



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

К а ф е д р а «Электромеханика и автомобильное электрооборудование»

Э.Т. ГАЛЯН

КОЛЛЕКТОРНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Презентация лекции

Самара
Самарский государственный технический университет
2010

Печатается по решению редакционно-издательского совета СамГТУ

УДК 621.314.322

Г 17

Галян Э.Т.

Г 17 Коллекторные электрические машины постоянного тока [электронное издание]: презентация лекции / *Э.Т. Галян*. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2010. – 17 с.: ил.

Изложены материалы презентации лекции по курсу «Электромеханика». Рассмотрены вопросы устройства, принципа действия электрических машин постоянного тока. Кроме того, показаны виды обмоток якоря рассматриваемых машин, принцип их выполнения и схемы.

Предназначено для студентов, обучающихся по направлению 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника». Дисциплина «Электромеханика».

Системные требования: Pentium III; HDD 20 Gb; ОЗУ 256 Mb; Windows 98, 2000, XP; MS Office 2003.

УДК 621.314.322

Г 17

Рецензент канд. техн. наук, доцент *А.И. Шимаров*

© Э.Т. Галян, 2010

© Самарский государственный
технический университет, 2010

СОДЕРЖАНИЕ

Содержание	2
Аннотация.....	3
Раздел 3. Коллекторные электрические машины постоянного тока	4
Тема 3.1. Устройство электрических машин постоянного тока.....	4
3.1.1. Назначение, области применения, конструкция и принцип действия машин постоянного тока	4
3.1.2. Номинальные данные машин постоянного тока	9
3.1.3. Якорные обмотки машин постоянного тока	9
Литература.....	17

АННОТАЦИЯ

Данная презентация предназначена для чтения лекции по курсу «Электромеханика» раздела «Коллекторные электрические машины постоянного тока». Вопросы изложены в порядке следования их в рабочей программе курса. При этом используется программа Power Point. Она позволяет представлять материал на экране с использованием проектора. Кроме того, широко применяется анимация. Это дает возможность производить наглядно, в ходе лекции, построение и выполнение отдельных узлов электрических машин, ход выполнения схем обмоток якоря и намотку витков секций.

Данная лекция позволит студентам изучать материал более наглядно и объемно. Кроме того, эту лекцию можно использовать при дистанционном обучении.

РАЗДЕЛ 3. КОЛЛЕКТОРНЫЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

ТЕМА 3.1. УСТРОЙСТВО ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

3.1.1. НАЗНАЧЕНИЕ, ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ, КОНСТРУКЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Назначение

Машина постоянного тока (МПТ) представляет собой одноякорный преобразователь переменного тока в постоянный и постоянного тока в переменный.

Коллекторные машины выпускаются мощностью от долей ватта до нескольких тысяч киловатт.

Обмотки возбуждения машин постоянного тока располагаются на главных полюсах, закрепленных на станине.

Выводы секций обмотки якоря впаяны в пластины коллектора.

Коллектор, вращающийся на одном валу с якорем, и неподвижный щеточный аппарат служат для преобразования постоянного тока сети в переменный ток якоря (в двигателях) или переменного многофазного тока якоря в постоянный ток сети (в генераторах постоянного тока).

Область применения

Конструкция машин постоянного тока более сложная, чем конструкция асинхронных машин, стоимость выше и эксплуатация более дорогая, поэтому двигатели постоянного тока применяются в приводах, требующих широкого и плавного регулирования частоты вращения, или в автономных установках при питании двигателей от аккумуляторных батарей.

Широкое применение машины постоянного тока получили сначала как микродвигатели постоянного тока для специальных устройств (вычислительные и управляющие машины), генераторы, двигатели постоянного тока массового производства малой и средней мощности и серийного производства машин постоянного тока большой мощности, быстроходные турбогенераторы ограниченной мощности, а затем как возбудители мощных быстроходных синхронных турбогенераторов.

Общий вид электрической машины представлен на рис. 3.1.

