

### 137 Электродвижущая сила катушки

Вращающееся магнитное поле, сцепляясь с катушками обмотки статора, наводит в них ЭДС. Мгновенное значение ЭДС одной катушки с числом витков  $w_k$ :

$$e_k = B_\delta 2l w_k v$$
$$v = \pi D_1 n_1 / 60 = \tau 2p n_1 / 60 = 2\tau f_1$$

С учётом верхнего выражения мгновенное значение ЭДС катушки

$$e_k = B_\delta 4\tau f_1 w_k$$

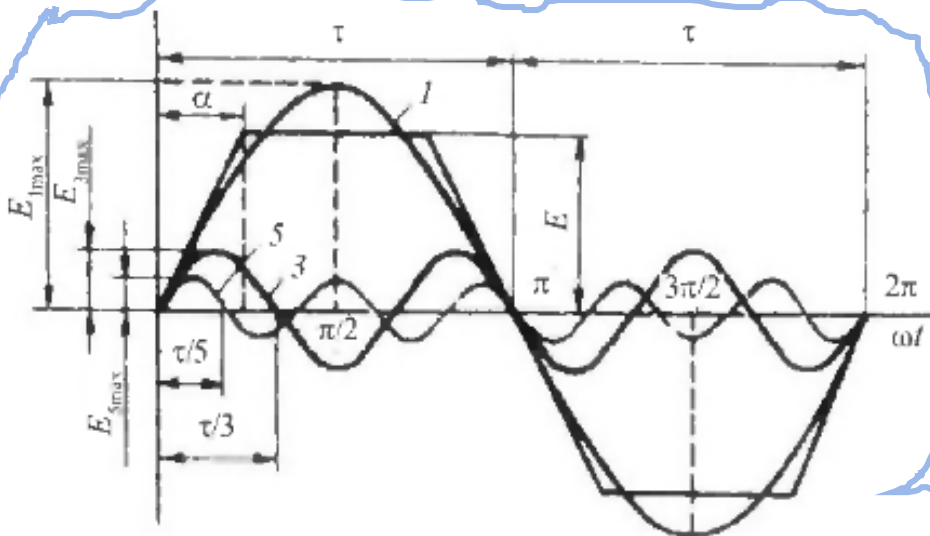
Как уже отмечалось, форма кривой ЭДС зависит исключительно от графика распределения индукции  $B_\delta$  в воздушном зазоре. Однако даже при неравномерном зазоре график индукции остается несинусоидальным. Поэтому ЭДС катушки также несинусоидальна и наряду с первой (основной) синусоидальной гармоникой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

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  $\omega_1$  — угловая частота основной гармоники;

$K$  — номер гармоники.



Разложение трапецеидальной кривой ЭДС в гармонический ряд

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 шаг (у<sub>1</sub> = τ), 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 шаг, 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.