

# СИНХРОННЫЕ МАШИНЫ (СМ)

- Назначение и области применения
- Устройство
- Работа машины в режиме генератора
- Реакция якоря
- Работа машины в режиме двигателя
- Работа двигателя в режиме компенсатора



# Назначение и области применения **СМ**

**СМ** - это машины переменного тока, у которых частота вращения ротора равна частоте вращения магнитного поля статора, т.е.  $n_1 = n_2$ .

**СМ**, как и все электрические машины, обратимы, т. е. они могут работать как в режиме генератора, так и в режиме двигателя.

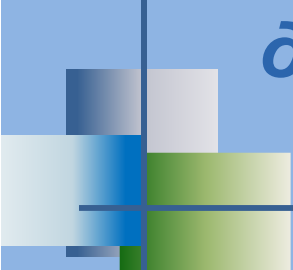


# Синхронные генераторы (СГ)

*Вырабатывают электрическую энергию на электростанциях*

*Гидрогенераторы имеют явнополюсное исполнение ротора (частота вращения  $n_2 \leq 1500$  об/мин, соответственно число пар полюсов  $p \geq 2$  при  $f_1 = 50$  Гц), а*

*турбогенераторы - неявнополюсное ( $n_2 = 3000$  об/мин при  $p = 1$  и  $f_1 = 50$  Гц).*



❖ **Мощность гидрогенераторов,** устанавливаемых на гидростанциях, достигла 640 МВт, а **турбогенераторов,** устанавливаемых на тепловых электростанциях - 800...1200 МВт; диапазон напряжений от 230 В до 36,75 кВ.

❖ **СГ** мощностью до десятков и сотен киловатт используют как автономные источники питания с приводом от двигателей внутреннего сгорания



# Синхронные двигатели (СД)

- *Применяют в электроприводах механизмов большой мощности (компрессоры, насосы, воздуходувки и т. д.) с нерегулируемой частотой вращения.*
- *СД выпускаются в диапазоне мощностей от 132 до 30000 кВт с частотой вращения от 250 до 3000 об/мин на напряжение 6 и 10 кВ, 50 Гц.*
- *Строгое постоянство частоты вращения обуславливает применение синхронных микродвигателей в регистрирующих приборах, в системах звуко- и видеозаписи.*

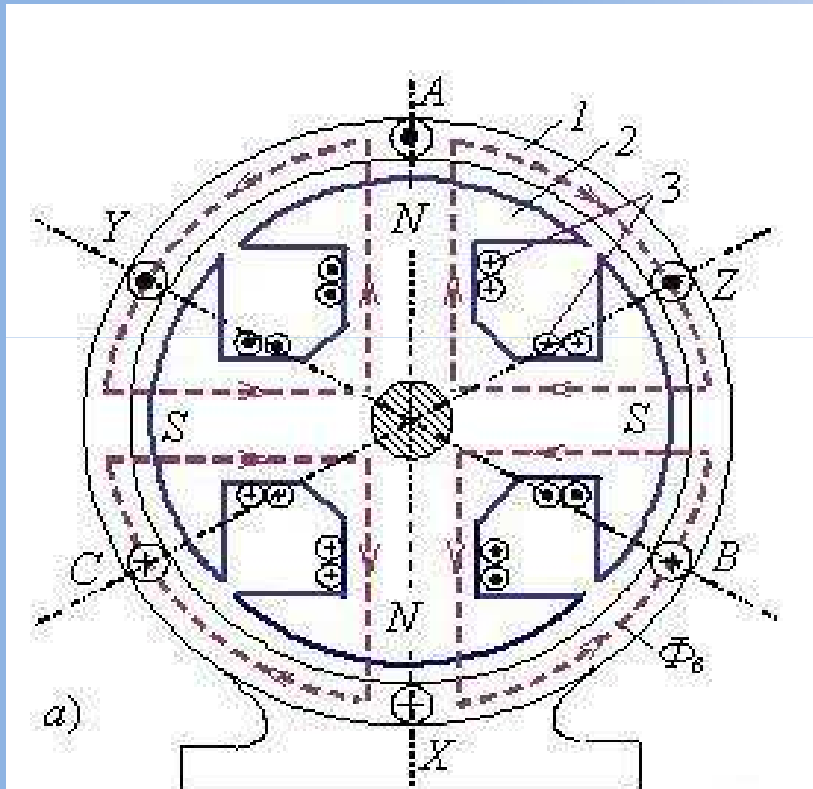


## Синхронные компенсаторы (СК)

**СК**, не несущие механической нагрузки на валу, предназначенные для генерирования реактивной мощности и улучшения коэффициента мощности  $\cos\varphi$  сети, называются **синхронными компенсаторами СК**.

