

# Моделирование излучающей способности электролюминесцентных источников света

А.М. КАБЫШЕВ, Е.Н. КОЗЫРЕВ, И.Н. ГОНЧАРОВ, Р.О. АСКЕРОВ<sup>1</sup>

ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)», Владикавказ  
E-mail: asker2005@rambler.ru

## Аннотация

Рассмотрены факторы, определяющие яркостные и электрические характеристики гибких электролюминесцентных источников света (ЭЛИС). Разработана компьютерная модель ЭЛИС в комплексе с его источником питания. Указано, что функцию нагрузки (ЭЛИС) в схеме выполняет последовательная RC-цепь. Достигнут высокий уровень адекватности модели, что подтверждается соответствующими осциллограммами тока и напряжения, снятыми экспериментально.

**Ключевые слова:** электролюминесцентный источник света, яркость свечения, электролюминофор, компьютерное моделирование, источник питания, электрическая ёмкость, RC-цепь, временные диаграммы напряжения и тока.

## 1. Введение

Электролюминесцентный источник света (ЭЛИС) – современный высокоэкономичный источник равномерного оптического излучения большой площади, способный генерировать свет с различными длинами волн. Это изделие предназначено для подсветки панелей приборов различной стационарной и передвижной техники, для сигнального и аварийного освещения, работающего непрерывно в течение очень длительного времени, а также для рекламных целей с богатыми композиционными возможностями. ЭЛИС можно применять для подсветки изображений, нанесённых на прозрачные плёнки. В итоге получается картина, по качеству и яркости неотличимая от изображения на мониторе.

ЭЛИС принадлежат к классу твердотельных источников оптического излучения, у которых КПД преобразования потребляемой энергии в свет достигает 80%. Среди их достоинств следует также отметить простоту конструкции и малую толщину, возмож-

ность легко изменять размеры и форму, весьма малую потребляемую мощность, хорошую виброустойчивость и защиту от влаги, высокую устойчивость к порезам и проколам. Среди основных характеристик ЭЛИС отмечают: напряжение питания  $U$ , составляющее порядка 150 В; частоту питающего напряжения  $f \approx 1000$  Гц; яркость свечения  $B$ , достигающую 45 кд/м<sup>2</sup> при  $f = 50$  Гц и  $U = 220$  В и 200 кд/м<sup>2</sup> при  $f = 1000$  Гц и  $U = 150$  В.

## 2. Техника эксперимента

Электролюминесцентная панель (ЭЛП) состоит из двух основных слоёв, выполняющих различные функции и расположенных между плоскими электродами. Фактически, конструктивно ЭЛП представляет собой конденсатор с двумя проводящими (прозрачной и непрозрачной) поверхностями-электродами. Между ними размещаются излучающий свет слой цинксulfидного люминофора в связующем веществе и диэлектрический слой. В работе применялся высококачественный цинксulfидный элек-

тролюминофор *D512C-GG* бирюзового цвета свечения производства КНР. Второй, диэлектрический, слой представляет собой тонкую пластину пористого оксида алюминия с осаждённым в поры связующим на эпоксидной основе в совокупности с сегнетоэлектриком титанатом бария ( $BaTiO_3$ ), взятыми в весовой пропорции 2,5:1, а также смачивателем – оксиэтилированным фенолом ОП-10.

Свечение этих изделий хорошо подчиняется закону Ламберта, поэтому их яркость не зависит от направления наблюдения. Излучение генерируется, когда к двум проводящим слоям подводят переменное напряжение, в результате чего возникает электролюминесценция (эффект Дестрио). В этом случае люминофор излучает кванты света в течение обоих полупериодов напряжения, а его мгновенная яркость является периодической функцией времени [1–3]. Яркость ЭЛП зависит от величины, формы, частоты и длительности, протекающих через панель импульсов тока. Она в значительной степени обусловлена работой блока питания, который должен обеспечить выгодное сочетание амплитуды и частоты питающего напряжения и оптимальные форму и длительность импульсов [1, 2].

ЭЛП представляет собой плоский конденсатор, и важную роль играет его электрическая ёмкость  $C$ , формула для расчёта которой может быть получена следующим образом.