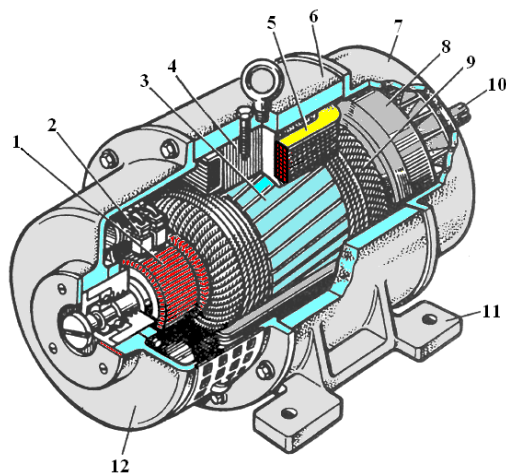
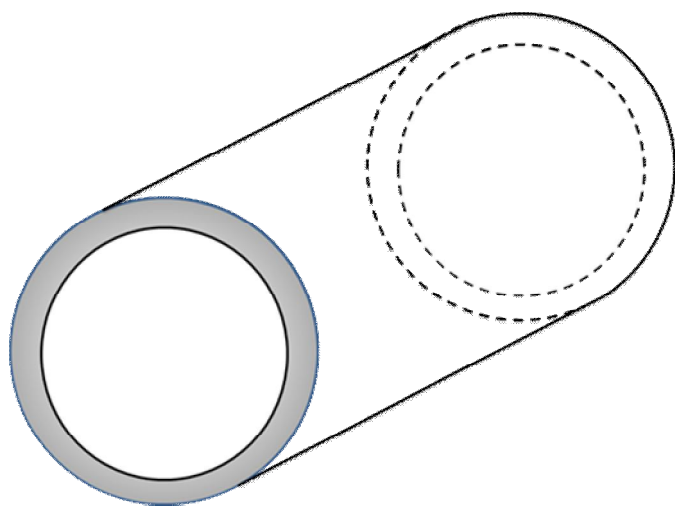


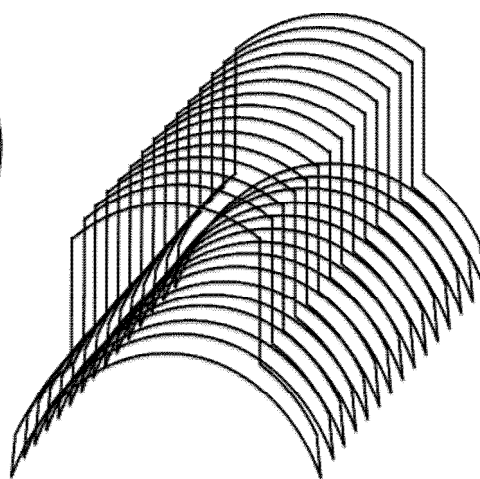
Рис. 3.1. Общий вид машины постоянного тока

МПТ имеет неподвижную часть – статор, который состоит из станины, выполненной в виде круглой металлической трубы (6); главных полюсов (4), набранных из листов электротехнической стали, закрепленных на станине; обмотки возбуждения (5), расположенной на главных полюсах; и подвижную часть – якорь, который состоит из металлического вала (10); пакета (3), набранного из листов электротехнической стали с пазами, и напрессованного на вал; обмотки якоря (8) из медного провода, уложенной в пазы пакета; коллектора (1), состоящего из медных пластин, также напрессованного на вал.

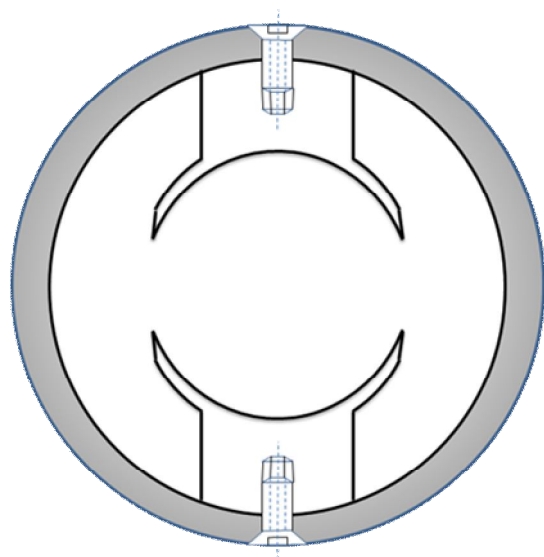
Станина (корпус)



