

УДК 681.52

Управление люминесцентными лампами освещения

Дубовик В.Г., Лебедев Л.Н., Петрученко А.О., Попова Е.А.

Люминесцентные лампы широко применяются для общего освещения, при этом их световая отдача в несколько раз выше, чем у ламп накаливания. Срок службы люминесцентных ламп может до 20 раз превышать срок службы ламп накаливания при условии обеспечения достаточного качества электропитания, включения балласта и соблюдения ограничений по числу коммутаций. Наиболее распространённой разновидностью подобных источников является ртутная люминесцентная лампа. Она представляет собой стеклянную трубку, заполненную парами ртути с нанесённым на внутреннюю поверхность слоем люминофора.

Люминесцентная лампа – это источник света с отрицательным сопротивлением, поэтому при прохождении большой силы тока она может выйти из строя. Подключение их производится с помощью пуско-регулирующих устройств, называемых балластом для люминесцентных ламп. Пускорегулирующая аппаратура люминесцентных ламп позволяет избавиться от мерцания и гула, увеличивает экономичность.

Оптическое излучение по-разному влияет на объекты, особенно биологические, поэтому его диапазон делят на три области электромагнитных волн: 1 – 380 нм – ультрафиолетовое излучение 380 -780 нм – видимое, 780 нм – 1 мм – инфракрасное излучение.

Спектр излучения, который имеют энергосберегающие люминесцентные лампы, зависит от состава люминофора, покрывающего ее внутренние стенки. Разный его состав дает разную цветовую температуру. Лампы с температурой цвета 6400 К называются люминесцентные лампы дневного света, потому что именно при такой цветовой температуре получается дневной свет [1].

Применение люминесцентных ламп особенно целесообразно в случаях, когда освещение включено продолжительное время, поскольку включение для них является наиболее тяжёлым режимом и частые включения-выключения сильно снижают срок службы.

Недостатками известного пускового устройства [2] является то, что выходное напряжение преобразователя зависит от коэффициента трансформации трансформатора преобразователя, в то время, как напряжение зажигания и напряжение горения лампы существенно отличаются между собой и зависят от длины газового промежутка и от мощности используемой лампы. Устройство [3] имеет низкую надежность, так как, через лампу протекает несимметричный несинусоидальный ток и при этом происходит миграция атомов ртути к одному из электродов и возникает явление катафореза, при котором свечение возле одного края электролюминесцентной лампы имеет более высокую яркость, чем возле другого, что приводит к быстрому снижению ресурса лампы.

При применении люминесцентных ламп в осветительных установках, в соответствии с требованиями ПУЭ, светильники с люминесцентными лампами должны применяться с пускорегулирующими аппаратами, обеспечивающими коэффициент мощности не ниже 0,9 в светильниках на две лампы и более, 0,85 - при одноламповых светильниках, а также соблюдаться следующие условия для обычного исполнения светильников:

- а) температура окружающей среды не должна быть ниже плюс 5°C;
- б) напряжение в осветительных приборах должно быть не менее 90% от номинального.

В рассматриваемом электронном пусковом устройстве предлагается схема, применение которой, обеспечивает повышение надежности ламп, повышается их световая отдача за счет периодического изменения полярности напряжения между выводами электродов. На рис. 1 представлена структурная схема устройства электронного балласта.

Устройство электронного балласта, рис. 1, состоит из параллельно соединенных

источника 1 питания, блока 2 управления, транзисторного переключателя 3, выход которого через первичную обмотку трансформатора 4 сопряжено с другими выводами источника 1 питания и блок 2 управления, выход которого соединен с входом транзисторного переключателя 3, первый вывод вторичной обмотки трансформатора 4 сопряжено с анодом диода 5, выход блока 2 управ-

