

ИСКУССТВЕННЫЙ ИЛИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЙ МОМЕНТ ИНЕРЦИИ ARTIFICIAL OR ELECTROMECHANICAL MOMENT OF INERTIA

Ключевые слова: масса, момент инерции, электрическая машина, конденсатор.
Key words: mass, moment of inertia, electric machine, capacitor.

Аннотация

Цель исследования состоит в разработке искусственного емкостного маховика с возможностью автоматического регулирования момента инерции. Механическое устройство при взаимодействии с электромагнитным маховиком, обладающим искусственным моментом инерции, «не отличает» его от маховика с «натуральным» моментом инерции, при этом идеализированный вариант первого не имеет гравитационной массы. Искусственный или емкостной момент инерции функционально зависит от электромагнитных величин – емкости и магнитной индукции, что создает возможность его автоматического регулирования.

Annotation

The purpose of the study is to develop an artificial capacitive flywheel with the ability to automatically control the moment of inertia. A mechanical device interacting with an electromagnetic flywheel with an artificial moment of inertia does not "distinguish" it from a flywheel with a "natural" moment of inertia, while the idealized version of the former does not have gravitational mass. Artificial or capacitive moment of inertia functionally depends on electromagnetic quantities - capacitance and magnetic induction, which creates the possibility of its automatic regulation.

Павлов Валентин Дмитриевич

Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых,

Россия, Владимир

старший преподаватель кафедры «Общая и прикладная физика»

pavlov.val.75@mail.ru

Pavlov Valentin Dmitrievich

Vladimir State University named after A.G. and N.G. Stoletovs, Russia, Vladimir

Введение

В классической механике механическая величина инертная масса m по существу определяется основной аксиомой динамики – вторым законом Ньютона. При этом «натуральная» масса объекта пропорциональна количеству вещества, заключенного в нем.

Под искусственной массой следует понимать величину, неотличимую от «натуральной» массы, т.е. удовлетворяющую второму закону Ньютона. Инертность искусственной массы обуславливается не количеством вещества, а некими другими физическими обстоятельствами.

Цель исследования состоит в разработке искусственного емкостного маховика с возможностью автоматического регулирования момента инерции.

Предпосылкой решения этой задачи является одна из двух систем аналогий между электромагнитными и механическими величинами, в соответствии с которыми масса связана дуальным соотношением с емкостью

$$m \Rightarrow C.$$

Однако дуальная связь не является функциональной, поскольку охватываемые ею величины относятся к изолированным друг от друга системам. Поэтому возможность использования конденсатора для создания искусственного момента инерции может быть реализована в смешанной, т.е. электромеханической системе. Устройство, обладающее искусственным моментом инерции, может иметь существенно низкий вес и использоваться вместо массивных маховиков.

1. Конструкция

Устройство конструктивно может быть выполнено, например, в виде электрической машины постоянного тока независимого возбуждения или вентильной электрической машины, в якорную цепь которой включен конденсатор емкостью C (см. рисунок). Количество витков якорной обмотки – w , длина их активной части – l , индукция магнитного поля – B [1], диаметр ротора электрической машины – D . Масса, трение, активное сопротивление и индуктивность обмотки не учитываются.

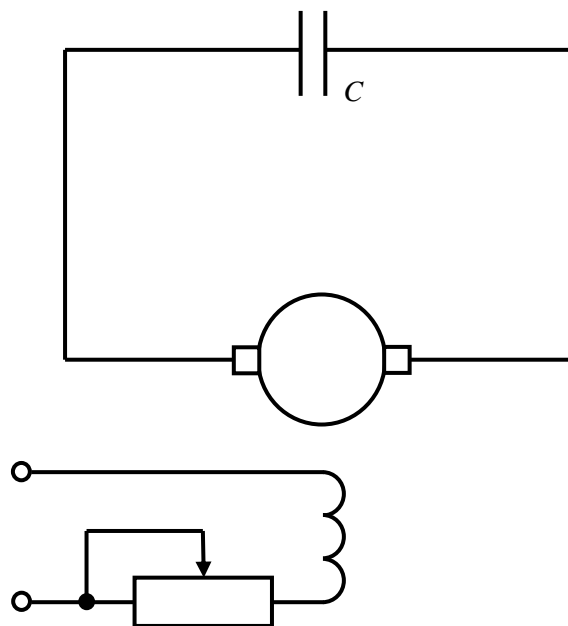


Рис. Принципиальная электрическая схема устройства

2. Математическая модель

При вращении якоря в обмотке возникает ЭДС электромагнитной индукции

$$e_i = -B2lw \frac{D}{2} \frac{d\varphi}{dt}.$$

В соответствии со вторым законом Кирхгофа

$$BlwD \frac{d\varphi}{dt} = \frac{1}{C} \int_0^t i dt.$$

Здесь правая часть – напряжение на конденсаторе, i – ток. Производная этого выражения

$$BlwD \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{1}{C} i,$$

$$i = BlwDC \frac{d^2\varphi}{dt^2}.$$

С учетом последнего соотношения запись вращательного аналога закона Ампера применительно к машине постоянного тока или вентильной имеет вид:

$$M = B2lw \frac{D}{2} i = (BlwD)^2 C \frac{d^2\varphi}{dt^2} = J_C \frac{d^2\varphi}{dt^2}. \quad (1)$$

Однако это также запись аналога второго закона Ньютона для вращательного движения, посредством которого можно определить момент инерции. В соответствии с этим

$$J_C = (BlwD)^2 C \quad (2)$$

– искусственный или емкостной момент инерции. В этой связи рассмотренное устройство можно считать электромагнитным маховиком.

В математическом отношении выражение (2) идентично формуле для инертной емкости

$$C_J = \frac{J}{(BlwD)^2}.$$

Формулу (1) можно преобразовать следующим образом.

$$M = J_C \frac{d^2\varphi}{dt^2} = J_C \frac{d\omega}{dt},$$

$$dL = M dt = J_C d\omega,$$

$$L = J_C \omega.$$

Здесь ω – угловая скорость вращения ротора электромеханического преобразователя, L – момент количества движения.

Очевидно, что на основе линейной электрической машины может быть реализована искусственная масса [9, 10]

$$m_C = (Blw)^2 C.$$

Заключение

Искусственный момент инерции (искусственная масса) принципиально отличается от аналогии между массой и емкостью, поскольку электромагнитные аналоги не могут применяться в качестве элементов механических систем.

Механическое устройство при взаимодействии с электромагнитным маховиком, обладающим искусственным моментом инерции, «не отличает» его от маховика с «натуральным» моментом инерции [2, 3], при этом идеализированный вариант первого не имеет гравитационной массы.

Искусственный или емкостной момент инерции (2) функционально зависит от электромагнитных величин, что создает возможность его автоматического регулирования.

Список используемых источников:

1. Павлов В.Д. Магнитный поток и его квантование // Известия Уфимского научного центра РАН. 2020. № 4. С. 25–28. DOI 10.31040/2222-8349-2020-0-4-25-28
2. Овчинников, М.Ю. Движение спутника, оснащенного тангажным маховиком и магнитными катушками, в гравитационном поле / М.Ю. Овчинников, Д.С. Ролдугин, В.И. Пеньков, Р. Варатарео, В.С. Рябиков // Космические исследования. 2017. Т. 55. № 3. С. 218-225.
3. Сенников, В.А. Влияние дополнительного маховика на коэффициент загрузки двигателя / В.А. Сенников, С.В. Щитов, А.В. Якименко, С.А. Иванов, А.Б. Жирнов // Научное обозрение. 2015. № 17. С. 45-48.