

Разработка и оптимизация источника питания для гибких электролюминесцентных панелей

И. Н. ГОНЧАРОВ¹, А. М. КАБЫШЕВ¹, Е. Н. КОЗЫРЕВ¹,
А. И. МАЛДЗИГАТИ²

¹ ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», Владикавказ;

² ОАО «ГРАН», Владикавказ

E-mail: maldzigati@mail.ru

Аннотация

Рассмотрены требования, предъявляемые к режимам работы источников питания для гибких электролюминесцентных панелей. Приведены результаты исследования влияния формы тока на эксплуатационные параметры данных изделий. Разработана схема источника питания для электролюминесцентных панелей и выполнена его оптимизация. Рассмотрено влияние режимов работы этого источника на эксплуатационные параметры электролюминесцентных панелей. Получены осциллограммы токов и напряжений, иллюстрирующие режимы работы электролюминесцентных панелей.

Ключевые слова: электролюминесцентная панель, частота, эквивалентная схема, люминофор, дроссель, автономный инвертор напряжения, транзисторные ключи, осциллограммы, яркость.

Введение

Электролюминесцентная панель (ЭЛП) представляет собой гибкий источник оптического излучения большой площади, спектр излучения которого зависит от состава люминофора и частоты переменного тока, протекающего через ЭЛП. Такие источники излучения находят применение в освещении панелей приборов стационарной и передвижной техники, в сигнальном и аварийном освещении, непрерывно работающем длительное время, а также используются в декоративных и рекламных целях [1].

ЭЛП различаются составом применяемых материалов и пространственным расположением слоёв тонкоплёночных структур [1–5]. Широкое распространение получили ЭЛП, структура которых содержит следующие

слои: лавсановая плёнка; прозрачный проводящий слой *ITO* (10 % *SnO* + 90 % *In₂O₃*); люминесцентный слой, в состав которого входят суспензия люминофора и диэлектрик; диэлектрический слой, состоящий из диэлектрического связующего и титаната бария (*BaTiO₃*); непрозрачный электрод.

Функционирование ЭЛП обусловлено свечением рабочего слоя, в состав которого входят цинкосульфидный люминофор и диэлектрик, выполняющий функции связующего компонента. Люминофор излучает фотоны под влиянием переменного электрического поля, работая в режиме предпробойной электролюминесценции.

В состав люминесцентного слоя входят люминофор и полимерный диэлектрик, выполняющий также функции связующего материала. Диэлектрик создаёт барьерные области и тем самым концентрирует электрическое поле на границах зёрен люминофора. Связующий диэлектрик должен быть прозрачен для видимого света, а также обладать хорошей адгезией к соседним слоям, достаточным уровнем пробивного напряжения, химической инертностью по отношению к материалам наполнителя и электродов, стабильностью электрофизических и оптических характеристик. Диэлектрическое связующее, входящее в диэлектрический слой должно характеризоваться высокой диэлектрической проницаемостью ϵ и малыми диэлектрическими потерями tgd . Для этого в его состав вводится до 40 % сегнетоэлектрика *BaTiO₃*.

Для возбуждения свечения электролюминесцентной панели требуется переменное напряжение [1, 6]. В этом случае люминофор ЭЛП испускает кванты света в течение обоих полупериодов напряжения, а его

мгновенная яркость является периодической функцией времени.

В настоящее время для повышения эксплуатационных параметров ЭЛП ведутся работы, направленные не только на совершенствование структуры и технологии изготовления ЭЛП, но и на оптимизацию преобразователей электрической энергии, предназначенных для питания гибких источников оптического излучения [1, 3, 4, 6].

Целью данной работы являлось исследование влияния формы тока, генерируемого источником питания, на основные эксплуатационные характеристики ЭЛП (яркость и рабочая температура) и разработка малогабаритного источника питания, обеспечивающего эффективное функционирование ЭЛП. При этом в тематической литературе практически отсутствуют сведения о влиянии формы тока на функционирование ЭЛП, как раз особенно актуальные при разработке малогабаритных источников питания, обеспечивающих высокие эксплуатационные параметры ЭЛП.

