

CFD-МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ КОРПУСА-РАДИАТОРА ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДУЛЯ АФАР С ВОЗДУШНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ

Д. т. н. Ю. Е. Николаенко, к. т. н. А. В. Баранюк, С. А. Рева, к. т. н. В. А. Рогачев

Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»
Украина, г. Киев
yunikola@ukr.net

Приведены результаты компьютерного моделирования распределения температуры верхнего основания корпуса-радиатора, на котором установлено 8 тепловыделяющих элементов с локальным тепловыделением каждого 28 Вт. На нижнем основании корпуса-радиатора выполнены ребра охлаждения высотой 19 мм, толщиной 2 мм, расстояние между ребрами 6 мм. Исследования проведены в диапазоне скорости набегающего воздушного потока от 1 до 10 м/с.

Ключевые слова: CFD-моделирование, передающий модуль АФАР, радиатор, воздушное охлаждение.

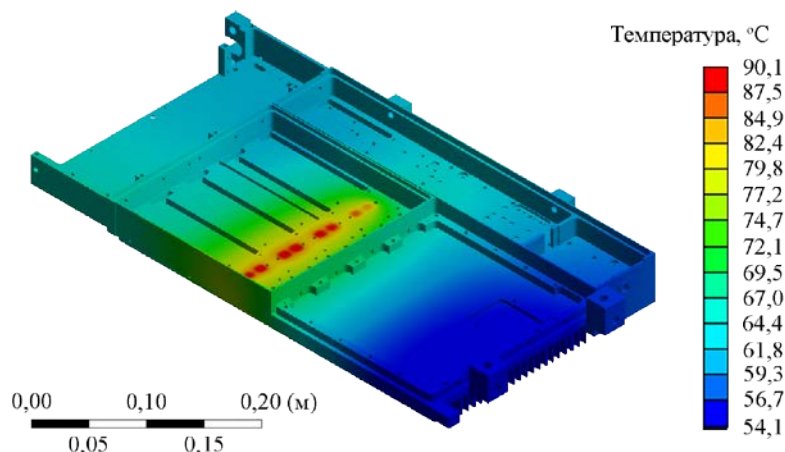
С целью расширения функциональных возможностей радиолокационных станций в последние годы в качестве антенных систем широко используются активные фазированные антенные решетки (АФАР) [1]. В состав АФАР входит большое количество (от десятков до нескольких тысяч) приемопередающих модулей (ППМ) [2]. В некоторых модификациях АФАР приемные и передающие модули выполнены в виде отдельных блоков, и наиболее тепловыделяющими из них являются передающие модули. Теплота, выделяемая активными СВЧ-элементами (транзисторами или монолитными интегральными схемами) передающего модуля, приводит к повышению температуры активных элементов и снижению надежности их работы. Поэтому при разработке конструкций передающих модулей АФАР вопросам обеспечения нормального теплового режима активных элементов уделяется особое внимание [3]. Особенно актуальной является задача повышения эффективности охлаждения СВЧ-элементов при модернизации АФАР, обусловленной переходом с арсенид-галлиевой элементной базы на более мощную — нитрид-галлиевую с повышением мощности тепловыделения СВЧ-элементов в несколько раз.

Цель данной работы — оценить, как изменится тепловой режим восьми активных СВЧ-элементов передающего модуля при увеличении их мощности в три раза (с 9,3 до 28 Вт), не прибегая к изготовлению и экспериментальному исследованию дорогостоящего экспериментального образца.

Достижение поставленной цели осуществлялось с помощью CFD-моделирования. Для этого была выбрана система охлаждения, построена и исследована соответствующая тепловая модель.

С точки зрения конструктивной реализации и стоимости изготовления наиболее простыми системами обеспечения теплового режима являются воздушные. Как правило, передающие модули с воздушным охлаждением выполняют в виде блока прямоугольной формы с несущим основанием из цельной металлической плиты (чаще всего используют алюминиевый сплав). В основании с одной стороны, монтажной, имеются выполненные методом фрезерования углубления с экранирующими стенками для установки электронных узлов. Установленные в углублениях электронные узлы сверху герметично закрыты крышками. На другой стороне основания выполнены охлаждающие ребра. Оребренная сторона основания является теплоотводящей поверхностью передающего модуля и при работе АФАР обдувается потоком охлаждающего воздуха.

Наиболее тепловыделяющие СВЧ-элементы модуля устанавливаются в ряд на монтажной стороне основания перпендикулярно его длинной стороне с обеспечением теплового контакта. Как показали исследования [4], оптимальным является расположение тепловыделяющих элементов приблизительно посередине длины радиатора.



Температурное поле поверхности основания со стороны установки СВЧ-транзисторов

Результаты CFD-моделирования температурного поля несущего основания исследованного передающего модуля с установленными на нем 8 тепловыделяющими СВЧ-элементами с общей рассеиваемой мощностью 224 Вт приведены на рисунке. Максимальная температура в месте установки СВЧ-элементов при температуре воздуха на входе $+40^{\circ}\text{C}$ и скорости воздуха в межреберных каналах 1 м/с составляет $90,1^{\circ}\text{C}$. Проведенные расчеты показывают, что максимальное значение температуры кристаллов СВЧ-элементов с учетом контактного теплового сопротивления и теплового сопротивления «переход — корпус транзистора» в этом случае составляет $+177,1^{\circ}\text{C}$, что требует существенного повышения эффективности применяемой системы охлаждения.

Таким образом, CFD-моделирование позволило оценить изменение теплового режима элементов передающего модуля при увеличении их мощности.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Radar Technology Advancements and New Applications (Pasternack Enterprises, Inc., Irvine, Calif.) // Microwave Journal.— 2017.— Vol. 60, iss. 3.— P. 82—96.— <https://www.pasternack.com/t-Radar-Technology-Advancements-and-New-Applications.aspx>
2. Rathod Somsing, Sreenivasulu K., Beenamol K. S., and Ray K. P. Evolutionary Trends in Transmit/Receive Module for Active Phased Array Radars // Defence Science Journal.— 2018.— Vol. 68, No 6.— P. 553—559.— <https://doi.org/10.14429/dsj.68.12628>
3. Борисов О. В., Зубков А. М., Иванов К. А. и др. Широкополосный 70-ваттный GaN усилитель мощности X-диапазона // Электронная техника. Серия 2. Полупроводниковые приборы.—2014. — Вып. 2 (233).— С. 4—9.
4. Seung-Jae Park, Youngchan Yoon, Tae-Hee Lee, Kwan-Soo Lee. Thermal performance of a heat sink according to insulated gate bipolar transistor array and installation location // Korean J. Air-Cond. Refrig. Eng.— 2018.— Vol. 30, N 1.— P. 001—009. (in Korean).— <https://doi.org/10.6110/KJACR.2018.30.1.001>

Yu. E. Nikolaenko, A. V. Baranyuk, S. A. Reva, V. A. Rohachov

CFD-modeling of the temperature field of the radiator housing of the transmitting module of the active phased antenna arrays with air cooling

The report presents the results of computer simulation of the temperature distribution of the upper base of the radiator housing with 8 fuel elements (local heat release of 28 W each) installed on it. The lower base of the radiator housing contains 19 mm high and 2 mm thick cooling fins positioned at a distance of 6 mm from each other. The studies were conducted in the range of incoming air flow velocities from 1 to 10 m/s.

Keywords: CFD-modeling, transmitting module APAA, radiator, air cooling.