$

**явнополюсный СГ:**

$$P_{\text{я}} = \frac{mEU}{x_d} \sin \theta + \frac{mU^2}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\theta$$



# УГЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СГ

Для получения выражений электромагнитных моментов надо выражения мощности разделить на угловую частоту вращения  $\omega$ :

$$M = P / \Omega = pP / \omega$$

## Неявнополюсный СГ:

$$M_H = \frac{P_{эм.н}}{\omega} = \frac{m_1 U_1 E_0}{\omega x_c} \sin \Theta$$

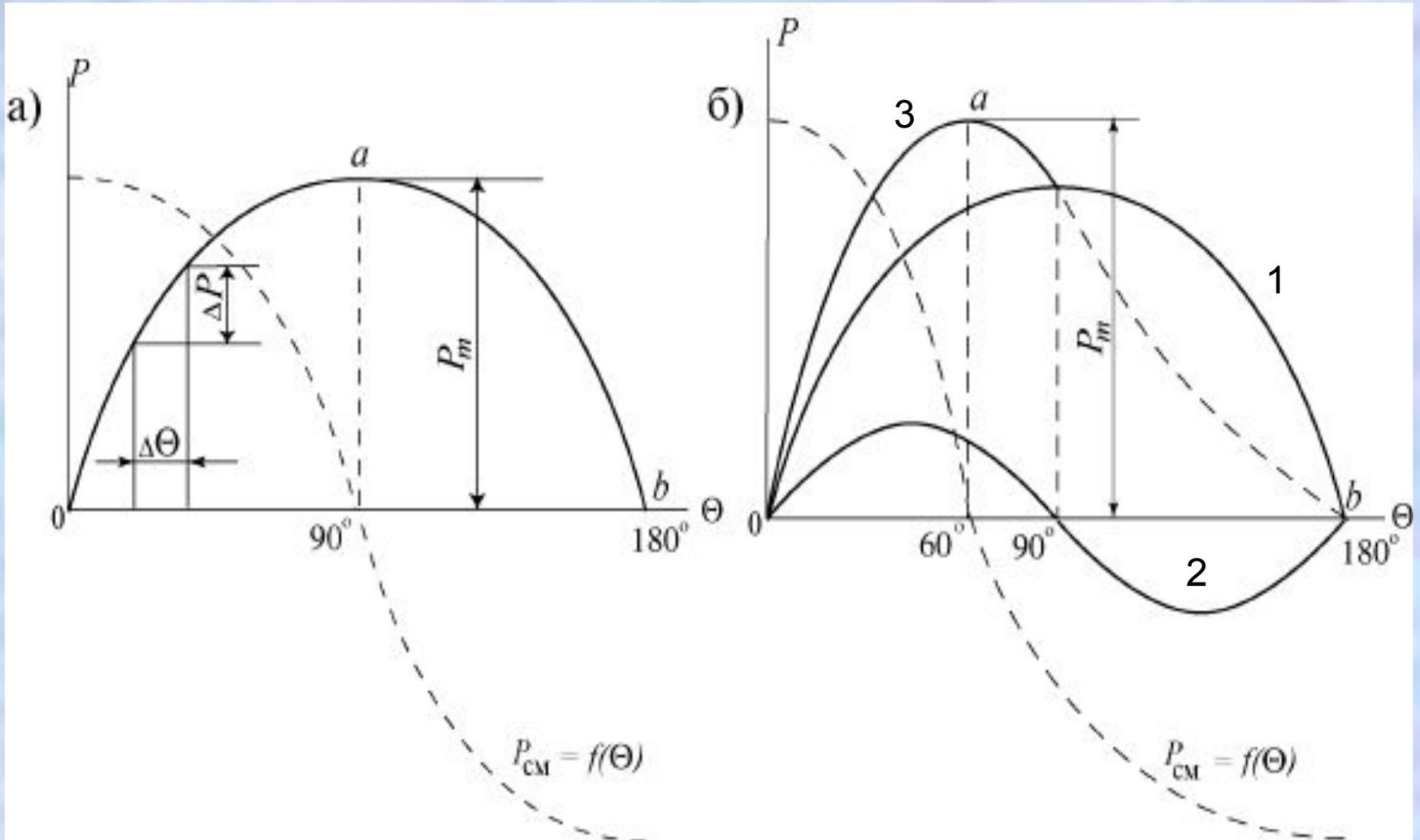
$$P_H = (m_1 U_1 E_1 \sin \Theta) / x_c$$

