

## 2 Правила правой и левой руки

Работа всех электрических машин базируется на явлении электромагнитной индукции и на силовом действии электрического тока.

В процессе работы электрической машины в режиме генератора происходит преобразование механической энергии в электрическую. Природа этого процесса объясняется *законом электромагнитной индукции*: если внешней силой  $F$  воздействовать на помещенный в магнитное поле проводник длиной  $l$  и перемещать его (рисунок 1), например, слева направо перпендикулярно вектору индукции  $B$  магнитного поля со скоростью  $v$ , то в проводнике будет наводиться электродвижущая сила (ЭДС)

$$E = B \cdot l \cdot v.$$

Для определения направления ЭДС следует воспользоваться правилом «правой руки» (рисунок 1). Применив это правило определим направление ЭДС в проводнике (от нас). Если концы проводника замкнуты на внешнее сопротивление  $R$  (потребитель) то под действием ЭДС в проводнике возникнет ток такого же направления. Таким образом движущийся проводник в магнитном поле можно рассматривать в этом случае как *элементарный генератор*.

А

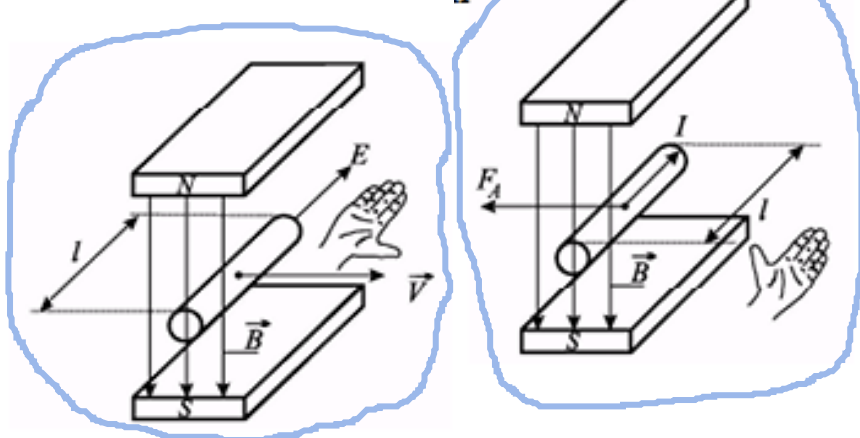


Рисунок 1 – Правило правой руки для определения направления ЭДС

Рисунок 2 – Правило левой руки для определения направления силы

В результате взаимодействия тока  $I$  с магнитным полем возникает действующая на проводник электромагнитная сила

$$F = B \cdot l \cdot I.$$

Направление этой силы можно определить по правилу «левой руки» (рисунок 2). В рассматриваемом случае эта сила направлена справа налево, т.е. противоположно движению проводника. Таким образом, в рассматриваемом элементарном генераторе сила  $F$  является тормозящей по отношению к движущей силе.

Умножив обе части равенства для электромагнитной силы на скорость движения проводника, получим

$$F \cdot v = B \cdot l \cdot I \cdot v = E \cdot I.$$

Левая часть равенства определяет значение механической мощности, затрачиваемой на перемещение проводника в магнитном поле, правая часть – значение электрической мощности, развиваемой в замкнутом контуре током. Знак равенства между этими частями показывает, что в генераторе механическая мощность, затрачиваемая внешней силой, преобразуется в электрическую.

Если внешнюю силу к проводнику не прикладывать, а от источника электроэнергии подвести к нему напряжение  $U$  так, чтобы ток  $I$  в проводнике имел направление, указанное на рис 2, то на проводник будет действовать только электромагнитная сила. Под действием этой силы проводник начнет двигаться в магнитном поле. При этом в проводнике индуцируется ЭДС с направлением противоположным напряжению. Таким образом, часть напряжения  $U$ , приложенного к проводнику сопротивлением  $r$ , уравнивается наведенной в этом проводнике ЭДС  $E$ , а другая часть составляет падение напряжения в проводнике  $U = E + Ir$ . Умножим обе части равенства на ток  $I$ :  $UI = EI + I^2r$ .

С учетом формулы для ЭДС и электромагнитной силы, получим

$$UI = Fv + I^2r.$$

Из этого равенства следует, что электрическая мощность ( $UI$ ), поступающая в проводник, частично преобразуется в механическую ( $Fv$ ), а частично расходуется на покрытие электрических потерь в проводнике ( $I^2r$ ).

Следовательно, проводник с током, помещенный в магнитном поле, можно рассматривать как *элементарный электродвигатель*.

Рассмотренные явления позволяют сделать следующие выводы:

а) для любой электрической машины обязательно наличие электропроводящей среды (проводников) и магнитного поля, имеющих возможность взаимного перемещения;

б) при работе электрической машины, как в режиме генератора, так и в режиме двигателя одновременно наблюдаются создание ЭДС в проводнике, пересекающем магнитное поле, и возникновение силы, действующей на проводник, находящийся в магнитном поле, при протекании по нему электрического тока;

в) взаимное преобразование механической и электрической энергий в электрической машине может происходить в любом направлении, т. е. одна и та же электрическая машина может работать как в режиме двигателя, так и в режиме генератора, это свойство электрических машин называют *обратимостью*.