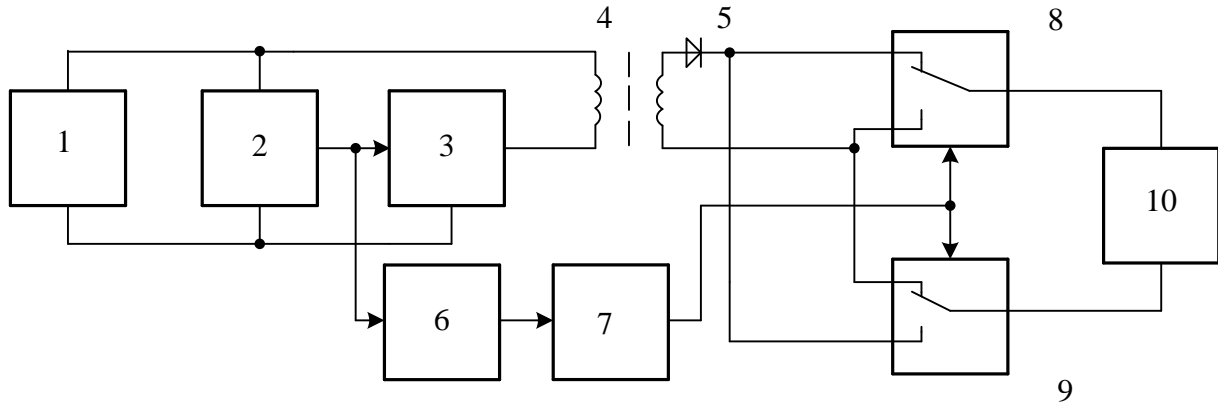


Рис. 1 Структурная схема электронного балласта

ления через последовательно соединенные формирователь 6 импульсов и делитель 7 частоты подключен к входам двух ключей 8 и 9 аналоговых, выходы которых соединены с двумя выводами люминесцентной лампы 10, вторые входы ключей 8 и 9 аналоговых соединены с катодом диода 5, а третьи входы - со вторым выводом вторичной обмотки трансформатора 4 [4].

Источник 1 питания может быть выполнен в виде автономного источника или вторичного источника постоянного тока с сетевым питанием.

Блок 2 управления может быть выполнен с использованием автоколебательного генератора или мультивибратора на интегральной микросхеме и обеспечивает управление транзисторным переключателем 3.

Транзисторный переключатель 3 может быть выполнен на биполярных, полевых, IGBT транзисторах и обеспечивает электронную коммутацию вывода трансформатора 4 относительно источника 1 питания.

Трансформатор 4 может быть выполнен на магнитопроводе с ферритовым сердечником и обеспечивает гальваническую развязку и необходимый коэффициент трансформации.

Формирователь 6 импульсов может быть выполнен на основе узла с гальванической развязкой и порогового элемента, что обеспечивает необходимую амплитуду и длительность импульсов управления делителем 7 частоты.

Делитель 7 частоты может быть реализован с использованием двоичных счетчиков на основе универсальных D триггеров с обратной связью и обеспечивает необходимый коэффициент k деления. Существуют интегральные микросхемы асинхронных двоичных счетчиков. Для обеспечения необходимого коэффициента k деления нужно соединить N триггеров последовательно $k = 2^N$. Выходной сигнал делителя 7 частоты имеет форму меандра.

Ключи 8 и 9 аналоговые обеспечивают передачу входных сигналов на выход независимо от их формы при значениях логической единицы на входах управления и могут быть выполнены на электронных ключах-коммутаторах.

Люминесцентная лампа 10 представляет собой газоразрядный источник света и

выполняется в виде стеклянной трубки, заполненной парами ртути с нанесенным на внутреннюю поверхность слоем люминофора, световой поток определяется, в основном, свечением люминофора под воздействием ультрафиолетового излучения разряда, а видимое свечение не превышает нескольких процентов. При работе, люминесцентная лампа имеет невысокую температуру нагрева, а между двумя электродами возникает тлеющий электрический разряд, который приводит к появлению ультрафиолетового излучения. Это излучение невидимо для человеческого глаза, поэтому оно превращается в видимый свет с помощью явления люминесценции. Нормальная работа лампы регламентируется при температуре от +5 до +40°C. Люминесцентные лампы производят разные фирмы, например, Philips, Osram, Feron, Navigator.

Принятые обозначения U_n^i - амплитуда сигнала на i -м выходе n -го блока. Работает устройство следующим образом. После подачи напряжения от источника 1 питания (выключатель не показан) запускается блок 2 и при включении транзисторного переключателя 3 по сигналам блока 2 управления в первичной обмотке трансформатора 4 по линейному закону увеличивается ток до максимального значения I_{max} . Благодаря этому, энергия W накапливается в первичной обмотке трансформатора 4 $W = L \cdot I_{max}^2$, которая зависит от значения индуктивности L его первичной обмотки. Вторичная обмотка трансформатора 4 в это время отключена от люминесцентной лампы 10 обратным смещением диода 5. При выключении транзисторного переключателя 3 энергия, накопленная в первичной обмотке трансформатора 4, через открытый диод 5 передается люминесцентной лампе 10 и далее уменьшается по экспоненциальному закону.

Наибольшее напряжение на отключенном переключателе пропорционально сопротивлению люминесцентной лампы 10 и не зависит от отношения количества витков первичной и вторичной обмоток, а напряжение зажигания обеспечивается независимо от уровня напряжения горения и сопротивления лампы в рабочем режиме.

