



СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**Кафедра «ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ И
ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ»**

Дисциплина:

«Автоматизированный электрический привод»

Лекция № 7:

**МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ В
НЕНОМИНАЛЬНЫХ РЕЖИМАХ**

Доцент кафедры к. т. н.

ГОРПИНЧЕНКО Александр Владимирович

1. Характеристики АД при неноминальном напряжении.
2. Характеристики АД при неноминальной частоте.
3. Характеристики АД при обрыве фазной цепи или линии.

ЛИТЕРАТУРА

М.Г.Чиликин, А.С.Сандлер
«Общий курс электропривода», стр. 203...221.

Рассмотрим физическую сторону процессов в АД при увеличении и уменьшении U_1 .

а) $U_1 < U_{1H}$. При $U_1 \downarrow \rightarrow M \downarrow$ ($M_c \equiv U_1^2$) и в случае вентиляторной нагрузки АД может остаться в работе: точка 3 на рис. 1, но будет работать на пониженной скорости $\Omega \downarrow \rightarrow s \uparrow$, а это приведёт к росту потерь в роторе: $\uparrow \Delta P_2 = P_{эм} s \uparrow$.

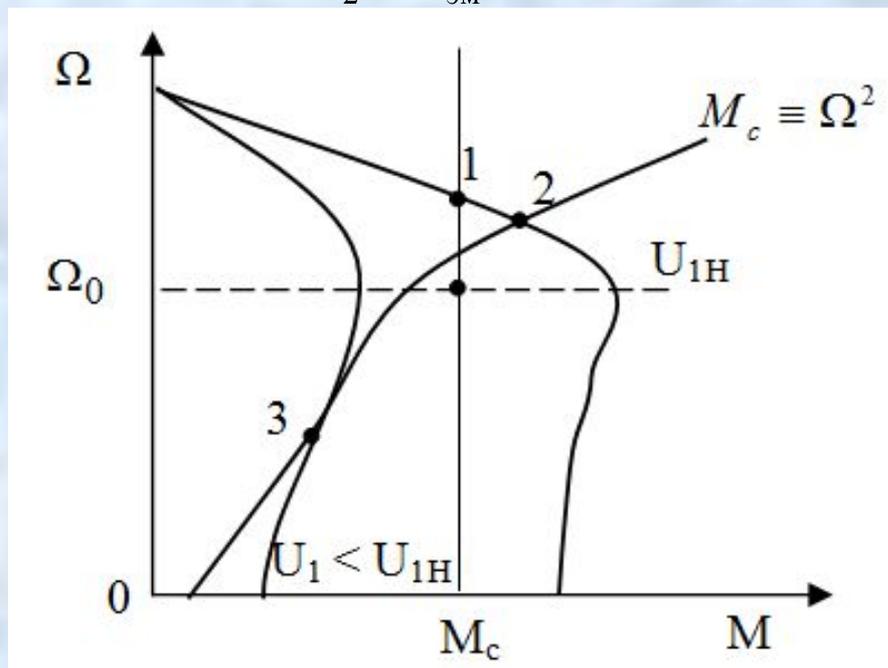


Рисунок 1

Известно: $U_1 \approx E_1 \approx 4,44 f_1 w_1 k_{01} \Phi_1$ (пренебрегаем R_1) (1)

3

Из (1), при $U_1 \downarrow \rightarrow \Phi_1 \downarrow \rightarrow I_\mu \downarrow$

