

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2
ИЗМЕРЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ И КПД
ИСТОЧНИКА ОТ СИЛЫ ТОКА

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Измерить зависимость полезной мощности от силы тока;
2. Измерить зависимость полной мощности от силы тока;
3. Измерить зависимость КПД от силы тока
4. Измерить внутреннее сопротивление источника электрической энергии.

ВВЕДЕНИЕ

Измерения проводятся на самой простой электрической цепи, состоящей из источника электрической энергии и переменного резистора (рис. 1).

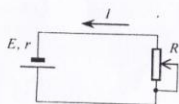


Рис. 1

Измерив ЭДС E источника, силу тока I , падение напряжения U и сопротивление R , рассчитываем полезную, полную мощность, КПД и внутреннее сопротивление источника электрической энергии по следующим формулам:

$$P_{\text{полезн}} = I^2 R = IU; \quad (1)$$

$$P_{\text{полная}} = I^2 (R+r) = IE; \quad (2)$$

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн}}}{P_{\text{полная}}} \cdot 100\%; \quad (3)$$

$$r = \frac{E}{I} - R. \quad (4)$$

В упрощенной электрической цепи (рис. 1):
– полезная мощность зависит от силы тока по параболическому закону

$$P_{\text{полезн}} = P_{\text{полная}} - P_{\text{внутр}} = IE - I^2 r; \quad (5)$$

– полная мощность зависит от силы тока по линейному закону

$$P_{\text{полная}} = IE; \quad (6)$$

– КПД зависит от силы тока по линейному закону

$$\eta = 1 - I \frac{r}{E}; \quad (7)$$

– величина внутреннего сопротивления, определяется конструкцией источника и, у идеального источника, не зависит от силы тока

$$r = \text{const.} \quad (8)$$

Полезная мощность будет максимальной при

$$R = r. \quad (9)$$

Для проведения измерений в электрическую цепь необходимо включить два измерительных прибора: вольтметр и амперметр (рис. 2).

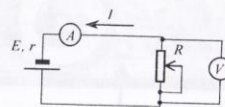


Рис. 2

Выполнение измерений

1. Плавно поворачивая ручку "Регулировка выхода" по часовой стрелке установить по вольтметру напряжение 5 В. Примем это напряжение за ЭДС источника электрической энергии. Во время работы ручку "Регулировка выхода" больше не трогать, чтобы не изменилось ЭДС. Записать значение ЭДС.
2. Записать в таблицу показания вольтметра, амперметра и магазина сопротивлений.
3. Уменьшая сопротивления магазина сделать так, чтобы в электрической цепи протекал ток 5 мА.
4. Записать в таблицу показания вольтметра, амперметра и магазина сопротивлений.
5. Уменьшая сопротивления магазина задавать ток в электрической цепи 10; 15; 20; ... мА. При каждом значении тока записывать в таблицу показания приборов.
6. Измерения заканчиваются тогда, когда сопротивление магазина будет равно нулю, т. е. в электрической цепи потечет ток короткого замыкания.
7. По окончании измерений выключить стенд. Для этого:
 1. На магазине сопротивлений установить 9999 Ом.
 2. Плавно повернуть ручку "Регулировка выхода" против часовой стрелки до упора.
 3. Выключить тумблер "Вкл".
 4. Отжать кнопку "Сеть".

Таблица для экспериментальных данных

I	U	R	E = ... В			
			P _{полезн}	P _{полная}	η	r
мА	В	Ом	мВт	мВт	%	Ом
0		9999				
5						
10						
и т. д.						

Внимание! Результаты измерений должны быть подписаны преподавателем кафедры физики.

Обработка результатов измерений

1. Рассчитать $P_{\text{полезн}}$, $P_{\text{полная}}$, η и r по формулам (1) – (4). Результаты записать в таблицу.
2. Найти среднее арифметическое значение внутреннего сопротивления источника. Считая, что внутреннее сопротивление источника не зависит от силы тока, в дальнейших расчетах будем использовать среднее значение.
3. Построить следующие графики по экспериментальным данным из табл.:
 - а) на первом листе зависимость $P_{\text{полезн}}$ от I . Зависимость должна быть параболическая;
 - б) на втором листе зависимость $P_{\text{полная}}$ от I . Зависимость должна быть линейная;
 - в) на третьем листе зависимость η от I . Зависимость должна быть линейная;
 - г) на четвертом листе зависимость r от I .
4. Используя график зависимости $P_{\text{полезн}}$ от I , определить силу тока, при которой полезная мощность максимальна.
5. Используя формулу (4) и найденное в п. 4 значение силы тока, найти значение сопротивления R , при котором полезная мощность максимальна.
6. Используя график зависимости r от I и найденное в п. 4 значение силы тока, определить значение внутреннего сопротивления, которое имеет источник, когда полезная мощность максимальна.

