

## ОБЪЯСНЕНИЕ ЭФФЕКТА Ж. ГУБЕРА

**Сильвестров А.Н., д.т.н., проф., Зименков Д.К., ст. препод., Пархоменко А.М., студент**

*НТУУ «КПИ», кафедра теоретической электротехники*

**Введение.** Полвека назад Ж.Губер обнаружил следующее явление: если через колёсную пару, которая катится по рельсам, пропускать ток от одной рельсы ко второй, то, независимо от направления тока, постоянного или переменного, возникает механическая сила по направлению движения. Предоставить теоретическое обоснование этой силы в рамках существующей теории ученым [1,2,3,4] показалось сложным. Проблема еще более осложнилась после того, как подобное явление было выявлено [5] в подшипниковой паре, которая состояла из вала с маховиком и двух роликовых или шариковых подшипников, через которые проходил ток. При наличии предварительного вращения вала и соответствующего значения тока, вращательное движение продолжалось [1]. Многофакторность воздействий в эффекте Ж. Губера существенно усложнила теоретическое выявление главных факторов.

**Цель работы.** Для объяснения эффекта Губера следует критически рассмотреть существующие исследования и доработать их в пределах классических законов физики с целью получения достоверного объяснения эффекта.

**Обзор существующих объяснений эффекта.** Ж.Губер считал очевидной электродинамическую природу эффекта. Но непонятно какую траекторию имеет ток в теле колеса, какое значение и направление силы Ампера? Как показалось Г.В. Николаеву [4], ток и магнитный поток в подшипнике равнонаправлены. Поэтому, для объяснения возникновения силы Ампера, ему пришлось предложить существование магнитного поля, которое совпадает по направлению с током, который его создал. Однако в природе существует магнитное поле тока, которое имеет только вихревой характер. М.И. Грамм [2], на основе принципа минимума суммарных потерь энергии, постарался дать объяснение эффекта Ж.Губера, вводя целый ряд необоснованных допущений. Возможно, сила Лоренца? Но, как кажется П. Демину [5], эти силы не могут создать крутящего момента. Тот же вывод он делает относительно действия закона Ленца. В 1963 году В.В. Косырева, В.Д. Рябко и Н.Н. Вельман, а в 1967 году Р. Мильрой реализовали эффект Ж.Губера на роликовых и шариковых подшипниках. В.В. Косырева и др. так объяснили эффект: «Подвижная часть вращается в результате упругой деформации деталей при нагреве их протекающим по ним током». Т.е. как бы возникает подвижная волна теплового расширения направляющих (рельс, колец), которая и подталкивает колесо или шарик. Однако тепловая инерционность рельсы или кольца настолько велика, что такая волна может иметь место только для сверхмалых скоростей, при которых эффект Ж.Губера исчезает. Отвергая предыдущие гипотезы, К. М. Поливанов, А.В. Нетушил и Н.В. Татарина [1] считали, что причиной

движения является электрическая искра, которая возникает между подвижной и неподвижной частями позади точки соприкосновения, увеличивая давление воздуха и толкая колесо или шарик. Чтобы подтвердить это они поместили двигатель Косырева-Мильроя под вакуумный колпак. После постепенной откачки воздуха двигатель остановился. Поэтому с 1971 года, после опыта в вакууме, большинством ученых была принята эта гипотеза.

В 2008 году Кузьмин В.В., Шпатенко В.С., возвращаясь к гипотезе Ж.Губера, намекнули на возможность криволинейности траектории тока в подвижной части и амперовского взаимодействия взаимно не перпендикулярных токов колеса и рельсы в области контакта (рис.1). Если колесо вращается с угловой скоростью  $\omega$  и движется с линейной скоростью  $U$ , то в зоне соприкосновения между токами рельсы и колеса образуется острый угол, под которым находятся встречно направленные токи. Они взаимно отталкиваются, образуя по закону Ампера силу  $F_a$  с ненулевым плечом относительно точки соприкосновения. Таким образом, первичная гипотеза Ж.Губера об электродинамическом эффекте ими частично подтверждалась.