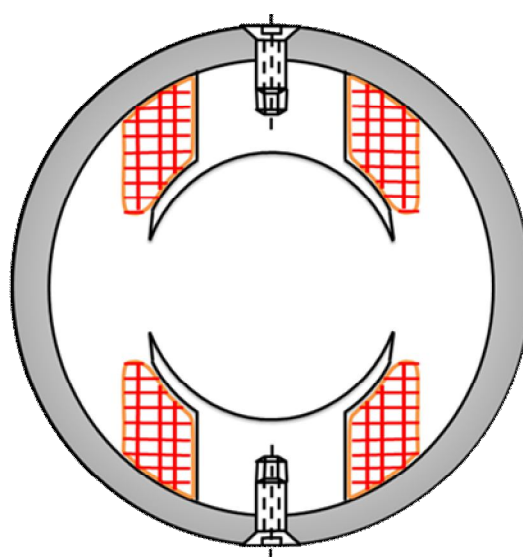
Пластины главного полюса

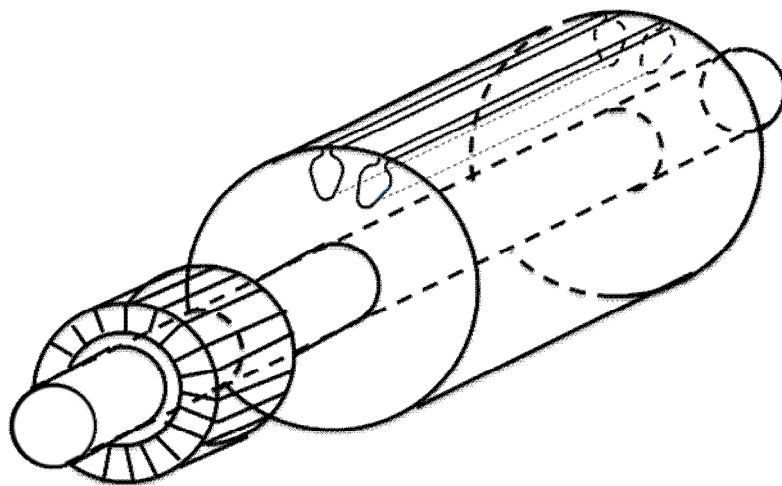


Станина
Полюса



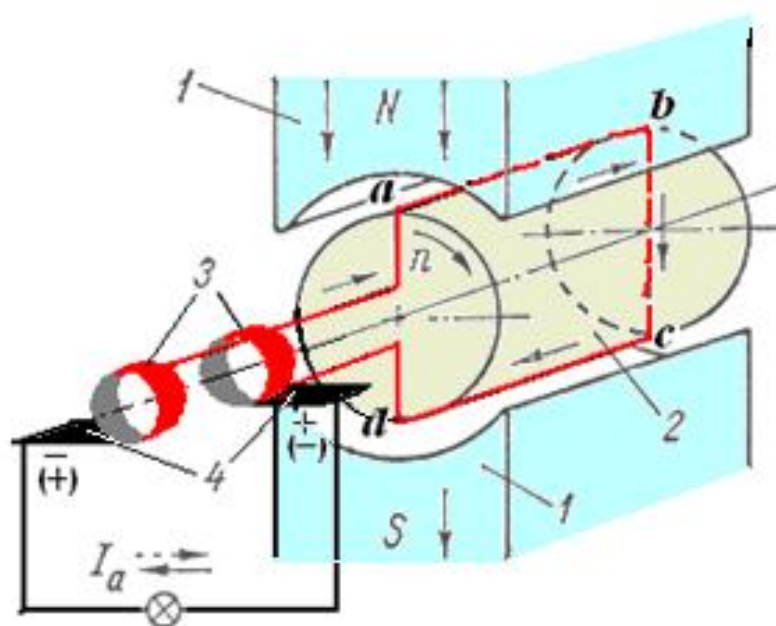
Обмотка возбуждения





Также имеется неподвижный щеточный аппарат, служащий для преобразования постоянного тока сети в переменный ток якоря (в двигателях) или переменного многофазного тока якоря в постоянный ток сети (в генераторах постоянного тока), два подшипника и два подшипниковых щита.

Принцип работы машин постоянного тока



Линия, проходящая через центр якоря посередине между полюсами, называется линией геометрической нейтрали.

При вращении проводников в магнитном поле в них наводится э.д.с., эта э.д.с. максимальна, если проводники перемещаются перпендикулярно магнитным силовым линиям.

$$e_{np} = B \ell v,$$

где B – индукция магнитного поля;

ℓ – длина проводника;

v – линейная скорость перемещения проводника в магнитном поле.

Направление этой э.д.с. определяется по правилу правой руки (рис. 3.2).