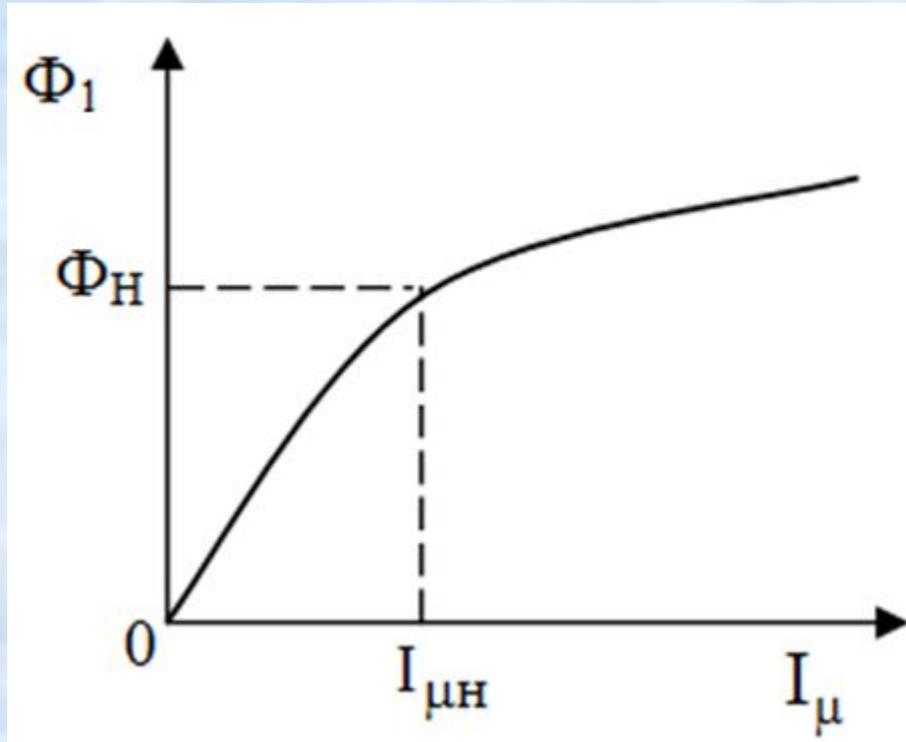


Рисунок 2. Кривая намагничивания.

Нагрузочная составляющая тока $I_1(I'_2)$ будет иметь другую тенденцию

$$M_{эм} = k\Phi_1 I'_2 \cos\Psi_2 \quad (2)$$

Если момент нагрузки на валу не изменился тогда можно считать $M_c = M_{эм} = k \cdot \Phi_1 \cdot I_2' \cdot \cos \Psi_2 = \text{const}$, а поскольку $\Phi_1 \downarrow \rightarrow I_2' \uparrow$. $I_2' \uparrow$ дополнительно т.к. $s \uparrow$, а $\cos \Psi_2 \downarrow$ ($f_2 \uparrow \equiv s \uparrow \rightarrow x_2' \uparrow$). В целом при $U_1 \downarrow$ нагруженного АД за счёт $I_2' \uparrow$.

$$\underline{I}_1 = \underline{I}_\mu + (-\underline{I}'_2) \quad (3)$$

На холостом ходу $I_2' \approx 0$ и I_1 будет определяться I_μ , т.е. при $U_1 \downarrow \rightarrow I_1 \downarrow \approx I_\mu \downarrow$.