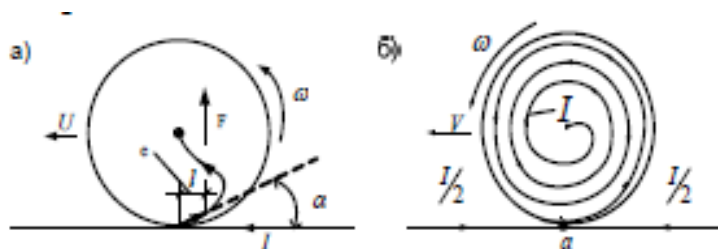


Рисунок 1 – а) Модель Кузьмина В.В., Шпатенко В.С.  
 б) Траектория тока в движущемся колесе

Предположение [7] об искривлении траектории тока в колесе или шарах справедливо. Однако, для реальных скоростей  $V_1$  движения электронов к (или от) центра,  $V_1 = \beta \varepsilon(x)$ , скорость  $V_2$  их переноса телом колеса или шарика, которые вращаются с угловой скоростью  $\omega$ ,  $V_2 = \omega x$  (где  $\beta$  – коэффициент подвижности электронов в металле,  $\varepsilon(x)$  – напряженность электрического поля,  $x$  – расстояние траектории к оси, для  $x$ , близкого к радиусу  $r$  колеса или шарика) намного больше  $V_1$ . То есть, траектория движения каждого из электронов будет иметь вид антиспирали Архимеда (рис.1, б). При вращении колеса точка касания  $a$  перемещается по окружности колеса со скоростью  $\omega r$ , заряжая периметр колеса отрицательным или положительным зарядом в зависимости от полярности источника тока. То есть имеет место как бы динамическая электризация токопроводящего колеса. Так, если рельса имеет отрицательный потенциал, то из нее в колесо, в конкретный момент  $t_1$ , под действием напряженности  $\varepsilon_k$  электрического поля в точке касания  $a$ , входят свободные электроны. Точка касания перемещается, и эти электроны под действием небольшой напряженности электрического поля в теле колеса очень медленно движутся к оси. Так как множество моментов  $t_1$  образует континуум,

то имеет место распределенное во времени и пространстве колеса спиралевидное движение электронов.

Вектор плотности тока  $\vec{j}(x)$  будет иметь две составляющие:

$$\vec{j}(x) = \rho [\vec{V}_1(x) + \vec{V}_2(x)], \quad (1)$$

где  $\rho$  – объемная плотность зарядов.

Чем больше  $\omega$ , тем больше  $V_2(x)$  при почти неизменной от  $\omega$  радиальной составляющей  $V_2(x)$ , особенно, если  $x$  близок к  $r$ . По закону Ампера тангенциальная составляющая  $\rho V_2(x)$ , как многовитковая спираль тока, взаимодействует с токами  $I/2$  направляющей, создавая справа от точки соприкосновения отталкивающую, а слева – притягивающую силы Ампера, а соответственно и крутящий момент.

Если для первого приближения в зоне соприкосновения считать токи в рельсе и токи переноса в колесе справа антипараллельными, а слева – параллельными и одинаковыми со средним расстоянием между ними  $\delta_{cp}$  и длиной зоны  $l$ , то сила Ампера  $F_a$  будет равна:

$$F_a = \pm \frac{\mu_0}{8\pi\delta_{cp}} I^2 l \approx \frac{10^{-12}}{\delta_{cp}} I^2 l, \quad (2)$$

где  $\mu_0 = 4\pi 10^{-12}$  – магнитная постоянная.

Крутящий момент от пары этих сил

$$M = F_a l = \frac{10^{-12}}{\delta_{cp}} I^2 l. \quad (3)$$

Чем больше радиус колеса  $r$ , тем больше соотношение  $I^2/\delta_{cp}$  и момент  $M$ .