Если пренебречь токами утечки ЭЛП, то его комплексное сопротивление

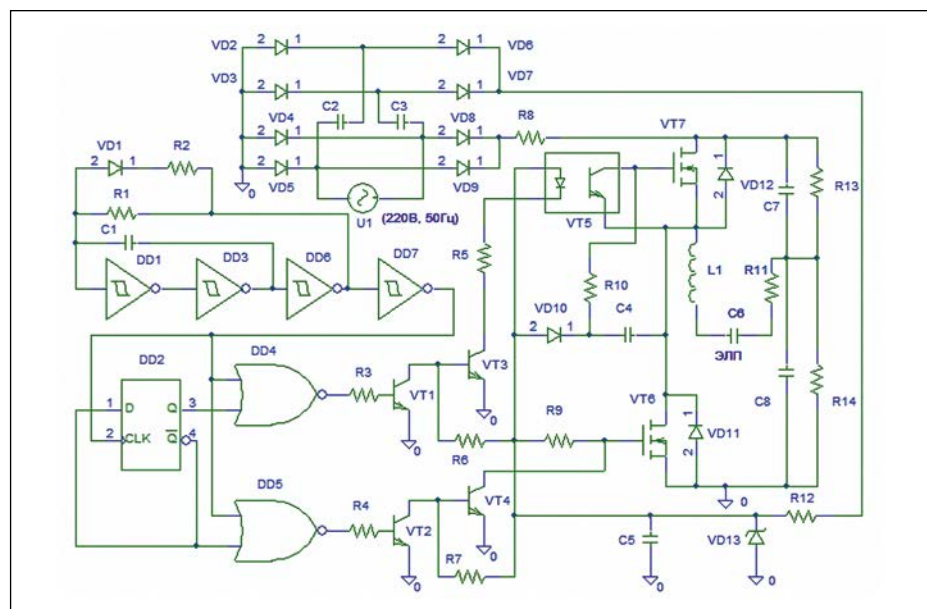


Рис. 1. Компьютерная модель блока электропитания ЭЛИС

ление можно приравнять сопротивлению эквивалентного конденсатора  $X_C$ :

$$X_C = \frac{1}{2\pi fC} = \frac{U}{I}, \quad (1)$$

где  $f$  – частота протекающего переменного тока, Гц,  $I$  – ток, протекающий через ЭЛП, А. Из (1) следует, что:

$$C = \frac{I}{2\pi fU}. \quad (2)$$

Величина электрической ёмкости оказывает существенное влияние на величину и форму протекающего тока и, как следствие, на яркость свечения, а также на режимы работы источника питания ЭЛП [4].

Зная величину электрической ёмкости панели  $C$  и величину фазового сдвига между током и напряжением  $\varphi$ , можно определить значение активного сопротивления люминесцентного слоя:

$$R = \frac{1}{2\pi fC \cdot \operatorname{tg}\varphi}. \quad (3)$$

Например, если вычисленная в соответствии с (1) величина электрической ёмкости панели окажется равной 0,24 мкФ, то при  $f = 1000$  Гц и  $\varphi = 66$  эл. град., величина активного сопротивления люминесцентного слоя ЭЛИС составит 290 Ом.

На рис. 1 приведена принципиальная схема разработанного преобразователя, адаптированная для компьютерного моделирования в среде программного продукта *Orcad*, нагрузкой которого является ЭЛИС.

Элементы схемы: VD2 – VD9, C2 и C3 входят в состав выпрямителя. Автономный инвертор напряжения выполнен на основе транзисторных ключей VT1 – VT6 и конденсаторов C7, C8. Система управления состоит из генератора прямоугольных импульсов, построенного на основе логических элементов «НЕ» (DD1, DD3, DD6, DD7), распределителя импульсов (триггер DD2) и логических элементов «ИЛИ-НЕ» (DD4, DD5), предназначенных для формирования интервала времени («мёртвое время»), в течение которого закрыты силовые транзисторные ключи VT6 и VT7. Изменяя величину сопротивления резистора R2, можно изменять длительность этого интервала и скважность импульсов генератора, что оказывает