Как правило, это крупные машины (мощностью 16...160 МВ·А).

# Устройство СМ



СМ с явнополюсным ротором

1 - неподвижный **статор**, который устроен так же, как и статор асинхронной машины;

2 - вращающийся **ротор** - электромагнит обмотка 3, которого питается постоянным током и наз. обмоткой возбуждения ОВ

Воздушный зазор между 1 и 2 (0,3...0,5 мм).

**Трехфазная** обмотка статора выполняется из медного провода и состоит из трёх обмоток, сдвинутых в пространстве одна относительно другой на  $120^\circ$ :

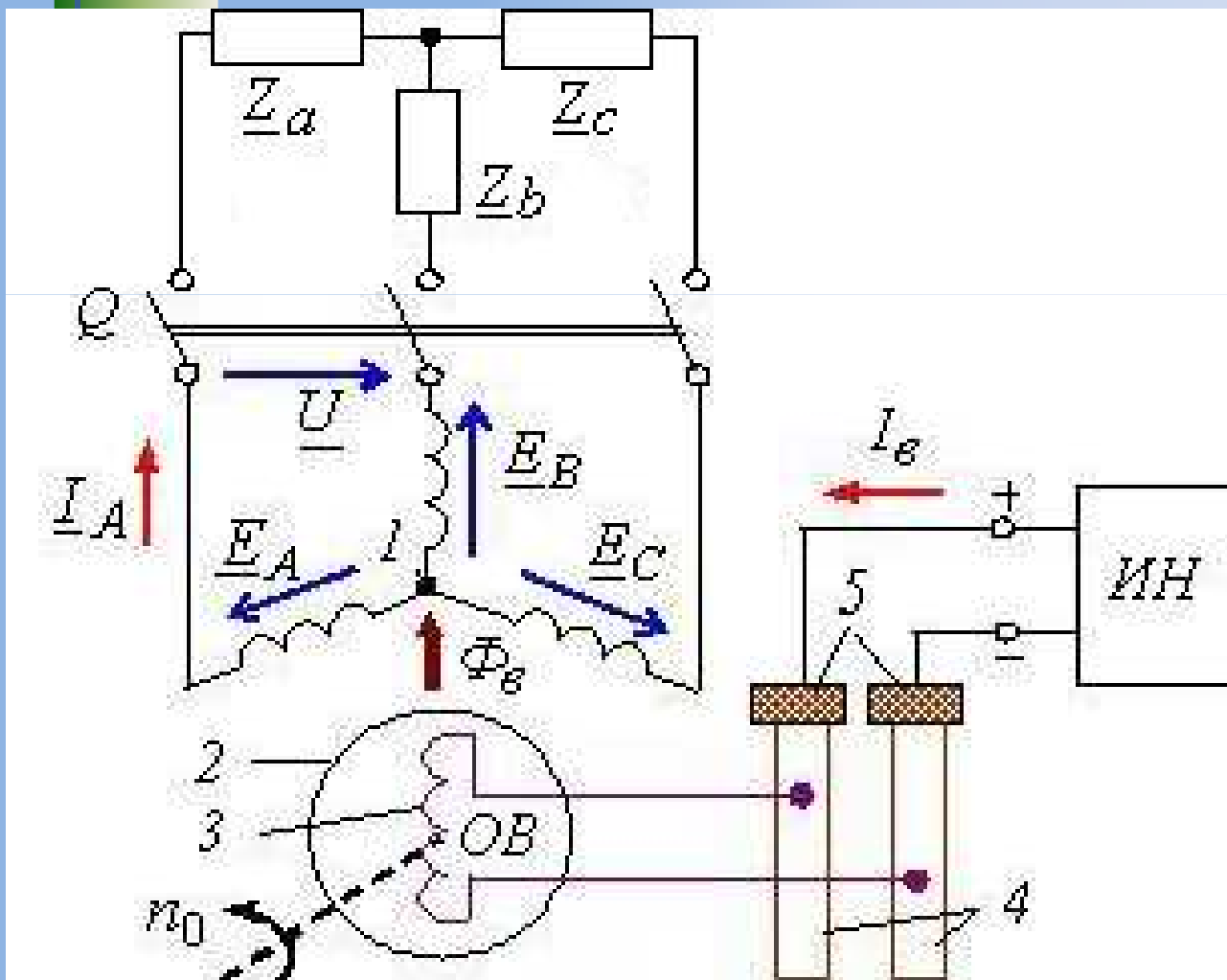
**A-X (фаза A);**

**B-Y (фаза B);**

**C-Z (фаза C).**

**Сердечники статора и ротора выполняются из пластин электротехнической стали.**

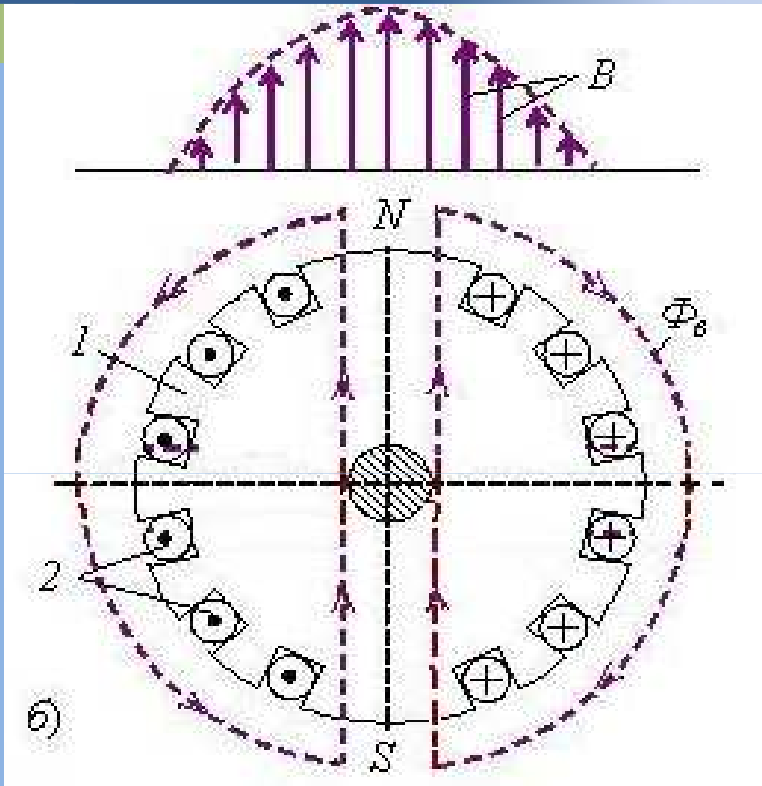
# Принципиальная схема устройства СМ



- 1 – обмотка статора;
- 2 – ротор;
- 3 – обмотка возбуждения;
- 4 – контактные кольца;
- 5 – щетки.

$E_A, E_B, E_C$  – ЭДС фаз обмотки статора  
 $Z_A, Z_B, Z_C$  – нагрузка

# Неявнополюсный ротор



1. Сердечник ротора

2. ОВ, распределённая по нескольким пазам ротора таким образом, чтобы получить синусоидальную по форме магнитную индукцию  $B$  в зазоре машины.

$N, S$  – северный и южный полюса магнитного поля, созданного током ОВ

$\Phi_{\delta}$  – магнитный поток возбуждения




# Работа СМ в режиме генератора

- Возбужденный ротор приводится во вращение с частотой  $n_2$  гидравлической или паровой турбиной.
- Магнитодвижущая сила ОВ создаёт магнитный поток  $\Phi_v$ .
- Вращающимся магнитным потоком  $\Phi_v$  в фазах статорной обмотки индуцируются ЭДС  $E_{я}$  с частотой

$$f_1 = p \cdot n_2 / 60,$$

смещённые во времени на электрический угол  $120^\circ$ .



