

магнитных лент – Каунасский политехн. ин-т. Каунас. 1980 – 135 с. Деп. в ЛитНИИНТИ 16 апреля 1980. № 543-80.

4. Сергеев С.И. Основы динамики вибрирующих опор. Динамика гибких роторов. – М.: Наука, 1972.

5. Норенков И.П., Трудоношин В.А. Телекоммуникационные технологии и сети. – М.: Изд-во МГТУ им Н.Э. Баумана, 2000. – 248 с.

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ДЛЯ СВЕТОИЗЛУЧАЮЩИХ ДИОДОВ НА ЭТАПЕ КОНСТРУКТОРСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

И.Ф. Скоморохов, И.В. Лофицкий

Самарский государственный аэрокосмический университет, г. Самара

В течение последних лет интерес к светодиодам неуклонно возрастает, что объясняется их техническим совершенствованием. Одной из сфер их применения является осветительные приборы бытового назначения. Основным преимуществом светодиодных осветительных устройств по сравнению с обычными лампами накаливания, является возможность регулирования яркости свечения. К достоинствам стоит отнести значительную экономию электроэнергии, а также срок службы порядка 50000 часов, что составляет около 6 лет непрерывной работы.

Однако проектирование осветительных светодиодных устройств требует решения задачи отвода тепла, возникающего в процессе работы светодиодов. Высокие рабочие температуры р-п-переходов негативно воздействуют на характеристики светодиодов, в результате чего снижается светоотдача и срок службы. Чтобы правильно управлять этим теплом, в конкретных применениях следует руководствоваться определенными правилами проектирования, так как особенности работы светодиодных светильников принципиально отличаются от работы светильников на традиционных источниках света, важным здесь является выбор материала для самой печатной платы (ПП).

Стеклотекстолит типа FR-4 является одним из наиболее часто используемых материалов при изготовлении печатных плат, однако он обладает очень низкой теплопроводностью. Общее тепловое сопротивление для ПП из FR-4 можно вычислить путем суммирования тепловых сопротивлений каждого из слоев платы [1]:

$$R\theta_{PCB} = R\theta_{layer1} + R\theta_{layer2} + R\theta_{layer3} + \dots + R\theta_{layerN} \quad (1)$$

Определим тепловое сопротивление для платы из стеклотекстолита FR-4 толщиной 1,6 мм и имеющей форму "звезды" с площадью поверхности 270 мм²:

$$\theta_{\text{layer}} = l/(k \times A) = 30 \text{ } ^\circ\text{C/Вт}, \quad (2)$$

где l - толщина слоя, k - коэффициент теплопроводности, A - площадь контактной площадки, отводящей тепло.

Тепловое сопротивление аналогичной ПП из фольгированного алюминия (МСРСВ) составляет 0,2 °С/Вт.

Однако именно стеклотекстолит FR-4 является наиболее перспективным при изготовлении печатных плат, ввиду его технологичности и дешевизны. Как следствие необходимо решить задачу повышения теплопроводности материала.

Для снижения теплового сопротивления платы из стеклотекстолита FR4 применяют методы увеличение ширины проводящих дорожек платы (рис. 1) и просверливание отверстий в самой плате (рис. 2).



Рис. 1. Различная ширина дорожек на ПП (форма звезда)

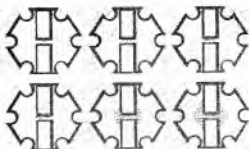


Рис. 2. ПП из FR-4 с различным количеством отверстий (2, 6, 8, 14, 58, 102)

Результаты проведенных тепловых испытаний ПП, имеющих форму «звезда», с различной шириной проводящих дорожек и различным количеством отверстий представлены на диаграммах (рис. 3, а, б)

Из диаграммы (рис. 3,а) можно сделать вывод, что увеличение ширины токопроводящей дорожки снижает тепловое сопротивление, но данный метод вступает в противоречие с габаритами ПП, а следовательно менее предпочтителен. Из диаграммы (рис. 3,б) следует, что увеличение числа отверстий свыше 14 не приводит к снижению теплопроводности. Стоит заметить, что оба способа позволяют значительно снизить тепловое сопротивление ПП.

Проведенные тепловые испытания позволили осуществить разработку печатной платы для устройства освещения с регулируемой яркостью на основе драйвера SSL2102 фирмы NXP, схема которого представлена на рис. 4.

