

Устройство статора бесколлекторной машины.

Основные понятия об обмотках
статора.

Устройство статора

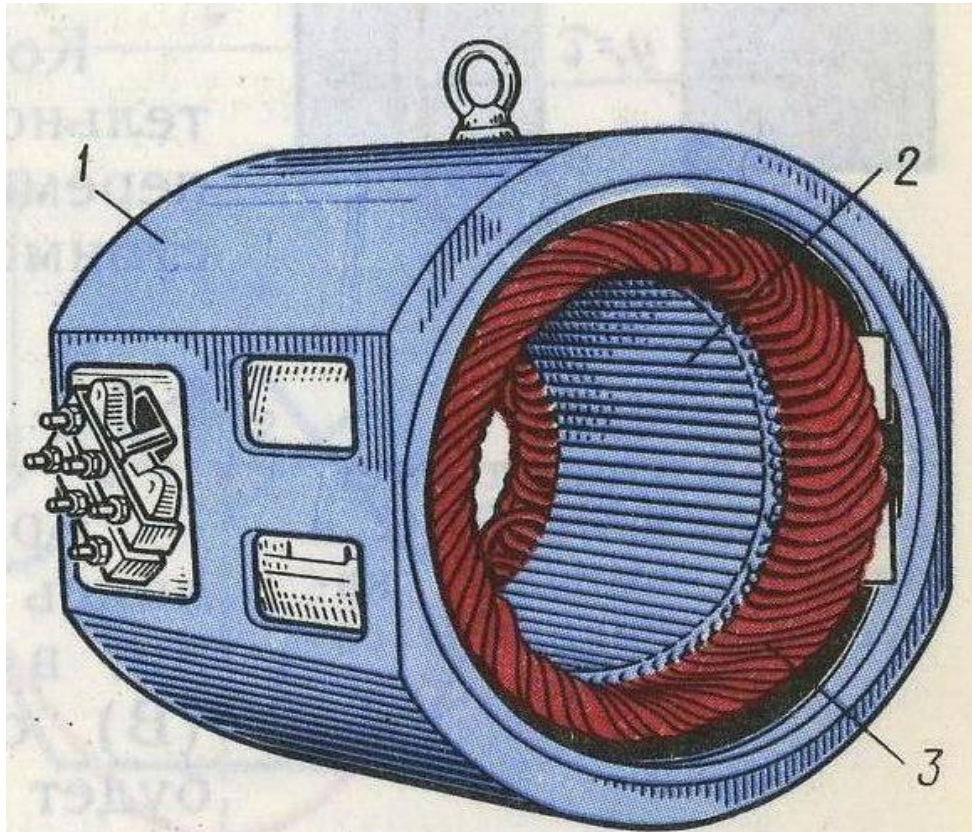


Рис. 7.1. Статор бесколлекторной машины переменного тока

Статор
бесколлекторной
машины
переменного
тока (МТ)
состоит из корпуса
1, сердечника 2 и
обмотки 3.

• Сердечник статора имеет шихтованную конструкцию, т.е. представляет собой пакет пластин, полученных методом штамповки из листовой электротехнической стали. Пластины предварительно покрывают с двух сторон тонкой изоляционной пленкой, например слоем лака. На внутренней поверхности сердечника статора имеются продольные пазы, в которых располагаются проводники обмотки статора, которые выполняются из медных обмоточных проводов круглого или прямоугольного сечения.

Требования к обмотке статора

- наименьший расход обмоточной меди;
- удобство и минимальные затраты в изготовлении – технологичность;
- форма кривой ЭДС, наводимой в обмотке статора, должны быть практически синусоидальной.

Следствия несинусоидальности ЭДС

- При несинусоидальной ЭДС генератора в эл.цепи появляются высшие гармоники тока, в следствие чего возрастают потери, возникают опасные перенапряжения, усиливается вредное влияние ЛЭП на цепи связи.
- При несинусоидальной ЭДС двигателей переменного тока увеличивается рост потерь и уменьшается полезная мощность двигателя.

Виток обмоток

- Простейшим элементом обмотки является **ВИТОК**, который состоит из двух последовательно соединенных проводников, размещенных в пазах, находящихся, как правило, под соседними разноименными полюсами. **Лежащие в пазах проводники витка являются его активными сторонами**, поскольку именно здесь наводится ЭДС от главного магнитного поля машины. Находящиеся вне паза части витка, соединяющие между собой активные проводники и располагающиеся по торцам магнитопровода, называются лобовыми частями.