Описание техники эксперимента

ЭЛП для источника питания представляет собой нагрузку, в которой преобладает ёмкостная составляющая [2, 6]. Зная действующее напряжение U и ток I , их частоту f и пренебрегая активными сопротивлениями диэлектрических слоёв, входящих в структуру ЭЛП, можно приблизительно определить электрическую ёмкость ЭЛП $C_{элп}$ как

$$C_{элп} = I / (2\pi fU).$$

(Например, для ЭЛП формата *A3* при $U = 120$ В, $I = 377$ мА, $f = 1000$ Гц $C_{элп}$ составит 0,5 мкФ.)

Значение $C_{элп}$ оказывает влияние на значение и форму тока и, как следствие, на яркость ЭЛП и режимы работы источника питания для него.

На рис. 1 приведена функциональная схема разработанного малогабаритного сетевого преобразователя электрической энергии, предназначенного для питания ЭЛП. При этом элементы *VT1*, *VT2*, *VD1*, *VD2*, *C1*, *C2* входят в состав полумостового автономного инвертора напряжения (АИН). Конденсаторы *C1* и *C2* выполняют функцию делителя напряжения, образуют среднюю точку источника

питания полумостового АИН. Выпрямитель В преобразует переменное напряжение питающей сети в напряжение одной полярности (выпрямленное напряжение). АИН на основе постоянного напряжения, подаваемого на его вход, формирует переменное напряжение частотой 1000 Гц. Система управления СУ задаёт алгоритм работы транзисторных ключей VT1 и VT2, а также частоту и напряжение на выходе АИН. Можно реализовать работу этих ключей по алгоритму широтно-импульсной модуляции (ШИМ) или алгоритму широтно-импульсного регулирования (ШИР) [7].

В работе [6] показана возможность работы источников питания ЭЛП на основе алгоритма ШИМ, что позволяет за счёт высокочастотной коммутации транзисторных ключей с модуляцией длительности их закрытого и открытого состояний по синусоидальному закону получать оптимальный гармонический состав выходного напряжения АИН, близкий к гармоническому составу синусоидального напряжения. Однако при этом возрастают коммутационные потери в АИН, ухудшается КПД схемы [7].

ШИР позволяет реализовывать более простой алгоритм управления транзисторными ключами АИН. При однократной коммутации ключей за полупериод они открываются по очереди, один раз в течение полупериода, между интервалами проводимости транзисторов вводится «мёртвое время» (интервал времени, в течение которого закрыты оба транзистора). Снижаются коммутационные потери энергии, получается максимально высокий КПД схемы. Естественная форма выходного переменного напряжения АИН при использовании такого алгоритма управления – прямоугольная [7].

ЭЛП для АИН служит ёмкостной нагрузкой, и потому для ограничения амплитуды импульсов тока заряда конденсатора, образованного электрической ёмкостью ЭЛП, на выходе АИН установлен дроссель L1. Величина индуктивности дросселя оказывает влияние на форму и величину тока, протекающего через ЭЛП и транзисторные ключи АИН.

На рис. 2 показаны осциллограммы напряжения на ЭЛП $u(\tau)$ и тока, протекающего через неё, $i(\tau)$ при использовании в схеме дросселя L1 с индуктивностью $L = 10$ мкГн. Видно, что

Рис. 1. Функциональная схема источника питания для ЭЛП: В – выпрямитель; СУ – система управления; VT1, VT2 – транзисторные ключи; VD1, VD2 – диоды; L1 – дроссель; ЭЛП – электролюминесцентная панель; C1, C2 – конденсаторы

