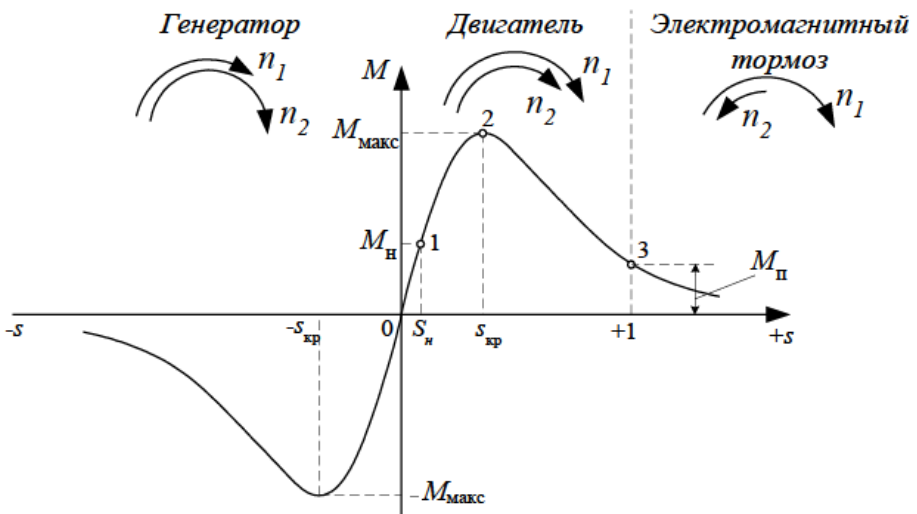


23 Электромагнитный момент и механическая характеристика асинхронного двигателя

Электромагнитный момент асинхронного двигателя пропорционален квадрату напряжения сети, подводимого к статорной обмотке: $M \propto U_1^2$, т. е. асинхронные двигатели чувствительны к колебаниям напряжения в сети, что является их недостатком. Момент является функцией скольжения s механической характеристики машины $M = f(s)$. Функция имеет максимум при критическом скольжении $s_{кр}$ при котором момент будет максимальным $M_{\max}$.

Максимальный момент $M_{\max}$ не зависит от активного сопротивления обмотки ротора r_2 , однако это сопротивление оказывает влияние на скольжение $s_{кр}$, при котором асинхронная машина развивает максимальный момент.

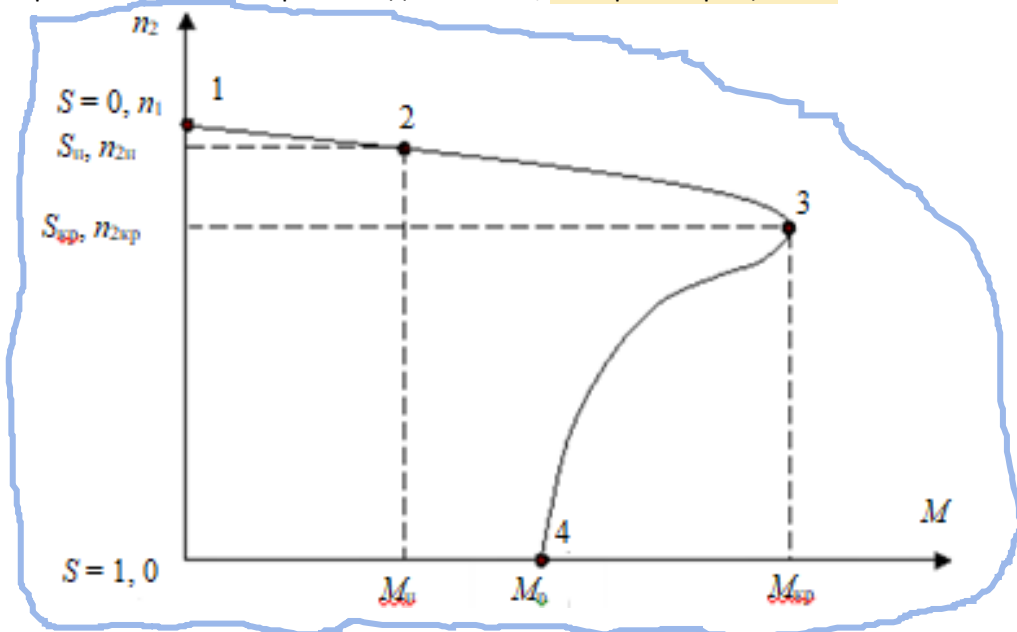
При малых скольжениях ($s \ll 1$) момент пропорционален скольжению и зависимость $M = f(s)$ имеет линейный характер. При скольжениях, близких к единице или больше единицы, момент обратно пропорционален скольжению и кривая $M = f(s)$ имеет гиперболический характер. При изменении скольжения в широких пределах и $U_1 = \text{const}$ кривая $M = f(s)$ имеет вид, изображенный на рисунке



Столь сложный характер кривой объясняется аналогичным характером изменения активной составляющей тока ротора. С увеличением скольжения активная составляющая тока ротора сначала

растёт, а затем вследствие увеличения частоты f_{2s} , которая равна $f_{2s} = f_1 \cdot s$, индуктивное сопротивление ротора возрастает, и активная составляющая тока начинает уменьшаться, несмотря на увеличение всего тока ротора.

Рассмотрим график механической характеристики, который связывает между собой две механические величины: вращающийся момент (M), развиваемый асинхронным двигателем, и скорость вращения n .