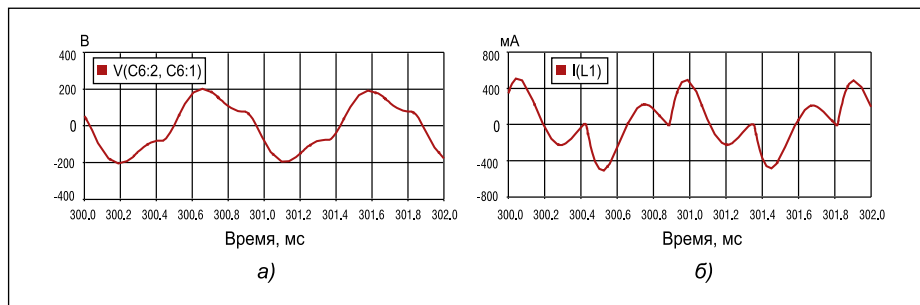


Рис. 2. Временные диаграммы напряжения (а) и тока (б)

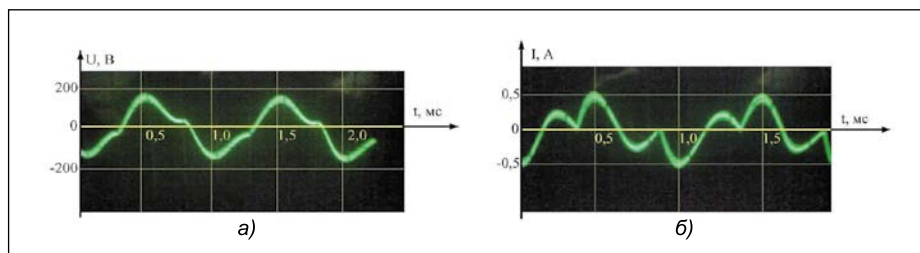


Рис. 3. Осциллограммы напряжения (а) и тока (б) при  $L1 = 16$  мГн

влияние на форму протекающего через ЭЛП тока.

Одним из основных элементов схемы, определяющим её массогабаритные и эксплуатационные параметры, является дроссель L1. Дроссель предназначен для ограничения и сглаживания пульсаций переменного тока, протекающего через ЭЛП, что обеспечивает оптимальный яркостно-температурный режим функционирования панели.

В схеме, приведённой на рис. 1, функции нагрузки выполняют конденсатор C6 и резистор R11, учитывающие электрическую ёмкость панели и сопротивление её люминесцентного слоя.

На рис. 2 приведены полученные в результате компьютерного моделирования временные диаграммы напряжения на ЭЛП и тока, протекающего через панель. Диаграммы соответствуют режиму работы источника питания на нагрузку (ЭЛП), у которой электрическая ёмкость равна 0,24 мкФ, сопротивление люминесцентного слоя равно 290 Ом, а величина индуктивности дросселя L1 составляет 16 мГн.

Для проверки достоверности результатов компьютерного моделирования были получены осциллограммы тока и напряжения на ЭЛП (рис. 3) при работе реального блока питания, выполненного по схеме, показанной на рис. 1. Электрическая ёмкость панели была равна 0,24 мкФ.

Сравнительный анализ результатов компьютерного моделирования и по-

лученных осциллограмм позволяет сделать заключение о соответствии разработанной компьютерной модели блока питания и модели электролюминесцентного источника света (в виде последовательной RC-цепи) реальным объектам исследования.

Для излучающей структуры с рассмотренными электрическими параметрами из результатов расчётов и экспериментальных осциллограмм можно получить, что действующее значение напряжения составляет 130 В, а ток равен 300 мА, так что согласно результатам, полученным в [1, 2], обеспечивается яркость свечения ЭЛИС формата А3, равная 140 кд/м<sup>2</sup> при температуре панели, равной 35 °С.