Частота  $f_1$  ЭДС  $E_{\text{я}}$  якоря пропорциональна частоте вращения ротора, а её неизменность обеспечивается условием  $n_0 = \text{const}$ .

Регулирование величины ЭДС  $E_{\text{я}}$  (напряжения  $U$ ) на выходе генератора осуществляют изменением магнитного потока  $\Phi_{\text{в}}$ , точнее, изменением тока возбуждения  $I_{\text{в}}$  в обмотке ОВ

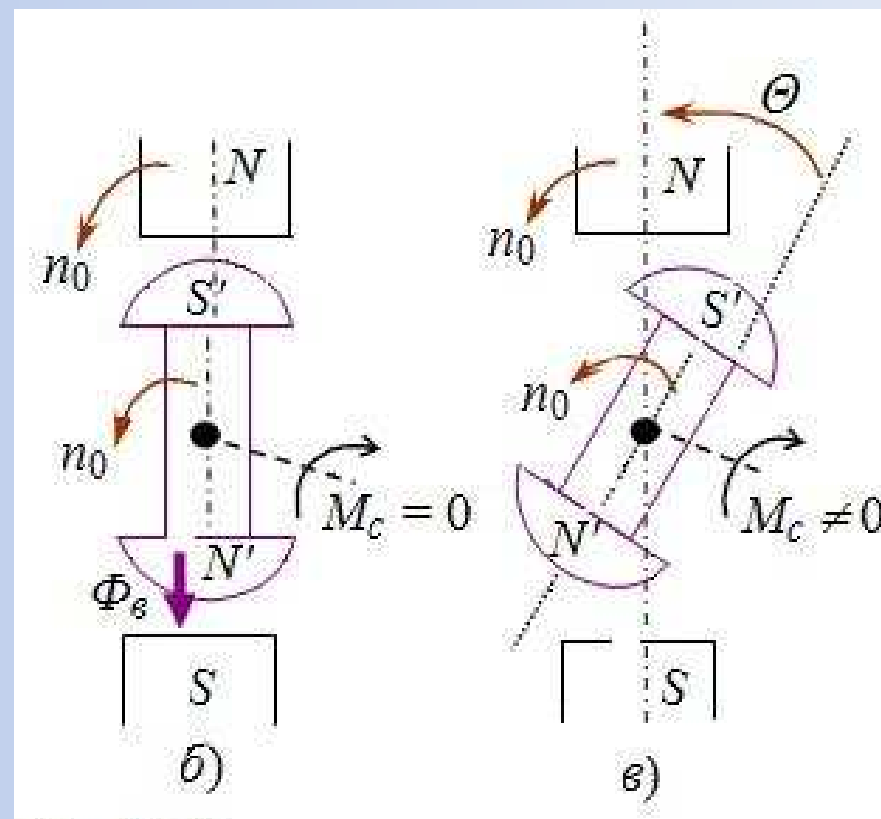
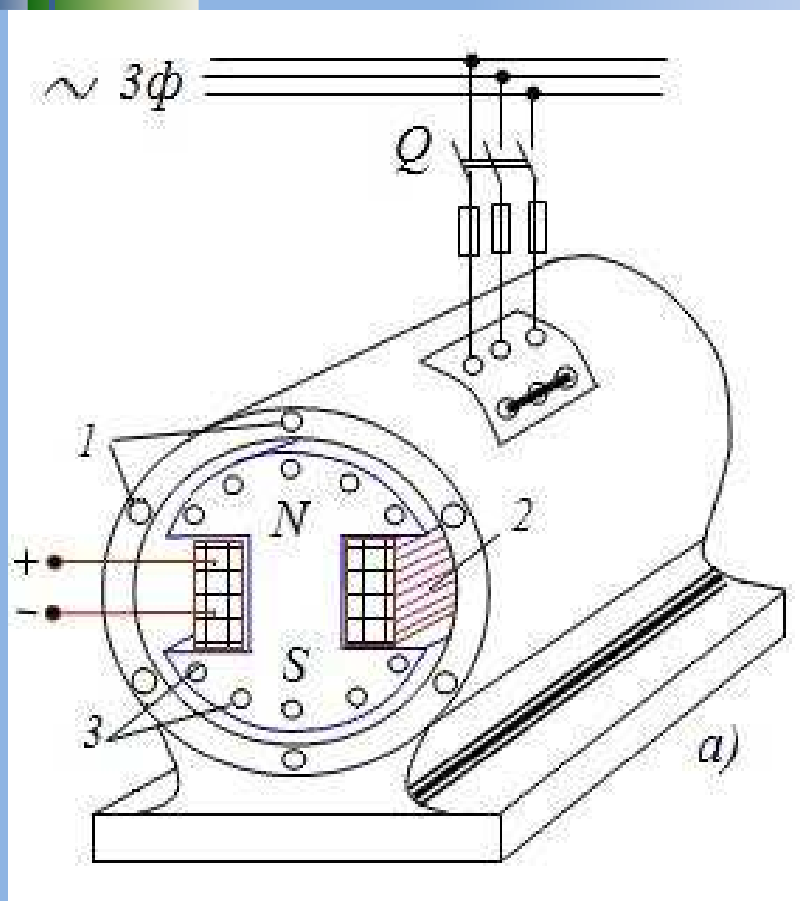
## Реакция якоря (РЯ)

