

75 Электродвижущая сила катушки

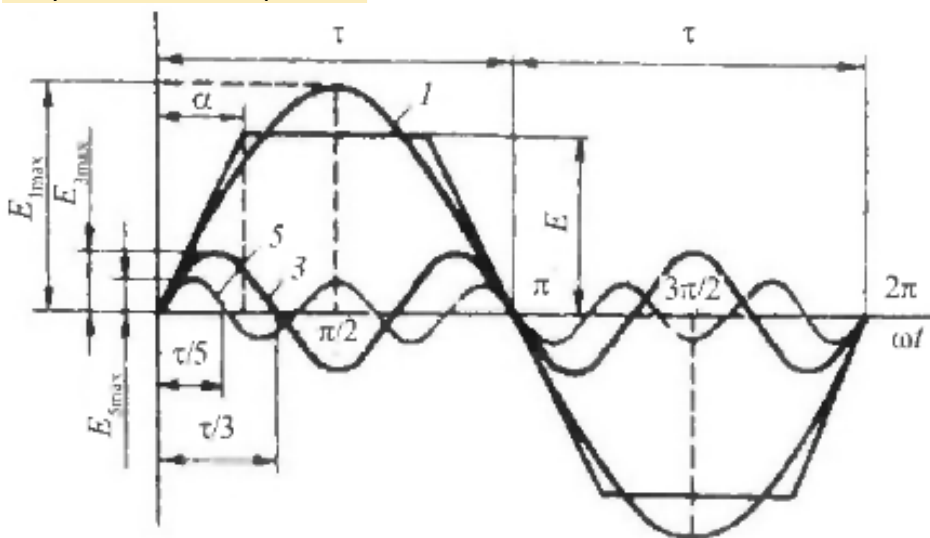
Вращающееся магнитное поле, сцепляясь с катушками обмотки статора, наводит в них ЭДС. Мгновенное значение ЭДС e_k одной катушки с числом витков w_k определяется по формуле

$$e_k = B_\delta \cdot 2l \cdot v \cdot w_k.$$

Учитывая, что $v = \pi \cdot D_1 \cdot n_1 / 60 = \tau \cdot 2p \cdot n_1 / 60 = 2 \cdot \tau \cdot f_1$, получим

$$e_k = B_\delta \cdot 4 \cdot \tau \cdot l \cdot f_1 \cdot w_k.$$

Как уже отмечалось, форма кривой ЭДС зависит исключительно от графика распределения индукции B_δ в воздушном зазоре. Однако даже при неравномерном зазоре график индукции остается несинусоидальным. Поэтому ЭДС катушки также несинусоидальна и наряду с первой (основной) синусоидальной гармоникой ЭДС содержит ряд высших синусоидальных гармоник.



Разложение трапецеидальной кривой ЭДС в гармонический ряд

В связи с тем, что кривая ЭДС симметрична относительно оси абсцисс, она содержит только нечётные гармоники (1-я, 3-я, 5-я и г. д.). С некоторым приближением, приняв форму кривой ЭДС

трапецеидальной, можно записать следующее выражение гармонического ряда:

$$e = 4E/\pi\alpha(\sin\alpha\sin\omega_1 t + 1/3^2\sin 3\alpha\sin 3\omega_1 t + 1/5^2\sin 5\alpha\sin 5\omega_1 t + \dots + 1/K^2\sin K\alpha\sin K\omega_1 t),$$

где ω_1 — угловая частота основной гармоники;

K — номер гармоники.

Очевидно, что с ростом номера гармоники её амплитуда уменьшается, а частота растёт пропорционально номеру гармоники. Поэтому практическое влияние на форму кривой ЭДС оказывают гармоники не выше седьмой. Таким образом, задача получения в обмотке статора синусоидальной ЭДС сводится к устранению или значительному ослаблению высших синусоидальных гармоник, в первую очередь третьей, пятой и седьмой.

Токи и ЭДС третьей гармоники во всех фазах трёхфазной обмотки совпадают по времени (по фазе). Поэтому в линейной ЭДС (напряжении) при схемах соединения обмоток «звездой» или «треугольником» третья гармоника отсутствует. Все, что касается третьей гармоники, распространяется и на высшие гармоники ЭДС. номера которых кратны трём (9-я, 15-я и т. д.).

Рассмотрим возможность устранения или значительного ослабления гармоник выше третьей, главным образом пятой или седьмой. Допустим, что кривая распределения магнитной индукции наряду с первой гармоникой B_1 содержит пятую B_5 . Если при этом обмотка выполнена с диаметральной шагом ($y_1 = \tau$), то ЭДС первой и пятой гармоник (e_1 , и e_5) на обеих сторонах катушки (витка) складываются арифметически. В этом случае результирующая ЭДС катушки, а, следовательно, и ЭДС всей обмотки наряду с первой содержат и пятую гармонику.

Если же шаг катушки укоротить на $1/5$ полюсного деления, т. е. принять его равным $y_1 = (4/5)\tau = 0,8\tau$, то ЭДС пятой гармоники e_5 , хотя и наводятся в пазовых сторонах катушки, будут находиться в противофазе относительно друг друга. В итоге сумма этих ЭДС в катушке будет равна нулю и ЭДС катушки будет содержать лишь

первую (основную) ЭДС т. е. станет практически синусоидальной. Аналогично для уничтожения ЭДС седьмой гармоники требуется укорочение шага катушки на $1/7$ полюсного деления т.е. принимаем шаг катушки равным $y_1 = (6/7) \tau = 0,857\tau$.

Отношение шага y_1 к полюсному делению называют относительным шагом обмотки $\beta = y_1/\tau$. Обычно относительный шаг принимают $\beta = 0,80—0,89$, что обеспечивает значительное ослабление ЭДС высших гармоник.

Следует отметить, что укорочение шага обмотки по пазам возможно лишь в двухслойных обмотках. Однослойные обмотки выполняются с диаметральной шагом, поэтому ЭДС. наводимые в них, содержат в значительной мере высшие гармоники 5-го и 7-го порядка. Это ограничивает применение однослойных обмоток в асинхронных двигателях мощностью более 15—22 кВт.