

Аркадий Камчатов, к. т. н. | ledingrad@yahoo.com | Александр Пашков | dir@transet-spb.ru |
Евгений Хоменко | engineer2@transet-spb.ru | Александр Цуриков, к. т. н. | a.tsurikov@ledingrad.ru

Источник постоянного тока LEDinGRAD ИПТ-035-0350-40-3:

концептуальный подход и результаты создания
источника питания для светодиодов

В четвертом номере этого журнала, изданном в текущем году, приведены результаты испытаний высокоэффективного драйвера LEDinGRAD отечественной разработки и производства. В данной статье изложен подход к разработке изделия и к направлениям его совершенствования, а также приведены результаты испытаний.

Источник постоянного тока (ИПТ) для светодиодов ИПТ-035-0350-40-3 (рисунок) предназначался для применения, прежде всего, в производстве светильников типа «Армстронг». Для этого в качестве первоначальных требований к его конструкции были выдвинуты ограничения по массо-габаритным показателям (115×23×29 мм, 80 г), а также неразличимость под светорассеивателем в корпусах толщиной от 30 мм.

Современные светотехнические устройства на базе светодиодных матриц отличаются высоким качеством производимого света при небольших энергетических затратах. Во многом это определяется параметрами источника питания светодиодов, т. е. так называемым драйвером, представляющим собой источник питания со стабилизированным

выходным током. Значение источника питания в составе светильника трудно переоценить. Это буферное устройство между электрической сетью и источником света. С одной стороны, оно должно быть незаметным в конструкции светильника, иметь малые собственные потребление и тепловыделение, гасить высокочастотные колебания в сети и не излучать помех. С другой — оно обязано обеспечить стабильное питание светодиодов в различных типах светильников, работая при этом в широком диапазоне колебаний сети.

Ресурс современного светодиодного светильника определяется в основном надежностью работы его источника питания, которая, в свою очередь, зависит от внешних граничных условий. На нее влияют, в частности, оптимальное размещение ИПТ в корпусе светильника с целью обеспечения требуемого температурного режима работы его компонентов, соответствие характеристик нагрузки (светодиодов) выходным параметрам ИПТ и др., а также реализация корректного подхода к выбору принципиальной схемы ИПТ с учетом характеристик светильника и подбору компонентов источника питания.

Таким образом, в начале процесса проектирования драйвера были проанализированы и сформулированы основные требования к изделию, значения электрических параметров которого должны соответствовать типовым построениям современных светодиодных матриц:

- мощность 30–40 Вт;
- выходной ток 350/700 мА;
- диапазон рабочих напряжений 74–110/36–48 В;
- коэффициент пульсаций светового потока менее 0,5%;
- коэффициент мощности более 0,95;
- коэффициент полезного действия более 90%.

Схема драйвера также должна включать различные виды защит, в том числе от перегрузок по току и КЗ, от превышения выходного напряжения, от воздействия импульсных помех и др. Наряду с требованиями минимизации массо-габаритных характеристик источника питания должно быть обеспечено удобство его размещения в светодиодных светильниках различной конструкции и назначения.

При разработке указанных выше требований также была принята во внимание удельная мощность источника питания — полезная мощность драйвера, отнесенная к его объему. Числовое значение рассматриваемого показателя характеризует качество источника питания: чем выше его значение, тем больше так называемая энергетическая эффективность драйвера, т. е. выше полезная мощность, «производимая» каждой единицей его объема. Этот показатель для большинства современных высокоэффективных драйверов составляет величину, превышающую 300 Вт на 1 дм³ и имеющую тенденцию к увеличению. Для разрабатываемого источника питания требуемый показатель удельной мощности был принят равным свыше 400 Вт/дм³.

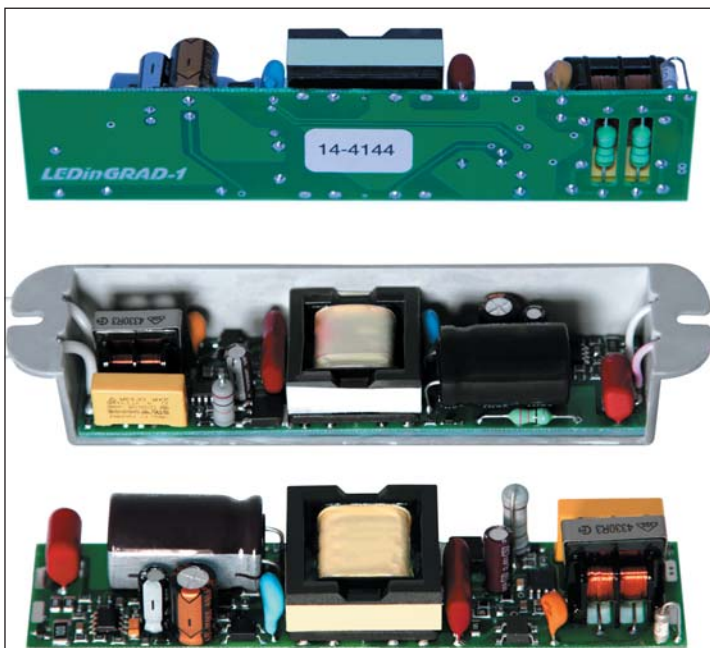


Рисунок. Источник постоянного тока ИПТ-035-0350-40-3 LEDinGRAD

Особое внимание при разработке ИПТ уделено и устойчивости к различным видам помех:

