

## Методические материалы для построения обмотки машины постоянного тока

Обмотка якоря представляет собой замкнутую систему изолированных проводников, обеспечивающих получение необходимой ЭДС и прохождение заданного тока. В современных машинах постоянного тока применяют в основном двухслойные обмотки барабанного якоря. В соответствии с назначением машины к обмоткам предъявляется ряд требований. Обмотка должна иметь возможно меньший расход меди при обеспечении возможно больших ЭДС и КПД, быть по возможности симметричной, обладать достаточной электрической, термической и механической прочностью. Обмотка состоит из отдельных витков и секций. Виток – это два проводника, соединенных между собой последовательно. Несколько последовательно соединенных витков образуют секцию.

Секция имеет две активные стороны, расположенные в пазах якоря под разноименными полюсами машины, причем левая активная сторона укладывается в верхнем слое паза, а правая – в нижнем слое. В результате электродвижущие силы активных сторон секции складываются, а обмотка получается двухслойной. Конец одной секции присоединяется к началу следующей секции и одновременно к коллекторной пластине, вследствие чего все секции обмотки оказываются соединенными последовательно и образуют замкнутый контур. Активные стороны составляют пазовую часть секции 1, а те части, которые служат для соединения активных сторон между собой и с коллекторными пластинами, называют лобовыми частями 2. Концы секций 3,4 могут быть сведенными или разведенными (рис. 1).

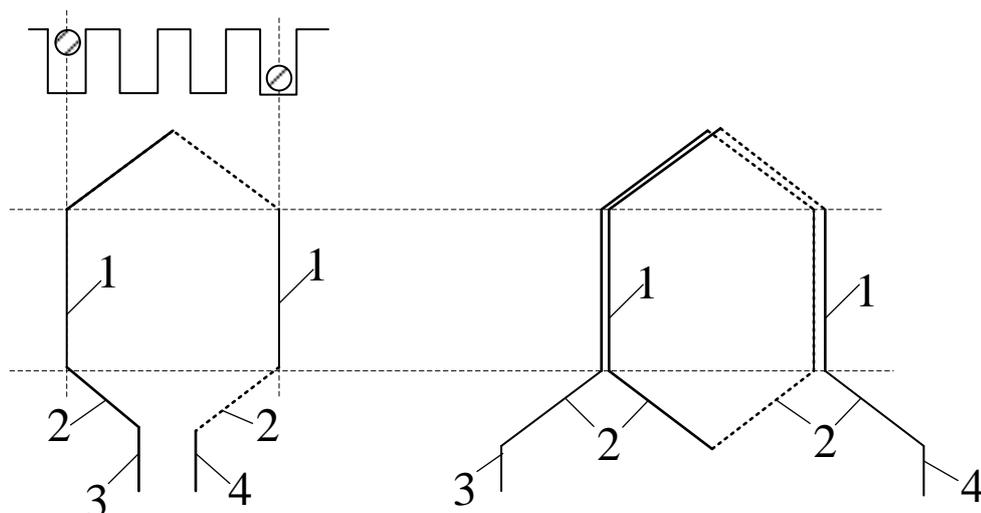


Рис. 1. Секции обмоток якоря

Для получения наибольшего значения ЭДС расстояние между активными сторонами секции, называемое первым частичным шагом обмотки, должно быть равно полюсному делению. Верхняя активная сторона одной секции и расположенная под ней нижняя активная сторона другой секции образуют элементарный паз. Поскольку каждая секция состоит из двух активных сторон, а к каждой коллекторной пластине присоединяются концы двух секций, то в обмотке якоря число секций  $S$  равно числу элементарных пазов и числу коллекторных пластин  $K$

$$S = Z_{\text{э}} = K .$$

В реальном пазу якоря может быть несколько элементарных, поэтому число реальных пазов  $Z$  меньше числа элементарных и равно

$$Z = \frac{Z_{\text{э}}}{u_s}$$

Расстояния между активными сторонами секций измеряют числом элементарных пазов. Поскольку ширина секций должна быть примерно равна полюсному делению, то первый частичный шаг обмотки определяется выражением

$$y_1 = \frac{Z_{\text{э}} \mp \varepsilon}{2p}$$

Здесь  $\varepsilon$  - дробь, при которой  $y_1$  становится целым числом. Если числом элементарных пазов измерять и полюсное деление, то формула для его определения будет иметь вид

$$\tau = \frac{Z_{\text{э}}}{2p}$$

Первый частичный шаг при  $y_1 = \tau$  называют полным или диаметральной; если  $y_1 < \tau$  то первый шаг называют укороченным; при  $y_1 > \tau$  - шаг удлиненный. Обмотка с полным шагом имеет наибольшую ЭДС. Укорочение или удлинение первого частичного шага приводит к уменьшению ЭДС, поскольку в любой момент времени активные стороны секций будут находится в неодинаковых магнитных условиях. Для более наглядного представления схемы обмотки цилиндрическую поверхность якоря вместе с обмоткой, коллектором и полюсами условно разрезают вдоль оси машины и разворачивают в

