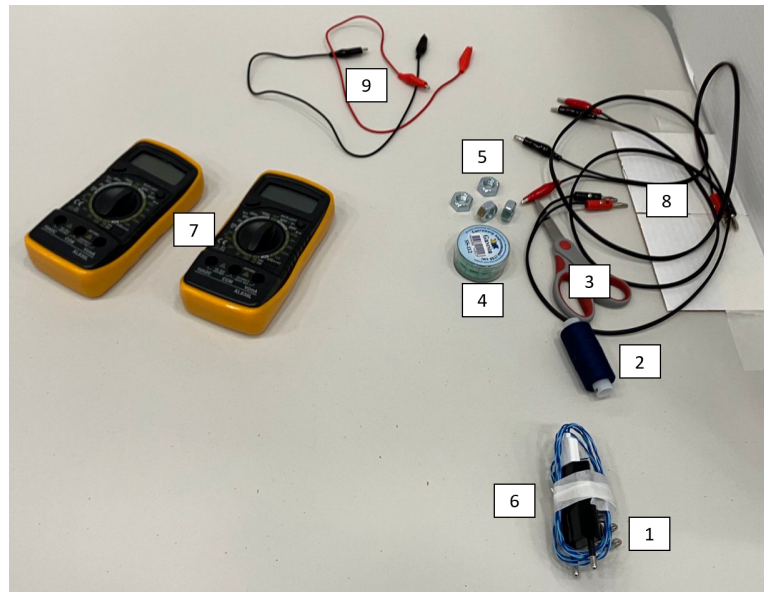


Ј1А - Электромотор

Оборудование:

1. Электромотор с катушкой
2. Нить
3. Ножницы
4. Мерная лента
5. Четыре гайки М10
6. Источник напряжения
7. Два мультиметра
8. Две пары проводов «банан-крокодил»
9. Провода «крокодил-крокодил»



Электромоторы являются неотъемлемой частью нашей жизни, но их теоретическое описание в рамках школьной физики оказывается недостаточным.

Рассмотрим поведение электромотора в самом простом случае: когда он напрямую подключен к источнику постоянного напряжения с ЭДС равной \mathcal{E} .

Электродвигатель представляет из себя провод, свернутый определенным образом рядом с постоянными магнитами. Сопротивление этого провода равно R и может показаться, что через этот провод должен течь ток \mathcal{E}/R .

Однако это оказывается не так. Если через обмотку течет ток I , то источник напряжения за время Δt совершает работу $\mathcal{E}I\Delta t$. В то же самое время на обмотке двигателя выделяется тепло $I^2R\Delta t$. При этом электромотор совершает механическую работу $P\Delta t$ (суммарная работа сил трения и полезная работа). Тогда из энергетических соображений

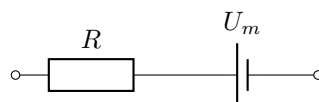
$$\mathcal{E}I = I^2R + P. \quad (1)$$

Из этого выражения видно, что простая подстановка закона Ома $I = \mathcal{E}/R$ оказывается состоятельной только при $P = 0$.

Перепишем выражение (1) в следующем виде:

$$(\mathcal{E} - IR)I = P.$$

Так, оно напоминает энергетическое выражение для работы источника с ЭДС $U_m = \mathcal{E} - IR$. Теперь мы можем предложить эквивалентную электрическую схему двигателя: последовательно соединённые резистор R и батарейка с ЭДС U_m (которое зависит от режима работы двигателя).



Механическую мощность P можно выразить через момент сил M , действующих на вал двигателя, и частоту вращения вала ν :

$$IU_m = P = 2\pi\nu M.$$

Если частота вращения вала равна ν , то за время $1/\nu$ вал совершает один оборот.



A1 Оказывается, что либо

2.0

$$I \propto \nu, \quad U_m \propto M$$

либо

$$I \propto M, \quad U_m \propto \nu.$$

Покажите, какой случай реализуется в эксперименте. Метод измерений будет оцениваться ТОЛЬКО по сделанным рисункам.

A2 Определите сопротивление R обмотки электромотора двумя способами:

2.0

1. С помощью омметра;
2. С помощью источника напряжения, вольтметра и амперметра.

Метод измерений будет оцениваться ТОЛЬКО по сделанным рисункам.

Проведем экспериментальное исследование ЭДС U_m , возникающей в электродвигателе. Возьмем нить длиной L и к одному ее концу привяжем четыре гайки, а другой конец привяжем к катушке. Затем намотаем нить на катушку и отпустим, дав гайкам в ходе падения раскрутить катушку.

Гайки оказываются достаточно тяжелыми, и катушка под их весом свободно раскручивается. Силой натяжения нити, действующей на падающие гайки, можно пренебречь и считать, что гайки практически свободно падают.

Чтобы измерить U_m , подключим к двигателю вольтметр. Процесс раскручивания оказывается очень быстрым, поэтому вольтметр успеет только несколько раз обновить значения на своем экране. Однако, повторяя эксперимент несколько раз, можно так удачно запустить эксперимент, что вольтметр последний раз обновит показания близко к тому моменту времени, когда нить будет практически полностью размотана.

A3 Снимите зависимость напряжения U , которое показывает вольтметр в момент, близкий к концу раскручивания нити, от длины нити L . Сделайте измерения для 10 разных L . **2.0**

A4 Линеаризуйте зависимость U от L и постройте график этой зависимости в таких координатах, где она линейна. **2.0**

A5 Определите радиус катушки r . Метод измерений будет оцениваться ТОЛЬКО по сделанным рисункам. **1.0**

A6 Когда двигатель подключен к выданному источнику, можно с помощью внешней силы остановить его вращение. Вычислите минимальный момент M_{\min} этой силы. **1.0**