- электростатическому разряду по ГОСТ 30804.4.2;
- электромагнитному полю частотой 80–1000 МГц по ГОСТ 30804.4.3;
- наносекундным импульсным помехам по ГОСТ 30804.4.4;
- микросекундным импульсным помехам по ГОСТ Р 51317.4.5;
- кондуктивным помехам, наведенным радиочастотными электромагнитными полями по ГОСТ Р 51317.4.6;
- динамическим изменениям напряжения электропитания по ГОСТ 30804.4.11.

Также ИПТ должен обеспечить соответствие требованиям по электромагнитной совместимости (ЭМС) — как по эмиссии кондуктивных радиопомех по ГОСТ Р 51318.15, так и по гармоническим составляющим тока и фликера по ГОСТ Р 51317.3.2, ГОСТ Р 51317.3.3.

Результаты испытаний и совершенствования характеристик ИПТ

Технические характеристики первого из разработанных и освоенных в производстве ИПТ приведены в таблице.

Для каждой из характеристик, указанных в исходных требованиях и определяющих показатели качества ИПТ, возможен и так называемый «индивидуальный» подход. Например, снижение пульсаций светового потока светильника можно обеспечить путем применения в выходной цепи источника конденсатора большей емкости, не внося дополнительных изменений в схемные решения драйвера.

В рассматриваемом случае при разработке ИПТ LEDinGRAD реализован подход, основанный на функциональной взаимосвязи основных его показателей и, как следствие, на соответствующем подборе компонентов высокого качества.

В частности, к ИПТ на начальном этапе разработки предъявлялись жесткие требования по уровню коэффициента пульсаций светового потока — не более 5% (при использовании в выпускаемых нами серийных светильниках соответствующих светодиодных линеек и модулей). К тому же при значительном выходном напряжении нам не удалось разместить в малогабаритном корпусе электролитические конденсаторы большей емкости (и больших размеров). Однако после тщательного

анализа и корректировки схемы, а также после подбора компонентов мы сумели добиться снижения амплитуды пульсаций выходного напряжения. Кроме того, в светильнике мы обеспечили за счет схемных решений значение коэффициента пульсаций светового потока менее 0,5% (фактически — 0,1–0,2%) в том же корпусе драйвера. Важно отметить, что такие результаты были получены не только без значительного изменения компоновочных решений источника, но и без увеличения его себестоимости, что, конечно, весьма существенно.

Основные результаты исследований характеристик источника ИПТ-035-0350-40-3 на соответствие требованиям по электромагнитной совместимости и по сохранению работоспособности при различных видах испытательных воздействий приведены в статье, опубликованной в №4 за 2014 г. данного издания. Там же приведены и экспериментальные исследования гармонических составляющих тока, потребляемого изделием, а также радиопомех, создаваемых источником при работе, в сравнении с соответствующими значениями, регламентируемыми российскими стандартами.

Первоначальные результаты испытаний на ЭМС образцов пробной партии ИПТ позволили определить соответствующие направления в корректировке его схемы и в подборе комплектующих компонентов. В результате последующих исследований и испытаний источников ИПТ-035-0350-40-3 было отмечено, что после воздействия на них различных помех максимальной интенсивности, уровень которых был регламентирован стандартами, изменений в их работе не наблюдалось. Обеспечение требуемых показателей ЭМС также было произведено путем корректировки схемных решений и соответствующего подбора компонентов.

Драйвер ИПТ-035-0350-40-3, включенный в состав серийно выпускаемого светодиодного светильника типа «Армстронг», успешно прошел лабораторно-производственные испытания, во время которых входное напряжение изменялось от 176 до 264 В. В частности, источник питания подтвердил свою работоспособность в условиях многократного включения светильника при граничных значениях входного напряжения указанного диапазона, а также при резком и неоднократном изменении подаваемого на его вход напряжения, изменяющегося от 80 до 300 В (посредством автотрансформатора с регулятором напряжения плавного типа, подключенного к входным клеммам источника)

