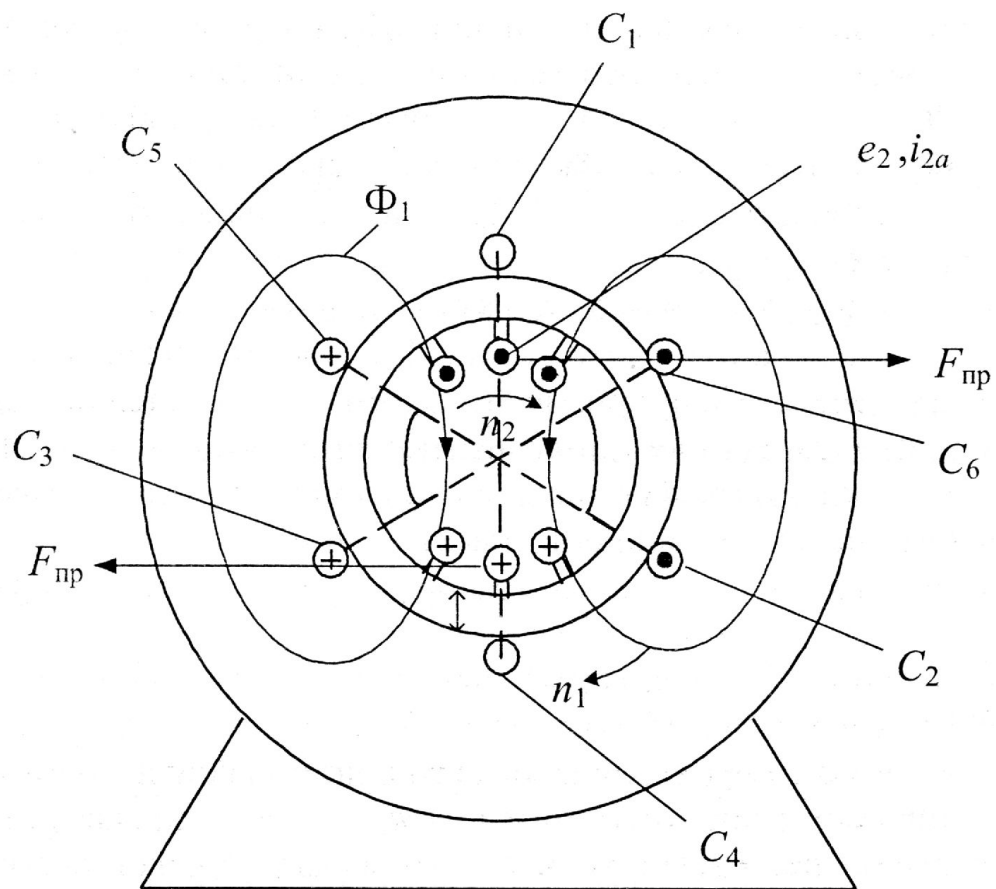


Конструктивная схема трехфазного асинхронного двигателя



Обмотки машин переменного тока

В статоре расположены три фазы сдвинутые на 120° электрических градусов каждая фаза на полюсном делении занимает $\frac{1}{3}$ часть.

Обозначим:

Z_1 – число пазов статора

$2P$ – число полюсов

P – число пар полюсов

m_1 – число фаз

$q = \frac{Z_1}{2P \cdot m_1}$ - число пазов на полюс и фазу, лежит в пределах $1 \div 9$.