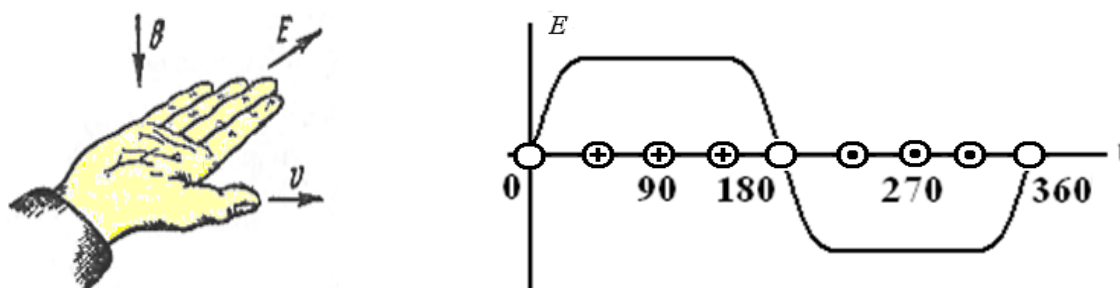


Рис. 3.2. Форма кривой э.д.с. обмотки якоря

Время T , за которое происходит одно полное изменение э.д.с., называется периодом э.д.с.

Число периодов в 1с называется частотой f .

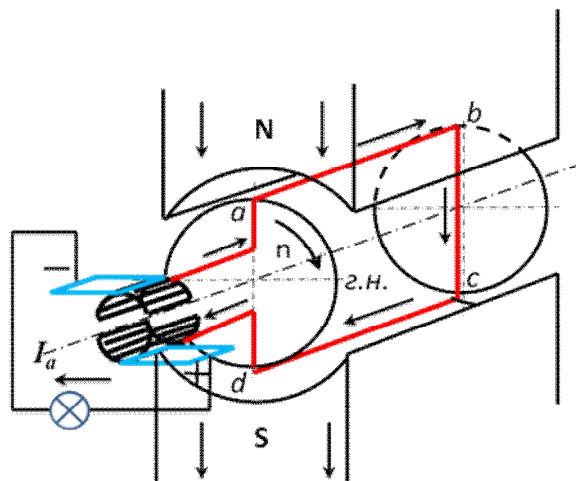
Если машина имеет число p пар полюсов, $2p$ – число полюсов, то

$$f = pn,$$

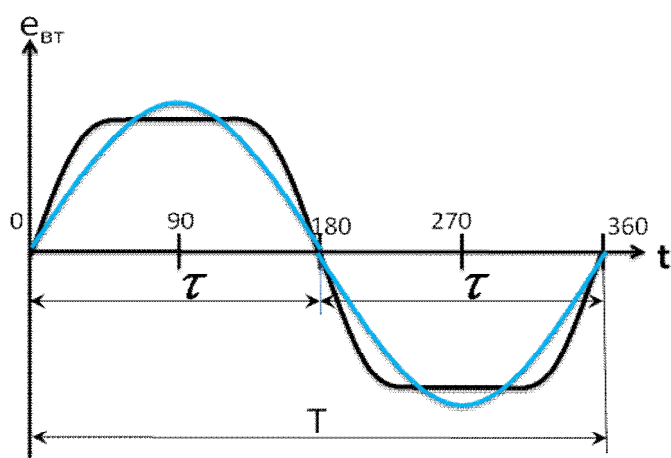
где n – частота вращения якоря, об/мин,

τ – часть окружности якоря, приходящаяся на 1 полюс, называется полюсным делением.

На щетках мы получили переменную э.д.с. Чтобы получить постоянную э.д.с., нужно сделать изменения.



На щетках мы получили постоянную э.д.с.



3.1.2. НОМИНАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

Номинальным режимом работы электрической машины является режим ее работы в условиях, для которых она предназначена заводом-изготовителем. На щитке установлены ее данные.

$$P_{ном}, U_{ном}, I_{ном}, n, \eta.$$

3.1.3. ЯКОРНЫЕ ОБМОТКИ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

В современных машинах постоянного тока якорная обмотка укладывается в пазах на внешней поверхности якоря. Такие обмотки называются барабанными. Обмотки якорей подразделяются на

петлевые и волновые. Существуют также обмотки, которые представляют собой сочетание этих двух обмоток.

Основным элементом каждой обмотки якоря является секция, которая состоит из одного или некоторого количества последовательно соединенных витков и присоединена своими концами к коллекторным пластинам (рис. 3.3, 3.4).