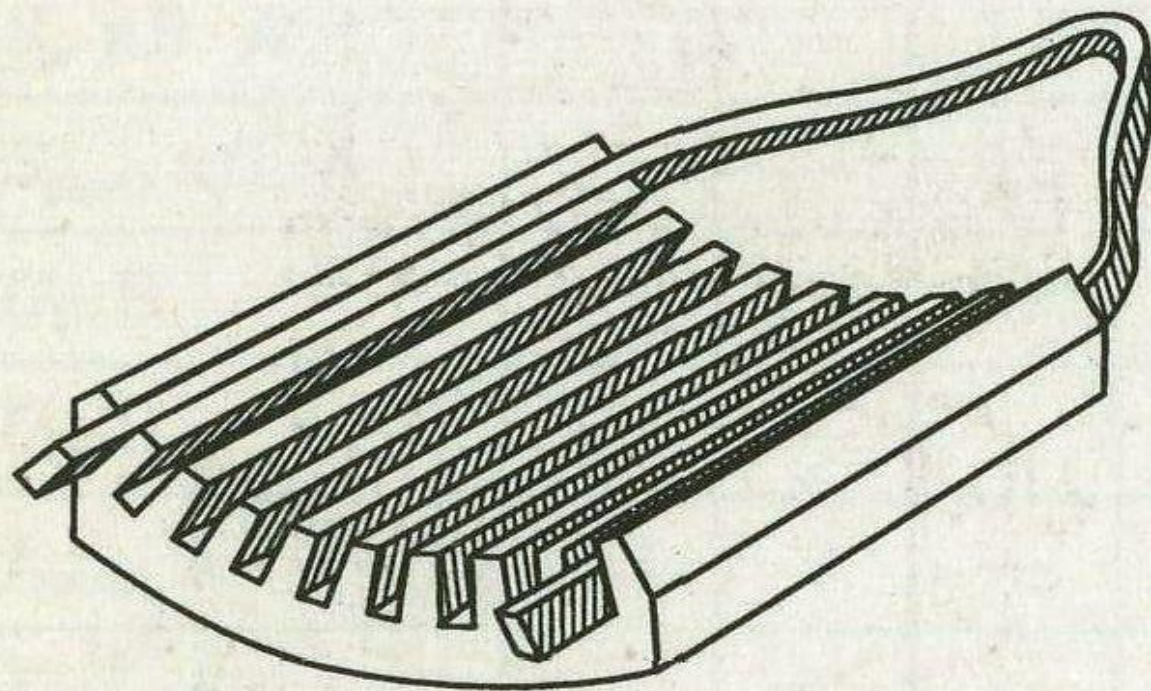


Рис. 2.1. Расположение пазовых сторон катушки в пазах сердечника статора

• Проводники, образующие виток, могут состоять из нескольких параллельных проводов. Один или несколько последовательно соединенных витков образуют катушку или секцию обмотки. Если секция состоит из одного витка, то такую обмотку называют **стержневой**, так как в этом случае находящиеся в пазах проводники обычно представляют собой жесткие стержни. Обмотка, состоящая из многовитковых секций, называется **катушечной**.

Характеристики обмоток статора

- - число фазных обмоток: m_1 -однофазные ($m_1 = 1$) и многофазные, обычно трехфазные ($m_1 = 3$);

- - шаг обмотки по пазам y_1 – с полным (диаметральным) шагом ($y_1 = \tau$) и укороченным шагом ($y_1 < \tau$),

