

Лабораторная работа

Исследование зависимости температуры нити лампы накаливания от напряжения на её зажимах

Цель работы: при условиях свечения нити накаливания определить ее температуру.

Приборы и принадлежности: лампа накаливания 220 В на подставке, вольтметр 220 В, амперметр 1А, регулируемый источник питания 1 – 220 В, омметр, соединительные провода.

Краткая теория

Экспериментальная проверка наиболее распространенных бытовых ламп накаливания мощностью 25, 40, 60, 75, 100 Вт показывает, что их сопротивление в холодном состоянии при 0 °С составляет 155,5; 103,5; 61,5; 51,5; 40 Ом, а в рабочем — 1936; 1210; 815; 650; 490 Ом, соответственно. Тогда отношение «горячего» сопротивления к «холодному» равняется 12,45; 11,7; 13,25; 12,62; 12,4, а в среднем оно составляет 12,5. Лампы накаливания мощностью 100 Вт с 2010г. не выпускаются.

В результате лампа накаливания при включении работает в экстремальных условиях при токах, которые превышают номинальный, что приводит к ускоренному износу нити накала и преждевременному выходу лампы из строя, особенно при превышениях напряжения в питающей сети. Последнее обстоятельство при длительных превышениях напряжения относительно номинального приводит к резкому сокращению срока службы лампы.

Срок службы лампы накаливания колеблется в широких пределах, потому что зависит:

- от качества соединений в электропроводке и светильнике; . от стабильности номинального напряжения;
- от наличия или отсутствия механических воздействий на лампу, толчков, сотрясений, вибраций;
- от температуры окружающей среды;
- от типа примененного выключателя и скорости нарастания величины тока при подаче питания на лампу.

При продолжительной работе лампы накаливания ее нить накала под воздействием высокой температуры нагрева постепенно испаряется, уменьшаясь в диаметре, рвется (перегорает).

Чем выше температура нагрева нити накала, тем больше света излучает лампа. При этом интенсивнее протекает процесс испарения нити, и сокращается срок службы лампы. Поэтому для ламп накаливания устанавливается такая температура накала нити, при которой обеспечивается необходимая светоотдача лампы и определенная продолжительность ее службы.

Средняя продолжительность горения лампы накаливания при расчетном напряжении не превышает 1000 часов. После 750 часов горения световой поток снижается в среднем на 15%.

Лампы накаливания очень чувствительны даже к относительно небольшим повышениям напряжения: при повышении напряжения всего на 6% срок службы снижается вдвое. По этой причине лампы накаливания, освещающие лестничные клетки, довольно часто перегорают, так как ночью электросеть мало нагружена и напряжение повышено.

Согласно классической электронной теории металлические проводники имеют кристаллическую структуру. В узлах кристаллической решётки находятся положительные ионы, а в пространстве между ионами имеются свободные электроны, которые составляют "электронный газ", заполняющий кристаллическую решётку. Свободные электроны, как и молекулы газа, совершают хаотическое беспорядочное движение, скорость которых зависит от температуры. При этом каждый описывает сложную траекторию, подобную траектории молекулы газа или частицы, совершающей броуновское движение (рис. 1).

Вследствие беспорядочности теплового движения количество электронов, движущихся в любом направлении, в среднем всегда равно числу электронов, перемещающихся в противоположном направлении. Поэтому, в отсутствие внешнего поля, суммарный заряд, переносимый электронами в любом направлении, равен нулю, т.е. в металле нет электрического тока. При создании разности потенциалов на концах металлического проводника, в проводнике появляется электрическое поле, под действием которого электроны обретут частично упорядоченное движение в направлении, противоположном направлению поля (т.к. электроны обладают отрицательным зарядом). Поэтому при наличии внешнего поля фактическое движение электронов представляет собой сумму беспорядочного и упорядоченного движений, что приводит к появлению преимущественного направления движения. Количество электронов, движущихся противоположно полю, будет больше количества электронов, перемещающихся в направлении поля, следовательно, возникает перенос электрического заряда в направлении, противоположном полю, который и называют электрическим током. На рис.1б представлена траектория движения электрона в присутствии электрического поля.

При наличии поля на каждый электрон действует сила равная ей, под действием которой электрон движется ускоренно. При своем движении электрон сталкивается с ионами кристаллической решетки. В момент удара электрон отдает часть или всю энергию ионам. После этого снова под действием сил электрического поля ускоряется, увеличивает свою скорость и снова при следующем соударении с ионом отдает свою энергию остову кристаллической решетки.

