

Принцип действия и режимы работы асинхронной машины.

Представим вращающееся поле статора двигателя полем полюсов магнита, вращающегося с частотой n_1 (рис.8.13) и в это поле поместим короткозамкнутый ротор. Пусть ротор в исходном состоянии либо неподвижен, либо вращается с частотой $n_2 < n_1$ в сторону вращения поля. Тогда проводники ротора будут пересекаться полем с частотой

$$n_s = n_1 - n_2$$

называемой частотой скольжения.

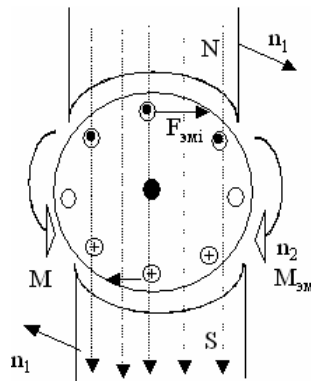


Рис.8.13.

Относительную разность частот вращения магнитного поля и ротора называют скольжением и обозначают через S . Таким образом

$$S = n_s / n_1 = (n_1 - n_2) / n_1 \quad \text{и} \quad n_s = n_1 \cdot S.$$

При пересечении полем статора проводников обмотки ротора в последних индуцируются ЭДС с направлением, определяемым по правилу правой руки. Т.к. обмотка ротора короткозамкнутая, то под действием этих ЭДС в проводниках возникают токи, активные составляющие которых совпадают по фазе с индуцированными ЭДС. Частота ЭДС и токов в проводниках ротора f_2 в общем случае отличаются от частоты питающего тока f_1 . Эту частоту можно определить так

$$n_1 = \frac{60 \cdot f_1}{p}, \quad f_2 = \frac{(n_1 - n_2) \cdot p}{60} = \frac{n_1 \cdot S \cdot p}{60} = f_1 \cdot S$$

Взаимодействие тока в проводнике ротора с вращающимся магнитным потоком статора приводит к появлению электромагнитной силы $F_{эм i}$, направление которой определяется по правилу левой руки. Суммарное усилие, приложенное ко всем проводникам ротора

$$F_{рез} = \sum F_{эм i}$$

образует электромагнитный момент машины $M_{эм}$, увлекающий за собой ротор. Этот момент можно определить из выражения

$$M_{эм} = C_m \cdot \Phi \cdot I_2 \cdot \cos \Psi_2,$$

где Φ – рабочий поток машины, $I_2 \cdot \cos \Psi_2$ – активная составляющая тока в фазе ротора, Ψ_2 – фазовый сдвиг между напряжением и током в фазе ротора, $C_m = p \cdot m_2 \cdot K_{об2}$ – конструктивная постоянная машины, зависящая от числа пар полюсов "р", числа фаз обмоток ротора m_2 (для короткозамкнутого ротора m_2 равно числу стержней обмотки), и обмоточного коэффициента $K_{об2}$, который для обмотки типа "беличья клетка" равен 1.

В установившемся режиме электромагнитный момент равен тормозному моменту нагрузки M на валу машины.

Среди режимов работы машины различают генераторный режим, двигательный режим и режим электромагнитного тормоза.

В генераторном режиме машина получает механическую энергию от источника механической мощности (приводного двигателя), превращает ее электрическую и отдает

в сеть. Этот режим получается, если ротор разогнать от внешнего момента до частоты вращения $n_2 > n_1$ в направлении вращения поля. При этом $S < 0$ и $M_{эм} < 0$, т.е. электромагнитный момент становится отрицательным. На плоскости n, S (рис. 8.14) этому режиму соответствует участок зависимости $n_2 = n_1(1-S)$ слева от оси n .

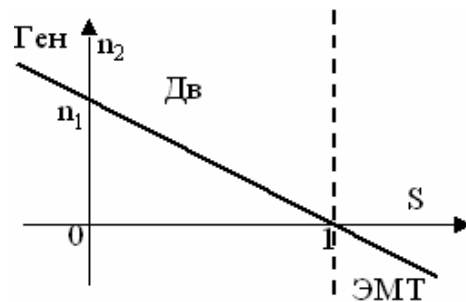


Рис.8.14.

В двигательном режиме машина получает электрическую энергию от сети и отдает механическую мощность в нагрузку. В этом режиме $0 < S < 1$, $0 < n_2 < n_1$, $M_{эм} > 0$ (квадрант "Дв" плоскости n, S на рис.8.14). В этом режиме электромагнитный момент $M_{эм}$ -вращающий.

На границе генераторного и двигательного режимов имеет место режим идеального холостого хода, при котором электромагнитный момент машины $M_{эм} = 0$, скольжение $S = 0$ и скорость вращения ротора равна скорости вращения поля, т.е. $n_2 = n_1$.

Режим электромагнитного тормоза будет иметь место, если магнитное поле статора и ротор вращаются в противоположных направлениях (квадрант ЭМТ на плоскости n, S рис.8.14). В этом режиме $M_{эм} > 0$, но является тормозящим, поскольку момент нагрузки M является активным. Для данного режима $n_2 < 0$ и $S > 1$.

На границе двигательного режима и режима электромагнитного тормоза имеет место режим короткого замыкания. В этом режиме скорость вращения ротора равна 0 ($n_2 = 0$), скольжение равно 1, $M_{эм} > 0$. значение электромагнитного момента в режиме КЗ называется моментом короткого замыкания или пусковым моментом, т.е.

$$M_{эм} \Big|_{S=1} = M_{П.}$$

Следует заметить, что несмотря на то, что в общем случае магнитное поле статора и ротор вращаются с разными скоростями, т.е. n_2 не равно n_1 , магнитные поля, создаваемые токами в фазах ротора и статора (при разных частотах f_1 и f_2) оказываются взаимно неподвижными, т.е. результирующие потоки статора и ротора вращаются в одну сторону и с одинаковой скоростью n_1 .

Скорость вращения поля ротора относительно ротора

$$n_2' = \frac{60 \cdot f_2}{p} = n_1 \cdot S.$$

Это поле вращается относительно неподвижного статора с частотой

$$n_2' + n_2 = n_1 \cdot S + n_1(1-S) = n_1.$$

Взаимонеподвижные потоки статора и ротора взаимодействуют между собой, обеспечивая обмен энергией между статором и ротором, так же как и в трансформаторе.