Таблица. Технические характеристики ИПТ-035-0350-40-3

Входные характеристики	Диапазон напряжений, В	176–264
	Частота питающей сети, Гц	48–52
	Коэффициент мощности при 220 В, не менее	0,96
	КПД, %, не менее	90
Выходные характеристики	Диапазон напряжений, В	75–96
	Ток, мА	350
	Мощность максимальная, Вт	33,6
	Коэффициент пульсаций, %, не более	0,5
Комплекс защит	Защита от перенапряжения	Есть
	Защита от перегрузки	Есть
	Степень защиты оболочки (IP)	40
Условия эксплуатации и хранения	Диапазон рабочих температур, °С	–20...+45
	Диапазон температур хранения, °С	–25...+45
	Тип подключения	К выведенным монтажным проводам
	Допустимый уровень влажности (при 25 °С), %	95
Соответствие стандартам	Электростатические разряды	ГОСТ 30804.4.2
	Электромагнитное поле частотой 80–1000 МГц	ГОСТ 30804.4.3
	Наносекундные импульсные помехи	ГОСТ 30804.4.4
	Микросекундные импульсные помехи	ГОСТ Р 51317.4.5
	Кондуктивные помехи, наведенные радиочастотными электромагнитными полями	ГОСТ Р 51317.4.6
	Динамические изменения напряжения электропитания	ГОСТ 30804.4.11
	Требования по эмиссии кондуктивных радиопомех	ГОСТ Р 51318.15
	Требования по гармоническим составляющим тока и фликера	ГОСТ Р 30804.3.2; ГОСТ Р 30804.3.3
Безопасность	Гальваническая развязка	Есть
	Электрическая прочность изоляции (вход/выход), В _{эфф}	3000
Прочие	Плавный пуск	Есть
	Габариты пластикового корпуса, мм	115×23×29
	Масса, кг	0,08

при работе светодиодного светильника. Показания малоинерционного амперметра оставались при этом неизменными, регистрируя заданное значение выходного тока 350 мА, даже в условиях сравнительно резкого полного поворота регулятора автотрансформатора с целью изменения входного напряжения в диапазоне от 110 до 264 В.

В ИПТ предусмотрен и «плавный» пуск светильника, когда питание на светодиоды от источника подается не мгновенно, а с возрастанием до номинального значения в течение приблизительно 0,3–0,5 с, что для надежной работы светодиодов играет положительную роль.

В разработанной и подготавливаемой к реализации в ближайшее время версии ИПТ LEDinGRAD, имеющего максимальную полезную мощность 40 Вт (в том же корпусе, что и ИПТ-035-0350-40-3), реализована защита от короткого замыкания на выходе источника питания как при наличии необходимого для работы напряжения на входе, так и после отключения от сети. Актуальность этой меры в корректировке схемы драйвера обусловлена тем, что в ряде случаев источник питания выходил из строя вследствие технологических ошибок со стороны заказчиков изделия — предприятий по сборке светильников (вследствие неправильного монтажа светодиодных модулей).

Выводы

Высокие КПД и коэффициент мощности, стойкость к нежелательным внешним электрическим воздействиям, соответствие требованиям по ЭМС, сравнительно низкая себестоимость изготовления ИПТ в сочетании с большим ресурсом светодиодных светильников позволяют существенно сэкономить на оплате потребленной электроэнергии. Выгода от применения светодиодных светильников в значительной степени обусловлена снижением себестоимости комплектующих, прежде всего источников питания.

Наличие гальванической развязки, активная коррекция коэффициента мощности (при его высоком уровне), низкий коэффициент пульсаций, соответствие требованиям отечественных стандартов, в том числе по показателям электромагнитной совместимости, сравнительно небольшие размеры — таковы основные отличительные особенности разработанного и освоенного в производстве источника постоянного тока ИПТ-035-0350-40-3 торговой марки LEDinGRAD.

Испытания ИПТ подтвердили реализацию указанных выше основных исходных требований к изделию с точки зрения его показателей экономичности и эффективности, отсутствие вредных электромагнитных взаимодействий с электроприборами и излучений в окружающую среду, а также наличие различных видов защиты от внешних электромагнитных и электрических воздействий (включая броски входного напряжения). ИПТ соответствует требованиям по величинам гармоник сетевого тока и излучаемым в эфир помехам, отвечает действующим нормативным документам применительно к этому классу продукции, а также имеет высокий показатель ЭМС.

Благодаря использованию подхода, основанного на многолетнем опыте разработки и создания источников питания, мы смогли разработать такое решение, при котором в одном изделии, соответствующем требованиям ЭМС, был обеспечен практически нулевой уровень пульсаций выходного напряжения наряду с высокими КПД и коэффициентом мощности. При этом, для того чтобы воздействовать на присущие таким источникам питания нежелательные характеристики, осуществлялся контроль параметров тока питания светодиодов при активном подавлении пульсационно-эмиссионных помех, прежде всего за счет схемных решений. В результате была успешно решена задача общей оптимизации технических и стоимостных характеристик изделия и достигнута поставленная цель — вывести важнейшие показатели ИПТ-035-0350-40-3 LEDinGRAD на высокий уровень при его низкой себестоимости.

В свою очередь, в организационном плане успешно реализован проект создания и освоения выпуска качественного ИПТ в рамках сотрудничества отечественных разработчиков, производителей электронных устройств и поставщиков комплектующих изделий.

Выпускаемый источник постоянного тока ИПТ-035-0350-40-3 LEDinGRAD имеет показатель удельной мощности более 450 Вт/дм³, т. е. он выше, чем у источников питания известных производителей. Для планируемого к выпуску в ближайшее время драйвера мощностью 40 Вт этот показатель уже превысит 520 Вт/дм³.

Следует отметить, что источник постоянного тока для питания светодиодов модели ИПТ-035-0350-40-3 LEDinGRAD — это базовая модель для разрабатываемых в настоящее время драйверов мощностного ряда 10–100 Вт.