Здесь τ – полюсное деление, м,

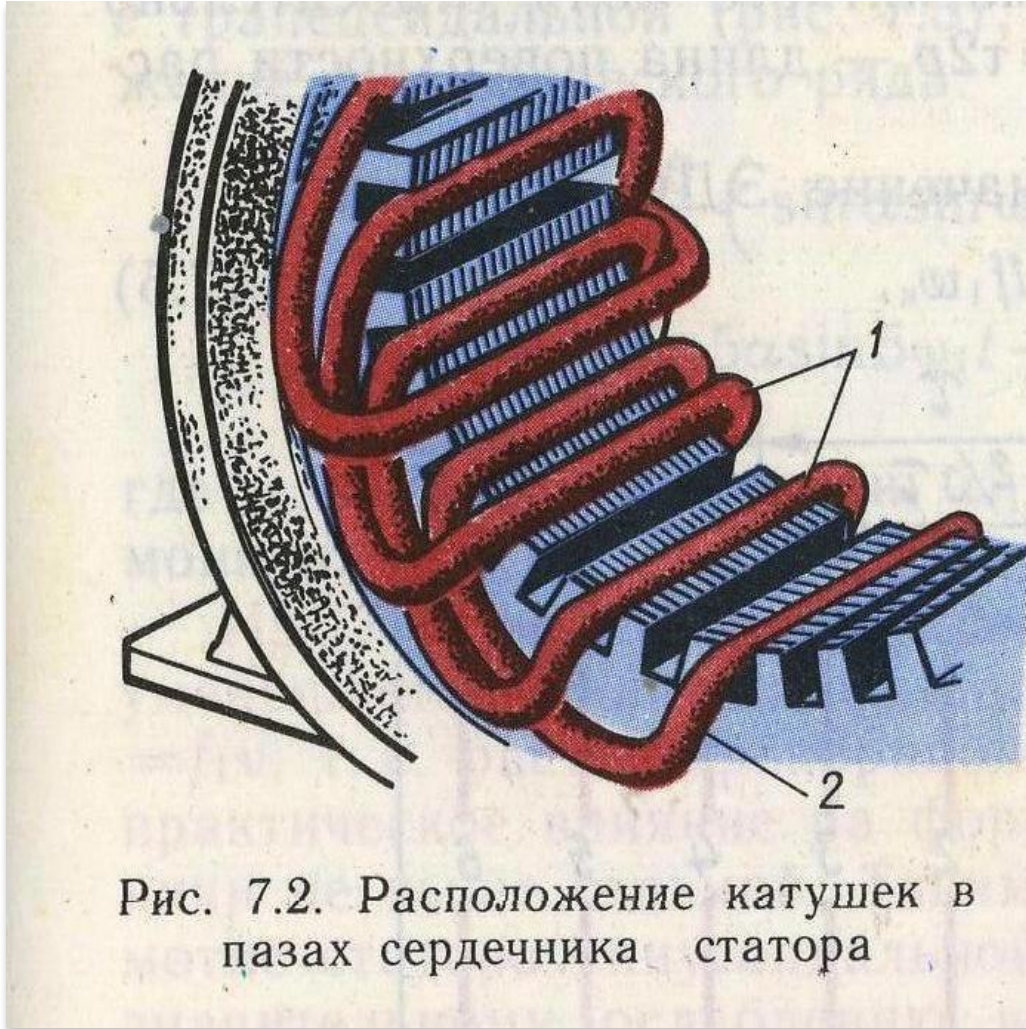
$$\tau = \pi D_1 / 2p.$$

где D_1 – внутренний диаметр статора, м

$2p$ – число полюсов в обмотке статора.

Катушка обмотки

- Многофазная обмотка статора состоит из m -фазных обмоток. Каждая фазная обмотка представляет собой разомкнутую систему проводников. Элементом обмотки является катушка, состоящая из одного или нескольких витков.
- Элементы катушки, располагаемые в пазах называются пазовыми сторонами, а элементы, расположенные вне пазов и служащие для соединения пазовых сторон, называются лобными частями. Часть дуги внутренней расточки статора, приходящаяся на один полюс, называется полюсным делением.



1 – пазовые
стороны катушки
2- лобовые части
катушки

• Катушка, или секция обмотки, характеризуется числом витков w_c и шагом y , т. е. количеством охватываемых ею зубцов магнитопровода. Так, например, если одна сторона катушки (секции) лежит в первом пазу, а вторая - в шестом, то катушка охватывает пять зубцов и шаг ее равен пяти ($y = 5$). Шаг, таким образом, может быть определен как разность между номерами пазов, в которые уложены обе стороны катушки ($y = 6 - 1 = 5$). Часто в технической литературе шаг обозначают номерами пазов (начиная с первого), в которые уложены стороны катушки, т. е. в данном случае это обозначение выглядит так: $y = 1 - 6$.