В обмотке обычно все секции имеют одинаковое количество витков. На схемах обмоток секции для простоты изображаются всегда одновитковыми.

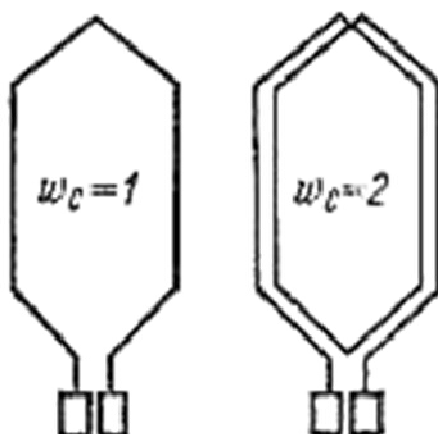


Рис. 3.3. Одновитковая и двухвитковая секции петлевой обмотки

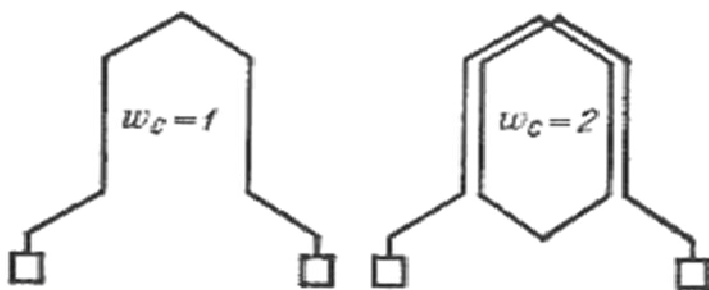


Рис. 3.4. Одновитковая и двухвитковая секции волновой обмотки

Для удобного расположения выходящих из пазов лобовых частей обмотки якоря выполняются двухслойными. При этом в каждом пазу секции располагаются в два слоя (рис. 3.5): одна сторона каждой секции – в верхнем слое одного паза, а другая – в нижнем слое другого паза.

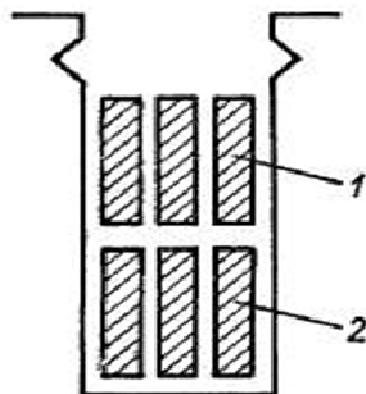


Рис. 3.5. Укладка обмотки в пазу:

1 – сторона секции верхнего слоя;

2 – сторона секции нижнего слоя

На схемах обмоток стороны секций, находящиеся в верхнем слое, будем изображать сплошными линиями, а стороны, расположенные в нижнем слое, – штриховыми линиями (рис. 3.6). Секции обмотки соединяются друг с другом в последовательную цепь (см. рис. 3.6) таким образом, что начало (н) последующей секции присоединяется вместе с концом (к) предыдущей секции к общей коллекторной пластине.

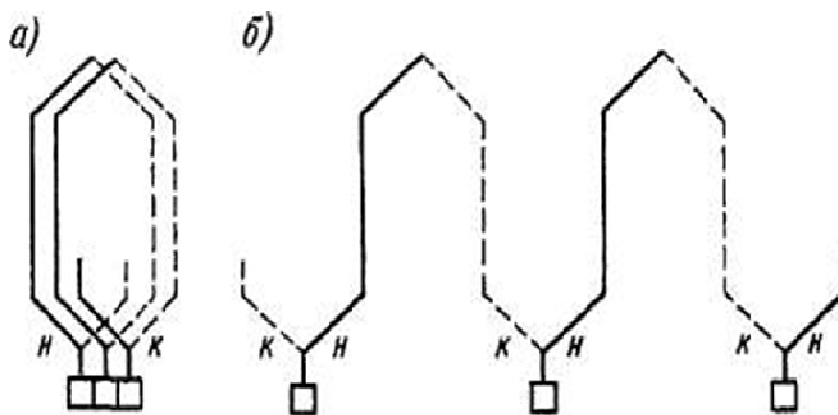


Рис. 3.6. Соединение секций обмоток:

а – петлевой, б – волновой

Обмотки – петлевая и волновая – названы по внешнему очертанию контуров, образуемых последовательно соединенными секциями. Поскольку каждая секция имеет два конца и к каждой коллекторной пластине присоединены также два конца секций, общее количество пластин коллектора K равно количеству секций обмотки S : $K = S$.

