

## Основные уравнения трехфазного асинхронного двигателя.

Как уже отмечалось, взаимонеподвижные потоки взаимоиндукции, создаваемые токами в фазах статора создают основной или рабочий поток машины. Намагничивающие силы обмоток статора и ротора создают так же и потоки рассеяния, обуславливающие потосцепления рассеяния  $\Psi_{1p}$  и  $\Psi_{2p}$  и индуктивности рассеяния  $L_{1p}$  и  $L_{1p}$ .

Основной вращающийся поток  $\Phi$ , пересекая витки фаз обмотки статора, создает в каждой фазе синусоидальную ЭДС  $e_1$ , действующее значение которой определяется соотношением

$$E_1 = 4,44 \cdot f_1 \cdot K_{o61} \cdot W_1 \cdot \Phi.$$

Этот же поток, пересекая проводники обмотки ротора создает в фазах (стержнях) ротора ЭДС  $e_2$  с действующим значением

$$E_2 = 4,44 \cdot f_2 \cdot K_{o62} \cdot W_2 \cdot \Phi$$

или, учитывая, что  $f_2 = f_1 \cdot s$ , получим

$$E_2 = E_{2K} \cdot S,$$

где  $E_{2K} = 4,44 \cdot f_1 \cdot K_{o62} \cdot W_2 \cdot \Phi$  – ЭДС в фазе заторможенного ротора, когда  $f_2 = f_1$ .

Отношение

$$K_E = E_1 / E_{2K} = (K_{o61} \cdot W_1) / (K_{o62} \cdot W_2)$$

называется коэффициентом трансформации машины или коэффициентом приведения ЭДС.

Здесь  $K_{o61}$  и  $K_{o62}$  – обмоточные коэффициенты, учитывающие влияние распределения обмотки фазы на величину намагничивающей силы обмотки. Умножая  $W_1$  на  $K_{o61}$  можно привести распределенную обмотку к эквивалентной сосредоточенной обмотке. Для обмотки статора  $K_{o61} < 1$ . Для обмотки типа "беличья клетка"  $K_{o62} = 1$ .

Уравнения второго закона Кирхгофа для обмоток статора и ротора не отличаются от аналогичных уравнений для трансформатора. Для фазы обмотки статора имеем:

$$\dot{U}_1 = \dot{I}_1 \cdot R_1 + j \dot{I}_1 \cdot X_1 - \dot{E}_1 \quad (8.1)$$

где  $X_1 = \omega_1 \cdot L_{p1}$  – индуктивное сопротивление рассеяния фазы обмотки статора. Для фазы заторможенного ротора уравнение Кирхгофа имеет вид

$$\dot{E}_{2K} = \dot{I}_2 \cdot R_2 + j \dot{I}_2 \cdot X_{2K} \quad (8.2)$$

где  $X_{2K} = \omega_1 \cdot L_{p2}$  – индуктивное сопротивление рассеяния фазы заторможенного ротора.

Если ротор вращается и  $s \neq 0$ , то уравнение Кирхгофа можно представить в виде

$$\dot{E}_2 = \dot{E}_{2K} \cdot s = \dot{I}_2 \cdot R_2 + j \dot{I}_2 \cdot X_{2K} \cdot s = \dot{I}_2 \cdot R_2 + j \dot{I}_2 \cdot X_2 \quad (8.3)$$

где  $X_2 = X_{2K} \cdot s = \omega_1 \cdot s \cdot L_{p2} = \omega_2 \cdot L_{p2}$  – индуктивное сопротивление рассеяния фазы вращающегося ротора. Заметим что так как  $f_2 \neq f_1$  и  $f_2 = f_1 \cdot s$ , то  $X_2$  является величиной переменной, зависящей от скорости вращения ротора.

Преобразуем уравнение (8.3) следующим образом. Разделим левую и правую часть на  $s$  получим

$$\dot{E}_{2K} = j \dot{I}_2 \cdot X_{2K} + \dot{I}_2 \cdot \frac{R_2}{s} \quad (8.4)$$

представим переменное сопротивление  $\frac{R_2}{s} = R_2 + \frac{R_2 \cdot (1-s)}{s}$  и подставим в (8.4), получим

$$E_{2K} = j \dot{I}_2 \cdot X_{2K} + \dot{I}_2 \cdot R_2 + \dot{I}_2 \cdot \frac{R_2(1-s)}{s} \quad (8.5)$$

Это значит, что обмотка вращающегося ротора подобна вторичной обмотке трансформатора, включенной на сопротивление нагрузки

$$Z_H = R_2 \cdot (1-s) / s,$$

зависящее от скорости вращения, и вращающийся ротор с переменной по частоте ЭДС  $\dot{E}_2$  переменной  $X_2$  можно привести к неподвижному ротору с ЭДС  $\dot{E}_{2K}$ , изменяющейся с частотой сети  $f_1$  и постоянным индуктивным сопротивлением рассеяния  $X_{2K}$ .

Связь между токами  $\dot{I}_1$  в фазе статора и токами  $\dot{I}_2$  в фазе ротора асинхронной машины так же аналогична связи токов первичной и вторичной обмоток трансформатора.

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_{1X} + \dot{I}'_2,$$

где  $\dot{I}'_2 = \frac{\dot{I}_2}{K_1}$  – ток в фазе ротора, приведенный к числу витков и числу фаз обмотки статора.

Сам коэффициент приведения тока определяется выражением

$$K_1 = (m_1 W_1 \cdot K_{o61}) / (m_2 W_2 \cdot K_{o62}),$$

где  $m_2$  – число фаз обмотки ротора (для КЗ - ротора  $m_2$  число стержней обмотки).

Так же как и у трансформатора ток в фазе статора имеет 2 составляющие: составляющая  $\dot{I}_{1X}$  создает рабочий поток машины и компенсирует потери в стали, составляющая  $\dot{I}'_2$  компенсирует размагничивающее действие тока ротора  $\dot{I}_2$  на поток машины. Всякое увеличение нагрузки двигателя приводит к уменьшению скорости ротора, т.е. к увеличению скольжения и тока ротора. Это обуславливает увеличение потока ротора  $\Phi_2$  и, следовательно, уменьшение рабочего потока  $\Phi$ . Уменьшение потока  $\Phi$  вызывает уменьшение ЭДС  $E_1$  в фазе статора и, следовательно, увеличение тока  $\dot{I}_1$ , как это следует из уравнения (8.1), что компенсирует размагничивающее действие потока ротора. Таким образом, всякое увеличение механической мощности на валу машины вызывает увеличение электрической мощности, потребляемой из сети.