плоскость, а все соединения в схеме изображают прямыми линиями. При этом диаметр коллектора принимают равным диаметру якоря, а полюсы считают расположенными над плоскостью чертежа. Паза вычерчивают не реальные, а элементарные. Секции считают одновитковыми.

Выполненная в таком виде схема обмотки называется развернутой. При изображении схемы обмотки полагают одинаковыми порядковые номера коллекторной пластины, секции, присоединенной к данной коллекторной пластине левой активной стороной, и элементарного паза, в верхней части которого расположена левая активная сторона данной секции.

По способу соединения и внешнему виду секций обмотки делят на:

- петлевые;
- волновые;
- комбинированные.

## Простая петлевая обмотка

Петлевой обмотку называют потому, что ее секции имеют форму петли.

На рис. 2. изображена часть развернутой схемы и показаны шаги простой петлевой обмотки.

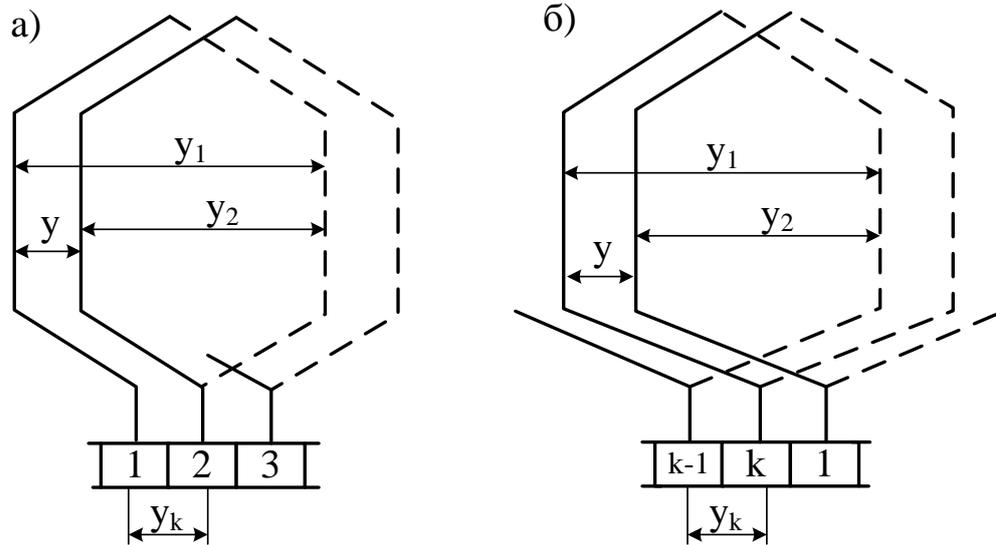


Рис. 2. Секции простой петлевой обмотки:

а) – правоходовая обмотка, б) – левоходовая обмотка

Отличительным свойством простой петлевой обмотки является то, что каждая секция присоединяется к двум рядом лежащим коллекторным пластинам, следовательно

$$y = y_k = \pm 1.$$

Знак плюс соответствует случаю, когда  $|y_2| < y_1$  и такие обмотки называются правоходовыми, неперекрещенными (рис. 2, а). Знак минус соответствует случаю  $|y_2| > y_1$  и такие обмотки называются перекрещенными (рис. 2, б)

В перекрещенных обмотках расход меди несколько больший, чем в неперекрещенных, и поэтому применения таких обмоток избегают. Первый частичный шаг простой петлевой обмотки определяется по формуле

$$y_1 = Z_p / 2p \mp \varepsilon,$$

где  $Z_{\varepsilon} = Z \cdot u_n$  – число элементарных пазов;  $\varepsilon$  – укорочение или удлинение шага обмотки, представляет собой такую правильную дробь, при которой  $y_1$  будет целым числом. При  $\varepsilon = 0$  шаг является полным. Знак минус соответствует обмотке с укороченным шагом, знак плюс – обмотке с удлиненным шагом.

Формула для определения второго частичного шага

$$y_2 = y - y_1 = \pm 1 - y_1.$$

Простые петлевые обмотки снабжаются уравнительными соединениями первого рода, выравнивающими ЭДС параллельных ветвей.