Обычно при $U_n = 110-220$ В

$$\frac{K}{2p} = 12 \dots 35 ,$$

где p – число пар полюсов.

С другой стороны, изготовление якорей с большим числом пазов нецелесообразно, так как при этом пазы будут узкими, значительная часть их площади будет занята изоляцией секций от корпуса, для проводников останется мало места, и в итоге машина проигрывает в мощности.

Кроме того, большой расход изоляционных материалов и увеличение штамповочных работ вызовут удорожание машины, а мелкие зубцы будут непрочными.

По этим причинам обычно в каждом слое паза располагают рядом несколько ($U_{\pi} = 2, 3, 4, 5$) секционных сторон (на рис. 3.5 $U_{\pi} = 3$). При этом

$$K = S = U_{\pi} Z.$$

В данном случае говорят, что в каждом реальном пазу имеется U_{π} элементарных пазов, так что в каждом слое элементарного паза имеется одна секционная сторона.

Очевидно, что общее число элементарных пазов якоря

$$Z_{\Sigma} = U_{\pi} Z = S = K.$$

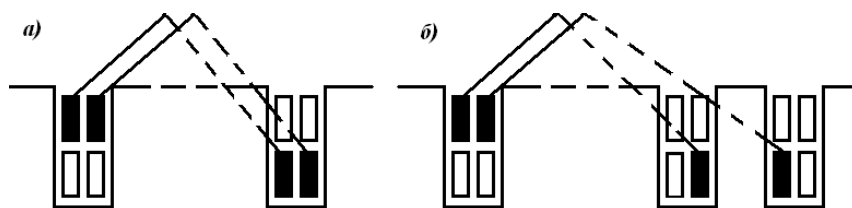


Рис. 3.7. Укладка секций обмоток при $U_{\pi} = 2$:
а – равносекционной, б – ступенчатой

В первом случае обмотка называется равносекционной, а во втором – ступенчатой (рис. 3.7). При ступенчатой обмотке условия токосъема с коллектора улучшаются, однако эта обмотка сложнее и дороже и применяется реже, причем только в машинах большой

мощности ($P_n \approx 500$ кВт и выше). Одновитковые секции при больших токах изготавливаются из стержней, концы которых на противоположной от коллектора стороне якоря запаиваются с помощью хомутиков после укладки в пазы. Стержни секций объединяются в полукатушку. Секции ступенчатой обмотки являются всегда стержневыми (рис. 3.9)

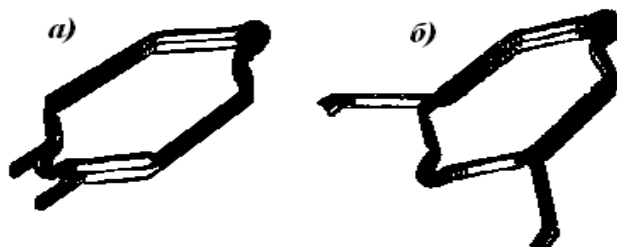


Рис. 3.8. Катушки петлевой (а) и волновой (б) обмоток

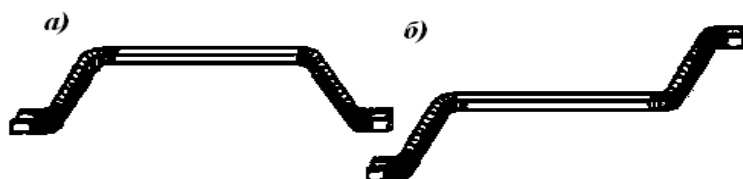
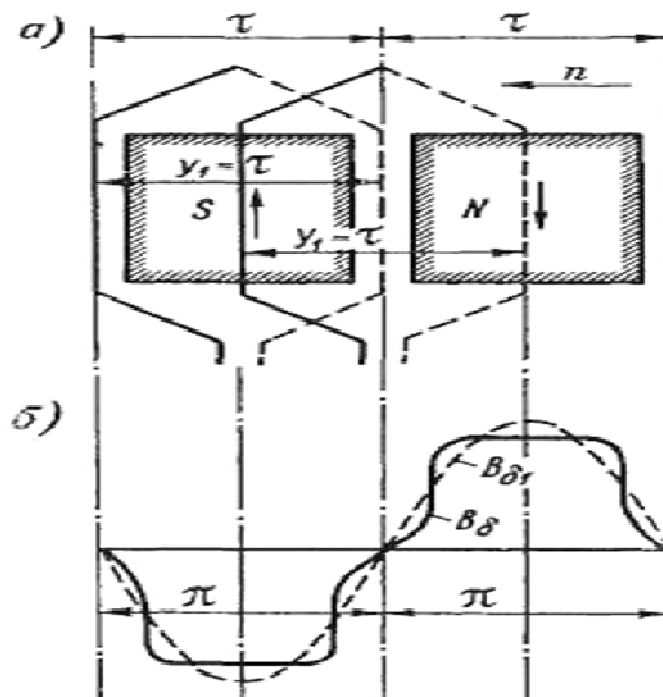


