

Условие

Задача 3. «Электродвигатель»

Молодой, но талантливый физик Федя, самостоятельно изготовил действующую модель электродвигателя: нашел постоянные магниты, выточил сердечник якоря, намотал обмотку, промучился со скользящими контактами ... — подключил к батарейке и... чудо – двигатель заработал.

Так как Федя не только инженер-изобретатель, но и физик, он решил провести комплексное исследование характеристик двигателя.

В школьной лаборатории Федя нашел стабилизированный источник постоянного напряжения, реостат, амперметр, вольтметр, набор грузов известной массы. Закрепил двигатель на столе, на вал намотал нитку, к ее концу привязал груз, собрал электрическую схему, показанную на рис.1 и приступил к исследованиям. Первые же результаты поразили молодого ученого – при изменении сопротивления реостата показания ни амперметра, ни вольтметра не изменялись! Изменялась только скорость подъема груза. При изменении массы подвешенного груза сила тока в цепи изменялась, причем оказалось, что сила тока в цепи работающего двигателя прямо пропорциональна массе поднимающегося груза

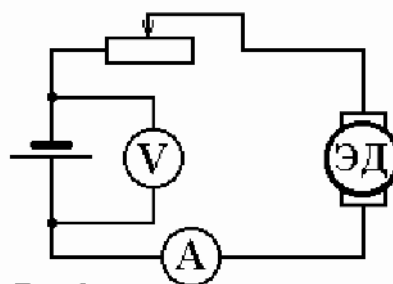


Рис. 1

$$I = km,$$

где k - постоянный коэффициент, который Федя определил экспериментально (вы также считайте его известным).

Для объяснения полученных результатов Фединых экспериментов считайте известными:

- постоянное напряжение источника U_0 ;
- сопротивление обмотки электродвигателя R_0 ;
- пределы изменения сопротивления реостата: от нуля до R_m ;
- масса подвешенного груза m ;
- ускорение свободного падения g .

1. Запишите систему уравнений, описывающих работу двигателя позволяющую рассчитывать силу тока в цепи и скорость подъема груза в зависимости от сопротивления реостата.
2. Найдите зависимость скорости подъема груза от сопротивления реостата.
3. Найдите максимальную массу груза, которую может поднять электродвигатель.
4. Найдите зависимость КПД двигателя от скорости подъема груза и его массы.

Решение

Задача 3. «Электродвигатель»

3.1 Первое уравнение требуемой системы приведено в условии задачи

$$I = km. \quad (1)$$

Второе уравнение является уравнением закона сохранения энергии (записанное для мощностей)

$$IU_0 = I^2(R + R_0) + mgv. \quad (2)$$

В этой системе две неизвестных величины, поэтому обе могут быть найдены.

3.2 Выражая значение силы тока из уравнения (1) и подставляя его в уравнение (2), получим

$$kmU_0 = k^2m^2(R + R_0) + mgv, \quad (3)$$

Откуда находим зависимость скорости подъема груза от параметров системы

$$v = \frac{kU_0 - k^2m(R + R_0)}{g}. \quad (4)$$

3.3 Максимальная масса груза определяется из формулы (4), в которой следует устремить скорость подъема к нулю, сопротивление реостата также должно быть минимальным (то есть нуль):

$$m_{\max} = \frac{U_0}{kR_0}. \quad (5)$$

3.4 В данном случае КПД есть отношение мощности, затрачиваемой на подъем груза к мощности источника:

$$\eta = \frac{mgv}{IU_0} = \frac{gv}{kU_0}. \quad (6)$$

Подставляя выражение для скорости подъема из формулы (4), получим зависимость КПД от массы груза

$$\eta = 1 - \frac{km(R - R_0)}{U_0}. \quad (7)$$