

УДК 621.3.038

## ЭЛЕКТРОТЕПЛОВЫЕ МОДЕЛИ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО АППАРАТА

УВАРОВ Б. М., ЗИНЬКОВСКИЙ Ю. Ф.

*Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»,  
Украина, Киев, 03056, пр-т Победы 37*

**Аннотация.** Рассмотрены особенности тепловых процессов в структурных модулях радиоэлектронного аппарата (ячейка, микросборка) и элементах их электронной структуры. Проанализированы коэффициенты полезного действия модулей и показатели энергетической эффективности резисторов, конденсаторов, индуктивностей на основе моделей эквивалентных двухполюсников. Предложена математическая модель теплового поля микросборки и получено аналитическое уравнение для определения температур всех ее элементов

**Ключевые слова:** электронный аппарат; ячейка; микросборка; модель двухполюсника; тепловая модель; температура элементов

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Результатом функционирования радиоэлектронного аппарата (РЭА) является создание им комплекса связанных физических величин — выходных характеристик  $Y_m$  вектора  $Y = [Y_1, \dots, Y_m, \dots, Y_l]^T$ , где «Т» — оператор транспонирования [1]. Компоненты вектора  $Y$  — выходные сигналы каналов видеотракта или звуковых частот, амплитуды колебаний блока РЭА на виброизоляторах, температуры элементов электронной структуры (ЭЭС).

Существенное влияние на функционирование РЭА оказывают происходящие в нем внутренние физико-химические процессы, которые представляются вектором  $P = [P_1, \dots, P_j, \dots, P_q]^T$ . Сами внутренние процессы разделяются на две группы:  $P_1$  — основные,  $P_2$  — производные, являющиеся результатом действия основных.

Процессы  $P_1$  — это усиление, генерация, передача и прием радио- и информационных сигналов; преобразование сигналов (цифро-аналоговое, аналого-цифровое, по частоте, фазе); отвод механической энергии от конструктивных модулей РЭА виброизоляторами; возникновение механических напряжений в элементах конструкции во время деформаций; тепломассоперенос. Общие энергетические затраты на эти процессы во всем РЭА составляют 10–25%.

Неидеальность процессов первой группы приводит к появлению процессов группы  $P_2$ . Общая характеристика несовершенства  $P_1$  — коэффициент полезного действия  $\eta < 1$ . К группе  $P_2$  относятся: выделение тепла в резистивных пленках и переходных зонах диодов и транзисторов; обратный ток в них; внутреннее рассеивание энергии в элементах конструкции; электролитические процессы в конденсаторах; изменение со временем свойств конст-