

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОВОЙ ЦЕПИ МОЩНЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

А.В. Кортунов

факультет Электроники и телекоммуникаций

Аннотация. В статье описывается способ определения параметров тепловой цепи мощного транзистора, работающего в импульсном режиме.

Введение. В процессе работы электронные устройства рассеивают приложенную электрическую мощность в виде тепла, что приводит к увеличению температуры самого устройства. Т.к. их параметры сильно зависят от температуры, в связи с этим возникает необходимость моделирования электрических схем с учетом саморазогрева.

С точки зрения теплопереноса конструкция транзистора на радиаторе представляет собой многослойную последовательную систему (рис. 1), состоящую из кремния, медной пластинки и радиатора [1].

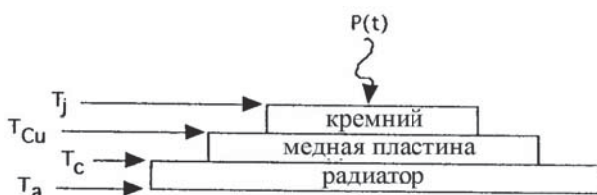


Рис. 1. Схематическое изображение многослойной системы отвода тепла от мощного элемента.

Для электротеплового моделирования мощных элементов используется представление тепловой системы в виде электрической в соответствии с электротепловой аналогией, представляющей собой электрическую цепь (рис. 2), в которой каждому параметру теплового процесса соответствует аналогичный электрический параметр (сопротивления резистора и емкость конденсатора) [2].

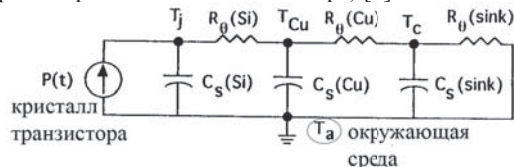


Рис. 2. Схема электротепловой модели.

Кристалл, имеет небольшие значения тепловых параметров, а радиатор, в связи с большой массой и объемом, имеет большую теплоемкость и значительное тепловое сопротивление радиатор-окружающая среда.

Параметры RC-цепей можно определить, отслеживая время разогрева всей системы. Каждый слой характеризуется постоянной времени ($\tau = \pi RC/4$), которая определяет время нагрева слоя в тепловой цепи. А общее время установления равновесной температуры тепловой структуры является суммой постоянных времени каждой RC-цепи.

Целью данной работы является определение параметров тепловой цепи нестационарного процесса теплопереноса в системе кристалл-корпус-радиатор-окружающая среда мощного транзистора, в цепь базы которого включен источник импульсных сигналов, изучение зависимости теплового импеданса мощного транзистора от частоты и скважности следования импульсов и моделирование полученной цепи.

Проведение эксперимента. В работе исследован мощный биполярный транзистор КТ807, закрепленный на радиаторе (длина 70 мм, ширина 60 мм, высота ребер 5 мм). Транзистор был включен по схеме с общим эмиттером с сопротивлением в базе 200 Ом, в цепь коллектора включен магазин сопротивлений. Режимы работы задавались изме-

нением параметров импульсного источника напряжения: длительность импульсов $t=10^{-5}, 10^{-4}, 10^{-3}$ с, коэффициент заполнения $d=0.01, 0.05, 0.5$. Тепловой импеданс рассчитывался по формуле $Z=(T_c-T_a)/P$, где T_c – температура корпуса транзистора, T_a – температура окружающей среды, P – мощность рассеяния, $P=I_k \cdot U_{кз} \cdot d$. При этом наблюдалось изменение теплового импеданса: значение импеданса уменьшалось при уменьшении длительности импульса и увеличении его коэффициента заполнения.

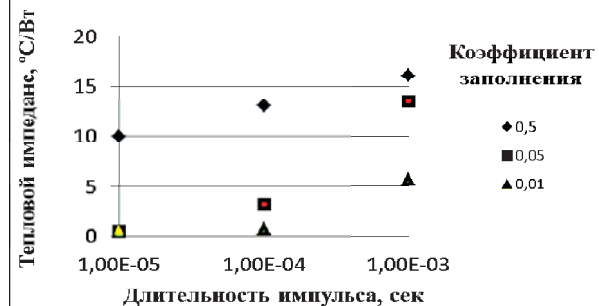


Рис. 3. Зависимость теплового импеданса Z от скважности и длительности импульса

Для расчета тепловых параметров радиатора изучаемая конструкция была смоделирована в программе SolidWorks. Сопротивление слоя переход-медная подложка составляет 8°C/Bt (паспортное значение). Для определения тепловой емкости этого слоя был проведен эксперимент с измерением времени разогрева транзистора на радиаторе. Была определена временная константа для первого слоя и его тепловая емкость.

Таблица 1. Рассчитанные значения тепловых параметров схемы электротепловой модели

	R, °C/Bt	C, Дж/°C	t, с
Кремний	8	1,1	7
Медная пластинка	0.034	2.96	0,07
Радиатор	4	44	138,2

На основе полученных данных было проведено моделирование электрической схемы в программе LTSpiceIV.

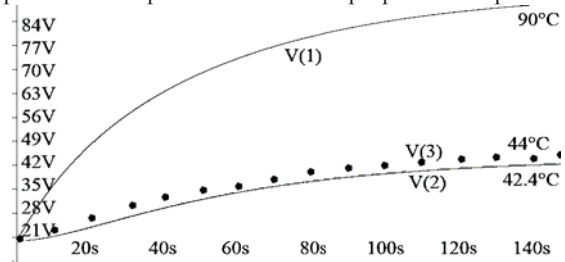


Рис. 4. Результат моделирования схемы электротепловой модели.

На рисунке 4 V(1) и V(2) – расчетные температуры перехода и корпуса, соответственно. V(3) – экспериментальные данные, отражающие разогрев корпуса.

Закключение. Приведенные результаты показали, что, при изменении параметров импульса, изменяется тепловой импеданс многослойной структуры, изучая характер которого можно определить параметры RC-цепей эквивалентной электротепловой модели.

Список литературы:

- Roberto Menozzi, Andy C. Kingswood, «A New Technique to Measure the Thermal Resistance of LDMOS Transistors», IEEE TDMR, vol. 5, No. 3, pp. 515-521, 2005.
- Wei Jin, Member, Weidong Liu, Chenming Hu, «SOI Thermal Impedance Extraction Methodology and Its Significance for Circuit Simulation», IEEE TED, vol. 48, No. 4, pp. 730-736, 2001.