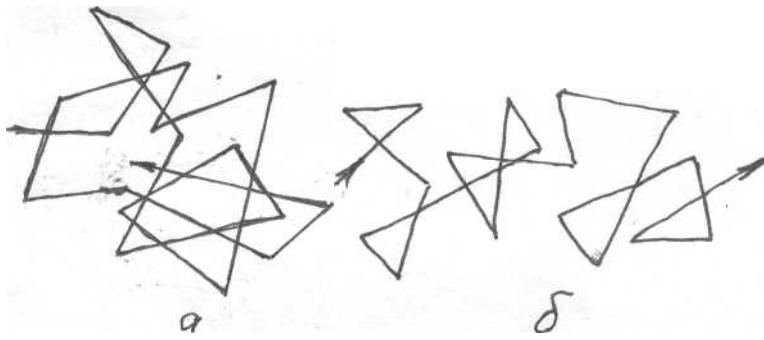


Рис.1. Траектория движения электрона: а) без поля; б) в электрическом поле напряженностью E

Энергия, переданная ионам кристаллической решетки, превращается в энергию беспорядочного колебательного движения ионов, т.е. в тепло. Эти столкновения приводят к затруднению направленного движения электронов, к созданию сопротивления. С точки зрения классической электронной теории два фактора: 1) участие электронов в хаотическом движении (наряду с направленным) и 2) наличие соударений электронов с ионами кристаллической решетки воспринимается как электрическое сопротивление проводника электрическому току.

С увеличением температуры возрастает скорость хаотического движения, а также число соударений электронов, что должно привести к увеличению сопротивления проводника.

Экспериментально установлено, что для металлов увеличение сопротивления с температурой выражается зависимостью:

$$R_t = R_0(1 + \alpha t) \quad (1)$$

где R_0 – сопротивление проводника при температуре 0°C , R_t – сопротивление проводника при температуре t , α – термический коэффициент сопротивления данного металла, он показывает на какую часть изменяется сопротивление проводника при нагреве его на 1°C . У чистых металлов порядка 10^{-3} 1/градус, у сплавов меньше. У вольфрама, из которого изготовлена нить исследуемой лампы $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

Из формулы (1) можно определить температуру раскалённой нити, если известны её сопротивление R_t при этой температуре и сопротивление нити R_0 при температуре 0°C :

$$t = \frac{R_t - R_0}{\alpha R_0} \quad (2)$$

Порядок выполнения работы

№ опыта	Номинальная мощность лампы, P, Вт	Напряжение U, В	Сила тока в лампе I, А	Мощность, потребляемая лампой P, Вт	Сопротивление нити накала R, Ом	Температура накала t, °С

1. Измерьте электрическое сопротивление нити лампы накаливания при комнатной температуре с помощью омметра.
2. Соберите электрическую цепь согласно схеме:

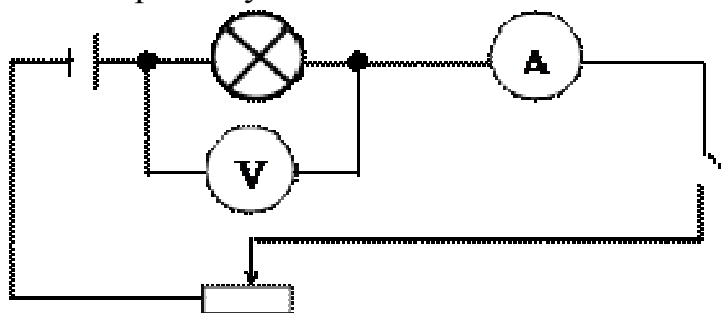


Рис. 2. Схема установки

2. Вычислите значение R_0 электрического сопротивления нити лампы при $0\text{ }^\circ\text{C}$. Термический коэффициент α электрического сопротивления вольфрама при значениях температуры, близких к $0\text{ }^\circ\text{C}$, равен примерно $4,8 \cdot 10^{-3} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$.

3. Подключите установку к источнику питания, соблюдая полярность. Измерьте силу тока в цепи при разных значениях U на концах нити

накаливания лампы от минимального свечения до максимального. Вычислите электрическое сопротивление R_t нити лампы в нагретом состоянии:

$$R_t = \frac{U}{I}$$

4. По найденным значениям электрического сопротивления нити лампы R_0 , R_t и известному значению термического коэффициента электрического сопротивления вольфрама вычислите температуру t нити лампы по формуле $t = \frac{R_t - R_0}{\alpha R_0}$. Оцените границы погрешностей измерений. Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу.

5. Постройте график зависимости температуры нити накаливания от напряжения на ее зажимах.

Контрольные вопросы

1. Почему электрическое сопротивление металлов зависит от температуры?
2. Каковы основные источники погрешностей измерений в данном эксперименте?
3. Почему в данной работе электрическое сопротивление нити лампы при комнатной температуре можно считать приблизительно равным ее электрическому сопротивлению при 0°C ?