

УДК 621.3

Высоковольтный генератор стабильного тока для светодиодов

Видякин С.И.⁽¹⁾, Аристова В.А.⁽²⁾, Алёшин А.В.⁽³⁾

*^{1,2,3} Студенты, кафедры «Радиоэлектронные системы» МГТУ им. Н.Э. Баумана,
г. Москва, Россия*

*Научный руководитель: Гончаров С.С., главный конструктор ООО «УЛКАД»,
г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана

bmsturl@gmail.com

Применяемые в настоящее время люминесцентные лампы имеют целый ряд недостатков при крупносерийном применении, в частности большие проблемы с утилизацией, вышедших из строя ламп (наличие токсичных паров ртути). Эти лампы по сути дела являются повторением еще «советских» ламп дневного света, лишь с той разницей, что массивный низкочастотный дроссель и газоразрядные стартеры были заменены электронной малогабаритной схемой с применением печатного монтажа вплоть до SMD, что заметно повысило надежность самих ламп при эксплуатации, но одним из главных недостатков остается – это перегорание нити накала при стартстоповом режиме эксплуатации. Альтернативным источником света являются светодиоды, превосходящие своих «соперников» во всем, кроме начальной цены.

Освоение массового производства высокоэффективных LED ставит задачу питания этих излучателей света. Применяемые в настоящее время схемы питания для гирляндного включения это токозадающий резистор или балластный конденсатор (1 – 2) МкФ при питании от сети 220 В и токе через LED (20 – 40) мА

не обеспечивают стабильного светового потока, но просты в изготовлении и обеспечивают достаточный теплоотвод, за счет большего количества LED. Для сильноточных LED (это ток через излучатель 0.1 - 1.5 А) требуются специальные ИВИП с токовым выходом, а так же радиаторы охлаждения.

Существует серия микросхем HV99**/IZ99**, которая обеспечивает очень хорошие показатели по стабильности, но с плохим КПД, и очень критичны к выбору индуктивности, для обеспечения нормальной работы схемы. Это связано с принципом работы данной микросхемы, где ключ работает на прерывание тока, что приводит к большим потерям из – за сквозного тока, чем и объясняется низкий КПД.

В связи с отсутствием «достойной» схемы питания, нами была поставлена, и реализована следующая задача: создание простой, дешевой универсальной схемы питания светодиодной лампы с высоким КПД ($> 95\%$) на широко доступной элементной базе, обеспечивающей высокую стабильность светодиодного потока при значительных колебаниях питающего напряжения (150 - 250 В) и перепаде окружающей температуры до 100 °С. Прототипом и ориентиром для проектирования по технико-экономическим показателям взята схема управления энергосберегающей люминесцентной лампы. Вариации по мощности осуществляются выбором выходного транзистора, дросселя (сечение сердечника) при неизменной схеме и конструкции блока питания.

