

Машины постоянного тока. Устройство и принцип действия.

У машины постоянного тока нормального исполнения цилиндрический ротор с расположенной на нем обмоткой, называемый якорем, вращается в неподвижном магнитном поле (рисунок 9.1). В витках 1–3 и 2–4 обмотки якоря индуктируются переменные ЭДС, для получения неизменного направления тока в сопротивлении нагрузки ir применяется коллектор K , состоящий из медных изолированных друг от друга пластин, образующих цилиндр, по которому скользят щетки ba . Наличие коллектора является отличительной особенностью машины постоянного тока. К его пластинам присоединяются начала и концы витков обмотки. Стороны витков, расположенные за плоскостью рисунка, условно показаны штриховыми линиями.

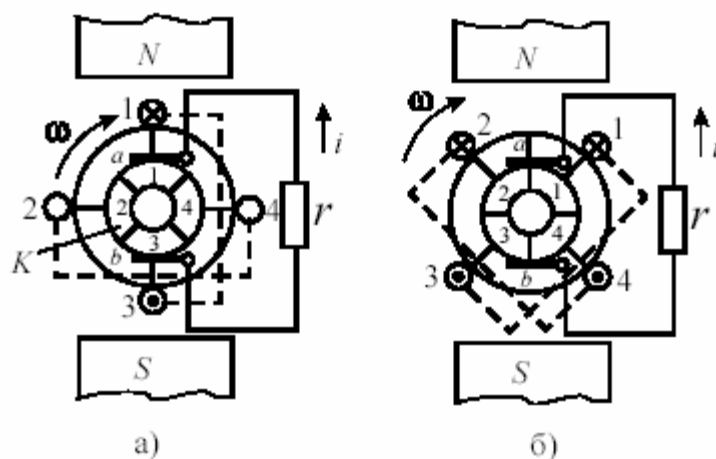
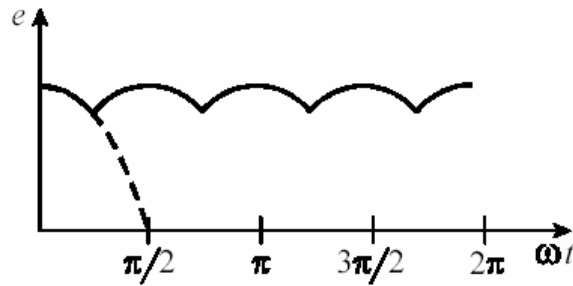


Рисунок 9.1 – Простейший генератор с двумя витками и четырьмя коллекторными пластинами NN

В положении, показанном на рисунке 9.1, а, между щетками будет максимальная ЭДС, так как стороны 1–3 витка пересекают магнитные линии перпендикулярно. При дальнейшем вращении эта ЭДС начнет убывать. После поворота якоря на 45° (рисунок 9.1, б) щетки перейдут с пластин 1–3 коллектора на пластины 2–4 и подключатся к следующему витку. ЭДС в нем будет сначала возрастать до максимума, а затем начнет уменьшаться, пока щетки снова не перейдут на пластины 3–1; ЭДС снова начнет возрастать и т.д. Рост и уменьшение ЭДС происходят за время, соответствующее повороту якоря на угол $\frac{\pi}{2}$ (рисунок 9.2), на протяжении этого времени каждая щетка касается одной и той же коллекторной пластины. Пульсации ЭДС (и тока) вредно сказываются на работе приемников и самого генератора. Для их уменьшения увеличивают число витков, в которых индуктируются ЭДС, и число коллекторных пластин.



. Рисунок 9.2 - ЭДС генератора с четырьмя коллекторными пластинами.

В соответствии с принципом обратимости машина постоянного тока может работать как генератор и как двигатель. В любом случае проводники пересекают линии поля и в них возникает ЭДС. Одновременно на проводники с током в магнитном поле воздействуют электромагнитные силы.

Генератор преобразует механическую энергию, которая подводится к валу первичным двигателем, в электрическую, потребляемую приемником, включенным на его зажимы. Механическое усилие первичного двигателя (рисунок 9.3,а) приводит проводники якоря в движение с некоторой скоростью v . Возникающая ЭДС E вызывает ток I такого же направления и должна преодолеть падение напряжения в обмотке якоря и сопротивление нагрузки:

$$E = U + I \cdot r_{\text{я}} \quad (9.1)$$

где U – напряжение на зажимах генератора или приемника;

$r_{\text{я}}$ – сопротивления цепи якоря.

