

### 3 Принцип действия генератора и двигателя постоянного тока

Машины постоянного тока (МПТ) используются в режиме двигателя и генератора. В качестве источников энергии постоянного тока ранее обычно применялись генераторы постоянного тока (для питания электроприводов с широким регулированием частоты вращения, в промышленном электролизе, на судах, тепловозах и т. д.). В настоящее время они используются относительно мало, так как для получения энергии постоянного тока разработаны и широко применяются полупроводниковые преобразователи переменного тока в постоянный.

В режиме двигателя МПТ широко применяются на электротранспорте (электровозы, троллейбусы, трамваи, электрокары и т. д.), так как позволяют в широких пределах регулировать частоту вращения, развивают большие пусковые моменты. Кроме этого, двигатели постоянного тока (ДПТ) применяются в подъёмно-транспортных устройствах, для привода строгальных станков, прокатных станов, мощных металлорежущих станков и т. д.

#### Принцип действия генератора постоянного тока

В генераторах постоянного тока (ГПТ) происходит преобразование механической энергии в электрическую, снимаемую со щёток МПТ. Генератор приводится во вращение первичным двигателем, который является источником механической энергии. Работа генератора основана на явлении электромагнитной индукции.

При движении проводника в магнитном поле в нём возникает ЭДС.

Для пояснения принципа действия ГПТ рассмотрим рисунок 1. Основное магнитное поле создается полюсами  $N$  и  $S$  индуктора. Сердечники полюсов, якоря и станины являются частью магнитной цепи машины, через которые проходит основной магнитный поток, пересекая проводники якорной обмотки.

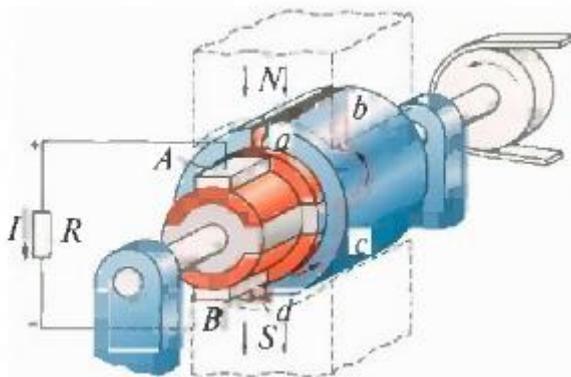


Рисунок 1 – Модель генератора постоянного тока

Представленная на рисунке 1 секция якорной обмотки состоит из одного витка. Концы секции подключены к простейшему коллектору, состоящему из двух полуколец, изолированных между собой. Щётки А и В прижимаются к полукольцам (пластинам коллектора), и к ним подключается электрическая нагрузка.

При вращении якоря в витке будет наводиться переменная ЭДС

$$E = B l v \sin \alpha,$$

где  $B$  - магнитная индукция в воздушном зазоре между полюсом и якорем;  $l$  — активная длина двух сторон витка ( $ab$  и  $cd$ ),  $v$  — линейная скорость движения проводника;  $\alpha$  — угол поворота витка относительно геометрической нейтральной (воображаемая линия, проходящая посередине между полюсами).

Когда ток в сторонах витка меняет свое направление (рис. 2), при переходе их из зоны полюса одной полярности в зону полюса другой полярности, происходит смена коллекторных пластин под щётками. Вследствие этого под верхней щёткой всегда будет находиться пластина, соединённая с проводником, расположенным под северным полюсом, под нижней щёткой — пластина, соединённая с проводником, расположенным под южным полюсом, а направление тока во внешней цепи остается неизменным. Если обмотка якоря замкнута через внешнюю цепь, то в ней возникает ток  $I_a$ .

