

Мікросистеми та фізична електроніка

УДК 537.636

Розробка способу подолання теореми Ірншоу при явищі магнітної левітації

Свердліченко Д.Ю.,

e-mail plkpi_kvmm@ukr.net

Політехнічний ліцей

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» www.pl.kpi.ua

Київ, Україна

Реферат— Магнітні матеріали бувають дуже різні і мають різні властивості. Вчені весь час працюють над створенням нових магнітних матеріалів. А нові магніти – це нові галузі їх застосування. Можна стверджувати, що використовуючи тільки феромагнетики, неможливо стійко утримувати об'єкт в гравітаційному полі. Це твердження базується на теоремі Ірншоу. Але за допомогою неодимових магнітів, надпровідників і систем з вихровими струмами можливо досягти стійкої левітації об'єкта під час його руху. Авторами роботи був розроблений пристрій «левітрон», за допомогою якого показано, що можна досягти стійкої рівноваги тіла під час його руху в вертикальному магнітному полі. Стабілізації при явищі магнітної левітації під час руху можна досягнути за допомогою крил різної форми, які кріпляться до магніту. Крила дають можливість запобігти обертанню магніту та стабілізувати його власний рух в горизонтальній площині.

Ключові слова — теорема Ірншоу; стійка рівновага; левітація; феромагнетик; неодимовий магніт; датчик Холла.

I. Вступ

Магніти та їх властивості відомі людству з давніх часів. В повсякденному житті ми звикли до властивостей магнітів притягувати до себе залізні деталі, знаємо цю властивість з дитинства. Але, в сучасному житті, магніти використовують майже в усіх галузях техніки, в медицині, в наукових дослідженнях[2].

Магнітні матеріали бувають дуже різні і мають різні властивості[1]. Магніти є постійні, існують і електромагніти. Вчені весь час працюють над створенням нових магнітних матеріалів. А нові магніти – це нові галузі їх застосування.

Одним з таких нових магнітів є неодимовий магніт. Неодимові магніти отримали свою назву від рідкоземельного металу неодим (Nd). Також до складу неодимового магніту входять невеликі кількості заліза (Fe) та бору (B). Цей магніт був створений у 1983 році незалежно компаніями General Motors, Sumitomo Corporation та Китайською академією наук. На сьогодні, неодимові магніти вважаються найпотужнішими з усіх відомих постійних магнітів.

Найактуальнішою проблемою у використанні магнітної левітації в транспорті залишається проблема, пов'язана з подоланням нестійкої рівноваги при русі магніту, що левітує.

В нашому дослідженні ми створили модель пристрою «левітрон», за допомогою якого намагаємось подолати цю проблему.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Теорема Ірншоу є однією з основних теорем електростатики. Теорема носить ім'я ірландського математика Самуеля Ірншоу, який довів її в 1842 році [4]. За цією теоремою система нерухомих точкових зарядів, розміщених на скінчених відстанях один від одного, не може бути стійкою, якщо немає інших сил, крім кулонівської взаємодії [3]. Оскільки всі тіла складаються з атомів і молекул, тобто з величезної кількості заряджених частинок, можна говорити, що, використовуючи тільки феромагнетики, неможливо створити стійку рівновагу в гравітаційному полі. Але, можна подолати теорему Ірншоу декількома способами. Один з них – механічний спосіб, який ми перевірили експериментально.

Левітація (від лат.levitas – легкість) – стійка рівновага об'єкта у гравітаційному полі без безпосереднього контакту з іншими тілами. Необхідними умовами для левітації є наявність вертикальної сили, що компенсує силу тяжіння, та наявність горизонтальних сил, що виникають за зміщення тіла вбік і забезпечують його стійку рівновагу[2]. Одним із найпоширеніших способів левітації є використання надпровідників, охолоджених рідким азотом.



