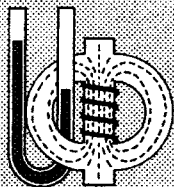


На главную <http://ivativ.narod.ru/index.html>

*Ex  
libris*

НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ  
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ



# УЧЕБНАЯ ФИЗИКА

Июль - август 2000 №4

Издается с января 1997 года

# СТАРШАЯ ШКОЛА

# В

## ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ ПРОФИЛЬ

### СОДЕРЖАНИЕ

ОТ РЕДАКЦИИ



Е. С. ОБЪЕДКОВ

3

### ОСНОВНАЯ ШКОЛА

А. И. Нурминский  
ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ЛИ РАБОТА РАВНА  
ИЗМЕНЕНИЮ ЭНЕРГИИ?

5

### СТАРШАЯ ШКОЛА



В. В. Майер  
МОДЕЛЬНАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ РАЗРУШЕНИЯ  
ДЕРЕВЯННОГО СТОЛБА УДАРОМ  
ЛИНЕЙНОЙ МОЛНИИ

11

В. А. Иноземцев, С. В. Иноземцева  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА УСТАНОВЛЕНИЯ  
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА ПРИ  
ВКЛЮЧЕНИИ ЛАМПОЧКИ

17



Л. А. Жук, М. И. Шамаев  
ХАОТИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ СЛОЖНОГО МАЯТНИКА

23

Г. А. Бутырский  
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЗАДАЧА С ДВУМЯ  
ЭЛЕКТРОМЕТРАМИ

25

В.А.Иноземцев, С.В.Иноземцева

## Исследование процесса установления электрического тока при включении лампочки



Сопротивление лампы накаливания измеряют методами омметра и амперметра-вольтметра в холодном и рабочем состояниях. Одно- и двухлучевым осциллографами исследуют переходный процесс при включении лампы. В результате анализа полученных осциллограмм делают вывод, что именно первоначальный скачок силы тока при включении лампы (при переходе ее из холодного состояния с малым сопротивлением в рабочее состояние с большим сопротивлением) может привести к ее перегоранию.

Электрические лампочки перегорают, как правило, в момент включения.

Для выяснения причин такого явления обратимся к анализу изменения силы протекающего через лампочку тока при подключении ее к источнику постоянного напряжения. Посмотрим сначала, каково сопротивление лампочки в холодном и рабочем состояниях. Сопротивление лампочки в хо-

лодном состоянии (при комнатной температуре) можно определить омметром либо методом амперметра-вольтметра. При измерении сопротивления маломощных электрических лампочек омметром результаты измерения получаются несколько завышенными, так как нить лампочки нагревается током, протекающим в цепи омметра. Сопротивление лампочки в рабочем состоянии можно опре-

Таблица 1

$U, мВ$	2,2	4,4	6,6	8,8	11	13,2	22,3	46,5	74	112	176	500
$I, мА$	1	2	3	4	5	6	10	20	30	40	50	69
$R, Ом$	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,23	2,32	2,47	2,8	3,5	7,2
$U, В$	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6,0	6,3
$I, мА$	96	117	136	153	170	184	199	212	225	237	249	255
$R, Ом$	10,4	12,8	14,7	16,3	17,6	19	20,1	21,2	22,2	23,2	24	24,7

делить расчетным путем, зная мощность лампочки (номинальный ток) и рабочее напряжение, или измеряя сопротивление лампочки методом амперметра-вольтметра при номинальном питающем напряжении. Нами проведено исследование 20 лампочек 2,5 В, 0,068 А; 20 лампочек 6,3 В, 0,3 А и 10 лампочек 220 В, 100 Вт. В качестве примера приведем результаты измерения сопротивления одной из лампочек 6,3 В, 0,3 А (табл. 1).

Измерения проведены при питании лампочки постоянным напряжением от источника ИПС-1, использованы измерительные приборы Ц4313, Ц4353.

Сопротивление лампочки, измеренное омметром прибора Ц4353, равно примерно 2,5 Ом, измеренное методом амперметра-вольтметра при комнатной температуре — 2,2 Ом. Сопротивление этой же лампочки в рабочем режиме, определенное расчетом, — 21 Ом, измеренное методом

амперметра-вольтметра, составляет 24,7 Ом.

Из проведенного исследования с различными лампочками можно утверждать, что если пропускать через электрическую лампочку ток менее 0,01 номинального, то сопротивление лампочки не зависит от силы протекающего через лампочку тока. При такой силе тока лампочка практически не будет нагреваться, так как потребляемая ею мощность будет примерно в 10000 раз меньше номинальной.

Сравнивая сопротивления лампочек при комнатной и при рабочей температурах, отмечают, что сопротивление лампочек при комнатной температуре в 8–11 раз меньше их сопротивления в рабочем состоянии.

Поскольку в холодном состоянии сопротивление электрической лампочки меньше, чем в рабочем, то сразу после подключения ее к источнику напряжения, пока спираль еще не нагрелась, сила тока в лампоч-

ке достигает больших значений. Затем сопротивление электрической лампочки существенно увеличивается и сила тока в ней уменьшается.