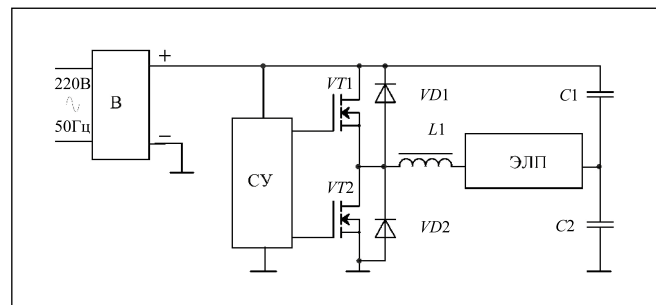


Рис. 2. Осциллограммы напряжения (а) и тока (б) при индуктивности (L) дросселя L1, равной 10 мкГн

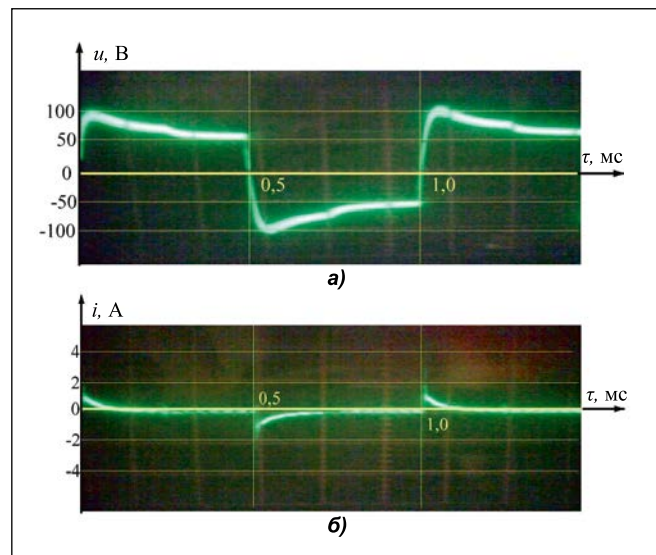
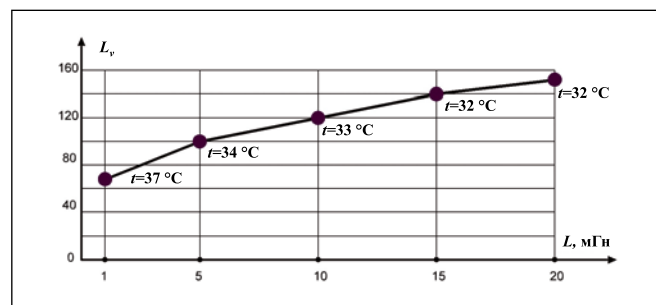


Рис. 3. Зависимость яркости ЭЛП L_v от индуктивности (L) дросселя L1



ток имеет форму коротких импульсов амплитудой выше 2 А.

Из рисунка 2, б видно, что ток имеет форму коротких импульсов, амплитуда которых превышает 2А и ограничивается в основном только активным сопротивлением цепи питания ЭЛП и индуктивным сопротивлением дросселя. В таком режиме работы яркость ЭЛП формата А3 не превышает 35 кд/м². При этом было замечено значительное (до 55 °С) повышение температуры t , которое при длительной эксплуатации ЭЛП приводит к её деградации и разрушению. Эти осциллограммы получены при использовании ШИР-алгоритма управления транзисторными ключами АИН (VT1 и VT2).

Очевидно, следует добиваться ограничения амплитуды импульсов тока

и, как следствие, улучшения температурного режима ЭЛП. Эта задача может быть решена, если значение индуктивности дросселя L будет компенсировать ёмкостную составляющую эквивалентного сопротивления ЭЛП. Полная компенсация происходит при равенстве сопротивлений реактивных элементов схемы:

$$2\pi fL = 1 / (2\pi fC_{элп}).$$

(Например, при $f = 1000$ Гц и $C_{элп} = 0,5$ мкф имеем $L = 50,7$ мГн.)

