

Динамическая поляризация тел вращающихся по окружности в однородном магнитном поле

Для объяснения возникновения ЭДС в проводнике движущимся в однородном магнитном поле прибегают к силе Лоренца. Если проводник движется в магнитном поле так, что вектор скорости $\vec{V}$ перпендикулярен оси проводника, а вектор индукции магнитного поля $\vec{B}$ перпендикулярен, как оси проводника, так и его скорости, то стороны магнитного поля на заряды будут действовать силы Лоренца, направленные, в соответствии с правилом левой руки, вдоль оси проводника (рис. 1).

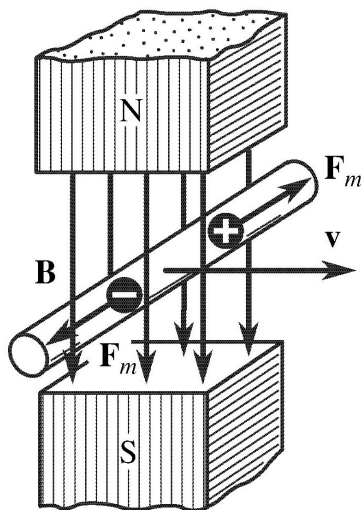


Рис. 1

При перемещении проводника в однородном магнитном поле, в одном направлении с постоянной скоростью $\vec{V}$, в проводнике под воздействием силы Лоренца, происходит перераспределение зарядов, другими словами говорят, что проводник — поляризуется, и если цепь замкнута, то гальванометр показывает наличие постоянного тока в цепи. На основе данного физического явления изобретены и построены практически все известные генераторы электрического тока. Зная физические законы лежащие в основе объяснения возникновения ЭДС индукции, можно казалось бы без всяких противоречий объяснить и явление униполярной индукции, для этого, например, обратимся к научно-популярной статье кандидата физико-математических наук Д. Лебедева [1].

— Явление униполярной индукции заключается в том, что при движении намагниченного тела происходит его поляризация: в одном месте на поверхности тела собираются положительные заряды, в другом — отрицательные. Если теперь к этим точкам приложить проводник, то по нему потечёт ток.

Разберёмся более подробно, как в лабораторной системе координат возникает электрический ток в представленном униполярном генераторе на рис. 2. Внешний проводник AB для нас неподвижен, а участок цепи, проходящий по радиусу магнита, движется, появляется сила Лоренца, которая гонит ток по замкнутому контуру. (Заметим, что этот контур фиктивный, поскольку в него при вращении магнита входят всё новые и новые участки OB)...

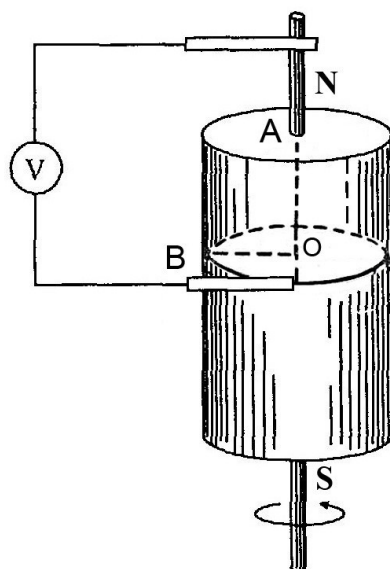


Рис. 2

Итак, в основе униполярной индукции, рассмотренной на примере выше представленного униполярного генератора (в лабораторной системе координат) — лежит принцип радиального вращения проводника по окружности в однородном магнитном поле, также из всего выше сказанного можно сделать вывод, что независимо от того — перемещается ли проводник в однородном магнитном поле в одном направлении с постоянной скоростью V или проводник радиально-вращается по окружности в однородном магнитном поле, то и в первом и во втором случае в проводнике под воздействием силы Лоренца, происходит перераспределение зарядов: в одном месте на поверхности проводника собираются положительные заряды, в другом — отрицательные. На первый взгляд всё кажется верным и правильным, единственное, что меня всегда смущало это то, что при прямолинейном перемещении проводника в однородном магнитном поле каждая его часть движется с одной и той же скоростью относительно друг друга, а при радиальном вращении проводника по окружности в однородном магнитном поле имеется разница окружных скоростей между концом проводника находящегося на оси вращения и его концом находящимся на периферии описываемой им окружности, и что та часть проводника которая находится на оси вращения — вообще вращается вокруг своей оси. Чтобы развеять свои сомнения, я решил вначале поискать что-нибудь по этому вопросу в научной литературе, мои поиски оказались практически безрезультатными, кроме одной научной статьи докторов технических наук А. И. Багаева и А. А. Багаева [2], где рассматривается этот вопрос и делается вывод — что в линейном проводнике вращающимся в постоянном магнитном поле с постоянной частотой вращения ЭДС не наводится, таким образом (как выяснилось), я далеко не первый кто обратил на это внимание.