На графике отмечены точки холостого хода 1, номинального 2, критического 3 и пускового 4 режимов. На холостом ходу, когда момент сопротивления равен 0, частота вращения ротора n приближается к частоте вращения магнитного поля n_1 (точка 1). По мере появления и увеличения момента нагрузки до номинального M_n частота вращения ротора уменьшается до номинальной n_n , соответствующей номинальному скольжению S_n (точка 2).

Дальнейшее увеличение момента нагрузки до максимального M_m приводит к дальнейшему уменьшению частоты вращения до значения, соответствующего критическому скольжению $S_{кр}$ (точка 3). При превышении моментом максимального значения двигатель останавливается ($n = 0$; $s = 1$, точка 4), его обмотки начинают гореть; он должен быть отключен. Эта же точка 4 графика соответствует первоначальному моменту пуска двигателя.

Номинальный момент двигателя

$$M_H = \frac{60}{2\pi} \frac{P_H}{n_H}$$

Пуск двигателя возможен, если момент сопротивления на валу двигателя M_c будет меньше пускового момента M_H . При пуске $n_2 = 0$, $s = 1$, $f_{2s} = f_1 = 50$ Гц (точка 4 характеристики), индуктивное сопротивление x_{2s} ротора имеет максимальное значение, поэтому и пусковой момент M_H невелик, что видно из графика рисунка.

При разгоне двигателя частота тока в роторе $f_{2s} = f_1 \cdot s$ уменьшается, вследствие чего снижается его индуктивное сопротивление, что приводит возрастанию момента. Пусковые свойства двигателя характеризуются кратностью пускового момента: $k_H = M_H / M_H$

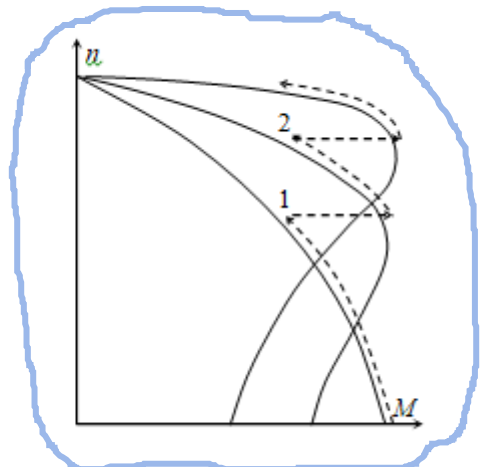
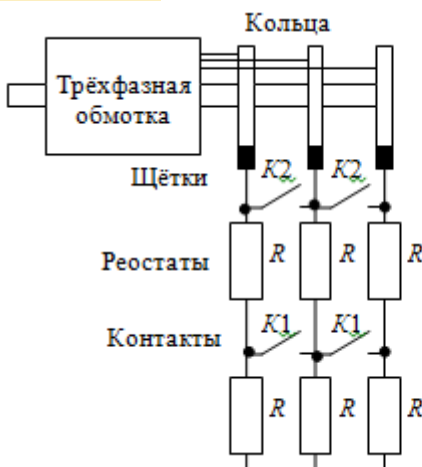
Для двигателей нормального исполнения мощностью до 100 кВт $k_H = 0,9 \dots 1,5$, причём для двигателей меньшей мощности это отношение больше.

Перегрузочная способность двигателя оценивается кратностью максимального момента: $k_M = M_{MAX} / M_H$

Для асинхронных двигателей нормального исполнения $k_M = 1,7 \dots 3,4$.

Более высокие значения k_M соответствуют двигателям с меньшим числом полюсов.

Как уже отмечалось, s_{KP} у асинхронного двигателя зависит от активного сопротивления фазы роторной обмотки, а M_{MAX} от этого сопротивления не зависит. Отмеченное имеет особое значение для двигателей с фазным ротором, когда при пуске в цепь ротора включается пусковой реостат.



При этом можно добиться, чтобы при пуске двигатель развивал момент M_p , равный максимальному.

На рисунке представлены зависимости $n = f(M)$ при различных значениях активного сопротивления пускового реостата.

В начальный момент пуска к роторной обмотке присоединены все реостаты R , сопротивление максимально. Разгон двигателя до т. 1 происходит по нижней линии. По мере разгона ток, потребляемый двигателем, уменьшается. Это чувствует специальное токовое реле, которое включает контактор K_1 , закорачивающий половину пусковых реостатов. Рабочая точка двигателя перескакивает на среднюю линию, и разгон двигателя происходит до т. 2. Увеличившийся в момент переключения ток вновь снижается, и с помощью токового реле включается контактор K_2 . Все пусковые реостаты закорочены, рабочая точка двигателя перескакивает на верхнюю (короткозамкнутую) линию.

Часто при проектировании электропривода известны только каталожные данные асинхронного двигателя. Но для решения ряда вопросов необходимо также иметь его механическую характеристику. Последнюю получают по упрощённым формулам М. Клосса:

$$M = \frac{2M_{\max}}{\frac{s}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s}},$$
$$s_{\text{кр}} = s_{\text{н}} \left(k_{\text{ж}} + \sqrt{k_{\text{ж}}^2 - 1} \right).$$

Подставляя в верхнюю формулу различные значения скольжения s , можно получить соответствующие им значения моментов и построить кривую $M = f(s)$.

Данные формулы находят применение в расчётной практике, они справедливы при постоянных параметрах машины.