Результаты работы получены при поддержке Министерства образования и науки РФ, уникальный идентификатор ПНИЭР RFMEFI57715X0196.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гончаров И.Н., Кабышев А.М., Козырев Е.Н., Малдзигати А.И. Разработка и оптимизация источника питания для гибких электролюминесцентных панелей // Светотехника. – 2016. – № 6. – С. 39–42.
2. Goncharov, I.N., Kabyshev, A.M., Kozыrev, E.N., Maldzigati, A.I. Development and Optimization of a Power Supply for Flexible Electroluminescence Panels // Light & Engineering. – 2017. – Vol. 25, No. 2. – P. 126–130.
3. Гусев А.И. Электрические характеристики тонкоплёночных электролюминесцентных индикаторов / А.И. Гусев, М.К. Самохвалов; под науч. ред. М.К. Самохвалова. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. – 125 с.

4. Гончаров И.Н., Кабышев А.М., Козырев Е.Н., Малдзигати А.И. Источник питания для электролюминесцентных панелей // Радиотехника и электроника. – 2017. – Т. 62, № 6. – С. 1–3.



**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 диапозона



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

Область научных интересов – современные источники оптического излучения, оптические квантовые генераторы, электронно-оптические преобразователи



**Аскеров Роман Олегович**, инженер. Ассистент кафедры «Электронные приборы» ФГБОУ ВО «Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет)».

Область научных интересов – современные источники оптического излучения и преобразователи электрической энергии

## Расширенное заседание редколлегии журнала «Светотехника»

На традиционном ежегодном заседании редколлегии журнала «Светотехника» в рамках проходившей в Москве выставки Moscow Interlight 2017 в Экспоцентре обсуждались стратегические вопросы развития как печатного, так и онлайн издания. В обсуждении приняли участие члены редколлегии – ведущие специалисты и научные работники – постоянные авторы журнала.



В своём выступлении главный редактор журнала профессор Владимир Будак особо отметил важность развития англоязычной версии журнала, ставшей основной с этого года, как для развития дальнейшего сотрудничества с международным сообществом светотехников, так и с Международной комиссией по освещению.

Для развития связей со специалистами и издательствами в ряд стран, не имеющих собственных светотехнических изданий, были направлены письма с предложением о сотрудничестве.

Развиваются отношения редакции с ответственными министерствами и муниципалитетами, в адрес которых также были направлены предложения о сотрудничестве.

Главный редактор журнала особо остановился на необходимости расширения по большинству проблем, связанных с использованием света. Уже в истекшем году вышли в свет аналитические обзоры по 12-ти важнейшим проблемам светотехники. В том числе «Архитектурное освещение», «Светодизайн» и «Солнечная энергетика», «Компьютерное моделирование», «Свет при освоении космоса и мирового океана».

Редакция журнала продолжит работу по расширению и укреплению российской терминологии в светотехнике, которая намного глубже и богаче, чем в большинстве стран мира.

Не менее важная тема – изменение паспорта специальности «Светотехника». Публикация на эту тему подготовлена для ква-

лифицированного обсуждения на страницах журнала.

В ближайшее время заработает новый современный сайт журнала с расширенной тематикой, рассчитанной на разную аудиторию. Присутствие авторов и читателей журнала распространится на соцсети в специальных блогах журнала.

Генеральный директор Наталия Шерри отметила в качестве важной задачу журнала по расширению круга читателей, с помощью интересной тематики, глубине публикаций и современной подаче материала. Актуальной остается проблема выхода журнала на самоокупаемость, решить которую предполагается к 2020 году.

Шеф-редактор журнала Юлиан Айзенберг подчеркнул в своем выступлении, что публи-



кации в журнале должны носить всё более дискуссионный характер. Это не только привлечёт новых авторов и читателей, но и расширит тематику. Одна из задач журнала – предложить МКО сделать работу комиссии более открытой с помощью создания специального комитета при МКО по светотехнической печати и использовать журнал для обсуждения общественностью всех рекомендаций и стандартов до их выхода из печати.

Тематика журнала и сайта расширится за счёт публикаций по проблемам применения света в технологических процессах, медицине, солнечной энергетике, исследовании мирового океана и ряда других областей использования современных возможностей света. Больше будет публиковаться статей и обзоров крупнейших ученых и изобретателей в области светотехники.

В этом году журналу «Светотехника» исполнилось 85 лет. Журнал сыграл неоспоримо большую роль в развитии светотехники в нашей стране, но сегодня возможности применения света резко расширились.

инж. Е. Серый