б) $U_1 > U_{1H}$. $U_1 \uparrow$ приводит к

$$k_M \uparrow = \frac{M_k \uparrow}{M_H}$$

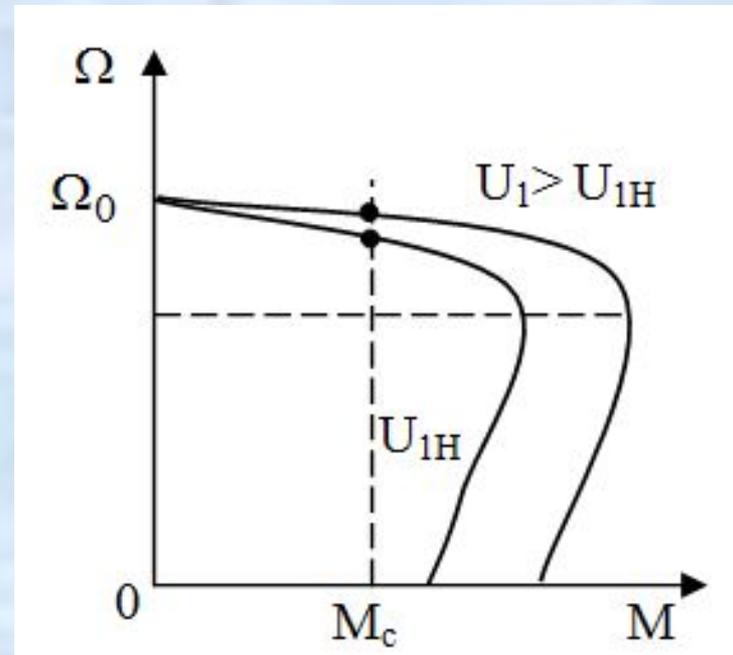
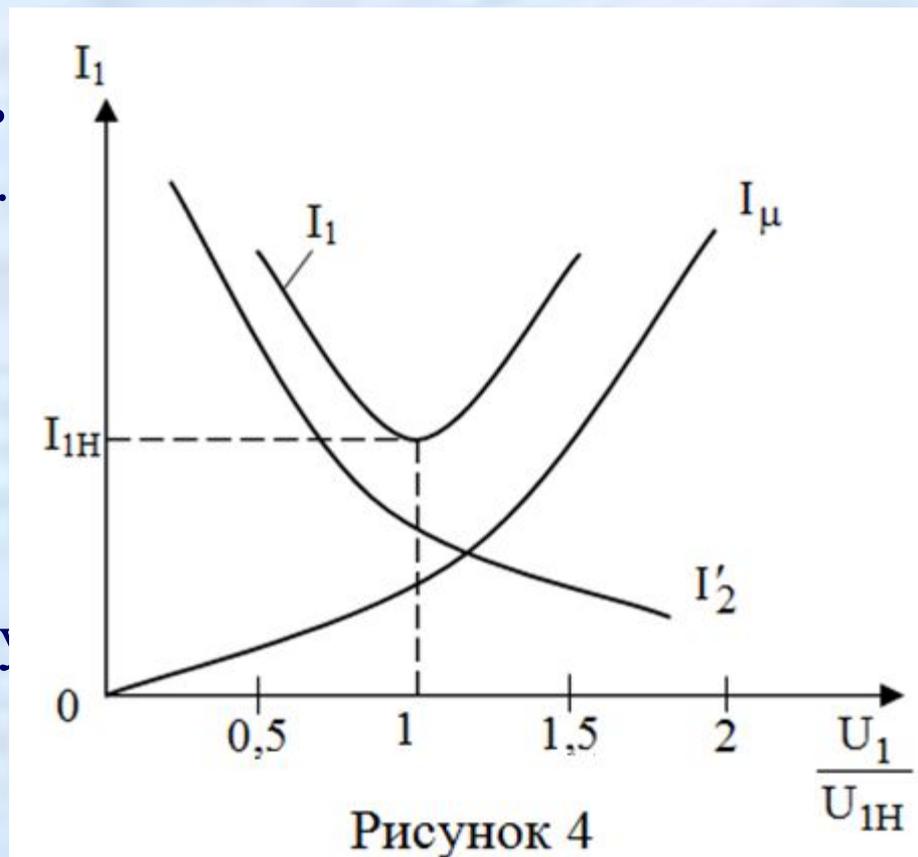


Рисунок 3.

Нагрузочная составляющая $I'_2 \downarrow$ с $U_1 \uparrow$, а $I_\mu \uparrow$, причём очень сильно (по кривой намагничивания $\Phi_1 \uparrow$ и $I_\mu \uparrow$ сильно из-за насыщения). При $U_1 \uparrow$ на $20 \div 25\%$ от $U_{1н}$ $I_\mu > I_{1н}$ даже на холостом ходу.

Вывод: Увеличение U_1 более «опасно». В этом режиме I_1 определяется I_μ . На основании рассуждений можно построить зависимости $I_1 = f(U_1)$ (рис. 4).



На холостом ходу АД уменьшение напряжения не вызывает перегрузки по току

2. Характеристики АД при ненормальной частоте.

Изменение частоты сети приводит к изменению k_M и к изменению k_M .

$$M_k \equiv \frac{1}{f_1} a$$

а) $f_1 < f_{1H}$. Из $U_1 \approx E_1 \approx 4,44 f_1 w_1 k_{01} \Phi_{1m}$ следует, что при

$f_1 \downarrow \rightarrow E_1 \approx U_1 = \text{const} \quad \Phi_{1m} \uparrow \rightarrow M_k \uparrow \rightarrow k_M \uparrow$: (рис. 5).