Результатом лабораторной работы являются:

1. Заполненная таблица.
2. Графическое представление экспериментальных данных.
3. Экспериментально полученные значения силы тока и внешнего и внутреннего сопротивлений, при которых полезная мощность максимальна.

Правила оформления протокола выполнения и отчета по лабораторной работе приведены в приложении 1.

Правила построения графиков приведены в приложении 2.

Приложение 1

ОФОРМЛЕНИЕ ПРОТОКОЛА (ОТЧЕТА) ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Протокол проведения лабораторной работы оформляется на двойном листке из тетради в клеточку.

1-я страница

ПРОТОКОЛ проведения лабораторной работы по физике (название работы)
Студент: фамилия и И.О. Номер зачетки

2-я и 3-я страницы

Цель работы:	Таблица с экспериментальными данными
Рисунок:	Расчеты (начало):
Расчетные формулы:	

4-я страница

Расчеты (продолжение):
Результат работы:

7

Приложение 2

ПРАВИЛА ПОСТРОЕНИЯ ГРАФИКОВ

При оформлении графиков нужно следовать следующим правилам.

1. Графики выполняются на миллиметровой бумаге размером не менее, чем 16×20 см (страница стандартной тетради). Готовые графики прикрепляются к отчету по лабораторной работе.

Допускается выполнение графиков с помощью стандартных компьютерных программ, но и в этом случае графики должны соответствовать всем изложенным здесь требованиям (в частности, иметь масштаб-координатную сетку).

2. В прямоугольной системе координат независимую переменную следует откладывать на горизонтальной оси (оси абсцисс).

Положительные значения величин откладывают на осях, как правило, вправо и вверх от точки начала отсчета.

3. На координатных осях должны быть указаны: обозначения откладываемых величин, единицы их измерения, шкала числовых значений величин.

3.1. Переменные величины следует указывать с помощью символов. Обозначение величины с обозначением единицы измерения следует размещать в конце шкалы вместо последнего числа. Между обозначением величины и обозначением единицы измерения должна быть запятая, например: p , Па; T , К; t , °С; h , м.

3.2. Числовые значения следует размещать вне поля графика и располагать горизонтально. Многозначные числа выражают как кратные 10^n (n – целое число) для данного диапазона шкалы, например: p , 10^6 Па; или p , МПа; h , 10^{-3} м; или h , мм.

3.3. Масштаб изображения может быть как линейным, так и нелинейным (например, логарифмическим). Масштаб для каждого направления может быть разным, например: по одной оси 1; 2; 3; 4; 5; ..., а по другой – 5; 10; 15; 20; или по одной оси линейный, а по другой – логарифмический.

3.4. Частоту нанесения числовых значений и промежуточных делений шкал выбирают с учетом удобства пользования графиком. Масштабные деления и числовые значения на координатных осях следует наносить равномерно по всей оси и без пропусков.

4. Начало координат, если это не оговорено особо, может не совпадать с нулевыми значениями величин. Его выбирают таким образом, чтобы график занимал максимально возможную площадь чертежа.

5. Масштаб выбирают таким образом, чтобы:

- числ (горизонтальной), а путь S является зависимой переменной (функцией) и должно быть отложено по оси ординат (вертикальной) – см. п. 2;
- на оси ординат не указана отложенная величина (время t) и единицы ее измерения (с) – см. п. 3;
- на оси абсцисс не указана единица измерения пути S , м – см. п. 3;
- некоторые числовые значения расположены на поле графика – см. п. 3.2;
- масштабные деления на оси времени нанесены неравномерно. Если есть деления 0 и 5, то следующим должно быть 10 и т. д. – см. п. 3.4;
- площадь чертежа использована не полностью. Поскольку из условия примера не следует, что оси координат должны начинаться с нулевых значений, то начало координат следует сместить и за счет этого увеличить масштаб графика – см. п. 4;
- график сжат по оси абсцисс за счет двух причин: неправильно выбранного начала координат (п. 4) и неудачного (слишком мелкого) масштаба – см. п. 5, а;
- выбран крайне неудобный масштаб по оси времени, поэтому чтение графика затруднено – см. п. 5, б;
- не выделены экспериментальные точки – см. п. 6;
- на оси пути нет масштабных делений – см. п. 3.4;
- на оси пути нанесены координаты экспериментальных точек – см. п. 6;
- проведены лишние пунктирные линии – см. п. 6;
- неправильно соединены экспериментальные точки: зависимость пути от времени при равномерном движении заведомо линейна, и график должен представлять собой прямую линию – см. п. 7.