это воздействие МДС якоря на магнитное поле ротора.

<p>Активная нагрузка</p>	<p><i>поперечная</i> составляющая РЯ оказывает <i>тормозящее</i> действие на ротор</p>
<p>Индуктивная нагрузка</p>	<p><i>продольная</i> размагничивающая составляющая РЯ, не оказывает тормозящее действие</p>

<p><b>Емкостная нагрузка</b></p>	<p><i><b>продольная</b> намагничивающая составляющая РЯ увеличивает результирующий магнитный поток</i></p>
<p><b>Активно-индуктивная нагрузка</b></p>	<p><i>РЯ имеет две составляющие:</i></p> <ol style="list-style-type: none"><li><i>1) <b>продольную</b>, создающую момент сопротивления на валу ротора</i></li><li><i>2) <b>поперечную</b> размагничивающую машину</i></li></ol>

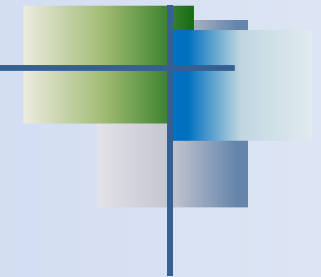
# Принцип работы синхронного двигателя (СД)



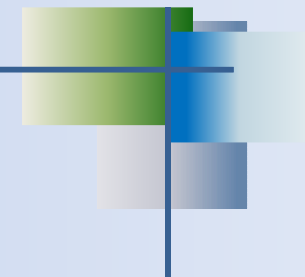
**1 – обмотка статора; 2 – ОВ ротора;  
3 – короткозамкнутая пусковая обмотка**

❖ При включении обмоток статора **1** в трехфазную сеть создается вращающееся с частотой  $n_1 = 60f_1/p$  магнитное поле  $\Phi_a$ .

❖ Однако ротор будет неподвижным, так как быстро вращающееся магнитное поле  $\Phi_a$  действует на ротор со знакопеременной силой, не создающей среднего момента, т. е. пусковой момент  $M_{п} = 0$