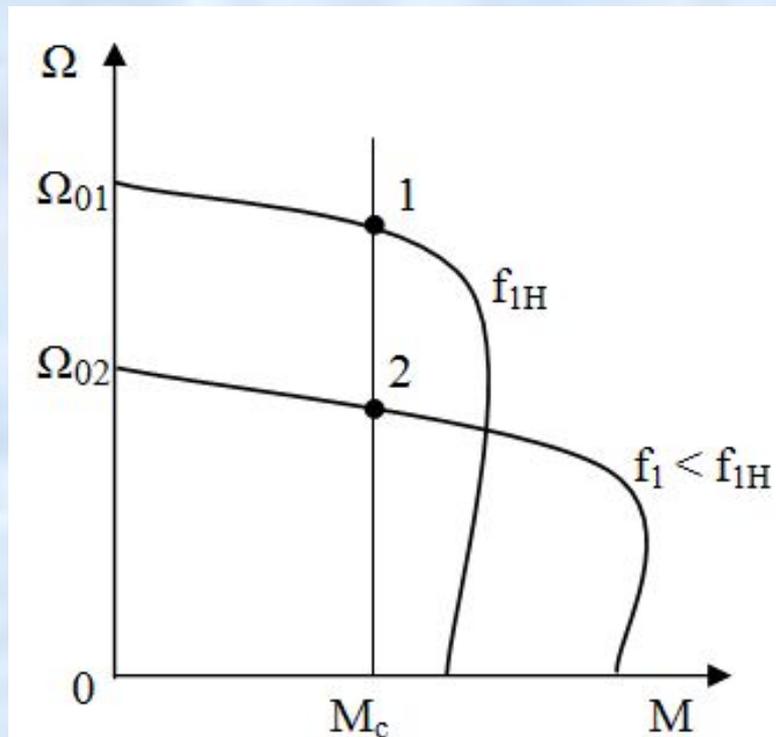


Рисунок 5

Определим тенденцию изменения I_1 .

Поскольку $\Phi_1 \uparrow \rightarrow I_\mu \uparrow$ (увеличивается резко из-за насыщения АД по кривой намагничивания).

Согласно выражения (2)

при $M_c = \text{const}$ ($M = M_c$) $k \cdot \Phi_1 \cdot I_2' \cdot \cos \Psi_2 = \text{const}$.

Это будет при условии $I_2' \downarrow$, т.к. $\Phi_1 \uparrow$.

Таким образом, $I_\mu \uparrow$, а $I_2' \downarrow$. Определяющим для I_1 будет составляющая $I_\mu \uparrow$, которая растёт резко при насыщении АД.

б) $f_1 > f_{1H}$

При $f_1 \uparrow \rightarrow \Phi_1 \downarrow \rightarrow M_K \downarrow$

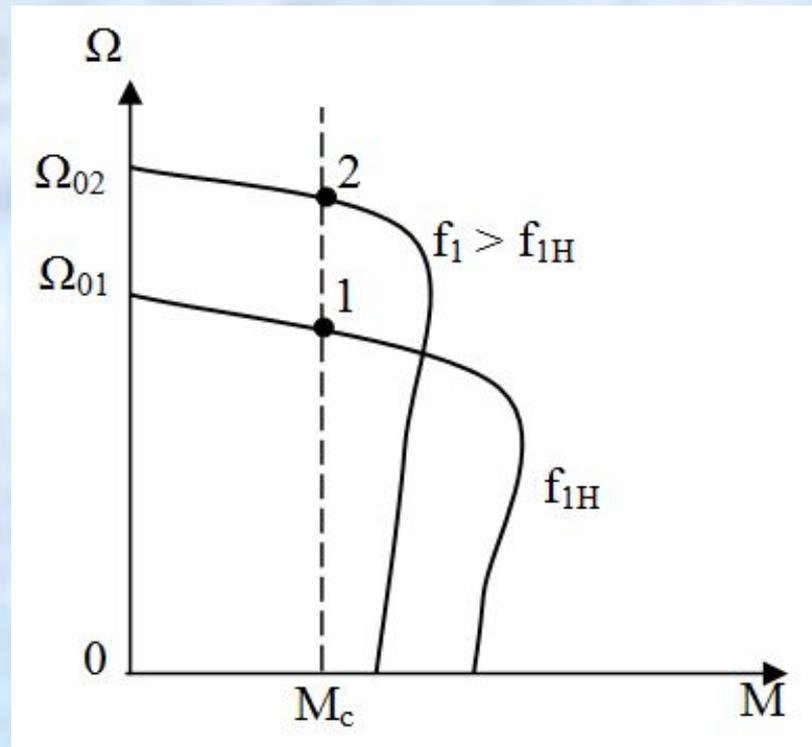


Рисунок 6

Наряду с этим будет наблюдаться $I'_2 \uparrow$.

Из (2) при $M = M_c = \text{const}$ $\Phi_1 \downarrow \rightarrow I'_2 \uparrow$.