Число пазов равно

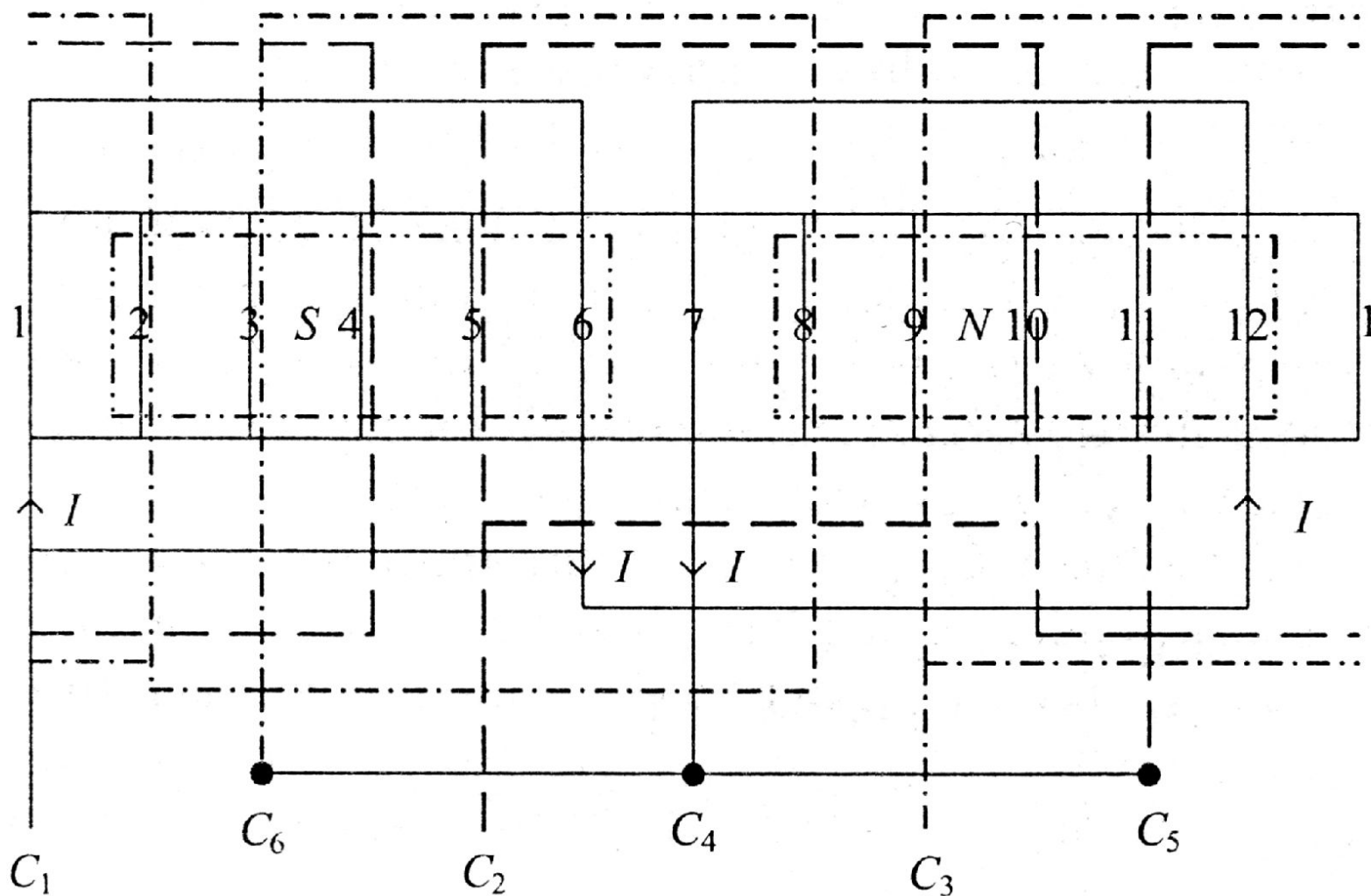
$$Z_1 = 2P \cdot m_1 \cdot q$$

Определяющим шагом обмотки называется расстояние от начала одной катушки до конца той же катушки. $\tau = y$

τ – Поллюсное деление;
часть дуги статора на один полюс.

$$\tau = \frac{\pi D_i}{2P}$$

Схема трехфазной однослойной двухполюсной статорной обмотки



Элементы обмоток переменного тока

Из чего состоит фаза: проводник → виток → катушка → катушечная группа → фаза. Два проводника составляют виток. Несколько витков составляют катушку, несколько катушек → катушечную группу, несколько катушечных групп составляют фазу.

При однослойной обмотке – число катушечных групп в фазе = P

При двухслойной обмотке – число катушечных групп в фазе = $2P$

Такое же соотношение максимально возможных параллельных ветвей.