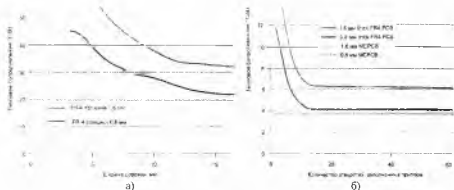


Рис.3. Зависимость теплового сопротивления ПП из FR-4 от: а) различной ширины проводящих дорожек; б) количества отверстий

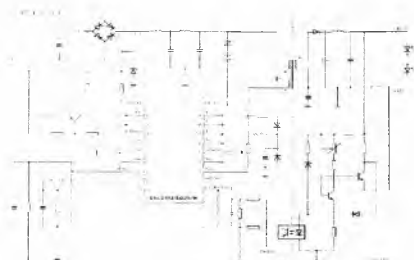


Рис.4. Схема осветительного устройства на основе LED драйвера SSL2102

Осуществим расчет теплового режима печатной платы, с помощью модели теплового сопротивления. Тепловое сопротивление между точками x и y определяется выражением:

$$R\theta_{x-y} = \frac{(T_x - T_y)}{Pd} \quad (3)$$

где T_x – температура в точке x , T_y – температура в точке y , Pd – общее рассеивание тепла.

При включении в цепь светодиода тепло (температура) будет рассеиваться по цепочке: р-п переход кристалла светодиода (T_j) – точка пайки (T_p) – печатная плата (T_{pcb}) – радиатор (T_{hs}) – окружающая среда (T_a). Общее тепловое сопротивление $R\theta_{j-a}$ может быть выражено суммой отдельных сопротивлений при распространении тепла от р-п перехода до окружающей среды. Таким образом, модель теплового сопротивления для одиночного светодиода может быть записана в виде:

$$R\theta_{j-a} = R\theta_{j-p} + R\theta_{p-pcb} + R\theta_{pcb-hs} + R\theta_{hs-a} \quad (4)$$

В случае установки на одной плате нескольких светодиодов тепловое сопротивление изменится из-за дополнительного нагрева от соседних модулей. Модель теплового сопротивления для нескольких светодиодов, расположенных на одном носителе, сводится к схеме параллельного включения резисторов:

$$R\theta_{j-p \text{ Total}} = R\theta_{j-p}/n \quad (5)$$

В этом случае необходимо учитывать общую величину Pd для всех светодиодов:

$$R\theta_{x-y \text{ Total}} = \frac{(T_x - T_y)}{Pd_{\text{Total}}} \quad (6)$$

где $Pd_{\text{Total}} = Pd_1 + Pd_2 + \dots + Pd_n$.

В нашем случае в схему включен только один светодиод HL1 (PLCC2 HSMC-A100). Для этого элемента температура р-п перехода T_j не должна превышать 110 °C. В режиме максимальной яркости свечения ток питания составляет $I_1 = 20$ мА, напряжение $U_1 = 2$ В, тестовое исследование температуры точки пайки T_p составляет 28 °C, а $R\theta_{j-p} = 280$ °C/Вт. Определим температуру T_1 [3]:

$$T_1 = T_p + (I_1 \times U_1 \times R\theta_{j-p}) = 28 + (20 \times 2 \times 280) = 40,32 \text{ °C.}$$

Так как температура T_1 меньше допустимого значения, то дополнительного охлаждения не требуется. Однако схема обратногоходовой топологии, представленной на рис.4, предполагает включение любого количества светодиодов, что может потребовать специальных устройств охлаждения, рассмотренных выше.

Осуществим расчет ширины проводников платы. Ширину проводника t рассчитываем исходя из допустимой токовой нагрузки, свойств токопроводящего материала и температуры окружающей среды [4]. Для меди минимальная допустимая ширина определяется из выражения:

$$t_{\text{мин}} = \frac{I_{\text{max}}}{\gamma \cdot a} \quad (7)$$

где $t_{\text{мин}}$ – минимальная допустимая ширина проводника; a – толщина фольги; γ – максимальная допустимая плотность тока для печатных проводников.