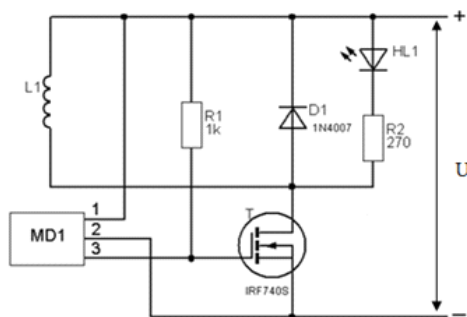


Рис. 1 Схема пристрою «Левітрон»

Для стабілізації магнітів в транспорті застосування надпровідників є технічно важким і дуже дорогим. Ми в нашому дослідженні запропонували кріпити до магніту крило, яке буде перешкоджати обертанню магніту і тим самим буде стабілізувати його траєкторію руху. Був проведений експеримент з крилами двох різних форм. Кращий результат отримали при використанні крила, що складається з двох рамок, розміщених у взаємно перпендикулярних площинах.

Пристрій «Левітрон» (рис.1) складається з двох магнітів: постійного неодимового магніту та електромагніту. Електромагніт (котушка) з'єднаний з датчиком Холла (який при наближенні магнітного поля до нього знижує силу струму в котушці, тим самим регулюючи відстань від левітуючого магніту до котушки).

Характеристики та основні елементи схеми:

- $U = 9\text{В}$;
- $L1$ – котушка (електромагніт) 550 витків;
- MD1 – датчик Холла;
- $R1$ (1k) / $R2$ (270) – резистори на 1000 Ом та 270 Ом;
- D1 – Діод;

- T (IRF740S) – транзистор;
- HL1 – світлодіод.

На фотографії ліворуч на магніт прикріплено крило, що має форму пластини, на фотографії праворуч крило складається з двох взаємно перпендикулярних пластин.

Розрахунки розмірів крил проводилися за формулою:

$$S = \frac{2F}{\xi v^2 \rho}, \quad (1)$$

де F – сила опору, що діє на тіло під час його руху, Н; ξ – безрозмірний коефіцієнт опору середовища (з довідника для повітря $\xi=1,95$); S – площа перерізу тіла, перпендикулярного напрямку руху, м^2 ; v – швидкість руху тіла, м/с ; ρ – густина середовища, кг/м^3 .

В експерименті було використано неодимовий магніт циліндричної форми діаметром 0,4 см та висотою 0,5 см. За розрахунками для даного магніту та середовища площа крила дорівнює 14мм^2 .

Отримали наступний результат: максимальна амплітуда обертальних коливань крила, що складається з однієї площини, зменшується до півоберту, а крила, що має форму хрестовини – до чверті оберту.

В сучасному транспорті, в якому використовується магнітна левітація (рис.3), використовують монорейку, яка є направляючою. При великих швидкостях виникають великі сили тертя, які по-перше обмежують швидкість руху транспортного засобу, по-друге, використовують досить багато енергії, яка йде на подолання сили тертя.

У випадку збалансування руху магніту, тобто якщо вдасться повністю прибрати його обертання, монорейка не знадобиться. Але виникає інша проблема: вплив магнітного поля на людину, що рухається в даному транспортному засобі. Для вирішення цієї проблеми ми пропонуємо скористатися «кліткою Фарадея», чому буде присвячене подальше дослідження.



Рис. 2 Фотографія пристрою «Левітрон»

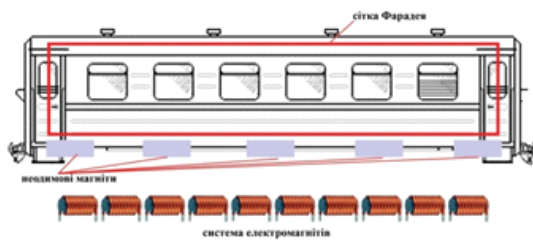


Рис. 3 Схема розміщення магнітів у транспорті

ВИСНОВКИ

Стабілізації об'єктів при використанні явища магнітної левітації під час руху можна досягти за допомогою крил різної форми, які кріпляться до магніту. Крила дають можливість запобігти обертанню магніту та стабілізувати його власний рух в горизонтальній площині. Було експериментально доведено, що

УДК 537.636

Разработка способа преодоления теоремы Ирншоу при явлении магнитной левитации

Свердличенко Д.Ю.,

e-mail plkpi_kvм@ukr.net

Политехнический лицей

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского» www.pl.kpi.ua

Киев, Украина

Реферат— Магнитные материалы бывают очень разные и имеют разные свойства. Ученые все время работают над созданием новых магнитных материалов. А новые магниты - это новые области их применения. Можно утверждать, что используя только ферромагнетики, невозможно устойчиво удерживать объект в гравитационном поле. Это утверждение базируется на теореме Ирншоу. Но с помощью неодимовых магнитов, сверхпроводников и систем с вихревыми токами возможно достичь устойчивой левитации объекта во время его движения. Авторами работы был разработан устройство «Левитрон», с помощью которого показано, что можно достичь устойчивого равновесия тела во время его движения в вертикальном магнитном поле. Стабилизации при явлении магнитной левитации при движении можно достичь с помощью крыльев различной формы, которые крепятся к магниту. Крылья дают возможность предотвратить вращение магнита и стабилизировать его собственное движение в горизонтальной плоскости.

