

Релаксатор световых импульсов на люминесцентной лампе

В. К. Свешников

Мордовский государственный педагогический институт, г. Саранск, Россия

Рассмотрены условия работы генератора релаксационных колебаний на люминесцентной лампе. Приведены методы снижения напряжения зажигания разряда и времени его деионизации. Описана электрическая схема и приведены параметры генератора световых импульсов.

Известные схемы генераторов на световых разрядных индикаторах имеют низкие световой поток, яркость и малые габариты, что ограничивает их использование в светосигнальных устройствах, транспортном световом оборудовании, в демонстрационном эксперименте и т. д. Релаксатор, выполненный на люминесцентной лампе (ЛЛ), лишен отмеченных недостатков [1].

Ниже рассматривается вопрос создания генератора релаксационных колебаний на основе люминесцентной лампы.

Непосредственная замена неоновой лампы на ЛЛ в известных схемах генераторов исключает их работу. Это связано с высокой величиной напряжения зажигания разряда и его дисперсией, нестабильностью напряжения гашения разряда, а также большим временем его деионизации. Кроме того, частотные свойства ЛЛ зависят от постоянной затухания люминофора.

Рассмотрим условия, при которых возможно снижение напряжения зажигания разряда, его дисперсии и времени деионизации.

Напряжение U_3 зажигания разряда в трубке с диэлектрической оболочкой определяется соотношением [2]

$$U_3 = 2U_{кc} + El, \quad (1)$$

где $U_{кc}$ — напряжение пробоя промежутка катод—стенка;

E — градиент потенциала плазменного столба разряда при минимально возможном токе;

l — расстояние между электродами.

Как следует из (1), напряжение зажигания разряда можно уменьшить путем соответствующего снижения $U_{кc}$ и уменьшения E , что достигается путем подкала катода и размещения на поверхности колбы проводящей полосы [3].

Из рис. 1 следует, что минимальное напряжение зажигания разряда в ЛЛ возможно при наличии проводящей полосы и при токе подогрева катода свыше 0,3 А. Наличие проводящей полосы облегчает пробой межэлектродного про-

межутка. При соединении ее с одним из электродов удается снизить напряжение пробоя разряда на 100—150 В и уменьшить его дисперсию.

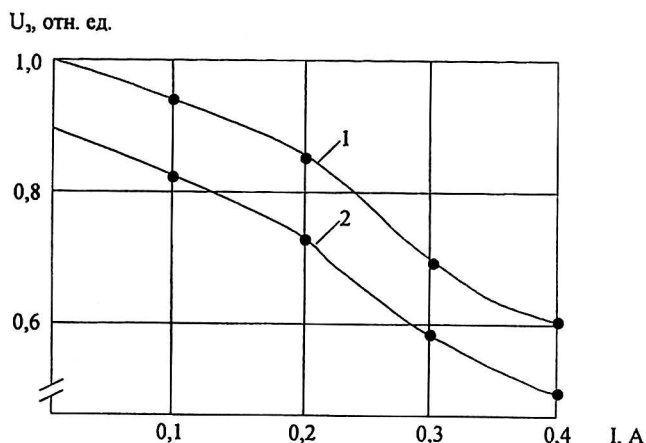


Рис. 1. Зависимость напряжения зажигания разряда в лампе типа ЛБ-20 от тока накала катода с проводящей полосой (1) и без нее (2)

Максимальная частота f , которую может генерировать релаксатор на разрядной лампе, определяется временем τ деионизации разряда

$$f = \frac{1}{\tau}. \quad (2)$$

Как известно, не полностью деионизованная плазма в лампе зажигается повторно при напряжении, меньшем нормального напряжения ее зажигания.

В анодной области разряда процессам деионизации плазмы препятствует объемный положительный заряд. Оценим частоту работы генератора при нагреве анода ЛЛ и при отсутствии нагрева.

В отсутствие нагрева анода устранение ионов ртути из околоанодного пространства будет происходить вследствие их диффузии к стенке. Поскольку концентрация электронов невелика, то диффузия здесь будет не амбиполярной, а обычной.

