НЕЛИНЕЙНАЯ ДИНАМИКА МИКРОМЕХАНИЧЕСКОГО ТВЕРДОТЕЛЬНОГО НЕКОНТАКТНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИНДУКЦИОННОГО ПОДВЕСА

Скубов Д.Ю. [1,2], Индейцев Д.А.[2], Удалов П.П.[1], Попов И.А.[1], Лукин А.В.[1], Полеткин К.В.[3]

[1]*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург*
[2]*Институт проблем машиноведения Российской академии наук, Санкт-Петербург*
[3]*Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe*
skubov.dsk@yandex.ru, Dmitry.Indeitsev@gmail.com, pp_udalov@mail.ru, popov_ia@spbstu.ru, lukin_av@spbstu.ru, k.poletkin@gmail.com

Электромагнитный бесконтактный подвес - прибор, работающий на принципе электромагнитной левитации [1,2]. В результате этого движущаяся часть подвеса является механически бесконтактной, что приводит к уменьшению износов узлов конструкции из-за отсутствия механического трения, потерь механической энергии и т.д. [3]. Электромагнитная левитация [4] микро- и нано- подвесов основывается на законе электромагнитной индукции [5]. При этом чувствительный элемент подвеса теряет механический контакт с неподвижной частью конструкции, приобретая при этом достаточно большую (теоретически бесконечную) чувствительность [6], что позволяет использовать данный прибор как сенсор, регистрирующий малейшие воздействия на чувствительный элемента в окрестности своего положения равновесия, что показано в работах [6,7]. Для демонстрации принципа работы прибора предположим, что подвес работает как датчик ускорений, то есть как акселерометр. С уменьшением жесткости подвеса чувствительность акселерометра, неограниченно увеличивается и в пределе становится бесконечной. Основной целью данной работы является развитие общего аналитического подхода к исследованию нелинейной динамики электромагнитных подвесов на основе рассмотренной задачи нахождения и анализа характера положения равновесия электромагнитного подвеса [6]. Проводится аналитическое исследование магнитной части электромагнитного подвеса и получение условий для нахождения положения равновесия и устойчивости колебаний левитирующего объекта вблизи его положения равновесия. Выполняется оценка магнитной жесткости магнитного подвеса.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда No 21-71-10009, https://rscf.ru/project/21-71-10009/

Литература

[1] Post R.F., Ryutov D.D. The inductrack: A simpler approach to magnetic levitation //IEEE Transactions on applied superconductivity. – 2000. – Т. 10. – №. 1. – С. 901-904.
[2] Kordyuk A.A. Magnetic levitation for hard superconductors //Journal of Applied Physics. – 1998. – Т. 83. – №. 1. – С. 610-612.
[3] Крюков О.В. Газотранспортные агрегаты с электромагнитным подвесом ротора //Russian Internet Journal of Industrial Engineering. – 2016.
[4] Han H.S., Kim D.S. Magnetic levitation //Springer Tracts on Transportation and Traffic. Springer Netherlands. – 2016. – Т. 247.
[5] Maxwell J.C. Electricity and magnetism. – New York : Dover, 1954. – Т. 2.
[6] Poletkin K.V., Chernomorsky A.I., Shearwood C. Proposal for micromachined accelerometer, based on a contactless suspension with zero spring constant //IEEE Sensors Journal. – 2012. – Т. 12. – №. 7. – С. 2407-2413.
[7] Poletkin K.V. Static Pull-In Behavior of Hybrid Levitation Microactuators: Simulation, Modeling, and Experimental Study //IEEE/ASME Transactions on Mechatronics. – 2020. – Т. 26. – №. 2. – С. 753-764.