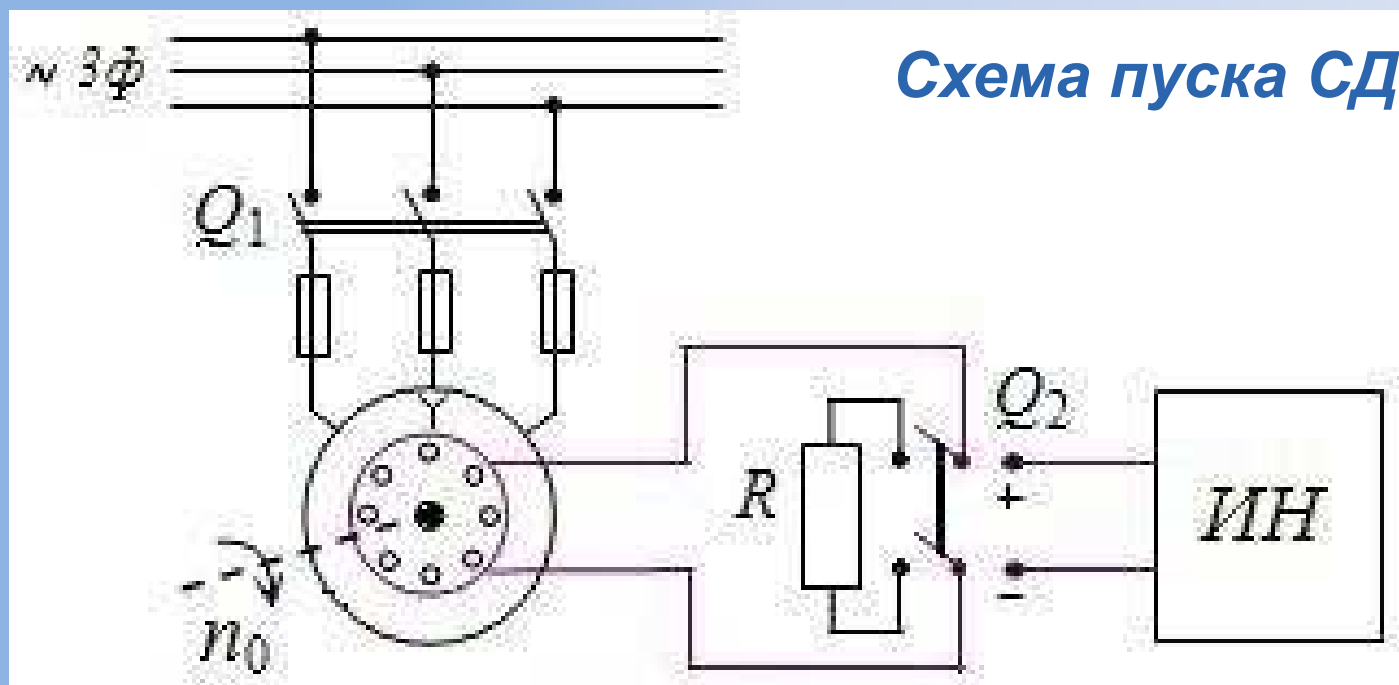


❖ Но если предварительно разогнать ротор до частоты вращения  $n_2$ , близкой к синхронной  $n_1$ , то возникающий электромагнитный момент, как результат притяжения разноименных полюсов магнитных полей **якоря** и **ротора** (рис. б), заставит следовать ротор за магнитным полем статора, т.е. **втянуться в синхронизм**.



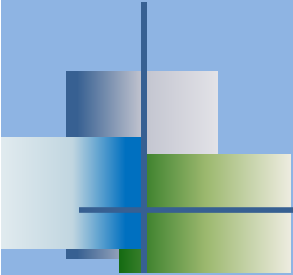
# Асинхронный пуск СД

Для разгона СД в их ротор встраивают пусковую короткозамкнутую обмотку **3** (рис. а), подобную беличьей клетке АД.



**1. При разомкнутой цепи статора  $ОВ$  отключается от источника постоянного напряжения  $ИН$  и замыкается посредством переключателя  $Q_2$  на резистор  $R$ , сопротивление которого в 10...15 раз превышает сопротивление  $ОВ$ .**

**Если  $ОВ$  будет разомкнута, то в начале пуска в ней будет наводиться большая ЭДС, опасная для изоляции ротора и обслуживающего персонала!!!**