Ключевые слова - теорема Ирншоу; устойчивое равновесие; левитация; ферромагнетик; неодимовый магнит; датчик Холла.

використання двох взаємно перпендикулярних крил є ефективнішим, ніж використання одного крила.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] V.P. Kartsev., «Magnit za tri tysyacheletiya [Magnet in three millenia],» Atomizdat, Moscow, 1968.
- [2] A. Povny, «Magnitnaya levitatsiya - chto eto takoye i kak eto vozmozhno.» [Online]. Available: <http://elektrik.info/main/fakty/1259-magnitnaya-levitatsiya.html>.
- [3] I. M. Kucheruk, I. T. Horbachuk, and P. P. Lutsyk., «Zahal'nyy kurs fizyky. Tom 2: Elektryka i mahnyzm [The main course of physics. Volume 2: Electric and Magnetism],» Kiev: Tekhnika, 2001.
- [4] Yu. N. Starodubtsev., «Magnitomyagkie materialy. Entsiklopedicheskiy slovar-spravochnik [Magnetic materials. Encyclopedic dictionary-reference],» Tekhnosfera, Moscow, 2011.

UDC 537.636

Development of a way to overcome the Earnshaw's theorem in the event of magnetic levitation

D. Yu. Sverdlichenko,

e-mail plkpi_kvmm@ukr.net

Polytechnic Lyceum

National Technical University of Ukraine

Kyiv Polytechnic Institute named after Igor Sikorsky www.pl.kpi.ua

Kiev, Ukraine

Abstract — The paper is devoted to consideration of Earnshaw's theorem and to search the way how this theorem could be overcome. Earnshaw's theorem is one of the main theorems in electrostatics. It can be proven that by use of only ferromagnets it is impossible to hold the object in a gravitational field steadily. This statement is direct consequence of Earnshaw's theorem. But with the help of neodymium magnets, superconductors, and systems with vortex currents it is possible to achieve a stable levitation of the object during its movement.

In current state neodymium magnets are considered to be the most powerful of all known permanent magnets. The problem with overcoming of unstable equilibrium in the movement of a levitating magnet still remains the most urgent problem of magnetic levitation in transport.

The author of the paper proposes new device called "Levitron" which allows to prove that it is possible to achieve a stable equilibrium, and when moving the magnet – to achieve the transverse stabilization of the object.

Stabilization with the phenomenon of magnetic levitation during movement can be achieved by use of the wings with different shapes, which are attached to the magnet. The wings make it possible to prevent the rotation of the magnet and stabilize its own motion in a horizontal plane.

The device "Levitron" consists of two magnets: a permanent neodymium magnet and an electromagnet. The electromagnet (coil) is connected to the Hall sensor (which reduces the current in the coil while approaching to magnetic field). Thereby the distance from the flying magnet to the coil is adjusted.

In the article two different types of wings are considered: a wing having a plate shape, and a wing that consists of two mutually perpendicular plates. As a result of the experiment, it was established that the maximum amplitude of the rotational vibrations of one-plane wing decreases to the half turnover, and for the wing of the cross-section form - to a quarter turnover.

In modern transport, which uses magnetic levitation, a monorail is used which is a guide-rail. At high speeds, large friction forces occur, that limits the speed of the vehicle, and secondly, use a lot of energy that goes to overcome the friction force. In the case if the magnet movement will be balanced (that means that its rotating is completely removed) then monorail will not be needed at all. But it will lead to another problem: the effect of a magnetic field could have non-desirable influence to a person inside the vehicle. To solve this problem, we propose to use the "Faraday Cage", which is considered as a direction for further research.

Keywords – Earnshaw's theorem; stable balance; levitation; ferromagnetic; Neodymium magnet; Hall Sensor.

