**Лекция. Тема: Машины постоянного тока.**

**Учебная дисциплина Электротехника**

**Дата: 02.12.2020 год.**

**Группа: 21 Мастер по ремонту и обслуживанию автомобиля.**

Машины постоянного тока широко применяются в качестве двигателей и меньше в качестве генераторов. Это объясняется тем, что двигатели постоянного тока допускают плавное регулирование частоты вращения простыми способами и, при равных токах, имеют больший вращающий момент, чем другие двигатели. Поэтому их используют в качестве тяговых двигателей на электротранспорте.

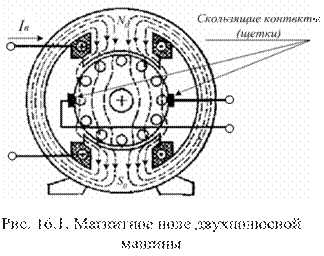
Генераторы и двигатели постоянного тока взаимно заменяемые. Однако применение генераторов ограничено. Их используют в промышленности (для питания электролитических ванн, для зарядки аккумуляторов, в прокатных станах), а также в составе электрооборудования подвижных средств (автомобильных, судовых, самолетных).

Как правило, машины постоянного тока – коллекторные. Поэтому их работа может сопровождаться возникновением дуги или множества мелких электрических разрядов. Такое явление называют *круговым огнем*. Искрение снижает надежность машин постоянного тока, требует дополнительных затрат на обслуживание, усложнения конструкции.

1. ПРИНЦИП РАБОТЫ МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

*1. 1. Конструкция машины.*

Магнитная система двухполюсной машины постоянного тока приведена на рис 16.1. Как и на рис. 15.3, здесь обмотка возбуждения размещена на статоре, а рабочая обмотка –на роторе. Обмотка возбуждения состоит из двух последовательно соединенных катушек, каждая из которых размещается на своем полюсе. Катушки образуют цепь возбуждения, которая называется *вспомогательной цепью машины*.

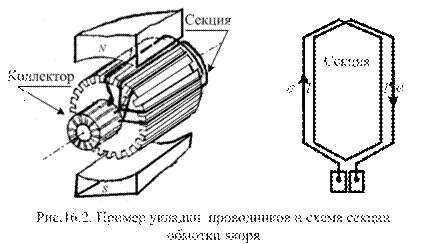


На рис. 16.1 силовыми линиями изображено магнитное поле возбуждения. Магнитная система и поле машины симметричны относительно продольных осей полюсов*N0 – S0.* Линия, проходящая посередине между смежными полюсами, называется *геометрической нейтралью*.

Ротор с рабочей обмоткой в машинах постоянного тока называют *якорем.* Для равномерного распределения магнитной индукции в воздушном зазоре между полюсами и якорем используются *полюсные наконечники*. Обмотка якоря состоит из уложенных в пазах ротора активных проводников.

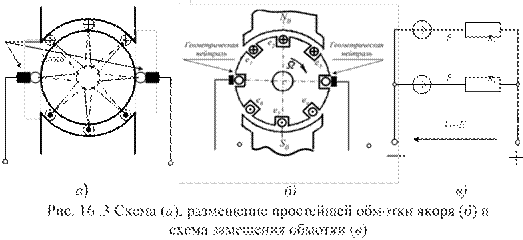
С помощью лобовых частей активные проводники соединяются в витки так, что обмотка образует замкнутый контур. Стороны витков расположены под разноименными полюсами так, что Э.Д.С. в них складываются. В реальных обмотках якоря число активных проводников большое. Обозначим это число *N*, тогда число витков равно *N/2*.

Для улучшения формы Э.Д.С. и для ее увеличения соседние витки объединяются в секции, как показано на рис.16.2, по *а* витков в секции. Так как якорь вращается, то соединение его обмотки (секций) с внешней цепью осуществляется *скользящим контактом,*с помощью неподвижных электрографических *щеток*. Цепь якоря называют*главной цепью машины*.



В реальных машинах выводы каждой секции соединяются с пластинами коллектора. Коллектор якоря имеет несколько десятков пластин (в общем случае *N/2a*). Поэтому щетки скользят по пластинам коллектора. Устанавливают их так, чтобы касание осуществлялось в точках, расположенных на линии геометрической нейтрали (рис.16.3).

При таком размещении обмотка якоря представляет собой замкнутый контур. Это хорошо видно по рис. 16.3, *а*. Щетками этот контур делится на две равные части так, что под каждым из полюсов находится равное число активных проводников.



При вращении ротора в каждой группе проводников будут наводиться одинаково направленные Э.Д.С., сумма которых максимальна и постоянна. Схема замещения обмотки якоря приведена на рис. 16.3, в. Эквивалентное сопротивление параллельно соединенных ветвей обмотки Ra называют внутренним сопротивлением якоря и обозначают Rя. Обычно оно не превышает единиц Ом.

1. 2. Работа машины в режиме генератора.

Чтобы машина постоянного тока работала как генератор, ее якорь необходимо вращать с помощью какого-либо приводного двигателя. В этом случае в активных проводниках якоря возникают Э.Д.С., направление которых можно определить по правилу правой руки. Значение Э.Д.С. в каждом из активных проводников определено выражением (15.2), которое имеет вид:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1765.gif

где http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1767.gif – действующее значение магнитной индукции в зазоре.

Если общее число проводников якоря равно *N*, а число параллельных ветвей *2а*, то каждая ветвь содержит *N/2а* проводников. Тогда

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1851.gif . (16.1)

В (16.1) линейная скорость движения проводника определяется выражением:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1853.gif , (16.2)

где *Ω*– угловая скорость якоря.