Для оптимизации L проведён эксперимент, позволивший установить зависимость яркости ЭЛП L_v от L . На рис. 3 приведены зависимости L_v и рабочей температуры ЭЛП (формата А3) t от L . При этом для каждой точки указана t , измеренная через

Рис. 4. Временная зависимость температуры ЭЛП t при индуктивности (L) дросселя $L1$, равной 15 мГн

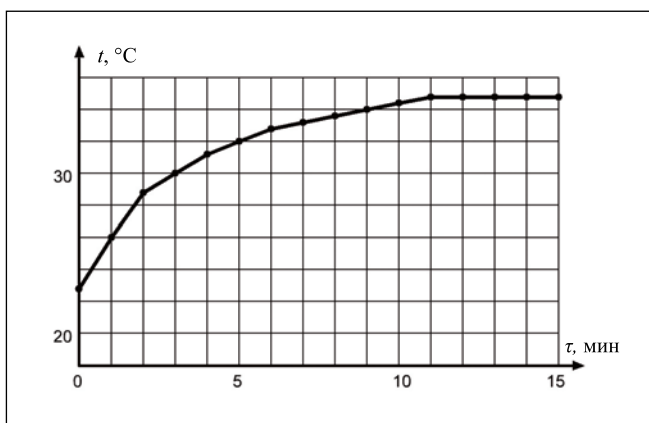


Рис. 5. Осциллограмма тока при индуктивности (L) дросселя $L1$, равной 1 мГн

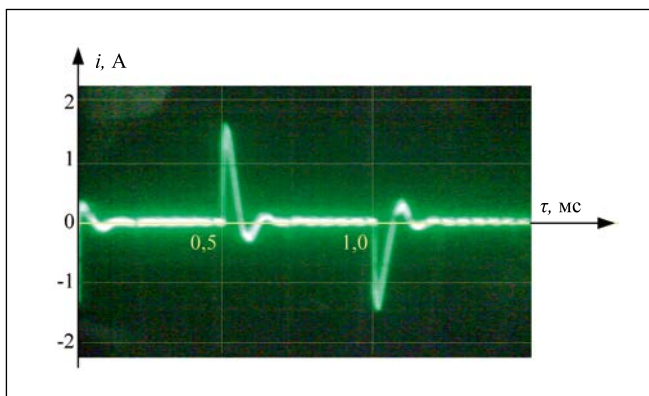
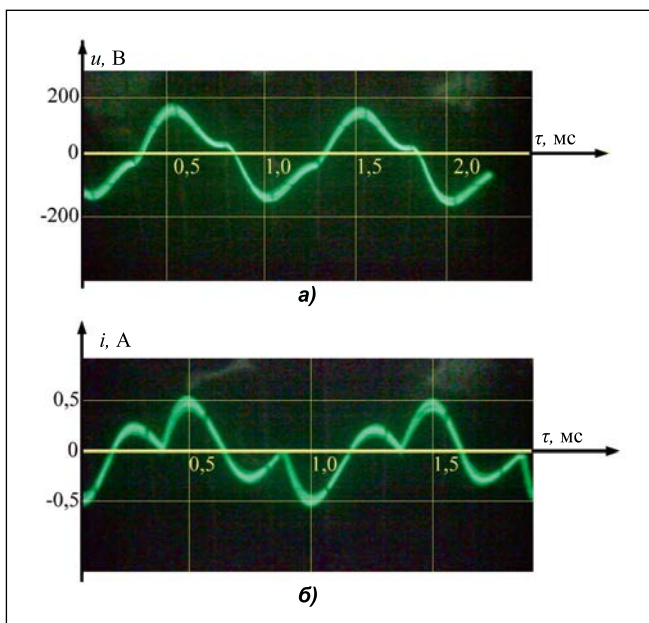


Рис. 6. Осциллограммы напряжения и тока при индуктивности (L) дросселя $L1$, равной 15 мГн



5 мин после включения источника питания, а начальная (для каждой точки) t соответствовала температуре окружающего воздуха (23 °C). Выбор временного интервала измерения в 5 мин позволяет фиксировать постепенный прирост температуры. Выбор большего интервала нежелателен, поскольку при малых значениях L наступает аномальный разогрев панели (рис. 3). Измерения про-

водились с использованием дросселя $L1$ с активным сопротивлением обмотки 2,6 Ом. L изменялась от 1 до 20 мГн. Дальнейшее увеличение L нецелесообразно, поскольку, во-первых, при $L > 15$ мГн рост L_v замедляется (рис. 3) и, во-вторых, дальнейшее увеличение L сопряжено с ухудшением массогабаритных показателей источника питания. При $L = 15$ мГн $L_v = 140$ кд/м², что удовлетворяет

большинству потребительских требований к ЭЛП [1].

