

РЕКУПЕРАЦИЯ ЭНЕРГИИ В ЭЛЕКТРОМАШИНАХ БЕСПИЛОТНОГО ТИПА

Чигарев А. В., Ботогова М. Г., Замжицкая-Чигарева Ю. А.

¹Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

Введение. Создание технологий для производства аккумуляторов нового поколения, позволяющих создавать электродвигатели для использования в различных областях машиностроения, приборостроения, экономики, стимулировало работы исследовательского характера по разработке аккумуляторов с повышенным временем работы, сниженным весом, высоким уровнем рентабельности. Одним из направлений здесь является применение рекуперации энергии. Как известно, идеи рекуперации энергии разрабатывались и применялись давно. Однако их реализация не всегда оказывалась осуществимой. В машинах циклического действия, например, для городского автобуса разрабатывались рекуператоры маховичного типа, в которых кинетическая энергия вращения колес преобразовывалась в кинетическую энергию вращения маховика. Разрабатывались и использовались пневмогидроаккумуляторы, пружинные аккумуляторы, в которых энергия вращения колес преобразовывалась при торможении в потенциальную, а при разгоне – вновь в кинетическую. Электрические рекуператоры преобразуют кинетическую энергию колеса в электрическую аккумулятора. Созданные рекуператоры позволяют экономить расход энергии до 90 %.

Применение в электромобилях, дронах вертолетного и самолетного типов, надводного и подводного применения и других машинах, электродвигателей, работающих от аккумуляторов, связано с преобразованием электрической энергии в механическую (кинетическую). Применение в такой системе рекуперации механической энергии превращает ее в электрическую при торможении, а затем в механическую при разгоне.

Модель дрона с практически неограниченным временем автономного действия. Пусть на оси O электродвигателя, приводимой во вращение от аккумулятора A_1 находится пропеллер B . На той же оси O находится генератор G , от которого при вращении оси O идет зарядка аккумулятора A_2 . Таким образом система фактически перекачивает электрическую энергию из аккумулятора A_1 в аккумулятор A_2 через промежуточное звено пропеллер M , в котором совершается работа механической энергии и одновременно эта работа преобразуется в электрическую энергию. Вследствие совершения механической работы энергия, поступающая в A_2 меньше, чем отбираемая от A_1 . Эффективность цепи определяется преобразованием электрической энергии в механическую и механической в электрическую.

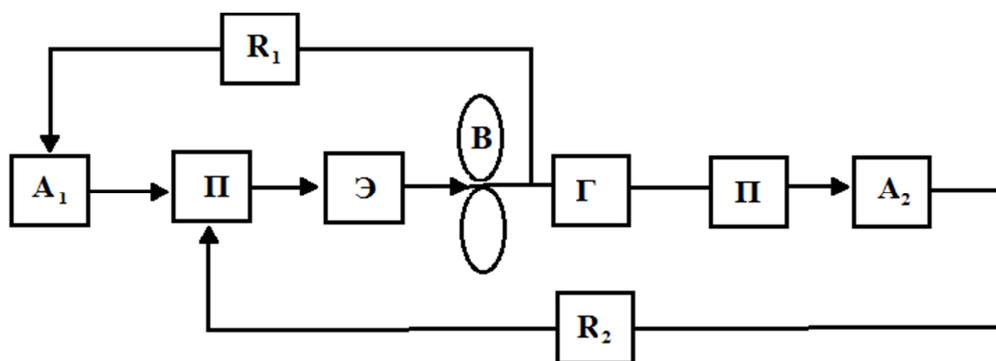


Рис. 1. Схема электродвигателя Э и генератора Г на оси пропеллера В, П – преобразователи постоянного и переменного тока, A_1, A_2 – аккумуляторы, R – регулятор переключения режимов работы.

На рисунке 1 звено R_1 отключает A_1 при его разрядке и подключает к зарядке от В, звено R_2 отключает A_2 , когда он разряжается, и включает A_1 . Таким образом, если бы не было преобразования энергии A_1 во вращение В и вращения В в энергию A_2 , то имели бы идеальную цепь, в которой энергия A_1 без потерь переходила бы в A_2 .