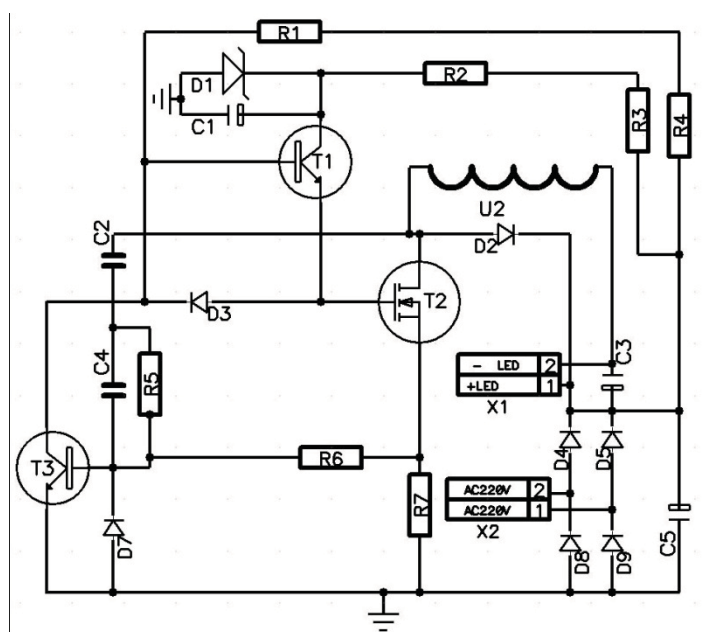


Рис 1. Принципиальная схема генератора

Рассмотрим работу принципиальной схемы автогенератора стабильного тока (рис. 1). Входное напряжение постоянное и переменное поступает на диодный мост $D4, D5, D8, D9$ и накопительную емкость $C5$ (сглаживание пульсаций). Это напряжение должно иметь пиковое значение больше чем напряжение LED, так как LED имеют вольтамперную характеристику стабилитрона. Далее через резисторы $R2$ и $R3$ на $D1$ фиксируется потенциал 13 В, и соответственно ток через резисторы $R1$ и $R4$ усиленный в β раз транзистором $T1$ ($\beta \geq 500$) заряжает входную емкость полевого транзистора $T2$. Емкость $T2$ может быть (80 - 100) pF для маломощного полевого транзистора типа TN 0540 (КП511Б) и вплоть до 1000 nF для мощных полевых транзисторов, например JRF (710 - 730).

