

ЯВИЩЕ ДИНАМІЧНОЇ ЕЛЕКТРИЗАЦІЇ ПРОВІДНИКА У ДВИГУНАХ Ж. ГУБЕРА І КОСИРЕВА-МІЛЬРОЯ

Спінул Л.Ю., к.т.н., доц., Зіменков Д.К., ст. викл., Безперстов Р.С., студент,
Фомін В.С., студент

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра теоретичної електротехніки

Вступ. Пояснення того іншого фізичного явища конче важливе, як у теоретичному, так і в практичному аспекті. Виявлене австрійським інженером Ж. Губером явище, так званий «Ефект Губера», полягало в тому, що якщо від рейки до рейки залізничної колії через рухому колісну пару залізничного потягу пропускати електричний струм, то виникає додаткова механічна сила в напрямку руху, яка збільшує швидкість. З 1951 року по теперішній час багато вчених намагалися пояснити і використати цей ефект. Електродинамічна природа ефекту здавалась очевидною, але фізично детально обґрунтувати це було складно. Незрозумілість ефекту й низький коефіцієнт корисної дії двигуна Косирева-Мільроя вимагали від вчених подальших досліджень із метою пояснення ефекту Губера й визначення галузей його ефективного використання.

Мета роботи: Проаналізувати існуючі пояснення ефекту Ж. Губера та уточнити гіпотезу Ж. Губера про електродинамічну природу ефекту. Обґрунтувати термодинамічну природу зупинки двигуна Косирева-Мільроя у вакуумі.

Матеріали і результати досліджень. Для пояснення ефекту Губера необхідно розглянути існуючі дослідження та доопрацювати їх в рамках класичних законів фізики з метою отримання достовірного пояснення ефекту. Ж. Губер вважав очевидним електродинамічну природу ефекту, оскільки сила виникає тільки за наявності руху коліс у магнітному полі струму рейки. Але не зрозуміло яку траєкторію має струм у тілі колеса чи кульок підшипника та яке значення та напрямок сили Ампера? Так для пояснення виникнення сили Ампера довелося припустити існування магнітного поля, вісь якого збігається у напрямку зі струмом, який його створив. Однак магнітне поле струму, що існує в природі, має вихровий характер. На думку деяких вчених [2] додатковою силою, що пришвидшує рух колісної пари, є сила Лоренца. Але, як сила Ампера, так і сила Лоренца не можуть створити крутного моменту. Той самий висновок було зроблено щодо дії закону Ленца. У 1963 року ефект Ж.Губера було реалізовано на роликівих і кулькових підшипниках. Цей ефект було пояснено так: "Рухома частина обертається в результаті пружної деформації деталей при нагріванні їх струмом, що протікає по них". Виникає рухлива хвиля теплового розширення напрямних (рейка, кілець), яка підштовхує колесо або кульку. Однак теплова інерційність рейки чи кільця настільки велика, що така хвиля може мати місце лише для надмалих швидкостей, при яких ефект Ж. Губера зникає. Якщо відкинути попередні гіпотези, то причиною руху можна

вважати електричну іскру, яка виникає між рухомою та нерухомою частинами позаду точки дотику, яка збільшує тиск повітря та штовхає колесо або кульку. Щоб це підтвердити, двигун Косирєва-Мільроя було поміщено під вакуумний ковпак. Після відкачування повітря двигун зупинився. З 1971 року, після досвіду у вакуумі, більшістю вчених була прийнята ця гіпотеза [1]. У 2008 році було висунуто гіпотезу про можливість криволінійності траєкторії струму в рухомій частині та амперівської взаємодії взаємно неперпендикулярних струмів колеса та рейки в області контакту (рис.1,а). Якщо колесо обертається з кутовою швидкістю ω , то в зоні дотику між струмами рейки та колеса утворюється гострий кут α , під яким знаходяться зустрічно спрямовані струми. Вони взаємно відштовхуються, утворюючи за законом Ампера силу F_a з нульовим плечем щодо точки зіткнення. Таким чином, гіпотеза Ж.Губера про електродинамічний ефект частково підтверджується.

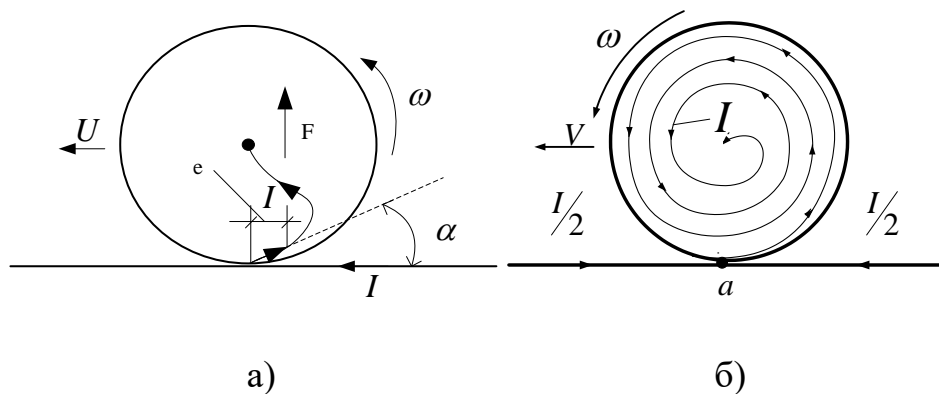


Рисунок 1 – Ефект Губера:

а) напрями струмів колеса і рейки; б) траєкторія струму в колесі, що рухається.