Уравнительные соединения выполняются либо на стороне коллектора (и тогда они соединяют пластины с равными потенциалами), либо на противоположной от коллектора стороне (и тогда они соединяют равнопотенциальные точки лобовых частей секций). Шаг уравнительных соединений

$$y_{ур} = K/p,$$

где  $K$  – число коллекторных пластин. В простых петлевых и волновых обмотках  $K = Z$ . Максимальное число уравнителей первого рода равно  $K/p$ .

Полным количеством уравнительных соединений снабжаются только крупные машины с тяжелыми условиями коммутации тока. Первый паз (лобовая часть) для простановки уравнительных соединений выбирается произвольно.

Остальные особенности простой петлевой обмотки пояснены ниже, в примере выполнения ее схемы.

## Простая волновая обмотка

На рис. 3 представлены секции простой волновой обмотки. Первый ( $y_1$ ) и второй ( $y_2$ ) частичные шаги определяются так же, как и для простой петлевой обмотки. Но в отличие от простой петлевой обмотки оба шага имеют положительный знак.

Результирующий шаг простой волновой обмотки ( $y$ ) равен шагу по коллектору ( $y_k$ ) и определяется по следующей формуле

$$y = y_k = \frac{K \mp 1}{p},$$

где знак минус означает левоходовую, неперекрещенную, (рис. 3, а) и знак плюс – правоходовую, перекрещенную, (рис. 3, б) обмотки.

У левоходовой обмотки первый обход внешней поверхности якоря при укладке секций завершается на коллекторной пластине соседней слева от исходной коллекторной пластины, что и послужило причиной ее названия.

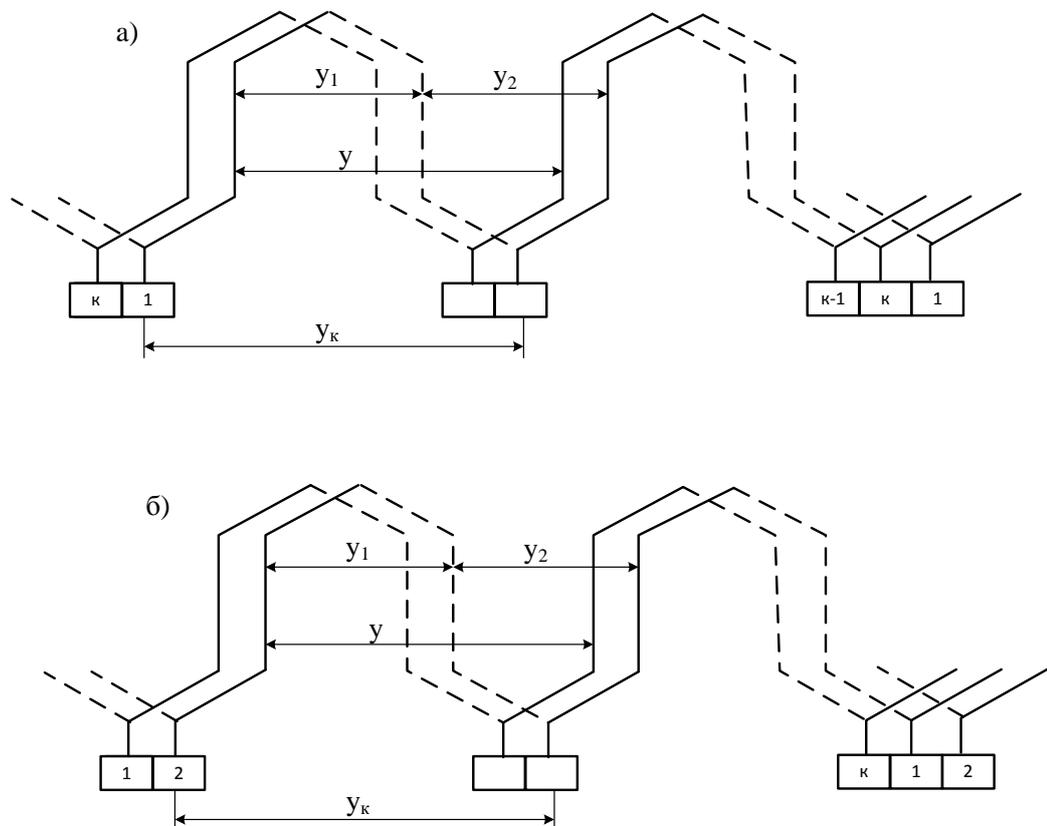


Рис. 3. Секции простой волновой обмотки:

а – левоходовая обмотка, б – правоходовая