

Методические указания
к выполнению лабораторной работы № 2.1.3

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ПОЛЕЗНОЙ
МОЩНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО
ДЕЙСТВИЯ БАТАРЕИ ЭЛЕМЕНТОВ
ОТ СИЛЫ ТОКА В ЦЕПИ***

* Филимоненкова Л.В. Электростатика и постоянный ток: Методические указания к выполнению лабораторных работ по физике / Л.В. Филимоненкова, В.В. Некрасов, В.В. Добрынина, К.П. Червятина. – Архангельск: РИО АЛТИ, 1980. – 32 с.

Цель работы – исследовать зависимость полезной мощности и КПД цепи от силы тока.

В электрической цепи, состоящей из внешнего сопротивления и батареи элементов, электродвижущая сила (ЭДС) которой E и внутреннее сопротивление r , сила тока определяется по закону Ома: $I = \frac{E}{R+r}$. Эту формулу можно представить в виде

$$E = IR + Ir \quad (3.1)$$

где $IR = U$; Ir – падение напряжения на внешнем R и внутреннем r сопротивлениях.

Умножая обе части уравнения (3.1) на силу тока, протекающего по цепи, получаем

$$EI = UI + I^2r \quad (3.2)$$

где $EI = P$ – полезная мощность, развиваемая батареей;

$UI = P_1$ – полезная мощность, т.е. мощность, выделяющаяся во внешней цепи;

$I^2r = P_2$ – потеря мощности внутри батареи.

Уравнение (3.2) может быть записано в виде

$$P = P_1 + P_2 \quad (3.3)$$

Из уравнения (3.2) видно, что P , P_1 , P_2 зависят от силы тока, протекающего по цепи. Установим эту зависимость для полезной мощности, которая может быть представлена в виде

$$P_1 = EI - I^2r \quad (3.4)$$

Так как E и r батареи постоянны, то зависимость P_1 от I графически выражается параболой, и, следовательно, при некотором значении силы тока полезная мощность батареи должна иметь экстремальное значение (рис. 3.1.)

Известно, что для нахождения аргумента, соответствующего экстремуму функции, надо значение первой производной приравнять к нулю и из полученного уравнения найти значение аргумента. Если при этом вторая производная будет отрицательна, то это означает, что при найденном значении аргумента функция имеет максимум (рис. 3.1.)

Используя уравнение (3.4), запишем первую и вторую производную от P_1 от I :

$$\frac{dP_1}{dI} = E - 2Ir.$$

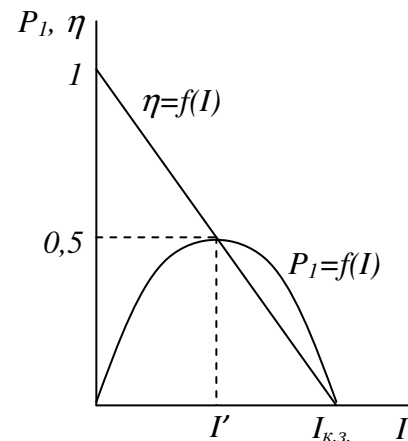


Рисунок 3.1- Зависимость полезной мощности и КПД от силы тока

Приравняв полученное выражение к нулю, имеем $E - 2Ir$, отсюда следует, что

$$I' = \frac{E}{2r} \quad (3.5)$$

Вторая производная от P_1 по I равна $(P_1)''_I = -2r$, то есть при всех значениях r отрицательна, следовательно, полезная мощность P_1 имеет максимум при силе тока, определяемого по уравнению (3.5).

Сопоставляя значение силы тока $I' = \frac{E}{2r}$ со значением тока короткого замыкания $I_{к.з.} = \frac{E}{r}$, приходим к выводу:

$$I' = \frac{I_{к.з.}}{2}.$$

Коэффициентом полезного действия батареи называется отношение полезной мощности батареи к ее полной мощности:

$$\eta = \frac{P_1}{P} = \frac{UI}{EI} = \frac{U}{E} \quad (3.6)$$

Из формулы (3.1) следует, что $U = E - Ir$. Подставляя это значение U в формулу (3.6), получаем

$$P_1 = UI.$$

Из этого уравнения видно, что графически зависимость η от I выражается прямой линией, убывающей от значения $\eta = 1$ при значении $I = 0$ (при внешнем сопротивлении R , стремящемся к бесконечности) до значения $\eta = 0$ при значении $I = \frac{E}{r}$, т.е. при токе $I_{к.з.}$ равна нулю, так как при $R = 0$; $U = IR = 0$ и $P_1 = UR = 0$.

Предлагается доказать самим, что КПД батареи при максимуме полезной мощности равен $\eta = 50\%$.

Описание установки

Установка, принципиальная схема которой представлена на рис. 3.2, состоит из батареи Б, внешнего сопротивления R (магазин сопротивлений), амперметра А, вольтметра V для измерения напряжения во внешней цепи, присоединенного непосредственно к клеммам батареи, и ключа к для включения внешней цепи.

Порядок выполнения работы и обработки результатов измерений

1. Собрать цепь по схеме рис. 3.2. Выписать характеристики приборов.
2. Измерить ЭДС батареи, сняв показание вольтметра при разомкнутой цепи. Записать значение E в таблицу.
3. Замкнуть ключ K . Установить внешнее сопротивление равным нулю, записать в таблицу ток короткого замыкания.
4. Уменьшать силу тока через определенные интервалы от максимального значения до нуля с помощью реостата. Получить 10-12 точек. Данные тока и напряжения занести в таблицу.
5. Вычислить значения $P_1 = UI$ и построить график $P_1 = f(I)$.
6. Вычислить значения $\eta = \frac{U}{E}$ и построить график $\eta = f(I)$.
7. Экстраполируя прямую зависимость $\eta = f(I)$ вплоть до пересечения ее с осью ординат, получить значение $\eta = 1$. Пересечение прямой $\eta = f(I)$ с осью абсцисс дает значение, равное току короткого замыкания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

№ п/п	E = ...		I _{к.з.} = ...	
	I	U	P ₁	η %
1				
2				
...				

8. Произвести проверку. При правильном выполнении исследования должны получить $I' = \frac{I_{к.з.}}{2}$; $\eta = 50\%$ при максимальном значении полезной мощности.

Контрольные вопросы

1. Сформулировать физический смысл величин:
 - а) сила тока;
 - б) напряжение;
 - в) электродвижущая сила;
 - г) мощность.
 Указать единицы измерения их.
2. Доказать, что при $R = r$.

3. Доказать, что ЭДС равна напряжению на зажимах разомкнутой батареи.

Литература

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Т.2.-М.: Наука, 1978.-480 с.
2. Трофимова Т.И. Курс физики.- М.: Высш.шк., 1985.-432 с.
3. Шубин А.С. Курс общей физики.- М.: Высш.шк., 1976.- 480 с.