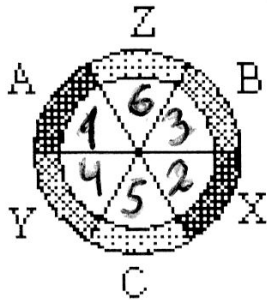
С конструктивной стороны обмотки делятся на:

1) однослойные

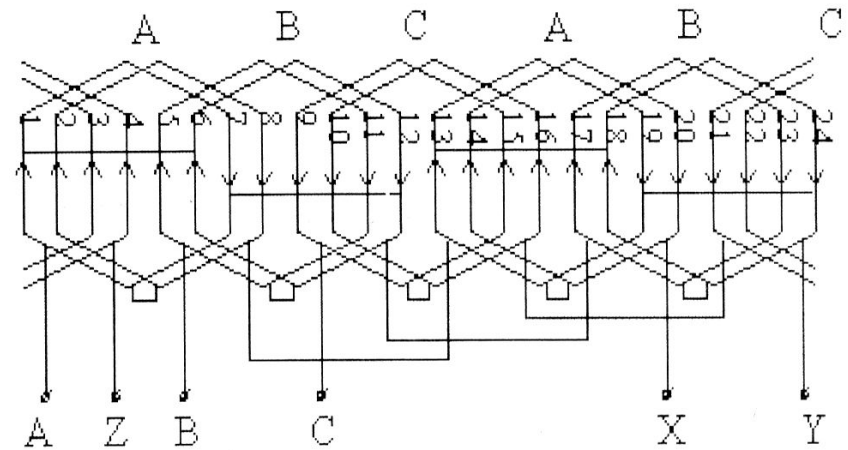
2) двухслойные

1) Однослойные обмотки

Пример выполнения однослойной обмотки,



Чередование фазных зон



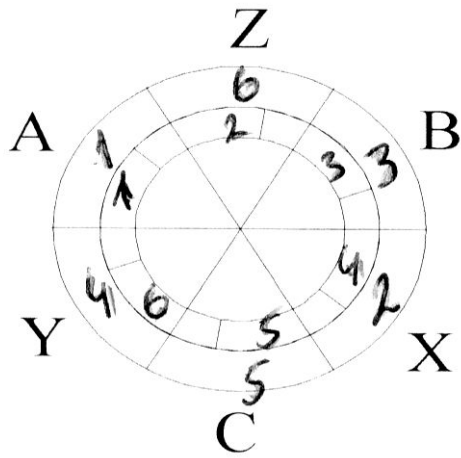
$$2P = 4$$

$$m_1 = 3$$

$$q = \frac{Z_1}{2P \cdot m_1} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2$$

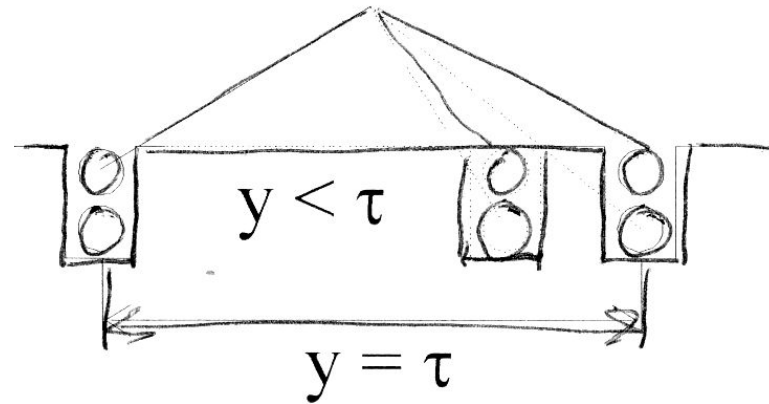
$$y = \tau = \frac{Z_1}{2P} = \frac{24}{4} = 6 \quad (1 \div 7)$$