Рис. 3.9. Полукатушки петлевой (а) и волновой (б) обмоток

Шаг секции

Будем представлять, что якорь разрезан по осевой плоскости и выпрямлен так, что пазы и обмотка лежат в одной плоскости. Кроме того, будем предполагать, что такой развернутый якорь будет двигаться относительно неподвижных полюсов справа налево, а полюсы находятся перед плоскостью чертежа, при этом э.д.с. в проводниках будут направлены под северными полюсами вниз, а под южными – вверх.



B_δ – индукция реального поля воздушного зазора.

Первичный шаг

Если $y_1 = \tau$, то такой шаг является диаметральный. Этот шаг может быть выражен как в пазовых, так и в зубцовых делениях.

$$y_{1z} = \frac{Z}{2p} \pm \epsilon.$$

Первый частичный шаг y_1 определяет расстояние по поверхности якоря между начальной и конечной сторонами секции. Второй частичный шаг обмотки y_2 определяет расстояние между конечной стороной данной секции и начальной стороной следующей секции.

$$y = y_1 + y_2.$$

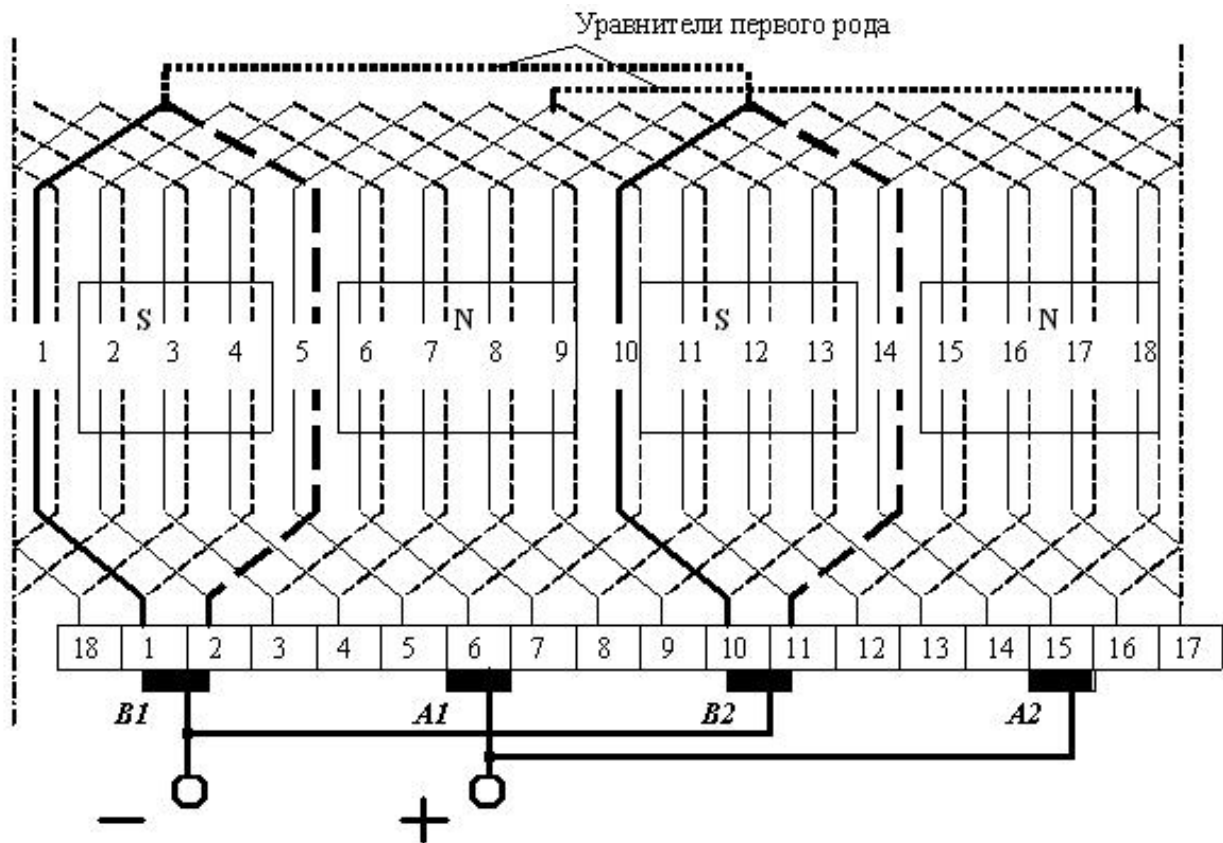


Рис. 3.10. Схема обмотки якоря

Условия симметрии обмоток

В современных якорных обмотках соединенные последовательно друг с другом секции образуют замкнутую на себя цепь. Такую обмотку можно изобразить схематически в виде замкнутой спирали (рис. 3.11), по поверхности которой скользят щетки. В изображенном на рис. 3.10 простейшем случае обмотка имеет одну пару параллельных ветвей.

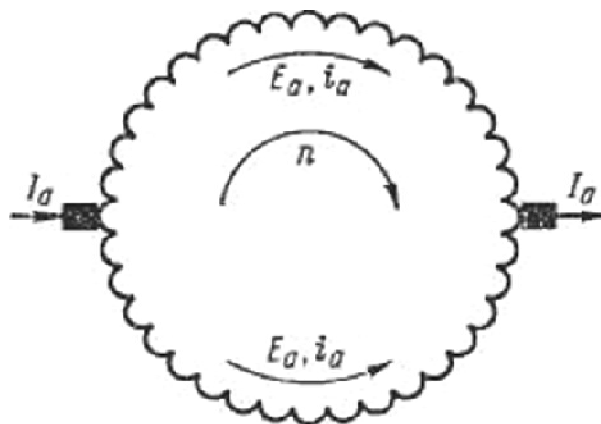


Рис. 3.11. Схематическое изображение обмотки

В общем случае $a = 1, 2, 3 \dots$, тогда машину можно рассматривать состоящей из a параллельно работающих элементарных машин, каждая из которых имеет две параллельные ветви. Для обеспечения наилучших условий работы машины необходимо, чтобы э.д.с. E_a всех ветвей обмотки и их сопротивления были равны. В этом случае токи всех параллельных ветвей i_a также будут равны.