В нашем случае $\gamma = 20 \text{ А/мм}^2$. В качестве материала печатной платы выберем стеклотекстолит FR-4. Для данного материала $a = 0,05 \text{ мм}$. Подставим данные константы в выражение (7) и получим значение ширины проводника:

$$t_{\text{мин}} = \frac{0,02}{20 \cdot 0,05} = 0,02 \text{ мм}$$

Определяем минимальную ширину печатного проводника из допустимого падения напряжения:

$$t_{\text{мин}} = \frac{I_{\text{max}} \cdot \rho \cdot l_{\text{max}}}{\Delta U \cdot a} = \frac{0,02 \cdot 0,0175 \cdot 10^{-3} \cdot 25}{0,75 \cdot 0,05} = 0,23 \text{ мм} \quad (8)$$

где ρ – удельное объемное сопротивление проводника; $\rho = 0,0175 \times 10^3 \text{ Ом} \cdot \text{мм}$; ΔU – допустимое падение напряжения. В нашем случае $U_{\text{вх}} = 15 \text{ В}$. Тогда $\Delta U = 0,05 \times U_{\text{вх}} = 0,05 \times 15 = 0,75 \text{ В}$.

Таким образом ширина проводников:

$$t_{\text{мин}} = t_{\text{мин1}} + 1,5\alpha_{\text{ф}} \quad (9)$$

где $t_{\text{мин1}} = 0,149 \text{ мм}$ – минимальная эффективная ширина проводника для плат 3-го класса точности; $\alpha_{\text{ф}}$ – толщина фольги.

Для стеклотекстолита FR-4 $\alpha_{\text{ф}} = 0,05 \text{ мм}$. Следовательно:

$$t_{\text{мин}} = 0,149 + 1,5 \cdot 0,05 = 0,224 \text{ мм}$$

По результатам произведенных расчетов принимаем $t_{\text{мин}} = 0,25 \text{ мм}$.

Полученные расчты используем при проектировании печатной платы в САПР P-CAD 2006 [5]. Полученные топологии ПП представлены рис.5,а,б,в,г [6].

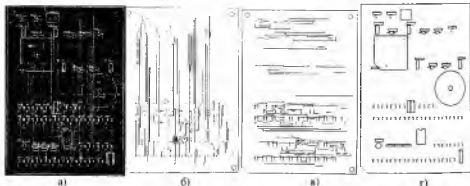


Рис 5. Полученная плата, а также слои платы: а) в PCB; б)TOP; в)TOP SILK; г)BOTTOM

Изготовленный образец ПП тестировался в течение 48 часов непрерывной работы при максимальной яркости свечения светодиода, при этом температура р-п перехода не превысила расчетной температуры в 41 °С, что гарантирует безотказность работы устройства в течение заявленного срока службы.

Список использованных источников

1. Поль, А. Особенности расчета систем отвода тепла при использовании светодиодов в корпусах PLCC [Текст]/А. Поль//Полупроводниковая светотехника. – 2010. -№5.-С.54-57.
2. Цваненберг, Ф. Эффективные драйверы для СИД с регулируемой яркостью [Текст]/ Ф. Цваненберг// Полупроводниковая светотехника. – 2010. -№2.- С.36-38.
3. Винокуров, А. Расчет печатных плат для светодиодов Cree серий XP и MX [Текст]/ А. Винокуров// Полупроводниковая светотехника. – 2010. -№3.- С.16-19.
4. Алимов, Н. Интегральные драйверы светодиодов от NXP/ Н. Алимов// Новости электроники – 2008. -№17. – С.30-31.
5. Саврушев, Э.Ц. P-CAD 2006 система проектирования печатных плат [Текст]/ Э.В. Саврушев. - М: Издательство БИНОМ 2007. - 640с.
6. Динц, К.М. P-CAD 2006 Схемотехника и проектирование печатных плат [Текст]: Самоучитель/ К.М. Динц, Куприянов А.А., Прокди Р.Г. и др.. Наука и техника: Санкт-Петербург, 2009. - 322с.

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ И ИСПЫТАНИЯ ГИДРОСИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ МОНИТОРИНГА ЗАГРЯЗНЕНИЯ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ

М.А. Ковалев

Самарский государственный аэрокосмический университет, г.Самара

Рост числа летных происшествий, а также высокая конкуренция в сфере авиаперевозок с особой остротой обозначили проблему повышения надежности бортовых систем летательного аппарата (ЛА). Среди энергетических систем ЛА доминирующее положение занимают гидросистемы (ГС), область применения которых неуклонно расширяется. Так на самолете ИЛ-96 по сравнению с ИЛ-86 число гидроагрегатов увеличилось вдвое.

Известно, что нормативные документы устанавливают жесткие требования к надежности ЛА. Вместе с тем 13 % авиационных происшествий связано с отказом ГС. Это определяет важность проблемы сокращения числа отказов ГС ЛА.

Одним из путей ее решения является повышение эффективности технического обслуживания (ТО) за счет разработки и внедрения на практике нового вида стратегии эксплуатации, ориентированного на