$$\alpha = \frac{360 \cdot P}{Z_1} = \frac{360 \cdot 2}{24} = 30^\circ$$



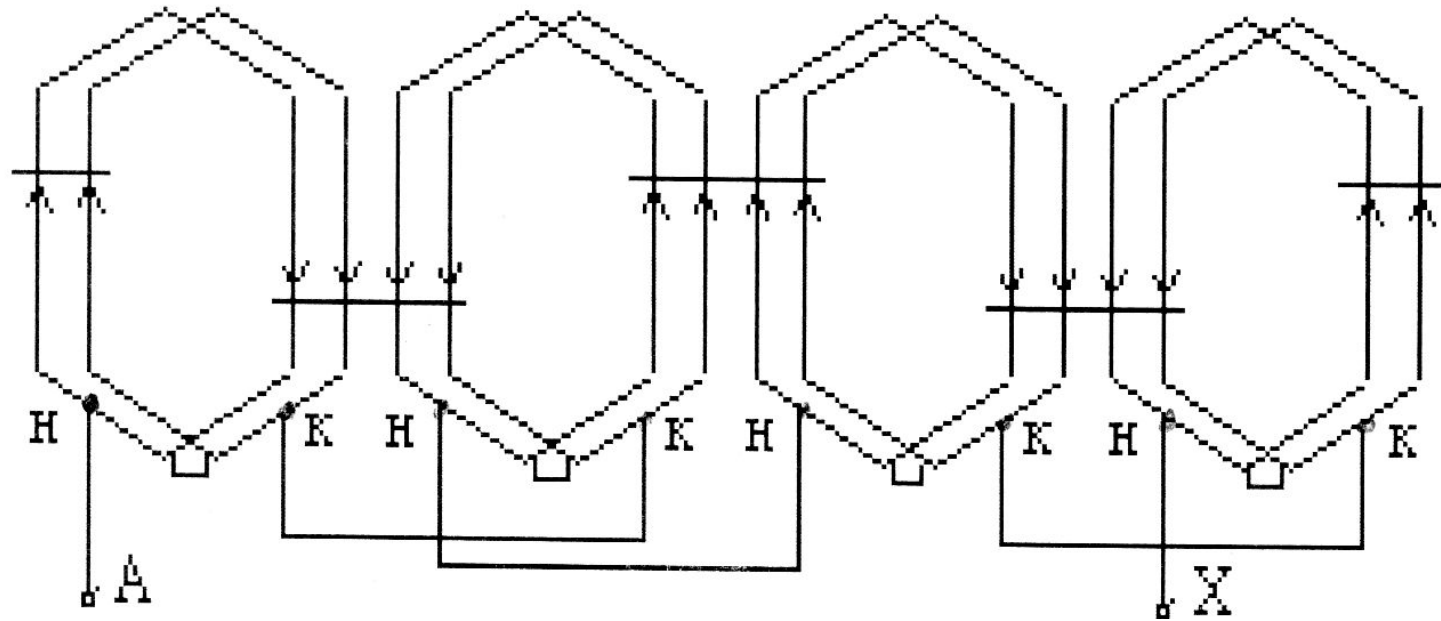
$$y = \frac{5}{6} \tau = \frac{5}{6} \cdot \frac{24}{4} = 5 \quad (1 \div 6)$$

$$\alpha = 30^\circ \quad q_1 = 2$$



№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16	17	18	19	20	21	22	23	24
B.C.	A	A	Z	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y	A	A	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y
H.C.	A	Z	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y	A	A	Z	B	B	X	X	C	C	Y	Y	A

$(2P = 4)$ ACB, ACB, ACB, ACB.



H - K - K - H - H - K - K - H (X),

Имеются обмотки с дробным q , например, в многоскоростных обмотках, когда в одних пазах укладываются две обмотки на разное число полюсов.

$$\text{Дробное } q = b + \frac{c}{d}$$

$$\text{Пример. } Z_1 = 72 \quad 2P_1 = 8 \quad 2P_2 = 10 \quad m_1 = 3$$

$$q_1 = \frac{Z_1}{2P_1 \cdot m_1} = \frac{72}{8 \cdot 3} = 3$$

$$q_2 = \frac{Z_1}{2P_2 \cdot m_1} = \frac{72}{10 \cdot 3} = 2\frac{12}{30} = 2\frac{2}{5}$$

$q_2 \rightarrow$ число 5 означает, что в чередовании участвует пять катушечных групп – d ; числитель $c = 2$, говорит о том, что катушечные группы имеют катушек на одну больше; b – остальные катушки группы имеют по две катушки, т.е. чередование катушечных групп будет следующее:

$$2 - 3 - 2 - 3 - 2 - q - \text{дробное.}$$

ЭДС проводника

v - линейная скорость маг. поля.

$$E_{np\max} = B_m \cdot l \cdot V. \quad B_m = \frac{\pi}{2} \cdot B_{cp}, \quad V = \frac{\pi D \cdot n_1}{60} \cdot \frac{P}{P} = \frac{\pi D}{2\tau} \cdot \frac{n_1 \cdot P}{60} = 2\tau \cdot f$$

$$E_{np\max} = \frac{\pi}{2} \cdot B_{cp} \cdot \underbrace{l \cdot 2\tau}_{\Phi} \cdot f = \pi \cdot \Phi \cdot f$$