• Шаг обмотки называют **диаметральным**, если он равен полюсному делению τ , т. е. расстоянию между осями соседних разноименных полюсов, или, что то же самое, числу пазов (зубцов), приходящихся на один полюс. В этом случае $y = \tau = z/2p$, где z - число пазов (зубцов) сердечника, в котором размещена обмотка; $2p$ - число полюсов обмотки. Если шаг катушки меньше диаметрального, то его называют **укороченным**.

• Укорочение шага, характеризуемое коэффициентом укорочения $k_y = y / \tau$, широко применяется в обмотках статоров трехфазных асинхронных электродвигателей, так как при этом экономится обмоточный провод (за счет более коротких лобовых частей), облегчается укладка обмотки и улучшаются характеристики двигателей. Применяемое укорочение шага обычно лежит в пределах **0,85 - 0,66**. В двухполюсной электрической машине центральный угол, соответствующий полюсному делению, равен 180° .

• Хотя в четырехполюсных машинах этот геометрический угол равен 90° , в шестиполюсных - 60° и т. д., принято считать, что между осями соседних разноименных полюсов во всех случаях угол равен 180 электрическим градусам (180 эл. град.). **Иначе говоря, полюсное деление $\tau = 180$ эл. град.** Различают однослойные обмотки, где каждый паз занят стороной одной катушки (секции), и двухслойные, где в пазах размещены стороны разных катушек (секций) в два слоя.

• Если шаг обмотки полный

$$y_1 = Z_1 / (2p) = \tau,$$

то ЭДС, индуцируемая в каждом витке катушки статора вращающимся магнитным полем, определяется как сумма ЭДС сторон этого витка, т.е.

$$e_{\text{ВТК}} = e_1 + e_2.$$

Если шаг обмотки укороченный ($y_1 < \tau$), то ЭДС витка определяется геометрической суммой ЭДС его пазовых сторон, т.е. учитывается фазовый сдвиг этих ЭДС, при этом ЭДС витка и все фазной обмотки E_y уменьшаются.

• Это уменьшение ЭДС, вызванное укорочением шага обмотки, учитывается коэффициентом укорочения

$$k_y = E_1 / E_2$$

Коэффициент укорочения для ЭДС первой (основной) гармоники

$$K_y = \sin(\beta * 90^\circ)$$

Для ЭДС любой гармоники (ν - номер гармоники)

$$K_y = \sin(\nu \beta * 90^\circ)$$

Виды обмоток статора

- По своей конструкции обмотки статора разделяются на **сосредоточенные** и **распределенные**.

- В *сосредоточенных* обмотках статора обмотка каждой фазы располагается в двух пазах, а в *распределенной* обмотке статора катушки каждой фазы занимают несколько пазов. ЭДС катушечной группы распределенной обмотки $E_{r.p.}$ меньше ЭДС катушечной группы сосредоточенной обмотки $E_{r.c.}$

- Коэффициент распределения обмотки:

$$K_p = (E_{r.p.} / E_{r.c.}) < 1$$

Коэффициент распределения обмотки для первой гармоники ЭДС:

$$K_{p1} = \sin(0,5q_1\gamma) / (q_1 \sin(0,5\gamma)),$$

где γ – угол сдвига по фазе между векторами пазовых ЭДС. $\Gamma = 360p/Z_1$

Коэффициент распределения обмотки для любой гармоники ЭДС:

$$K_{p1} = \sin(0,5\nu q_1\gamma) / (q_1 \sin(0,5\nu\gamma))$$

- Число пазов на полюс и фазу

$$q_1 = Z_1 / (2p m_1)$$

ЭДС фазной обмотки статора:

$$E_{\phi 1} = 4,44 \Phi f_1 w_1 k_{об1},$$

где Φ - основной магнитный поток,

$$\Phi = (2/\pi) B_6 l_1 \tau;$$

B_6 – магнитная индукция в воздушном зазоре между неподвижным статором и вращающимся ротором, Тл;

f_1 - частота переменного тока в обмотке статора (в сети), Гц;

- w_1 - число последовательно соединенных витков в фазной обмотке статора

$$w_1 = 2pq_1 w_k = Z_1 w_k / m_1,$$

где w_k - число витков в катушке обмотки статора;

$k_{об1} = k_{y1} k_{p1}$ - обмоточный коэффициент, учитывающий уменьшение ЭДС, вызванные укорочением шага катушки и распределенной конструкцией обмотки.