

УДК 517.968

**СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ТЕПЛОВОМ
МОДЕЛИРОВАНИИ**

SYSTEM ANALYSIS OF THERMAL CHARACTERISTICS IN THERMAL DESIGN

Алексеев Виктор Федорович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры ПИКС БГУИР,
Беларусь, г. Минск, alexvikt.dist@gmail.com

Пискун Геннадий Адамович

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры ПИКС БГУИР,
Беларусь, г. Минск, piskunbsuir@gmail.com

Вериго Константин Александрович

магистрант БГУИР, Беларусь, г. Минск, detos.inc@gmail.com

Аннотация. В статье выполнен анализ тепловых характеристик при тепловом моделировании. Показана связь модели с тепловыми процессами.

Abstract. The article analyzes thermal characteristics during thermal design. The article shows the relationship between the model and thermal processes.

Ключевые слова: тепловое моделирование, распределение температуры.

Keywords: thermal design, temperature distribution.

Задачей теплового моделирования радиоэлектронных средств (РЭС) является обеспечение пространственно-временного (для нестационарного режима) распределения $T(x, y, z)$ или просто пространственного распределения (для стационарного режима) $T(x, y, z)$ температуры в РЭС. При этом обеспечиваемое распределение температуры в конструкции РЭС должно соответствовать не только нормальному тепловому режиму элементной базы РЭС с позиции чисто теплового проектирования, но и обеспечивать необходимые электрические, механические (для РЭС устанавливаемых на подвижных объектах), топологические, надежность характеристики проектируемого устройства.

(1)

где T_i – рабочая температура i -го электрорадиоэлемента (ЭРЭ);

$T_{дту_i}$ – допустимая по техническим условиям температура i -го ЭРЭ;

m – количество ЭРЭ в анализируемой конструкции РЭС.

В связи с вышеизложенным, на вектор температур $T_{дту_i}$ – могут быть наложены дополнительные ограничения (в сторону уменьшения), например, с позиций обеспечения необходимых выходных электрических характеристик проектируемого устройства и (или) его характеристик надежности (параметра безотказности) и качества (параметра стабильности выходных электрических характеристик и т.) В этом случае в выражении (1) должен использоваться скорректированный вектор:

(2)

где $T_{дту(э)_i}$ – вектор допустимых температур ЭРЭ с учетом схемотехнических ограничений;

$T_{дту(н)_i}$ – вектор допустимых температур ЭРЭ с учетом ограничений по надежности и качеству;

$T_{дту(э)(н)_i}$ – вектор допустимых температур ЭРЭ с учетом схемотехнических и надежность характеристик (вектор формируется из минимальных составляющих векторов $T_{дту(э)_i}$ и $T_{дту(н)_i}$ т.е.:

(3)

В общем случае, любая модель связана с тепловыми процессами через вектор внешних воздействий, вектор выходных характеристик, а также через некоторое множество общих для нескольких моделей геометрических параметров (размеры корпуса, размеры печатных плат, геометрические параметры каналов, образуемые конструктивными узлами, координаты размещения ЭРЭ на монтажном пространстве). Вариация таких параметров в

«АННИ XXI века: теория и практика»

процессе проектирования может в различной степени влиять на множество выходных характеристик, а именно: количественно одни уменьшать, а другие увеличивать. Данное обстоятельство требует также накладывать определенные ограничения на величину изменений параметров в процессе теплового проектирования. В некоторых случаях использование ограничений (2) не дает желаемого эффекта, так как связь между процессами может быть ярко выраженной и переходить во взаимосвязь [1].

Алгоритмы итеративного анализа могут строиться на базе метода простой итерации или на основе квадратичных методов. При этом использование в моделях электрических процессов ЭРЭ температурозависимых параметров позволяет получать функции чувствительности выходных характеристик проектируемого устройства к изменению локальных температур ЭРЭ, что значительно облегчает труд проектировщика в процессе обеспечения соответствия выходных характеристик требованиям технического задания.

Таким образом, с позиций системного подхода пространственно-временное (в общем случае) распределение температуры в конструкции РЭС $T(x, y, z, t)$ должно обеспечиваться посредством математического моделирования тепловых процессов, взаимодействующих с внешней средой. При этом под внешней средой понимают, как температурные условия эксплуатации РЭС, так и множество математических моделей, используемых в процессе проектирования анализируемого РЭС [2].

Список литературы

1. Кофанов Ю. Н. Применение компьютерного измерительного тепловизора КРИТ-Т и математического моделирования для обеспечения надежности и качества РЭС (Введение в тепловизионный контроль и дефектоскопию) / Ю. Н. Кофанов, Г. А. Пятницкая, А. В. Сегень, С. У. Увайсов. - М.: МГИЭМ, 1997.-122 с.

2. Ключахин И. В. Экспертная система для размещения ЭРЭ на печатных платах бортовых РЭС / И. В. Ключахин, А. В. Сарафанов // Современные проблемы радиоэлектроники: Сб. науч. тр. / Под. ред. А. В. Сарафанова. - Красноярск: ИПЦКГТУ, 2000. - С. 273-276.