Наблюдать зависимость силы тока через лампочку от времени после подключения ее к источнику постоянного напряжения можно, замыкая ключ в электрической цепи, схема которой приведена на рис. 1. Резистор R1 необходимо выбрать как можно меньшего сопротивления. Чувствительность электронного осциллографа по входу Y должна быть максимальной (минимальный коэффициент отклонения). Если генератор развертки осциллографа работает в непрерывном режиме, то осциллограмма может появляться в любом месте экрана по горизонтальной оси. При работе генератора развертки в ждущем режиме осциллограмма будет начинаться в начале развертки, но фронт импульса не будет виден.

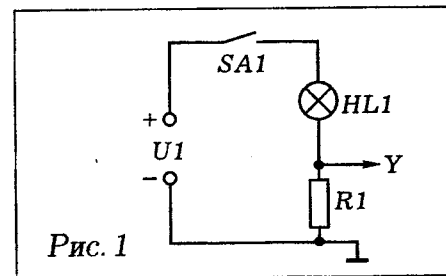


Рис. 1 Демонстрация будет нагляднее, если воспользоваться двухлучевым осциллографом, по од-

ному каналу которого можно наблюдать форму приложенного к лампочке напряжения, а по второму — форму протекающего через лампочку тока. Если генератор развертки осциллографа запускать чуть раньше подачи напряжения на лампочку, то можно будет наблюдать фронты импульсов напряжения и тока.

Вариант схемы с внешней синхронизацией генератора развертки приведен на рис. 2.

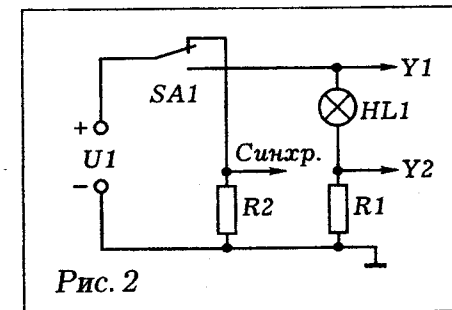


Рис. 2 В качестве переключателя SA1 используется П2К. От скорости движения подвижной части переключателя зависит задержка подачи напряжения на лампочку. Если применить обычный тумблер, то время задержки сигнала относительно запуска генератора развертки будет одним и тем же (примерно 1–2 миллисекунды). График зависимости силы тока, протекающего через электрическую лампочку на 2,5 В, от времени после подключения ее к источнику постоянного напряжения приведен на рис. 3. Отношение

максимального значения силы тока в момент включения лампочки к установившемуся значению силы тока зависит от частоты включения и выключения лампочки, а для одной и той же частоты зависит от мощности лампочки.

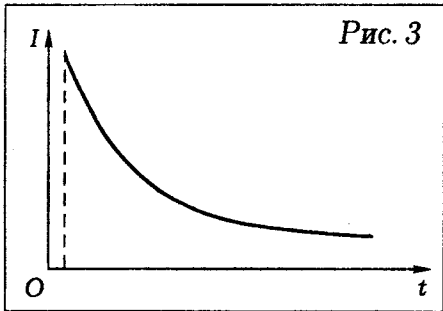


Рис. 3

Исследовать зависимость формы тока через лампочку от частоты включения и выключения напряжения можно с помощью устройства, блок-схема которого приведена на рис. 4. В мультивибраторе предусмотрена регулировка как длительности импульсов, так и паузы между ними. По каналу Y1 наблюдают форму прямоугольных импульсов напряжения, подаваемых на лампочку, а по каналу Y2 — форму импульсов тока, протекающего через

лампочку. Сопротивление резистора R1 должно быть значительно меньше сопротивления лампочки при комнатной температуре. Электронный ключ должен обеспечить необходимую для лампочки силу тока.

Принципиальная схема указанного устройства приведена на рис. 5. Напряжение питания можно изменять в пределах от 3 до 15 В. Оно выбирается в зависимости от номинального напряжения исследуемых лампочек. Мультивибратор собран на элементах DD1.1, DD1.2 микросхемы K561ЛА7. Емкость времязадающего конденсатора C1 выбирают в зависимости от требуемой частоты коммутации тока через лампочку. Резистором R2 изменяют время включенного состояния лампочки, а резистором R3 — выключенного. Диоды VD1, VD2 позволяют обеспечить раздельную регулировку длительности импульсов и пауз между ними.

