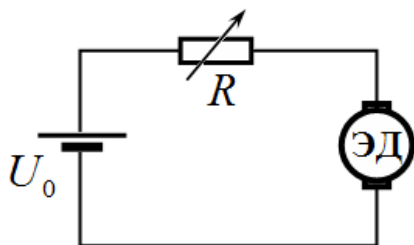


Условие

Задание 3. Электромобиль.



Игрушечный электромобиль снабжен электродвигателем ЭД, подключенным к источнику постоянного напряжения U_0 . Для регулировки скорости электромобиля используется переменный резистор R , электрическое сопротивление которого изменяется от нуля до некоторого максимального значения $R_{\max}$. Электрическая схема электромобиля показана на рисунке. Сопротивлением проводов, обмотки двигателя и внутренним сопротивлением источника можно пренебречь.

При испытании игрушки оказалось, что 1) сила тяги F , развиваемая электродвигателем (переданная на его ведущие колеса) пропорциональна силе тока I , протекающего через обмотку двигателя

$$F = kI, \quad (1)$$

2) сила сопротивления воздуха F_c , действующая на автомобиль, пропорциональна квадрату скорости автомобиля v

$$F_c = \beta v^2. \quad (2)$$

В формулах (1) – (2) k и β – некоторые постоянные размерные коэффициенты. При испытании электромобиля оказалось, что максимальная скорость, которую может достичь автомобиль, движущийся по твердой горизонтальной поверхности (когда можно пренебречь силой трения качения), равна $v_{\max}$, при этом сила тока в цепи равна I_0 . При застопоренном двигателе минимальная сила тока в цепи равна I_1 , причем $\frac{I_1}{I_0} = \gamma$. При численных расчетах считайте, что $\gamma = 2,0$.

При решении задачи учитывайте, что единственным известным параметром является величина γ , поэтому все окончательные формулы должны содержать только этот параметр!

Часть 1. Движение по твердой горизонтальной поверхности.

В данной части считайте, что на движущийся автомобиль действует только сила сопротивления воздуха (сила трения качения пренебрежимо мала). Вам требуется рассчитать характеристики электромобиля при его установившемся равномерном движении по твердой горизонтальной поверхности. Для теоретического описания движения электромобиля удобно использовать следующие относительные величины: - отношение сопротивления переменного резистора к его максимальному сопротивлению:

$$x = \frac{R}{R_{\max}}; \quad (3)$$

- отношение скорости электромобиля к его максимальной скорости:

$$y = \frac{v}{v_{\max}}; \quad (4)$$

- отношение силы тока в цепи к силе тока при максимальной скорости:

$$z = \frac{I}{I_0}. \quad (5)$$

1.1 Получите систему уравнений, позволяющую найти зависимости относительной скорости и относительной силы тока от относительного сопротивления резистора - $y(x)$ и $z(x)$. В эту систему уравнений помимо указанных переменных может входить только единственный известный параметр γ . 1.2 Найдите зависимость относительной скорости электромобиля от относительного сопротивления резистора $y(x)$. 1.3 Найдите зависимость относительной силы тока в цепи от относительного сопротивления резистора $z(x)$. 1.4 Найдите зависимость КПД электродвигателя η от его скорости $\eta(y)$. 1.5 Постройте точные графики полученных зависимостей $y(x)$, $z(x)$, $\eta(y)$.

Часть 2. Движение электромобиля по ковру.

В этой части рассматривается движение электромобиля по ковру, когда на электромобиль помимо описанной силы сопротивления воздуха действует постоянная, не зависящая от скорости, сила трения качения, равная

$$F_{\text{тр.}} = \varepsilon \beta v_{\max}^2, \quad (6)$$

где $v_{\max}$ - определенная ранее максимальная скорость при движении по твердой горизонтальной поверхности; $\varepsilon = 0,10$.

2.1 Рассчитайте, при каких значениях относительного сопротивления x переменного резистора электромобиль сможет двигаться по ковру. 2.2 Определите, как изменится максимальная скорость движения электромобиля вследствие появления силы трения качения.

Подсказка. При работе электродвигателя в его обмотке возникает ЭДС самоиндукции!



Республиканская физическая олимпиада

2022 года

(Заключительный этап)

Теоретический тур