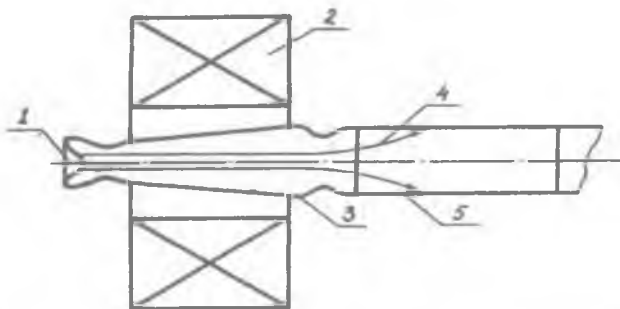


МОДЕЛЬ ВХОДНЫХ СИГНАЛОВ МИКРОИВК
 ДЛЯ КОНТРОЛЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПОЛЕЙ КОЛЛЕКТОРА
 ГИРОТРОНА

(г. Куйбышев)

В процессе настройки и эксплуатации систем СВЧ-нагрева плазмы возникает необходимость измерения температурных полей некоторых элементов систем. Особенностью измерений является то, что нагрев элементов происходит в результате импульсного энергетического воздействия. В связи с этим центральным вопросом разработки ИВК для контроля температурных полей является анализ динамики входных сигналов, т.е. тепловых процессов в рассматриваемых элементах. На основе анализа производится выбор термодатчиков и определяется момент регистрации температурного поля.

В статье анализируются входные сигналы микроИВК для контроля температурного поля коллектора гиротрона. Гиротрон – мощный генератор электромагнитных волн СВЧ-диапазона, требуемых для электронно-циклотронного нагрева плазмы. Устройство гиротрона показано на рис. 1. Пучок электронов из электронной пушки попадает в магнитное поле соленоида и генерирует в резонаторе СВЧ-колебания. Из резонатора



Р и с. 1. Схема гиротрона: 1-электронная пушка, 2-соленоид, 3-резонатор, 4-электронный пучок, 5-коллектор пучка

электроны и СВЧ-мощность поступают в область коллектора пучка. СВЧ-мощность через коллектор выводится далее в волновод, а электроны по силовым линиям магнитного поля достигают стенок коллектора и нагревают их. Равномерное распределение электронов по внутренней поверхности коллектора является одним из условий нормального функционирования гиротрона. Такого распределения добиваются путем соответствующей настройки гиротрона. Исходную информацию для настройки можно получить путем измерения температурного поля внешней поверхности коллектора, которое определяется распределением энергии электронного пучка, выделившейся на внутренней поверхности.

Для определения момента регистрации поля необходимо исследовать протекание тепловых процессов в коллекторе при воздействии на его внутреннюю поверхность электронного пучка. Поскольку длительность пучка очень мала по сравнению с длительностью процесса, его воздействие можно рассматривать как воздействие мгновенного источника тепла. В общем случае тепловая модель коллектора является трехмерной со сложными начальными и граничными условиями, и исследовать ее можно только численными методами. Однако характер протекания теплового процесса можно определить на упрощенной модели нагрева бесконечной пластины с теплоизолированными поверхностями мгновенным точечным источником тепла, действующим на одну из поверхностей. Такое упрощение представляется допустимым, поскольку:

электронный пучок воздействует на часть внутренней поверхности, а соседние с коллектором элементы конструкции гиротрона изготовлены из того же материала; толщина стенки коллектора существенно меньше его среднего диаметра; установка эксплуатируется в нормальных условиях, а коллектор имеет малые температуры нагрева.

Дифференциальное уравнение теплопроводности для этой модели будет иметь вид

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{c_T} \left(\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right),$$

$$\begin{aligned} -\infty < y, z < \infty \\ 0 < x < h \end{aligned}$$

$$\frac{\partial T(0, y, z, t)}{\partial t} = 0, \quad \frac{\partial T(h, y, z, t)}{\partial t} = 0,$$

где $T = T(x, y, z, t)$ - температура пластины, являющаяся функцией времени и координат,

λ, c, γ - соответственно коэффициент теплопроводности, теплоемкость и плотность материала коллектора,

h - толщина пластины, равная толщине стенки коллектора.

В момент времени $t = 0$ в точке с координатами $x=0, y=0, z=0$ мгновенно выделилось количество тепла Q . Для простоты примем, что начальная температура пластины везде одинакова и равна нулю.

