

121 Однофазные асинхронные двигатели

В отличие от трёхфазного двигателя, который имеет три одинаковых обмотки статора, у однофазного их две, причем они могут отличаться друг от друга. Ротор обычной конструкции – короткозамкнутый. Одна из обмоток является рабочей, вторая может быть пусковой и использоваться только во время пуска, а может, как и первая, быть рабочей, включенной через конденсатор.

Однофазные асинхронные двигатели используются в электробытовых приборах и автоматических устройствах для привода вентиляторов, насосов и т. п., т. е. там, где не требуется регулирование частоты вращения.

Распределение МДС и индукции в воздушном зазоре машины близко к синусоидальному. Поскольку по обмотке проходит переменный ток, МДС пульсирует во времени с частотой сети. Индукция в произвольной точке воздушного зазора

$$B_x = B_M \sin \omega t \cos(\pi x / \tau).$$

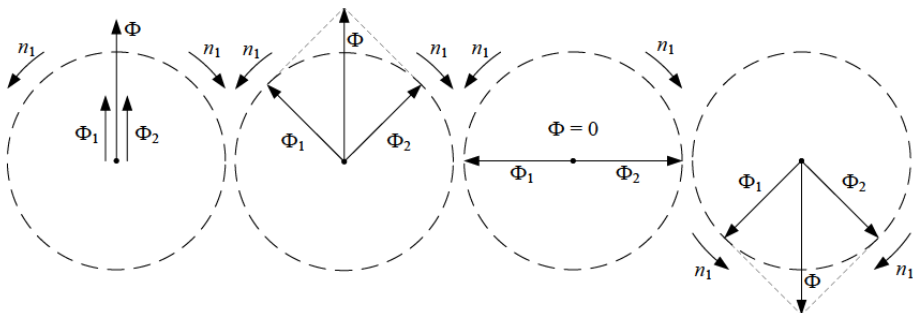
Таким образом, в однофазном двигателе обмотка статора создает неподвижный поток, изменяющийся во времени, а не круговой вращающийся, как в трёхфазных двигателях.

Для облегчения анализа свойств однофазного двигателя представим уравнение индукции в следующем виде:

$$B_x = 0,5 B_M \sin(\omega t - \pi x / \tau) + 0,5 B_M \sin(\omega t + \pi x / \tau)$$

т.е. заменим неподвижный пульсирующий поток суммой круговых вращающихся полей, совершенно идентичных, имеющих одинаковые частоты вращения $n_{\text{пр}} = n_{\text{обр}} = n_1$, но противоположных по направлению (смотри рисунок).

Поле, направление вращения которого совпадает с действительным направлением вращения ротора, называется прямым, если не совпадает – обратным. Каждое из вращающихся полей, взаимодействуя с токами ротора, создает свой момент, т. е. имеем $M_{\text{пр}}$ и $M_{\text{обр}}$.



Разложение пульсирующего поля на два вращающихся

Скольжение ротора относительно прямого потока $\Phi_{\text{ПР}}$

$$s_{\text{ПР}} = (n_{1\text{ПР}} - n_2) / n_{1\text{ПР}} = (n_1 - n_2) / n_1 = 1 - n_2 / n_1.$$

Скольжение ротора относительно обратного потока $\Phi_{\text{ОБР}}$

$$s_{\text{ОБР}} = (n_{1\text{ОБР}} + n_2) / n_{1\text{ОБР}} = (n_1 + n_2) / n_1 = 1 + n_2 / n_1.$$

Так как $n_2 / n_1 = 1 - s_{\text{ПР}}$, то $s_{\text{ОБР}} = 1 + n_2 / n_1 = 2 - s_{\text{ПР}}$.