Тогда

$$\tau = \frac{R^2}{2D}, \quad (3)$$

где R — внутренний радиус колбы ЛЛ;
 D — коэффициент диффузии ионов ртути.

Поскольку ртуть является малой примесью к инертному газу, то коэффициент взаимной диффузии равен [4]

$$D = \frac{2}{3d^2P} \sqrt{\frac{k^3 T^3}{\pi^3 M}}, \quad (4)$$

где d — диаметр атома ртути;
 P — парциальное давление аргона;
 k — постоянная Больцмана;
 T — температура анода;
 M — масса иона ртути.

Подставляя (4) и (3) в (2), получим

$$f = \frac{4}{3R^2 d^2 P} \sqrt{\left(\frac{kT}{\pi}\right)^3 \frac{1}{M}}. \quad (5)$$

Для оценки f при работе ЛЛ примем $R = 1,8 \cdot 10^{-2}$ м; $d = 5,1 \cdot 10^{-10}$ м; $P = 266$ Па; $M = 3,36 \cdot 10^{-25}$ кг; $T = 300$ К.

Расчет по (5) показывает, что максимальная частота f , при которой возможна генерация колебаний ЛЛ, составляет 6 Гц.

Теперь оценим частоту f при нагреве анодного электрода лампы. В случае, когда рекомбинация зарядов происходит преимущественно на цилиндрической стенке лампы, в связи с малыми размерами электродов и при большом удалении их друг от друга, время деионизации равно [5]

$$\tau = \frac{R^2}{5,76 D_q}, \quad (6)$$

где D_q — коэффициент амбиполярной диффузии, который определяется соотношением

$$D_q = \frac{k}{e} b_i (T_e + T_i), \quad (7)$$

где k — постоянная Больцмана;
 e — заряд электрона;
 b_i — подвижность ионов ртути;
 T_e, T_i — соответственно, электронная и ионная температуры.

Подставляя (7) и (6) в (2), получим

$$f = 5,76 \frac{k b_i (T_e + T_i)}{e R^2}. \quad (8)$$

Оценим f при нагреве анодного электрода лампы до $T = T_e = 1200$ К. Примем

$T_i \approx \frac{1}{3} T_e = 400$ К. Подвижность ионов рассчитывается по правилу смеси

$$b_i = \frac{b_{\text{Hg}} b_{\text{Ar}}}{b_{\text{Hg}} + b_{\text{Ar}}},$$

где $b_{\text{Hg}}, b_{\text{Ar}}$ — соответственно, подвижности ионов ртути и аргона.

Редуцированное значение b_{Hg} к давлению 1,33 Па составляет $4,5 \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$, а b_{Ar} к давлению

233 Па — $0,08 \frac{\text{м}^2}{\text{В} \cdot \text{с}}$ [6].

Расчет по (8) показывает, что максимальная частота генерации световых колебаний при нагреве анода составляет величину порядка 200 Гц вместо 6 Гц при отсутствии его. Это условие позволяет использовать ЛЛ в качестве активного элемента релаксатора.

При разработке генератора световых импульсов необходимо учитывать постоянную времени затухания τ , характеризующую люминофор. Для люминесцентных ламп применяется галофосфат кальция, активированный марганцем и сурьмой [3]. Время после свечения определяется постоянной затухания $\tau_{\text{л}}$ люминофора

$$t_{\text{пс}} \approx 4,6\tau.$$

Постоянная времени после свечения люминофоров составляет 10^{-6} — 10^{-3} с [7]. Поэтому частота вспышек может составлять

$$f = \frac{1}{t_{\text{пс}}} = \frac{1}{4,6\tau} \approx \frac{0,2}{\tau} = 2 \cdot 10^5 - 2 \cdot 10^2 \text{ Гц.}$$

Таким образом, необходимыми условиями для работы генератора световых импульсов на люминесцентной лампе является подкал электродов и наличие проводящей полосы на колбе лампы. Максимальная частота его генерации не превышает 200 Гц.

Предлагаемый генератор релаксационных колебаний (рис. 2) содержит проводящую полосу П, подключенную к аноду лампы и расположенную на ее поверхности и люминесцентную лампу, зашунтированную конденсатором С2 и включенную в цепь выпрямителя через резистор R1, потенциометр R2. Подогрев электродов лампы осуществляется от дополнительных обмоток II и IV трансформатора Тр.

