Лабораторная работа № 10.

Измерение работы и мощности электрического тока

Цель работы: сформировать умение определять работу и мощность постоянного электрического тока с помощью амперметра и вольтметра.

Оборудование: выпрямитель ВУ-4М, вольтметр, амперметр, соединительные провода, секундомер, элементы планшета №1: переменный резистор R_n, электрическая лампочка, ключ.

Теоретическая часть.

Работа тока.

В полной электрической цепи происходит двойное преобразование энергии: внутри источника тока тот или иной вид энергии превращается в электрическую, а на внешнем участке цепи, наоборот, электрическая энергия превращается в целый ряд других видов энергии. В электрических двигателях электрическая энергия в основном превращается в механическую, в лампах накаливания она частично превращается во внутреннюю энергию нити накала, а частично в энергию излучения.

Протекая по проводникам, электрический ток совершает работу, служит человеку. *Работой тока* называют работу сил электрического поля, создающего ток.

Если электрический ток совершает работу, то это означает, что энергия электрически заряженных частиц, движущихся под действием электрического поля, превращается в другие виды энергии.

Известно, что напряжение на концах участка цепи численно равно работе электрического поля по перемещению

заряда в 1 Кл из одной точки поля в другую:

$$A = U \cdot q \quad (1)$$

Другими словами, чтобы определить работу электрического тока на каком-либо участке цепи, надо напряжение на концах этого участка умножить на электрический заряд (количество электричества), прошедший по нему.

Известно также, что количество электричества (заряд) можно подсчитать по формуле

$$q = I \cdot t \quad (2)$$

Подставив данное выражение в формулу (1), получим:

$$A = U \cdot I \cdot t \text{ ,} \quad (3)$$

то есть работа на участке равна произведению напряжения на концах этого участка на силу тока и на время, в течение которого совершалась работа.

Кроме того, так как по **закону Ома для участка цепи:** сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на его концах и обратно пропорциональна сопротивлению

$$I = \frac{U}{R} \text{ ,} \quad (4)$$

где R — электрическое сопротивление участка цепи.

Работу электротока можно найти и по следующим формулам:

$$A = U \cdot I \cdot t \quad (5)$$

$$A = I^2 \cdot R \cdot t \quad (6)$$

$$A = \frac{U^2}{R} \cdot t \quad (7)$$

Работа электрического тока в СИ выражается в джоулях (Дж). На практике же работу электротока измеряют в кВт•ч, так как единица 1 Дж слишком мала. 1 кВт•ч = 1 кВт • 3600 с = 1000 Вт • 3600 с = 3600000 Дж. Работу электрического тока измеряют

специальными приборами — счетчиками.

Мощность электрического тока.

Мощность электрического тока, которую обозначают как *P,* равна отношению работы тока *A* ко времени *t,* за которое эта работа была совершена:

$$P = \frac{A}{t} . \qquad (8)$$

Подставляя в формулу (8) формулы (5) – (7) получим еще три формулы для вычисления мощности тока:

$$P = U \cdot I \qquad (9)$$

$$P = I^2 \cdot R \qquad (10)$$

$$P = \frac{U^2}{R} \qquad (11)$$

Единицей мощности электрического тока (как и в случае с обычной мощностью) служит 1 ватт (Вт). Используются также кратные единицы мощности: 1 МВт=10^6 Вт (мегаватт); 1 кВт=10^3 Вт (киловатт); 1 гВт=10^2 Вт (гектоватт).

Из соотношения (6) следует, что мощность постоянного тока может быть измерена при помощи амперметра и вольтметра. Наряду с этим мощность тока измеряют и с помощью специального прибора — *ваттметра,* в котором одновременно сочетаются и амперметр и вольтметр. Как амперметр, ваттметр включается последовательно с помощью клемм 1, 2 (рис. 1), а как вольтметр — параллельно (клеммы 3, 4) с потребителем электрической энергии. Поэтому в отличие от других приборов ваттметр имеет четыре клеммы для включения в цепь.

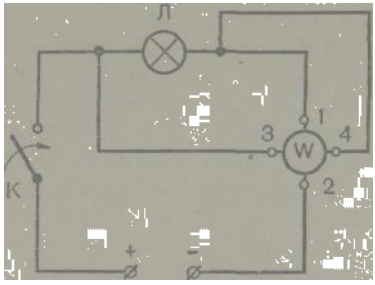

Рис. 1.

На электрических приборах, которые имеются у вас дома, обычно указываются мощность и напряжение, зная которые можно легко подсчитать ток, потребляемый каждым из приборов $I = \frac{P}{U}$. А по известному току и напряжению можно узнать электрическое сопротивление прибора. Кроме того, можно определить работу, совершаемую электрическими приборами за сутки. Для этого достаточно знать их мощность и время работы, тогда:

$$A = P_1 t_1 + P_2 t_2 + ... + P_n t_n , \qquad (12)$$

где P — мощность прибора, t — время его работы за сутки.

В таблице 1 приведены значения мощности некоторых бытовых электрических устройств.

Таблица 1.