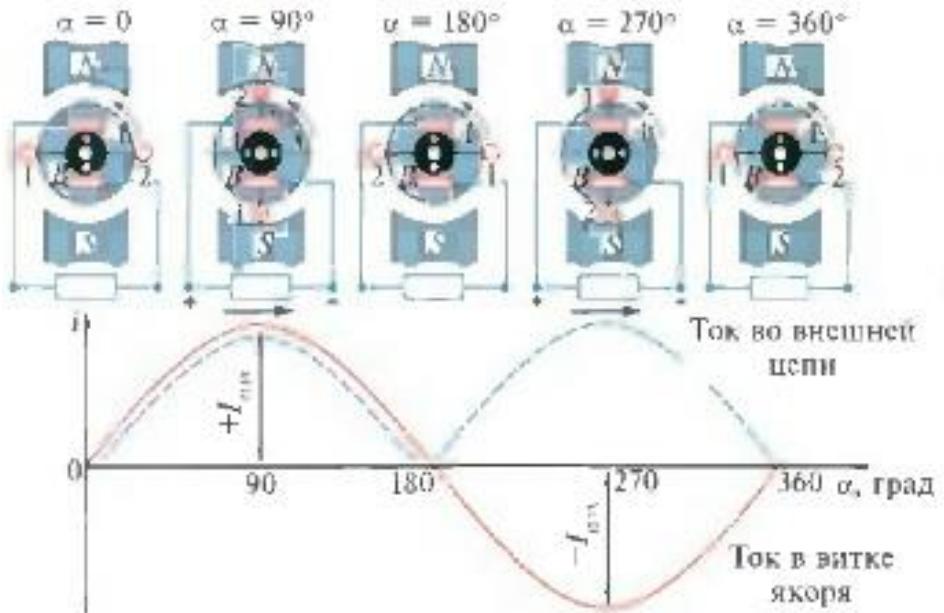


Рис. 1.2. Пример выпрямления тока коллектором

Коллектор выпрямляет переменный ток витка, превращая его в пульсации постоянного. Для получения во внешней цепи тока, близкого к постоянному необходимо увеличить количество витков в обмотке якоря, равномерно распределить их по поверхности сердечника якоря и соответственно увеличить количество коллекторных пластин.

На основании закона Ома, согласно второму закону Кирхгофа, напряжение на зажимах якоря ГПТ будет меньше ЭДС на величину падения напряжения в сопротивлении обмотки якоря:

$$U = E - I_a \cdot R_a \quad - \quad ( \quad )$$

Проводники обмотки якоря находятся в магнитном поле, поэтому на них будут действовать электромагнитные силы, направление которых определяется по правилу левой руки.

Эти силы создают механический момент, который в режиме генератора является тормозящим, а в двигательном режиме — движущим.

## Принцип действия двигателя постоянного тока.

При протекании тока по проводнику, расположенному в магнитном поле, на проводник действует сила.

В ДПТ происходит преобразование электрической энергии в механическую. При подключении к внешнему источнику напряжения в обмотке якоря начнёт протекать постоянный ток  $I_a$ . При этом на проводники с током обмотки якоря в магнитном поле будут действовать электромагнитные силы и возникнет вращающий момент. **Направление действия** электромагнитной **силы** при переходе активной стороны секции от одного полюса к другому **не изменяется, так как коллектор меняет направление тока в обмотке якоря**. Чтобы вращающий момент был близок к постоянному нужно большое количество витков якорной обмотки. **Щёточно-коллекторный узел** при этом **является переключателем**.

Проводники обмотки якоря двигателя вращаются в магнитном поле, поэтому в них индуцируется ЭДС, значение которой определяется по

формуле  $E = B l v \sin \alpha$ . Направление этой ЭДС в двигателе не совпадает с направлением тока якоря  $I_a$  и напряжения  $U$ , поэтому ЭДС якоря двигателя называется также **противоэлектродвижущей силой**.

Приложенное к якорю двигателя напряжение уравнивается противоЭДС и падением напряжения в обмотке якоря:

$$U = E + I_a \cdot R_a$$

Таким образом, в генераторном режиме  $U < E$ , а в двигательном —  $U > E$ .

Каждая электрическая машина характеризуется номинальными данными, которые указываются на её заводском щитке. К основным номинальным данным МПТ относятся следующие:

а) **номинальная мощность  $P_n$  генератора (кВт)** - мощность на его зажимах, которую он может отдать потребителю; **под номинальной мощностью  $P_n$  двигателя** понимают полезную механическую мощность, которую он развивает (мощность на валу);

б) **номинальное напряжение ( $U_n$ )** — напряжение, для работы на котором предназначена электрическая машина;

в) **номинальная сила тока  $I_n$**  — определяется номинальными значениями мощности и напряжения;

г) **номинальная частота вращения  $n_n$**  — частота вращения якоря (ротора), развиваемая в номинальном режиме.