

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 :

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

С учётом верхнего выражения мгновенное значение ЭДС катушки

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

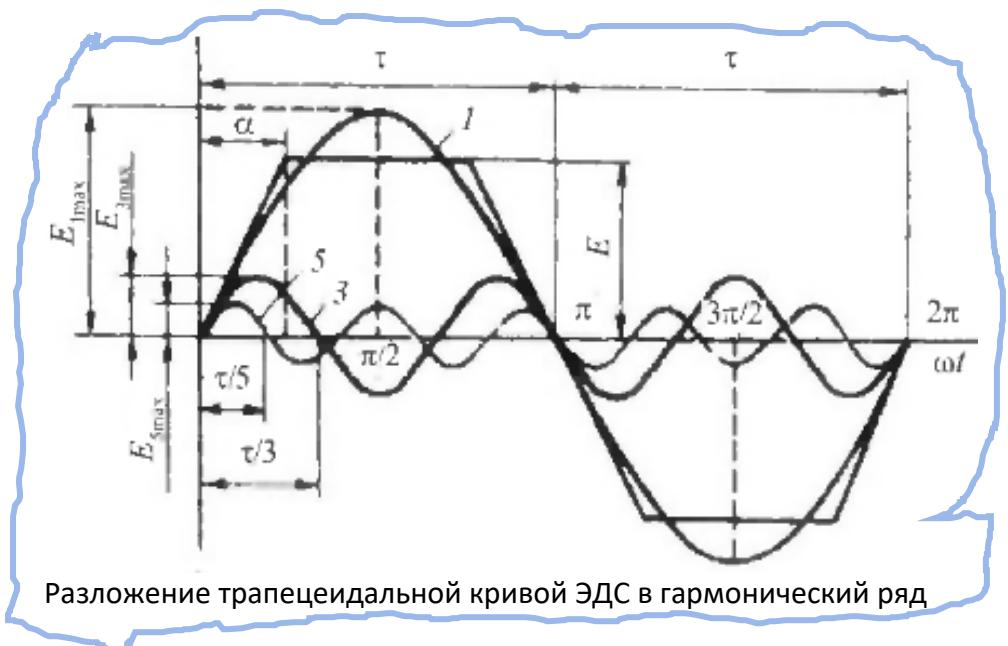
Как уже отмечалось, форма кривой ЭДС зависит исключительно от графика распределения индукции B_δ в воздушном зазоре. Однако даже при неравномерном зазоре график индукции остается несинусоидальным. Поэтому ЭДС катушки также несинусоидальна и наряду с первой (основной) синусоидальной гармоникой ЭДС содержит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

В связи с тем, что кривая ЭДС симметрична относительно оси абсцисс, она содержит только нечётные гармоники (1-я, 3-я, 5-я и т. д.). С некоторым приближением, приняв форму кривой ЭДС трапецидальной, можно записать следующее выражение гармонического ряда:

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

где ω_1 — угловая частота основной гармоники;

K — номер гармоники.



Разложение трапециoidalной 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 диаметральным шагом ($y_1 = t$), 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 диаметральным 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.