Припущення про викривлення траєкторії струму в колесі чи куль справедливе. Однак для реальних швидкостей V_1 руху до або від центру електронів $V_1 = \beta \epsilon(x)$, швидкість $V_2 = \omega x$ їхнього перенесення тілом колеса або кульки, які обертаються з кутовою швидкістю ω , де β коефіцієнт рухливості електронів в металі, $\epsilon(x)$ -напруженість поля, x -відстань траєкторії до осі, для x близького до радіусу колеса r або кульки набагато більше V_1 . Тобто траєкторія руху кожного з електронів матиме вигляд “анти-спіралі” Архімеда (рис.1,б). При обертанні колеса точка a торкання переміщається по колу колеса зі швидкістю ωr , заряджаючи периметр колеса негативним чи позитивним зарядом залежно від полярності джерела струму. Таким чином має місце динамічна електризація струмопровідного колеса. Якщо рейка має негативний потенціал, то з неї в колесо під впливом напруженості електричного поля в точці входять вільні електрони. Точка дотику переміщається і ці електрони під впливом напруженості ϵ_k електричного поля в тілі колеса a дуже повільно дифундують до осі. Має місце розподілений у часі та просторі колеса

спіралеподібний рух електронів щодо осі колеса. Вектор щільності струму $\vec{j}(x)$:

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

де ρ – об'ємна щільність зарядів.

Чим більше ω , тим більше $\vec{V}_2(x)$ за майже незалежної від ω радіальної складової $\vec{V}_1(x)$, особливо якщо x близький до r . За законом Ампера тангенціальна складова $\rho \vec{V}_2(x)$ цього струму взаємодіє зі струмами провідності $I/2$ направляючої (рис.1,б), створюючи праворуч від точки торкання відштовхувальну, а зліва – притягуючу складові сили Ампера. Якщо для першого наближення в зоні зіткнення вважати струми рейки та тангенціальну складову струму в колесі паралельними і однаковими з середньою відстанню між ними $\delta_{сер}$ та довжиною зони l , то сила Ампера F_a :

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

де $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-12}$ – магнітна стала, I – тангенціальна складова струму в колесі.

Тоді крутний момент

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

Чим більший радіус r колеса, тим більше співвідношення $l^2/\delta_{сер}$ та момент M . Для створення якомога більшого моменту можлива конструкція двигуна з близькими діаметрами кругової напрямної та колеса та загального колінчастого валу, що переводить рух по спрямовуючій у обертальний рух головного валу. Для невеликих струмів іскріння в зоні дотику відсутнє. Тобто крутний момент утворюється у відповідності до закону Ампера на основі електромагнітної взаємодії. Крім того, як показав досвід авторів із двигуном Косирева-Мільроя з невеликими кулько-підшипниками та струмом 20А у двигун через 5÷8 хвилини роботи починає гальмуватися і зупиняється. Ефект зупинки пояснюється лінійним розширенням радіусу r кульок внаслідок їх нагрівання струмом:

$$\frac{cm}{\kappa_{\text{ТВ}}S_{\text{ОХ}}} \frac{d\Delta\theta^{\circ}}{dt} + \Delta\theta^{\circ} = \left(\frac{I}{n}\right)^2 \frac{R(t)}{\kappa_{\text{ТВ}}S_{\text{ОХ}}}, \quad (4)$$

де n – кількість кульок у підшипнику; c – коефіцієнт теплоємності сталі, m – маса кульок; $\kappa_{\text{ТВ}}$ – коефіцієнт тепловіддачі з поверхні охолодження $S_{\text{ОХ}}$ кульки; R – електричний опір між точками торкання.

Теплова стала часу характеризує експоненту нагрівання кульок до встановленого значення $\tau = \frac{c \cdot m}{\kappa_{\text{ТВ}}S_{\text{ОХ}}}$

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

яке буде тим більше, чим менше $\kappa_{\text{ТВ}}$. Повітря має $\kappa_{\text{ТВ}}$ набагато більше, ніж вакуум. Саме з цієї причини двигун Косирева-Мільроя зупинився у вакуумній камері. У зразку двигуна кульки розігрівалися до 200°C і, маючи температурний коефіцієнт розширення $\alpha=13 \cdot 10^{-6}$, збільшили діаметр на 0.026 мм , що можна порівняти з зазором. Внаслідок зростання механічної протидії двигун через $(3 \div 4)\tau$ зупинявся. Це явище відсутнє у двигуні Ж. Губера, де одна точка зіткнення.

Висновок. В результаті аналізу існуючих пояснень ефекту Ж. Губера та власних досліджень виявлено явище динамічної електризації провідних середовищ, підтверджено та уточнено гіпотезу Ж. Губера про електродинамічну природу ефекту, з'ясовано термодинамічну природу зупинки двигуна Косирева-Мільроя у вакуумі.

Перелік посилань

1. A. Silvestrov, D. Zimenkov, L. Spinul, V. Svyatnenko. An explanation of the J. Huber effect, which does not contradict the laws of physics and experimental research // System Research & Information Technologies, 2022, No 2 p.137-142.
2. А.М. Сільвестров, Д.К. Зіменков. Монографія "Ефект Ж. Губера (лабіринти наукового пошуку)". Київ 2020. – 132 с.
3. Сільвестров А.М., Зіменков Д.К. Трубіцин К.В. Проблема пояснення ефекту Губера та її вирішення. Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. // Елекромеханічні системи та автоматизація // Кременчук: КНУ, 2015, Вип.1/2015(3), С.123-126.