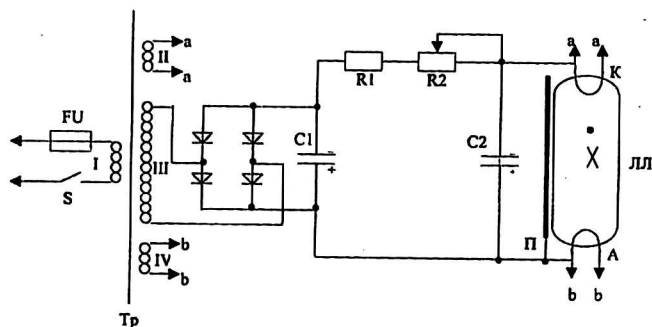


Рис. 2. Схема генератора релаксационных колебаний

Генератор работает следующим образом. При включении тумблера S осуществляется нагрев спирали анода А и катода К лампы. При включении тумблера происходит заряд конденсатора C2 через резисторы R1 и R2 от выпрямителя. Напряжение на конденсаторе экспоненциально возрастает до напряжения зажигания разряда в лампе. После ее зажигания происходит разряд конденсатора C2 до напряжения погасания лампы. Частота f вспышек определяется по известной формуле

$$f = \left[(R1 + R2)C \ln \frac{U - U_{\Gamma}}{U - U_3} \right],$$

где U — напряжение, снимаемое с выпрямителя;
 U_3, U_{Γ} — соответственно, напряжения зажигания и гашения разряда в лампе.

Заключение

Предложенный генератор релаксационных колебаний реализован на базе люминесцентной

лампы типа ЛБ-20. Генератор питается от выпрямителя с напряжением 180–250 В. Напряжение накала электродов составляет 8 В. В схеме применены резистор R1 и потенциометр R2, имеющие, соответственно, сопротивления 20 и 200 кОм. Емкость конденсатора C2 составляет 8 мкФ. В качестве проводящей полосы П использована никелевая лента длиной 50 см и шириной 1 см.

Изготовленный генератор имеет следующие основные параметры:

| | |
|-----------------------------|--------|
| Напряжение на лампе, В..... | 40–100 |
| Напряжение накала, В..... | 8 |
| Ток накала, А..... | 0,4 |
| Частота вспышек, Гц..... | 30–200 |
| Световой поток, лм..... | 100 |

Использование предложенного релаксатора световых импульсов позволит повысить световой поток и яркость светосигнальных устройств.

Литература

1. Патент 2004065, RU, Н 03 К 3/37. Генератор релаксационных колебаний/ Свешников В. К., Качурин С. В., Заявл. 25.07.91; Опубл. бюл. изобрет. № 43-44 от 30.11.93.
2. Свешников В. К. Метод расчета напряжения зажигания разряда в разрядных трубках// Электронная техника. Сер. Электрорадиодные и газоразрядные приборы. 1985. Вып. 2(107). С. 55–58.
3. Рохлин Г. Н. Газоразрядные источники света. — М. — Л.: Энергия, 1966. — 560 с.
4. Кучеренко Е. Т. Справочник по физическим основам вакуумной техники. — Киев: Вища школа, 1981. — 264 с.
5. Каганов И. Л. Ионные приборы. — М.: Энергия, 1972. — 526 с.
6. Охонская Е. В., Федоренко А. С. Расчет и проектирование люминесцентных ламп. — Саранск: Мордовский университет, 1997. — 184 с.
7. Жигарев А. А. Электронная оптика и электронно-лучевые приборы. — М.: Высшая школа, 1972. — 539 с.

Relaxator of light impulses on a fluorescent lamp

V. K. Sveshnikov

Mordovian State Pedagogical Institute, Saransk, Russia

The conditions of work of the generator of relaxing oscillations on the fluorescent lamp are viewed on in this paper. The methods of decreasing the volume of trigger of discharge and the time of its deionization are enumerated. The paper also describes the electric scheme and gives the parameters of the generator of light impulses.