Действующее значение ЭДС проводника

$$E_{np} = \frac{\pi}{\sqrt{2}} \cdot \Phi \cdot f = 2,22 \cdot \Phi \cdot f$$

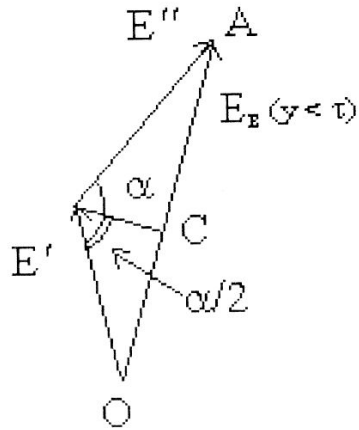
2. ЭДС витка с полным шагом

$$E_{(q=1)} = 4,44 \cdot \Phi \cdot f$$

3. ЭДС витка с укороченным шагом

$\left. \begin{matrix} E' \\ E'' \end{matrix} \right\} \text{ ADC в смежных углах}$

42



$$E_{6(y=\tau)} = 2 \cdot OC = 2 \cdot E' \cdot \sin \frac{\alpha}{2} = 2 \cdot 2,22 \cdot \Phi \cdot f \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$\sin \frac{\alpha}{2} = K_y, \quad \left. \begin{matrix} \gamma - 180^\circ, \\ y - \alpha, \end{matrix} \right\} \text{ откуда } \alpha = \frac{180 \cdot y}{\tau}, \text{ тогда}$$

$$K_y = \sin \frac{y}{\tau} \cdot 90^\circ$$

$$E_{6(y<\tau)} = 4,44 \cdot \Phi \cdot f \cdot K_y$$

, где K_y - коэффициент

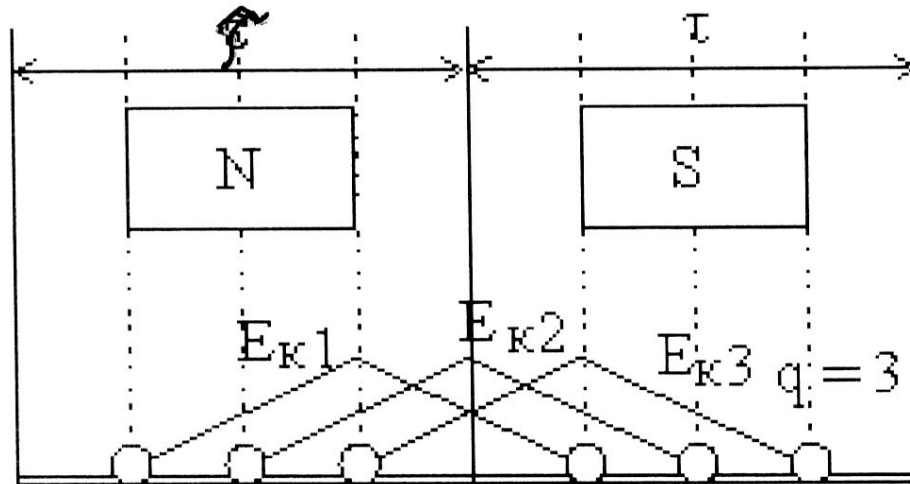
укорочения

Определение ЭДС катушки

Витки катушки лежат в одних пазах, поэтому ЭДС катушки равна ЭДС одного витка на число витков в катушке.

