

### Практическое занятие 3

## РАСЧЕТ АМПЛИТУДЫ ПУЛЬСИРУЮЩЕГО МОМЕНТА В АД ПРИ НЕСИНУСОИДАЛЬНОМ НАПРЯЖЕНИИ В СЭЭС

*Постановка задачи.* Широкое внедрение статических преобразователей частоты для регулируемого по частоте электропривода переменного тока, широтно-импульсных регуляторов частоты, других нелинейных потребителей приводит к появлению высших гармоник напряжения в сетях переменного тока. Эти составляющие оказывают значительное влияние на вибрацию АД. Точность расчета пульсирующего момента во многом определяется уровнем исходных данных, в частности, комплексными амплитудами гармонических составляющих фазного напряжения. Здесь рассмотрим только упрощенный расчет при условии, что в СЭЭС фазовый сдвиг между двумя соседними высшими гармониками в каждой паре (5 – 7, 11 – 13...) незначителен и взаимное влияние высших гармоник между собой можно не учитывать.

*Исходные данные.* Гармонические составляющие фазного напряжения питания, В:  $U_1, U_5, U_7, U_{11}, U_{13}, U_{17}, U_{19}$ ; гармонические составляющие фазного тока, А:  $I_1, I_5, I_7, I_{11}, I_{13}, I_{17}, I_{19}$ ; индуктивные сопротивления упрощенной схемы замещения АД для высших гармоник или данные для их расчета,  $x_{rt}, x_{st}$ , Ом; частота угловая напряжения питания  $\omega_1$ , рад/с; число пар полюсов  $p$ .

*Требуется найти.* Амплитуды пульсирующих моментов при несинусоидальности напряжения питания  $M, H \cdot м$ , на соответствующих частотах:

$$\omega_6 = 6\omega_1, M_{6\omega_1}; \quad \omega_{12} = 12\omega_1, M_{12\omega_1}; \quad \omega_{18} = 18\omega_1, M_{18\omega_1}.$$

*Алгоритм расчета.* Рассмотрим приближенный расчет амплитуды пульсирующих моментов для высших гармоник напряжения для упрощенной схемы замещения АД (рис. 5.1). На схеме использованы следующие обозначения:

- $q'$  – кратность высшей гармоники напряжения (тока);

$$q' = |q|; \quad q = 1, -5, 7, -11, 13, -17, 19;$$

- $\beta = \frac{\omega_1}{2\pi 50}$  – относительная частота основной гармоники напряжения;
- $Z_q$  – полное номинальное сопротивление схемы замещения АД;

$$Z_q = jq'\beta (x_{st} - x_{rt}); q = 1, -5, 7, -11, 13, -17, 19; Z_{6k\pm1} = |Z_q|;$$

- $x_{st}, x_{rt}$  – индуктивные сопротивления рассеяния обмоток статора и ротора соответственно, Ом.

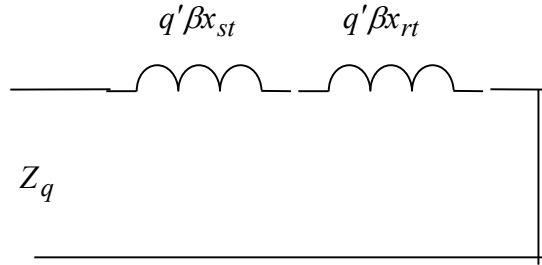


Рис. 5.1

Приближенный расчет.  $\omega_{6k} = 6k\omega_1, k = 1, 2, 3$ .

$$M_{6k\omega_1} = \frac{3pU_1}{\omega_1} \left( \frac{U_5}{Z_5} - \frac{U_7}{Z_7} \right) = \frac{3pU_1}{\omega_1} (I_5 - I_7);$$

$$M_{12\omega_1} = \frac{3pU_1}{\omega_1} \left( \frac{U_{11}}{Z_{11}} - \frac{U_{13}}{Z_{13}} \right) = \frac{3pU_1}{\omega_1} (I_{11} - I_{13});$$

$$M_{18\omega_1} = \frac{3pU_1}{\omega_1} \left( \frac{U_{17}}{Z_{17}} - \frac{U_{19}}{Z_{19}} \right) = \frac{3pU_1}{\omega_1} (I_{17} - I_{19}).$$

Или в общем виде можно записать:

$$M_{6k\omega_1} = \frac{3pU_1}{\omega_1} \left( \frac{U_{6k-1}}{Z_{6k-1}} - \frac{U_{6k+1}}{Z_{6k+1}} \right) = \frac{3pU_1}{\omega_1} (I_{6k-1} - I_{6k+1}),$$

где  $Z_{6k-1}, Z_{6k+1}$  – комплексное сопротивление упрощенной схемы замещения АД для высших гармоник  $6k - 1$  и  $6k + 1$  соответственно, Ом.

Например, для приближенного расчета:

$$U_1 = 220 \text{ В}; U_5 = 44 \text{ В}; U_7 = 31,4 \text{ В}; U_{11} = 20 \text{ В}; U_{13} = 16,9 \text{ В}; U_{17} = 13,1 \text{ В}; \\ U_{19} = 7,8 \text{ В}; f_1 = 50 \text{ Гц}; x_{st} = 2,8 \text{ Ом}; x_{rt} = 3,45 \text{ Ом}.$$

Вычислим:

$$\beta = \frac{2\pi 50}{2\pi 50} = 1; |Z_q| = |q|(2,0 + 3,45) = |q|6,25 \text{ Ом};$$

$$Z_5 = 5 \cdot 6,25 = 31,25 \text{ Ом}; Z_7 = 7 \cdot 6,25 = 43,75 \text{ Ом}; Z_{11} = 11 \cdot 6,25 = 68,75 \text{ Ом}; \\ Z_{13} = 13 \cdot 6,25 = 81,25 \text{ Ом}; Z_{17} = 17 \cdot 6,25 = 106,2 \text{ Ом}; Z_{19} = 19 \cdot 6,25 = 118,7 \text{ Ом}.$$

$$M_{6k\omega_1} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 220}{2\pi 50} \left( \frac{44}{31,25} - \frac{31,4}{43,75} \right) = 2,9 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{12\omega_1} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 220}{2\pi 50} \left( \frac{20}{68,75} - \frac{16,9}{81,25} \right) = 0,34 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{18\omega_1} = \frac{3 \cdot 2 \cdot 220}{2\pi 50} \left( \frac{13,1}{106,25} - \frac{7,8}{118,75} \right) = 0,24 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Таблица 5.1

Величина	Вариант								
	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$U_1, \text{В}$	220	220	220	220	220	220	220	220	220
$U_5, \text{В}$	38	35	43	42	41	40	44	41	39
$U_7, \text{В}$	27	29	31	30	28	26	30	30	28
$U_{11}, \text{В}$	18	19	21	21	19	18	21	20	19
$U_{13}, \text{В}$	15	16	18	18	18	15	17	16	15
$U_{17}, \text{В}$	12	12	13	12	11	13	14	12	11
$U_{19}, \text{В}$	7	7	7	6	7	7	7	6	6
$f, \text{Гц}$	50	50	50	50	50	50	50	50	50
$p$	2	2	2	2	2	2	2	2	2
$x_{st}, \text{Ом}$	2,7	2,8	2,7	2,8	2,9	2,7	2,8	2,7	2,7
$x_{rt}, \text{Ом}$	3,5	3,5	3,5	3,4	3,5	3,4	3,5	3,5	3,4

Значения гармонических составляющих фазного тока, индуктивные сопротивления рассеяния обмоток статора и ротора, частота и число пар полюсов приведены в табл. 5.1.