Для небольших токов ( $I = 20$  А) искрение в зоне соприкосновения отсутствует. То есть крутящий момент образуется на основе электромагнитного взаимодействия по закону Ампера. Кроме того, как показал опыт авторов с двигателем Косирева- Мильроя с небольшими шарикоподшипниками и током в 20 А двигатель через 5 ÷ 8 минут работы начинает тормозиться и останавливается. Эффект остановки объясняется линейным расширением радиуса  $r$  шариков в результате нагрева их током. По закону Джоуля - Ленца и уравнению термодинамики

$$\frac{cm}{k_{TB}} \frac{d\Delta\theta^\circ}{dt} + \Delta\theta^\circ = \left(\frac{I}{n}\right)^2 \frac{R(t)}{k_{TB} S_{OX}}, \quad (4)$$

где  $n$  – количество шариков в подшипнике;  $c$  – коэффициент теплоемкости стали,  $m$  – масса шариков;  $k_{TB}$  – коэффициент теплоотдачи с поверхности охлаждения  $S_{OX}$  шарика;  $R$  – электрическое сопротивление между точками касания шарика.

Тепловая постоянная времени  $\tau = \frac{cm}{k_{\text{ТВ}}S_{\text{ОХ}}}$  характеризует экспоненту нагрева шариков до установившегося значения

$$\theta_{\infty}^{\circ} = \theta_0^{\circ} + \frac{R(\theta_{\infty}^{\circ})}{n^2 k_{\text{ТВ}} S_{\text{ОХ}}} I^2, \quad (5)$$

которое будет тем больше, чем меньше  $k_{\text{ТВ}}$ .

Воздух имеет гораздо больше  $k_{\text{ТВ}}$ , чем вакуум. Именно по этой причине в опыте авторов статьи [1] двигатель Косырева-Мильроя остановился в вакуумной камере. К сожалению, они на этот фактор не обратили внимания. В нашем образце двигателя шарики разогревались примерно до  $200^{\circ}\text{C}$  и, имея температурный коэффициент расширения  $\alpha = 13 \times 10^6$ , увеличили свой диаметр на  $0.026 \text{ мм}$ , что соизмеримо с зазором в точках соприкосновения шариков к колец. В результате роста механического противодействия двигатель через (3 ÷ 4)т останавливался. Это явление отсутствует в двигателе Ж.Губера, где одна точка соприкосновения.

Почему при существенном увеличении  $\omega$  тока  $I$  уменьшается; почему ток и магнитный поток в двигателе Косырева - Мильроя совпадают по направлению, как модернизировать двигатель Ж. Губера, чтобы получить не нулевой пусковой момент, показано в работе [7].

**Вывод.** Из анализа существующих объяснений эффекта Ж. Губера и собственных исследований подтверждено и уточнено гипотезу Ж. Губера о электродинамической природе эффекта, выяснена термодинамическая природа остановки двигателя Косырева – Мильроя в вакууме, которая отвергает гипотезу [1].

#### Перечень ссылок

1. Поливанов К. М., Татарина Н. В., Нетушил А.В. Электромеханический эффект Губера // Электричество.– 1973. – №8. – 72-76 с.
2. Грамм М. И. Принцип минимума и возможное объяснение эффекта Губера// Электричество. – 2002. - № 12. – 57 – 60с.
3. Нетушил А.В. Изобретение Дж. Серла, как развитие эффекта Губера//Электричество. – 1991. - № 4 – с. 50 – 61.
4. Николаев Г.В. Современная электродинамика и причины ее парадоксальности. Томск: Твердыня – 2003 – 149 с.
5. Демин П. Эффект Губера и летающие тарелки //Наука и жизнь. –1991. –№7. – 70 – 74.
6. Кузьмин В.В. Шпатенко В.С. О природе появления вращающего момента в двигателе Косырева-Мильроя//Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2008 (50). Частина 1. – 2008.– с. 119 – 123.
7. Сільвестров А.М., Зіменков Д.К.Трубцін К.В. Проблема пояснення ефекту Губера та її вирішення. Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах//Електромеханічні системи та автоматизація//Кременчук: КНУ, 2015, Вип. 1/2015(3) 123 – 126.