$$E_k = 4,44 \cdot \Phi \cdot f \cdot K_y \cdot W_k$$

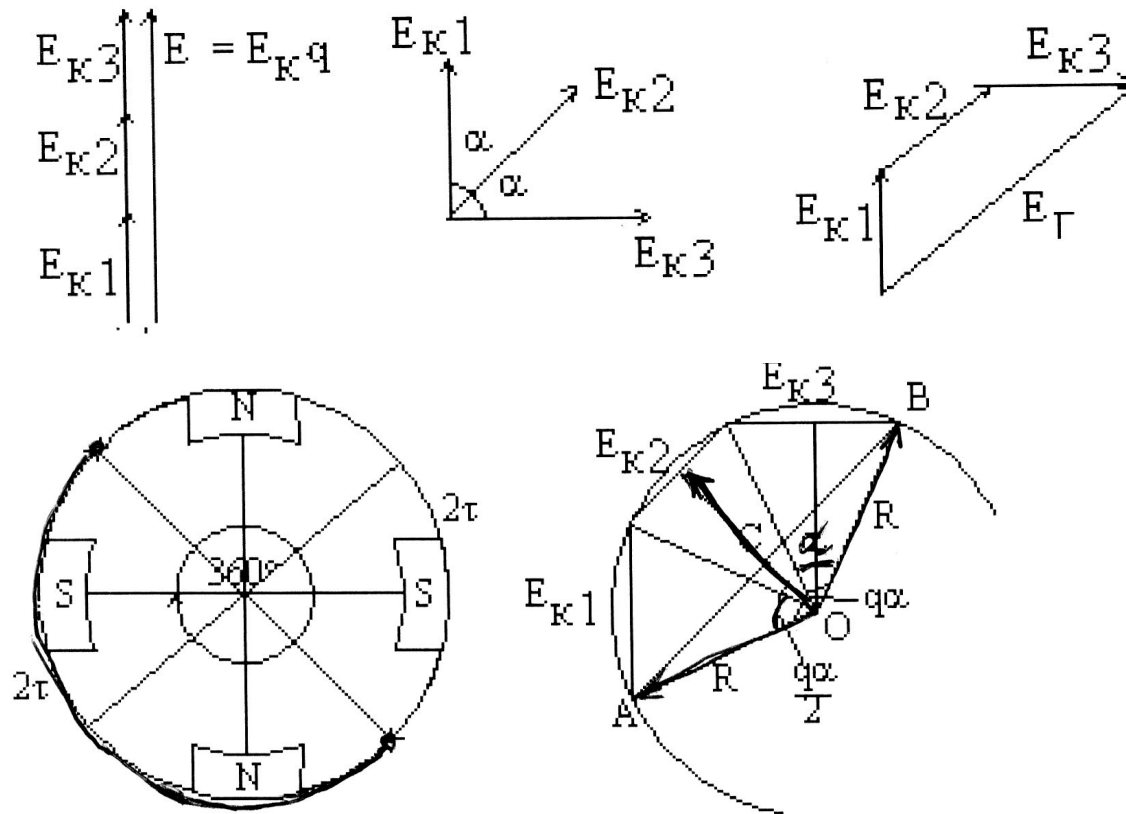
Определение ЭДС катушечной группы,



$$\frac{E_r}{E_{kq}} = K_p. \text{ (Зная } K_p, \text{ определим } E_r). \alpha = \frac{360 \cdot P}{Z_1}, \text{ где } K_p - \text{ коэффициент}$$

распределения

α - электрический угол сдвига ЭДС соседних пазов.



$$E_{\Gamma} = 2 \cdot AC = 2R \cdot \sin \frac{q\alpha}{2} - \text{ЭДС катушечной группы}$$

ЭДС катушки $E_k = 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$, запишем отношение

$$\frac{E_{\Gamma}}{qE_k} = \frac{2R \cdot \sin \frac{q\alpha}{2}}{q \cdot 2R \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = K_p, \text{ тогда коэффициент распределения}$$

$$K_p = \frac{\sin \frac{q\alpha}{2}}{q \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} ;$$

$$E_{\Gamma} = q \cdot E_k \cdot K_p - \text{ЭДС катушечной группы.}$$

Определение ЭДС фазы.

Фаза состоит из нескольких катушечных групп, все катушечные группы расположены в одинаковых магнитных условиях, поэтому ЭДС фазы будет равна ЭДС катушечной группы умноженной на число их в фазе.

Если обмотка однослойная, то число катушечных групп в фазе равно числу пар полюсов – P ,

$$E_{\phi} = E_{\Gamma} \cdot P = 4,44 \cdot f \cdot \Phi \cdot W_k \cdot K_y \cdot K_p \cdot q \cdot P$$

Если обмотка двухслойная, то число катушечных групп в фазе равно числу полюсов – $2P$

$$E_{\phi} = E_{\Gamma} \cdot 2P = 4,44 \cdot f \cdot \Phi \cdot W_k \cdot K_y \cdot K_p \cdot q \cdot 2P, \text{ перепишем иначе}$$

$$E_{\phi} = 4,44 \cdot f \cdot \underbrace{2P \cdot W_k \cdot q}_W \cdot \underbrace{K_y \cdot K_p}_{K_0} \cdot \Phi$$

$$E_{\phi} = 4,44 \cdot f \cdot W \cdot \Phi \cdot K_0, \quad K_0 = K_y \cdot K_p$$

где W – число витков в фазе;

K_0 - обмоточный коэффициент;

Φ – магнитный поток в веберах;

$\Phi \cdot K_y$ – максимально сцепленный поток с катушкой.