Для удовлетворения этих условий необходимо:

1) чтобы магнитная цепь была симметричной по устройству и потоки всех полюсов были равны;

2) чтобы все пары параллельных ветвей обмотки были эквивалентны, т.е. чтобы они располагались в магнитном поле идентичным образом.

Обмотка, удовлетворяющая этим требованиям, называется симметричной.

При нарушении указанных требований разные ветви обмотки будут нагружаться различными по величине токами, что может вызвать нарушение работы щеточных контактов, кроме того, возрастут потери в обмотке.

Чтобы обмотка была симметричной, на каждую пару параллельных ветвей должно приходиться одинаковое целое число (ц.ч.) секций и коллекторных пластин:

$$\frac{Z}{a} = \text{ц.ч.} \qquad \frac{2p}{a} = \text{ц.ч.} \qquad \frac{Z_{\text{э}}}{a} = \frac{K}{a} = \frac{S}{a} = \text{ц.ч.}$$

Выводы

В результате изучения данного материала, студент должен знать устройство электрических машин постоянного тока, принцип их работы. Уметь выбрать тип и составить схему якорной обмотки.

ЛИТЕРАТУРА

Вольдек А.И., Попов В.В. Электрические машины. Введение в электромеханику. Машины постоянного тока и трансформаторы. Издание 1-е: учебник для вузов. – СПб.: Издательский дом «Питер», 2007. – 320 с.

*Учебное издание
(электронный ресурс)*

ГАЛЯН Эдуард Тихонович

Коллекторные электрические машины постоянного тока

Редактор *Ю.А. Петропольская*
Выпускающий редактор *Н.В. Беганова*

Подписано в печать

Формат 60×84 1/16. Бумага офсетная.

Усл. п. л. . Уч.-изд. л. .

Тираж 50 экз. Рег. №Е11/10.

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Самарский государственный технический университет»
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Главный корпус

Отпечатано в типографии
Самарского государственного технического университета
443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244. Корпус №8