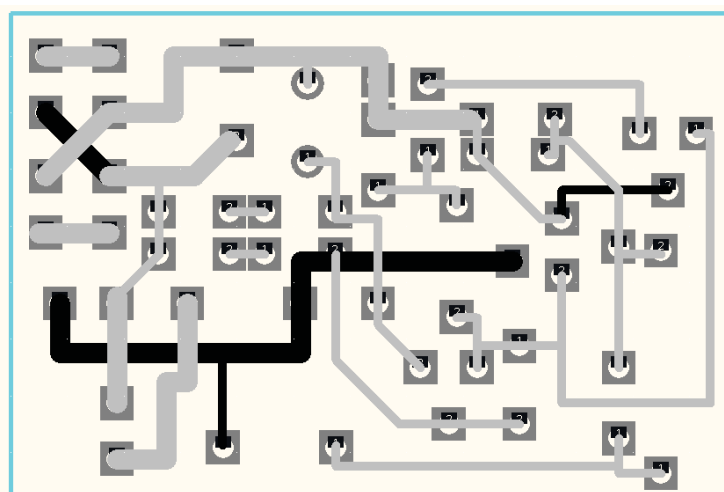


Рис 2. Разведенная печатная плата

■ – слой TOP, ■ – слой BOTTOM

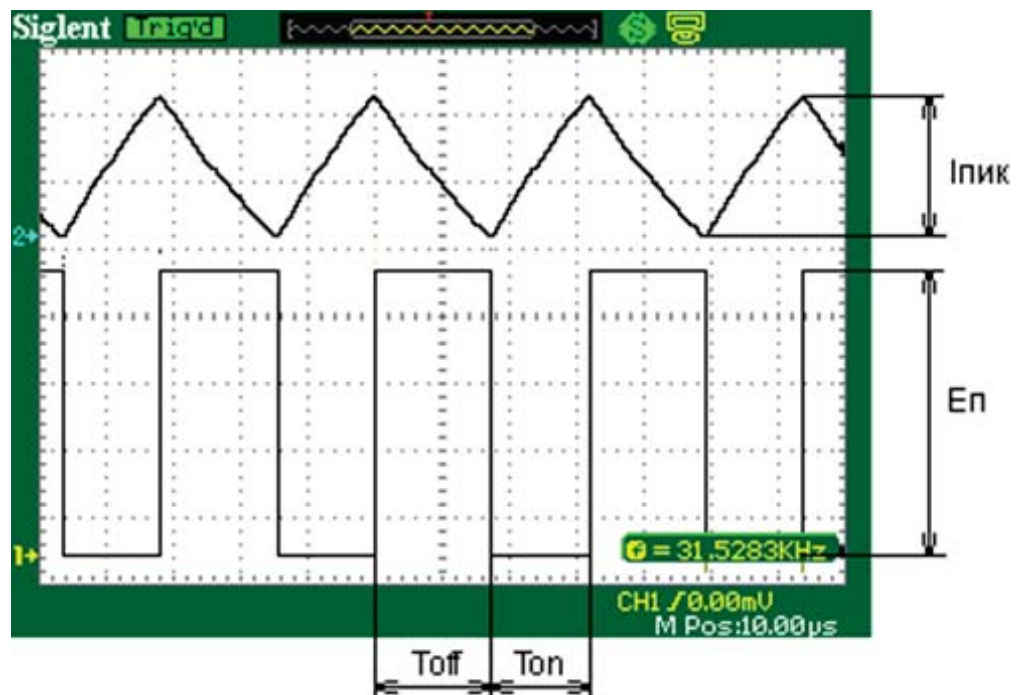


Рис. 3. Осциллограмма токов и напряжений генератора. 1 – $E(\text{стока})$, 2 – $I(L)$

При достижении порога открывания полевого транзистора – это $> 2 - 2.5 \text{ В}$ для логического уровня, и $> 5 \text{ В}$ для обычных полевых транзисторов, начинается заряд током индуктивности $U2$. При достижении пикового значения тока (формула (1)), транзистор $T2$ закрывается, и по цепи положительной обратной связи $C2$; $R5 - C4$ удерживается в закрытом состоянии до тех пор, пока индуктивность не отдаст накопленный ток в LED.

Все параметры можно рассчитать по формулам приведенным ниже.

Средний ток светодиодов

$$I_{\text{ср } L_{\text{ед}}} = \frac{I_{\text{пик}}}{2} \quad (1)$$

Средний ток в индуктивности

$$I_{L\text{пик}} = \frac{(E_{\text{п}} - E_{L\text{ед}}) * \tau_{\text{он}}}{L}$$

Баланс энергии (равенство $\text{В} * \text{С}$)

$$(E_{\text{п}} - E_{L\text{ед}}) * \tau_{\text{он}} = E_{L\text{ед}} * \tau_{\text{офф}}$$

Частота работы

$$f_{\text{пер}} = \frac{1}{\tau_{\text{он}} - \tau_{\text{офф}}}$$

Ток открывания транзистора

$$I_{\text{пик}} \sim \frac{0.6}{R_{\text{дт}}}$$

Где $E_{\text{п}}$ – напряжение питания, E_{Led} – суммарное падение напряжения на светодиодах, $\tau_{\text{он}}$ – время заряда индуктивности, $\tau_{\text{офф}}$ – время разряда индуктивности, $f_{\text{пер}}$ – рабочая частота, $I_{\text{пик}}$ – ток открывания транзистора, $R_{\text{дт}}$ – токозадающее сопротивление (датчик тока), $I_{\text{ср Led}}$ – средний ток светодиодов.

Преимуществом данной схемы перед аналогом HV99**/IZ99** является автоматическая подстройка параметров генератора от питающего напряжения, количества включенных светодиодов и величины тока нагрузки. Более высокий КПД достигается за счет того, что рекуперационный диод Д2 коммутируется при нулевом токе в отличие от ИС HV99**/IZ99**, что позволяет использовать даже «ленивые» диоды типа IN 4007 без заметного ухудшения КПД. Схема не имеет таких недостатков, которые комментируют сами производители HV99**/IZ99**.

Переведенная цитата из datasheet IZ99**:

«...Важным при проектировании светодиодных подсветок с применением микросхем IZ99** является учет паразитных параметров схемы, включающих емкость катушки индуктивности C_L , емкость перехода C_I и время реверс-восстановления t_{RR} диода VD1, емкость печатной платы C_{PCB} , выходную емкость C_{DRAIN} самой микросхемы. Эти паразитные параметры оказывают влияние на эффективность (к.п.д.) светодиодных подсветок и кроме этого потенциально могут являться причиной помех во время переходных процессов включения и ложного срабатывания компаратора контроля порогового тока. Минимизация этих паразитных параметров является важным для эффективной и правильной работы микросхем...»

Список литературы

1. Б.Ю. Семенов. Силовая электроника от простого к сложному. – М.: СОЛОН-Пресс, 2005. – 416с.