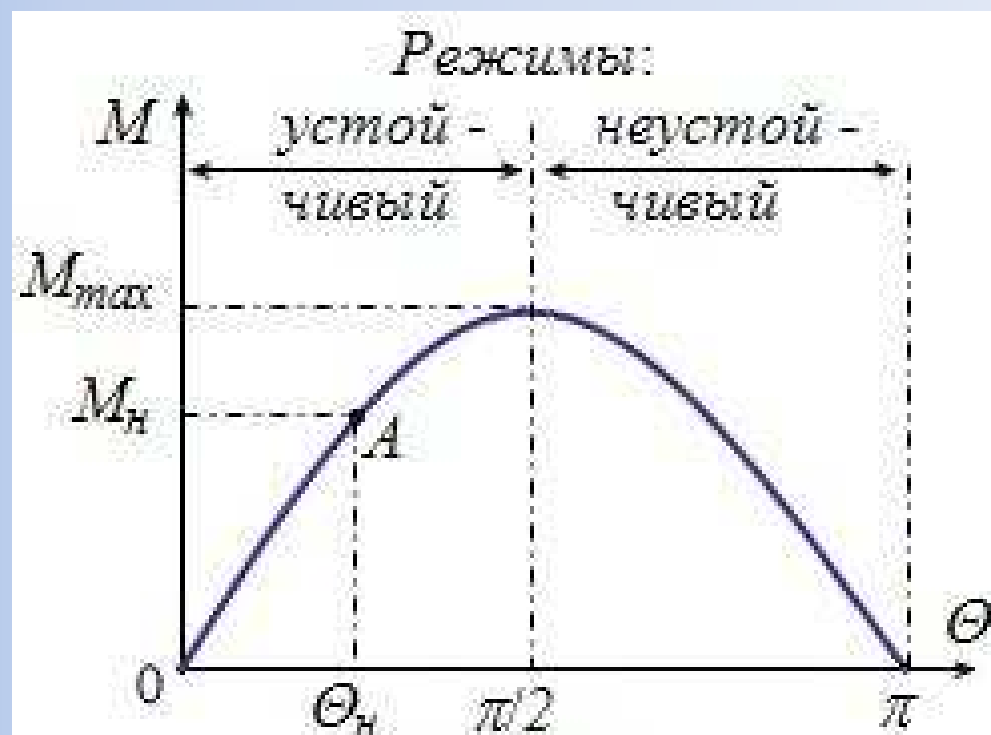


2. После подключения обмотки статора к трехфазной сети под действием асинхронного электромагнитного момента ротор разгоняется до частоты вращения близкой к синхронной  $n_2 \approx 0.95n_1$ .

3. ОВ отключается от резистора  $R$ , и подключается (переключателем  $Q_2$ ) к ИН. Двигатель втягивается в синхронизм, т.е. частота ротора  $n_2 = n_1 = n_0$ .