В схеме, представленной на рисунке 1, могут быть включены контроллеры, процессоры, с помощью которых можно прогнозировать состояние A_1 или A_2 , когда потери энергии не успевают восполниться и требуется возвращение на стационарное заряжающее устройство (база). Однако для дронов, полет которых осуществляется с помощью пропеллеров, зарядка может быть осуществлена в полевых условиях. Дрон снабжается программой автономной зарядки аккумулятора, когда дрон самостоятельно закрепляется на крыше, дереве и работает в режиме генератора от энергии ветра. В этом случае дрон может находиться сколь угодно долго в автономном полете (квазивечный двигатель). Дроны самолетного типа с пропеллерной тягой также будут обладать этими свойствами. Надводные и подводные дроны могут обладать высоким уровнем автономного плавания при наличии водных течений, но может быть зарядка и от энергии ветра, если предусмотреть зарядку в режиме работы генератора от пропеллера. Применительно к электромобилям подобная схема расположения электродвигателя – генератора на оси одного колеса позволяет увеличить пробег в зависимости от эффективности преобразования электрической энергии в механическую и наоборот.

Математическая модель одного цикла относительно переменных состояний $M_1, \omega, \kappa_\phi, J$, где M_1 – механический момент, создаваемый на оси колеса (пропеллера) от аккумулятора A_1 , ω – угловая скорость, κ_ϕ – электромеханический коэффициент ($M = \kappa_\phi J$), J – момент инерции рабочего органа, L – индуктивность, U – напряжение.

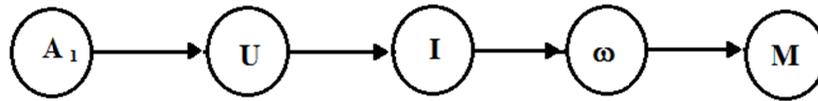


Рис. 2. Схема прямого цикла

Последовательность решения системы уравнений, описывающих прямой цикл (рисунок 2) [1]:

$$\frac{dI}{dt} = -\frac{R}{L}I - \frac{k_{\varphi}}{L}\omega + \frac{1}{L}U, \quad (1)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{k_{\varphi}}{J}I, \quad (2)$$

$$\omega = \frac{1}{k_{\varphi}}U_{end}, \quad (3)$$

$$M = k_{\varphi}I, \quad (4)$$

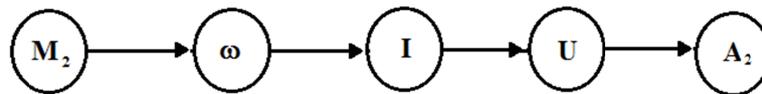


Рис. 3. Рекуперация энергии в аккумуляторе A_2

Одновременно реализуется рекуперация энергии в аккумуляторе A_2 (рисунок 3):

$$U_{end} = k_{\varphi}\omega,$$

$$I_2 = \frac{M_2}{k_{\varphi}}, \quad (5)$$

$$\omega = \int \frac{k_{\varphi}}{J}I_2 dt, \quad (6)$$

$$U_{end} = k_{\varphi}\omega, \quad (7)$$

$$I_2 = \frac{M_2}{k_{\varphi}}. \quad (8)$$

При рекуперации электрической энергии в результате получим, что аккумулятор A_2 заряжается на 95 % от исходного A_1 , который разрядился полностью. После второго цикла работу совершает энергия от аккумулятора A_2 , а аккумулятор A_1 заряжается на 90 % от объема A_2 и так далее. Таким образом, если аппарат (машина) имеет электродвигатель и одновременно электрогенератор, то он становится автономным, т. е. не привязанным к определенной сети зарядных станций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чигарев А. В. Мехатроника и динамика мини-роботов / А. В. Чигарев. – Мн. : БНТУ, 2017. – 500 с.

Поступила: 12.04.2024