Сопротивление резистора R10 (оно должно быть как можно меньше) выбирают, исходя из номинального тока

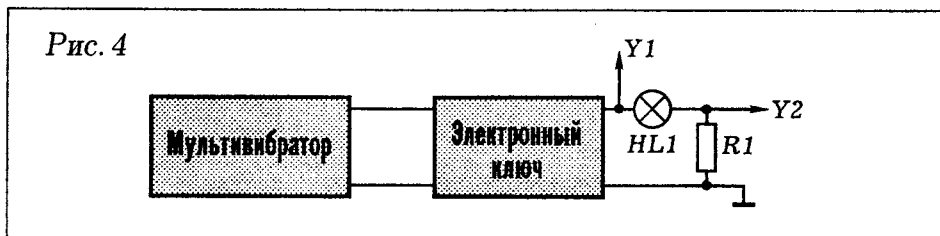


Рис. 4

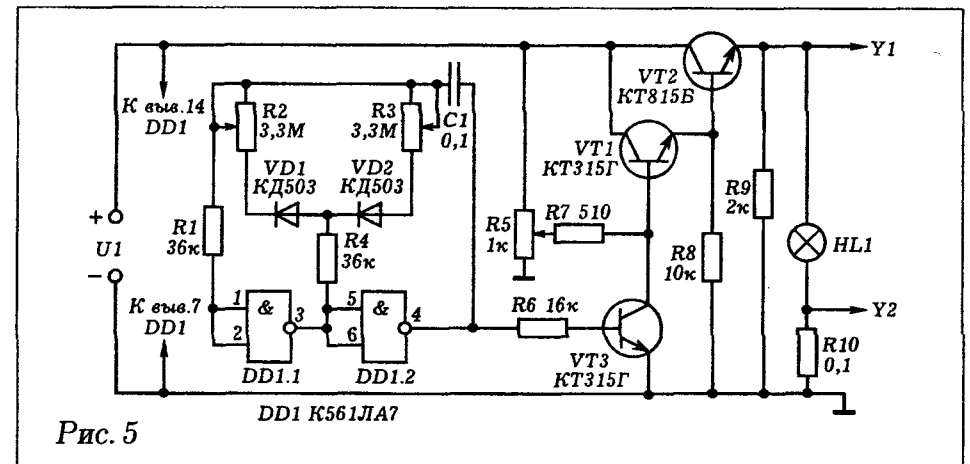


Рис. 5

лампочки и минимального значения коэффициента отклонения канала Y2. При работе с двухлучевым осциллографом C1-134 сопротивление резистора R10 нами выбрано равным 0,1 Ом. Резисторы R8, R9 улучшают форму прямоугольных импульсов напряжения, подаваемых на лампочку HL1. Резистором R5 регулируют амплитуду прямоугольных импульсов напряжения.

При работе осциллографа в ждущем режиме устройство по схеме рис. 5 не позволяет на-

блюдать фронты импульсов напряжения и тока. Чтобы можно было наблюдать фронты импульсов напряжения и силы тока используют устройство, блок-схема которого приведена на рис. 6. Время включенного состояния лампочки задается длительностью импульсов, вырабатываемых одновибратором.

Частота включения-выключения лампочки определяется мультивибратором. В мультивибраторе имеется возможность регулировки времени задержки запуска одновибратора относи-

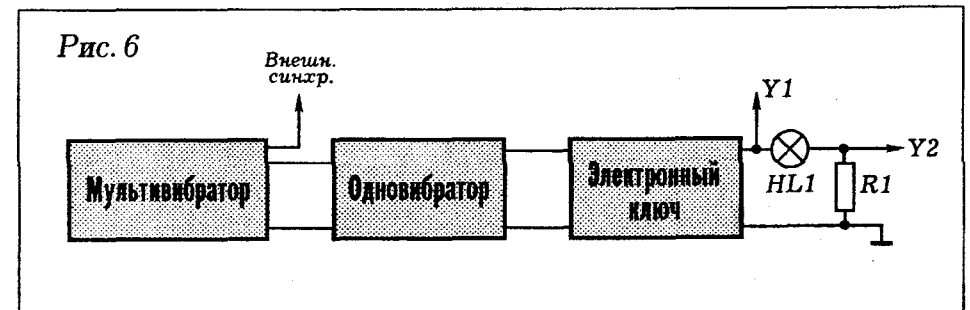


Рис. 6

тельно импульса внешней синхронизации, снимаемого с мультивибратора.

Особенностью такого построения генератора прямоугольных импульсов напряжения является возможность раздельной регулировки длительности прямоугольных импульсов и частоты их повторения, а в генераторе по схеме рис. 5 раздельно регулируются длительность импульсов и длительность пауз между ними.

При увеличении частоты включения-выключения электрического тока через лампочку отношение максимального значения силы тока в момент включения лампочки к устано-

вившемуся значению силы тока уменьшается, и при частоте 100 Гц (с такой частотой "включается-выключается" лампочка в сети переменного тока 50 Гц) форма импульсов тока через лампочку близка к прямоугольной. Это объясняется тем, что лампочка не успевает остывать.

В результате анализа полученных осциллограмм силы тока делают вывод, что именно первоначальный скачок силы тока при включении лампочки (при переходе ее из холодного состояния с малым сопротивлением в рабочее состояние с большим сопротивлением) может привести к ее перегоранию.

Брянский государственный  
педагогический университет

Поступила в редакцию 30.07.00.