Из построенной временной зависимости t для режима работы при $L = 15$ мГн (рис. 4) видно, что с 11-й минуты работы ЭЛП устанавливается комфортный температурный режим, с t порядка 35 °C, и дальнейшего повышения температуры практически не происходит.

Проведённые исследования показывают, что L влияет на эксплуатационные параметры ЭЛП и режим работы источника питания. Так, на рис. 5 приведена осциллограмма тока на выходе источника питания при использовании в схеме дросселя с $L = 1$ мГн. Из осциллограммы видно, что источник питания работает в режиме прерывистых токов, что приводит к неоптимальным по L_v и t параметрам ЭЛП. Как видно из рис. 3, $L_v = 70$ кд/м² при относительно высокой t . Максимальная амплитуда импульсов тока равна 1,6 А, а $I = 140$ мА.

На рис. 6 приведены осциллограммы напряжения на ЭЛП и тока, полученные при использовании в источнике питания дросселя $L1$ с $L = 15$ мГн. Видно, что ток ЭЛП имеет непрерывный характер, что значительно сказывается на уровне L_v , а из рис. 3 следует, что этот режим работы характеризуется высокой L_v (140 кд/м²) и приемлемым температурным режимом (рис. 4). Максимальная амплитуда тока равна 0,5 А, что по сравнению с предыдущими режимами снижает нагрузку на элементы схемы. I ЭЛП составляет 300 мА. Форма напряжения на ЭЛП близка к синусоидальной форме (рис. 6, а), а $U = 126$ В.

Таким образом, проведённые исследования показали, что для получения хороших массогабаритных показателей блока питания и эксплуатационных параметров ЭЛП целесообразно принять $L = 15$ мГн.

Разработанный источник питания представляет собой функционально законченный модуль с габаритными размерами 100×50×50 мм. Мощность источника составляет 200 ВА, что позволяет его использовать для питания ЭЛП широкого диапазона форматов. Для согласования параметров блока питания с параметрами ЭЛП, формат которых отличается от А3, с целью получения требуемых режимов работы необходимо последовательно в цепь питания панели включать реактивные элементы (дроссель, кон-

денсатор, не являющийся составной частью блока питания) необходимо го номинала.

Заключение

Яркость, оптимальный температурный режим работы и долговечность ЭЛП в значительной степени определяются формой и значением протекающего через ЭЛП тока.

Рассмотренный принцип построения схемы источника питания для ЭЛП и приведённые зависимости и осциллограммы позволяют разрабатывать преобразователи электрической энергии для питания гибких ЭЛП, обладающие хорошими массогабаритными и энергетическими показателями и обеспечивающие высокие эксплуатационные характеристики ЭЛП.

Результаты работы получены при поддержке Минобрнауки РФ (уникальный идентификатор ПНИЭР – *RFMEFI57715X0196*).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сушков В.Я. Электролюминесцентные панели. Не проходите мимо // Электроника: Наука, Технология, Бизнес. – 2003. – № 7(49). – С. 54–57.
2. Гусев А.И., Самохвалов М.К. Электрические характеристики тонкоплёночных электролюминесцентных индикаторов / Под науч. ред. М.К. Самохвалова. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 125 с.
3. Шубин Н.Е., Козырев Е.Н., Платова А.А., Брежнев А.А., Малдзигати А.И. Разработка и изготовление высокоэффективных электролюминесцентных панелей // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2013. – Т. 9, № 6–2. – С. 74–77.
4. Гончаров И.Н., Козырев Е.Н., Аскеров Р.О., Малдзигати А.И. Исследование и повышение долговечности излучения электролюминесцентных панелей // Радиотехника и электроника. – 2016. – Т. 61, № 1. – С. 89–92.
5. Буланый М.Ф., Коваленко А.В., Полежаев Б.А. Электролюминесцентные источники света на основе монокристаллов ZnSe: Mn с оптимальными яркостными характеристиками // Журнал технической физики. – 2003. – Т. 73, вып. 2. – С. 133–135.
6. Zhou Jia, Tong Ge, Linfei Guo, Ng Pei Jian Eileen, Huiqiao He, Joseph Chang A high power driver IC for electroluminescent panel: design challenges and advantages of using the emerging LEES-SMART GaN-on-CMOS

process // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 141. – P. 91–93.

7. Руденко В.С., Сенько В.И., Чиженко И.М. Основы преобразовательной техники. – М.: Высш. школа, 1980. – 424 с.



Гончаров Игорь Николаевич, доктор техн. наук, профессор. Доцент кафедры «Электронные приборы» ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (госу-

дарственный технологический университет)». Область научных интересов – современные источники оптического излучения, оптические квантовые генераторы, электронно-оптические преобразователи



Кабышев Александр Михайлович, кандидат техн. наук. Доцент кафедры «Промышленная электроника» ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт

(государственный технологический университет)». Область научных интересов – преобразователи электрической энергии



Козырев Евгений Николаевич, доктор техн. и экон. наук, профессор. Зав. кафедрой «Электронные приборы» ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт

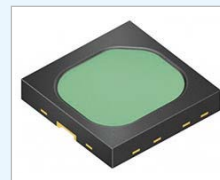
(государственный технологический университет)». Академик РАЕН и МАНЭБ. Область научных интересов – фотоэлектронные и электронно-лучевые приборы, твердотельные приборы и устройства СВЧ диапазона



Малдзигати Алан Ильич, инженер. Ведущий инженер-технолог ОАО «Гран». Аспирант. Область научных интересов – оптико-электронные приборы и устройства

Osram представила первый широкополосный ИК-диод

В ИК-спектроскопии используется характерное поглощение конкретных молекулярных соединений. Если имею-



щее известное спектр излучения направить на образец, то исходя из спектрального распределения отражённого света, можно обнаружить присутствие и определить количество определённых ингредиентов. Этот метод применяется, помимо прочего, в пищевой промышленности и сельском хозяйстве. Можно, например, измерить содержание в продуктах питания воды, жиров, углеводов, сахара или протеина. Эти данные дают представление о свежести, качестве или калорийности продуктов.

Компания Osram Opto Semiconductors впервые использовала люминофорные преобразователи в своих источниках ИК излучения. В результате появился ИК-диод SFH 4735 с широкополосным излучением в диапазоне длин волн 650–1050 нм, основная область применения которого – как раз спектроскопия в ближней ИК области, например, для анализа пищи.

Основа SFH 4735 – синий кристалл площадью 1 мм², изготовленный по технологии «UX:3». Его свет преобразуется в ИК излучение специально созданным для этого люминофорным преобразователем. Остаточная синяя составляющая излучения помогает пользователям нацеливаться на исследуемый участок. ИК излучение SFH 4735 имеет равномерное спектральное распределение. Кристалл смонтирован в корпусе для светодиодов «Oslon Black Flat», обладающем высокой термостойкостью.

Компактные спектрометры для спектрального химанализа открывают совершенно новую область применения бытовой электронной техники. Специалисты ожидают, что уже в ближайшем будущем их удастся встраивать в мобильные устройства. Новая техника обеспечит расширение возможностей биомониторинга или, другими словами, измерения основных показателей жизнедеятельности, таких как частота пульса и количество потребляемых калорий. Смартфон со спектрометром позволит пользователям аналогичным образом исследовать съедаемую ими пищу. Точно так же можно будет проверять и лекарства, а чуть позже – анализировать определённые характеристики окружающей среды (например, качество воздуха).

www.compoundsemiconductor.net
07.11.2016