Прибор	Мощность, *P, Вт*
Лампочка от карманного фонаря	0,5 – 3,0
Осветительные лампы накаливания	15 – 200
Электроплитка	500 – 1500
Стиральная машина	350 – 1000
Электроутюг	300 – 1000
Электрокамин	2000
Холодильник	110 – 160
Электрическая плита	До 8000

Двигатель трамвая	150000
Двигатель электровоза	5000000

Закон Джоуля — Ленца.

Электрический ток нагревает проводник. Это явление вам хорошо известно. Объясняется оно тем, что свободные электроны в металлах или ионы в растворах солей, кислот или щелочей, перемещаясь под действием электрического поля, взаимодействуют с ионами или атомами вещества проводника и передают им свою энергию. В результате *внутренняя энергия* проводника увеличивается.

Опытным путем установлено, что вся работа в неподвижных металлических проводниках идет на увеличение их внутренней энергии.

Тепловое действие тока применяется в различных электронагревательных приборах.

Итак, если на участке цепи под действием электрического поля не совершается *механическая работа* и не происходят химические превращения веществ, то *работа электрического тока* приводит только к нагреванию проводника. При этом работа электрического тока равна количеству теплоты, выделенному проводником с током:

$$A = Q \tag{13}$$

Т. е.

$$Q = I^2 \cdot R \cdot t \tag{14}$$

Этот закон носит название *закона Джоуля-Ленца* (в честь открывших его ученых: англичанина Джеймса Джоуля (1818-1889 г. г.) и русского Эмилия Христиановича Ленца (1804-1865 г. г.)). Вот его формулировка: **количество теплоты, которое выделяется на участке цепи при прохождении электрического тока, прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению участка цепи и времени прохождения тока.**

Учитывая формулы (5) и (7) имеем:

$$Q = U \cdot I \cdot t \qquad (15)$$

$$Q = \frac{U^2}{R} \cdot t \qquad (16)$$

Применение теплового действия тока.

Тепловое действие тока широко используется в современной технике и в быту. Согласно закону Джоуля — Ленца, наибольшее количество теплоты выделяется на тех участках цепи, сопротивление которых наибольшее. На этом принципе основана работа всех электронагревательных приборов, ламп накаливания, плавких предохранителей для защиты электрических цепей от короткого замыкания.

Тепловое действие тока используется при контактной сварке металлов. Через свариваемые детали пропускают большой силы ток. В месте контакта свариваемых деталей выделяется значительное количество теплоты, за счет которой они сильно разогреваются и свариваются. Точечная электросварка находит широкое применение в приборостроении, в последние годы она успешно применяется и в зубопротезном деле.

Практическая часть.

1. Подготовка к выполнению работы.

Перед вами на столах находится минилаборатория по электродинамике. Её вид представлен на рисунке 2.

Слева находятся миллиамперметр, выпрямитель ВУ-4М, вольтметр, амперметр. Справа закреплен планшет № 1, вид которого показан на рис. 3. В задней секции корпуса размещаются соединительные провода цветные: красный провод используют для подключения ВУ-4М к гнезду «+» планшета; белый провод — для подключения ВУ-4М к гнезду

«-»; желтые провода - для подключения к элементам планшета измерительных приборов; синие - для соединения между собой элементов планшета. Секция

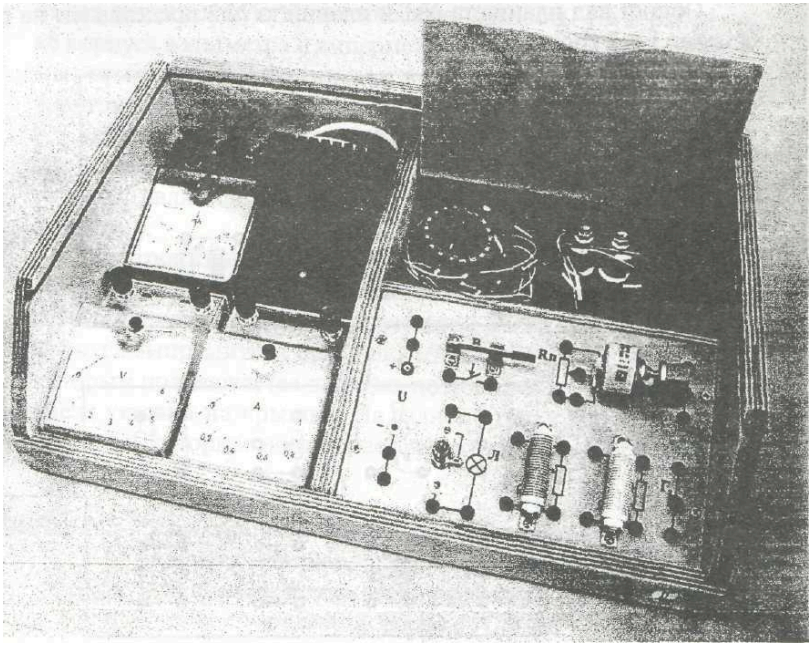

Рис. 2.

закрыта откидной площадкой. В рабочем положении площадка располагается горизонтально и используется в качестве рабочей поверхности при сборке экспериментальных установок в опытах.