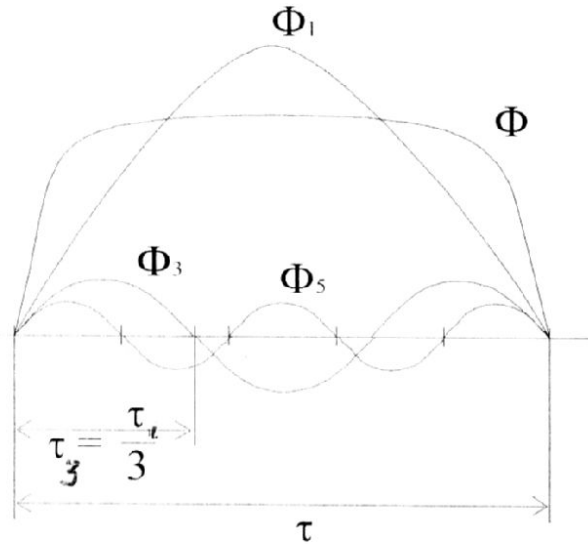
Это выражение ЭДС фазы для первой гармоники.

ЭДС от высших гармоник потока

ЭДС от потока ν гармоники запишется

$$E_\nu = 4,44 \cdot f_\nu \cdot W \cdot \Phi_\nu \cdot K_0 \cdot \nu$$

полюсное деление $\tau_\nu = \frac{\tau_1}{\nu}$, а число полюсов $P_\nu = P \cdot \nu$.



$$1. f_\nu = \frac{P_\nu \cdot n_1}{60} = f_1 \nu \text{ (для генератора)}$$

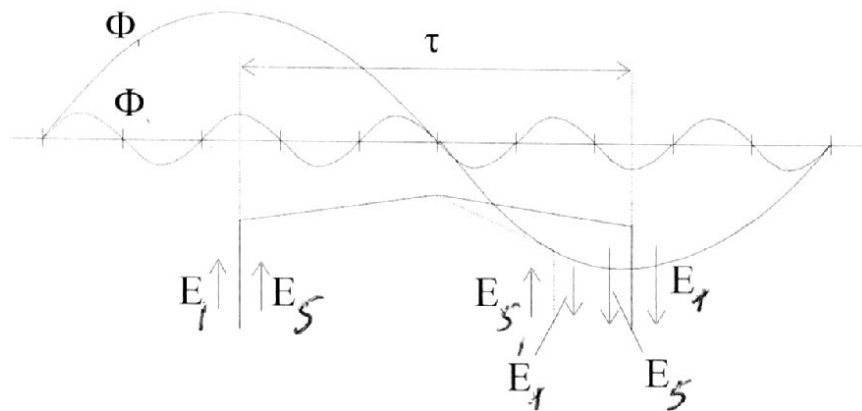
$$2. \Phi_\nu = B_{cp} \nu l \tau_\nu = \frac{2}{\pi} B_{\max} \nu l \frac{\tau}{\nu}$$

$$3. K_0 \nu = K_y \nu \cdot K_p \nu. \quad K_y \nu = \text{Sin} \frac{y}{\tau \nu} 90^\circ = \text{Sin} \frac{y}{\tau} \nu 90^\circ,$$

Если укорочение $\frac{y}{\tau} = 0,8$, то исчезнет пятая гармоника ЭДС

$$K_{y_5} = \text{Sin}0,8 \cdot 5 \cdot 90 = 0, \quad K_{0_5} = 0, \quad E_5 = 0$$

уменьшатся и 3 и 7 гармоники.



Пояснение, почему исчезает пятая гармоника ЭДС. Укорочение на $1/5\tau$ приводит к тому, что по контуру E_5 направлены встречно и их сумма равна 0, рис. 96.

но и их сумма равна 0, рис. 96.

Укорочение шага приводит к исчезновению пятой гармоники, третья гармоника уменьшается на половину, отсюда видно, что