

Расчет был произведен для двух значений коэффициента теплоотдачи 20 и 40 Вт/м²·К, которые примерно соответствуют естественной и вынужденной конвекции.

При первоначальном анализе была получена максимальная температура в 81 °С, однако повысив значение коэффициента теплоотдачи в 2 раза, удалось снизить ее до 61 °С. Улучшение условий охлаждения на малых БПЛА возможно путем применения принудительной вентиляции.

Список использованных источников:

1. Зеленский, В.А. Проектирование трехмерной модели полетного контроллера [Текст] / В.А. Зеленский, Д.Н. Овакимян, С.С. Серпуховитов //Актуальные проблемы радиоэлектроники и телекоммуникаций: Сб. научных трудов. – Самара: ООО Мир печати, 2020. - С. 102 - 104.

2. Бруяка, В.А. Инженерный анализ в ANSYS Workbench [Текст] / В.А. Бруяка, В.Г. Фокина, Е.А. Солдусова, Н.А. Глазунова, И.Е. Адеянова // - Самара: Самар.гос.техн.ун-т, 2010. - 271 с.

УДК 621.396

УЧЁТ ВЛИЯНИЯ НАГРЕВА ПЕЧАТНЫХ ПРОВОДНИКОВ, РАБОТАЮЩИХ НА БОРТУ КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА, НА ВЫБОР ИХ ШИРИНЫ

А.В. Костин

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

В радиоэлектронной аппаратуре широкое применение получил печатный монтаж. Одной из важных задач, решаемых конструктором при проектировании печатных плат, является выбор ширины печатных проводников (ПП). Одним из критериев выбора минимальной ширины ПП является его нагрузочная способность. В ПП под действием протекающего по нему тока рассеивается мощность, которая приводит к его разогреву. При достижении определённой температуры произойдёт разрушение ПП.

В космическом приборостроении получили широкое распространение печатные платы на металлическом основании. Причём, такие платы, чаще всего, работают в условиях отсутствия конвекции. Если вопрос выбора ширины печатных проводников для наземной аппаратуры достаточно подробно проработан (IPC-2221A, РД 50-708-91), то для аппаратуры, работающей в вакууме (конвекция отсутствует) этот вопрос проработан не полностью (см. IPC-2152). Влияние температурного коэффициента сопротивления (ТКС) в этих стандартах учтено, так как там приводятся экспериментальные данные.

Если определять ширину ПП расчётным путём, как указано в [1], то необходимо учитывать ТКС. Так, если температура медного проводника увеличится на $\Delta T=40$ °С относительно значения, при котором приведена величина удельного электрического сопротивления в справочнике (обычно это 20 °С), то сопротивление изменится в 1,172 раза. Значение ТКС (α) для меди принято равным $0,0043 \text{ K}^{-1}$ согласно [2].

Целью настоящей работы является разработка простого способа учёта ТКС при выборе ширины ПП упомянутых выше печатных плат.

Если рассматривать упрощённую формулу, приведённую в [1], то её легко уточнить, умножив правую часть на $(1+\alpha\Delta T)$. Для более точного расчёта, простыми формулами ограничиться не удастся. Целесообразнее использовать графический метод, при котором строятся графики зависимости ширины ПП от силы тока и перегрева (разнице между температурами ПП и металлического основания) при прочих характеристиках конструкции печатной платы. Такие графики можно построить только при использовании численных методов расчёта, аналитические методы очень сложны. При этом необходимо учитывать ТКС, задавая зависимость удельного электрического сопротивления от температуры. Расчёт усложняется ещё больше.

Имеется возможность учесть ТКС, не усложняя расчёты. Коэффициент теплопроводности материала ПП много больше коэффициентов теплопроводности материалов изоляционной подложки. Это позволяет считать, что температура ПП практически не будет зависеть от координат. И это показано в [1] Разве что она будет немного меньше на концах ПП. Тогда поверхность ПП можно считать изотермической. Перегрев будет равен произведению теплового сопротивления на мощность, рассеиваемую ПП, которая будет определяться как квадрат силы тока на электрическое сопротивление. Если множитель $(1+\alpha\Delta T)$ сгруппировать с силой тока, то можно предположить, что при заданной температуре сила тока будет больше на $\sqrt{1+\alpha\Delta T}$. Отложив новое, приведённое значение силы тока, можно определить требуемую ширину ПП с учётом ТКС.

Такой простой подход позволяет существенно упростить расчёты ширины ПП не снижая точность.

Список использованных источников

1. Костин А.В., Шумских И.Ю., Рузанов А.В. Выбор ширины печатных проводников печатных плат на металлическом основании для бортовой радиоэлектронной аппаратуры космических аппаратов //Электронные и электромеханические системы и устройства: тез. докл. XX науч.-техн. конф. – Томск: АО «НППЦ «Полус», 2020. – С.275-276.

2. И.Н. Фридляндер, О.Г. Сенаторова, О.Е. Осинцев и др.; Цветные металлы и сплавы. Композиционные металлические материалы. Машиностроение. Энциклопедия. Т. II-3. Под общ. ред. И.Н. Фридляндера. – М.: Машиностроение, 2001. – 808 с.

Костин Алексей Владимирович, кандидат технических наук. E-mail: Electrodynamics27@yandex.ru.

УДК 621.382

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ПОДГОНКИ РЕЗИСТОРОВ

Е.А. Слюсарев, Г. П. Шопин

«Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва», г. Самара

Ключевые слова: резистор, факельный генератор, точность, электрод.

Существующие методы подгонки плёночных резисторов не обеспечивают требуемой точности номинального значения сопротивления. Разброс сопротивления по плате, как правило, превышает $\pm 10\%$. Для решения этой проблемы используют подгонку сопротивления.

Предложено устройство для подгонки резисторов. Рассмотрен принцип его работы и описаны блоки, входящие в его состав. Отмечены преимущества устройства. Устройство работает по двухтактной схеме следующим образом. В течение первого такта с помощью измерителя 3 измеряется сопротивление подгоняемого резистора 10. При этом измеритель 3 формирует постоянное напряжение, пропорциональное этому сопротивлению, которое сохраняется на протяжении двух тактов. Команда об измерении значения подгоняемого резистора и поддержании неизменным полученного уровня выходного напряжения измерителя 3 подается от мультивибратора 6 блока 12 управления. Его выходные сигналы имеют прямоугольную форму. При "нулевых" уровнях этих импульсов (первый такт) в устройстве для подгонки резисторов происходит измерение сопротивления подгоняемого резистора 10 и формирование пропорционального ему выходного напряжения измерителя 3. Вместе оба эти процесса занимают незначительную часть первого такта, поэтому большая часть первого такта и весь второй такт (т. е. практически два такта) на выходе измерителя 3 сопротивления поддерживается сформированное постоянное напряжение.

В блоке 2 сравнения определяется разность выходных напряжений измерителя 3 и источника 1 опорного напряжения (последнее пропорционально предельному значению сопротивления подгоняемого резистора). АЦП 4 формирует цифровой код, пропорциональный его входному напряжению.