Сомнения остались, поэтому я решил сравнить картины распределения зарядов на поверхности проводника который прямолинейно перемещается в однородном магнитном поле, с проводником который радиально-вращается по окружности в однородном магнитном поле. Если в первом случае картина распределения зарядов не вызывает ни каких сомнений, то во втором случае требуется провести физические измерения для выявления картины распределения зарядов.

Мною был взят металлический диск который был насажен на вал электродвигателя и при этом помещённый в однородное магнитное поле, диск был приведён во вращение и с помощью современного чувствительного электронного электроскопа, я исследовал картину распределения зарядов на его поверхности. Полученные данные позволили выяснить картину распределения электрических зарядов (полей) на поверхности диска, а также и соответственно, и проводника который радиально бы вращался бы по окружности в однородном магнитном поле.

Сравним картины распределения электрических зарядов (полей) на поверхности проводника который движется прямолинейно в однородном магнитном поле и проводника — радиально-вращающегося по окружности в однородном магнитном поле. Нагляднее всего, представить эти картины с помощью лёгких металлических лепестков (как у электроскопа), размещённых симметрично по телу проводников (рис. 3).

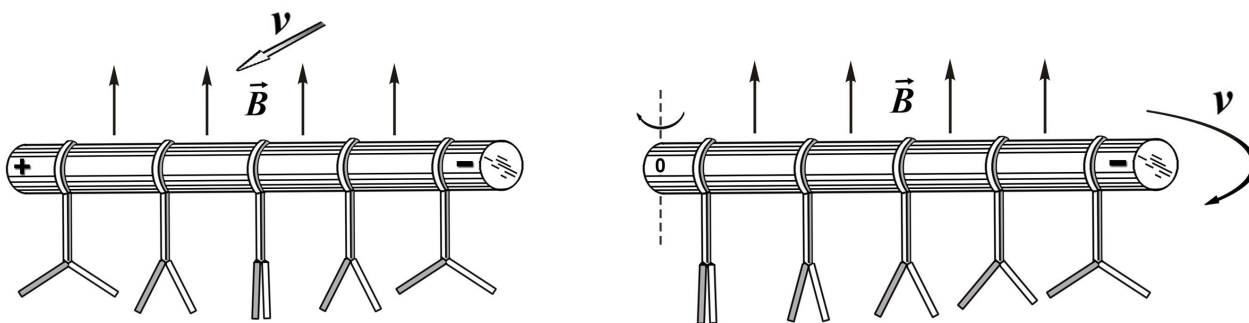


Рис. 3

На первый взгляд полученные результаты выглядят парадоксально. Действительно, если в первом случае заряды распределились симметрично (по модулю) относительно центральной части проводника и только в центральной части проводника электрическое поле практически нейтрально, то в случае проводника радиально-вращающегося по окружности картина распределения зарядов получилась совсем иная. Как видно из рис. 3 в данных физических условиях на конце проводника который движется по периферии окружности концентрируется максимальный отрицательный электрический заряд, который затем постепенно убывает к другому концу проводника (к центру оси вращения), где напряжённость электрического поля становится практически равной нулю, таким образом мы имеем разность потенциалов между максимальным значением заряда одного знака и практически нулевым его значением. Такое распределение зарядов произошло в следствии отличных окружных скоростей между концом проводника находящегося на оси вращения и его концом находящимся на периферии описываемой им окружности. Сравнение полученных результатов полностью расходится с общепринятым утверждением, что при вращении постоянного магнита в форме цилиндра, между осью цилиндра и его боковой поверхностью появляется разность потенциалов аналогичной той, которая образуется у проводника который движется прямолинейно в однородном магнитном поле так, что при этом на одном конце проводника скапливаются отрицательные заряды, а на другом — положительные. Хотелось бы заметить, что данному ошибочному утверждению уже практически двести лет, т.е. с того дня как М. Фарадей впервые в 1831 г. в своих «Экспериментальных исследованиях по электричеству» описал созданный им униполярный генератор.