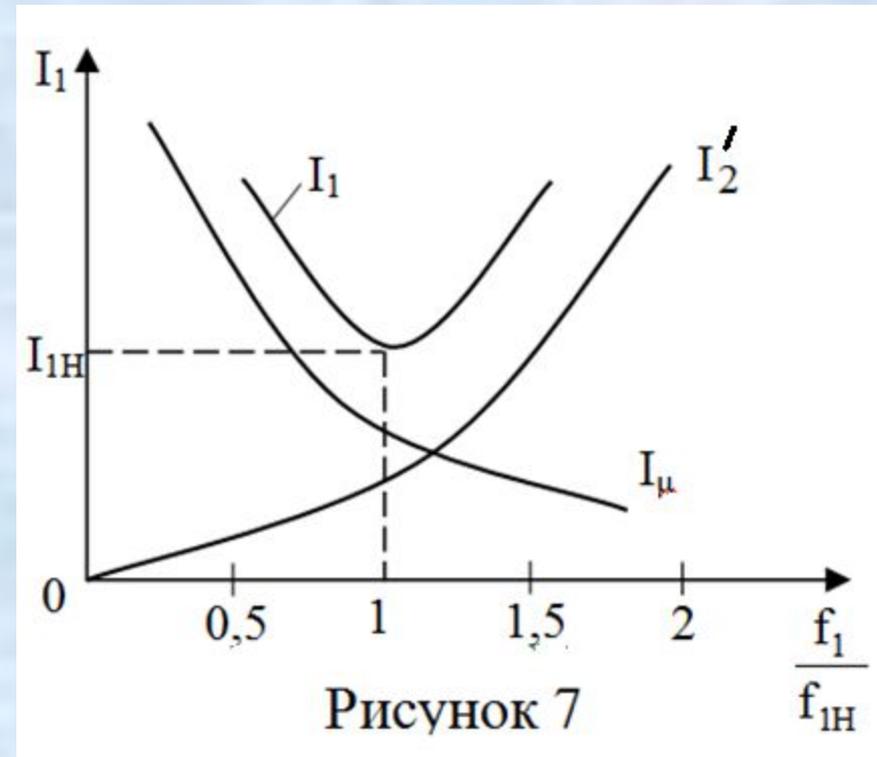
$I_\mu \downarrow$ при $\Phi_1 \downarrow$. Фактор роста I'_2 будет определяющим и $I_1 \uparrow$.

Таким образом, при $f_1 = \text{var}$ в любую сторону наблюдается $I_1 \uparrow$.

На основе рассуждений можно построить зависимости $I_1 = f(f_1)$ (рис. 7).

На холостом ходу АД увеличение f_1 не вызывает перегрузки АД по току ($I_\mu \downarrow$), а уменьшение перегрузочной способности k_M не сказывается на работе АД (ведь $M_c \downarrow$).

При нагрузке отклонения частоты от номинального значения в любую сторону вызывает перегрузку АД по току.



3. Характеристики АД при обрыве фазной цепи или линии

а) Обмотка статора включена в звезду. Обрыв фазы приводит к однофазному включению двух оставшихся фаз (рис. 8)