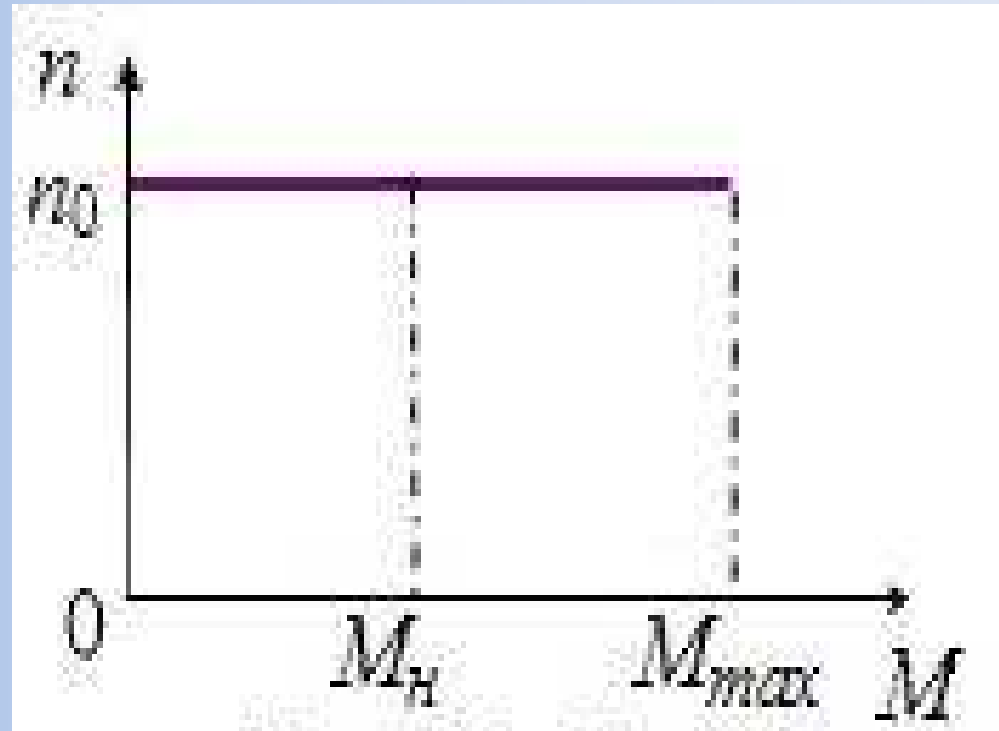
## Угловая характеристика СД

Это зависимость электромагнитного момента  $M_{эм}$  от угла рассогласования  $\Theta$  (угла сдвига фаз между вектором ЭДС фазы якоря  $E_0$  и вектором напряжения сети  $U_{ф}$ ).



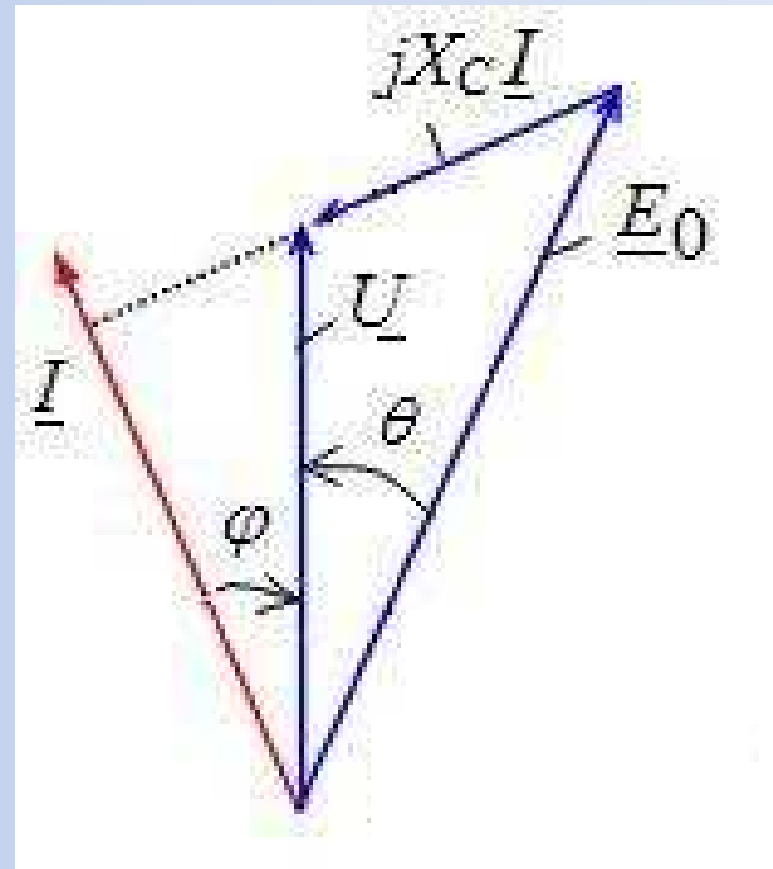
# Механическая характеристика СД

При угле  $\Theta < \pi/2$  механическая характеристика СД  $n_0 = f(M)$  абсолютно жесткая, т.е. представляет собой прямую.

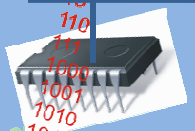
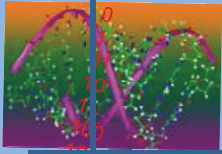


# Работа двигателя в режиме компенсатора

При достаточном увеличении тока возбуждения  $I$  в ЭДС  $E_0$  становится больше напряжения  $U_a$ , и вектор тока  $I$  статора опережает по фазе вектор фазного напряжения сети  $U_{\phi}$ . СД для сети становится **активно-ёмкостной нагрузкой**



- *Эту способность перевозбужденного СД без нагрузки на валу используют в промышленности для улучшения коэффициента мощности  $\cos\varphi$  цехов и заводов. СД работает в режиме компенсатора реактивной мощности.*



10101010  
01110111  
1001111  
1011  
1100  
1101  
1110  
1111

*Спасибо за внимание!!!*