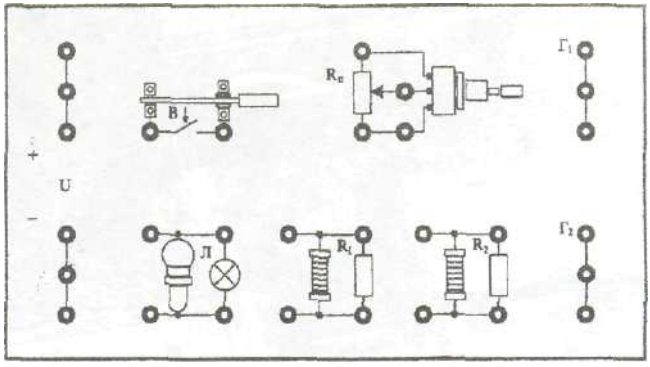

Рис. 3.

2. Ход работы.

Найдите на планшете №1 электрическую лампочку, рассмотрите ее, обратить внимание на устройство ее основных частей: спирали, стеклянного баллона, цоколя. В данной работе вам необходимо определить работу и мощность электрического тока в лампе при трех различных режимах ее работы: когда накал лампы максимален, лампа горит в полнакала и едва светится.

Сначала соберите цепь по схеме, показанной на рисунке 4.

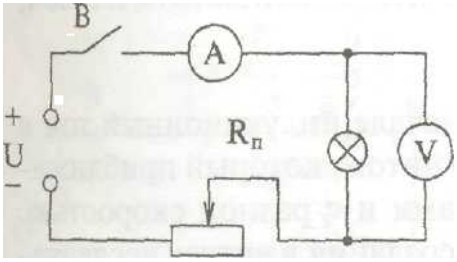

Рис. 4.

После того, как цепь будет собрана, необходимо поднять руку, позвать учителя, чтобы он проверил правильность сборки электрической цепи. И если цепь собрана правильно, то приступайте к выполнению работы.

Подключите цепь к электросети, затем замкните ключ и переводите ручку переменного резистора в положение, при котором накал лампы будет максимальным. Как только необходимый режим будет установлен, включайте секундомер и на протяжении одной минуты наблюдайте за свечением лампы. Показания амперметра, вольтметра и секундомера занесите в таблицу 2.

Через минуту уменьшают силу тока в цепи переменным резистором так, чтобы накал лампы уменьшился примерно наполовину, и повторяют измерения силы тока, напряжения и времени его протекания. Результаты измерений заносят в таблицу 2.

Завершают экспериментальную часть работы опытом, при котором накал нити лампы едва заметен.

Результаты наблюдений будет удобнее обобщать, если их свести в таблицу.

Таблица 2.

Режим работы лампы	*Сила тока I, А*	*Напряжение U, В*	*Время t, с*	*Работа А, Дж*	*Мощ-ность, Р, Вт*
Максимальный накал					
Средний накал					
Слабый накал					

Затем определяют работу и мощность электрического тока. Для определения работы, совершаемой электрическим током на участке цепи, необходимо знать напряжение, приложенное к этому участку, силу тока в нем и время его протекания:

$$A = U \cdot I \cdot t \qquad (17)$$

Чтобы измерить мощность, достаточно знать только две первые величины:

$$P = U \cdot I \qquad (18)$$

Если проводник, по которому течет ток, остается неподвижным, то работа тока идет на увеличение его внутренней энергии. Явление нагревания проводника электрическим током используется в устройстве ламы накаливания.

3. Задание.

Определите приборную погрешность амперметра и вольтметра (погрешность класса точности и погрешность цены

деления), если класс точности амперметра и вольтметра 2,5. (См. «Погрешности измерения физических величин» пункт 3).

4. Вывод.

После того, как вычислено значение работы и мощности электрического тока для каждого режима работы, сопоставьте результаты, полученные для каждого из этапов эксперимента с яркостью нити лампы.

Вопросы для защиты лабораторной работы.

1. Что называют работой тока?
2. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
3. С помощью каких формул можно найти работу электрического тока?
4. Мощность электрического тока. Формулы её нахождения.
5. С помощью какого прибора можно измерить мощность электрического тока? Как он включается в цепь?
6. Сформулируйте закон Джоуля — Ленца. *(Знать формулу)*.
7. Применение теплового действия тока.
8. Уметь собирать электрические цепи, используемые в работе.

Литература

1. Кабардин О. Ф.. Справ. Материалы: Учеб. Пособие для МГУ им. М учащихся.—3-е изд.—М.: Просвещение, 1991.—с.: 149-150.
2. Справочник школьника. Физика/ Сост. Т. Фещенко, В. Вожегова.–М.: Филологическое общество «СЛОВО», ООО «Фирма» «Издательство АСТ», Центр гуманитарных наук при ф-те журналистики. В. Ломоносова, 1998. — с.: 318-320,416-421.
3. Самойленко П. И.. Физика (для нетехнических специальностей): Учебн. для общеобразоват. учреждений сред.

Проф. Образования/ П. И.Самойленко, А. В. Сергеев.—2-е изд., стер.—М.: Издательский центр «Академия», 2003-с.: 184-186.