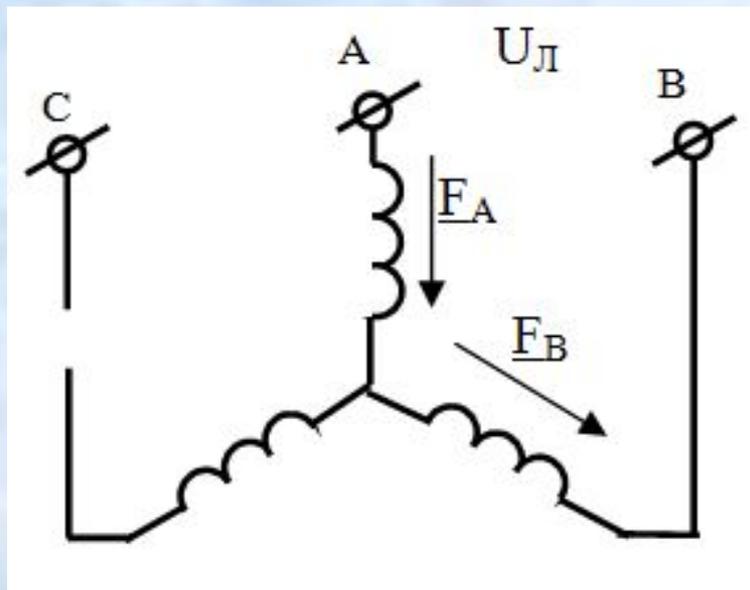


Рисунок 8

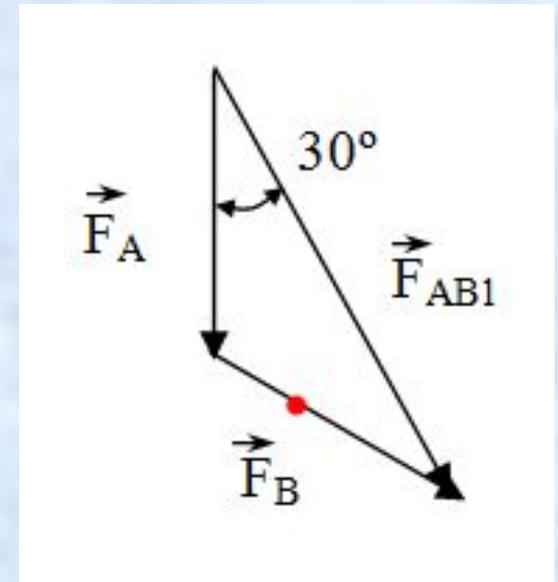
При однофазном включении $U_{\phi 1}$ (при трёхфазном включении $U_{\phi 1} = \frac{U_L}{2}$)

$$), \quad U_{\phi 3} = \frac{U_L}{\sqrt{3}} \rightarrow U_L = \sqrt{3} U_{\phi 3}, \quad U_{\phi 1} = \frac{\sqrt{3}}{2} U_{\phi 3}$$

$$U_{\Phi_1} < U_{\Phi_3} \text{ поэтому } \Phi_1 \downarrow (U_1 \downarrow \approx E_1 \equiv \Phi_1 \downarrow) \rightarrow \Phi_{\Phi_1} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_{\Phi_3} .$$

Этот поток становится пульсирующим, а не вращающимся.
Результирующий поток двух фаз, в результате геометрического суммирования:

$$\Phi_{AB_1} = \Phi_{\Phi_1} \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot 2 \quad \Phi_{AB_1} = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} \Phi_{\Phi_3} \right) \cdot \sqrt{3}$$



Следовательно пульсирующий магнитный поток по амплитуде превосходит амплитуду вращающего магнитного поля при

$$\text{трёхфазном включении } (\Phi_{AB_1} = \frac{3}{2} \Phi_{\Phi_3}) \text{ или } \frac{\Phi_{AB_1}}{\Phi_{\Phi_3}} = 1,5 .$$

Пульсирующее поле может быть представлено в виде двух, встречно вращающихся полей с амплитудами, равными половине амплитуды пульсирующего.