С выхода блока 2 управления импульсы подаются также через формирователь 6 на делитель 7 частоты, который имеет коэффициент деления k для получения выходной частоты f_7 , что обеспечивает время t_7 переключения по зависимости $t_7 = 1/2 f_7$. Выходные сигналы с делителя 7 частоты в виде меандра подаются на ключи 8 и 9 аналоговые, имеющие характеристики

$$\begin{aligned}
 U_8 &= \begin{cases} U_5 \text{ при } U_7 = 0 \\ U_4 \text{ при } U_7 = 1, \end{cases} \\
 U_9 &= \begin{cases} U_4 \text{ при } U_7 = 0 \\ U_5 \text{ при } U_7 = 1. \end{cases}
 \end{aligned}$$

При $U_7 = 0$ до верхнего вывода люминесцентной лампы 10 прикладывается постоянное напряжение положительной полярности от трансформатора 4 через диод 5 на время $t_7 = 1/2 f_7$, а далее противоположной отрицательной полярности на такое же время при $U_7 = 1$. Время t_7 может устанавливаться в интервале от нескольких минут до нескольких часов в зависимости от мощности люминесцентной лампы 10.

Влияние явления катафореза в предложенном устройстве на световую отдачу люминесцентной лампы 10 снижается путем изменения направления тока. Как известно, люминесценция - это излучение, избыточное над тепловым, продолжительность которого равна или больше 10^{-10} с [5].

Использование предлагаемого устройства уменьшает изменения свойств люминофора, которые снижают яркость излучения, изменения его спектрального состава, что позволяет повысить также полезный срок службы лампы - среднее время работы до момента изменения одного из ее параметров до значения выше предельного, установленного стандартом, позволяет не допустить быстрого старения лампы - ухудшения светотехнических показателей в процессе ее эксплуатации, обеспечить высокий уровень осветительного и зрительного комфорта. При этом практически отсутствуют пульсации люминесцентной лампы 10. Для сравнения, при включении люминесцентных ламп в сеть переменного тока имеют место пульсации двойной частоты, а коэффициент пульсации всех типов люминесцентных ламп составляет 24%, кроме ламп ЛДЦ - 41% [6]. Для количественной оценки глубины пульсации используется понятие коэффициента пульсации K_{ni} , который определяется выражением

$$K_{n.i} = \frac{\Phi_{\max} - \Phi_{\min}}{2\Phi_{\text{сеп}}} \cdot 100\%$$

где Φ_{\max} , Φ_{\min} , $\Phi_{\text{сеп}}$ - величины светового потока, соответственно, максимальная, минимальная и средняя.

Как известно, увеличение коэффициента пульсации светового потока с 5 до 55% приводит к снижению функции зрения на 24 - 28%. Коэффициент пульсации при освещении помещений газоразрядными лампами, питающимися переменным током частотой 50 Гц, не должен превышать 10% для I и II разрядов работ, 15% - для III разряда, 20% - для IV - VII разрядов. Допускается превышение коэффициента пульсации до 30% в помещениях VI и VIII разрядов работ при отсутствии в них условий для возникновения стробоскопического эффекта [7].

Применение дополнительных элементов 6 - 9 в составе устройства электронного балласта позволяет повысить надежность, регламентировать уровень напряжения источника 1 питания, простоту и удобство эксплуатации, высокие экономические показатели при высоком коэффициенте полезного действия, а также повысить световую отдачу.

Литературные источники:

1. Белей В.Ф. Компактные люминесцентные лампы: электрические характеристики, проблемы электромагнитной совместимости // Электротехника. - 2002. - № 7. - С. 48-51.
2. Декларационный патент Украины на изобретение № 65418. Крыжановский В.Г., Рассохина Ю.В., Чернов Д.В. Электронный балласт. Н05В41/26. Бюл. № 3. 15.03. 2004.
3. Декларационный патент Украины на изобретение № 38784. Воронов С.А., Брусиловский С.Б., Котовский В.И., Новиков В.М. Электронный балластный устройство электролюминесцентные лампы. Н05В41/288. Бюл. № 4. 15.05.2001.
4. Патент України на корисну модель №65151 від 25.11.2011 р. Дубовик В.Г., Лебедев Л.М., Петрученко А.О. Пристрій електронного баласта. МПК Н05В 41/00. Бюлетень "Промислова власність", №22, 2011 р.
5. Справочная книга по светотехнике /Под ред. Ю.Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1995.
6. Кроль Ц. И., Свиридов Ю. И. Методы расчета коэффициента пульсации освещенности в установках внутреннего освещения с газоразрядными источниками света. — Светотехника, 1972, № 2.
7. СНиП 23-05-95. Естественное и искусственное освещение.