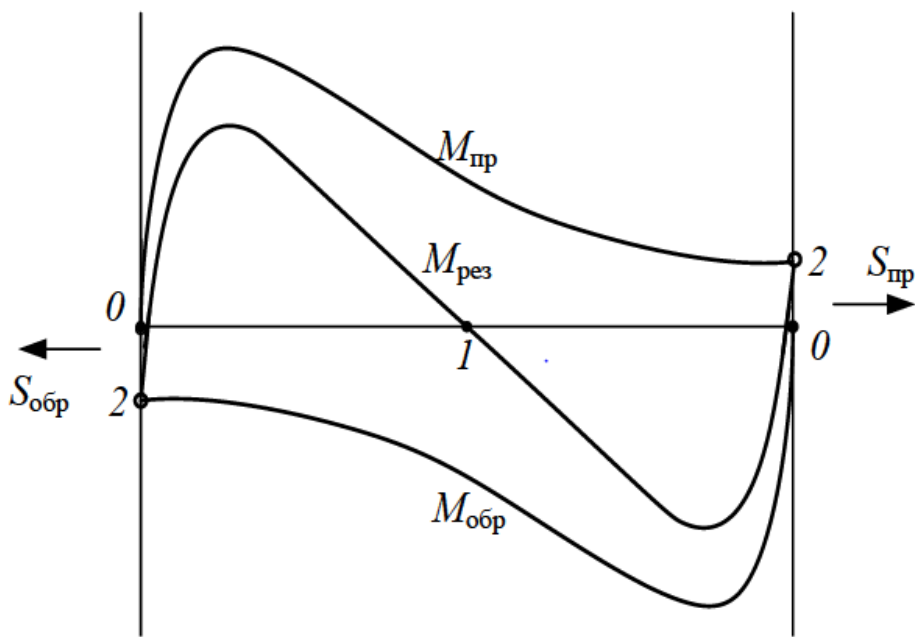
От каждого из вращающихся полей $\Phi_{\text{ПР}}$ и $\Phi_{\text{ОБР}}$ в обмотке ротора индуцируются ЭДС и протекают токи с частотами

$$f_{2\text{ПР}} = f_1 \cdot s_{\text{ПР}};$$

$$f_{2\text{ОБР}} = f_1 \cdot s_{\text{ОБР}} = f_1 \cdot (2 - s_{\text{ПР}}).$$

При вращении ротора магнитное поле машины не остается пульсирующим, каким оно было при пуске ($s = 1$), а становится вращающимся эллиптическим. Происходит это потому, что при $s_{\text{ПР}} < 1$ обратное поле сильно ослабляется вследствие размагничивающего действия тока, индуцированного в обмотке ротора обратным полем.

Моменты $M_{\text{ПР}}$ и $M_{\text{ОБР}}$ направлены в противоположные стороны, а результирующий момент однофазного двигателя $M_{\text{РЕЗ}}$ равен разности моментов, определенных при одной и той же частоте вращения ротора (смотри рисунок).



Зависимости $M = f(s)$ для двигателя от прямого и обратного вращающихся полей

Анализ рисунка показывает:

- 1) однофазный двигатель не имеет пускового момента; он будет вращаться в ту сторону, в которую будет приведен внешней силой;
- 2) частота вращения однофазного двигателя при холостом ходе меньше частоты вращения трёхфазного двигателя из-за наличия тормозящего момента, образуемого обратным полем;
- 3) рабочие характеристики однофазного двигателя хуже, чем трёхфазного: он имеет повышенное скольжение при номинальной нагрузке, меньший КПД, меньшую перегрузочную способность, что также объясняется наличием обратного поля.

Кроме того, мощность однофазного двигателя составляет примерно $2/3$ от мощности трёхфазного двигателя того же габарита, так как в однофазном двигателе под размещение рабочей обмотки используется только $2/3$ пазов статора.

Заполнять же все пазы статора обмоткой нерационально, так как при этом обмоточный коэффициент получается малым, расход меди возрастет примерно в 1,5 раза, а мощность увеличивается только на 12 %.

Для того чтобы получить пусковой момент, однофазные двигатели снабжают пусковой обмоткой (ПО), расположенной со сдвигом на 90 эл. градусов относительно рабочей обмотки (РО). На период пуска пусковую обмотку присоединяют к сети через фазосдвигающие элементы: емкость или активное сопротивление. После окончания разгона двигателя пусковую обмотку отключают, и двигатель продолжает работать как однофазный.

Поскольку пусковая обмотка работает лишь короткое время, её изготавливают из провода меньшего сечения, чем рабочую, и укладывают в меньшее число пазов.