Выразим сумму http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1855.gif через среднее значение магнитной индукции http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1857.gif на полюсном делении *τ*:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1859.gif , (16.3) http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image820.gif

где http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1862.gif – среднее значение магнитной индукции; http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1864.gif – полюсное деление.

Подставив (16.2) и (16.3) в (16.1), получим:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1866.gif . (16.4)

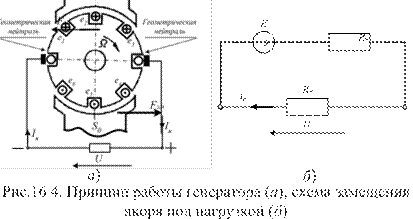
Обозначим первый множитель в (16.4) индексом *с*. Учтем, что *n = 60∙Ω/2∙π*

*об/мин.* Введем обозначение http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1868.gif . Тогда выражение (16.4) приходит к виду:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1870.gif . (16.5)

Теперь очевидно, что *Э.Д.С. якоря пропорциональна частоте его вращения и магнитному потоку полюсов.*

Если к зажимам якоря подключить приемник (рис.16.4, *а*), то Э.Д.С. якоря вызовет в цепи ток. Но на проводники с током, пересекающие магнитное поле, действует сила со стороны магнитного поля (электромагнитная сила).



Токи в проводниках якоря направлены так же, как и вызвавшие их Э.Д.С. Электромагнитные силы создают момент, противодействующий вращению якоря. Если скорость вращения якоря Ω постоянна, то вращающий момент приводного двигателя равен противодействующему электромагнитному моменту генератора:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1874.gif .

Таким образом, для производства электроэнергии машинами постоянного тока необходимо затрачивать механическую энергию.

Схема замещения генератора (рис. 16.4, б) позволяет записать равенство:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1876.gif . (16.6)

Умножим это выражение на *Iя*

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image820.gif *http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1878.gif*. (16.7)

Первое слагаемое правой части (16.7) представляет мощность прием-ника, второе – мощность электрических потерь в обмотке якоря. Левая часть (16.7) представляет электромагнитную мощность, развиваемую генератором и равную механической мощности приводного двигателя.

1.3 Работа машины в режиме электродвигателя.

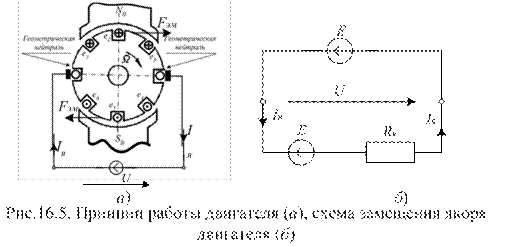
Чтобы машина постоянного тока работала как двигатель, необходимо подать напряжение от источника постоянного тока на обмотку якоря, как показано на рис. 16. 5. В обмотке якоря возникнет ток Iя. В результате взаимодействия тока Iя c полем возбуждения появятся электромагнитные силы, создающие электромагнитный момент. Под действием этого момента якорь приходит во вращение. Машина работает в качестве электродвигателя.

Если скорость вращения ротора Ω постоянна, то вращающий момент равен противодействующему моменту на валу двигателя:

*Мвр = Мпр = М*.

В активных проводниках якоря, пересекающих магнитное поле возбуждения, наводится противо – Э.Д.С. Ее направление противоположно направлению тока якоря. Схема замещения якоря приведена на рис. 16.5. Она представляет замкнутый контур, для которого справедлив второй закон Кирхгофа. Поэтому можем записать:

*U = E + Iя∙Rя*. (16.8)



Отсюда определим ток якоря двигателя:

*Iя = (U-E)/Rя*. (16.9)

Уравнение баланса мощности цепи якоря имеет вид:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1882.gif (16.10)

Выражение (16.10) показывает, что электрическая мощность Рэл = U∙Iя, подводимая к двигателю от внешнего источника, превращается в электромагнитную мощность Рэм = Е∙Iя и мощность потерь в обмотке якоря. Электромагнитная мощность равна механической мощности, развиваемой двигателем:

*Е∙Iя= Рэл = М∙Ω*. (16.11)

Электромагнитный момент для двигателя и для генератора одинаков и определяется как момент машины постоянного тока. Для его определения обратимся к выражению (15.6), которое имеет вид:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1799.gif

В поле одного полюса находится N/2a проводников якоря с одинаковым током параллельной ветви Iа = Iя/2а. Все силы одинаково направлены по касательной к окружности якоря. Используя те же обозначения, что и при выводе формулы Э.Д.С. Е, выразим момент сил, действующих на проводники одной ветви:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1884.gif (16.12)

Общий момент машины в 2p раз больше М1:

http://ok-t.ru/studopedia/baza15/797069998550.files/image1886.gif (16.13)

Проведенный анализ показал, что физические процессы, происходящие в генераторах и двигателях постоянного тока и определяющие преобразование энергии, одинаковы. Это объясняет их взаимозаменяемость. Однако, как генераторы, так и двигатели постоянного тока имеют специфические параметры, характеристики и особенности эксплуатации. Кратко рассмотрим эти особенности в следующих вопросах лекции.

**Домашнее задание**

**Ответить на контрольные вопросы:**

1. Можно ли двигатель постоянного тока использовать как генератор?

2. Раскройте понятия: обмотка возбуждения, рабочая обмотка, геометрическая нейтраль, главная и вспомогательная цепь машины постоянного тока.

3. Для чего в машинах постоянного тока применяют полюсные наконечники?