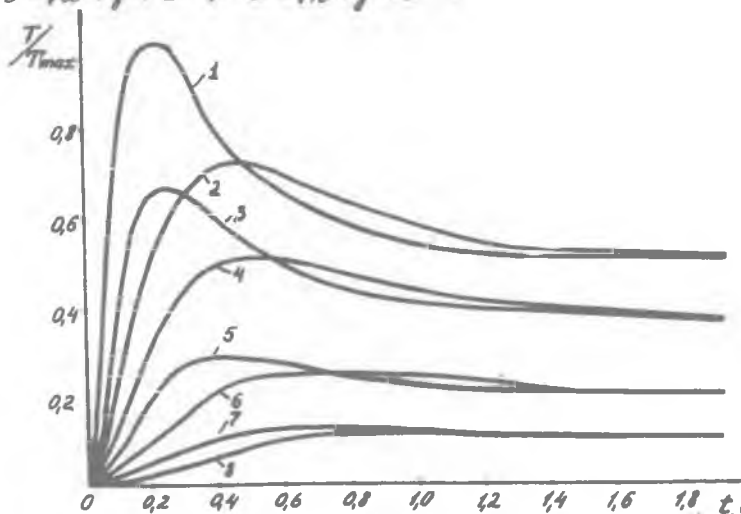
Решение задачи:

$$T(x, y, z, t) = \frac{Q}{(2\sqrt{\pi a t})^3 c \gamma} \left\{ e^{-\frac{z^2}{4at}} + \frac{h}{z^2} \sum_{i=1}^{\infty} \left[(2ta - nz') e^{-\frac{\pi^2}{4at}} + (2ta + mz') e^{-\frac{m^2}{4at}} \right] \right\},$$

где $a = \frac{\lambda}{c\gamma}$ - коэффициент температуропроводности,

$$m = [z' + x + (2i-1)h], \quad n = [z' - x + (2i-1)h],$$

$$z = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2}, \quad z' = \sqrt{h^2 + y^2 + z^2}.$$



Р и с. 2. Расчетные временные зависимости: 1, 3, 5, 7 - температуры в точках с координатами $x=h, y=0, x=h, y=0,003, z=0, x=h, y=0,002, x=h, y=0,003, z=0$; 2, 4, 6, 8 - показания датчика в тех же точках

Для $\gamma = 7900 \text{ кг/м}^3$, $C=505 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{град)}$, $\lambda = 14,5 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$ был проведен анализ полученного решения, из которого следует, что температурное поле на внешней поверхности коллектора ($x=h$) устанавливается за доли секунды и остается практически неизменным в течение десятков секунд (рис.2). Это позволяет сделать важный вывод о том, что в течение этого промежутка времени поле можно считать стационарным. На рис. 2 показано, как изменяется во времени температура малоинерционного поверхностного пленочного терморезистора с тепловой постоянной времени $0,15 \text{ с}$ (предполагалось, что терморезистор является инерционным звеном первого порядка). Через $1-2 \text{ с}$ после начала теплового процесса в коллекторе температура поверхности и показания датчика практически совпадают. Начиная с этого момента времени, возможна регистрация температурного поля с помощью этих датчиков без коррекции динамических погрешностей.

УДК 681.51:007.5

В.В.Сергеев, О.Н.Сигунова

АЛГОРИТМ ГЕНЕРАЦИИ ТЕСТОВЫХ МОЗАИЧНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

(г. Куйбышев)

При исследовании алгоритмов и создании систем обработки сигналов часто приходится решать задачу имитации объектов. Данная задача приобретает специфический характер в случае двумерных сигналов - изображений, которые являются объектами сложной и разнообразной структуры, плохо поддающейся формальному описанию. Этой сложностью объясняется большое число моделей изображений, разработанных к настоящему времени [1 - 5], которые с разной степенью адекватности описывают изображения различных типов, отражая те или иные их характерные особенности.

В одном из классов модели изображения (поля яркости) представляются в виде совокупности областей, различающихся по характеристикам и разделенных резкими границами - контурами. Это так называемые мозаичные или "составные" модели [1 - 4], они хорошо описывают изображения типа аэрофотоснимков, срезов поликристаллических материалов, рентгенограмм и т.п. В простейших вариантах мозаичная модель описывает изображение как двумерное кусочно-постоянное поле яркости. Именно такие поля рассматриваются далее.