## Явнополюсный СГ:

$$M_я = \frac{P}{\omega} = \frac{mEU}{\omega x_d} \sin \Theta + \frac{mU^2}{2\omega} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\Theta$$

$$P_я = \frac{mEU}{x_d} \sin \Theta + \frac{mU^2}{2} \left( \frac{1}{x_q} - \frac{1}{x_d} \right) \sin 2\Theta$$

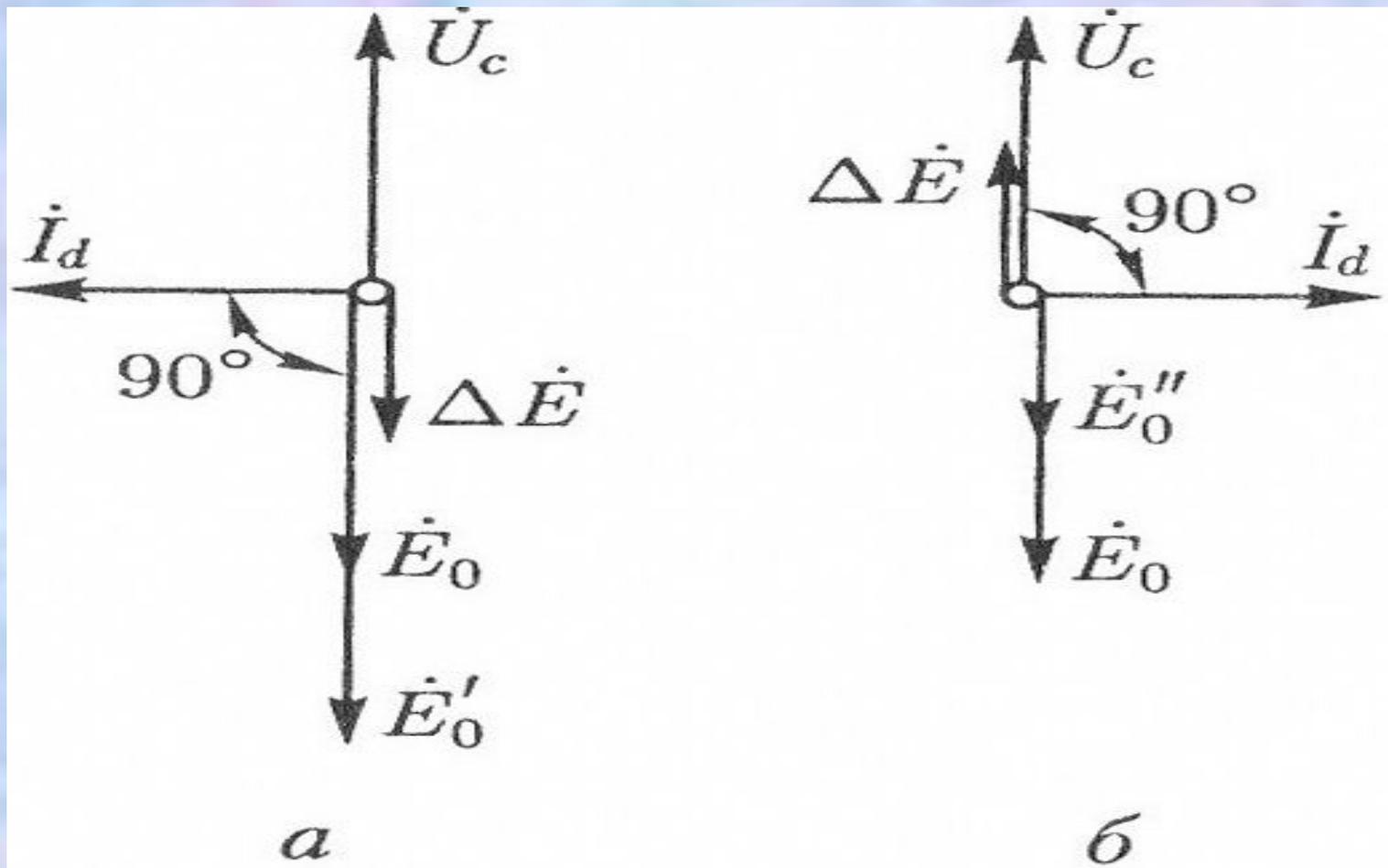
# УГЛОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СГ



Неявнополюсный СГ:

Явнополюсный СГ:

# U-ОБРАЗНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СГ



При перевозбуждении СГ  
(увеличение тока возбуждения)

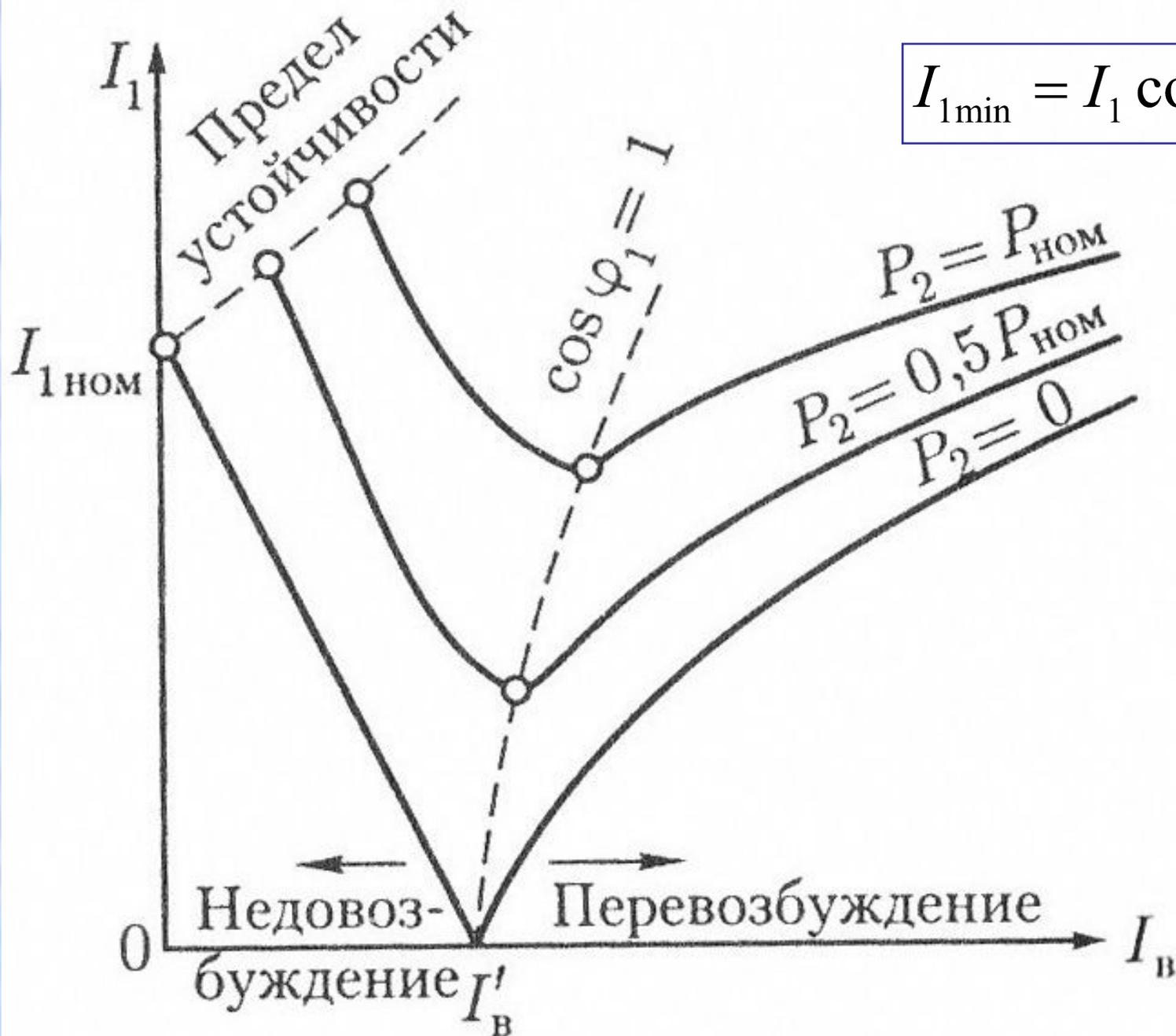
$$\Delta E = E_0' - U_c$$

При недовозбуждении СГ  
(уменьшение тока возбуждения)

$$\Delta E = U_c - E_0''$$

# U-ОБРАЗНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СГ

$$I_{1\min} = I_1 \cos \varphi_1 = I_q$$



**СПАСИБО ЗА  
ВНИМАНИЕ!**