Электромагнитная сила $F_{\text{ЭМ}}$, действующая на проводники с током, оказывает противодействие усилию F первичного двигателя. В установившемся режиме при постоянной скорости эти силы равны:

$$F_{\text{ЭМ}} = F.$$

Механическая мощность, развиваемая первичным двигателем,

$$P_{\text{мех}} = F_{\text{ЭМ}} \cdot v = F \cdot v = P_{\text{ЭМ}} \quad (9.2)$$

преобразуется в электромагнитную мощность генератора $P_{\text{ЭМ}}$. Последняя частично расходуется на нагрев обмотки якоря, а остающаяся ее часть составляет электрическую мощность $P_{\text{ЭЛ}}$, потребляемую приемником ($P_{\text{ЭЛ}} = UI$).

$$P_{\text{ЭМ}} = EI = I \cdot (U + I \cdot r_{\text{я}}) = U \cdot I + I^2 \cdot r_{\text{я}} = P_{\text{ЭЛ}} + I^2 \cdot r_{\text{я}} \quad (9.3)$$

В двигателе протекание тока в обмотке якоря обусловлено приложенным напряжением U , направление которого совпадает с направлением тока (рисунок 9.3,б). На проводники с током действует электромагнитная сила $F_{\text{ЭМ}}$ приводящая в движение якорь со скоростью v . При том же направлении тока, что и в генераторе, направление движения будет противоположным. Возникающая в проводниках при пересечении линий поля ЭДС оказывается противоположной току, а, следовательно, и напряжению U , которое должно преодолеть эту ЭДС и падение напряжения в обмотке якоря:

$$U = E + I \cdot r_{\text{я}} \quad (9.4).$$

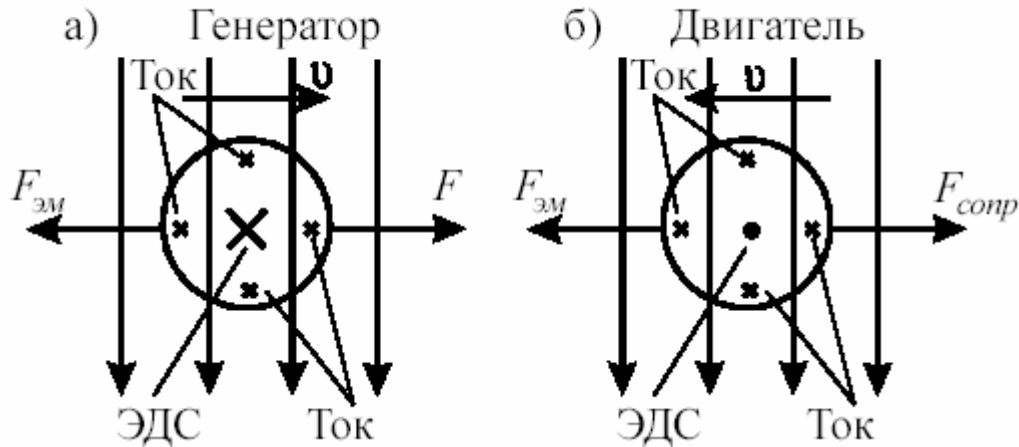


Рисунок 7.10 – ЭДС, токи и механические силы в проводнике обмотки якоря генератора и двигателя постоянного тока .

При постоянной скорости электромагнитная сила $F_{\text{эм}}$ должна преодолеть силу сопротивления $F_{\text{сопр}}$ на валу двигателя. Электрическая мощность, потребляемая двигателем из сети,

$$P_{\text{эл}} = U \cdot I = E \cdot I + I^2 \cdot r_{\text{я}} = P_{\text{эм}} + I^2 \cdot r_{\text{я}} \quad (9.5)$$

частично идет на нагрев обмотки якоря, оставшееся ее часть представляет собой электромагнитную мощность, которая оказывается равной механической мощности, развиваемой двигателем на валу

$$P_{\text{эм}} = EI = F_{\text{эм}} \cdot v = F_{\text{сопр}} \cdot v = P_{\text{мех}} \quad (9.6)$$

Полученные выражения можно объединить :

$$P_{\text{мех}} = P_{\text{эл}} \pm I^2 r_{\text{я}}; \quad E = U \pm I^2 r_{\text{я}}.$$

(знак плюс берется для генератора, минус – для двигателя).