Правильно оформленный график представлен на рис. П.2.

10

а) кривая была равномерно растянута вдоль обеих осей (если график представляет собой прямую, то угол ее наклона к осям должен быть близок к 45°, но не обязательно);

б) положение любой точки можно было определить легко и быстро. Масштаб является удобным для чтения графика, если в одном сантиметре содержится одна (или две, пять, десять, двадцать, пятьдесят и т. д.) единиц величины, например: 1; 2; 3; 4; 5; ...; или 2; 4; 6; 8; ...; или 5; 10; 15; 20; ... Масштаб, при котором чтение графика затруднено, считается неприемлемым.

Следует избегать неудобного, но часто используемого студентами масштаба: три сантиметра на единицу величины или в одном сантиметре три единицы (например, 1; 3; 6; 9; ...).

6. Экспериментальные или расчетные точки на графике должны изображаться четко и крупно: в виде кружков, крестиков и т. п. (размер символа должен быть в 3 раза больше толщины линии).

Координаты экспериментальных точек на осях не указывают. Линии, определяющие координаты экспериментальных точек, не проводят.

7. Кривая должна быть плавной. Форму кривой определяют, как правило, из теории. Кривую (прямую) следует проводить так, чтобы количество точек по обе стороны от нее было приблизительно одинаковым. Кривую (прямую) следует проводить как можно ближе к точкам, но, не обязательно пересекая их.

При проведении прямой (кривой) следует заранее выяснить: проходит ли она через какую-либо конкретную точку, например через начало координат (0; 0).

Пример. Пусть требуется построить график зависимости пути S от времени t при равномерном движении тела. Экспериментальные данные приведены в табл. П.1. Два варианта графика зависимости $S(t)$, оформленный с ошибками и правильный, изображены соответственно на рис. П.1 и П.2.

	t , с	10	12	14	15	16	18	19	22	Таблица П.1
	S , м	20	23	30	31	34	34	38	43	

На рис. П.1 показаны основные наиболее типичные ошибки, допускаемые студентами при построении графиков:

– неправильно выбраны направления осей координат. Время t является независимой переменной (аргументом) и должно быть отложено по оси абс-

9

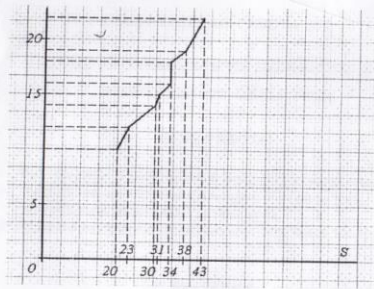


Рис. П.1

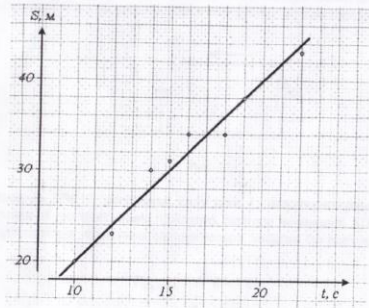


Рис. П.2

$$E = 5000 \text{ В}$$

I	U	R	Р _{нагрузки}	Р _{потери}	η	T
MA	B	OM	MBT	MBT	%	OM
0	5	0	0	0	0	0
5	4,62	924,00	23,1	25	92,4	76,00
10	4,26	726,00	42,6	50	85,2	74,00
15	3,75	250,00	56,25	75	75	83,33
20	3,3	165,00	66	100	66	85,00
25	2,9	116,00	72,5	125	58	84,00
30	2,55	85,00	76,5	150	51	81,67
35	2,2	62,86	77	175	44	80,00
40	1,9	47,50	76	200	38	77,50
45	1,55	34,44	69,75	225	31	76,67
50	1,2	24,00	60	250	24	76,00
55	0,95	17,27	52,25	275	19	73,67
60	0,65	10,83	39	300	13	72,50
65	0,25	3,85	16,25	325	5	73,08
70	0,05	0,71	3,5	350	1	70,71
Рисунки (карта)						

Подпись преподавателя: *Самоев*
 дата: 24.05.11

Расчет

$$P_{\text{полезн}} = 5 \cdot 4,62 = 23,1$$

$$P_{\text{полная}} = 5 \cdot 5 = 25$$

$$\eta = \frac{23,1}{25} \cdot 100\% = 92,4\%$$

$$r = \frac{5000}{5} \cdot 92,4\% = 76,00$$

Среднее значение