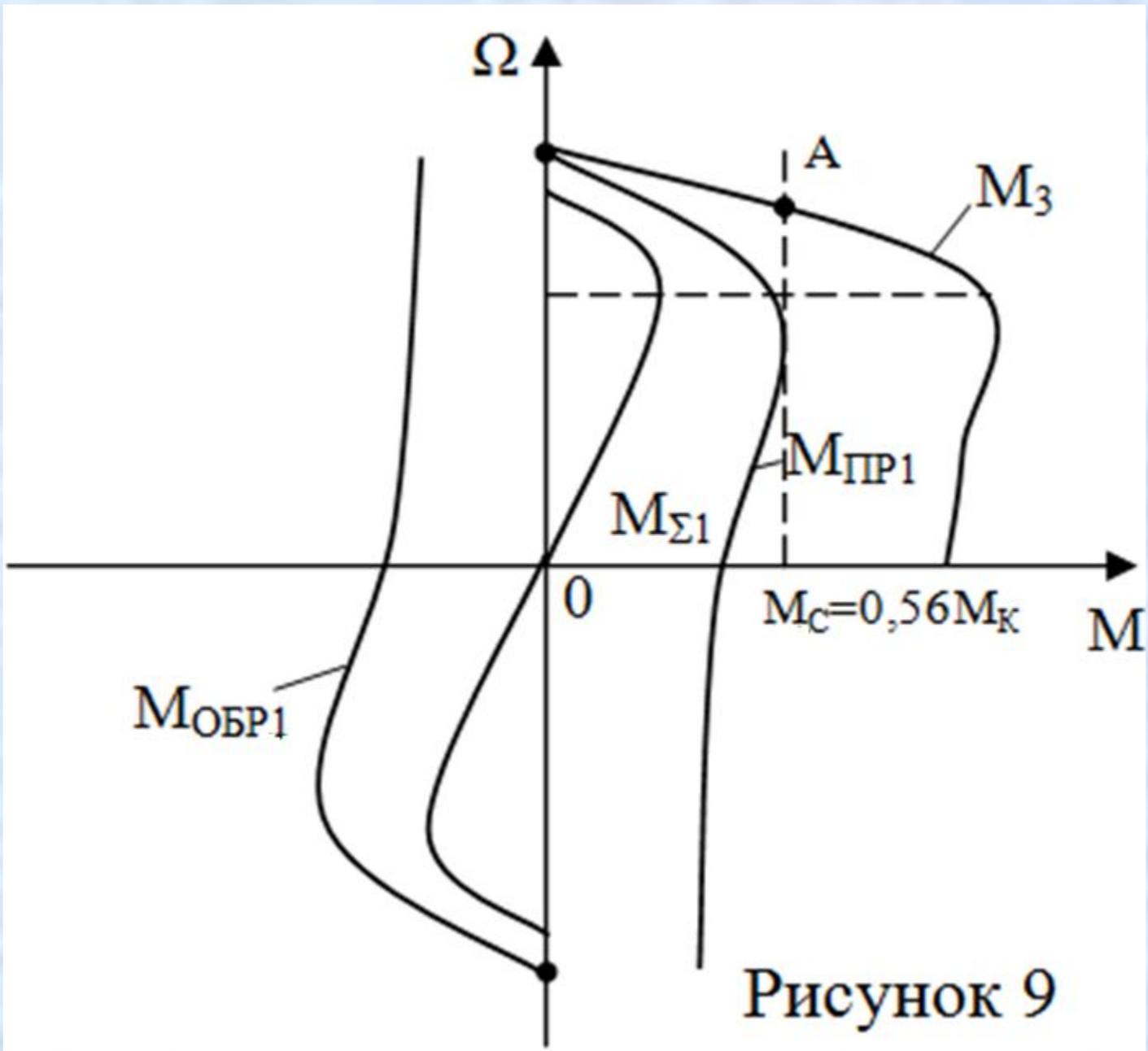
$$\overset{\sphericalangle}{\Phi}_{AB_1} = \overset{\sphericalangle}{\Phi}_{AB_{1\text{пр.}}} + \overset{\sphericalangle}{\Phi}_{AB_{1\text{обр.}}}$$

Соответственно, амплитуды вращающихся полей прямой и обратной последовательности будут составлять в однофазном режиме 0,75 амплитуды вращающегося поля трёхфазного режима:

$$\Phi_{\text{пр.1}} = \Phi_{\text{обр.1}} = 0,75 \Phi_{\text{ф3}}$$

Представим, используя принцип наложения, механические характеристики АД для поля прямой и обратной последовательности, а также результирующую механических характеристик.

Для сравнения приведём механическую характеристику трёхфазного режима. Учтём, что момент пропорционален квадрату потока ($M_k \equiv U_1^2$, а $\Phi_1 \equiv U_1 \rightarrow M_k \equiv \Phi_1^2$): $M_{k\text{пр.1}} = M_{k\text{обр.1}} = 0,56 M_{k3}$ (рис. 9).



Результирующая характеристика при однофазном включении $M_{\Sigma 1} = M_{\text{пр1}} + M_{\text{обр1}}$ проходит через начало координат, т.е. двигатель не имеет пускового момента $M_{\Pi} = 0$.

При включении $\Omega = 0$ и двигатель будет под током. При толчке в любую сторону он пойдёт в ход. При этом $M_{\text{к}\Sigma 1}$ уменьшается до величины менее $0,56M_{\text{к3}}$, то есть АД теряет перегрузочную способность.

Если $M_c \geq 0,56 M_{\text{к3}}$ АД «опрокидывается» $\Omega \downarrow$ до «0» и он будет стоять под током.

Если $M_c < 0,56 M_{\text{к3}}$ он остаётся в работе.

При этом токи в подключенных фазах возрастут. И прежде всего за счёт роста нагрузочной составляющей I'_2 .

Это видно из выражения (2) при $M_c = \text{const}$

$$M = M_c = k \cdot \Phi_1 \cdot I'_2 \cdot \cos \Psi_2 = \text{const} \quad (\Phi_{\text{пр1}} = \Phi_{\text{обр1}}) \downarrow \rightarrow I'_2 \uparrow$$