Для того, чтобы дополнительно убедиться в том, что заряды на поверхности металлического диска или проводника который радиально-вращается по окружности в однородном магнитном поле, распределяются именно так как показано на рис. 3, я решил обратиться к вопросу о симметричности электромагнитных процессов. Если металлический диск при вращении в однородном магнитном поле поляризуется так, что заряд одного знака (скажем отрицательный заряд) максимально скапливается на периферии окружности диска и постепенно убывает практически до нулевого потенциала к центру диска, то если мы поместим на другой металлический диск, отрицательный заряд со схожей картой распределения зарядов и приведём этот диск во вращение, то в пространстве вокруг диска мы должны будем зарегистрировать аналогичное по физическим характеристикам магнитное поле. К счастью сама природа нам помогает в этом. Известно, что если на металлический диск радиусом R поместить заряд q , то на расстоянии r от центра диска поверхностная плотность заряда будет равна:

$$\sigma(r) = \frac{\sigma_0}{\cos \alpha} = \frac{\sigma_0 R}{\sqrt{R^2 - r^2}}$$

Видно, что поверхностная плотность заряда при удалении от центра диска возрастает и при приближении к краю диска стремится к бесконечности [3]. Таким образом заряд q помещённый на металлический диск радиусом R будет иметь максимальную поверхностную плотность по периферии диска и практически нулевым — в центре диска. Зарядив диск отрицательным потенциалом, я привёл его во вращение (рис. 4) и при этом в пространстве вокруг диска зафиксировал аналогичное по физическим характеристикам магнитное поле.

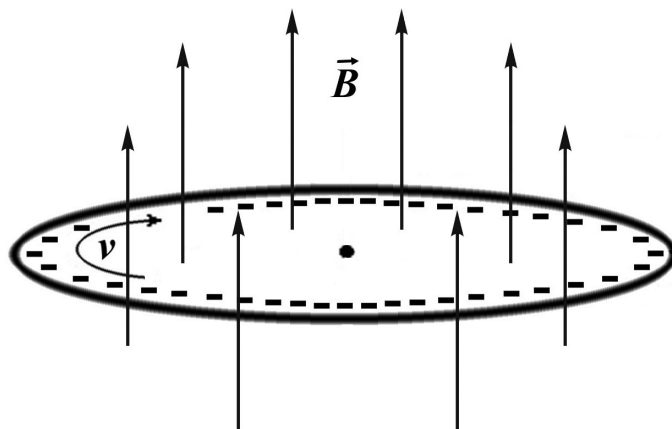


Рис. 4

На основе полученных результатов, я делаю следующий вывод:

При вращении металлического диска (проводника) в однородном магнитном поле, происходит его динамическая поляризация, причём поверхностная плотность зарядов одного знака возрастает от центра диска и достигает максимального своего значения на периферии этого диска.

С помощью поставленных экспериментов появилась возможность (как мне видется) поставить некую точку в вопросе — распределяются ли заряды в металлическом диске (вращающегося вокруг своей оси) или в радиально-вращающемся по окружности проводнике помещённых в однородное магнитное поле точно также, как у проводника который движется в магнитном поле так, что вектор скорости перпендикулярен оси проводника, а вектор индукции магнитного поля перпендикулярен, как оси проводника, так и его скорости.

При прямолинейном движения проводника в однородном магнитном поле наблюдается разделение зарядов противоположных знаков, причём заряды распределяются симметрично (по модулю) относительно центральной части проводника и только в центральной части проводника электрическое поле практически нейтрально. В случае радиально-вращающегося проводника или диска (вращающегося вокруг своей оси) в однородном магнитном поле наблюдается — перераспределение зарядов одного знака, причём поверхностная плотность зарядов одного знака возрастает от центра оси вращения проводника (диска) к его периферии.

Список используемой литературы:

1. Д. Лебедев
«Секреты униполярной индукции» журнал «Наука и жизнь» (№6 1964г.)
2. А. И. Багаев, А. А Багаев
«Электромагнитные парадоксы в униполярных машинах»
Вестник Алтайского государственного университета за 2006 год, №2
3. А. Черноуцан
«Распределение заряда на тонком диске» журнал «Квант» (№1 1998г.)